



Éoliennes et santé publique : mise à jour 2023

ÉTAT DES CONNAISSANCES

NOVEMBRE 2023

SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES

AUTEUR ET AUTRICES DES SECTIONS THÉMATIQUES

Effets sociaux et communautaires et acceptabilité sociale

Emmanuelle Bouchard-Bastien, conseillère scientifique spécialisée
Olivia Roy-Malo, conseillère scientifique spécialisée
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

Paysage et aménagement du territoire

Katerine Girard, conseillère scientifique
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

Eau potable

Géraldine Patey, conseillère scientifique spécialisée
Avec la collaboration de Vicky Huppé, conseillère scientifique
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

Bruit des éoliennes et ses caractéristiques particulières (infrasons, basses fréquences, vibrations)

Stéphanie Potvin, conseillère scientifique
Mathieu Gauthier, conseiller scientifique spécialisé
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

Ombres mouvantes et Champs électromagnétiques

Mathieu Gauthier, conseiller scientifique spécialisé
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

Santé et sécurité au travail

Emmanuelle Bouchard-Bastien, conseillère scientifique spécialisée
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

SOUS LA COORDINATION DE

Emmanuelle Bouchard-Bastien, conseillère scientifique spécialisée
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

SOUTIEN À LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Véronic Fortin, bibliothécaire
Vice-présidence à la valorisation scientifique et aux communications

Les auteurs, autrices ainsi que les membres du comité d'utilisateurs, utilisatrices et les réviseurs, réviseuses ont dûment rempli leurs déclarations d'intérêts et aucune situation à risque de conflits d'intérêts réels, apparents ou potentiels n'a été relevée.

RELECTURE ET MISE EN PAGE

Aurélié Franco, agente administrative
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal – 1^{er} trimestre 2024
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-97181-8 (PDF ensemble)
ISBN : 978-2-550-97184-9 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2024)

REMERCIEMENTS

L'Institut national de santé publique du Québec désire remercier sincèrement les personnes suivantes qui ont accepté de donner temps, expertise et commentaires sur la présente revue de la littérature :

RÉVISEURS ET RÉVISEUSES

Pour l'ensemble de la recension des écrits

Jean-Bernard Drapeau, agent de planification, de programmation et de recherche
Direction de santé publique de la Montérégie-Centre

Simon Arbour, professionnel en santé environnementale
Émilie Grenier, professionnelle en santé environnementale
Direction de santé publique de Chaudière-Appalaches

Gwendaline Kervran, conseillère en santé environnementale
Direction de santé publique de la Capitale-Nationale

Marie-Pierre Paquin-Boutin, conseillère en santé environnementale
Maggy Rousseau, conseillère en santé environnementale
Direction de santé publique et responsabilité populationnelle de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec

Richard Martin, conseiller scientifique
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

Éric Lampron-Goulet, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive
Mawoulé Sant'Anna, conseiller en santé environnementale
Ministère de la Santé et des Services sociaux

Pour la section 3.1

Yann Fournis, professeur
Université du Québec à Rimouski

Carl Ouellet, conseiller en évaluation des impacts sociaux
Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs

Pour la section 3.2

Geneviève Dion, coordonnatrice architecture et aménagement du territoire
Ministère de la Culture et des Communications

Gérald Domon, professeur
Université de Montréal

Pour la section 3.3

Marie-Hélène Bourgault, conseillère scientifique
Patrick Levallois, médecin-conseil
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

Pour les sections 3.4 et 3.5

Louis-François Tétrault, agent de planification, de programmation et de recherche
Direction de santé publique du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal

Pour la section 3.6

Katia Dyrda, cardiologue électrophysiologiste
Institut de cardiologie de Montréal
Professeure agrégée de clinique
Université de Montréal

Pour la section 3.7

Stéphane Caron, médecin-conseil
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

COMITÉ D'UTILISATEURS ET UTILISATRICES

Simon Arbour, conseiller en santé environnementale
Émilie Grenier, professionnelle en santé et environnement
Direction de santé publique de Chaudière-Appalaches

Jean-Bernard Drapeau, conseiller en santé environnementale
Direction de santé publique de la Montérégie-Centre

Gwendaline Kervran, conseillère en santé environnementale
Direction de santé publique de la Capitale-Nationale

Louis-Charles Rainville, conseiller en santé environnementale
Direction de santé publique de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine

Le comité d'utilisateurs et utilisatrices ainsi que les réviseuses et réviseurs ont été conviés à apporter des commentaires sur la version préfinale de ce document et, en conséquence, n'en ont pas révisé ni endossé le contenu final.

FINANCEMENT

Ce rapport a été réalisé grâce au soutien financier du ministère de la Santé et des Services sociaux.

AVANT-PROPOS

L'Institut national de santé publique du Québec est le centre d'expertise et de référence en matière de santé publique au Québec. Sa mission est de soutenir le ministre de la Santé et des Services sociaux dans sa mission de santé publique. L'Institut a également comme mission, dans la mesure déterminée par le mandat que lui confie le ministre, de soutenir Santé Québec, la Régie régionale de la santé et des services sociaux du Nunavik, le Conseil cri de la santé et des services sociaux de la Baie-James et les établissements, dans l'exercice de leur mission de santé publique.

La collection *État des connaissances* rassemble sous une même bannière une variété de productions scientifiques qui synthétisent et communiquent ce que la science nous dit sur une question donnée à l'aide de méthodes rigoureuses de recension et d'analyse des écrits scientifiques et autres informations pertinentes.

La présente synthèse des connaissances porte sur les effets sur la santé des éoliennes. Elle vise à évaluer les effets sur la santé des parcs et des projets éoliens au moyen d'une analyse de la littérature scientifique et grise publiée depuis les recensions des écrits réalisées par la Table nationale de concertation en santé environnementale en 2008 (Blackburn *et al.*, 2009) et l'Institut national de santé publique du Québec en 2011 (Brisson *et al.*, 2013). Elle a également pour but de repérer les enjeux de santé publique émergents en lien avec les parcs et les projets éoliens.

Cette synthèse a été élaborée à la demande du ministère de la Santé et des Services sociaux dans le cadre de l'entente spécifique – secteur protection de la santé publique. Dans ce contexte, il importe de préciser que les questions et les objectifs de recherche, la méthodologie employée ainsi que le contenu final de ce document relèvent exclusivement de l'équipe professionnelle scientifique de l'Institut qui l'ont élaboré.

Ce document s'adresse aux professionnels et professionnelles ainsi qu'aux médecins-conseils des directions de santé publique qui ont des rôles et responsabilités dans l'examen et l'évaluation des impacts environnementaux et sociaux des projets éoliens. Il s'adresse également à l'ensemble des organismes gouvernementaux et municipaux, aux organismes et aux entreprises qui initient des projets d'éolienne et au milieu universitaire.

Des fiches synthèses résumant les messages clés, les enjeux et les interventions et pratiques prometteuses pour chaque thématique sont également disponibles. Elles ont été produites afin d'outiller les équipes de santé publique qui doivent présenter et partager ces éléments.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	VI
FAITS SAILLANTS	1
SOMMAIRE	3
1 INTRODUCTION	7
2 MÉTHODOLOGIE	10
2.1 Approche de recension	10
2.2 Recherche documentaire.....	11
2.3 Sélection des documents à la suite de la recherche documentaire.....	13
2.4 Bilan de la recherche documentaire, analyse des documents retenus et limites	16
3 RÉSULTATS.....	20
3.1 Effets sociaux et communautaires et acceptabilité sociale	20
3.2 Paysage et aménagement du territoire	44
3.3 Eau potable.....	62
3.4 Bruit des éoliennes.....	73
3.5 Ombres mouvantes	93
3.6 Champs électromagnétiques	101
3.7 Santé et sécurité au travail.....	105
4 DISCUSSION.....	113
4.1 Nuisance ou dérangement	114
4.2 Distance entre les parcs éoliens et les résidences	116
5 CONCLUSION.....	118
ANNEXE 1 ARTICLES EXCLUS À LA SUITE DE L'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DES ÉTUDES PAR THÉMATIQUE	119
ANNEXE 2 ARTICLES RETENUS À LA SUITE DE L'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DES ÉTUDES PAR THÉMATIQUE	125

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Critères de sélection des publications (littérature scientifique et grise).....	14
Tableau 2	Critères d'évaluation de la pertinence (littérature scientifique uniquement)	15
Tableau 3	Bilan des articles retenus par thématique.....	16
Tableau 4	Niveau d'exposition au bruit des éoliennes à partir duquel 10 % des personnes exposées rapportent être fortement dérangées	77

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

Al	Aluminium
BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
dB	Décibels
dBA	Décibels pondérés A
DSPublique	Direction de santé publique
EBAS	Étude sur le bruit ambiant et la santé
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
kW	Kilowatts
MAAT	Mixed Methods Appraisal Tool
MEIE	Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie
MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
Mn	Manganèse
MRC	Municipalité régionale de comté
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
MW	Mégawatts
NIMBY	<i>not in my backyard</i> (phénomène)
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PAE	Plan d'aménagement d'ensemble
PÉEIE	Procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement
PIPREP	Pratiques, interventions ou politiques reconnues comme efficaces ou prometteuses
RCI	Règlement de contrôle intérimaire
RÉE	Registre des évaluations environnementales

RQEP	Règlement sur la qualité de l'eau potable
SAD	Schéma d'aménagement et de développement
SANRA	Scale for the Assessment of Narrative Review Articles
Sr	Strontium
WHOQOL-BREF	World Health Organization Quality of Life

FAITS SAILLANTS

Afin de répondre au besoin du réseau de la santé publique de documenter les répercussions sanitaires associées à l'industrie éolienne dans les milieux d'accueil et chez les travailleurs et travailleuses, une recension des écrits a été réalisée. Le rapport recense des effets sanitaires associés aux parcs éoliens en milieux terrestre et marin. Voici les principaux constats :

- **Effets sociaux et communautaires et acceptabilité sociale** : dès la planification et l'implantation des projets éoliens, des divisions et des controverses au sein des collectivités peuvent émerger en raison du manque d'information et de participation de la population, ainsi que d'une perception d'injustice dans les impacts et les bénéfices sur l'environnement, la santé et l'économie.
- Les impacts sur la **qualité du paysage** seraient tributaires de la signification du paysage pour la population locale et du contexte socioculturel propre au territoire d'accueil. Les attitudes et les prises de position seraient influencées par les perceptions subjectives, personnelles ou encore collectives des éoliennes et du paysage, basées sur les connaissances et les valeurs locales. Les points de vue du public n'étant pas homogènes, cette variété devrait être reconnue et prise en compte dans le processus de planification.
- Il existe peu de données scientifiques sur les effets à la santé liés à des enjeux de qualité et de quantité d'**eau potable** associés aux éoliennes. La vulnérabilité des nappes d'eaux souterraines est un élément important à considérer dès le début afin de caractériser les risques pour les ressources en eau potable souterraine. Les phases de construction et d'exploitation pourraient être associées à des potentiels risques de contamination chimique des eaux souterraines. Davantage de connaissances sur les impacts des activités reliés aux éoliennes sur la qualité de l'eau des nappes/sources situées à proximité est nécessaire pour une meilleure documentation des risques potentiels.
- Il existe une association entre le niveau d'exposition au **bruit** des éoliennes et le fort dérangement. Le critère de 10 % des personnes fortement dérangées par le bruit des éoliennes semble atteint à des niveaux de bruit un peu plus faibles que celui recommandé conditionnellement par l'Organisation mondiale de la Santé (45 décibels [dB] L_{den}). Concernant l'association entre l'exposition au bruit des éoliennes et les perturbations du sommeil, la qualité de vie, les effets cardiovasculaires ou les issues défavorables de la grossesse, les preuves sont toujours limitées. Le niveau de bruit des éoliennes ne serait pas le seul facteur de dérangement, plusieurs autres facteurs non acoustiques (personnels, sociaux ou d'autre nature) affectant la perception des populations avoisinantes.
- Les **ombres mouvantes** ou les réflexions sur les pales des éoliennes peuvent être une source de dérangement pour les personnes exposées. Aucune des publications recensées n'a rapporté de risque en raison des ombres mouvantes ou des réflexions sur les pales pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible.

- Les niveaux d'exposition aux **champs électromagnétiques** produits par les éoliennes semblent largement en dessous des valeurs limites recommandées par les organisations de santé reconnues et ne devraient donc pas entraîner d'effets néfastes sur la santé.
- Divers risques et effets sur **la santé des travailleurs et travailleuses** ont été identifiés, associés aux grands chantiers de construction et complexes industriels et non spécifiquement à l'industrie éolienne. Devoir grimper et travailler en hauteur pour divers corps de métiers techniques serait la source la plus fréquente des blessures – comme des douleurs musculaires chroniques – et des décès liés aux chutes. Les écrits suggèrent davantage d'effets négatifs sur la santé des travailleurs et travailleuses des parcs marins que des parcs terrestres.
- Les principales sources d'effets néfastes sur la santé (**dérangement et nuisance à la qualité de vie**) sont le bruit, l'impact visuel, les ombres mouvantes et les lumières clignotantes. En plus de varier en fonction des niveaux d'exposition propres à chaque source, les effets sont également modulés par des facteurs personnels, sociaux ou d'autre nature (sensibilité à la source, présence d'un bénéfice financier direct, perception des risques, etc.).
- Afin d'éviter ou d'atténuer les effets négatifs et de bonifier les effets positifs, plusieurs auteurs et autrices recommandent de planifier l'arrivée de l'industrie avec les différentes parties prenantes, notamment en déterminant une **distance acceptable** en concertation avec le milieu d'accueil dans le cadre d'une évaluation des impacts qui tient compte des particularités locales propres à chaque milieu.

SOMMAIRE

Ce rapport documente la relation entre les activités de l'industrie éolienne et la santé des communautés avoisinant ces activités, ainsi que la santé des travailleuses et travailleurs impliqués. Il vise à outiller les professionnels et professionnelles de la santé publique dans leurs interventions en lien avec le développement et la gestion des projets éoliens actuels et futurs. Pour ce faire, les autrices et auteurs ont réalisé une mise à jour de la recension des écrits publiée par Brisson *et al.* (2013) afin de cibler des effets potentiels associés à cette industrie. De plus, ils ont documenté les effets potentiels à la santé associés à deux thématiques qui apparaissent émergentes, soit le paysage et l'eau potable ainsi que le mode d'exploitation en milieu marin.

MÉTHODOLOGIE

Le corpus d'études retenues dans le cadre de cette recension de type systématique comprend des publications scientifiques et, pour certains chapitres, des études issues de la littérature grise. La recherche documentaire a été effectuée entre le 7 et 21 décembre 2022 et comprend des documents publiés de 2011 à 2022. Elle repose sur trois concepts, soit les éoliennes, les types d'enjeux recherchés (acceptabilité sociale, paysage, eau potable, bruit, champs magnétiques, ombres mouvantes, accidents et sécurité) de même que la notion de santé et de bien-être. Au final, 129 publications ont été retenues.

RÉSULTATS

Effets sociaux et communautaires et acceptabilité sociale

Selon les études retenues, des perceptions d'injustice dans les impacts et les bénéfices sur l'environnement, sur la santé et sur l'économie peuvent émerger lors de la planification du projet et durant l'exploitation, directement liées à des processus déficients en matière de participation citoyenne. Ces perceptions peuvent générer des impacts tangibles en ce qui a trait aux conflits, à la cohésion sociale, à l'ordre public et aux changements du mode de vie. Dans certains cas, un renforcement des liens sociaux par l'entremise d'activités de mobilisation a également été documenté.

L'exploitation des parcs éoliens peut générer des effets socioéconomiques positifs et négatifs, dépendamment de la localisation géographique des infrastructures et selon le type de gouvernance mis de l'avant par les investigateurs des projets. Les documents répertoriés mettent en lumière un bon nombre de dimensions psychologiques associées. Ainsi, des études ont recensé des manifestations de stress, d'anxiété, de dépression, de tristesse ainsi que des sentiments d'injustice, de perte de confiance et d'impuissance.

Plusieurs facteurs peuvent moduler l'acceptation sociale des projets éoliens terrestres et marins. Parmi eux :

- Les attitudes et les valeurs en lien avec la conservation de la nature et l'intégrité de la biodiversité;
- L'attrait des nouvelles technologies « vertes »;
- L'attachement identitaire au lieu et au paysage;
- Les caractéristiques physiques des éoliennes;
- La participation citoyenne;
- La transparence et l'équité du processus décisionnel;
- La communication des impacts potentiels du projet;
- Les impacts financiers directs et indirects.

La gouvernance (privée ou communautaire) d'un projet serait également susceptible de moduler les attitudes, les projets communautaires étant davantage acceptés dans les cas recensés.

Paysage et aménagement du territoire

Les facteurs ayant un potentiel de faire varier l'acceptation sociale d'un projet ou d'un parc éolien en ce qui a trait au paysage sont :

- Les caractéristiques du territoire et la valeur esthétique du paysage d'accueil;
- Le degré d'impact visuel;
- La proximité des zones habitées, valorisées ou fréquentées;
- La visibilité et la densité d'éoliennes sur un territoire donné;
- L'attachement identitaire au lieu et au paysage;
- La mise en valeur du territoire et de l'environnement;
- La familiarisation.

L'ensemble de ces facteurs est souvent modulé par l'appréciation subjective, personnelle ou collective des éoliennes et du paysage.

Les changements anticipés ou avérés dans le paysage sont susceptibles d'entraîner des effets socioéconomiques et d'affecter la valeur identitaire et culturelle liées au territoire. Ils seraient aussi un enjeu relatif au développement et à la mise en valeur du territoire. L'arrivée des éoliennes dans le paysage peut également avoir des effets sur la qualité de vie et le bien-être des populations exposées, et ce, à des degrés variables. Les études demeurent toutefois limitées sur ce sujet. Au même titre, l'existence d'éoliennes à proximité des lieux de résidence ou de lieux fréquentés peut provoquer du dérangement associé à l'impact visuel.

Eau potable

À ce jour, il existe peu de données scientifiques sur les effets à la santé liés à des enjeux de qualité et de quantité d'eau potable associés aux éoliennes. D'un point de vue sanitaire, aucun effet à la santé des populations n'a été identifié directement en lien avec une possible contamination ou une pénurie en eau potable reliée à des activités de l'industrie éolienne. Les études retenues se sont intéressées principalement à l'évaluation de la vulnérabilité et aux risques de contamination des nappes d'eaux souterraines. Sur la base de ces études, il en ressort que les phases de construction et d'exploitation pourraient être associées à des risques potentiels de contamination chimique. Les contaminants chimiques de l'eau documentés étaient les métaux, les hydrocarbures, les produits de cure, les huiles de lubrification ou de coffrage. Ces composés pourraient constituer un risque à la santé des populations s'ils se retrouvaient dans l'eau potable à des concentrations dépassant les normes de qualité de cette dernière.

Bruit des éoliennes et ses caractéristiques particulières (infrasons, basses fréquences, vibrations)

Il existe une association entre le niveau d'exposition au bruit des éoliennes et le fort dérangement. Le critère de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), visant à limiter à 10 % la proportion de la population fortement dérangée à l'extérieur des résidences, serait parfois atteint à des niveaux sonores inférieurs à 45 décibels pondérés A (dBA) L_{den} , soit la valeur recommandée par l'OMS. Des facteurs non acoustiques (personnels, sociaux ou autres) influenceraient également la proportion de personnes fortement dérangées par le bruit des éoliennes. Les preuves d'une association entre l'exposition au bruit des éoliennes et les perturbations du sommeil sont toujours limitées. Elles ne permettent pas de conclure à la présence de perturbations du sommeil aux niveaux d'exposition modélisés (environ ≤ 46 dBA pour la plupart des études). D'autres publications retenues portent sur les effets potentiels sur la qualité de vie, sur la santé cardiovasculaire et sur les issues défavorables de la grossesse. Dans l'ensemble, ces publications ne montrent pas d'association entre ces issues de santé et l'exposition au bruit des éoliennes.

Ombres mouvantes

Le phénomène d'ombres mouvantes fait référence à la variation de l'intensité lumineuse du soleil lorsque les pales en rotation bloquent la lumière du soleil, et peut causer du dérangement à proximité des parcs éoliens. Les données disponibles ne permettent cependant pas d'établir une courbe dose-réponse ou d'identifier une limite d'exposition protectrice. La prévalence du fort dérangement associé aux ombres mouvantes pourrait toutefois dépasser 10 %, soit la prévalence maximale retenue par l'OMS pour protéger la santé dans le cas du fort dérangement associé au bruit environnemental (WHO, 2018). Comme pour le bruit, la dimension subjective du dérangement et les différences de contexte pourraient influencer le dérangement associé aux ombres mouvantes. Aucune publication n'a rapporté de risque en raison des ombres mouvantes ou des réflexions sur les pales pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible.

Champs électromagnétiques

Peu d'études se penchent sur l'effet des champs électromagnétiques liés spécifiquement aux parcs éoliens. Les éoliennes seraient une source de champs magnétiques négligeable, largement en dessous des valeurs limites recommandées. Ils ne semblent donc pas être en mesure de causer des effets néfastes sur la santé. Pour les personnes qui portent un stimulateur cardiaque, les éoliennes et leurs infrastructures électriques doivent être traitées comme toute autre infrastructure comparable. Les individus qui portent un stimulateur cardiaque en mode unipolaire et ceux ayant un appareil configuré de manière sensible devraient suivre les conseils personnalisés de leur médecin, qui pourraient inclure d'éviter de rester sous des lignes à haute tension de plus de 230 kilovolts (kV). Quant aux personnes qui utilisent des stimulateurs cardiaques configurés de manière standard en mode bipolaire, elles ne sont pas à risque d'effet des champs électromagnétiques liés aux parcs éoliens.

Santé et sécurité au travail

Divers risques et effets à la santé des travailleurs et travailleuses ont été identifiés. Plusieurs ne sont pas spécifiques à l'industrie éolienne, mais plutôt aux grands chantiers de construction et aux complexes industriels. L'étape de la construction est celle qui suscite le plus de blessures et de décès, comparée à l'étape d'exploitation. Particulièrement pour les parcs éoliens (terrestres et marins), devoir grimper et travailler en hauteur pour divers corps de métiers techniques serait la source la plus fréquente des blessures – comme des douleurs musculaires chroniques – et des décès liés aux chutes. Davantage d'effets négatifs sur la santé des travailleurs et travailleuses sont identifiés pour les parcs éoliens marins que pour les parcs éoliens terrestres. Des effets physiques et psychologiques ont été recensés, tels que de la fatigue, des problèmes digestifs, des maux de tête, une mauvaise qualité de sommeil et du stress.

CONCLUSION

Les écrits scientifiques consultés mettent en relief des effets directs et indirects sur la santé et le bien-être qui pourraient survenir dans le cadre de projets éoliens sur le territoire québécois si des contextes similaires sont réunis. Afin d'éviter ou d'atténuer les effets négatifs et de bonifier les effets positifs, plusieurs auteurs et autrices recommandent de documenter et de considérer les contextes locaux en amont des projets et de planifier l'arrivée de l'industrie en impliquant les différentes parties prenantes, et en gardant en place des mécanismes de participation citoyenne tout au long de la durée de vie du projet. Par ailleurs, davantage de recherche serait nécessaire pour mieux caractériser le risque à la santé des éoliennes et répondre aux préoccupations des directions de santé publique (DSPublique) et de la population pour certains enjeux de santé publique.

1 INTRODUCTION

La production d'énergie éolienne a débuté au Québec en 1999 avec le projet « Le Nordais » et ses 132 éoliennes installées dans la municipalité de Cap-Chat (Gaspésie) et la municipalité régionale de comté (MRC) de la Matanie (Bas-Saint-Laurent). En près de 25 ans, cette jeune filière a poursuivi son expansion dans plusieurs autres régions administratives québécoises (Côte-Nord, Chaudière-Appalaches, Centre-du-Québec, Montérégie, Capitale-Nationale, Saguenay-Lac-Saint-Jean, Estrie et Îles-de-la-Madeleine), grâce notamment à cinq vagues d'appels d'offres orchestrées par Hydro-Québec en 2003, en 2005, en 2009, en 2013 et en 2021 (MEIE, 2023). Au total, on retrouve aujourd'hui plus de 40 parcs éoliens en opération qui produisent près de 4 000 mégawatts (MW) d'énergie éolienne.

Comme l'indique le Plan pour une économie verte du gouvernement du Québec, les énergies renouvelables – dont l'énergie éolienne – sont nécessaires à la transition énergétique et peuvent contribuer à l'essor économique de certaines collectivités (Gouvernement du Québec, 2020). Ainsi, un sixième appel d'offres est en cours de réalisation au moment d'écrire ces lignes afin de procurer 1 500 MW supplémentaires d'énergie éolienne à Hydro-Québec d'ici 2029 (Shields, 2023). Ces nouveaux projets de parcs éoliens comportent à la fois des défis et des opportunités pour les actrices et acteurs impliqués et affectés.

Afin d'outiller les professionnels, professionnelles et médecins-conseils dans le cadre de la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement (PÉEIE) et des mandats du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE), un besoin d'analyser la littérature scientifique récente sur les impacts (positifs et négatifs) des éoliennes a été identifié. Plus spécifiquement, le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) a mandaté l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) en 2022 pour obtenir de l'information à propos des limites d'exposition au bruit qui devraient être appliquées aux parcs éoliens de manière à limiter les impacts sur la santé, notamment en fonction des caractéristiques particulières du bruit des éoliennes (infrasons, basses fréquences, modulation de l'amplitude). Dans la foulée de cette demande, le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) a mandaté l'INSPQ pour actualiser un état des connaissances qui avait été produit en 2011 et qui abordait les thèmes de l'acceptabilité sociale des projets, les impacts sociaux sur les communautés, les infrasons et basses fréquences, les ombres mouvantes, les champs électromagnétiques et la sécurité des travailleurs et travailleuses (Brisson *et al.*, 2013).

En complément à la récente recension des écrits réalisée par Gauthier et Potvin (2023) qui traite du dérangement ou des perturbations du sommeil liés au bruit des éoliennes, la présente recension permet de documenter les effets sur la santé des projets et des parcs éoliens. Pour ce faire, une recension de type systématique a été menée afin de cibler des effets qui sont directement associés à cette industrie. Les écrits retenus (2011 à 2022) portent sur quelques cas québécois ainsi que sur des cas survenus dans des pays présentant des conditions socioéconomiques et sociopolitiques comparables à celles du Québec. Subdivisés en

sept sections, les résultats reprennent les mêmes thématiques que Brisson *et al.* (2013), en plus de traiter des thématiques émergentes que sont le paysage et l'eau potable et d'aborder les enjeux de santé publique associés aux parcs éoliens marins (actuellement absents du territoire québécois, mais présents ailleurs au Canada). En adéquation avec les modalités de l'évaluation environnementale des projets de parcs éoliens, les impacts associés aux infrastructures (lignes de distribution) et aux activités connexes (usines de fabrication de pièces d'éolienne, transport de pales par train routier, etc.) à cette industrie ne sont pas inclus dans cette recension des écrits. Il est toutefois nécessaire de mentionner que les promoteurs, les évaluateurs des projets et les collectivités d'accueil doivent tenir compte de ces impacts potentiels dans leur analyse et leur préparation.

Références

- Brisson, G., Gervais, M.-C., Martin, R., Blackburn, D., Chagnon, M., Martel, K., ... Tardif, I. (2013). *Éoliennes et santé publique : synthèse des connaissances – Mise à jour*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/1633>
- Gauthier, M. et Potvin, S. (2023). *Effets sur la santé liés au bruit des éoliennes : dérangement et perturbations du sommeil*. <https://www.inspq.qc.ca/publications/3296>
- Gouvernement du Québec. (2020). *Plan pour une économie verte 2030 – Politique-cadre d'électrification et de lutte contre les changements 2030 climatiques*. Bibliothèque et Archives nationales du Québec. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/plan-economie-verte/plan-economie-verte-2030.pdf>
- Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie (MEIE). (2023). *Projets éoliens au Québec*. <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/le-secteur/eolien/energie-eolienne/projets-eoliens-au-quebec>
- Shields, A. (2023, 16 mars). *Québec lancera un appel d'offres pour 1 500 mégawatts d'énergie éolienne*. Le Devoir. <https://www.ledevoir.com/environnement/785643/quebec-lancera-un-appel-d-offres-pour-1500-megawatts-d-energie-eolienne>

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 Approche de recension

L'objectif principal de cette recension systématique est de mettre à jour la recension des écrits publiée par l'INSPQ en 2013 en répondant à la question de recherche suivante : **quels sont les effets sur la santé des parcs et des projets éoliens?** Afin d'actualiser les thèmes abordés dans la publication précédente, un objectif secondaire sous-tend cette question et porte sur les enjeux émergents : **quels sont les enjeux de santé publique émergents (s'il y a lieu) en lien avec les parcs et les projets éoliens?** Les réponses à ces deux questions permettront d'outiller les DSPublique et le MSSS dans leurs mandats d'évaluation environnementale de projets de développement et d'aménagement du territoire. Afin de bien circonscrire les résultats, la littérature scientifique et grise portant sur les infrastructures connexes au parc éolien (lignes électriques, usines de fabrication) n'a pas été examinée.

Les enjeux de santé publique émergents ont été identifiés en amont de la recherche documentaire, de concert avec le comité d'utilisateurs et utilisatrices. La consultation de ces expertes et experts régionaux en santé publique a permis d'identifier les thèmes de l'eau potable, du paysage et des parcs éoliens marins comme sujet méritant une recherche documentaire spécifique.

La recherche documentaire a été menée par les auteurs et autrices dans diverses plateformes de recherche et bases de données selon des sections thématiques. Pour certaines thématiques (effets sociaux et communautaires et bruit), la littérature scientifique (littérature blanche) et les études rapportant des effets directs à la santé (population exposée à un projet ou à un parc éolien) ont été privilégiées comme critère d'inclusion afin de composer avec l'abondance des résultats et le délai serré de l'exercice. Des recherches dans la littérature grise (documents non contrôlés par l'édition commerciale) ont également été menées pour les thématiques du paysage, de l'eau potable et de la santé et sécurité des travailleurs et travailleuses afin de compléter les résultats et de documenter certains impacts à la santé. Dans le but de diminuer les biais méthodologiques et d'augmenter la validité des résultats, la méthode du *Mixed Methods Appraisal Tool* (MMAT) a été utilisée dans le cadre de cette revue de littérature pour apprécier la qualité des écrits scientifiques pertinents (Hong *et al.*, 2018). Cet outil fut utilisé pour évaluer autant les articles ayant un devis de recherche qualitatif, quantitatif que mixte. Dans le même esprit, la méthode *Scale for the Assessment of Narrative Review Articles* (SANRA) a été utilisée pour l'évaluation de la qualité des recensions d'écrits (Baethge *et al.*, 2019). La méthode de recherche et les critères utilisés pour sélectionner les études sont présentés dans les sections suivantes.

2.2 Recherche documentaire

Neuf concepts (Éoliennes/Santé et bien-être/Paysage/Eau potable/Bruit/Champs électromagnétiques/Ombres mouvantes/Accidents et sécurité/Acceptabilité sociale) et leurs mots-clés ont été déterminés avec le soutien d'une bibliothécaire de l'INSPQ et sur la base de quelques articles scientifiques pertinents repérés en amont de l'élaboration de la stratégie de recherche documentaire. Des descripteurs et des synonymes ont également été employés pour raffiner les résultats. Au final, deux plateformes de recherche (Ovid et EBSCOhost) et douze bases de données en sciences sociales, en environnement et en santé ont été interrogées le 7 décembre 2022. Les bases de données utilisées sont les suivantes :

- MEDLINE (Ovid);
- Embase (Ovid);
- PsycINFO (Ovid);
- Global Health (Ovid);
- Environment Complete (EBSCOhost);
- Political Science Complete (EBSCOhost);
- Public Affairs Index (EBSCOhost);
- SocINDEX (EBSCOhost);
- GreenFile (EBSCOhost);
- Health Policy Reference Center (EBSCOhost);
- Psychology and Behavioral Sciences Collection (EBSCOhost);
- CINAHL Complete (EBSCOhost).

Des recherches thématiques ont également été menées avec le moteur de recherche Google Scholar.ca afin de repérer de la littérature scientifique et grise. Les recherches ont été effectuées en anglais le 7 décembre 2022 par la bibliothécaire et les 40 premiers résultats (et moins dans certains cas) ont été retenus. Une recherche en français a été réalisée entre le 21 décembre 2022 et le 1^{er} juin 2023 par les auteurs et autrices responsables des thèmes de l'acceptabilité sociale, du paysage et de l'eau potable. Les 40 premiers résultats et moins ont également été retenus. Les stratégies de recherche (mots-clés utilisés) pour chacune des thématiques sont disponibles sur demande.

2.2.1 Recherches complémentaires

La consultation d'experts et expertes pour recevoir des documents jugés pertinents a été employée comme stratégie de recherches complémentaires pour l'ensemble des thématiques. La recherche sur des sites Internet spécialisés a également été réalisée pour certaines thématiques. Pour la thématique de l'eau potable, des recherches ont été effectuées afin de repérer les avancées et les recommandations les plus récentes sur les risques à la santé en lien avec les différentes phases de mise en œuvre des parcs éoliens. Les principaux organismes consultés ont été :

- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses – France);
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC);
- Minnesota Department of Health (MDH);
- OMS;
- Registre des évaluations environnementales (RÉE) du gouvernement du Québec;
- Santé Canada;
- United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA);
- Water Research Australia (Waterra).

À la suite de cette recherche, quatre rapports d'évaluation environnementale ainsi qu'un rapport de suivi environnemental de projets éoliens mis à disposition publiquement sur le site Internet du RÉE ont été ajoutés dans l'analyse. Ces rapports relatent des informations et des données pertinentes en lien avec la vulnérabilité des sources d'eau potable, particulièrement dans un contexte québécois. Un rapport d'expertise de l'Anses (2011) a également été ajouté pour sa pertinence. En parallèle, une recherche spécifique dans Google.ca en anglais et en français a été menée le 1^{er} juin 2023 sur les vibrations et leurs impacts potentiels sur la contamination de l'eau souterraine. Un article scientifique issu de conférence a été retenu, même s'il ne respectait pas certains critères d'inclusion.

Afin de colliger des données ancrées dans les réalités territoriales québécoises, des recherches complémentaires ont également été réalisées pour la thématique du paysage parmi les rapports du BAPE se rapportant aux éoliennes. Quatre rapports ont été retenus pour leur pertinence.

La thématique des champs électromagnétiques a également demandé des recherches complémentaires afin de pallier l'absence de données. Les 16 et 17 février 2023, le site Internet d'Hydro-Québec a été consulté afin d'évaluer si les recommandations évoquées par Brisson *et al.* (2013) pour les porteurs et porteuses de stimulateur cardiaque étaient toujours en vigueur. Une recherche spécifique en anglais dans GoogleScholar.ca a aussi été menée pour identifier la littérature scientifique pertinente. Aucun document n'a été retenu, mais deux documents ne respectant pas certains critères de sélection de la présente recension ont été identifiés et

analysés en raison des éléments de réponse qu'ils amènent quant aux risques de l'exposition aux champs électromagnétiques pour les porteurs et porteuses de stimulateur cardiaque.

À la suite de la consultation d'experts et expertes, des publications d'organismes spécialisés sur la santé et la sécurité des travailleurs et travailleuses ont été consultées afin de recueillir des données contextuelles :

- Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST);
- European Agency for Safety and Health at Work (EU – OSHA);
- Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS – France);
- National Institute for Occupational Safety & Health (NIOSH);
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA – USA).

Cette recherche complémentaire a permis d'ajouter trois documents pour compléter les risques potentiels à la santé et à la sécurité des travailleurs et travailleuses.

Finalement, une revue de littérature a été exceptionnellement retenue pour la thématique du bruit afin de pouvoir discuter des caractéristiques particulières du bruit des éoliennes sur la base de données probantes. Cette revue (van Kamp et van den Berg, 2021) avait été jugée pertinente et de qualité dans la recension des écrits publiée par l'INSPQ en 2023 (Gauthier et Potvin, 2023). En effet, elle présente l'avantage de tenir compte à la fois des études rapportant des effets directs du bruit des éoliennes sur la santé, mais également des études de laboratoire et des études exploratoires.

2.3 Sélection des documents à la suite de la recherche documentaire

À la suite de la recherche documentaire, une appréciation de la pertinence sur la base du titre et du résumé a été menée par un auteur et une autrice pour chacune des sections thématiques. Les documents devaient faire écho à la question de recherche et être liés aux éléments présentés dans le tableau 1 ci-dessous. Excepté pour la littérature grise, l'absence de résumé menait directement au rejet de la publication.

Tableau 1 Critères de sélection des publications (littérature scientifique et grise)

Critères	Inclusion	Exclusion
Type de document	• Études quantitatives présentant des données originales (p. ex. : transversale, cas-témoin); • Études qualitatives; • Revues systématiques, recension des écrits; • Rapports gouvernementaux, rapports de groupes d'expert(e)s; • Lignes directrices et normes.	• Lettre; • Éditorial; • Essai; • Actes de conférence; • Protocoles de recherche sans résultats.
Format du document	Avec résumé (excepté pour la littérature grise)	Sans résumé
Titre et résumé	Doit montrer un lien avec la question de recherche.	Exclusion des publications traitant d'autres effets sur la santé ou d'autres critères d'évaluation.
Couverture chronologique	Publication de 2011 à 2022	Avant 2011
Langue de publication	Français, anglais	Publication écrite dans une autre langue que le français ou l'anglais.

Ensuite, excepté pour les revues systématiques et recensions des écrits, la pertinence a été jugée en regard de l'objectif de la recension, soit à partir de critères liés à la population, à l'exposition et aux effets (tableau 2).

Tableau 2 Critères d'évaluation de la pertinence (littérature scientifique uniquement)

Critères	Description	Variables considérées	Exclusion du document
Population	L'étude doit se pencher sur une population exposée au moment de la recherche ^A .	- Famille; - Voisinage; - Ville; - Village; - Communauté; - Région; - Sous-groupe défini à l'intérieur d'une unité territoriale définie (p. ex. femmes, enfants).	Population non définie
Exposition	L'exposition est associée à un projet ou à un parc éolien.	- Inclus les projets continentaux et <i>offshore</i>; - Inclus les activités de planification, d'exploitation ou d'agrandissement et de fermeture.	Les infrastructures connexes (lignes électriques, usines de fabrication) au parc éolien.
	Les conditions d'exposition doivent être comparables au contexte québécois.	Étude réalisée au Québec ou ailleurs (pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE]) ^B .	Aucune condition d'exposition comparable au contexte québécois.
Mesures ou anticipation des effets	L'étude doit traiter ou anticiper des effets sur le bien-être, sur la santé psychologique, sur la santé sociale et sur la santé physique de la population exposée, qu'ils soient négatifs ou positifs.	Mesure ou anticipation d'effets qui agissent directement ou indirectement sur le bien-être, sur la santé psychologique, sur la santé sociale et sur la santé physique des participant(e)s. Il peut aussi s'agir d'effets socioéconomiques.	Aucun effet à la santé étudié.

^A Dès l'étape de la planification d'un projet de parc éolien, des impacts sociaux et psychologiques peuvent se manifester.

^B Ce choix a été fait pour tenter de s'assurer que les documents retenus avaient un contexte socioéconomique et sociopolitique comparable à celui du Québec.

2.4 Bilan de la recherche documentaire, analyse des documents retenus et limites

Les différentes étapes de la recherche documentaire et l'analyse des documents retenus ont permis de tendre vers une recension systématique des écrits et de répondre à nos deux questions de recherche. Par ailleurs, des limites associées à cet exercice demeurent quant à l'exhaustivité des résultats et leur généralisation, notamment du fait que l'exercice a dû être réalisé dans un court laps de temps.

2.4.1 Bilan de la recherche documentaire

Tous volets confondus, la consultation des plateformes de recherche et des bases de données scientifiques a initialement permis de repérer 5 946 documents. Grâce à une première analyse de ces documents, il a été possible de retenir 4 174 titres pour évaluer la pertinence de leur résumé.

À la suite de l'analyse de la pertinence des résumés, 139 publications ou rapports ont été retenus pour une évaluation de leur qualité. En parallèle, les recherches complémentaires ont permis de répertorier 78 nouvelles publications ou rapports qui ont fait l'objet d'une évaluation de leur qualité. Cette évaluation, réalisée par deux personnes pour chaque thématique, a permis de retenir définitivement 129 publications pour la rédaction de cette mise à jour (tableau 3). Les principales raisons qui ont contribué au rejet des documents sont : des méthodologies faibles ou des problèmes méthodologiques; le financement non indépendant ou inconnu (voir annexe 1). Dans quelques cas, des objectifs imprécis ou des résultats non liés aux objectifs ou aux conclusions ont entraîné le rejet des documents.

Tableau 3 Bilan des articles retenus par thématique

Sections thématiques	Nombre d'articles retenus
Effets sociaux et communautaires et acceptabilité sociale	57
Paysage et aménagement du territoire	19
Eau potable	7
Bruit	26
Effet stroboscopique et ombres mouvantes	10
Champs électromagnétiques	3
Sécurité au travail et sécurité publique	7

2.4.2 Analyse des documents retenus

Aux fins de l'analyse, les constats rapportés dans cette recension des écrits sont regroupés selon la qualité scientifique attribuée au document dont ils sont tirés (voir annexe 2). L'évaluation de la qualité a été réalisée par les auteurs et autrices des chapitres et, en cas de doute, un deuxième avis était demandé à un coauteur ou coautrice afin de trancher. Les documents qui ont obtenu une cote (++) lors de l'évaluation de la qualité et qui sont des études originales se sont vu accorder plus de poids dans l'analyse des résultats. Les publications scientifiques ou rapports ayant obtenu la cote (+) et les revues de littérature narratives ont quant à eux permis de confirmer ou de bonifier les données mises à jour. En vertu des méthodes MMAT pour les études primaires et SANRA pour les recensions des écrits narratives, les principaux critères utilisés pour l'évaluation de la qualité et l'attribution des cotes ont été l'adéquation entre la source des données et la question de recherche, les modalités de recrutement des participants et participantes ainsi que leur représentativité, la transparence du processus d'analyse, la validité des instruments de mesure et l'identification des limites. L'apparence de conflits d'intérêts des auteurs et autrices et le financement non indépendant ont également été considérés dans la plupart des cas¹.

2.4.3 Limites de la recension des écrits et limites à la généralisation des constats

L'approche retenue comporte certaines limites méthodologiques et conceptuelles. Notamment, les critères d'inclusion et d'exclusion utilisés pour certaines thématiques ont pu évincer des études pertinentes, notamment l'exclusion d'études en laboratoire et d'études exploratoires pour la thématique du bruit ou l'exclusion d'études en dehors de pays membres de l'OCDE et ne rapportant pas d'effets directs à la santé pour la thématique de l'eau potable. De plus, très peu de données à propos des activités de fermeture et de démantèlement figurent dans ce rapport. Le portrait de cette dernière phase du cycle d'exploitation de l'énergie éolienne demeure ainsi incomplet, alors que des effets potentiels à la santé en lien avec les dynamiques sociales, le paysage, l'eau potable, le bruit et la santé des travailleurs et travailleuses y sont associés. Les effets documentés sur l'eau potable associés aux parcs éoliens demeurent également incomplets, puisqu'aucune étude portant sur l'industrie éolienne et ses impacts sur les eaux de surface n'a été recensée.

¹ Des exceptions ont été faites concernant le financement non indépendant pour les thématiques des ombres mouvantes et des champs électromagnétiques, car ces domaines de recherche sont majoritairement financés par l'industrie. Pour le bruit environnemental, le financement non indépendant ou inconnu n'était pas non plus un critère d'exclusion automatique, car plusieurs études pertinentes et de qualité semblaient réalisées grâce à un financement partiellement non indépendant dans le cadre de partenariats gouvernementaux ou universitaires. À l'inverse, l'absence de mention de la source de financement a été utilisée comme critère d'exclusion pour la thématique des effets sociaux et communautaires et acceptabilité sociale afin de gérer l'abondance des documents à traiter dans un court laps de temps.

Conformément aux balises prescrites par la PÉIE du gouvernement du Québec, les activités connexes aux parcs éoliens telles que le transport d'énergie (lignes à haute tension) et les activités associées à la construction des éoliennes (p. ex. : usine, transport de pales sur le réseau routier) n'ont pas été traitées dans ce rapport. Ces thèmes ont été exclus soit directement lors de la recherche documentaire, soit lors de l'analyse de la pertinence du titre ou du résumé des documents. Or, ces activités connexes devraient être considérées par les professionnels, professionnelles et médecins-conseils des directions de santé publique s'ils souhaitent réaliser une évaluation globale des impacts potentiels à la santé.

Il importe aussi de mentionner que les stratégies de recherche documentaire employées ne ciblaient pas précisément les peuples autochtones dans les mots-clés. De ce fait, le portrait des impacts des projets éoliens sur ces communautés ne doit pas être considéré comme exhaustif, puisque la pluralité des voix autochtones n'y est pas représentée. Les études retenues pour la recension des écrits portent sur des populations autochtones de la Norvège seulement. Aucun écrit portant sur des communautés des Premières Nations, Inuit ou métisses n'a été recensé. Les effets du dérangement associé aux lumières clignotantes (balisage lumineux nocturne) ne figuraient pas non plus dans les mots-clés retenus, ce qui ne permet pas de brosser un portrait complet de cet enjeu de santé publique.

Finalement, il est primordial pour le lecteur de garder en mémoire que les effets recensés dans cette recension des écrits se sont produits dans des contextes particuliers. Par conséquent, ces effets se reproduiront seulement si des conditions similaires sont réunies quant aux caractéristiques physiques, économiques et sociales des collectivités d'accueil, à la nature des activités de l'industrie et au degré de préparation des autorités locales, régionales et gouvernementales.

Références

- Baethge, C., Goldbeck-Wood, S. et Mertens, S. (2019). SANRA – A scale for the quality assessment of narrative review articles. *Research integrity and peer review*, 4(5). <https://doi.org/10.1186/s41073-019-0064-8>
- Hong, Q. N., Pluye, P., Fàbregues, S., Bartlett, G., Boardman, F., Cargo, M., ... Vedel, I. (2018). *Mixed methods appraisal Tool (MAAT) Version 2018 – User guide*. McGill University, Department of Family Medicine. http://mixedmethodsappraisaltoolpublic.pbworks.com/w/file/attach/127916259/MMAT_2018_criteria-manual_2018-08-01_ENG.pdf

3 RÉSULTATS

3.1 Effets sociaux et communautaires et acceptabilité sociale

3.1.1 Constats de 2013

La dernière recension des écrits a permis d'identifier plusieurs facteurs qui modulent de manière positive ou négative l'acceptation sociale (consentement de la population) des projets éoliens (Brisson *et al.*, 2013). Notamment, le paysage semble être une préoccupation importante au sein des collectivités ainsi que les modalités permettant la participation des actrices et acteurs (Brisson *et al.*, 2013). Ainsi, le phénomène NIMBY (*not in my backyard*) ne peut être considéré comme le seul facteur expliquant l'opposition au développement éolien (Brisson *et al.*, 2013). Un manque de consensus est toutefois relevé en ce qui concerne l'influence de la proximité des résidences, des caractéristiques socioéconomiques de la collectivité hôte et des retombées économiques sur l'acceptation sociale (Brisson *et al.*, 2013).

ACCEPTABILITÉ SOCIALE ET ACCEPTATION SOCIALE

Le consentement de la population vis-à-vis d'un projet susceptible d'avoir des répercussions sur ses activités, sa qualité de vie ou ses valeurs fait référence à l'acceptation sociale – souvent associée dans le langage courant à l'acceptabilité sociale. Selon la définition portée par l'INSPQ, l'acceptabilité sociale fait plutôt référence à un « processus d'évaluation politique mettant en interaction une pluralité d'actrices et acteurs impliqués à diverses échelles et à partir duquel se construisent progressivement des arrangements et des règles institutionnelles » (Bouchard-Bastien *et al.*, 2020). Cette distinction est mobilisée dans les résultats de cette recension des écrits afin d'éviter toute confusion.

Dans le cadre de cette recherche documentaire, les critères d'inclusion ont permis de recenser plusieurs études qui examinent le processus d'acceptabilité sociale à un niveau local, c'est-à-dire en focalisant sur l'acceptation communautaire des infrastructures de production énergétique. Toutefois, un bon nombre de ces études exposent également des facteurs d'acceptation et de non-acceptation qui dépassent ce niveau et s'inscrivent dans une perspective plus large, qui touche notamment la redéfinition des projets (forme physique, composantes politiques, modèles de gouvernance) et la transition énergétique (Upham *et al.*, 2015). Dans l'optique où un projet acceptable socialement est synonyme d'une communauté résiliente et en santé, les résultats de cette mise à jour invitent à reconnaître la multiplication des processus à l'œuvre dans l'acceptation et sa forme multiscalaire dans l'analyse des projets de parcs éoliens (Wolsink, 2018).

La recension des écrits de 2013 a également permis de regrouper les impacts sociaux et communautaires des projets éoliens en trois grandes catégories, soit les impacts sur le capital social, sur l'équité et sur le développement des communautés (Brisson *et al.*, 2013). Notamment, les constats de 2013 démontrent que dès la planification et l'implantation des projets éoliens, des divisions et des controverses au sein des collectivités sont susceptibles d'émerger en raison de points de vue conflictuels sur des valeurs, sur l'usage du territoire, sur des droits ou sur la gestion des ressources (Brisson *et al.*, 2013). Le processus décisionnel, qui inclut les activités d'information et de consultation, peut également générer des différends si la transparence du processus, l'impartialité des parties prenantes et la capacité de participer sont inadéquates (Brisson *et al.*, 2013). Toutefois, les controverses et les revendications citoyennes peuvent aussi être associées dans certains cas à un renforcement des liens sociaux (Brisson *et al.*, 2013).

Les constats de 2013 ont également identifié certains impacts socioéconomiques associés à la création d'emploi et aux redevances versées à différentes parties prenantes (propriétaires, voisinage, municipalités, etc.) (Brisson *et al.*, 2013). Des enjeux de justice et d'équité et des considérations culturelles, notamment en lien avec les retombées économiques du projet, peuvent aussi favoriser l'émergence de conflits dans les collectivités (Brisson *et al.*, 2013).

3.1.2 Résultats de la recension 2023

L'exercice de mise à jour a permis de recenser 57 nouvelles études scientifiques originales qui valident et raffinent plusieurs constats de 2013, en plus d'éclairer certaines zones d'ombre, notamment quant à l'influence des caractéristiques socioéconomiques et de la distance entre les résidences et les éoliennes sur l'acceptation sociale des projets. Les études retenues révèlent que ces éléments font partie d'un ensemble de facteurs à considérer pour évaluer l'acceptation ou la non-acceptation sociale de l'implantation locale des parcs éoliens et qu'ils ne peuvent être considérés de manière indépendante.

Les revues de littérature et la littérature grise ont été exclues de cet exercice afin de pouvoir composer avec le nombre élevé d'écrits sur le sujet et le temps alloué pour le mandat. Ce chapitre est basé sur 43 études qui se penchent sur des collectivités qui cohabitent avec des projets ou des parcs éoliens terrestres, ainsi que 14 études qui examinent la cohabitation avec des projets ou des parcs éoliens marins. De ce nombre, un article (Kim et Chung, 2019) traite à la fois de la planification d'un parc éolien marin et de l'exploitation d'un parc éolien terrestre. Il sera donc mobilisé dans les deux sous-sections de ce chapitre. Les documents retenus permettent de broser le portrait des effets sociaux et communautaires associés à la cohabitation avec un parc éolien, en soulignant des données propres aux activités de planification et d'exploitation. Des facteurs d'acceptation sociale, en lien avec les effets notés, sont également présentés.

Parcs éoliens terrestres

La recension des écrits a permis de retenir 43 études originales portant spécifiquement sur l'acceptabilité sociale et les effets sociaux et communautaires de parcs éoliens terrestres. De ce nombre, 14 articles portent exclusivement sur des projets éoliens terrestres en phase de planification, alors que 16 études examinent la cohabitation avec des parcs éoliens terrestres en exploitation. À cela s'ajoute 13 articles qui traitent à la fois de la planification et de l'exploitation d'un parc éolien terrestre. Ces études recensent des effets associés à des projets ou à des parcs éoliens terrestres au Canada, aux États-Unis, au Royaume-Uni, en Écosse, en Islande, en France, en Allemagne, en Autriche, en Italie, au Danemark, en Suède, en Norvège, à Chypre, en Grèce, en Israël, en Australie (dont la Tasmanie) et en Corée du Sud.

PLANIFICATION ET CONSTRUCTION

Les documents retenus ont permis de recenser des effets sociaux et communautaires positifs et négatifs durant la phase de planification d'un parc éolien terrestre. Plus particulièrement, des effets socioéconomiques, psychologiques et sur le tissu social ont été recensés ainsi que des facteurs qui font varier l'acceptation sociale.

Effets potentiels sur le tissu social

La présente recension des écrits met au jour 11 documents qui décrivent différents effets sur le tissu social (interaction entre les individus et les groupes) dès qu'un projet de parc éolien est annoncé et en planification, plus particulièrement en ce qui concerne les conflits et les dynamiques sociopolitiques (Arifi et Winkel, 2021; Borch, 2018; Colvin *et al.*, 2016; Colvin *et al.*, 2019; Fischhendler *et al.*, 2021; Maillé et St-Charles, 2012; Maillé et St-Charles, 2014; Jalali *et al.*, 2016; Kapeller et Biegelbauer, 2020; Nadaï et Labussière, 2017; Otto et Leibenath, 2014).

La planification de projets de parcs éoliens peut être associée à l'émergence de conflits entre des personnes et entre différents groupes. Quelques études, dont une recherche mixte portant sur un projet de parc éolien québécois, ont identifié des tensions et une polarisation entre les personnes « pour » et les personnes « contre », ce qui a conduit à une détérioration de certaines relations informelles, familiales et amicales (Arifi et Winkel, 2021; Colvin *et al.*, 2019; Maillé et St-Charles, 2012; Maillé et St-Charles, 2014; Nadaï et Labussière, 2017). Dans certains cas, cette détérioration des liens sociaux peut perdurer au-delà des activités de planification, ce qui est susceptible d'occasionner un désengagement des individus dans la vie sociale et communautaire ainsi qu'une difficulté à accepter et à accueillir de nouveaux projets structurants (Colvin *et al.*, 2016; Colvin *et al.*, 2019; Fischhendler *et al.*, 2021; Nadaï et Labussière, 2017; Otto et Leibenath, 2014). Les municipalités de petite taille et les cas où les élus municipaux prennent position sur le projet (institutionnalisation du conflit) apparaissent plus vulnérables à ces effets négatifs (Nadaï et Labussière, 2017; Otto et Leibenath, 2014).

Dans certaines situations, l'émergence de conflits peut prendre la forme de regroupements spontanés de citoyens et citoyennes. Dans les cas recensés, des groupes organisés s'opposaient au projet à cause de la localisation des éoliennes et des impacts potentiels sur l'environnement, sur la santé et sur l'économie, alors que d'autres étaient en faveur pour contribuer à la lutte aux changements climatiques (Arifi et Winkel, 2021; Borch, 2018; Jalali *et al.*, 2016; Kapeller et Biegelbauer, 2020; Maillé et St-Charles, 2012; Otto et Leibenath, 2014). Le manque d'information et de consultation de la population ainsi qu'une perception d'iniquité dans les bénéfices sont les principales causes de ces mobilisations. Ces dynamiques sociopolitiques peuvent prendre la forme de revendications publiques et de pétitions, mais également d'intimidation et de désordre physique (graffitis et déversement de déchets chez une actrice ou acteur concerné) comme recensé dans l'étude de Nadaï et Labussière (2017) qui porte sur un projet de parc éolien en France ayant reçu une violente opposition. Certains individus et groupes qui luttent peuvent également subir de l'isolement et de la stigmatisation (Maillé et St-Charles, 2012; Nadaï et Labussière, 2017).

Par ailleurs, la mobilisation citoyenne peut également renforcer le capital social par la création de nouvelles relations entre des individus et entre des groupes, comme repéré dans trois études (Arifi et Winkel, 2021; Colvin *et al.*, 2019; Maillé et St-Charles, 2012). Ces nouvelles relations peuvent être caractérisées par de l'entraide, un sentiment d'appartenance, un attachement à un groupe et de la solidarité (Maillé et St-Charles, 2012).

Effets socioéconomiques potentiels

Durant la phase de construction des parcs éoliens, l'augmentation des offres d'emploi et des activités commerciales a été documentée dans le cadre de trois études qui se sont penchées sur ces sujets aux États-Unis (Shoeib *et al.*, 2021), en Grèce (Kontogianni *et al.*, 2014) et en Écosse (Okkonen et Lehtonen, 2016). Selon l'étude de Shoeib *et al.* (2021), qui porte sur cinq États et 11 comtés états-uniens qui accueillent de grands projets éoliens en milieu rural, le taux de chômage serait en baisse durant la phase de construction des parcs éoliens grâce à la main d'œuvre requise pour les travaux et l'arrivée de nouveaux commerces et services connexes pour les travailleurs et travailleuses, tels que des hôtels et des restaurants. Des entreprises connexes aux parcs éoliens (par exemple, la fabrication de pièces d'éolienne) peuvent également voir le jour (Shoeib *et al.*, 2021). Toutefois, l'augmentation des offres d'emploi serait temporaire et le taux de chômage redeviendrait à son niveau antérieur durant la phase d'exploitation, car le fonctionnement des parcs éoliens est très automatisé et requiert peu de main d'œuvre (Shoeib *et al.*, 2021; Okkonen et Lehtonen, 2016). Malgré le peu d'impacts à long terme sur la création d'emplois directs, les investissements indirects demeurent et apparaissent un atout dans une perspective de développement des collectivités, particulièrement dans des milieux ruraux ou mono-industriels (Kontogianni *et al.*, 2014; Okkonen et Lehtonen, 2016).

Selon l'étude de Shoeib *et al.* (2021), l'arrivée de travailleurs et travailleuses temporaires durant la construction représenterait un défi concernant la demande en logement, particulièrement dans les collectivités de moins de 5 000 habitants et habitantes (Shoeib *et al.*, 2021). Des hôtels

et des sites de camping seraient mobilisés à cette fin et une augmentation du prix des logements serait observée (Shoeib *et al.*, 2021).

Effets psychologiques potentiels

Plusieurs études retenues font état de manifestations de stress, d'inquiétude et de frustration au moment de l'annonce d'un projet de parc éolien et durant sa planification, ainsi que des sentiments de méfiance, de perte de confiance, d'injustice et d'impuissance (Arifi et Winkel, 2021; Borch, 2018; Colvin *et al.*, 2016; Colvin *et al.*, 2019; Fast, 2015; Fast et Mabee, 2015; Evans *et al.*, 2011; Kapeller et Biegelbauer, 2020; Kontogianni *et al.*, 2014; Maillé et St-Charles, 2012; Nadaï et Labussière, 2017). Selon les documents recensés, ces manifestations sont particulièrement dues à :

- Un manque d'information et de transparence à propos des effets potentiels sur la santé et l'environnement :
 - Borch (2018), Chapman *et al.* (2014), Colvin *et al.* (2019), Fast et Mabee (2015).
- Un manque de considération des savoirs locaux et citoyens dans les processus de planification et de consultation :
 - Arifi et Winkel (2021)².
- L'historique et les expériences passées de la collectivité d'accueil :
 - Arifi et Winkel (2021), Borch *et al.* (2020).
- La dégradation des relations sociales :
 - Colvin *et al.* (2019), Maillé et St-Charles (2012).

Acceptation sociale

Différents facteurs peuvent faire varier l'acceptation sociale d'un projet de parc éolien terrestre au sein d'une collectivité. Ceux faisant varier l'acceptation sociale, mis au jour dans les nouvelles études, sont présentés dans ce document sans distinction d'importance relative :

- Les attitudes et les valeurs en lien avec la conservation de la nature et l'intégrité de la biodiversité. Des sites retenus pour des projets de parcs éoliens peuvent représenter des écosystèmes singuliers et leur caractère unique peut moduler l'acceptation d'un projet pour certaines parties prenantes :

² Arifi et Winkel (2021) ont noté des effets psychologiques délétères chez des individus de collectivités rurales et péri-urbaines en Allemagne dont les savoirs environnementaux ont été diminués par des expertes et experts liés aux promoteurs lors d'audiences publiques. Par exemple, des citoyens et citoyennes avaient soumis des photographies retraçant les trajectoires migratoires d'oiseaux survolant le potentiel site éolien. Un expert avait disqualifié la qualité et l'objectivité de ces données en répliquant préférer s'en tenir aux simulations par ordinateur.

- Arifi et Winkel (2021), Borch (2018), Chapman *et al.* (2014), Fast, 2015, Kapeller et Biegelbauer (2020), Kermagoret *et al.* (2016), Hindmarsh (2014), Nadaï et Labussière (2017), Otto et Leibenath (2014).
- L'attrait des nouvelles technologies « vertes » et l'identification ou non des éoliennes comme stratégie efficace pour lutter contre les changements climatiques :
 - Johansen (2021), Hoen *et al.* (2019), Otto et Leibenath (2014).

VALEURS ENVIRONNEMENTALES, FACTEURS D'ACCEPTATION ET DE NON-ACCEPTATION SOCIALE

Les valeurs environnementales prennent deux formes dans les facteurs d'acceptation et de non-acceptation des projets éoliens et ces dernières sont parfois en opposition. D'un côté, on retrouve des individus et des groupes qui souhaitent conserver l'intégrité de la nature, de la faune et de la flore (dont le paysage), et de l'autre côté, on retrouve des actrices et acteurs qui encouragent les technologies permettant de lutter contre les changements climatiques en diminuant l'utilisation d'énergies fossiles. Quelques auteurs et autrices ont qualifié ce phénomène de *green on green conflict* et l'ont repéré à la fois dans les phases de la planification et de l'exploitation des parcs éoliens (Arifi et Winkel, 2021; Christidis *et al.*, 2017; Evans *et al.*, 2011; Johansen, 2021).

- L'attachement identitaire au lieu et au paysage. Ce facteur fait référence à une relation émotionnelle au territoire et de la façon dont les personnes s'y inscrivent et s'y perçoivent, individuellement et collectivement. Cet attachement varie selon les contextes socioculturels, historiques et socioéconomiques ainsi que selon les personnes à l'intérieur d'une même collectivité :
 - Arifi et Winkel (2021), Borch (2018), Chapman *et al.* (2014), Evans *et al.* (2011), Fast et Mabee (2015), Kermagoret *et al.* (2016), Kontogianni *et al.* (2014), Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir (2019), Otto et Leibenath (2014).
- Les caractéristiques physiques (hauteur, distance et densité) des éoliennes :
 - Evans *et al.* (2011), Johansen (2021), Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir (2019).
- La participation citoyenne, la transparence et l'équité du processus décisionnel. Ces facteurs peuvent contribuer à moduler la confiance de la population envers les autorités :
 - Borch (2018), Borch *et al.* (2020), Botetzagias *et al.* (2015), Christidis *et al.* (2017), Kapeller et Biegelbauer (2020), Nadaï et Labussière (2017).
- La communication des impacts potentiels du projet :
 - Christidis *et al.* (2017), Colvin *et al.* (2016), Evans *et al.* (2011), Fast et Mabee (2015), Maillé et St-Charles (2014), Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir (2019).

- Les impacts financiers directs – redevances (par exemple, aux propriétaires terriens qui accueillent les éoliennes, aux personnes résidant à l'intérieur d'un périmètre donné ainsi qu'aux municipalités), création d'emplois, valeurs de la propriété – et indirects – prospérité économique de la région et valeur touristique des paysages :
 - Arifi et Winkel (2021), Borch (2018), Botetzagias *et al.* (2015), Evans *et al.* (2011), Fast et Mabee (2015), Hoen *et al.* (2019), Maillé et St-Charles (2014), Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir (2019), Fischhendler *et al.* (2021), Jegan et Audet (2011), Otto et Leibenath (2014).

Ces facteurs sont susceptibles de varier selon les contextes historiques, culturels, sociopolitiques et socioéconomiques qui caractérisent les collectivités d'accueil.

La gouvernance (privée ou communautaire) d'un projet serait également susceptible de moduler les attitudes. Selon une analyse des différents modèles sociopolitiques et socioéconomiques de développement de la filière éolienne au Québec menée par Jegan et Audet (2011), les projets communautaires ou publics seraient davantage perçus comme étant des projets équitables et justes, comparativement au projet privé, ce qui favoriserait leur acceptation. Selon l'autrice et l'auteur, ce résultat serait particulièrement cohérent avec le contexte historique du Québec qui est caractérisé par la nationalisation de l'hydroélectricité (Jegan et Audet, 2011).

EXPLOITATION

La présente mise à jour a permis de dresser le portrait d'effets sociaux, socioéconomiques et psychologiques positifs et négatifs spécifiquement associés à la phase d'exploitation d'un parc éolien terrestre. À cela s'ajoutent des données sur certaines nuisances à la qualité de vie et des facteurs qui modulent l'acceptation sociale.

Nuisances associées aux parcs éoliens terrestres

Les documents retenus portant sur des populations vivant à proximité de parcs éoliens terrestres en exploitation mettent en lumière certaines nuisances³ qui peuvent affecter la qualité de vie, soit le bruit, les vibrations et les lumières clignotantes (Borch *et al.*, 2020; Fast, 2015; Firestone *et al.*, 2015; Ki *et al.*, 2022; Kim et Chung, 2019; Kontogianni *et al.*, 2014; Jalali *et al.*, 2016; Mulvaney *et al.*, 2013; Petrova, 2016; Reitz *et al.*, 2022).

- **Bruit des éoliennes**

Le fonctionnement des éoliennes peut produire des bruits d'origine mécanique ou aérodynamique (voir la section 3.4 sur le bruit pour plus de détails). Le dérangement serait plus important à l'extérieur qu'à l'intérieur des logements, mais certains individus demeurent incommodés ou inquiets par le bruit dans leur résidence (Jalali *et al.*, 2016; Mulvaney *et al.*, 2013). Selon deux enquêtes réalisées en Corée du Sud (Ki *et al.*, 2022) et aux États-Unis (Firestone *et al.*, 2015), la distance entre la résidence et les éoliennes n'aurait pas d'impact sur le

³ Le terme « nuisance » est défini dans le cadre de gestion des risques de l'INSPQ comme étant un « effet indésirable possible sur le bien-être ou effet indirect sur la santé physique à la suite de l'exposition à un facteur du type odeur, bruit, poux, punaises de lit, etc. » (Cortin *et al.*, 2016).

niveau de dérangement, bien que l'exposition au bruit des éoliennes ait tendance à diminuer à mesure que l'on s'en éloigne. Ce résultat basé sur des effets rapportés amène Ki *et al.* (2022) à suggérer que la gestion des nuisances par le bruit ne peut pas se baser uniquement sur la distance séparatrice entre les éoliennes et les habitants et habitantes ainsi que sur le niveau d'exposition au bruit, mais il doit également tenir compte des attitudes et des perceptions à l'égard des éoliennes. Ces écrits mettent en lumière la notion de distance socialement acceptable, c'est-à-dire une distance déterminée en concertation avec le milieu.

Dans les études retenues, le dérangement associé au bruit peut entraîner une perte de jouissance liée à des perturbations du sommeil, du stress et des changements dans les habitudes de vie, tels que ne plus entendre le chant des oiseaux (Borch *et al.*, 2020; Fast, 2015; Kim et Chung, 2019; Reitz *et al.*, 2022; Walker *et al.*, 2015). Ces effets apparaissent plus importants dans les milieux qui étaient initialement silencieux (Kim et Chung, 2019; Walker *et al.*, 2015).

À la lumière de la recension des écrits, les populations qui semblent davantage dérangées par le bruit seraient les résidents et résidentes qui ont une attitude négative envers les éoliennes (Firestone *et al.*, 2015; Ki *et al.*, 2022; Jalali *et al.*, 2016; Kontogianni *et al.*, 2014; Petrova, 2016). Ces attitudes défavorables seraient modulées par divers facteurs contextuels et temporels (voir la section sur l'acceptation sociale à la page 30). Les ménages de petite taille (deux personnes et moins) seraient également plus dérangés, car ils accorderaient plus d'importance au calme que les ménages comptant plus de deux personnes (Firestone *et al.*, 2015).

- Lumières clignotantes

Trois documents consultés indiquent des dérangements occasionnés par le balisage lumineux nocturne installé au sommet des éoliennes. Ce balisage composé d'une lumière rouge clignotante permet d'assurer la sécurité du transport aérien. Les clignotements, répétitifs aux cinq secondes, seraient synchrones ou asynchrones selon les écrits consultés (Fast, 2015; Kim et Chung, 2019; Mulvaney *et al.*, 2013).

Selon les quelques écrits retenus qui abordaient le sujet, des manifestations de stress ont été recensées ainsi qu'un changement du milieu de vie, qui passerait d'un milieu naturel (où il est possible de contempler la lune et les étoiles) à un milieu à caractère urbain (Kim et Chung, 2019; Mulvaney *et al.*, 2013). Les populations vivant dans des milieux faiblement peuplés seraient ainsi plus susceptibles d'être incommodées par les lumières clignotantes. D'autres études portant sur les effets potentiels sur la santé des lumières clignotantes dans différents contextes (urbain, semi-urbain et rural) apparaissent nécessaires pour mieux évaluer les risques.

Effets potentiels sur le tissu social et l'identité culturelle

Neuf études scientifiques recensées présentent des effets sur le tissu social et sur l'identité culturelle durant la phase d'exploitation des parcs éoliens terrestres (Christidis *et al.*, 2017; Chapman *et al.* 2013; Hindmarsh, 2014; Hogan *et al.*, 2022; Kim et Chung, 2019; Normann, 2019; Mulvaney *et al.*, 2013; Reitz *et al.*, 2022; Walker *et al.*, 2015). Des perceptions d'injustice dans les

impacts et les bénéfices sociaux, économiques et environnementaux, directement liées à des processus déficients en matière de participation citoyenne lors de la planification du projet et durant l'exploitation, génèrent ces impacts tangibles en ce qui a trait aux conflits, à la cohésion sociale, à l'ordre public et aux changements du mode de vie.

Ainsi, tout comme pour la phase de planification, des conflits entre certains groupes ont été examinés (Christidis *et al.*, 2017; Hindmarsh, 2014; Hogan *et al.*, 2022; Mulvaney *et al.*, 2013). Ces tensions et divisions sont susceptibles d'affecter la cohésion sociale de la collectivité d'accueil en favorisant la marginalisation de certains groupes (Walker *et al.*, 2015). De nouveaux arrivants et arrivantes ainsi que des commerçants et commerçantes pourraient également avoir de la difficulté à s'intégrer dans une collectivité polarisée où maintenir une position neutre n'apparaît pas comme étant une option (Walker *et al.*, 2015).

Dans certains des cas recensés, des regroupements de citoyens et citoyennes se seraient organisés pour préserver leur milieu de vie, leur identité culturelle et leur qualité de vie (Chapman *et al.* 2013; Kim et Chung, 2019; Normann, 2019; Reitz *et al.*, 2022). L'action de ces groupes peut prendre des formes variées, telles que des recours juridiques et une augmentation des plaintes⁴ de dérangement (bruit) aux autorités (Chapman *et al.*, 2013; Normann, 2019; Reitz *et al.*, 2022).

Quelques études scientifiques retenues se déroulent dans un milieu qui était initialement agricole ou forestier, et l'arrivée de l'industrie éolienne semble occasionner des changements concernant le style de vie et la perception de la région (Christidis *et al.*, 2017; Fast et Mabee, 2015; Hindmarsh, 2014; Kim et Chung, 2019; Mulvaney *et al.*, 2013; Normann, 2019). Les effets mis au jour sont :

- Un changement du caractère sauvage (*wilderness*) et rural au profit d'un caractère industriel :
 - Christidis *et al.* (2017), Fast et Mabee (2015), Hindmarsh (2014), Kim et Chung (2019).
- Des confrontations quant à l'usage traditionnel du territoire en contexte autochtone :
 - Normann (2019).

Certains peuples autochtones, agriculteurs et agricultrices, usagers et usagères de la forêt (regroupements de chasseurs et chasseuses, ornithologues amateurs et amatrices, randonneurs et randonneuses) seraient davantage touchés par ces effets, car ces groupes entretiennent un lien identitaire et culturel avec le territoire touché. Toutefois, l'étude de Mulvaney *et al.* (2013) menée en Indiana, aux États-Unis, indique que l'exploitation des éoliennes peut également être synonyme de protection de la vocation des terres agricoles pour certains agriculteurs et agricultrices.

⁴ Selon l'étude de Chapman *et al.* (2013), l'augmentation des plaintes serait associée dans ce cas-ci à un changement dans la perception des risques de certains individus, à la suite de la diffusion d'informations sur les effets potentiels à la santé menée par des groupes organisés contre les éoliennes.

Effets socioéconomiques potentiels

L'exploitation des parcs éoliens peut générer des effets socioéconomiques positifs et négatifs, dépendamment de la localisation géographique des infrastructures et selon le type de gouvernance mis de l'avant par les investigateurs des projets. Selon les écrits retenus, ces effets concernent les emplois et les revenus, le prix des logements et les autres secteurs économiques préexistants (Caporale *et al.*, 2020; Fast et Mabee 2015; Fokaides *et al.*, 2014; Hicks, 2020; Jacquet et Stedman, 2013; Kim et Chung, 2019; Liljenfeldt et Pettersson, 2017; Mulvaney *et al.*, 2013; Okkonen et Lehtonen, 2016; Shoeib *et al.*, 2021).

Malgré les attentes que pourraient avoir certains individus et groupes en faveur de l'exploitation d'un parc éolien, cette phase génère peu de nouveaux emplois directs comparativement celle de la construction, car les activités de fonctionnement et d'entretien demandent peu de main d'œuvre (Jacquet et Stedman, 2013; Shoeib *et al.*, 2021). Ainsi, il apparaît peu fréquent que l'arrivée d'un parc éolien soit associée à une augmentation de la population et à une pression sur les services et les infrastructures, comparativement à d'autres types d'industrie (Shoeib *et al.*, 2021). Néanmoins, l'augmentation des revenus de certains propriétaires terriens serait importante selon les cas, grâce à des redevances reçues ou à une diminution de taxes (Fokaides *et al.*, 2014; Shoeib *et al.*, 2021). Les parcs éoliens communautaires permettraient également d'offrir des bénéfices directs aux collectivités qui les accueillent, en plus de contribuer à l'accroissement des opportunités de participation citoyenne et à la solidification du tissu social des parties prenantes (Hicks, 2020).

Trois études scientifiques ont documenté des effets variés sur le prix des logements et des maisons (Kim et Chung, 2019; Mulvaney *et al.*, 2013; Shoeib *et al.*, 2021). L'étude mixte réalisée par Shoeib *et al.* (2021) dans les États du Texas, de la Californie, de l'Oregon, du Colorado et de Washington, aux États-Unis, documente que les prix des logements peuvent augmenter dans les comtés où il y a de grands parcs éoliens en activité, dépendamment de la taille de la population et de l'offre en hébergement disponible (Shoeib *et al.*, 2021). Par ailleurs, deux études menées dans cinq régions en Corée du Sud (Kim et Chang, 2019) et en Indiana aux États-Unis (Mulvaney *et al.*, 2013) soulèvent des difficultés à vendre des maisons situées à proximité d'un parc éolien, ce qui pourrait potentiellement en diminuer la valeur marchande. Ce constat est toutefois nuancé dans l'étude de Mulvaney *et al.* (2013), car le roulement de propriétaires est très faible dans cette région et peu de maisons sont disponibles. D'autres études socioéconomiques apparaissent nécessaires pour mieux comprendre ce phénomène alors que la question de la perte de valeur immobilière semble être une préoccupation importante, celle-ci étant relevée dans diverses études (Caporale *et al.*, 2020; Fast, 2015; Kim et Chung, 2019; Mulvaney *et al.*, 2013; Shoeib *et al.*, 2021).

Selon quelques études retenues, le tourisme et l'agriculture seraient les secteurs d'activité les plus touchés économiquement par l'exploitation d'un parc éolien (Caporale *et al.*, 2020; Fokaides *et al.*, 2014; Jacquet et Stedman, 2013; Liljenfeldt et Pettersson, 2017; Mulvaney *et al.*, 2013; Okkonen et Lehtonen, 2016). Les résultats recensés semblent positifs ou négatifs selon les contextes socioéconomiques et environnementaux du milieu d'accueil. Ainsi, l'étude de

Mulvaney *et al.* (2013) rapporte que 50 % des agriculteurs et agricultrices considèrent que les éoliennes sur leur terrain leur permettent de rentabiliser leur entreprise agricole grâce aux redevances, alors que d'autres considèrent plutôt que les éoliennes engendrent une perte de territoire cultivable et, de surcroît, une perte de productivité. Les études portant sur l'industrie touristique présentent également des résultats variés. Certaines études soulèvent que les éoliennes peuvent être considérées comme un attrait touristique et être en ce sens un atout économique pour le milieu (Fokaides *et al.*, 2014; Okkonen et Lehtonen, 2016), alors que d'autres études rapportent que des propriétaires de résidence secondaire, qui ont choisi d'investir pour la qualité d'un paysage permettant de se reposer et de se ressourcer, considèrent que les éoliennes ne sont pas compatibles avec la villégiature (Jacquet et Stedman, 2013; Liljenfeldt et Pettersson, 2017). La notion de paysage étant un phénomène esthétique et socialement construit, il est à prévoir que sa valeur puisse varier d'un individu et d'un groupe à un autre, et donc, que les effets sur l'industrie touristique demeurent pluriels (voir la section 3.2 sur le paysage pour plus de détails).

Effets psychologiques potentiels

Les documents répertoriés dans le cadre de cette mise à jour mettent en lumière un bon nombre de dimensions psychologiques se manifestant lors de la phase d'exploitation de parcs éoliens terrestres. Des études ont recensé des manifestations de stress, d'anxiété, de dépression, de tristesse ainsi que des sentiments d'injustice, de perte de confiance et d'impuissance (Christidis *et al.*, 2017; Fast et Mabee, 2015; Kim et Chung, 2019; Mills *et al.*, 2019; Normann, 2020; Walker *et al.*, 2015; Walker *et al.*, 2014; Jalali *et al.*, 2016; Mulvaney *et al.*, 2013; Reitz *et al.*, 2022; Fokaides *et al.*, 2014; Hindmarsh, 2014). Les facteurs suivants ont contribué à ces effets :

- Des lacunes dans le processus d'implantation et dans la gestion des risques sont associées à des sentiments d'injustice, de perte de confiance et d'impuissance :
 - Christidis *et al.* (2017), Fast et Mabee (2015), Mills *et al.* (2019), Walker *et al.* (2015).
- Le contexte sociopolitique, lorsque des conflits et des groupes spontanés de citoyens et citoyennes sont actifs, peut entraîner de l'anxiété et un état dépressif :
 - Jalali *et al.* (2016).
- La transformation du paysage et la perte potentielle d'un mode de vie peuvent occasionner de la tristesse et de l'anxiété :
 - Christidis *et al.* (2017), Normann (2020).
- Les nuisances à la qualité de vie, telles que les lumières clignotantes, semblent générer du stress :
 - Kim et Chung (2019).

Les individus ayant un fort attachement au lieu, les résidents et résidentes de longue date et les personnes en opposition semblent plus vulnérables à ces effets (Kim et Chung, 2019; Hindmarsh, 2014; Walker *et al.*, 2014).

Des sentiments d'inquiétude et de peur ont également été recensés dans plusieurs études et seraient principalement en lien avec la santé, la sécurité et les finances personnelles (Kim et Chung, 2019; Fokaides *et al.*, 2014; Jalali *et al.*, 2016; Hindmarsh, 2014; Reitz *et al.*, 2022; Walker *et al.*, 2014). Selon les études retenues, ces effets concernent spécifiquement les impacts potentiels des éoliennes sur la santé, plus particulièrement ceux en lien avec les ombres mouvantes, les champs électromagnétiques, le bruit et la circulation des camions (Reitz *et al.*, 2022), les risques d'accident associés à un effondrement d'éolienne ou à un glissement de terrain (Kim et Chung, 2019; Reitz *et al.*, 2022) et la baisse potentielle de la valeur marchande d'une résidence située à proximité d'un parc éolien en activité (Fokaides *et al.*, 2014; Jalali *et al.*, 2016). Ils sont fréquemment associés à une attitude négative envers les parcs éoliens en exploitation.

Acceptation sociale

Les écrits scientifiques retenus indiquent qu'une fois l'exploitation des parcs éoliens commencée, le niveau d'acceptation et de non-acceptation peut varier au sein d'une même collectivité d'accueil. Ces variations ont été documentées dans des études menées en Ontario, au Canada (Baxter *et al.*, 2013; Christidis *et al.*, 2017; Fast et Mabee, 2015; Fast, 2015; Walker *et al.*, 2014), aux États-Unis (Firestone *et al.*, 2015; Hoen *et al.*, 2019; Jacquet et Stedman, 2013; Mills *et al.*, 2019; Mulvaney *et al.*, 2013; Petrova, 2016), en Écosse (Hogan *et al.*, 2022); en Italie (Caporale *et al.*, 2020), en Norvège (Normann, 2019), en Grèce (Kontogianni *et al.*, 2014), à Chypre (Fokaides *et al.*, 2014), en Allemagne (Reitz *et al.*, 2022), en Corée du Sud (Ki *et al.*, 2022) et en Australie (Hicks, 2020). Ces facteurs qui font varier l'acceptation sociale sont :

- L'attachement identitaire au lieu et les représentations sociales des éoliennes⁵ et du paysage. Selon les différentes études de cas recensées, les éoliennes terrestres peuvent représenter des attitudes positives telles que l'espoir, la fierté, le progrès, la prospérité et l'énergie propre, ainsi que des attitudes négatives comme une violation du paysage sauvage et naturel et une perte de valeurs culturelles et économiques :
 - Fast et Mabee (2015), Fokaides *et al.* (2014), Hicks (2020), Hoen *et al.* (2019), Jacquet et Stedman (2013), Mulvaney *et al.* (2013), Petrova (2016).
- Les attitudes et les valeurs envers les technologies :
 - Baxter *et al.* (2013), Caporale *et al.* (2020), Christidis *et al.* (2017), Fast (2015), Firestone *et al.* (2015), Hoen *et al.* (2019).
- Les attitudes et les valeurs en lien avec la préservation des écosystèmes :
 - Caporale *et al.* (2020), Fast et Mabee (2015), Walker *et al.* (2014).
- La communication des impacts potentiels du projet :

⁵ Les représentations sociales forment un ensemble cognitif partagé par un groupe déterminé et sont construites par rapport à des symboles, des savoirs et des croyances (Joffre et Orfali, 2005).

- Caporale *et al.* (2020), Fokaides *et al.* (2014), Hicks (2020), Kontogianni *et al.* (2014), Reitz *et al.* (2022).
- Le niveau de participation citoyenne dans le processus d’implantation et dans la gouvernance du parc éolien :
 - Hicks (2020), Hogan *et al.* (2022), Hoen *et al.* (2019), Ki *et al.* (2022), Mills *et al.* (2019), Normann (2019), Petrova (2016), Reitz *et al.* (2022), Walker *et al.* (2014).
- Les impacts financiers directs – redevances – et indirects – prospérité économique de la région :
 - Caporale *et al.* (2020), Fast et Mabee (2015), Fokaides *et al.* (2014), Hicks (2020), Hoen *et al.* (2019), Mills *et al.* (2019), Mulvaney *et al.* (2013), Petrova (2016), Reitz *et al.* (2022), Walker *et al.* (2014).
- Les caractéristiques physiques (densité et juxtaposition) des éoliennes :
 - Baxter *et al.* (2013), Walker *et al.* (2014).

Les études consultées présentent des résultats partagés concernant certaines variables qui pourraient expliquer les attitudes indépendamment du contexte local, telles que des variables démographiques ou la distance entre les éoliennes et les habitations. Selon une enquête menée en Suède auprès de résidents et résidentes vivant dans un rayon de dix kilomètres d’une éolienne, un individu âgé, retraité, moins éduqué et moins fortuné aurait une attitude plus positive envers les éoliennes qu’un individu plus jeune, travaillant dans le secteur privé, éduqué et bien nanti (Liljenfeldt et Pettersson, 2017). D’autre part, deux études retenues ne semblent démontrer aucune corrélation entre l’acceptation sociale et des variables démographiques telles que le genre, l’âge et le niveau de scolarité (Hoen *et al.*, 2019; Kontogianni *et al.*, 2014). L’étude d’Hoen *et al.* (2019) établit plutôt une corrélation entre l’acceptation sociale et un attachement au lieu compatible avec l’exploitation des éoliennes. Dans le même sens, l’étude de Kontogianni *et al.* (2014) insiste sur l’importance de s’attarder aux mécanismes de participation citoyenne qui permettent d’informer la population et d’instaurer un lien de confiance envers les autorités pour évaluer le niveau d’acceptation.

Selon les écrits recensés, le facteur de la distance sécuritaire est également associé à des résultats hétérogènes. Deux enquêtes (Liljenfeldt et Pettersson, 2017; Walker *et al.*, 2014) établissent une corrélation entre les individus vivant à proximité des éoliennes et les attitudes négatives, alors que deux études (Hindmarsh, 2014; Jalali *et al.*, 2016) n’en documentent aucune et deux enquêtes (Hoen *et al.*, 2019; Petrova, 2016) établissent plutôt une relation entre les attitudes positives et la proximité des éoliennes. À l’instar de la recension précédente (Brisson *et al.*, 2013), les études d’Hoen *et al.* (2019) et de Petrova (2016) enlève un peu plus de poids au phénomène NIMBY pour expliquer les attitudes négatives.

Parcs éoliens marins

La recension des écrits a permis de retenir 14 études originales portant spécifiquement sur l'acceptabilité sociale et les effets sociaux et communautaires de parcs éoliens marins. Ces études recensent des effets associés à des projets ou à des parcs éoliens aux États-Unis, en Corée du Sud, au Royaume-Uni, en France, au Danemark et en Suède.

PLANIFICATION

La majorité des articles recensés ont examiné les effets sociaux et communautaires associés à la phase de planification d'un parc éolien marin. Les résultats permettent de dégager quelques constats à propos des effets potentiels sur le tissu social, sur les dimensions psychologiques et sur l'acceptation sociale, alors que les effets socioéconomiques potentiels demeurent flous (Bidwell, 2017; Brownlee *et al.*, 2015; Buchholzer *et al.*, 2022; Ferguson *et al.*, 2017; Gonyo *et al.*, 2021; Hooper *et al.*, 2017; Hall et Lazarus, 2015; Kermagoret *et al.*, 2016; Kim et Chung, 2019; Johansen, 2019; Waldo, 2012).

Effets potentiels sur le tissu social

Deux études ont spécifiquement examiné des dynamiques sociopolitiques dès l'annonce et la planification d'un parc éolien marin (Gonyo *et al.*, 2021; Kim et Chung, 2019). Alors que l'étude de Gonyo *et al.* (2021) documente les actions (pétitions, regroupements de citoyens et citoyennes, assemblées publiques, etc.) de riverains et riveraines vivant sur les côtes des États de la Caroline du Nord et du Sud aux États-Unis, l'étude de Kim et Chung (2019) se penche spécifiquement sur les revendications de groupes susceptibles de vivre des impacts économiques (pêcheurs et pêcheuses, commerçants et commerçantes) en Corée du Sud. Ces regroupements spontanés de citoyens et citoyennes luttent principalement pour la préservation de la vue sur l'océan (Gonyo *et al.*, 2021) et pour obtenir des compensations financières pour pallier les conséquences potentielles sur la production halieutique (Kim et Chung, 2019).

Effets socioéconomiques potentiels

Une étude a été menée auprès de pêcheuses et pêcheurs récréatifs sur les côtes de l'Angleterre et de l'Écosse afin de documenter leurs expériences de pêche et leurs opinions envers le développement de parcs éoliens marins (Hooper *et al.*, 2017). Les résultats de cette enquête soulèvent des expériences et des opinions partagées : 44 % des répondants et répondantes pensent que le projet aura des effets sur les prises, alors que 37 % pensent qu'il n'y en aura pas (Hooper *et al.*, 2017). Ainsi, peu d'évidences ressortent de cette étude concernant les effets socioéconomiques potentiels sur les activités de pêche et plus particulièrement sur la quantité et la qualité de la ressource halieutique (Hooper *et al.*, 2017). Dans le cadre d'une étude prospective dans le secteur des îles de Groix et de Belle-Île en France, Bulchholzer *et al.* (2022) ont évalué que les groupes de pêcheuses et pêcheurs qui travaillent à leur compte ou qui sont rattachés à de petites entreprises halieutiques seraient plus vulnérables aux impacts socioéconomiques de potentiels parcs éoliens marins, car ils auraient une moins grande capacité d'adaptation (changement au niveau des zones d'exploitation, accès restreint à différents types

d'embarcation, etc.). D'autres études socioéconomiques apparaissent nécessaires pour évaluer les impacts potentiels, particulièrement pour les pêcheuses et pêcheurs commerciaux qui seraient plus vulnérables à ces changements (Kim et Chung, 2019).

Effets psychologiques potentiels

Quelques études scientifiques portant sur des projets de parcs éoliens marins en Corée du Sud, aux États-Unis, en France et en Suède ont décrit des inquiétudes, des craintes et un sentiment d'impuissance (Bidwell, 2017; Brownlee *et al.*, 2015; Kim et Chung, 2019; Hall et Lazarus, 2015; Hooper *et al.*, 2017; Johansen, 2019; Kermagoret *et al.*, 2016; Waldo, 2012). Ces effets sont principalement associés à un manque d'information sur les impacts et à l'absence de possibilités d'influencer le projet. Les principales craintes et inquiétudes recensées sont :

- La diminution des stocks de poissons et des activités de pêche commerciale :
 - Kim et Chung (2019), Hall et Lazarus (2015), Hooper *et al.* (2017).
- Les enjeux de sécurité pour la navigation :
 - Hooper *et al.* (2017).
- Les nuisances à la qualité de vie (bruit et lumières clignotantes) :
 - Hall et Lazarus (2015), Hooper *et al.* (2017).
- La transformation du paysage et l'impact potentiel sur le tourisme :
 - Bidwell (2017), Brownlee *et al.* (2015), Hall et Lazarus (2015), Johansen (2019), Kermagoret *et al.* (2016), Waldo (2012).

Acceptation sociale

La présente recension des écrits indique que le niveau d'acceptation sociale peut varier au sein d'un même groupe (villégiateurs et villégiatrices, pêcheurs et pêcheuses, propriétaires de résidence secondaire, résidentes et résidents permanents, atrices et acteurs commerciaux) qui fréquente ou habite un espace côtier où un projet de parc éolien marin est planifié. En outre, un processus d'acceptabilité sociale devrait considérer l'ensemble de ces groupes qui entretiennent des relations variées avec cet espace (Bidwell, 2017; Brownlee *et al.*, 2015; Johansen, 2019; Kermagoret *et al.*, 2016).

Les principaux facteurs recensés sont multiples et modulés selon divers contextes socioéconomiques, sociopolitiques et culturels :

- Les attitudes et les valeurs en lien avec la nature et la biodiversité :
 - Bidwell (2017), Brownlee *et al.* (2015), Ferguson *et al.* (2019), Gonyo *et al.* (2021), Hall et Lazarus (2015), Hooper *et al.* (2017), Johansen (2019), Kermagoret *et al.* (2016).
- L'attachement identitaire au lieu :
 - Brownlee *et al.* (2015), Gonyo *et al.* (2021), Hooper *et al.* (2017), Johansen (2019), Kermagoret *et al.* (2016).

- Les impacts financiers directs – redevances, création d’emplois, valeurs de la propriété – et indirects – prospérité économique de la région :
 - Brownlee *et al.* (2015), Buchholzer *et al.* (2022), Ferguson *et al.* (2019), Gonyo *et al.* (2021), Hall et Lazarus (2015), Johansen (2019), Kermagoret *et al.* (2016), Waldo (2012).
- Les effets potentiels sur les activités récréatives pratiquées par les groupes :
 - Ferguson *et al.* (2019).
- L’attrait des nouvelles technologies « vertes » qui contribuent à diminuer la dépendance aux énergies fossiles et l’identification ou non des éoliennes comme stratégie efficace pour lutter contre les changements climatiques :
 - Brownlee *et al.* (2015), Hooper *et al.* (2017), Johansen (2019), Waldo (2012).
- Les attitudes en matière de politique (partisanerie) :
 - Ferguson *et al.* (2019).
- La participation citoyenne dans le processus décisionnel :
 - Hall et Lazarus (2015), Hooper *et al.* (2017).
- La localisation des éoliennes :
 - Waldo (2012).

EXPLOITATION

Trois études scientifiques retenues ont examiné les effets sociaux et psychologiques associés à l’exploitation du premier parc éolien marin des États-Unis, sur les côtes de l’État du Rhode Island (Russell et Firestone, 2022; Smythe *et al.*, 2021) et sur l’île de Jeju en Corée du Sud (Kim *et al.*, 2019), ce qui permet de dégager certains constats. Ainsi, d’autres études apparaissent nécessaires pour mieux caractériser et évaluer les risques à la santé potentiels associés à l’exploitation d’un parc éolien marin.

Effets potentiels sur le tissu social

L’étude de Kim *et al.* (2019) met au jour des conflits dans certains villages de l’île de Jeju, en lien avec les visions d’avenir du territoire qui divergent selon certains groupes. Longtemps considérée comme une île naturelle à préserver, Jeju n’a pas profité du développement économique qui caractérise le continent (Kim *et al.*, 2019). Ainsi, certaines personnes encouragent le développement technologique pour accroître la prospérité de l’île, alors que d’autres considèrent la nature comme faisant partie de leur identité culturelle et s’opposent au développement (Kim *et al.*, 2019). Des regroupements de Sud-Coréens qui ne proviennent pas de l’île se sont également constitués et positionnés contre le développement des parcs éoliens marins pour des raisons environnementales et de paysage, ce qui génère des frustrations chez certains insulaires, qui souhaitent garder le contrôle sur leur développement (Kim *et al.*, 2017).

Effets socioéconomiques potentiels

Deux études consultées présentent des résultats hétérogènes concernant les impacts potentiels de l'exploitation d'un parc éolien marin sur l'industrie touristique, ce qui ne permet pas de dégager certains constats (Kim *et al.*, 2019; Smythe *et al.*, 2021). D'une part, selon l'étude de Kim *et al.* (2019), la transformation du paysage affecterait davantage les touristes que les résidents et résidentes. Ainsi, les commerçantes et commerçants qui auraient déployé des services et des infrastructures pour les accueillir seraient les plus affectés économiquement (Kim *et al.*, 2019). D'autre part, selon l'étude de Smythe *et al.* (2021) qui se penche sur les expériences de navigateurs et navigatrices de plaisance, les éoliennes semblent plutôt être une destination touristique. Les installations sont perçues comme bénéfiques pour la vie marine grâce à la création de récifs artificiels qui attirent différentes espèces aquatiques (Smythe *et al.*, 2021). Des enjeux de sécurité quant à l'achalandage des embarcations seraient également décrits, suggérant un véritable engouement (Smythe *et al.*, 2021).

Effets psychologiques potentiels

Selon l'étude de Russell et Firestone (2022) auprès de résidents et résidentes ayant une vue sur un parc éolien marin, des sentiments de colère, de fierté et d'espoir seraient ressentis chez les individus dépendamment de leur positionnement (pour ou contre) envers le projet, et plus particulièrement de la valeur symbolique qu'ils attribuent aux turbines.

Acceptation sociale

Quelques facteurs qui peuvent faire varier l'acceptation sociale d'un parc éolien marin ont été repérés dans cette recension des écrits. Ces facteurs sont :

- L'attrait des nouvelles technologies « vertes » :
 - Kim *et al.* (2019), Smythe *et al.* (2021).
- Les impacts financiers indirects – prospérité économique de la région :
 - Kim *et al.* (2019).
- Les représentations sociales des éoliennes et du paysage :
 - Russell et Firestone (2022), Smythe *et al.* (2021).

3.1.3 Synthèse des résultats

Comme en 2013, cette recension des écrits a permis d'identifier plusieurs facteurs qui modulent de manière positive ou négative l'acceptation sociale des projets éoliens terrestres. À cela s'ajoutent désormais des facteurs qui influent l'acceptation sociale des projets éoliens marins. Ces facteurs permettent de mettre au jour l'hétérogénéité des attitudes à l'égard des projets de développement qui sont susceptibles de modifier la qualité de vie, qui vont bien au-delà du phénomène NIMBY. Comme suggéré par quelques autrices et auteurs retenus, il apparaît fondamental de documenter et de considérer les contextes locaux, en amont des projets, afin de mieux dégager les particularités sociales, économiques, politiques et culturelles du milieu qui

modulent ces facteurs (Firestone *et al.*, 2015; Fischhendler *et al.*, 2021; Johansen, 2019; Kim *et al.*, 2019). Les études scientifiques récentes ont également permis d'examiner plus en profondeur l'influence de la proximité des résidences et des caractéristiques socioéconomiques de la collectivité hôte sur l'acceptation sociale. Ainsi, la distance séparatrice entre les résidences, les parcs éoliens et les caractéristiques socioéconomiques ne semblent pas être des variables qui prédéterminent les attitudes des individus et des groupes envers les projets et les parcs éoliens. Elles s'insèrent plutôt dans un ensemble complexe de facteurs dont l'importance diffère selon les contextes locaux. En ce sens, l'instauration de mécanismes de participation citoyenne dès la phase de planification s'avérerait importante afin de prendre en considération l'ensemble des préoccupations et construire un projet socialement acceptable.

Cette mise à jour de la littérature a également permis de regrouper les impacts sociaux et communautaires des projets éoliens terrestres et marins en trois grandes catégories, soit les impacts sur le tissu social, les impacts socioéconomiques et les impacts psychologiques. Ces impacts pourraient survenir dans le cadre de projets éoliens sur le territoire québécois si des contextes similaires sont réunis. Notamment, comme en 2013, les écrits scientifiques démontrent que dès la planification et l'implantation des projets éoliens, des divisions et des controverses au sein des collectivités sont susceptibles d'émerger en raison du manque d'information et de consultation de la population, ainsi que d'une perception d'injustice dans les impacts et les bénéfices sur l'environnement, sur la santé et sur l'économie. Dans certains cas, un renforcement des liens sociaux par l'entremise d'activités de mobilisation a également été documenté.

Afin de vulgariser les informations sur les projets et leurs impacts et de permettre à l'ensemble des parties concernées de s'exprimer – même s'ils sont opposés –, un bon nombre des autrices et auteurs recensés soulèvent l'importance de mettre en place des mécanismes de participation citoyenne, dès l'amont et tout au long d'un projet (Colvin *et al.*, 2016; Colvin *et al.*, 2019; Evans *et al.*, 2011; Hall et Lazarus, 2017; Kermagoret *et al.*, 2016; Petrova, 2016). Cette mise à jour a permis de réitérer l'importance de l'implication précoce des parties prenantes et de la population générale pour que les projets soient acceptables socialement (selon les spécificités et particularités des contextes locaux), pour repérer les retombées et les bénéfices et pour identifier très tôt les éléments qui pourraient être conflictuels (Hicks, 2020; Kapeller et Biegelbauer 2020; Kim et Chung, 2019; Maillé et St-Charles, 2012; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019). Par exemple, quelques autrices et auteurs accordent une grande importance à ce que les promoteurs explicitent leur démarche auprès des citoyens et citoyennes en indiquant dans quel contexte le projet survient, le choix de l'énergie éolienne tout comme le choix du site en question ainsi que le soulignement des retombées potentielles pour les collectivités hôte (Colvin *et al.*, 2016; Colvin *et al.*, 2019; Evans *et al.*, 2011; Kermagoret *et al.*, 2016).

Informations à acquérir pour caractériser le risque

Des nuisances à la qualité de vie spécifiques à l'exploitation des éoliennes terrestres et leurs effets ont été documentés dans cette recension des écrits, c'est-à-dire le bruit et les balisages lumineux nocturnes. Toutefois, malgré certaines préoccupations soulevées dans les enquêtes concernant l'augmentation de la circulation, il n'a pas été possible de repérer de documents sur ce sujet. Selon la présente mise à jour, des effets socioéconomiques partagés associés au prix des logements et à la valeur marchande des maisons durant la phase d'exploitation des éoliennes terrestres ont été soulevés; des études socioéconomiques supplémentaires apparaissent donc nécessaires pour mieux comprendre ce phénomène. L'absence d'écrits recensés portant sur des communautés des Premières Nations, Inuit ou métisses représente également un manque à combler dans le portrait des impacts des parcs éoliens. Finalement, plusieurs effets potentiels associés à la planification et à l'exploitation des parcs marins éoliens demeurent inconnus ou incomplets. Ces infrastructures se démarquent quant à la population affectée, qui est composée à la fois de résidents et résidentes des côtes et d'utilisateurs et utilisatrices de l'espace côtier et marin, dont des pêcheuses et pêcheurs commerciaux. Ces spécificités peuvent conduire à des enjeux particuliers quant à la participation citoyenne et à l'acceptation sociale des projets. Par ailleurs, certains aspects liés à l'acceptabilité sociale des parcs éoliens mériteraient d'être davantage approfondis, notamment les processus appliqués aux niveaux local et régional liés à une gouvernance communautaire en contexte québécois.

Références

- Arifi, B. et Winkel, G. (2021). Wind energy counter-conducts in Germany : Understanding a new wave of socio-environmental grassroots protest. *Environmental Politics*, 30(5), 811-832.
<https://doi.org/10.1080/09644016.2020.1792730>
- Baxter, J., Morzaria, R. et Hirsch, R. (2013). A case-control study of support/opposition to wind turbines : Perceptions of health risk, economic benefits, and community conflict. *Energy Policy*, 61, 931-943.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.050>
- Bidwell, D. (2017). Ocean beliefs and support for an offshore wind energy project. *Ocean & Coastal Management*, 146, 99-108. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.06.012>
- Borch, K. (2018). Mapping value perspectives on wind power projects : The case of the danish test centre for large wind turbines. *Energy Policy*, 123, 251-258. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.056>
- Borch, K., Munk, A. K. et Dahlgard, V. (2020). Mapping wind-power controversies on social media : Facebook as a powerful mobilizer of local resistance. *Energy Policy*, 138.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111223>
- Botetzagias, I., Malesios, C., Kolokotroni, A. et Moysiadis, Y. (2015). The role of NIMBY in opposing the siting of wind farms : Evidence from Greece. *Journal of Environmental Planning & Management*, 58(2), 229-251. <https://doi.org/10.1080/09640568.2013.851596>
- Brownlee, M. T. J., Hallo, J. C., Jodice, L. W., Moore, D. D., Powell, R. B. et Wright, B. A. (2015). Place attachment and marine recreationists' attitudes toward offshore wind energy development. *Journal of Leisure Research*, 47(2), 263-284. <https://doi.org/10.1080/00222216.2015.11950360>
- Buchholzer, H., Frésard, M., Le Grand, C. et Le Floch, P. (2022). Vulnerability and spatial competition : The case of fisheries and offshore wind projects. *Ecological Economics*, 197.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107454>
- Caporale, D., Sangiorgio, V., Amodio, A. et De Lucia, C. (2020). Multi-criteria and focus group analysis for social acceptance of wind energy. *Energy Policy*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111387>
- Chapman, S., Joshi, K. et Fry, L. (2014). Fomenting sickness : Nocebo priming of residents about expected wind turbine health harms. *Frontiers in public health*, 2, 279. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00279>
- Chapman, S., St. George, A., Waller, K. et Cakic, V. (2013). The pattern of complaints about Australian wind farms does not match the establishment and distribution of turbines : Support for the psychogenic, « communicated disease » hypothesis. *PLoS ONE*, 8(10), e76584.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076584>
- Christidis, T., Lewis, G. et Bigelow, P. (2017). Understanding support and opposition to wind turbine development in Ontario, Canada and assessing possible steps for future development. *Renewable Energy*, 112, 93-103.

- Colvin, R. M., Witt, G. B. et Lacey, J. (2016). How wind became a four-letter word : Lessons for community engagement from a wind energy conflict in King Island, Australia. *Energy Policy*, 98, 483-494. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.022>
- Colvin, R. M., Witt, G. B., Lacey, J. et Witt, K. (2019). The community cost of consultation : Characterising the qualitative social impacts of a wind energy development that failed to proceed in Tasmania, Australia. *Environmental Impact Assessment Review*, 77, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.03.007>
- Evans, B., Parks, J. et Theobald, K. (2011). Urban wind power and the private sector : Community benefits, social acceptance and public engagement. *Journal of Environmental Planning & Management*, 54(2), 227-244. <https://doi.org/10.1080/09640568.2010.505829>
- Fast, S. (2015). Qualified, absolute, idealistic, impatient : Dimensions of host community responses to wind energy projects. *Environment & Planning A*, 47(10), 1540-1557. <https://doi.org/10.1177/0308518X15595887>
- Fast, S. et Mabee, W. (2015). Place-making and trust-building : The influence of policy on host community responses to wind farms. *Energy Policy*, 81, 27-37. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.02.008>
- Ferguson, M. D., Powers, S. L., Trautvein, N., Jacquet, J. B., Graefe, A. R. et Mowen, A. J. (2019). Winds of change – Predicting water-based recreationists' support and opposition for offshore wind energy development in the Great Lakes. *Journal of Great Lakes Research*, 45(1), 187-195. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2018.10.006>
- Firestone, J., Bates, A. et Knapp, L. A. (2015). See me, Feel me, Touch me, Heal me : Wind turbines, culture, landscapes, and sound impressions. *Land Use Policy*, 46, 241-249. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.02.015>
- Fischhendler, I., Herman, L., Barr, A. et Rosen, G. (2021). The impact of community split on the acceptance of wind turbines. *Solar Energy*, 220, 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.01.055>
- Fokaides, P., Miltiadous, I.-C., Neophytou, M. et Spyridou, L.-P. (2014). Promotion of wind energy in isolated energy systems : The case of the Orites wind farm. *Clean Technologies & Environmental Policy*, 16(3), 477-488. <https://doi.org/10.1007/s10098-013-0642-2>
- Gonyo, S. B., Fleming, C. S., Freitag, A. et Goedeke, T. L. (2021). Resident perceptions of local offshore wind energy development : Modeling efforts to improve participatory processes. *Energy Policy*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112068>
- Hall, D. M. et Lazarus, E. D. (2015). Deep waters : Lessons from community meetings about offshore wind resource development in the U.S. *Marine Policy*, 57, 9-17. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.03.004>
- Hicks, J. (2020). Generating conditions of strong social support for wind power : Insights from community-owned wind energy projects. *Australasian Journal of Environmental Management*, 27(2), 137-155. <https://doi.org/10.1080/14486563.2020.1758807>

- Hindmarsh, R. (2014). Hot air ablowin! « Media-speak », social conflict, and the Australian « decoupled » wind farm controversy. *Social Studies of Science*, 44(2), 194-217. <https://doi.org/10.1177/0306312713504239>
- Hoen, B., Firestone, J., Rand, J., Elliot, D., Hübner, G., Pohl, J., ... Kaliski, K. (2019). Attitudes of U.S. wind turbine neighbors : Analysis of a nationwide survey. *Energy Policy*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110981>
- Hogan, J. L., Warren, C. R., Simpson, M. et McCauley, D. (2022). What makes local energy projects acceptable? Probing the connection between ownership structures and community acceptance. *Energy Policy*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113257>
- Hooper, T., Hattam, C. et Austen, M. (2017). Recreational use of offshore wind farms : Experiences and opinions of sea anglers in the UK. *Marine Policy*, 78, 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.01.013>
- Jacquet, J. B. et Stedman, R. C. (2013). Perceived impacts from wind farm and natural gas development in Northern Pennsylvania. *Rural Sociology*, 78(4), 450-472. <https://doi.org/10.1111/ruso.12022>
- Jalali, L., Bigelow, P., McColl, S., Majowicz, S., Gohari, M. et Waterhouse, R. (2016). Changes in quality of life and perceptions of general health before and after operation of wind turbines. *Environmental Pollution*, 216, 608-615.
- Jegen, M. et Audet, G. (2011). Advocacy coalitions and wind power development : Insights from Quebec. *Energy Policy*, 39(11), 7439-7447. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.012>
- Johansen, K. (2019). Local support for renewable energy technologies? Attitudes towards local near-shore wind farms among second home owners and permanent area residents on the Danish coast. *Energy Policy*, 132, 691-701. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.027>
- Johansen, K. (2021). Blowing in the wind : A brief history of wind energy and wind power technologies in Denmark. *Energy Policy*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112139>
- Kapeller, S. et Biegelbauer, P. (2020). How (not) to solve local conflicts around alternative energy production : Six cases of siting decisions of Austrian wind power parks. *Utilities Policy*, 65. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101062>
- Kermagoret, C., Levrel, H., Carlier, A. et Ponsero, A. (2016). Stakeholder perceptions of offshore wind power : A fuzzy cognitive mapping approach. *Society & Natural Resources*, 29(8), 916-931. <https://doi.org/10.1080/08941920.2015.1122134>
- Ki, J., Yun, S.-J., Kim, W.-C., Oh, S., Ha, J., Hwangbo, E., ... Youn, H. (2022). Local residents' attitudes about wind farms and associated noise annoyance in South Korea. *Energy Policy*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112847>
- Kim, E.-S. et Chung, J.-B. (2019). The memory of place disruption, senses, and local opposition to Korean wind farms. *Energy Policy*, 131, 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.011>

- Kim, H., Cho, S. H. et Song, S. (2019). Wind, power, and the situatedness of community engagement. *Public Understanding of Science (Bristol, England)*, 28(1), 38-52.
<https://doi.org/10.1177/0963662518772508>
- Kontogianni, A., Tourkolias, C., Skourtos, M. et Damigos, D. (2014). Planning globally, protesting locally : Patterns in community perceptions towards the installation of wind farms. *Renewable Energy: An International Journal*, 66, 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.11.074>
- Liljenfeldt, J. et Pettersson, Ö. (2017). Distributional justice in Swedish wind power development – An odds ratio analysis of windmill localization and local residents' socio-economic characteristics. *Energy Policy*, 105, 648-657. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.007>
- Maillé, M.-È. et Saint-Charles, J. (2012). Social cohesion in a community divided by a wind farm project. *Human Ecology Review*, 19(2), 83-98.
- Maillé, M.-È. et Saint-Charles, J. (2014). Fuelling an environmental conflict through information diffusion strategies. *Environmental Communication*, 8(3), 305-325.
<https://doi.org/10.1080/17524032.2013.851099>
- Mills, S. B., Bessette, D. et Smith, H. (2019). Exploring landowners' post-construction changes in perceptions of wind energy in Michigan. *Land Use Policy*, 82, 754-762.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.01.010>
- Mulvaney, K. K., Woodson, P. et Prokopy, L. S. (2013). Different shades of green : A case study of support for wind farms in the rural midwest. *Environmental Management*, 51(5), 1012-1024.
<https://doi.org/10.1007/s00267-013-0026-8>
- Nadaï, A. et Labussière, O. (2017). Landscape commons, following wind power fault lines. The case of Seine-et-Marne (France). *Energy Policy*, 109, 807-816. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.049>
- Normann, S. (2021). Green colonialism in the Nordic context : Exploring Southern Saami representations of wind energy development. *Journal of Community Psychology*, 49(1), 77-94.
<https://doi.org/10.1002/jcop.22422>
- Okkonen, L. et Lehtonen, O. (2016). Socio-economic impacts of community wind power projects in Northern Scotland. *Renewable Energy: An International Journal*, 85, 826-833.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.047>
- Ólafsdóttir, R. et Sæþórsdóttir, A. D. (2019). Wind farms in the Icelandic highlands : Attitudes of local residents and tourism service providers. *Land Use Policy*, 88.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104173>
- Otto, A. et Leibenath, M. (2014). The interrelation between collective identities and place concepts in local wind energy conflicts. *Local Environment*, 19(6), 660-676.
<https://doi.org/10.1080/13549839.2013.868871>

- Petrova, M. A. (2016). From NIMBY to acceptance : Toward a novel framework – VESPA – For organizing and interpreting community concerns. *Renewable Energy: An International Journal*, 86, 1280-1294. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.09.047>
- Reitz, S., Goshen, L. et Ohlhorst, D. (2022). Trade-offs in German wind energy expansion : Building bridges between different interests, values and priorities. *Ecological Processes*, 11(1), 1-20. <https://doi.org/10.1186/s13705-022-00365-1>
- Russell, A. et Firestone, J. (2022). More than a feeling : Analyzing community cognitive and affective perceptions of the Block Island offshore wind project. *Renewable Energy : An International Journal*, 193, 214-224. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.032>
- Shoeib, E. A. H., Hamin Infield, E. et Renski, H. C. (2021). Measuring the impacts of wind energy projects on U.S. rural counties' community services and cost of living. *Energy Policy*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112279>
- Smythe, T., Bidwell, D. et Tyler, G. (2021). Optimistic with reservations : The impacts of the United States' first offshore wind farm on the recreational fishing experience. *Marine Policy*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104440>
- Waldo, Å. (2012). Offshore wind power in Sweden – A qualitative analysis of attitudes with particular focus on opponents. *Energy Policy*, 41, 692-702. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.033>
- Walker, C., Baxter, J. et Ouellette, D. (2014). Beyond rhetoric to understanding determinants of wind turbine support and conflict in two Ontario, Canada communities. *Environment & Planning A*, 46(3), 730-745. <https://doi.org/10.1068/a130004p>
- Walker, C., Baxter, J. et Ouellette, D. (2015). Adding insult to injury : The development of psychosocial stress in Ontario wind turbine communities. *Social Science & Medicine*, 133, 358-365. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2014.07.067>

3.2 Paysage et aménagement du territoire

3.2.1 Constats de 2013

Bien que la perception esthétique des éoliennes demeure peu documentée par Brisson *et al.* (2013), les auteurs et autrices notaient que les impacts appréhendés des projets sur le paysage semblaient être une préoccupation importante au sein des communautés locales et jouaient un rôle dans les attitudes face aux éoliennes. L'effet visuel des éoliennes pouvait ainsi être perçu comme une atteinte à la valeur du paysage ou, au contraire, comme une valeur esthétique positive sur ce dernier.

Pour mieux comprendre ces attitudes variées, Brisson *et al.* (2013) rapportaient la notion de « perturbation de l'attachement à un lieu », qui est comprise comme étant la relation émotionnelle avec les lieux familiers que les individus et les collectivités habitent ou visitent. Cette notion permettait d'aller au-delà des caractéristiques esthétiques et de s'intéresser également aux aspects affectifs et expérientiels du paysage. Ainsi, l'attachement au lieu semblait être un critère important pour toutes les relations au territoire naturel (Brisson *et al.*, 2013).

En matière d'aménagement du territoire, les compétences des MRC étaient brièvement abordées. Il était principalement indiqué que les MRC pouvaient statuer sur certains aspects du développement éolien sur leur territoire tel que la protection du paysage et les distances minimales des usages sensibles, notamment dans leur schéma d'aménagement et de développement (SAD), dans les plans d'aménagement d'ensemble (PAE) et dans le cadre de règlements de contrôle intérimaire (RCI).

3.2.2 Résultats de la recension 2023

La mise à jour des connaissances sur les effets de l'aménagement du territoire et des changements paysagers sur la santé et la qualité de vie des populations s'appuie sur 19 nouvelles études qui bonifient le contenu offert en 2013. À noter que parmi ces 19 articles, deux traitent à la fois de parcs terrestres et de parcs marins et deux autres se sont intéressés à la fois à l'étape de la planification et de l'exploitation des parcs éoliens. L'ajout des parcs éoliens marins à la présente revue a permis d'élargir les perspectives relatives aux paysages marins et à leurs fonctions. Une dimension touristique et récréative, notamment, s'est consolidée avec la considération des parcs éoliens marins. Les usages résidentiels, l'impact visuel et la qualité du paysage sont utilisés dans la majorité des études retenues dans le but d'évaluer les attitudes, les réactions et l'acceptation des populations exposées aux parcs éoliens terrestres. Pour les parcs éoliens marins, ce sont principalement les usagères et usagers des plages et des espaces marins à des fins récréatives qui ont été sondés ainsi que les usagères et usagers résidentiels côtiers pour évaluer les impacts potentiels de ces parcs.

Définition du paysage et des enjeux sociaux sous-jacents

Le paysage est défini dans la Convention européenne du paysage (2000) comme « une partie de territoire, telle que perçue par les habitants du lieu où les visiteurs, qui évolue dans le temps sous l'effet des forces naturelles et de l'action des êtres humains »⁶. D'autres auteurs et autrices ont su définir de manière similaire le paysage, et plus particulièrement le paysage bâti dans le cadre de leurs études. C'est le cas de Chappell *et al.* (2020), pour qui le paysage construit est vu comme le résultat d'interactions naturelles et culturelles entre l'environnement et l'humain. Ce paysage bâti se transformerait au fil du temps pour répondre à des besoins et à des objectifs sociétaux évolutifs (Chappell *et al.*, 2020).

Utile à la compréhension des relations entre les individus (ou groupe d'individus) et leur territoire, le paysage est aussi une composante du bien-être et de la qualité de vie (UQAR – ATISEE, 2020)⁷. Or, l'appréciation du paysage est basée d'une part sur des perceptions et des préférences individuelles et, d'autre part, influencée par le contexte social et le lieu où évolue une personne ou une collectivité. Le paysage peut aussi être vu comme une composante culturelle du territoire faisant l'objet de valorisations partagées par une collectivité.

De ce fait, évaluer les impacts paysagers d'un projet nécessite de tenir compte de la pluralité des enjeux et des relations possibles. Les résultats portant sur les parcs éoliens terrestres peuvent être analysés selon deux catégories d'enjeux proposées par l'outil sur le paysage de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), soit les enjeux de développement et de mise en valeur du territoire et les enjeux de protection de l'environnement et du patrimoine (UQAR – ATISEE, 2020)⁸. Considérant cette multitude d'enjeux soulevés par le paysage, le fait de les regrouper par catégorie permet une meilleure compréhension de ceux-ci en regard aux questions de développement et d'aménagement du territoire. Chaque enjeu regroupe différents effets potentiels à la santé, au bien-être et à la qualité de vie.

Parcs éoliens terrestres

Neuf nouveaux articles primaires et quatre rapports du BAPE ont été retenus et évaluent l'acceptation sociale des résidents, résidentes et des autres utilisateurs et utilisatrices du territoire à l'égard des parcs éoliens terrestres aux étapes de la planification et de l'exploitation. Aucun article sur les phases de construction et de démantèlement des éoliennes terrestres n'a été repéré dans le cadre de ce chapitre. Les impacts sur la qualité du paysage, sur l'acceptation sociale et sur le bien-être et la qualité de vie des populations sont étudiés dans des contextes territoriaux et des approches variables.

⁶ Source : Conseil de l'Europe (2000) *Convention européenne du paysage*. <https://www.coe.int/fr/web/landscape/home>

⁷ Source : UQAR – ATISEE. <https://ee.uqar.ca/projet-impacts-sociaux/analyse-paysage/> (page consultée le 17 octobre 2022).

⁸ Les enjeux du paysage peuvent être mixtes, c'est-à-dire qu'ils peuvent être liés à la fois à la protection et aux aspirations territoriales.

PLANIFICATION

Les articles retenus étudiant la phase de planification ont évalué, pour la plupart, les facteurs qui font varier l'acceptation sociale en regard aux changements anticipés dans le paysage face à la venue d'un projet éolien. Des effets potentiels sur la valeur identitaire et culturelle liées au territoire ainsi que des effets socioéconomiques potentiels ont également été recensés. Ces études évaluent des effets découlant de projets de parcs éoliens terrestres au Québec (BAPE), en Ontario, aux États-Unis, en Islande, au Royaume-Uni et en Lettonie.

Enjeux de développement et de mise en valeur du territoire

Acceptation sociale

Dès la phase de planification, le fait que les actrices et acteurs locaux considèrent leur région comme étant adaptée, ou non, au développement de parcs éoliens serait un facteur permettant de moduler l'acceptation d'un projet (Jones *et al.*, 2011; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; BAPE, 2014; BAPE, 2015). Par exemple, des portions du territoire pourraient représenter une valeur symbolique et historique en raison de l'usage passé et actuel ainsi que de l'image véhiculée par les usagers et usagères du territoire, soit l'aspect sauvage et tranquille des lieux (Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019). De plus, les résidents et résidentes seraient susceptibles d'entretenir une connexion avec le territoire en raison de sa vocation, c'est-à-dire l'usage qui en est fait (Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; Veidemann et Nikodemus⁹, 2015; BAPE, 2014; BAPE, 2015). Les usagers et usagères d'un territoire pourraient avancer que l'arrivée d'un parc éolien transformerait l'apparence du secteur, en particulier dans le cas où un territoire passe de l'état « naturel » à « humanisé », ce qui transformerait par le fait même l'expérience vécue sur le site, tant pour les résidents et résidentes que pour les visiteurs et visiteuses (Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; Veidemann et Nikodemus, 2015). L'anticipation d'un changement dans l'évolution du territoire, du fait de la transformation du paysage, serait source de préoccupation dès l'annonce d'un projet de parc éolien.

Certains points de vue exprimés quant à la localisation projetée du parc éolien semblent être liés au fait que les habitantes et habitants locaux associent leur avenir à des composantes paysagères, à la nature et au tourisme et préfèrent maintenir cette vocation prédominante. De ce fait, les choix d'implantation et d'intégration des éoliennes dans le paysage terrestre seraient guidés par le souhait d'éviter d'entrer en conflit avec la vocation initiale ou souhaitée du territoire selon les auteurs et autrices (Mulaney *et al.*, 2013; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; Veidemann et Nikodemus, 2015).

Effets potentiels sur la valeur identitaire et culturelle liée au territoire

Une étude de Mulvaney *et al.* (2013), qui évalue l'acceptation sociale de projets éoliens dans des communautés rurales aux États-Unis, évoque un lien identitaire qui unit les communautés au paysage agricole et aux activités qui en découlent. Selon la localisation des parcs éoliens

⁹ Veidemann et Nikodemus (2015) ont produit une étude de qualité qui a été retenue dans le cadre de ce chapitre. Cependant, la source de financement de l'étude demeure inconnue.

proposés, leur arrivée serait perçue comme une opportunité de protéger les milieux ruraux et les terres agricoles de l'étalement urbain en contribuant à soustraire les terres agricoles aux spéculations foncières des promoteurs immobiliers. Le cas échéant, les agriculteurs et agricultrices peuvent poursuivre leurs activités dans une certaine mesure (Mulvaney *et al.*, 2013; BAPE, 2015). Cette perception semble guidée par une dynamique territoriale particulière, où des communautés rurales localisées en périphérie d'un grand centre urbain subissent une certaine pression issue du développement immobilier.

Effets socioéconomiques potentiels

Les compensations financières versées aux propriétaires de terres représenteraient un avantage pour la poursuite des activités qui y sont pratiquées, soit agricoles ou acéricoles, par exemple (Mulvaney *et al.*, 2013; BAPE, 2015; BAPE, 2016b). En contrepartie, les propriétaires souhaitant vendre leurs terres anticipent le fait qu'il ne leur sera plus possible de vendre une fois les éoliennes implantées. D'autres avancent que les projets éoliens créent des revenus pour la communauté et représentent une opportunité de prospérité qui gagnerait à être saisie par la collectivité locale (Fast, 2015; BAPE, 2015; BAPE 2016a; BAPE, 2016b).

Certains résidents, résidentes, agricultrices et agriculteurs peuvent être préoccupés par l'implantation d'éoliennes dans des territoires agricoles protégés et entretenus au fil des années par les agriculteurs et agricultrices (Mulvaney *et al.*, 2013; BAPE, 2015). Des préoccupations peuvent également résulter du fait que des usages autres qu'agricoles soient autorisés et implantés en zone agricole et du précédent que l'arrivée de ces nouvelles structures pourrait causer, notamment en ce qui a trait à la pression exercée sur le territoire et les transformations auxquels il serait exposé (Mulvaney *et al.*, 2013; BAPE, 2015).

Les auteurs et autrices mettent en lumière l'importance du paysage pour l'industrie touristique et l'activité récréative exercée à proximité d'un éventuel parc éoliens (Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; Veidemane et Nikodemus, 2015; BAPE, 2015; BAPE, 2016b). Or, selon les études retenues, des actrices et acteurs locaux, tant résidents que touristes, peuvent démontrer une ouverture devant certains types de développement, lesquels n'auraient pas d'impact anticipé sur leur fréquentation du secteur (Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; BAPE, 2016a) et donc, sur la mise en valeur du territoire pour usage récréatif ou touristique (Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; Veidemane et Nikodemus, 2015; BAPE, 2016a).

Enjeux de protection de l'environnement

Acceptation sociale

Plusieurs facteurs peuvent faire varier l'acceptation sociale face aux changements anticipés dans le paysage à la phase de projet. Les caractéristiques du territoire et la valeur esthétique du paysage visé, l'intrusion visuelle anticipée, la densité des équipements, le nombre et la proximité des éoliennes ainsi que l'attachement identitaire au lieu et au paysage sont des exemples de facteurs rapportés par les auteurs et autrices.

- Caractéristiques du territoire et la valeur esthétique du paysage

À l'instar des constats de Brisson *et al.* (2013), les résultats rapportent que les impacts appréhendés sur le paysage en raison de l'esthétisme de celui-ci, mais aussi en raison des caractéristiques du territoire dans lequel les éoliennes seraient susceptibles de s'implanter, contribueraient à jouer un rôle significatif dans les attitudes face aux éoliennes (Mulvaney *et al.*, 2013; BAPE, 2014; BAPE, 2015; BAPE, 2016a). Par exemple, des résidents et résidentes ayant choisi spécifiquement un lieu de résidence pour profiter de l'aspect bucolique du paysage rural pourraient s'opposer pour préserver le paysage et le cadre de vie qui y est associé. Leur opposition serait principalement à des fins esthétiques (Mulvaney *et al.*, 2013) ou pour éviter l'altération d'un cadre de vie décrit comme « calme et paisible » (Fast, 2015; BAPE, 2014; BAPE, 2015; BAPE, 2016a).

- Intrusion visuelle

D'autres études relèvent le rôle de la perception relative à l'intrusion visuelle dans les prises de position contre le développement de projets éoliens (Jones *et al.*, 2011; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; BAPE, 2014; BAPE, 2015). Les auteurs et autrices mettent en lumière l'importance d'un paysage vaste et ouvert chez les répondantes et répondants exposés à un projet de parcs éoliens et qui modulerait les attitudes des personnes exposées. L'aspect le plus négatif des éoliennes pourrait se faire sentir lorsque celles-ci viennent obstruer la vue, spécialement les vues considérées comme grandioses, par exemple des montagnes (Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019) ou encore en présence d'un profil topographique relativement plat et ouvert qui rendrait les éoliennes difficiles à dissimuler ou à intégrer dans le paysage (Jones *et al.*, 2011; BAPE, 2015). De ce fait, les facteurs faisant varier l'acceptation des répondants et répondantes à l'égard du projet de parc éolien seraient en partie liés à leur degré d'intrusion visuelle dans le paysage, partiellement tributaire de la localisation et de l'implantation des éoliennes (Jones *et al.*, 2011; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; BAPE, 2014).

Toutefois, il existe des différences notables dans les attitudes et les perceptions des usagers et usagères du territoire en ce qui a trait à la beauté du paysage et à l'impact appréhendé des éoliennes (Fast, 2015; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; BAPE, 2015; BAPE, 2016a; BAPE, 2016b). Ces attitudes peuvent faire appel à des intérêts personnels ou à des facteurs culturels. Certaines personnes exposées sont plutôt favorables aux paysages industrialisés et trouvent même les éoliennes « majestueuses et tranquilles » (Fast, 2015). Pour certains, les éoliennes n'altéreraient pas la beauté naturelle et ne porteraient pas atteinte à l'attractivité du cadre de vie d'une région au point de pousser les résidents et résidentes à quitter (Fast, 2015) ou de restreindre la fréquentation d'un secteur (Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; Veidemane et Nikodemus, 2015).

- Proximité

La proximité des éoliennes serait une source de préoccupation de la part des populations exposées, et ce, dès la phase de planification. Elle jouerait un rôle dans la formation des attitudes à l'égard des changements anticipés dans le paysage (Mulvaney *et al.*, 2013; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; Veidemane et Nikodemus, 2015; BAPE, 2014). La distance des habitations

serait une variable dépendante de la visibilité du parc éolien et de l'impact attendu sur le paysage (Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019). Quelques ouvrages suggèrent qu'une certaine proximité pourrait être anticipée comme un frein à l'appréciation du paysage environnant à la phase de planification et pourrait engendrer des conflits d'usages potentiels (Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; Veidemann et Nikodemus, 2015; BAPE, 2014). Toutefois, ce rapport à la proximité peut varier d'un milieu à l'autre, selon le contexte, les valeurs individuelles ou collectives et les connaissances des individus ou d'une communauté. Par exemple, un sondage réalisé auprès de communautés rurales des États-Unis exposés à un projet de parc éolien révèle une certaine « apathie » ou encore une ambivalence face aux distances séparatrices, alors que 62 % des répondants et répondantes ignoraient si les distances proposées étaient appropriées, puis 10 % jugeaient qu'elles ne l'étaient pas, sans toutefois être en mesure de définir une distance souhaitable (Mulvaney *et al.*, 2013).

- Densité des équipements

Deux études retenues pour la thématique paysage ont évalué la capacité d'accueil du milieu, c'est-à-dire le nombre d'éoliennes que les populations exposées seraient prêtes à accepter dans un secteur donné. Selon ces études, la densité proposée serait un facteur pouvant moduler l'acceptation de la population (Jones *et al.*, 2011; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019). Selon Jones *et al.* (2011), qui mettent en lumière certains facteurs permettant de guider l'estimation du nombre d'éoliennes que la population locale serait prête à tolérer, la majorité des répondants et répondantes croient que certains développements pourraient être acceptables (89 %) moyennant un développement de niveau modéré (1 à 25 éoliennes), suggérant que les gens seraient plus favorables à un faible nombre d'éoliennes¹⁰. Les mêmes auteurs et autrices évaluent que lorsque le paysage devient saturé, une plus grande diversité d'opinions est attendue en matière de capacité de support. Toutefois, lorsque le nombre d'éoliennes proposé devient plus important, les différences entre les préférences des individus semblent moins significatives, par exemple lorsque les répondants et répondantes doivent choisir entre 66 ou 87 éoliennes (Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019) ou en ce qui concerne la hauteur de celles-ci (p. ex. : entre 64 et 80 m) (Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019).

- Attachement identitaire au lieu et au paysage

Brisson *et al.* (2013) évoquaient que « dans un cadre dit affectif ou expérientiel du territoire, l'attachement au lieu semblait être un critère important pour toutes les relations au territoire naturel ». Les autrices et auteurs de la présente revue rapportent qu'il existe chez certains usagers et usagères du territoire un attachement ou un lien identitaire – aussi appelé une connexion – avec les composantes paysagères du territoire (Mulvaney *et al.*, 2013; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; BAPE, 2015). Ils se sont intéressés à ce facteur afin d'étudier ses effets sur l'acceptation d'un projet de parc éolien (Fast, 2015; Jones *et al.*, 2011). L'attachement identitaire au paysage semble conduire à des prises de position variables, tant positives que négatives ou

¹⁰ N = 256 répondants et répondantes de l'étude de Jones *et al.* (2011) ont une affiliation passée ou actuelle avec le secteur de l'énergie (employés, employées ou ont des membres de leur familles employés) et principalement avec le secteur du charbon et du gaz, ce qui représente 39 % des répondants et répondantes de l'étude.

parfois incertaines, selon le contexte (Fast, 2015; Jones *et al.*, 2011; Mulvaney *et al.*, 2013; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019). Suivant ces mêmes études, le facteur de l'attachement tend à s'insérer parmi de multiples relations complexes entre les usagers, usagères et le paysage.

EXPLOITATION

La phase d'exploitation de parcs éoliens fait appel à des considérants similaires à ceux observés pendant la phase de planification et sont présentés selon deux catégories d'enjeux. Ces considérants sont les facteurs faisant varier l'acceptation sociale d'un parc éolien, auxquels s'ajoutent des facteurs ayant des effets potentiels sur la valeur identitaire et culturelle liées au territoire, sur le bien-être et la qualité de vie ainsi que sur le dérangement visuel occasionné par les éoliennes.

Les études retenues s'intéressant à l'exploitation de parcs éoliens terrestres pour la thématique paysage évaluent les effets de ces parcs au Canada, aux États-Unis, en Allemagne, en Angleterre et en Belgique.

Enjeux de développement et de mise en valeur du territoire

Acceptation sociale

Mulvaney *et al.* (2013), qui se sont intéressés à une communauté rurale côtoyant 658 éoliennes, démontrent que l'acceptation des éoliennes dans cette communauté trouve raison dans des facteurs principalement d'ordre économique (plusieurs résidents et résidentes acceptent les éoliennes en partie parce qu'elles génèrent des compensations financières). Les mêmes auteurs et autrices soulèvent les impacts positifs sur l'environnement et la culture locale, soit la préservation du paysage rural face aux pressions des centres urbains. D'autres études similaires rapportent que les parcs éoliens s'harmoniseraient avec d'autres usages compatibles avec le milieu rural (Wheeler, 2017), tels que l'agriculture (Mulvaney *et al.*, 2013), dans la mesure où les parcs éoliens génèrent des revenus résiduels à l'échelle locale tout en permettant la poursuite des activités exercées préalablement (Slattery *et al.*, [2012]; Brannstrom *et al.*, [2011] dans Mulvaney *et al.*, 2013).

Effets potentiels sur la valeur identitaire et culturelle liée au territoire

Selon une étude de Wheeler (2017), qui s'est intéressée à des communautés rurales accueillant des éoliennes sur leur territoire depuis un certain temps, la construction d'une identité propre au contexte socioculturel et historique – rurale dans ce cas-ci – et un attachement au territoire, permettrait une meilleure adaptation au changement. Pour certaines communautés, les éoliennes deviennent partie intégrante de l'image territoriale, allant jusqu'à être représentées sur des panneaux routiers locaux et sur un site Internet touristique (Wheeler, 2017). Pour d'autres, les éoliennes pourraient s'inscrire dans la continuité d'un héritage industriel présent depuis un certain temps sur un territoire donné (Chappell *et al.*, 2022). Une fois implantées et selon le contexte, les éoliennes seraient susceptibles de devenir, au fil du temps, source de valorisation territoriale (Chappell *et al.*, 2022; Fast, 2015; Mulvaney *et al.*, 2013; Wheeler, 2017).

Enjeux de protection de l'environnement

Acceptation sociale

Des auteurs et autrices avancent qu'il existe des dynamiques possibles pouvant faire varier l'acceptation visuel d'un parc éolien en exploitation depuis quelque temps. La familiarisation, par exemple, pourrait influencer l'acceptation ou générer une certaine ambivalence à l'égard du paysage (Fast, 2015; Hoen *et al.*, 2019; Krause *et al.*, 2016; Wheeler, 2017). Krause *et al.* (2016) expliquent cette dynamique par le fait que les résidentes et résidents vivant près des éoliennes en exploitation feraient une réelle expérience de ceux-ci et seraient enclins à accepter (ou non) leur aspect esthétique. De même, Hoen *et al.* (2019) suggèrent qu'une plus grande proximité permettrait une meilleure familiarité et semblerait conduire vers une attitude plus positive dans certains cas. La désensibilisation, autre dynamique décrite par les auteurs et autrices, s'explique par la possibilité que l'apparence des éoliennes ne soit guère appréciée dès leur arrivée, mais que le stress occasionné par ce changement s'estompe graduellement, laissant place à l'émergence d'un nouveau paysage (Krause *et al.*, 2016; Wheeler, 2017). Cette désensibilisation s'opérerait suivant une exposition directe et prolongée (Krause *et al.*, 2016; Wheeler, 2017). Les bénéfices économiques (redevances), individuels ou communautaires, associés à l'exploitation des parcs éoliens feraient aussi varier l'acceptation (Krause *et al.*, 2016; Mulvaney *et al.*, 2013).

- **Attachement identitaire au lieu et au paysage**

Les quelques études retenues à la phase d'exploitation des éoliennes terrestres relèvent une relation entre l'attachement identitaire au lieu et une attitude positive à l'égard des parcs éoliens (Buchmayr *et al.*, 2022; Chappell *et al.*, 2020; Hoen *et al.*, 2019; Wheeler, 2017). Toutefois, les postures seraient largement dépendantes du contexte dans lequel les éoliennes seraient implantées.

Chappell *et al.* (2020) examinent les perceptions des paysages utilitaires¹¹ et des changements dans le paysage au Canada chez 335 résidentes et résidents exposés à des éoliennes en exploitation. Ces mêmes auteurs et autrices suggèrent que des répondantes et répondants demeurant à proximité d'éoliennes et ayant un fort attachement à des caractéristiques historiques et utilitaires du paysage seraient susceptibles de développer un attachement à de nouvelles composantes utilitaires. Le fait d'avoir été exposés préalablement à d'autres infrastructures anthropiques pourrait avoir un effet sur l'acceptation de nouvelles composantes dans le paysage, dans ce cas-ci, des éoliennes (Chappell *et al.*, 2020). Pour Wheeler (2017), un attachement au lieu accompagné d'une identité socialement construite serait un facteur facilitant l'adaptation au changement et l'acceptation. Des constats similaires seraient partagés par d'autres auteurs et autrices (Chappell *et al.*, 2020; Mulvaney *et al.*, 2013). Cependant, ces constats seraient potentiellement plus significatifs dans le cas où les résidentes et résidents seraient exposés à des parcs éoliens en exploitation depuis plusieurs années, ce qui est cohérent

¹¹ Pour Chappell *et al.* (2020), les paysages utilitaires du passé réfèrent à la présence d'infrastructures utilitaires telles que des granges, des digues, des cheminées de fonderie, des tours de télécommunication, etc., autrefois présentes dans le paysage et ayant été désaffectées pour laisser place à d'autres infrastructures anthropiques, telles que des éoliennes.

avec les notions de familiarité et de désensibilisation évoquées précédemment. À l'inverse, un rappel du passé relatif aux changements qui sont survenus dans le paysage aurait le potentiel d'augmenter la résistance face aux changements, par exemple dans le cas où une communauté aurait vécu de multiples modifications dans le paysage en raison d'activités anthropiques (Chappell *et al.*, 2020). De plus, les mêmes auteurs et autrices remarquaient que l'attachement au lieu pouvait varier selon l'échelle territoriale, soit à l'échelle régionale, locale ou proximale, c'est-à-dire au territoire visible à partir du lieu de résidence (Chappell *et al.*, 2020), ce qui concourt à la complexité de l'évaluation de ce facteur quant à son rôle sur l'acceptation sociale.

Dérangement associé à l'impact visuel

Bien que les articles retenus concernant les impacts potentiels à la santé associés au paysage tendent à démontrer que les parcs éoliens en exploitation semblent acceptés dans le paysage local, en particulier pour les répondants et répondantes entretenant une relation proximale avec celui-ci (Hoen *et al.*, 2019; Krause *et al.*, 2016; Wheeler, 2017), la diminution du dérangement¹² associé à l'impact visuel au même titre que d'autres sources de dérangement feraient partie de la solution à l'établissement d'une réelle acceptation (Hoen *et al.*, 2019). Le fait de voir les éoliennes ne conduirait pas directement vers un dérangement, mais le fait de percevoir les parcs éoliens comme non attirants et mal intégrés dans le paysage serait un facteur contributif (Hoen *et al.*, 2019; Krause *et al.*, 2016). Wheeler (2017) évoquait que certains résidents et résidentes pouvaient percevoir les éoliennes comme incompatibles avec l'environnement d'accueil, soit rural ou naturel par exemple, en raison de leur caractère industriel. Cette perception pouvait représenter un dérangement associé à l'impact visuel selon l'auteur, alors que d'autres résidents et résidentes démontrant une attitude positive percevaient les parcs éoliens comme esthétiquement attirants ou bénéfiques pour la société et l'environnement (Fast, 2015; Wheeler, 2017).

D'autres études évoquent que les changements vécus dans le paysage par l'arrivée des éoliennes pouvaient occasionner un dérangement ou un certain stress (Krause *et al.*, 2016; Pohl *et al.*, 2012). La peur de l'inconnu, vécue initialement lors de la phase de planification, aurait le potentiel de générer des perceptions négatives quant au dérangement associé à l'impact visuel : les individus anticipent qu'ils seront dérangés par la vue des éoliennes, mais cette perception peut évoluer positivement ou négativement une fois les éoliennes implantées (Fast, 2015; Krause *et al.*, 2016). De ce fait, le dérangement associé à l'impact visuel dans le contexte paysager demeure difficile à mesurer en raison du caractère subjectif de l'évaluation des perceptions relatives au paysage (Buchmayr *et al.*, 2022; Fast, 2015; Wheeler, 2017) et les dynamiques (familiarisation, désensibilisation, bénéfices économiques) avancées par les auteurs et autrices. Dans cette perspective, ce dérangement pourrait être tributaire de facteurs plus profonds, reliés notamment aux valeurs et aux connaissances d'une personne ou d'une collectivité.

¹² Le dérangement est une issue de santé qui repose généralement sur des perturbations répétées par une activité ou par une personne qui génèrent une réponse négative au plan émotionnel (par exemple, de la colère) et cognitif (par exemple, ressentir de l'impuissance face à la source) (Martin *et al.*, 2015; World Health Organization, 2018).

Des usagères et usagers du territoire se disant dérangés par les éoliennes pourraient percevoir les impacts des changements paysagers sur leur santé comme étant secondaires, après d'autres impacts potentiels à la santé, tels que le stress dû au bruit (Fast, 2015). Les résultats sur le bruit sont détaillés à la section 3.4. De plus, les lumières au sommet des éoliennes pourraient représenter un dérangement visuel dans certains cas (Mulvaney *et al.*, 2013; Pohl *et al.*, 2012). Cet aspect est décrit brièvement à la section 3.1.

Effets potentiels sur la qualité de vie et le bien-être

Le paysage peut être vu comme un des éléments participant à la reconnaissance des milieux de vie de qualité, lesquels sont essentiels à la qualité de vie des populations (UQAR – ATISEE, 2020).

Le Conseil de l'Europe sur le paysage relève l'importance du paysage comme une composante essentielle au bien-être individuel et social, en contribuant à la culture locale, à l'épanouissement et à la consolidation de l'identité¹³. Le bien-être individuel peut être associé au sentiment d'attachement au milieu de vie ou encore être associé aux relations symboliques avec la nature. Le bien-être collectif réfère aux paysages du quotidien qui répond aux aspirations d'une société (UQAR – ATISEE, 2020).

La valeur esthétique du paysage demeurerait une préoccupation relative au bien-être et à la qualité de vie au sein des collectivités, au même titre qu'à la phase de planification (Buchmayr *et al.*, 2022; Hoen *et al.*, 2019; Krause *et al.*, 2016; Wheeler, 2017). Cependant, les études retenues à la phase d'exploitation des parcs éoliens terrestres et abordant différents facteurs faisant varier l'acceptation sociale des éoliennes ne documentent pas les effets directs des changements dans le paysage sur le bien-être et la qualité de vie des populations. Ces effets sont plutôt implicitement reliés à d'autres facteurs abordés dans le présent chapitre tels que le dérangement, les effets sur la valeur identitaire et culturelle liées au territoire, etc.

Parcs éoliens marins

La présente section a permis de dégager un total de six études sur les parcs éoliens marins, parmi lesquelles deux traitent à la fois de parcs terrestres et marins. Les écrits s'intéressent aux phases de planification et d'exploitation des parcs marins et leurs effets sur le paysage. Aucun article sur les phases de construction et de démantèlement des éoliennes en mer n'a été repéré pour la thématique paysage.

PLANIFICATION

Les études retenues traitant des projets de parcs marins se sont intéressées aux facteurs faisant varier l'acceptation sociale. Les écrits se sont également intéressés aux effets socioéconomiques, aux effets potentiels sur la valeur identitaire et culturelle liées au territoire côtier et aux impacts potentiels sur le bien-être et la qualité de vie.

¹³ Source : Conseil de l'Europe (2000). *Convention européenne du paysage*.
<https://www.coe.int/fr/web/landscape/home>

Ces mêmes études évaluent des effets découlant de projets de parcs éoliens marins en Espagne, au Royaume-Uni, en Suède, en Lettonie et aux États-Unis.

Enjeux de développement et de mise en valeur du territoire

Effets socioéconomiques potentiels

Selon Voltaire et Koutchade (2020), qui visent à identifier les facteurs qui pourraient provoquer un changement dans la fréquentation des zones côtières chez les résidents, résidentes et les touristes en raison d'un projet éolien en mer, l'implantation de parcs éoliens marins pourrait entraîner une perte d'attractivité économique dans une plus ou moins grande mesure, dépendamment du degré de désagrément visuel des différents scénarios à l'étude. Un scénario avec un plus haut degré d'impact visuel, soit une forte densité d'éoliennes et plus près de la côte, pourrait provoquer une baisse de la fréquentation des secteurs côtiers pour 76 % des résidentes et résidents sondés et 97,6 % des touristes sondés (Voltaire et Koutchade, 2020). Considérant qu'aucun des 641 répondants et répondantes de cette même étude n'a prédit une augmentation de leur fréquentation des lieux en présence d'un parc éolien marin, les auteurs suggèrent que l'arrivée d'un parc éolien marin serait perçue comme un changement non favorable dans l'environnement étudié. Toutefois, les écrits indiquent que les points de vue ainsi que le degré d'impacts des facteurs affectant la fréquentation des lieux demeurent hétérogènes dans les populations interrogées (Veidemane et Nikodemus, 2015; Voltaire et Koutchade, 2020). Les résidents et résidentes seraient plus critiques, alors que les touristes, les plaisancières et plaisanciers seraient potentiellement plus tolérants envers les changements anticipés (Brownlee *et al.*, 2015; Veidemane et Nikodemus, 2015; Voltaire et Koutchade, 2020).

Effets potentiels sur la valeur identitaire et culturelle liées au territoire

Veidemane et Nikodemus (2015), qui s'intéressent aux attitudes et aux préférences de résidents, résidentes et de touristes envers les nouveaux développements de parcs éoliens marins et terrestres, suggèrent que le développement éolien en mer pourrait être perçu comme une menace à l'identité locale et à l'image symbolique du lieu, dans une région qui identifie le tourisme comme l'un des secteurs clés et prioritaires pour le développement économique, par exemple. Les habitantes et habitants locaux associeraient leur avenir au paysage. Par conséquent, si la zone à l'étude bénéficie d'un panorama remarquable et unique à la région, le fait d'implanter des éoliennes dans un paysage de si grande qualité deviendrait une question particulièrement sensible pour les locaux (Veidemane et Nikodemus, 2015).

Acceptation sociale

Les facteurs faisant varier l'acceptation sociale décrits par les auteurs sont la proximité et la visibilité anticipées des parcs marins, le type d'environnement (naturel contre urbain) en bordure duquel ils seraient implantés et l'attachement identitaire au lieu et au paysage.

- Proximité

La proximité des parcs éoliens marins serait un facteur qui fait varier l'acceptation sociale chez les populations exposées dans l'ensemble des études retenues à la phase de planification

(Borger *et al.*, 2015; Brownlee *et al.*, 2015; Veidemane et Nikodemus, 2015; Voltaire et Koutchade, 2020; Waldo, 2012). La visibilité, qui accompagne cette proximité, serait un facteur important en relation avec les attitudes à l'étape de la planification (Borger *et al.*, 2015; Veidemane et Nikodemus, 2015; Voltaire et Koutchade, 2020). La distance de la côte serait la principale variable influençant l'acceptation des résidents et résidentes (Veidemane et Nikodemus, 2015; Voltaire et Koutchade, 2020). Par exemple, des parcs éoliens marins à large échelle et relativement près des côtes (6 à 7 km) ont tendance à être visibles sur de grande distance et à partir de plusieurs localités environnantes (Waldo, 2012). Selon certains points d'observation, ils peuvent même sembler être localisés sur terre (Waldo, 2012).

Bien que Voltaire *et al.* (2020) démontrent que le support des résidentes et résidents locaux envers le développement de parcs au large augmenterait avec la distance des berges – à mesure que les éoliennes deviennent moins visibles –, l'étude de Veidemane et Nikodemus (2015) ne permet pas de conclure que les résidentes et résidents sont conséquents dans leur point de vue en fonction des différentes distances d'éloignement étudiées. L'attitude générale envers les parcs éoliens n'est pas significativement corrélée avec les degrés d'évaluation visuelle mesurés dans l'étude, soit 8, 10, 15 ou 20 km de distance (Veidemane et Nikodemus, 2015).

- Les caractéristiques du territoire et la valeur esthétique du paysage

Le type d'environnement, c'est-à-dire le contexte territorial et la qualité des paysages dans lesquels les éoliennes seraient localisées, est un facteur qui ferait varier l'acceptation d'un projet et serait déterminant quant à la poursuite ou non des activités s'étant déjà produites à proximité des lieux pour certains usagers et usagères de la côte (Brownlee *et al.*, 2015; Veidemane et Nikodemus, 2015; Voltaire et Koutchade, 2020; Waldo, 2012). Les usagères et usagers seraient plus enclins à accepter les projets de parcs éoliens en mer si les éoliennes étaient implantées au large d'un environnement urbain ou d'un mélange urbain et rural plutôt que dans un endroit de la côte considéré comme naturel ou protégé (Brownlee *et al.*, 2015; Voltaire et Koutchade, 2020). De même, la valeur esthétique d'un paysage jouerait un rôle dans la construction des attitudes à l'égard des éoliennes en mer, que ce soit une perception positive ou négative ou encore l'anticipation d'une menace à l'égard du paysage marin local et de l'expérience vécue (Brownlee *et al.*, 2015; Veidemane et Nikodemus, 2015; Waldo, 2012). Les éoliennes implantées au large, mais près des côtes, peuvent être perçues comme une menace au paysage local en portant atteinte à l'esthétisme du paysage marin (Waldo, 2012). Les appréhensions seraient plus importantes dans un contexte où le paysage marin serait considéré comme étant remarquable et unique par la collectivité locale (Veidemane et Nikodemus, 2015; Waldo, 2012).

- Attachement identitaire au lieu et au paysage

Les écrits retenus pour les parcs marins n'ont fourni que peu d'information sur le rôle de ce facteur dans l'acceptation des projets. Une étude de Brownlee *et al.* (2015) relevait qu'un attachement significatif au lieu et au paysage ne conduirait pas systématiquement à des attitudes défensives dans l'ensemble des secteurs côtiers étudiés. Cette étude unique ne permet pas une fine compréhension du rôle de l'attachement au paysage marin comme facteur d'acceptation. Les attitudes et les prises de position seraient tributaires de multiples facteurs,

variables d'un territoire à l'autre. Au même titre que les parcs éoliens terrestres, le niveau d'acceptation envers les parcs éoliens marins serait relié aux interprétations, aux visions et aux déductions subjectives des individus et des collectivités à l'égard des différents cas de figure et aux impacts perçus ou ressentis (Brownlee *et al.*, 2015; Waldo, 2012).

Effets potentiels sur la qualité de vie et le bien-être

Borger *et al.* (2015), qui proposaient différents scénarios de hauteurs des éoliennes en mer, notaient une tendance à la diminution du bien-être chez les répondants et répondantes demeurant à proximité de la côte à mesure que la visibilité des éoliennes augmentait¹⁴. À l'inverse, les effets négatifs rapportés par les résidentes et résidents et associés à la hauteur des éoliennes diminuaient avec l'augmentation des distances proposées du parc éolien de leur lieu de résidence (Borger *et al.*, 2015). Selon Waldo (2012), la présence de l'énergie éolienne en mer pourrait affecter les possibilités récréatives, le sentiment de proximité avec la nature et le bien-être. Ce discours subjectif découlerait de l'appréciation des qualités du secteur avant la construction d'éoliennes (Waldo, 2012). Selon ce même auteur, l'aspect émotionnel qui teinte les attitudes serait relié à l'expérience du lieu : des riverains et riveraines mentionnent des activités telles que regarder le coucher de soleil, se détendre, se sentir libre et être proche de la nature. Les éoliennes auraient le potentiel d'être perçues comme une menace à la qualité du paysage local et une menace à l'expérience émotionnelle vécue. Au même titre, Voltaire et Koutchade (2020) suggèrent que l'arrivée d'un parc éolien marin, dépendamment du degré d'impact visuel, aurait le potentiel de modifier les habitudes de fréquentation de certains usagers et usagères (résidents, résidentes et touristes) de la côte et pourrait représenter un dérangement associé à l'impact visuel.

L'anticipation d'une menace à l'intégrité écologique pourrait avoir des effets sur le bien-être (Borger *et al.*, 2015; Waldo, 2012). Les éoliennes implantées en mer, mais près des côtes, peuvent porter atteinte à des valeurs de conservation. Les perturbations écologiques potentielles seraient susceptibles d'affecter le bien-être des résidents et résidentes (Borger *et al.*, 2015; Waldo, 2012). Ainsi, l'exposition à un projet de parc éolien marin pourrait avoir un effet sur le bien-être dès l'étape de la planification.

EXPLOITATION

Une seule étude a été retenue pour la phase d'exploitation des parcs marins pour la thématique paysage. Buchmayr *et al.* (2022) ont comparé deux types de parcs éoliens, terrestres et marins en opération dans une étude qui évalue notamment la qualité de vie des résidentes et résidents locaux et les impacts des parcs éoliens sur la qualité du paysage. Les effets de six parcs éoliens en exploitation au large ont été étudiés. Les éoliennes sont localisées en moyenne à 30 km de la côte, au large et visibles jour et nuit par temps clair.

¹⁴ La localisation projetée du parc éolien ayant été préalablement déterminée au moment de l'étude, l'auteur et les autrices n'utilisent pas la distance des éoliennes comme proxy, mais plutôt la hauteur de celles-ci pour déterminer l'impact visuel. Toutefois, les résultats tiennent compte de la distance des répondants et répondantes des éoliennes projetées.

Selon ces mêmes auteurs et autrice, les parcs éoliens étudiés seraient évalués comme générant moins d'impacts négatifs en ce qui concerne la valeur esthétique, le potentiel récréatif et la connexion individuelle au paysage, c'est-à-dire l'attachement et le sentiment d'appartenance par rapport aux parcs éoliens terrestres étudiés. Toutefois, ces constats demeurent isolés, puisqu'ils sont issus d'un seul article. Toujours selon Buchmayr *et al.* (2022), une prise en compte de la signification du paysage marin pour la population locale et les usagères et usagers de la côte demeure essentielle afin de mieux comprendre les impacts d'un projet sur le milieu. D'autres études doivent être mises à profit pour mieux comprendre les effets des parcs marins sur les populations exposées.

Au final, cette étude unique ne permet pas de dégager des constats significatifs quant aux impacts des changements du paysage marin des parcs éoliens au large en exploitation sur les attitudes des riverains et riveraines. Toutefois, à l'instar des étapes de planification et d'exploitation des parcs terrestres et de la phase de planification des parcs marins, la valeur esthétique du paysage marin et le contexte environnant dans lequel les parcs éoliens marins seraient implantés semblent demeurer une préoccupation chez les individus exposés à des parcs éoliens (Buchmayr *et al.*, 2022).

3.2.3 Synthèse des résultats

Les études retenues traitant plus spécifiquement de la thématique paysage apportent un éclairage supplémentaire quant au constat de Brisson *et al.* (2013), en suggérant que l'attachement au lieu et au paysage peut revêtir une multitude de relations complexes entre les actrices et acteurs locaux et le territoire (Brownlee *et al.*, 2015; Chappell *et al.*, 2020; Fast, 2015; Hoen *et al.*, 2019; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; Veidemane et Nikodemus, 2015; Wheeler, 2017; BAPE, 2015). Ces relations incluent les discours véhiculés par les individus en faveur des projets éoliens et écartant les impacts négatifs au paysage (Chappell *et al.*, 2020; Fast, 2015; Hoen *et al.*, 2019). La prise en compte de l'ensemble de ces relations permettrait de mieux appréhender les attitudes et les prises de position des populations exposées à des projets de parcs éoliens.

Les études consultées suggèrent que les attitudes et les prises de position sont influencées par les perceptions subjectives, personnelles ou encore collectives des éoliennes et du paysage, puis basées sur les connaissances et les valeurs locales, c'est-à-dire propres à l'observateur exposé à un projet ou à un parc éolien (Hoen *et al.*, 2019; Krause *et al.*, 2016; Mulvaney *et al.*, 2013; Wheeler, 2017; BAPE, 2014; BAPE, 2015; BAPE, 2016a; BAPE, 2016b). Les facteurs ayant le potentiel de faire varier l'acceptation sociale d'un projet ou d'un parc éolien en ce qui a trait au paysage sont :

- Les caractéristiques du territoire et la valeur esthétique du paysage d'accueil :
 - Brownlee *et al.* (2015), Fast (2015), Mulvaney *et al.* (2013), Veidemane et Nikodemus (2015), Voltaire et Koutchade (2020), Waldo (2012), BAPE (2014), BAPE (2015), BAPE (2016a).

- Le degré d'intrusion visuelle :
 - Fast (2015), Jones *et al.* (2011), Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir (2019), Veidemane et Nikodemus (2015), BAPE (2014), BAPE 2015.
- La proximité des zones habitées, valorisées ou fréquentées et la visibilité :
 - Borger *et al.* (2015), Brownlee *et al.* (2015), Mulvaney *et al.* (2013), Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir (2019), Veidemane et Nikodemus (2015), Voltaire et Koutchade (2020), Waldo (2012), BAPE (2014).
- La densité d'éoliennes sur un territoire donné :
 - Jones *et al.* (2011), Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir (2019).
- L'attachement identitaire au lieu et au paysage :
 - Brownlee *et al.* (2015), Buchmayr *et al.* (2022), Chappell *et al.* (2020), Fast (2015), Hoen *et al.* (2019), Jones *et al.* (2011), Mulvaney *et al.* (2013), Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir (2019), Wheeler (2017), BAPE (2015).
- La familiarisation, la désensibilisation et les bénéfices économiques (compensations) :
 - Fast (2015), Hoen *et al.* (2019), Krause *et al.* (2016), Wheeler (2017).
- La mise en valeur du territoire et de l'environnement dans un contexte de transformation paysagère :
 - Mulvaney *et al.* (2013), Wheeler (2017), BAPE (2014), BAPE (2015).

Les changements anticipés ou avérés dans le paysage sont susceptibles d'entraîner des effets socioéconomiques et des effets sur la valeur identitaire et culturelle liées au territoire (Brownlee *et al.*, 2015; Fast, 2015; Mulvaney *et al.*, 2013; Veidemane et Nikodemus, 2015; Voltaire et Koutchade, 2020; Wheeler, 2017; BAPE, 2015; BAPE, 2016a; BAPE, 2016b). L'avenir souhaité par la population d'accueil pour son territoire, à savoir sa vocation prédominante et ses principales composantes, serait aussi un enjeu relatif au développement et à la mise en valeur du territoire. Certains individus ou collectivités auraient le souhait d'éviter d'entrer en conflit avec la vocation initiale ou souhaitée de leur territoire (Mulvaney *et al.*, 2013; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; Veidemane et Nikodemus, 2015; BAPE, 2014; BAPE, 2015).

L'arrivée des éoliennes dans le paysage peut également avoir des effets sur la qualité de vie et le bien-être des populations exposées, et ce, à des degrés variables (Borger *et al.*, 2015; Buchmayr *et al.*, 2022; Hoen *et al.*, 2019; Krause *et al.*, 2016; Voltaire et Koutchade, 2020; Waldo, 2012). Au même titre, des éoliennes installées à proximité des lieux de résidence ou de lieux fréquentés peuvent être perçues comme un dérangement associé à l'impact visuel (Buchmayr *et al.*, 2022; Fast, 2015; Krause *et al.*, 2016; Pohl *et al.*, 2012; Wheeler, 2017).

En somme, les impacts sur la qualité du paysage seraient tributaires de la signification du paysage pour la population locale et du contexte socioculturel propre au territoire d'accueil

(Buchmayr *et al.*, 2022; Chappell *et al.*, 2020; Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019; Veidemane et Nikodemus, 2015; Waldo, 2012; Wheeler, 2007).

Les points de vue du public n'étant pas homogènes, cette condition devrait être reconnue dans le processus de planification. Pour faciliter l'acceptation et minimiser les effets délétères des parcs éoliens, l'apport de toutes les parties prenantes ainsi que celui des usagers et usagères gagne à être facilité et un dialogue doit être maintenu (Borger *et al.*, 2015; Veidemane et Nikodemus, 2015; Voltaire et Koutchade, 2020; Waldo, 2012).

Identifier le contexte historique, les particularités du milieu et du territoire peut faciliter les processus de planification et l'engagement de la communauté à l'égard de nombreux types de développement (Veidemane et Nikodemus, 2015; Wheeler, 2017). Une connaissance plus fine des réalités locales serait essentielle pour appréhender les transformations dans le paysage et l'aménagement du territoire, avec une plus grande considération à l'égard des opinions de la population locale. Cette pratique, aussi mise de l'avant dans le cadre de l'orientation gouvernementale en aménagement du territoire (OGAT) sur l'énergie éolienne (MAMH, 2007), faciliterait les discussions afin d'accueillir le changement de manière appropriée (Jones *et al.*, 2011; Wheeler, 2017). Les auteurs et autrices soulèvent que dans un contexte où le niveau de prospection relatif à l'énergie éolienne s'intensifie, de nouveaux projets peuvent s'ajouter à proximité d'autres parcs existants ou proposés, rendant la considération des effets cumulatifs sur le paysage d'autant plus pertinent (Jones *et al.*, 2011; Wheeler, 2017).

Informations à acquérir pour caractériser le risque

La présente revue n'a pas permis d'obtenir des études traitant des impacts sur la perception du paysage à la suite du démantèlement des parcs éoliens. La phase de construction des éoliennes n'a pas non plus été spécifiquement documentée dans le cadre des études sur le paysage. De plus, le faible nombre d'articles disponibles traitant des parcs marins, en particulier les parcs à la phase d'exploitation, constituent une limite au présent chapitre. De plus amples informations restent à acquérir sur les effets avérés sur le paysage et sur la santé de l'exploitation des éoliennes en mer. Finalement, les effets potentiels des éoliennes sur le paysage, sur la qualité de vie et le bien-être des populations, mais aussi sur la capacité de support du milieu – c'est-à-dire la densité d'éoliennes à l'intérieur d'un territoire donné et le point de bascule à envisager lorsque le paysage devient saturé – demeurent incomplets. Considérant que le territoire et le paysage font appel à une variété d'enjeux, d'actrices et acteurs, de nombreux facteurs peuvent faire varier le bien-être, la qualité de vie, les attitudes et l'acceptation face aux changements dans le paysage. L'entièreté de ces facteurs n'a possiblement pas été documentée dans le cadre de ce chapitre.

Finalement, le présent chapitre ne permet pas de mesurer adéquatement les impacts cumulatifs sur le paysage en considérant notamment comment chaque projet de développement éolien est susceptible d'interagir avec les infrastructures existantes ou projetées, et les effets induits sur les dynamiques territoriales et paysagères à plus ou moins long terme.

Références

- Borger, T., Hooper, T. L. et Austen, M. C. (2015). Valuation of ecological and amenity impacts of an offshore windfarm as a factor in marine planning. *Environmental Science and Policy*, 54, 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.05.018>
- Brisson, G., Gervais, M.-C., Martin, R., Blackburn, D., Chagnon, M., Martel, K., ... Tardif, I. (2013). *Éoliennes et santé publique : synthèse des connaissances – Mise à jour*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/1633>
- Brownlee, M. T. J., Hallo, J. C., Jodice, L. W., Moore, D. D., Powell, R. B. et Wright, B. A. (2015). Place attachment and marine recreationists' attitudes toward offshore wind energy development. *Journal of Leisure Research*, 47(2), 263-284. <https://doi.org/10.1080/00222216.2015.11950360>
- Buchmayr, A., Verhofstadt, E., Van Ootegem, L., Thomassen, G., Taelman, S. E. et Dewulf, J. (2022). Exploring the global and local social sustainability of wind energy technologies : An application of a social impact assessment framework. *Applied Energy*, 312. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118808>
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. (2016b). *Projet de parc éolien Mont Sainte-Marguerite à Saint-Sylvestre, Saint-Séverin et Sacré-Cœur-de-Jésus – Rapport d'enquête et d'audience publique – Rapport 323*. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2567601>
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. (2016a). *Projet de parc éolien Nicolas-Riou dans les MRC des Basques et de Rimouski-Neigette – Rapport d'enquête et d'audience publique – Rapport 321*. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2567597>
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. (2015). *Projet de parc éolien Saint-Cyprien à Saint-Cyprien-de-Napierville – Rapport d'enquête et d'audience publique – Rapport 318*. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2502903>
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. (2014). *Projet de parc éolien communautaire Pierre-De Saurel – Rapport d'enquête et d'audiences publiques – Rapport 310*. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2422322>
- Chappell, E. N., Parkins, J. R. et Sherren, K. (2020). Climax thinking, place attachment, and utilitarian landscapes : Implications for wind energy development. *Landscape et Urban Planning*, 199. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103802>
- Conseil de l'Europe (2000). *Convention européenne du paysage*. <https://www.coe.int/fr/web/landscape/home>
- Fast, S. (2015). Qualified, absolute, idealistic, impatient : Dimensions of host community responses to wind energy projects. *Environment et Planning A*, 47(10), 1540-1557. <https://doi.org/10.1177/0308518X15595887>

- Hoen, B., Firestone, J., Rand, J., Elliot, D., Hübner, G., Pohl, J., ... Kaliski, K. (2019). Attitudes of U.S. wind turbine neighbors : Analysis of a nationwide survey. *Energy Policy*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110981>
- Jones, C. R., Orr, B. J. et Eiser, J. R. (2011). When is enough, enough? Identifying predictors of capacity estimates for onshore wind-power development in a region of the UK. *Energy Policy*, 39(8), 4563-4577. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.044>
- Krause, R. M., Pierce, J. C. et Steel, B. S. (2016). The impact of auditory and visual experience with wind turbines on support for wind production and proximity-based opposition. *Society et Natural Resources*, 29(12), 1452-1466. <https://doi.org/10.1080/08941920.2016.1171936>
- Mulvaney, K. K., Woodson, P. et Prokopy, L. S. (2013). A tale of three counties : Understanding wind development in the rural Midwestern United States. *Energy Policy*, 56, 322-330. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.064>
- Ólafsdóttir, R. et Sæpórsdóttir, A. D. (2019). Wind farms in the Icelandic highlands : Attitudes of local residents and tourism service providers. *Land Use Policy*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104173>
- Pohl, J., Hübner, G. et Mohs, A. (2012). Acceptance and stress effects of aircraft obstruction markings of wind turbines. *Energy Policy*, 50, 592-600. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.062>
- Université du Québec à Rimouski. (2020). *Analyse territoriale des impacts sociaux au sein de l'évaluation environnementale : un outil pour penser autrement le paysage*. <https://ee.uqar.ca/projet-impacts-sociaux/analyse-paysage/>
- Veidemane, K. et Nikodemus, O. (2015). Coherence between marine and land use planning : Public attitudes to landscapes in the context of siting a wind park along the Latvian coast of the Baltic Sea. *Journal of Environmental Planning and Management*, 58(6), 949-975. <https://doi.org/10.1080/09640568.2014.903167>
- Voltaire, L. et Koutchade, O. P. (2020). Public acceptance of and heterogeneity in behavioral beach trip responses to offshore wind farm development in Catalonia (Spain). *Resource and Energy Economics*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2020.101152>
- Waldo, Å. (2012). Offshore wind power in Sweden – A qualitative analysis of attitudes with particular focus on opponents. *Energy Policy*, 41, 692-702. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.033>
- Wheeler, R. (2017). Reconciling windfarms with rural place identity : Exploring residents' attitudes to existing sites. *Sociologia Ruralis*, 57(1), 110-132. <https://doi.org/10.1111/soru.12121>

3.3 Eau potable

Lors de la rédaction de la synthèse de connaissances sur les liens entre les éoliennes et la santé publique de 2009 et de sa mise à jour en 2013, les aspects de qualité et de quantité d'eau potable en lien avec les éoliennes n'ont pas été abordés. Ceux-ci constituent des préoccupations qui ont été soulevées par les directions de santé publique lors des audiences publiques sur l'environnement portant sur des projets d'aménagement de parc éolien ainsi que par les membres du comité d'utilisateurs et utilisatrices. Afin de répondre à ce besoin, il a donc semblé nécessaire de faire un état des connaissances sur ce sujet. Les sections suivantes décrivent les résultats des données scientifiques retenues pour cette mise à jour depuis 2011. Elles présentent des constats et certaines bonnes pratiques ou interventions relevées par les auteurs et autrices. Enfin, des pistes de recherche pour améliorer les connaissances ont été identifiées.

3.3.1 Résultats de la recension 2023

La présente recension de la littérature scientifique sur les effets à la santé liés à des enjeux de qualité et de quantité d'eau potable associés aux éoliennes a répertorié un total de 56 études issues de la littérature blanche. Sur les 56 études identifiées, quatre ont été retenues sur la base du titre et du résumé. La plupart des articles exclus portaient sur des exemples d'utilisation de l'énergie éolienne en lien avec des techniques de traitement de l'eau pour le dessalement ou les eaux usées et ne rapportaient aucun effet à la santé. Parmi les quatre études conservées, deux ont été identifiées pour leur pertinence sur la base du texte intégral. Cependant, ces deux études n'ont pas répondu à un des critères d'inclusion, soit celui portant sur le pays d'origine (à l'effet que l'étude doit être réalisée au Québec ou dans un pays membre de l'OCDE). Étant donné la pertinence des informations rapportées sur le sujet et que les autres critères d'inclusion ont été répondus, il a été jugé adéquat de les inclure dans l'analyse. Ces deux études portaient sur les impacts des parcs éoliens terrestres sur les sources d'eaux souterraines. Aucune étude identifiée ne portait sur l'impact des parcs éoliens sur les eaux de surface et la santé, ni sur les parcs éoliens marins.

La première étude incluse est de devis quantitatif et descriptif (Da Conceição Rabelo Gomes *et al.*, 2019). Elle vise à décrire la distribution existante des variables portant sur les caractéristiques de la formation géologique, du niveau d'eau et des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau des puits privés situés à proximité d'un parc éolien lors des phases de construction et d'exploitation du parc éolien. Dans cette étude, de potentiels risques sanitaires découlant de la modification des eaux souterraines en lien avec les activités du parc éolien ont été suspectés (constats rapportés par les autrices et auteur de l'étude ou par les habitants et habitantes des communautés). Il importe de mentionner qu'aucune relation de cause à effet à la santé n'a été évaluée et mise en lien avec les activités du parc éolien. L'étude a été retenue pour les informations pertinentes qu'elle apporte sur les sources et sur les processus possibles de contamination ainsi que ceux sur la modification des niveaux d'eaux souterraines.

La deuxième étude est une revue de littérature de type « examen de portée » portant sur l'analyse des principaux défis multidimensionnels de la durabilité (tel que les impacts socioéconomiques, environnementaux et de santé) de la production d'énergie éolienne terrestre dans le nord-est du Brésil (Da Silva et Galvão, 2022). L'examen de portée inclut un total de 25 études mettant en évidence différentes thématiques (p. ex. : la déforestation, le bruit, l'expropriation des terres arables de subsistance, etc.), dont celles des eaux souterraines et de l'insécurité hydrique. Parmi les 25 études rapportées dans la revue, une seule aborde cette thématique, soit l'altération des aquifères causés par l'installation d'un parc éolien de la côte de Ceará au nord-est du Brésil (Da Conceição Rabelo Gomes *et al.*, 2019). Bien que cette étude soit la même étude primaire identifiée précédemment, la revue de Da Silva et Galvão (2022) a apporté des éléments de discussion pour alimenter les constats ainsi que les bonnes pratiques et interventions pour l'atténuation des risques de modification des ressources en eau potable.

Considérant le peu de données dans la littérature scientifique, des recherches complémentaires dans la littérature grise ont été réalisées (détails méthodologiques dans la section 2.2.1). Le même constat a été observé pour la littérature scientifique, à l'effet que très peu de documents sur l'impact des éoliennes sur les ressources en eau potable et la santé ont été identifiés. Parmi les résultats obtenus, la plupart étaient des rapports d'analyse environnementale ou des demandes d'autorisation environnementale pour l'installation de parc éolien, des communiqués de presse, des lettres de plainte de citoyens et citoyennes ou des résumés de congrès qui rapportent des situations de contamination chimique et/ou microbiologique dans l'eau potable. Seulement deux documents supplémentaires ont été retenus. Le premier est un article scientifique de conférence qui respectait les critères d'inclusion et qui a été jugé de qualité satisfaisante. L'étude porte sur l'analyse de la qualité de l'eau dans le bassin versant de Bogdalen en Norvège qui se trouve à proximité des parcs éoliens de Kvitfjell et de Raudfjell, le plus grand complexe éolien terrestre du nord de la Norvège lors de la phase d'exploitation, et dont les résidents et résidentes de trois communautés s'alimentent en eau potable issue de ce bassin par le biais de puits privés (Lu *et al.*, 2019). Le deuxième article est un rapport d'analyse de l'Anses portant sur les risques sanitaires liés aux différentes phases d'implantation, d'opérationnalisation et de démantèlement de systèmes de récupération d'énergie renouvelable (géothermie, capteurs solaires et éoliennes) dans des périmètres de protection de captage d'eau utilisée pour la consommation humaine (Anses, 2011). Ce rapport se base sur des données de la littérature grise et blanche (bibliographie disponible dans le rapport) et des dossiers de demande d'installation de dispositifs d'exploitation d'énergies renouvelables dans les périmètres de protection des captages d'eau potable reçus par les agences régionales de santé (14 dossiers relatifs à l'éolien).

Finalement, afin de compléter le portrait sur l'analyse des impacts de l'industrie des éoliennes sur les sources d'eau potable et tenir compte du contexte québécois, quatre rapports d'évaluation environnementale et un rapport de suivi environnemental de projets éoliens québécois issu des registres des évaluations environnementales du MELCCFP ont été identifiés à la demande des directions de santé publique.

Cette section fait donc état de deux études scientifiques, d'une revue de littérature, d'un rapport d'expertise de l'Anses ainsi que de quatre rapports d'évaluation environnementale et d'un rapport de suivi environnemental du MELCCFP. Ces documents traitent des sources et des processus impliqués dans les changements de la qualité et de la quantité des ressources d'eaux souterraines reliées aux activités de l'industrie éolienne et qui pourraient potentiellement représenter un risque sanitaire.

Parcs éoliens terrestres

CONSTRUCTION

Sources et processus possibles de contamination et de modification des niveaux d'eaux souterraines

- Vulnérabilité des nappes d'eaux souterraines

Dans l'étude de Da Conceição *et al.* (2019), les autrices et auteur se sont intéressés à évaluer l'impact d'un parc éolien de 50 turbines sur la qualité et sur la quantité des eaux souterraines de 19 puits peu profonds (excavés) et profonds (tubulaires) situés à proximité de celui-ci. Parmi les 19 puits, 18 sont actifs et utilisés pour l'approvisionnement en eau potable de 50 familles, dont certaines sont situées à environ 200 mètres des turbines. Les résultats des analyses hydrogéologiques portant sur le type de confinement, sur la lithologie et sur la profondeur des aquifères ainsi que les analyses des potentielles sources de contamination anthropique (p. ex. absence d'un réseau d'égouts et évacuation des eaux usées par des fosses septiques ou des fosses d'aisances¹⁵) démontrent une vulnérabilité naturelle des aquifères allant de modérée à élevée dans les zones environnantes du parc éolien, particulièrement celles proches du parc. Le rapport d'expertise de l'Anses publié en 2011 fait également état de la vulnérabilité intrinsèque des nappes d'eaux souterraines. Il met en exergue qu'il s'agit d'un élément important à considérer pour caractériser les risques pour les ressources en eau potable. La vulnérabilité des eaux souterraines est en fonction du type de nappe d'eau et de leurs caractéristiques de perméabilité et de profondeur. Dans l'étude de Da Conceição *et al.* (2019), l'examen des caractéristiques hydrogéologiques (diagraphie) a permis de confirmer qu'il s'agissait de nappes d'eaux souterraines non confinées peu profondes (ou nappe libre) avec une prédominance de sables recouverts de grès et de conglomérats. Lorsque la zone non saturée est non argileuse et/ou fracturée, la perméabilité de la nappe est forte et sa protection est faible. Par conséquent, elle est plus vulnérable à une ou plusieurs contaminations par infiltration (Anses, 2011). Par ailleurs, la revue de Da Silva *et al.* (2022) souligne qu'il aurait été important de réaliser des études préliminaires des aquifères sous-jacents aux zones où des parcs éoliens doivent être installés, en considérant les niveaux de vulnérabilité, les risques de pollution et d'altération des ressources en eau potable dans la zone d'implantation du parc éolien.

¹⁵ Une fosse d'aisances est une cavité destinée à recueillir les excréments depuis une installation sanitaire. À l'inverse de la fosse septique, elle ne dispose pas de système d'évacuation des liquides et doit donc être vidangée régulièrement.

L'analyse de la vulnérabilité des nappes d'eaux souterraines, combinée à des études géotechniques permettant de définir la profondeur des fondations lors de l'étape de construction, devrait être réalisée au cours de la phase d'étude du projet et non à l'ouverture du chantier comme c'est souvent le cas (Anses, 2011). Ces analyses permettraient de réduire les risques de contamination des nappes d'eaux souterraines destinées à la consommation humaine.

- Contamination par infiltration

Lors de la phase de construction, les activités de type opérationnelle telles que les travaux de fouille et d'excavation en profondeur pour la construction des fondations de l'éolienne, la création de voies d'accès pour les véhicules lourds de chantier et de transport de matériel, la pose de câbles enterrés (creusage de drains) et la construction de bâtiments ont souvent recours au dynamitage (Anses, 2011; MELCCFP, 2020). De tels événements pourraient engendrer des modifications dans le sol, créer des fissures, des fractures et réduire la couche protectrice au-dessus du toit de la nappe, la rendant ainsi plus vulnérable aux infiltrations (Anses, 2011; MELCCFP, 2020). Par ailleurs, le stockage de produits dangereux (hydrocarbures), l'utilisation de carburant et d'huile pour l'alimentation et l'entretien des véhicules, l'assainissement du chantier (rejet d'eaux usées) et les zones de conception du béton pour les fondations des éoliennes pourraient constituer un risque potentiel de contamination chimique et/ou microbiologique des nappes d'eaux souterraines, advenant une fuite ou un déversement accidentel (Anses, 2011; MELCCFP, 2022; MELCCFP, 2019).

- Contamination par modification des charges hydrauliques des aquifères

Selon Da Conceição *et al.* (2019), les activités de construction du parc éolien auraient également modifié les profils hydriques des aquifères peu profondes. Les autrices et auteur rapportent que l'analyse des flux d'eaux souterraines a montré que les valeurs les plus élevées de flux se trouvent au centre de la zone du parc éolien. Dans cette zone, il y a la présence d'une ligne de partage des eaux, en accord avec une topographie élevée formée principalement par les dunes. Dans ce contexte, l'écoulement des eaux souterraines dans la zone centrale du parc éolien pourrait s'être intensifié. Ceci impliquerait une accélération de la dispersion des contaminants en présence de sources potentielles de pollution qui pourraient contaminer les sources d'eau potable.

- Réduction de la quantité d'eau souterraine

Des changements des niveaux d'eau des aquifères libres peu profonds (abaissement de la nappe phréatique) et de la morphologie du sol (dunes de sables recouverts de grès et de conglomérats) ont également été associés aux étapes de construction (Da Conceição Rabelo Gomes *et al.*, 2019). Selon cette même étude, ces changements seraient associés à l'abaissement des niveaux statiques¹⁶ de l'eau souterraine mesurés dans les puits peu profonds (inférieur à 5 m). D'autre part, il a également été observé sur le terrain que les lagunes interdunaires qui

¹⁶ Le « niveau statique » d'une eau correspond au « niveau » de la surface libre ou au « niveau » piézométrique non soumis au pompage ni à l'injection.

émergent de la nappe phréatique ont été remplies pour construire des voies d'accès aux éoliennes (routes), ce qui aurait été un autre processus engendrant une diminution supplémentaire du volume d'eau de la nappe disponible pour la consommation humaine (Da Conceição Rabelo Gomes *et al.*, 2019). En examinant les perceptions des habitants et habitantes relatives au parc éolien, les autrices et auteur constatent que la disponibilité de l'eau douce dans la nappe phréatique peu profonde a été l'une des principales préoccupations de la population locale. Selon les résidents et résidentes, même dans les périodes de sécheresse prolongée, le niveau d'eau disponible pour la consommation humaine n'a jamais été aussi bas que la moyenne des dernières années, ce qui conduit les autrices et auteur de l'étude à soupçonner que ce processus est aggravé par les parcs éoliens. D'autre part, les travaux de fouille et d'excavation en profondeur pour l'installation des pieux peuvent parfois atteindre une vingtaine de mètres de profondeur et pourraient accéder aux nappes d'eaux souterraines. Dans ce cas, le pompage d'eau souterraine pourrait être requis afin d'assécher les excavations. Ceci pourrait également modifier momentanément l'écoulement de l'eau souterraine et contribuer à la diminution des niveaux d'eaux disponibles pour la consommation humaine (Anses, 2011; MELCCFP, 2022). Enfin, la préparation du béton des fondations nécessite également le pompage d'eau à même la ressource hydrique présente sur le site. Le volume d'eau à pomper pourrait atteindre une moyenne de 600 m³ par fondation d'éolienne dans certains cas (MELCCFP, 2022). Il est donc possible que l'écoulement de l'eau de surface et souterrain soit également ponctuellement modifié (MELCCFP, 2022).

EXPLOITATION

Lors de la phase d'exploitation, les activités de maintenance et d'entretien, l'utilisation de véhicules et l'entreposage de substances dangereuses (lubrifiants, hydrocarbures) constituent des risques potentiels de contamination chimique dans les eaux souterraines par infiltration (Anses, 2011; MELCCFP, 2022). Les processus d'écoulement et de modification des niveaux d'eaux souterraines identifiés lors de la phase de construction pourraient également se poursuivre (Da Conceição Rabelo Gomes *et al.*, 2019).

Les quelques études retenues dans cette analyse ont tenté de caractériser des contaminants présents dans l'eau souterraine associée aux activités de l'industrie éolienne. Il importe de mentionner que, pour la plupart, la caractérisation des contaminants a été réalisée uniquement lors de la phase d'exploitation. À l'exception d'un rapport de suivi environnemental d'un projet de parc éolien à Mont Sainte-Marguerite au Québec, aucun échantillonnage d'eau souterraine n'a été prélevé et analysé avant et pendant l'étape de construction, ce qui aurait permis de comparer la nature et les concentrations de ces substances entre les deux phases et ainsi de mieux interpréter les résultats.

Nature des contaminants retrouvés dans l'eau souterraine

Dans l'étude de Da Conceição *et al.* (2019), les résultats d'analyse de l'eau des puits n'ont pas mis en évidence de contamination chimique en lien avec les activités de l'industrie éolienne. Concernant la contamination microbiologique, la région ne disposant pas d'un réseau d'égouts, les eaux usées des communautés sont évacuées par des fosses septiques ou des fosses

d'aisances. Ce système d'assainissement implique la percolation du liquide de l'effluent dans le sol et pourrait être associé à une contamination chimique (nitrates) et surtout microbiologique (bactéries pathogènes, virus et protozoaires) des nappes d'eaux souterraines.

Concernant l'étude norvégienne de Lu *et al.* (2019) réalisée durant la phase d'exploitation d'un grand parc éolien de 67 turbines, les analyses physico-chimiques des eaux souterraines (eau brute) ont soulevé des niveaux élevés d'aluminium (Al) à deux points de prélèvement d'eau situés au niveau des turbines (concentrations de 1 540 et 2 230 µg/L respectivement¹⁷). Toutefois, la concentration d'Al a été ramenée à un niveau relativement faible après filtration (concentration de 132 et 153 µg/L). Une potentielle contamination en manganèse (Mn) a été observée dans l'eau brute à un point d'échantillonnage proche des turbines (concentration de 174 µg/L avant filtration et de 131 µg/L après filtration¹⁸). Cette eau, qui présente une concentration élevée d'Al et de Mn à certains points de prélèvement situés au niveau des éoliennes, pourrait potentiellement poser un risque à la santé humaine si l'eau était consommée. Selon les recommandations pour la qualité de l'eau potable de Santé Canada, l'eau potable contenant un haut niveau d'Al (supérieur à 2 900 µg/L) pourrait nuire au système nerveux (santé Canada, 2021). Toutefois, dans l'étude de Lu *et al.* (2019), les concentrations en Al après la filtration sont faibles et ne permettraient donc pas d'induire d'effets néfastes à la santé. Les effets associés à l'exposition du Mn dans l'eau potable rapportés dans la littérature sont de type neurologique chez les enfants (Santé Canada, 2019). Les concentrations observées dans l'étude seraient à surveiller, puisqu'elles dépassent la norme à venir de 120 µg/L pour la qualité de l'eau potable au Québec (Gazette officielle du Québec, 2023).

Il importe de mentionner que dans l'étude de Lu *et al.* (2019), les auteurs n'ont pas investigué les liens directs possibles entre les phases de construction et d'exploitation du parc éolien et le relargage des métaux dans les nappes d'eaux souterraines. En effet, la contamination en Al serait associée à la présence de particules fines de type limon/argile, tandis que la contamination en Mn proviendrait d'une autre source non déterminée dans l'étude. Cependant, l'étude semble sous-entendre que l'origine de la contamination métallique pourrait être d'origine naturelle et provenir des caractéristiques du sol modifiées par les phases de construction et d'exploitation des éoliennes.

Le document de l'Anses (2011) rapporte que l'utilisation de béton, des produits de cure et d'huiles de coffrage pourrait engendrer une alcalinisation du sol, une migration d'aluminium, de métaux ou de substance organiques dans la nappe d'eau souterraine. Il est également possible d'observer des déversements accidentels d'hydrocarbures ou des fuites de réservoir contenant des volumes importants d'huile de lubrification (jusqu'à 700 L). Ces substances pourraient s'infiltrer dans le sol et contaminer les nappes d'eaux souterraines.

¹⁷ À titre de comparaison, la concentration maximale acceptable d'aluminium dans l'eau potable recommandée par Santé Canada est de 2 900 µg/L.

¹⁸ Dans le cadre du Règlement sur la qualité de l'eau potable au Québec (Publications Québec, s. d.), la norme prévue du manganèse dans l'eau potable est de 120 µg/L.

Concernant le rapport de suivi environnemental du projet éolien Mont Sainte-Marguerite réalisé au Québec en 2018, des analyses des caractéristiques physico-chimiques de l'eau souterraine des puits privés situés à proximité de la zone de travaux de construction et de modification de routes ont été effectuées avant et après la phase de construction. Les résultats des analyses ont démontré que la qualité de l'eau brute souterraine de certains puits privés avait été affectée pendant la phase de construction. En effet, les niveaux de turbidité et les concentrations de deux substances chimiques inorganiques (le Mn et le strontium ([Sr]) dépassaient les normes et les critères relatifs à la qualité de l'eau potable au Québec pour certains puits privés. Concernant la turbidité, les activités de construction seraient associées à des rejets importants de matières en suspension (MES) pouvant atteindre les eaux de surface et souterraines, ce qui aurait contribué à l'augmentation de la turbidité dans les puits privés. Selon le Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP), la turbidité ne devrait pas dépasser les 5 UTN (unités de turbidité néphalométriques; Publications Québec, s. d.). Une turbidité élevée ou changeante de l'eau filtrée peut indiquer un problème dans le procédé de traitement de l'eau et la possibilité d'un risque accru d'agents pathogènes dans l'eau traitée.

Pour le Mn, les concentrations mesurées étaient supérieures à 300 µg/L et dépassaient la norme à venir pour l'eau potable de 120 µg/L (Gazette officielle du Québec, 2023). Tel qu'évoqué précédemment, le Mn a été associé à des effets neurodéveloppementaux chez les nourrissons (Groupe scientifique sur l'eau, 2019). Enfin, des résultats supérieurs à 1,56 mg/L en Sr pour l'eau souterraine d'un puits privé ont été enregistrés. Au Québec, le Sr ne fait pas l'objet d'une norme au RQEP. Cependant, Santé Canada a publié en 2019 une recommandation pour l'eau potable de 7 mg/L (Santé Canada, 2019). L'exposition au Sr pourrait avoir des effets nocifs sur les os, particulièrement durant la première année de vie d'un nourrisson. Enfin, il est à noter qu'aucune plainte ou mention de détérioration de la qualité de l'eau ou de la diminution de la quantité d'eau n'a été signalée par les propriétaires de puits lors des travaux de construction ou après ceux-ci. Dans le contexte où la cause du problème observé serait liée aux travaux de construction du parc éolien, une unité de traitement ou de filtration de l'eau pourrait être installée et un suivi sera réalisé.

FERMETURE ET DÉMANTÈLEMENT

L'abandon des fondations en béton, des câbles et de certains équipements pourrait constituer des zones d'infiltration privilégiées pour de potentiels contaminants vers les nappes d'eaux souterraines (Anses, 2011). Lors du démantèlement, seuls les équipements hors sol sont retirés du sol. Afin de réduire les risques d'infiltration de contaminants, des moyens de maîtrise tels que la récupération totale des équipements hors sol, la destruction de la partie superficielle du massif bétonné et le nettoyage complet du site seraient à préconiser (Anses, 2011)

3.3.2 Synthèse des résultats

Bien que les études retenues (Anses, 2011; Da Conceição Rabelo Gomes *et al.*, 2019; Da Silva et Galvão, 2022; Lu *et al.*, 2019; MELCCFP, 2018; MELCCFP, 2019; MELCCFP, 2020; MELCCFP, 2022) aient une portée limitée ou ne répondaient pas à tous les critères d'inclusion, la présente revue

de littérature donne un aperçu de l'état des connaissances scientifiques sur l'impact des parcs éoliens sur les ressources en eaux souterraines.

Sur la base des données analysées, certains constats ont pu être dégagés :

- À ce jour, il existe peu de données scientifiques sur l'impact des activités reliées aux éoliennes sur la qualité et sur la quantité de l'eau des nappes/sources d'eau potable situées à proximité. Par ailleurs, aucune étude portant sur l'impact de l'industrie éolienne sur les eaux de surface alimentant des prises d'eau potable n'a été recensée.
- D'un point de vue sanitaire, aucun effet à la santé des populations n'a été identifié directement en lien avec une possible contamination ou une pénurie en eau potable reliée à des activités de l'industrie éolienne. Les études retenues se sont plutôt intéressées aux effets indirects, principalement en lien avec l'évaluation de la vulnérabilité et aux risques de contamination des nappes d'eaux souterraines. Une exposition humaine à des substances chimiques, selon la nature des substances impliquées et le type d'exposition, peut engendrer des effets à la santé. Le risque sanitaire est estimé en fonction des effets potentiels sur la santé et de la durée d'exposition. Dans le cas de l'eau potable, des normes ou des critères sur la qualité de cette dernière contribuent à protéger la population et permettent d'évaluer la présence possible de contamination. Ainsi, tant que ne seront pas connues la source, la nature et la quantité des contaminants de l'eau attribuable aux activités éoliennes, il sera impossible d'estimer l'exposition et, par conséquent, le risque attribuable aux éoliennes.
- Sur la base des études retenues, aucune contamination microbiologique n'a été mise en évidence en lien avec les activités de l'industrie éolienne.
- Il a été constaté que la vulnérabilité intrinsèque des nappes d'eaux souterraines est un élément important à considérer pour caractériser les risques pour les ressources en eau potable souterraine.
- Les études recensées indiquent que la phase de construction d'un parc éolien pourrait susciter le plus de risque de modification des nappes d'eaux souterraines pouvant être destinées à l'alimentation en eau potable (qualité et quantité).
- Les phases de construction et d'exploitation pourraient être associées à des risques potentiels de contamination chimique. Les contaminants chimiques de l'eau documentés par les études retenues étaient les métaux tels que l'Al, le Mn et le Sr, la turbidité, les hydrocarbures, les produits de cure, les huiles de lubrification ou de coffrage. Concernant les métaux, il est important de noter que leur présence dans les eaux souterraines peut provenir de différentes sources naturelles et anthropiques et que leur nature peut varier en fonction des caractéristiques géologiques de la région. Ces composés pourraient constituer un risque à la santé des populations s'ils se retrouvaient dans l'eau potable à des concentrations dépassant les normes ou les critères de qualité de l'eau potable.

Quelques bonnes pratiques et interventions permettant d'atténuer les risques de modification des ressources en eau potable ont été identifiées sur la base de trois études recensées (Anses, 2011; Da Conceição Rabelo Gomes *et al.*, 2019, MELCCFP, 2018) :

- Une analyse préalable de la vulnérabilité des nappes d'eaux souterraines destinées à la consommation humaine combinée à des études géotechniques devrait être effectuée à l'étape du projet d'étude. Cette analyse permettrait de réduire les risques de contamination des eaux souterraines potables.
- Il est recommandé de faire analyser la qualité de l'eau des puits privés avant et après la phase de construction si ceux-ci sont proches d'une zone de construction (fondations des éoliennes et d'infrastructures, création de voies d'accès, pose de câbles enterrés et fabrication de béton) et jugés vulnérable à la contamination et à des modifications des eaux souterraines.
- Il est recommandé de surveiller (pendant les saisons sèches et pluvieuses) les eaux souterraines situées en aval et en amont du parc éolien et des communautés, en particulier lorsque les communautés ne disposent pas d'un réseau de distribution d'eau potable et s'alimentent en eau potable par des puits privés (pendant les phases de construction et d'exploitation).
- Un suivi annuel du niveau statique des puits autour du parc éolien pourrait être également recommandé, ceci afin de confirmer l'abaissement du niveau de l'eau dans la zone exploitée au fil du temps.

Informations à acquérir pour caractériser le risque

Beaucoup d'éléments demeurent encore à documenter afin de mieux caractériser le risque sanitaire qui serait attribuable aux activités de l'industrie éolienne, advenant une contamination ou une diminution de la quantité d'eau potable. Davantage de recherche et de données scientifiques semblent primordiales pour approfondir les connaissances sur les mécanismes de contamination et de modification des écoulements de sources d'eau potable liés aux éoliennes. Les connaissances sur les sources de contamination chimique et microbiologique potentiellement associées aux activités d'un parc éolien ainsi que celles d'origine naturelle sont à approfondir afin de préciser la part de contamination des sources d'eau potable en lien avec les éoliennes. Malgré le fait que les études retenues ont rapporté des données concernant les processus de contamination et de modification de niveaux d'eaux souterraines à proximité de parcs éoliens et la présence de contaminants chimiques de type inorganique (Al, Mn, Sr) susceptibles de poser un risque à la santé, aucune étude n'a véritablement évalué le risque sanitaire. Davantage d'études de cas rapportant des effets réels à la santé découlant d'une exposition à une eau contaminée par les activités éoliennes semblent indispensables pour confirmer les hypothèses suggérées dans la littérature actuelle.

Références

- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. (2011). *Avis et rapport relatifs à l'analyse des risques sanitaires liés à l'installation, à l'exploitation, à la maintenance et à l'abandon de dispositifs d'exploitation d'énergies renouvelables (géothermie, capteurs solaires et éoliennes) dans les périmètres de protection des captages d'eau destinée à la consommation humaine*. <https://www.anses.fr/fr/content/avis-et-rapport-relatifs-%C3%A0-l%E2%80%99analyse-des-risques-sanitaires-li%C3%A9s-%C3%A0-l%E2%80%99installation-%C3%A0-l-0>
- Da Conceição Rabelo Gomes, M., Gorayeb, A., de Brito Souza, D. et Silva, R. M. (2019). Analysis of the levels of alteration of aquifers caused by the installation of wind farms on dunes on the Coast of Ceará, Brazil. *Análise dos níveis de alteração dos aquíferos a partir da instalação de parques eólicos sobre dunas no litoral do Ceará, Brasil. Environment Complete*, 14(6), 1-15. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2430>
- Da Silva, V. P. et Galvão, M. L. de M. (2022). Onshore wind power generation and sustainability challenges in Northeast Brazil : A quick scoping review. *Wind*, 2(2), 192-209.
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2018). *Rapport d'analyse environnementale pour le projet de parc éolien Mont Sainte-Marguerite sur le territoire des municipalités régionales de comté de Lotbinière, Robert-Cliche et des Appalaches par Parc éolien Mont Sainte-Marguerite S.E.C.* <https://www.environnement.gouv.qc.ca/evaluations/decret/2016/3211-12-212-ra.pdf>
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2019). *Rapport d'analyse environnementale pour le projet de parc éolien Montérégie sur le territoire des municipalités régionales de comté de Roussillon et des Jardins-de-Napierville par Kruger Énergie Montérégie S.E.C.* <https://www.environnement.gouv.qc.ca/evaluations/decret/2011/689-2011.pdf>
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2020). *Rapport d'analyse environnementale pour le projet d'aménagement du parc éolien Des Moulins sur le territoire de la ville de Thetford Mines ainsi que des municipalités de Saint-Jean-de-Brébeuf et de Kinnear's Mills par Énergie Éolienne Des Moulins S.E.C.* <https://www.environnement.gouv.qc.ca/evaluations/decret/2010/857-2010.pdf>
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2022). *Rapport d'analyse environnementale pour le projet de parc éolien Apuiat sur le territoire de la ville de Port-Cartier et le territoire non organisé de Lac-Walker par Parc éolien Apuiat S.E.C.* <https://www.environnement.gouv.qc.ca/evaluations/decret/2022/1401-2022-rae.pdf>
- Gazette officielle du Québec. (2023). *Règlement modifiant le Règlement sur la qualité de l'eau potable*. Éditeur officiel du Québec. https://www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/fileadmin/gazette/pdf_encrypte/lois_reglements/2023F/80046.pdf
- Groupe scientifique sur l'eau (2019). *Manganèse*. Dans *Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable>

- Groupe Hémisphères. (2018). *Suivi après travaux des puits privés vulnérables d'approvisionnement en eau potable – Parc éolien du Mont Sainte-Marguerite*.
<https://www.ree.environnement.gouv.qc.ca/dossiers/3211-12-212/3211-12-212-1.pdf>
- Lu, J., Bui, M. T. et Yuan, F. (2019). Evaluation of the water quality at Bogdalen watershed near Kvitfjell and Raudfjell wind farm area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 344(1), 012022.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/344/1/012022>
- Publications Québec. (s. d.). Q-2, r. 40 – *Règlement sur la qualité de l'eau potable*. Légis Québec.
<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/Q-2,%20r.%2040>
- Santé Canada. (2019). *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – le manganèse*. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-manganese.html>
- Santé Canada. (2021). *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – l'aluminium*. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-aluminium.html>
- Santé Canada (2021). *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – le strontium*. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-strontium.html>

3.4 Bruit des éoliennes

Les sons deviennent des bruits lorsqu'ils sont indésirables, c'est-à-dire des sons non souhaités, dérangeants ou assez puissants pour entraîner des effets néfastes sur la santé (Martin *et al.*, 2015), reflétant le caractère subjectif de certains des effets du bruit sur la santé. Le fonctionnement des éoliennes peut produire des bruits d'origine mécanique dus aux mouvements des composantes internes ou des bruits aérodynamiques dus à la rotation des pales dans l'air. Le bruit des chantiers de construction des éoliennes et le bruit de la circulation routière associés à ceux-ci peuvent aussi être un enjeu durant les phases de construction et de démantèlement.

Les documents suivants offrent davantage d'informations sur des notions de base relatives au bruit environnemental et au bruit des éoliennes :

Brisson, G., Gervais, M.-C., Martin, R., Blackburn, D., Chagnon, M., Martel, K., ... Tardif, I. (2013). *Éoliennes et santé publique : synthèse des connaissances – Mise à jour*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/1633>

Martin, R., Deshaies, P. et Poulin, M. (2015). *Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/2048>

Martin, R. et Gauthier, M. (2018). *Meilleures pratiques d'aménagement pour prévenir les effets du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/2450>

3.4.1 Constats de 2013

Dans la recension des écrits de Brisson *et al.* (2013), le bruit des éoliennes n'entraînait pas de risque sur la santé auditive (p. ex. : fatigue auditive ou perte auditive) des populations avoisinantes. Le bruit pouvait cependant être une source de dérangement à l'intérieur et à l'extérieur des résidences pour ces populations¹⁹. D'ailleurs, Brisson *et al.* (2013) notaient que le bruit des éoliennes serait perçu comme plus dérangeant que celui provenant d'autres sources de bruit. Le dérangement n'était pas seulement associé aux caractéristiques du bruit des éoliennes (facteurs acoustiques), puisque d'autres facteurs non acoustiques tels que l'impact visuel des éoliennes et l'attitude des personnes exposées envers celles-ci influençaient aussi le dérangement rapporté par les populations avoisinantes. Brisson *et al.* (2013) rapportaient que le bruit des éoliennes pourrait perturber le sommeil des populations avoisinantes, mais que les preuves scientifiques étaient limitées.

¹⁹ Le dérangement est une issue de santé qui repose généralement sur des perturbations répétées par une activité ou une personne qui génèrent une réponse négative au plan émotionnel (par exemple, de la colère) et cognitif (par exemple, ressentir de l'impuissance face à la source) (Martin *et al.*, 2015; World Health Organization, 2018).

3.4.2 Lignes directrices de l'OMS

En 2018, l'OMS émettait une recommandation conditionnelle²⁰ établissant une valeur guide de 45 dBA L_{den} pour le bruit des éoliennes (World Health Organization, 2018). L'OMS concluait que le risque absolu d'être fortement dérangées à l'extérieur des résidences pour les populations exposées à un tel niveau de bruit serait de 10 %, même si la qualité de la preuve demeurerait faible. L'OMS constatait aussi que plusieurs autres facteurs non acoustiques influençaient le dérangement rapporté par les populations avoisinantes. L'OMS ne recommandait pas de valeur guide en lien avec le bruit des éoliennes durant la nuit en raison de la faiblesse et du risque de biais des preuves d'une association entre les perturbations du sommeil et le bruit des éoliennes. Il en va de même pour ce qui est des maladies cardiovasculaires. Par ailleurs, l'OMS rapportait l'absence de preuve concernant les effets du bruit des éoliennes sur la santé auditive (perte auditive ou acouphène), les effets cognitifs (lecture et compréhension orale) ou les issues défavorables de la grossesse.

3.4.3 Constats 2023

Une recension des écrits publiée par l'INSPQ en 2023 traitait du dérangement et des perturbations du sommeil liés au bruit des éoliennes (Gauthier et Potvin, 2023). L'auteur et autrice rapportaient une association entre le niveau d'exposition au bruit des éoliennes et le fort dérangement. Toutefois, les données disponibles montraient également une grande variabilité dans la proportion des personnes fortement dérangées d'une étude à l'autre. Le critère de 10 % des personnes rapportant être fortement dérangées par le bruit des éoliennes était atteint à des niveaux parfois un peu plus faibles que la valeur guide de 45 dBA L_{den} recommandée conditionnellement par l'OMS (World Health Organization, 2018). De plus, comme pour la recension de Brisson *et al.* (2013) et de l'OMS (2018), Gauthier et Potvin (2023) rapportaient que plusieurs autres facteurs non acoustiques influençaient le dérangement rapporté par les populations avoisinantes. En ce qui concerne les perturbations du sommeil, les résultats de cette recension ne permettaient pas de conclure à un effet causé par le bruit des éoliennes pour les niveaux sonores modélisés dans les publications disponibles, soit des niveaux inférieurs ou égaux à 46 dBA²¹. L'auteur et autrice précisent toutefois que cette absence d'effet ne peut être généralisée à d'autres contextes en raison de la faible qualité de la preuve.

²⁰ « A conditional recommendation requires a policy-making process with substantial debate and involvement of various stakeholders. There is less certainty of its efficacy owing to lower quality of evidence of a net benefit, opposing values and preferences of individuals and populations affected or the high resource implications of the recommendation, meaning there may be circumstances or settings in which it will not apply. » (World Health Organization, 2018)

²¹ Ce niveau sonore fait référence « [...] au niveau d'exposition pondéré A modélisé au moyen des caractéristiques d'émissions des éoliennes, souvent lorsqu'elles fonctionnent près de leur vitesse maximale. Les niveaux d'exposition ainsi modélisés ne tiennent pas compte de paramètres qui permettraient d'évaluer leur variation en fonction du moment de la journée, du moment de l'année ou lors de situation météorologique favorisant ou non la propagation du bruit » (Gauthier et Potvin, 2023).

3.4.4 Résultats de la recension 2023

La présente recension a permis de retenir 26 publications scientifiques originales. L'ensemble de celles-ci portent sur la phase d'exploitation de parcs éoliens terrestres. En effet, aucune publication retenue ne traite des phases de construction ou de démantèlement des parcs éoliens ni même de parcs éoliens marins. De ce nombre, 13 publications se sont intéressées au dérangement, neuf aux perturbations du sommeil, six aux effets sur la qualité de vie, le bien-être et la santé mentale, huit aux effets cardiovasculaires ou métaboliques et aux issues défavorables de la grossesse. En somme, le dérangement et les perturbations du sommeil demeurent les effets potentiels sur la santé qui ont été les plus étudiés en lien avec l'exposition au bruit des éoliennes.

Il est important de rappeler que, tel qu'évoqué dans la section 2.2.1 de la méthodologie, malgré la qualité et la pertinence potentielle des 59 revues de la littérature identifiées lors de la recherche documentaire, seule celle de van Kamp et van den Berg, (2021) a pu être identifiée et analysée dans ce chapitre en raison du temps disponible pour réaliser la présente recension.

CONSTRUCTION ET DÉMANTÈLEMENT

Aucune publication n'a été recensée pour les phases de construction et de démantèlement. Le bruit peut toutefois être un enjeu pour ces phases (Martin *et al.*, 2015). Le bruit des chantiers de construction et le bruit de la circulation routière sont d'ailleurs deux des plus importantes sources de dérangement et de perturbations du sommeil pour la population québécoise selon les résultats de l'Enquête québécoise sur la santé de la population 2020-2021 (Institut de la statistique du Québec, 2023; Lebel *et al.*, 2019). L'adoption de mesures d'atténuation est particulièrement importante lorsque les impacts potentiels sur la santé sont importants ou de longue durée (p. ex. : chantiers de longue durée, volume important de la circulation de marchandises ou de travailleurs et travailleuses à proximité de certaines résidences, etc.). Il existe de nombreuses pratiques, interventions ou politiques reconnues comme efficaces ou prometteuses (PIPREP) en lien avec la réduction du bruit des chantiers de construction et le bruit de la circulation routière, notamment : planifier les travaux les plus bruyants avant le début d'un projet (travaux les plus bruyants le jour), restreindre l'horaire des travaux, surveiller les niveaux sonores, choisir des équipements émettant moins de bruit, construire une voie de contournement, diminuer le nombre de véhicules et gérer la circulation, etc. (Martin *et al.*, 2015; Martin et Gauthier, 2018).

EXPLOITATION

Dérangement

Treize publications scientifiques se sont intéressées à l'association entre le bruit des éoliennes et le dérangement ²² (Bakker *et al.*, 2012; Haac *et al.*, 2019; Hongisto *et al.*, 2017; Janssen *et al.*, 2011; Kuwano *et al.*, 2014; Michaud *et al.*, 2016b, 2016c, 2016d, 2018; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014, 2018; Pedersen, 2011a; Radun *et al.*, 2019). Ces publications tirent leurs données de 10 études distinctes. Trois publications ont été réalisées à partir des données de l'étude sur le bruit ambiant et la santé (EBAS) de Santé Canada (Michaud *et al.*, 2016b, 2016d, 2018) et deux publications à partir des données d'une étude finlandaise (Hongisto *et al.*, 2017; Radun *et al.*, 2019). Les données d'une étude néerlandaise (Bakker *et al.*, 2012) sont aussi combinées à ceux de deux études suédoises et analysées dans deux publications (Janssen *et al.*, 2011; Pedersen, 2011a)²³.

L'ensemble de ces 13 publications permettent de confirmer que le bruit des éoliennes peut être une source de dérangement au même titre que d'autres caractéristiques des éoliennes (lumières clignotantes, ombres mouvantes et impact visuel) tel qu'exploré dans l'étude de Michaud *et al.* (2018). Ces publications rapportent une augmentation de la prévalence du fort dérangement lorsque le niveau de bruit des éoliennes augmente. Elles montrent également qu'une partie importante des personnes exposées au bruit des éoliennes rapporte être fortement dérangée.

Quatre publications (Haac *et al.*, 2019; Hongisto *et al.*, 2017; Janssen *et al.*, 2011; Michaud *et al.*, 2016d) ont modélisé la proportion de personnes fortement dérangées (*highly annoyed* [%HA]) à l'aide d'une équation basée sur l'hypothèse que la prévalence du dérangement est faible lorsque les niveaux sonores sont très bas et que cette prévalence augmente en fonction des niveaux sonores (Michaud *et al.*, 2016d)²⁴. Pour ces publications, le critère de l'OMS de 10 % des personnes exposées qui rapportent être fortement dérangées serait atteint environ entre 39,7 et 47,2 dB L_{dn}²⁵ (voir tableau 4 p. 77).

²² Parmi ces publications, sept se retrouvent également dans la recension de Gauthier et Potvin (2023).

²³ Les publications originales qui traitent de ces trois études ont été publiées avant la période couverte par la présente recension. Elles sont donc aussi traitées dans la recension de Brisson *et al.* (2013).

²⁴ Janssen *et al.* (2011) utilisent un modèle différent et analysent conjointement l'étude néerlandaise et les deux études suédoises. Cependant, une modélisation similaire aux autres publications est présentée dans l'étude de Michaud *et al.* (2016d) pour les trois études analysées dans la publication de Janssen *et al.* (2011) (Pedersen, 2011b; Pedersen et Persson Waye, 2004, 2007).

²⁵ Cette étendue représente les prévalences moyennes rapportées, mais ne tient pas compte des incertitudes propres aux résultats de chaque publication.

Tableau 4 Niveau d'exposition au bruit des éoliennes à partir duquel 10 % des personnes exposées rapportent être fortement dérangées

Publications ^A	Niveau d'exposition modélisé [dBA L _{den}]
Michaud <i>et al.</i> (2016d)	43,7 pour l'ensemble de l'étude 39,7 en Ontario 47,2 à l'Île-du-Prince-Édouard
Hongisto <i>et al.</i> (2017)	42,6
Haac <i>et al.</i> (2019)	44,5
Janssen <i>et al.</i> (2011)^B	≈ 43,5 pour l'ensemble de l'étude 40,6 dans l'étude de Pedersen et Persson Waye (2004) 46,4 dans l'étude de Pedersen et Persson Waye (2007) 46,6 dans l'étude de Pedersen (2009)

^A Ces quatre publications ont modélisé la proportion de personnes fortement dérangées à l'aide d'une équation, laquelle est davantage détaillée dans la publication de Gauthier et Potvin (2023).

^B Les données pour cette étude et les études sous-jacentes ont été calculées à partir des résultats de la réanalyse de Michaud *et al.* (2016d).

Sept autres publications rapportent la prévalence du fort dérangement en fonction de catégories d'exposition basées sur une modélisation du niveau de bruit des éoliennes (Bakker *et al.*, 2012; Kuwano *et al.*, 2014; Michaud *et al.*, 2016b; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014, 2018; Qu et Tsuchiya, 2021; Radun *et al.*, 2019)²⁶. Le critère de l'OMS de 10 % des personnes exposées qui rapportent être fortement dérangées serait atteint à un niveau sonore inférieur à environ 45 dB L_{den} pour les publications de Kuwano *et al.* (2014), de Pawlaczyk-Luszczynska *et al.* (2014, 2018) et de Qu et Tsuchiya, (2021)²⁷.

En somme, le critère de 10 % des personnes fortement dérangées par le bruit des éoliennes demeure atteint à des niveaux généralement un peu plus faibles que celui de 45 dBA L_{den} recommandé conditionnellement par l'OMS (2018), comme c'était également rapporté dans la publication de l'INSPQ (2023). Ces résultats appuient l'hypothèse selon laquelle à des niveaux d'exposition équivalents, le dérangement associé au bruit des éoliennes est généralement plus élevé que le dérangement associé à d'autres sources de bruit fixes industrielles ou de bruit des transports (Haac *et al.*, 2019; Janssen *et al.*, 2011; Michaud *et al.*, 2016d). D'ailleurs, selon l'OMS, le critère de 10 % des personnes exposées rapportant être fortement dérangées par le bruit des

²⁶ Puisque la publication de Michaud *et al.* (2016b) est basée sur la même étude que celle de Michaud *et al.* (2016d), les résultats en fonction de catégories d'exposition ne sont donc pas présentés ici. Il en est de même pour la publication de Radun *et al.* (2019) et d'Hongisto *et al.* (2017). Enfin, les données des publications de Pedersen (2011a) et de Bakker *et al.* (2012) sont aussi analysées dans la publication de Janssen *et al.* (2011).

²⁷ Le niveau de bruit L_{den} indiqué est une approximation calculée à partir du facteur (+4,7 dB) recommandé par van den Berg (2008).

éoliennes serait atteint à des niveaux sonores inférieurs à ceux pour le bruit de la circulation routière (53 dB L_{den}) ou ferroviaire (54 dB L_{den}) et comparables à celui pour le bruit de la circulation aérienne (45 dB L_{den}) (World Health Organization, 2018).

À l'instar des résultats présentés dans la recension des écrits de Gauthier et Potvin (2023), il subsiste une grande variabilité d'une population à l'autre en ce qui a trait au niveau de bruit à partir duquel le critère de l'OMS de 10 % des personnes fortement dérangées est atteint. Par exemple, pour un niveau d'exposition situé entre environ 40 et 45 dB L_{den} ²⁸, la prévalence du fort dérangement se situerait entre 10 et 25,2 %²⁹ (Bakker *et al.*, 2012; Kuwano *et al.*, 2014; Michaud *et al.*, 2016b; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2018; Radun *et al.*, 2019).

La dimension subjective associée au dérangement pourrait expliquer une part de cette variabilité (voir la section 3.1 sur les effets sociaux et communautaires et la section 3.2 sur les paysages pour plus de détails). En effet, le niveau de bruit des éoliennes ne serait pas le seul facteur affectant le dérangement. Des publications rapportent que plusieurs autres facteurs modifieraient la perception qu'ont les populations avoisinantes des bruits engendrés par les éoliennes et influenceraient donc le dérangement qui y est associé (Haac *et al.*, 2019; Hongisto *et al.*, 2017; Janssen *et al.*, 2011; Kuwano *et al.*, 2014; Michaud *et al.*, 2016d; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014, 2018; Pedersen, 2011a; Qu et Tsuchiya, 2021; Radun *et al.*, 2019). Le niveau d'exposition au bruit des éoliennes lui-même n'expliquerait seulement qu'une faible proportion du dérangement (Haac *et al.*, 2019; Hongisto *et al.*, 2017; Michaud *et al.*, 2016d; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014, 2018; Qu et Tsuchiya, 2021; Radun *et al.*, 2019). La variance du niveau de dérangement pouvant être expliquée par les variables analysées dans les modélisations rapportées augmenterait de manière significative lorsque d'autres facteurs étaient pris en compte (Haac *et al.*, 2019; Hongisto *et al.*, 2017; Michaud *et al.*, 2016d; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014, 2018; Qu et Tsuchiya, 2021; Radun *et al.*, 2019).

Parmi ces facteurs, les plus importants ou récurrents semblent être la sensibilité au bruit (Haac *et al.*, 2019; Janssen *et al.*, 2011; Kuwano *et al.*, 2014; Michaud *et al.*, 2016d; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2018; Qu et Tsuchiya, 2021; Radun *et al.*, 2019), l'attitude à l'égard des éoliennes (Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2018; Qu et Tsuchiya, 2021; Radun *et al.*, 2019), l'impact visuel des éoliennes (Haac *et al.*, 2019; Janssen *et al.*, 2011; Kuwano *et al.*, 2014; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014) et la réception d'un bénéfice financier direct (Bakker *et al.*, 2012; Haac *et al.*, 2019; Janssen *et al.*, 2011; Michaud *et al.*, 2016d). L'absence de prise en compte uniforme de ces différents facteurs entre les études recensées nécessite une interprétation prudente de ces observations. L'effet et l'importance relative de tels facteurs non acoustiques (personnels, sociaux ou d'autres natures) nécessitent davantage d'études afin de mieux comprendre l'impact des différences entre les populations et les contextes. À cet effet, comme relevé par certains

²⁸ Le niveau de bruit L_{den} indiqué est une approximation calculée à partir du facteur recommandé (+ 4,7 dB) par van den Berg (2008).

²⁹ Cette étendue représente les prévalences rapportées, mais ne tient pas compte des incertitudes propres aux résultats de chaque publication.

auteurs et autrices, les recherches futures portant sur le dérangement lié au bruit des éoliennes pourraient notamment explorer les aspects suivants :

- Prendre en considération plusieurs sources de bruit des transports (avion, voiture) dans l'évaluation du dérangement (Michaud *et al.*, 2016b);
- Prendre en considération à la fois des indicateurs objectifs et subjectifs autodéclarés afin d'explorer la relation complexe entre le bruit des éoliennes et le dérangement (Bakker *et al.*, 2012; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2018);
- Prendre en considération l'interaction entre l'exposition au bruit des éoliennes et les différents effets de santé que sont le dérangement, le sommeil et le stress (Pedersen, 2011a).

Perturbation du sommeil

Neuf publications retenues se sont intéressées à l'association entre l'exposition au bruit des éoliennes et les perturbations du sommeil³⁰ (Bakker *et al.*, 2012; Kuwano *et al.*, 2014; Michaud *et al.*, 2016b, 2016c, 2021; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014; Poulsen *et al.*, 2019a; Qu et Tsuchiya, 2021; Radun *et al.*, 2019). Trois publications ont été réalisées à partir des données portant sur l'ensemble des participants et participantes à l'EBAS de Santé Canada (Michaud *et al.*, 2016b, 2016c) ou d'un sous-échantillon pour lequel des données additionnelles avaient été recueillies lors de cette même étude (Michaud *et al.*, 2021).

Dans l'ensemble, à l'instar des résultats présentés dans la recension des écrits de Gauthier et Potvin (2023), les preuves d'une association entre l'exposition au bruit des éoliennes et les perturbations du sommeil sont limitées.

Les publications ayant utilisé des mesures objectives du sommeil (actigraphie³¹) n'ont pas trouvé d'association entre les perturbations du sommeil et l'exposition au bruit des éoliennes à des niveaux sonores allant jusqu'à 46 dBA³² (Michaud *et al.*, 2016c, 2021). Ce type de mesure, généralement plus complexe à réaliser, présente l'avantage de ne pas être influencé par la dimension subjective propre aux indicateurs autodéclarés de la qualité du sommeil (Michaud *et al.*, 2021). Michaud *et al.* (2016c) rapportent qu'aucun des paramètres du sommeil n'était associé aux niveaux sonores estimés et que la prévalence du sommeil perturbé était la même dans toutes les catégories d'exposition au bruit. De même, Michaud *et al.* (2021) rapportent que les niveaux sonores estimés pour des intervalles de 10 minutes ou pour une nuit entière ne sont pas associés aux paramètres du sommeil mesurés (Michaud *et al.*, 2021).

Les publications ayant caractérisé les perturbations du sommeil au moyen du renouvellement de prescription de somnifères ou d'antidépresseurs (soit des variables de substitution, proxy)

³⁰ Parmi ces publications, cinq se retrouvent également dans la recension de Gauthier et Potvin (2023).

³¹ L'actigraphie permet de caractériser les mouvements du corps pendant le sommeil et d'évaluer plusieurs paramètres de la qualité du sommeil, notamment la durée du sommeil (*total sleep time*), l'efficacité du sommeil (rapport durée du sommeil/temps au lit), la latence du sommeil (*sleep latency*), la durée des réveils (*wake after sleep onset*) et le nombre de réveils (*number of awakening bouts*).

³² *Sound pressure levels*, estimés par modélisation.

(Poulsen *et al.*, 2019a) ou de questionnaires socioacoustiques permettant de calculer divers indicateurs autodéclarés du sommeil³³ montrent des résultats contradictoires (Kuwano *et al.*, 2014; Michaud *et al.*, 2016b, 2016c; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014; Qu et Tsuchiya, 2021; Radun *et al.*, 2019). Certaines publications ne rapportent pas d'association entre les niveaux d'exposition au bruit et les perturbations du sommeil selon le *Pittsburgh Sleep Quality Index*³⁴ (Michaud *et al.*, 2016c), les diverses variables de substitution³⁵ (Michaud *et al.*, 2016b) ou une question portant sur la qualité du sommeil propre à l'étude même (Qu et Tsuchiya, 2021). À l'opposé, certaines publications rapportent que divers indicateurs autodéclarés de perturbations du sommeil (Bakker *et al.*, 2012; Kuwano *et al.*, 2014; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014; Radun *et al.*, 2019) ou le renouvellement de prescription de somnifères (Poulsen *et al.*, 2019a) seraient associés aux niveaux d'exposition au bruit des éoliennes. Cependant, les résultats de ces publications doivent être interprétés avec prudence en raison du petit nombre de participantes et participants fortement exposés au bruit des éoliennes et diverses limites méthodologiques, notamment le fait que l'évaluation des perturbations du sommeil dans ces publications est faite pour toute source de bruit, sans référence spécifique aux éoliennes. Une telle évaluation des perturbations du sommeil, même si elle pourrait réduire certaines sources de biais de réponse, ne permet pas aux participantes et participants de préciser la source de leurs perturbations du sommeil lorsqu'elles sont connues³⁶. Par exemple, Bakker *et al.* (2012) indiquent que seulement 4,7 % des participantes et participants attribuent leurs perturbations du sommeil au bruit des éoliennes, alors que 48 % des participantes et participants exposés à un niveau sonore supérieur à 45 dBA rapportent des perturbations du sommeil, soit une proportion plus élevée que celle pour les personnes exposées à un niveau sonore inférieur à 30 dBA (environ 21 %). Même si les résultats de Bakker *et al.* (2012) ne supportent pas nécessairement la présence d'un effet direct du bruit éolien sur le sommeil (Bakker *et al.*, 2012), les résultats d'autres publications ne permettent pas d'exclure une telle possibilité (Kuwano *et al.*, 2014; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014; Poulsen *et al.*, 2019a; Radun *et al.*, 2019).

Comme pour les publications sur le dérangement, la dimension subjective des perturbations du sommeil représente aussi un enjeu, puisque plusieurs autres facteurs non acoustiques influenceraient également les résultats des publications ayant utilisé des indicateurs autodéclarés. En effet, plusieurs facteurs personnels, sociaux et d'autres natures auraient une influence sur les perturbations du sommeil. La prise en compte variable de ces différents facteurs entre les études recensées nécessite cependant une interprétation prudente et ne permet pas d'identifier de facteurs plus importants et récurrents en ce qui a trait aux perturbations du sommeil. L'association, l'effet et l'importance relative de tels facteurs nécessitent davantage d'études afin de valider les observations disponibles.

³³ Par exemple, la qualité du sommeil, la fréquence des réveils, la difficulté à s'endormir, etc.

³⁴ Le *Pittsburgh Sleep Quality Index* est un questionnaire normalisé et qui sert à évaluer la qualité du sommeil.

³⁵ Autodéclaration d'un diagnostic de trouble du sommeil, d'un sommeil fortement perturbé et de la consommation de médicament pour le sommeil.

³⁶ Il est cependant difficile d'attribuer correctement les perturbations du sommeil à la bonne source (Kuwano *et al.*, 2014). Par exemple, en milieu calme, les réveils naturels ou les perturbations du sommeil attribuables à d'autres sources pourraient être attribués à tort au bruit des éoliennes si celui-ci est clairement audible lors des réveils.

Qualité de vie, bien-être et santé mentale

Six publications retenues se sont intéressées à la relation entre le bruit des éoliennes et la qualité de vie, le bien-être ou la santé mentale des populations exposées (Bakker *et al.*, 2012; Feder *et al.*, 2015; Kuwano *et al.*, 2014; Michaud *et al.*, 2016a, 2016b; Qu et Tsuchiya, 2021). Trois de ces publications ont été réalisées à partir des données de l'EBAS de Santé Canada (Feder *et al.*, 2015; Michaud *et al.*, 2016a, 2016b). Les publications recensées évaluent différents aspects de la qualité de vie, du bien-être et de la santé mentale, notamment en ce qui a trait à la santé physique et psychologique, les rapports sociaux et l'environnement³⁷.

Les publications recensées rapportent pour la plupart une absence d'association entre le bruit des éoliennes et la qualité de vie (Feder *et al.*, 2015; Michaud *et al.*, 2016b)³⁸, le stress³⁹ (Michaud *et al.*, 2016a) ou l'état de santé général (Qu et Tsuchiya, 2021). Concernant une potentielle association entre les niveaux sonores des éoliennes et la prévalence de divers symptômes non spécifiques⁴⁰, les publications notent aussi généralement une absence d'association avec le bruit des éoliennes (Kuwano *et al.*, 2014; Michaud *et al.*, 2016b; Qu et Tsuchiya, 2021) ou présentent des résultats contradictoires (Qu et Tsuchiya, 2021).

Dans l'ensemble, les données disponibles demeurent limitées. Les publications recensées évaluent généralement des aspects différents de la qualité de vie, du bien-être ou de la santé mentale. Même lorsque des publications traitent d'un même aspect, elles n'utilisent pas nécessairement d'indicateurs comparables. Bien que l'ensemble de ces publications recensées utilisent des indicateurs autodéclarés, seulement certaines de celles-ci ont évalué la qualité de vie ou la santé mentale à partir d'instruments reconnus qui sont largement utilisés⁴¹ (Bakker *et al.*, 2012; Feder *et al.*, 2015; Michaud *et al.*, 2016a, 2016b). D'autres publications ont utilisé des indicateurs moins reconnus ou propres à leur étude pour évaluer l'état de santé général (Qu et Tsuchiya, 2021) ou la prévalence de symptômes non spécifiques (Kuwano *et al.*, 2014; Michaud *et al.*, 2016b; Qu et Tsuchiya, 2021). Une seule publication rapporte des indicateurs objectifs du stress (Michaud *et al.*, 2016a). Des études de validation rigoureuses devraient être réalisées afin

³⁷ La qualité de vie est définie par l'OMS comme « [...] la façon dont les individus perçoivent leur existence compte tenu de la culture et du système de valeurs dans lequel ils vivent et en fonction de leurs buts, de leurs attentes, de leurs normes et de leurs préoccupations » (WHO Quality of Life Assessment Group, 1996).

³⁸ Pour les quatre domaines de la qualité de vie du World Health Organization Quality of Life (WHOQOL-BREF) (la santé physique, la santé mentale, les relations sociales et à l'environnement), la question sur la qualité de vie et celle sur la satisfaction par rapport à l'état de santé.

³⁹ Relation mesurée par un indicateur autodéclaré (perception individuelle du stress) et des indicateurs objectifs (la pression artérielle, la fréquence cardiaque et le cortisol capillaire).

⁴⁰ Par exemple, maux de tête, nausées, étourdissements, symptômes respiratoires, oculaires, cutanés, instabilité mentale, etc. L'hypothèse du syndrome des éoliennes rapportée dans la recension des écrits de Brisson *et al.* (2013) associe ce type de symptômes à la présence des éoliennes. Notons que l'existence d'un tel syndrome ne semble pas appuyée par la communauté scientifique (van Kamp et van den Berg, 2021).

⁴¹ Notamment, le WHOQOL-BREF, conçu pour estimer la qualité de vie d'une personne, le *Perceived Stress Scale* (PSS-10), conçu pour mesurer la perception individuelle du stress et le *Goldberg General Health* (GHQ-12), conçu pour détecter les troubles psychiatriques en milieu communautaire et en milieu clinique non psychiatrique.

de confirmer l'absence d'association entre le bruit des éoliennes et les différents aspects de la qualité de vie, du bien-être ou de la santé mentale.

Comme pour le dérangement et les perturbations du sommeil, certaines publications rapportent une association entre divers facteurs non acoustiques et certains effets sur la qualité de vie, le bien-être ou la santé mentale (Bakker *et al.*, 2012; Feder *et al.*, 2015; Kuwano *et al.*, 2014; Michaud *et al.*, 2016a; Qu et Tsuchiya, 2021). Dans certains cas, ces facteurs non acoustiques seraient des facteurs confondants, puisque leur prise en compte ferait disparaître l'association statistique observée initialement entre les niveaux d'exposition au bruit et certains indicateurs de la qualité de vie (Bakker *et al.*, 2012; Kuwano *et al.*, 2014). De tels résultats sont à l'opposé à ceux des publications portant sur le dérangement, où une association aux niveaux sonores est toujours présente, même après la prise en compte de facteurs non acoustiques.

Même si les publications recensées ne permettent pas de démontrer un effet lié au bruit des éoliennes, certains facteurs liés aux caractéristiques des éoliennes pourraient être associés à divers aspects de la qualité de vie, du bien-être ou de la santé mentale. Notamment, le dérangement associé au bruit des éoliennes serait lié à la détresse psychologique (Bakker *et al.*, 2012) ou à la prévalence de symptômes non spécifiques (Qu et Tsuchiya, 2021). Le dérangement associé à l'impact visuel des éoliennes sur le paysage (*visual disturbance due to wind turbines*) serait lié aux domaines de la santé physique et de l'environnement du WHOQOL-BREF (Feder *et al.*, 2015) ou à certains symptômes de santé physique (Kuwano *et al.*, 2014). Enfin, le dérangement associé aux lumières clignotantes des éoliennes serait lié à certains indicateurs du stress (Michaud *et al.*, 2016a). Ces observations doivent toutefois être interprétées avec prudence. Des études additionnelles rigoureuses nécessitent d'être réalisées afin de valider les effets potentiels de ces autres facteurs sur la qualité de vie.

Effets cardiovasculaires, métaboliques et issues défavorables de la grossesse

Les huit publications retenues portant sur les effets cardiovasculaires, métaboliques ou sur les issues défavorables de la grossesse ont été réalisées au Danemark par deux groupes de recherche à partir d'études de cohortes rétrospectives. Une partie de ces études utilise des données issues de registres de santé nationaux (Poulsen *et al.*, 2018b, 2018a, 2018d, 2018c, 2019b), tandis qu'une autre utilise ces mêmes données pour leurs analyses portant sur une cohorte d'infirmières (Brauner *et al.*, 2018, 2019a, 2019b).

La majorité des publications ne rapportent pas d'association entre le bruit des éoliennes et les effets cardiovasculaires étudiés, soit les infarctus du myocarde (Brauner *et al.*, 2018; Poulsen *et al.*, 2018d, 2019b), les accidents vasculaires cérébraux (AVC) (Brauner *et al.*, 2019a; Poulsen *et al.*, 2018d, 2019b) et le renouvellement d'ordonnance d'antihypertenseurs⁴² (Poulsen *et al.*, 2018a). Une seule publication rapporte une association entre l'exposition au bruit des éoliennes et la fibrillation auriculaire (Brauner *et al.*, 2019b). Cependant, le petit nombre de participantes et participants fortement exposés (environ 3 % exposés à un niveau sonore ≥ 30 dBA) et le

⁴² Variable de substitution (proxy) pour l'hypertension.

critère de comparaison retenu par les auteurs et autrices (< 20 dBA par rapport à ≥ 20 dBA) laissent croire que les résultats rapportés pourraient être dus au hasard⁴³.

Enfin, Poulsen *et al.* (2018c) ne rapportent aucune association entre le bruit des éoliennes⁴⁴ et les issues défavorables de la grossesse étudiées (naissance prématurée, insuffisance de poids pour l'âge gestationnel et faible poids à la naissance à terme) pour les naissances survenues entre 1983 et 2013 au Danemark.

Ces résultats doivent cependant être interprétés avec prudence, en raison de la nature des devis utilisés⁴⁵ et des limites propres à chaque étude, mais également en raison du faible nombre de cas dans les catégories d'exposition les plus élevées pour l'ensemble des effets de santé analysés.

Caractéristiques particulières du bruit des éoliennes et vibrations

Les caractéristiques particulières du bruit des éoliennes (infrasons, basses fréquences, modulation de l'amplitude) et les vibrations n'ont pas fait l'objet d'une recherche distincte portant explicitement sur ces éléments. Les informations présentées dans cette section sont donc limitées aux données disponibles dans les publications recensées.

Au total, 13 publications se sont intéressées à certaines caractéristiques particulières du bruit des éoliennes⁴⁶. De plus, seule la revue de la littérature de van Kamp et van den Berg, (2021) a été identifiée et analysée dans la présente section en raison du temps disponible pour réaliser la présente recension. Dans l'ensemble, à l'instar des résultats présentés dans la recension des écrits de Gauthier et Potvin (2023), les publications disponibles ne trouvent généralement pas d'associations entre ces caractéristiques et les issues de santé étudiées. Les publications disponibles demeurent peu nombreuses par rapport au grand nombre de paramètres qui pourraient être analysés.

- Basses fréquences et infrasons

L'exposition au bruit de basses fréquences est la caractéristique particulière du bruit des éoliennes qui est la plus documentée. Neuf publications ont analysé l'association entre l'exposition aux basses fréquences produites par les éoliennes et diverses issues de santé. Les publications recensées ne montrent généralement pas d'association entre les basses fréquences et le dérangement (Haac *et al.*, 2019; Hongisto *et al.*, 2017; Michaud *et al.*, 2016b), les

⁴³ Aucun effet néfaste sur la santé n'est attendu à des niveaux à < 20 dBA (World Health Organization, 2018). Notamment, les premières perturbations du sommeil, une des voies causales proposées pour expliquer les effets cardiovasculaires du bruit, apparaîtraient à un niveau sonore extérieur d'environ 40 dBA L_{nuit} (World Health Organization, 2009).

⁴⁴ Pour la période de la nuit, Poulsen *et al.* (2018c) ont modélisé les niveaux sonores à l'extérieur des résidences (L_{nuit}) et les niveaux de basses fréquences (10-160 Hz) à l'intérieur.

⁴⁵ Les études effectuées à partir de registres de santé disposent généralement de vastes échantillons avec des informations presque complètes et de haute qualité, mais n'ont pas toujours les données nécessaires pour prendre en compte l'ensemble des facteurs codéterminants des issues de santé étudiées.

⁴⁶ Parmi ces publications, huit se retrouvent également dans la recension de Gauthier et Potvin (2023).

perturbations du sommeil (Poulsen *et al.*, 2019a), les effets cardiovasculaires ou métaboliques (Poulsen *et al.*, 2018a, 2018b, 2018d, 2019b) ou encore les issues défavorables de la grossesse (Poulsen *et al.*, 2018c).

En ce qui a trait au dérangement, la considération spécifique du bruit de basses fréquences n'améliore pas les modélisations du dérangement rapporté en regard de la considération du bruit des éoliennes de manière générale (Haac *et al.*, 2019; Michaud *et al.*, 2016b). Michaud *et al.* (2016b) rapportent d'ailleurs une forte corrélation entre l'indicateur du bruit de basses fréquences (dBC) et l'indicateur du bruit souvent utilisé pour caractériser le bruit des éoliennes (dBA). La comparaison du dérangement en fonction de la taille des éoliennes⁴⁷ rapportée par Hongisto *et al.* (2017) ne montrerait pas davantage d'association statistique significative entre les basses fréquences et le dérangement associé au bruit.

La publication de Poulsen *et al.* (2019a) ne rapporte pas d'association entre certaines variables de substitution (proxy) pour les perturbations du sommeil⁴⁸ et les niveaux de basses fréquences à l'intérieur des résidences. Les publications portant sur les indicateurs des effets cardiovasculaires ne rapportent aucune association entre l'exposition aux basses fréquences et le renouvellement d'ordonnance d'antihypertenseurs⁴⁹ (Poulsen *et al.*, 2018a) ou encore l'incidence d'hospitalisation ou de décès pour l'infarctus du myocarde ou un accident vasculaire cérébral (Poulsen *et al.*, 2018d, 2019b). En ce qui concerne les effets métaboliques, Poulsen *et al.* (2018b) ne rapportent pas d'association entre les basses fréquences des éoliennes et le diabète. Enfin, Poulsen *et al.* (2018c) ne rapportent aucune association entre les niveaux de basses fréquences à l'intérieur des résidences et les issues défavorables de la grossesse étudiés.

Deux publications rapportent des données en lien avec l'exposition aux infrasons (Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014, 2018). Toutefois, la présence d'infrasons n'a pas été analysée autrement que pour noter que les niveaux modélisés ou mesurés étaient en dessous des seuils d'audition.

Dans leur revue de la littérature, van Kamp et van den Berg (2021) concluent que les basses fréquences des éoliennes et les infrasons ne sont pas associés au dérangement rapporté par les personnes exposées au bruit des éoliennes (van Kamp et van den Berg, 2021).

- Modulation de l'amplitude

De nombreuses publications rapportent l'hypothèse que la modulation de l'amplitude du bruit des éoliennes puisse expliquer le dérangement accru des éoliennes par rapport à d'autres sources, sans toutefois apporter de nouvelles données permettant d'appuyer ou d'infirmer cette hypothèse (Haac *et al.*, 2019; Hongisto *et al.*, 2017; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2018). Certaines publications citées par ces auteurs et autrices ont été relevées dans le cadre de la recherche

⁴⁷ Variable de substitution (proxy). Les éoliennes de plus grande taille émettraient significativement plus de basses fréquences (Hongisto *et al.*, 2017). Les résultats de cette publication doivent cependant être interprétés avec prudence, étant donné le petit nombre de répondantes et répondants fortement exposés et la prise en compte limitée des basses fréquences dans cette étude.

⁴⁸ Les variables de substitutions (proxy) sont la prise de médicaments pour dormir ou d'antidépresseurs.

⁴⁹ Variable de substitution (proxy) pour l'hypertension.

documentaire réalisée pour la présente recension, mais celles-ci ne répondaient pas aux critères d'inclusion de la présente recension. Dans leur revue de la littérature, van Kamp et van den Berg (2021)⁵⁰ concluent d'ailleurs que les dernières données disponibles permettent d'affirmer que lorsque la modulation de l'amplitude du bruit des éoliennes est présente, celle-ci entraîne une augmentation du dérangement associé au bruit des éoliennes.

- Vibrations

Deux des publications retenues rapportent des données en lien avec les perceptions des vibrations par les personnes vivant à proximité des éoliennes (Michaud *et al.*, 2016b, 2016d). Michaud *et al.* (2016b) notent que la proportion de personnes qui rapportent être fortement dérangées par les vibrations des éoliennes augmente en fonction des catégories d'exposition au bruit. Pour leur part, Michaud *et al.* (2016d) rapportent que le fort dérangement associé aux vibrations des éoliennes serait une des variables explicatives du fort dérangement associé au bruit des éoliennes ($p = 0,023$; R^2 passe de 0,50 à 0,52 dans leur modèle). Cependant, Michaud *et al.* (2018)⁵¹ rapportent que l'évaluation de la contribution relative du fort dérangement associé aux vibrations dans le dérangement global associé aux éoliennes n'était pas significative pour l'ensemble des catégories de distances évaluées. Ces mêmes auteurs et autrice rapportent d'ailleurs que selon leurs évaluations, les niveaux de vibrations réellement associées aux éoliennes seraient situés en dessous du seuil de perception de la population (Michaud *et al.* 2018), une estimation partagée par Radun *et al.* (2019). Finalement, ces résultats montrent que bien qu'une partie de la population attribue son dérangement aux vibrations des éoliennes, les preuves disponibles indiqueraient que les éoliennes ne généreraient pas de vibration perceptible par la population.

En somme, les publications retenues apportent peu de nouvelles données quant aux caractéristiques sonores particulières au bruit des éoliennes qui pourraient avoir une association avec certains effets sur la santé, notamment le dérangement. La prise en compte d'une littérature plus vaste (étude de terrain, étude de laboratoire et exploratoire) permet à van Kamp et van den Berg (2021) de conclure que la modulation de l'amplitude augmente le dérangement associé au bruit des éoliennes, alors que les basses fréquences des éoliennes et les infrasons ne sont pas associés au dérangement rapporté par les personnes exposées au bruit des éoliennes (van Kamp et van den Berg, 2021).

⁵⁰ Bien que les revues de la littérature n'aient pu être traitées dans la présente recension, celle de van Kamp et van den Berg, (2021) est tout de même évoquée, puisqu'elle a préalablement été jugée pertinente et de qualité dans la recension des écrits publiée par l'INSPQ en 2023 (Gauthier et Potvin, 2023).

⁵¹ Cette publication ne répondait aux critères d'inclusion de la présente recension.

3.4.5 Synthèse des résultats

Phases de construction et démantèlement

Aucune publication n'a été recensée pour les phases de construction et de démantèlement. Toutefois, lors de ces phases, le bruit de la circulation routière (p. ex. : circulation des travailleurs et travailleuses ou transport des composantes) et le bruit des chantiers de construction des éoliennes peuvent être un enjeu de santé pour la population. D'ailleurs, ces deux types de bruit comptent parmi les sources les plus importantes de dérangement et de perturbations du sommeil pour la population québécoise. Il existe des PIPREP en lien avec la réduction de ces types de bruit (Martin *et al.*, 2015; Martin et Gauthier, 2018).

Phase d'exploitation

Cette recension est basée sur 26 publications scientifiques originales qui portent sur des parcs éoliens terrestres en phase d'exploitation. Bien que le dérangement et les perturbations du sommeil demeurent les effets potentiels sur la santé qui ont été les plus étudiés, d'autres issues de santé ont aussi été analysées : effets sur la qualité de vie, le bien-être et la santé mentale, effets cardiovasculaires, métaboliques ou issues défavorables de la grossesse.

Les publications retenues montrent qu'une proportion importante des personnes exposées rapporte être fortement dérangée par le bruit des éoliennes. Ces publications permettent une meilleure quantification de l'augmentation du dérangement en fonction de l'augmentation du niveau de bruit des éoliennes depuis la recension des écrits de Brisson *et al.* (2013). Selon les résultats des publications retenues dans la présente recension, le critère de l'OMS visant à limiter à 10 % le risque absolu d'être fortement dérangé à l'extérieur des résidences serait parfois atteint à des niveaux sonores inférieurs à 45 dBA L_{den} , soit la valeur recommandée conditionnellement par l'OMS (World Health Organization, 2018). Pour des niveaux d'exposition équivalents, le dérangement associé au bruit des éoliennes est donc généralement plus élevé que le dérangement associé à d'autres sources de bruit fixes industrielles ou de bruits des transports, une hypothèse relevée par Brisson *et al.* (2013). La proportion des personnes fortement dérangées varie cependant de manière importante entre les populations. Par exemple, pour un niveau d'exposition entre environ 40 et 45 dB L_{den} , la prévalence du fort dérangement se situerait entre 10 et 25,2 %. La dimension subjective du dérangement et les différences de contexte pourraient expliquer une part de cette variabilité. Cette dernière limite l'applicabilité des constats quant au dérangement, qui ne peuvent pas nécessairement être généralisés à d'autres contextes.

Comme pour la recension des écrits de Brisson *et al.* (2013), les preuves d'une association entre l'exposition au bruit des éoliennes et les perturbations du sommeil sont limitées. Les caractérisations objectives des perturbations du sommeil n'ont pas trouvé d'association entre les perturbations du sommeil et le bruit des éoliennes pour des niveaux sonores extérieurs allant jusqu'à 46 dBA (*sound pressure levels*, estimés par modélisation). À l'opposé, les caractérisations des perturbations du sommeil selon divers indicateurs autodéclarés montrent des résultats contradictoires. En ce qui a trait aux effets sur la qualité de vie, le bien-être et la santé mentale,

les effets cardiovasculaires et métaboliques ainsi que les issues défavorables de la grossesse, les publications recensées rapportent, pour la plupart, une absence d'association entre le bruit des éoliennes et les indicateurs utilisés. Les données disponibles pour ces issues de santé demeurent limitées. Les résultats doivent donc être interprétés avec prudence en raison du petit nombre de participantes et participants fortement exposés au bruit des éoliennes et de diverses limites méthodologiques présentes dans les publications disponibles.

Les publications retenues ne montrent pas d'association entre l'exposition aux basses fréquences produites par les éoliennes et le dérangement. Les données tirées des études de laboratoire ou des études de terrain à petite échelle suggèrent que la modulation de l'amplitude du bruit des éoliennes entraînerait une augmentation du dérangement associé au bruit des éoliennes, tandis que les basses fréquences et les infrasons n'auraient pas d'effet sur le dérangement (van Kamp et van den Berg, 2021).

Le niveau de bruit des éoliennes ne serait pas le seul facteur affectant le dérangement, les perturbations du sommeil et les impacts sur la qualité de vie, le bien-être ou la santé mentale. En effet, plusieurs autres facteurs non acoustiques (personnels, sociaux ou d'autre nature) modifieraient la perception qu'ont les populations avoisinantes des bruits produits par les éoliennes. Parmi ces facteurs, les plus importants ou récurrents semblent être la sensibilité au bruit, l'attitude à l'égard des éoliennes, l'impact visuel des éoliennes et la réception d'un bénéfice financier direct.

À partir de ces résultats, il ne semble pas possible d'établir une distance séparatrice uniforme pour l'ensemble des projets de parcs éoliens. En effet, même pour des niveaux d'exposition comparables, il semble y avoir une grande variabilité dans la proportion de personnes fortement dérangées par le bruit, notamment en raison de l'influence des facteurs non acoustiques. Les niveaux d'exposition au bruit sont eux-mêmes influencés par les caractéristiques techniques des éoliennes, qui varient d'un parc éolien à l'autre (p. ex. : nombre d'éoliennes, puissance des éoliennes). Face à une telle situation, il semble préférable d'identifier la distance séparatrice jugée acceptable pour un projet en fonction des niveaux de bruit émis et d'une analyse des facteurs non acoustiques qui pourraient moduler la perception de la population.

Informations à acquérir pour caractériser le risque

L'effet et l'importance relative des facteurs non acoustiques nécessitent davantage d'études afin de mieux comprendre l'importance relative de ces facteurs en fonction du contexte propre à chaque projet. De telles études pourraient permettre une meilleure quantification du dérangement en fonction du niveau de bruit des éoliennes et réduire l'incertitude quant aux effets potentiels de perturbations du sommeil ou sur la qualité de vie, le bien-être et la santé mentale. Par ailleurs, la prise en compte des différents facteurs non acoustiques devrait être davantage uniformisée pour augmenter la comparabilité entre les résultats des études.

Pratiques, interventions ou politiques reconnues comme efficaces ou prometteuses

Certaines des publications retenues discutent ou recommandent des PIPREP en lien avec le dérangement associé au bruit des éoliennes. Notamment, la prise en compte des particularités régionales propres à chaque communauté serait importante dans la planification de parcs éoliens (Hongisto *et al.*, 2017; Janssen *et al.*, 2011; Kuwano *et al.*, 2014; Michaud *et al.*, 2016b). Par conséquent, une définition plus holistique du dérangement, qui prend notamment en compte plusieurs facteurs non acoustiques, serait à préconiser (Haac *et al.*, 2019; Michaud *et al.*, 2018). Enfin, l'information et la participation du public lors de la planification de parcs éoliens permettraient de réduire le dérangement (Hongisto *et al.*, 2017; Qu et Tsuchiya, 2021; Radun *et al.*, 2019).

Références

- Bakker, R. H., Pedersen, E., Berg, G. P. van den, Stewart, R. E., Lok, W. et Bouma, J. (2012). Impact of wind turbine sound on annoyance, self-reported sleep disturbance and psychological distress. *Science of the Total Environment*, 425, 42-51. global health. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.005>
- Brauner, E. V., Jorgensen, J. T., Duun-Henriksen, A. K., Backalarz, C., Laursen, J. E., Pedersen, T. H., ... Andersen, Z. J. (2018). Long-term wind turbine noise exposure and incidence of myocardial infarction in the Danish nurse cohort. *Environment International*, 121(Part 1), 794-802.
- Brauner, E. V., Jorgensen, J. T., Duun-Henriksen, A. K., Backalarz, C., Laursen, J. E., Pedersen, T. H., ... Andersen, Z. J. (2019a). Association between long-term exposure to wind turbine noise and the risk of stroke : Data from the Danish Nurse Cohort. *Journal of the American Heart Association*, 8(14), e013157.
- Brauner, E. V., Jorgensen, J. T., Duun-Henriksen, A. K., Backalarz, C., Laursen, J. E., Pedersen, T. H., ... Andersen, Z. J. (2019b). Long-term wind turbine noise exposure and the risk of incident atrial fibrillation in the Danish Nurse Cohort. *Environment International*, 130, 104915. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104915>
- Brisson, G., Gervais, M.-C., Martin, R., Blackburn, D., Chagnon, M., Martel, K., ... Tardif, I. (2013). *Éoliennes et santé publique : synthèse des connaissances – Mise à jour*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/1633>
- Feder, K., Michaud, D. S., Keith, S. E., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., ... Berg, F. van den. (2015). An assessment of quality of life using the WHOQOL-BREF among participants living in the vicinity of wind turbines. *Environmental Research*, 142, 227-238. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.06.043>
- Gaßner, L., Blumendeller, E., Müller, F. J. Y., Wigger, M., Rettenmeier, A., Cheng, P. W., ... Pohl, J. (2022). Joint analysis of resident complaints, meteorological, acoustic, and ground motion data to establish a robust annoyance evaluation of wind turbine emissions. *Renewable Energy : An International Journal*, 188, 1072-1093. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.02.081>
- Gauthier, M. et Potvin, S. (2023). *Effets sur la santé liés au bruit des éoliennes : dérangement et perturbations du sommeil*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/3296>
- Haac, T. R., Kaliski, K., Landis, M., Hoen, B., Rand, J., Firestone, J., ... Pohl, J. (2019). Wind turbine audibility and noise annoyance in a national U.S. survey : Individual perception and influencing factors. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 146(2), 1124. <https://doi.org/10.1121/1.5121309>
- Hansen, K. L., Nguyen, P., Micic, G., Lechat, B., Catcheside, P. et Zajamsek, B. (2021). Amplitude modulated wind farm noise relationship with annoyance : A year-long field study. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 150(2), 1198. <https://doi.org/10.1121/10.0005849>
- Hongisto, V., Oliva, D. et Keranen, J. (2017). Indoor noise annoyance due to 3-5 megawatt wind turbines – An exposure-response relationship. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 142(4), 2185. <https://doi.org/10.1121/1.5006903>

- Institut de la statistique du Québec. (2023). *Enquête québécoise sur la santé de la population, 2020-2021*. <https://statistique.quebec.ca/fr/document/enquete-quebecoise-sur-la-sante-de-la-population-2020-2021>
- Janssen, S. A., Vos, H., Eisses, A. R. et Pedersen, E. (2011). A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(6), 3746-3753.
- Kuwano, S., Yano, T., Kageyama, T., Sueoka, S. et Tachibana, H. (2014). Social survey on wind turbine noise in Japan. *Noise Control Engineering Journal*, 62(6), 503-520. <https://doi.org/10.3397/1/376246>
- Lebel, G., Martin, R. et Dubé, M. (2019). *La perturbation du sommeil et le dérangement associés au bruit environnemental dans la population québécoise en 2014-2015*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/2515>
- Martin, R., Deshaies, P. et Poulin, M. (2015). *Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/2048>
- Martin, R. et Gauthier, M. (2018). *Meilleures pratiques d'aménagement pour prévenir les effets du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/2450>
- Michaud, D. S., Feder, K., Keith, S. E., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., ... van den Berg, F. (2016a). Self-reported and measured stress related responses associated with exposure to wind turbine noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3), 1467-1479. <https://doi.org/10.1121/1.4942402>
- Michaud, D. S., Feder, K., Keith, S. E., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., ... van den Berg, F. (2016b). Exposure to wind turbine noise : Perceptual responses and reported health effects. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3), 1443-1454. <https://doi.org/10.1121/1.4942391>
- Michaud, D. S., Feder, K., Keith, S. E., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., ... Bower, T. (2016c). Effects of wind turbine noise on self-reported and objective measures of sleep. *Sleep: Journal of Sleep and Sleep Disorders Research*, 39(1), 97-109. <https://doi.org/10.5665/sleep.5326>
- Michaud, D. S., Keith, S. E., Feder, K., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., ... van den Berg, F. (2016d). Personal and situational variables associated with wind turbine noise annoyance. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3), 1455-1466. <https://doi.org/10.1121/1.4942390>
- Michaud, D. S., Keith, S. E., Guay, M., Voicescu, S., Denning, A. et McNamee, J. P. (2021). Sleep actigraphy time-synchronized with wind turbine output. *Sleep: Journal of Sleep and Sleep Disorders Research*, 44(9), 1-12. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsab070>
- Michaud, D. S., Marro, L. et McNamee, J. (2018). Derivation and application of a composite annoyance reaction construct based on multiple wind turbine features. *Canadian Journal of Public Health*, 109(2), 242-251. <https://doi.org/10.17269/s41997-018-0040-y>

- Pawlaczyk-Luszczynska, M., Dudarewicz, A., Zaborowski, K., Zamojska-Daniszewska, M. et Waszkowska, M. (2014). Evaluation of annoyance from the wind turbine noise : A pilot study. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 27(3), 364-388. <https://doi.org/10.2478/s13382-014-0252-1>
- Pawlaczyk-Luszczynska, M., Zaborowski, K., Dudarewicz, A., Zamojska-Daniszewska, M. et Waszkowska, M. (2018). Response to noise emitted by wind farms in people living in nearby areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8), 1575. <https://doi.org/10.3390/ijerph15081575>
- Pedersen, E. (2011a). Health aspects associated with wind turbine noise – Results from three field studies. *Noise Control Engineering Journal*, 59(1), 11-1. <https://doi.org/10.3397/1.3533898>
- Pedersen, E. (2011b). Health aspects associated with wind turbine noise – Results from three field studies. *Noise Control Engineering Journal*, 59. <https://doi.org/10.3397/1.3533898>
- Pedersen, E. et Persson Waye, K. (2004). Perception and annoyance due to wind turbine noise – A dose–response relationship. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(6), 3460-3470. <https://doi.org/10.1121/1.1815091>
- Pedersen, E. et Persson Waye, K. (2007). Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments. *Occupational and Environmental Medicine*, 64(7), 480-486. <https://doi.org/10.1136/oem.2006.031039>
- Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Pena, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M. ... Sorensen, M. (2018a). Long-term exposure to wind turbine noise and redemption of antihypertensive medication : A nationwide cohort study. *Environment International*, 121(Part 1), 207-215. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.054>
- Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Pena, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., ... Sorensen, M. (2018b). Long-term exposure to wind turbine noise at night and risk for diabetes : A nationwide cohort study. *Environmental Research*, 165, 40-45. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.03.040>
- Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Pena, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., ... Sorensen, M. (2018c). Pregnancy exposure to wind turbine noise and adverse birth outcomes : A nationwide cohort study. *Environmental Research*, 167, 770-775. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.09.011>
- Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Pena, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., ... Sorensen, M. (2018d). Short-term nighttime wind turbine noise and cardiovascular events : A nationwide case-crossover study from Denmark. *Environment International*, 114, 160-166. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.02.030>
- Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Pena, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., ... Sorensen, M. (2019a). Impact of long-term exposure to wind turbine noise on redemption of sleep medication and antidepressants : A nationwide cohort study. *Environmental Health Perspectives*, 127(3), EHP3909. <https://doi.org/10.1289/ehp3909>

- Organisation mondiale de la Santé – Qualité de vie. (1996). Quelle qualité de vie ? *Forum mondial de la Santé*, 17(4), 384-386. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/54757>
- Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Pena, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., ... Sorensen, M. (2019b). Long-term exposure to wind turbine noise and risk for myocardial infarction and stroke : A nationwide cohort study. *Environmental Health Perspectives*, 127(3), EHP3340. <https://doi.org/10.1289/ehp3340>
- Qu, F. et Tsuchiya, A. (2021). Perceptions of wind turbine noise and self-reported health in suburban residential areas. *Frontiers in psychology*, 12, 736231. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.736231>
- Radun, J., Hongisto, V. et Suokas, M. (2019). Variables associated with wind turbine noise annoyance and sleep disturbance. *Building & Environment*, 150, 339-348. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.039>
- Schäffer, B., Pieren, R., Schlittmeier, S. J. et Brink, M. (2018). Effects of different spectral shapes and amplitude modulation of broadband noise on annoyance reactions in a controlled listening experiment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(5), 1029. <https://doi.org/10.3390/ijerph15051029>
- van den Berg, F. (2008). Criteria for wind farm noise : Lmax and Lden. In *Proceedings of Acoustics* (p. 4043-4048).
- van Kamp, I. et van den Berg, F. (2021). Health effects related to wind turbine sound : An update. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9133. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179133>
- World Health Organization. (2009). *Night noise guidelines for Europe*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/326486>
- World Health Organization. (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. <https://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>

3.5 Ombres mouvantes

À proximité d'une éolienne en phase d'exploitation, l'intensité lumineuse du soleil peut parfois varier de manière périodique lorsque les pales en rotation bloquent la lumière du soleil. Ce phénomène d'ombres mouvantes est aussi appelé « effet stroboscopique ». L'étendue de la zone d'exposition aux ombres mouvantes et l'amplitude de la variation de l'intensité lumineuse dépendent de plusieurs paramètres, notamment : la distance entre les éoliennes et les sites exposés, la topographie, la taille des éoliennes et la position du soleil dans le ciel.

3.5.1 Constats de 2013

La mise à jour de la littérature de Brisson *et al.* (2013) n'avait pas recensé de publication rapportant de risque en raison des ombres mouvantes pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible⁵². Brisson *et al.* (2013) avaient rapporté qu'un tel risque ne devrait pas être présent pour les fréquences de variation de l'intensité lumineuse produites par les éoliennes. En ce qui a trait au dérangement associé aux ombres mouvantes, les connaissances disponibles quant aux seuils d'exposition ou aux critères à appliquer étaient limitées. Les auteurs et autrices avaient cependant conclu que les ombres mouvantes pouvaient constituer une nuisance. Brisson *et al.* (2013) avaient également rapporté que le phénomène des ombres mouvantes pouvait être modélisé et que les valeurs guides de distances séparatrices utilisées par certains pays ne semblaient pas être basées sur des données probantes.

3.5.2 Résultats de la recension 2023

Sept publications scientifiques originales et trois revues de la littérature ont été recensées. Le risque pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible n'est abordé dans aucune publication scientifique originale, mais est analysé dans les trois revues de la littérature. Les sept publications scientifiques originales et les trois revues de la littérature traitent du dérangement⁵³. Une publication scientifique originale et une revue de la littérature traitent de la qualité de vie.

Les publications recensées portent exclusivement sur des parcs éoliens terrestres en phase d'exploitation. Les publications scientifiques originales tirent leurs données de trois études distinctes : l'EBAS de Santé Canada (Feder *et al.*, 2015; Michaud *et al.*, 2016a, 2016b, 2018; Voicescu *et al.*, 2016), une étude en Pologne (Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014) et une étude en Allemagne (Pohl *et al.*, 2012). Les revues de la littérature recensées analysent la littérature scientifique jusqu'à une partie de l'année 2017 (Freiberg *et al.*, 2019a, 2019b; Knopper *et al.*, 2014).

⁵² Pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible, une fluctuation périodique de l'intensité lumineuse au niveau de la rétine peut déclencher des crises (Smedley *et al.*, 2010).

⁵³ Le dérangement est une issue de santé qui repose généralement sur des perturbations répétées par une activité ou une personne qui génèrent une réponse négative au plan émotionnel (par exemple, de la colère) et cognitif (par exemple, ressentir de l'impuissance face à la source) (Martin *et al.*, 2015; World Health Organization, 2018).

Parcs éoliens terrestres

EXPLOITATION

Risque pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible

Pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible, les revues de la littérature recensées notent l'absence d'études originales et concluent toutes à un faible risque théorique en lien avec l'exposition aux ombres mouvantes des éoliennes (Freiberg *et al.*, 2019a, 2019b; Knopper *et al.*, 2014). Leurs analyses, basées sur la faible fréquence de variation de l'intensité lumineuse par rapport au seuil d'effet rapporté, sont appuyées sur la même littérature scientifique que celle citée par Brisson *et al.* (2013).

Pour minimiser ce risque, des auteurs et autrice suggèrent certaines PIPREP, notamment : l'utilisation de pales à brillance réduite et peu réfléchissantes, la mise en place de dispositions assurant que l'ombre d'une éolienne n'atteigne pas celle d'une autre éolienne et l'adoption d'un processus d'évaluation transparent qui implique l'ensemble des parties prenantes dès la planification (Freiberg *et al.*, 2019a, 2019b).

Dérangement

Les publications scientifiques originales recensées fournissent des données quantitatives sur la prévalence du dérangement associé aux ombres mouvantes en utilisant une méthode similaire à la quantification du dérangement associé au bruit environnemental (Feder *et al.*, 2015; Michaud *et al.*, 2016a, 2016b, 2018; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014; Pohl *et al.*, 2012; Voicescu *et al.*, 2016). Dans l'ensemble, ces publications montrent que les personnes plus exposées aux ombres mouvantes rapportent être dérangées ou fortement dérangées dans une plus grande proportion que les personnes moins exposées.

La publication de Voicescu *et al.* (2016) est la seule étude recensée ayant quantifié l'exposition aux ombres mouvantes au moyen d'indicateurs calculés selon une modélisation. Les auteurs et autrices montrent une relation dose-réponse statistiquement significative entre l'indicateur du « nombre maximal de minutes [d'exposition] par jour » (OM_m)⁵⁴ et le fait de rapporter un fort dérangement associé aux ombres mouvantes ou les réflexions sur les pales des éoliennes ($p < 0,0001$). L'association observée est cependant faible ($R^2 = 11 \%$). Voicescu *et al.* (2016) rapportent la prévalence du fort dérangement associé aux ombres mouvantes ou les réflexions sur les pales des éoliennes, qui varie de 3,8 % pour OM_m [0, 10] à 21,1 % pour OM_m [30 et plus]. Les autres études recensées quantifient l'exposition aux ombres mouvantes par une variable de substitution (proxy). Michaud *et al.* (2016b) et Michaud *et al.* (2016a) rapportent une association statistiquement significative ($p < 0,0001$) entre la prévalence du fort dérangement associé aux

⁵⁴ *Maximum minutes per day at the dwelling window.* Voicescu *et al.* (2016) rapportent les résultats de plusieurs indicateurs de l'exposition aux ombres mouvantes (heures par année, jours par année, nombre maximal de minutes par jour) estimés par une modélisation considérant l'ensemble des éoliennes à moins de 2 km et la topographie locale. Cette estimation n'utilise cependant pas de données météorologiques ou d'information sur les conditions d'exploitation réelles. Ils rapportent que l'indicateur du « nombre maximal de minutes par jour » (OM_m) s'est avéré celui montrant l'association la plus forte avec le fait de rapporter un fort dérangement.

ombres mouvantes ou les réflexions sur les pales des éoliennes qui varie selon la catégorie d'exposition au bruit (0,0 % pour < 25 dBA à 15,5 % pour [40–46] dBA). Pawlaczyk-Łuszczynska *et al.* (2014) utilisent une définition plus large du dérangement⁵⁵ et rapportent une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) de la prévalence du dérangement (avec IC à 95 %) en fonction de la catégorie de distance entre la résidence et l'éolienne la plus proche : 28,1 % (19,8–37,5) pour 400 à 800 m et 11,6 % (2,3–20,9) pour 800 à 1 200 m⁵⁶. Enfin, Pohl, Hubner et Mohs (2012) évaluent aussi quantitativement le dérangement associé aux ombres mouvantes ou aux réflexions sur les pales des éoliennes (résultats non présentés⁵⁷).

Selon l'étude exploratoire de Michaud *et al.* (2018), le dérangement associé aux ombres mouvantes ou aux réflexions sur les pales permettrait d'expliquer une proportion du dérangement global similaire à d'autres caractéristiques des éoliennes, supportant l'idée que ce dérangement est un enjeu de santé au même titre que celui associé au bruit environnemental ou à d'autres caractéristiques des éoliennes (les lumières clignotantes et l'impact visuel).

Les revues de la littérature retenues identifient essentiellement les mêmes publications scientifiques originales que la présente recension⁵⁸, mais tiennent parfois compte de publications qui ne répondaient pas aux critères d'inclusion de la présente recension⁵⁹ (Freiberg *et al.*, 2019a, 2019b; Knopper *et al.*, 2014). La prévalence des personnes rapportant un fort dérangement serait de 6 % (IC à 95 % de 3–11 %) ⁶⁰ (Freiberg *et al.*, 2019b), tandis que la prévalence des personnes rapportant un dérangement modéré ou fort se situerait entre 7,8 % et 31 % (Freiberg *et al.*, 2019a). Ces revues de la littérature rapportent aussi la relation dose-réponse entre le fort dérangement et l'indicateur de l'exposition aux ombres mouvantes identifié par Voicescu *et al.* (2016), de même que l'association de ce type de dérangement à plusieurs autres facteurs (Freiberg *et al.*, 2019a, 2019b).

Comme pour le dérangement associé au bruit environnemental (Martin *et al.*, 2015), le dérangement associé aux ombres mouvantes ou aux réflexions sur les pales des éoliennes a aussi été analysé en fonction de plusieurs autres facteurs qui ne sont pas directement liés à l'exposition (facteurs sociodémographiques, facteurs liés à la présence des éoliennes, facteurs

⁵⁵ Pawlaczyk-Łuszczynska *et al.* (2014) rapportent la prévalence des personnes modérément ou fortement dérangées, qui est généralement plus élevée que la prévalence des personnes fortement dérangées.

⁵⁶ Les données pour les catégories de distance plus élevées ou plus petites (< 400 m et > 1 200 m) ne sont pas présentées par les auteurs et autrices, possiblement en raison du très faible nombre de participants et participantes dans ces catégories (Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014). Les auteurs et autrices analysent aussi la prévalence du dérangement en fonction des catégories d'exposition au bruit (résultats non présentés).

⁵⁷ Même si les résultats de cette étude supportent l'existence d'un enjeu lié aux ombres mouvantes, l'indicateur retenu est d'une utilité limitée et difficilement comparable aux résultats des autres études.

⁵⁸ La revue systématique de la littérature de Knopper *et al.* (2014) a recensé six publications antérieures à avril 2014. Elle apporte donc peu de nouvelles informations par rapport à la recension de Brisson *et al.* (2013). La revue de type examen de la portée de Freiberg *et al.* (2019a) a relevé 13 documents publiés entre 2000 et 2017, tandis que la revue systématique de Freiberg *et al.* (2019b) relève 11 documents publiés avant le 12 septembre 2017.

⁵⁹ Par exemple : les études expérimentales, les études exclues en raison d'un risque de biais, les études exclues en raison d'inquiétudes sur l'applicabilité au contexte québécois, etc.

⁶⁰ Analyse groupée de trois études dont l'hétérogénéité est élevée (Freiberg *et al.*, 2019b).

liés au fonctionnement des éoliennes, etc.). Voicescu *et al.* (2016) rapportent que l'inclusion de ce type de variables additionnelles dans leur modèle de régression multiple augmente la corrélation et permet d'expliquer une partie plus importante du dérangement rapporté. L'ajout d'une variable associée au dérangement causé par les lumières clignotantes installées sur les éoliennes aurait l'impact le plus important (R^2 passant de 11 % à 42 %), tandis que l'ajout de variables additionnelles⁶¹ aurait un impact plus limité (R^2 passant de 42 % à 53 %). Ces résultats doivent cependant être interprétés avec prudence, puisqu'ils ne proviennent que d'une seule étude.

La portée et la force des conclusions qui peuvent être tirées quant au dérangement associé aux ombres mouvantes sont limitées par le faible nombre d'études, le faible nombre de participantes et participants fortement exposés aux ombres mouvantes dans les études, la variabilité dans les méthodes de caractérisation du dérangement et la variabilité dans les méthodes de caractérisation de l'exposition. Voicescu *et al.* (2016) notent d'ailleurs les besoins de recherches additionnelles afin d'améliorer la formulation des questions utilisées pour mesurer le dérangement associé aux ombres mouvantes et améliorer les indicateurs de l'exposition. Par ailleurs, Michaud *et al.* (2016a) notent les besoins de recherches additionnelles à propos de l'étude des facteurs qui influencent les effets sur la santé rapportés pour des niveaux d'exposition comparables.

Malgré ces limites, certaines des publications retenues discutent ou recommandent des PIPREP en lien avec le dérangement associé aux ombres mouvantes. Les mesures les plus prometteuses peuvent être mises en place en amont des projets : l'adoption d'un processus d'évaluation transparent qui implique l'ensemble des parties prenantes dès la planification (Freiberg *et al.*, 2019a, 2019b), l'utilisation de pales à brillance réduite et peu réfléchissantes (Freiberg *et al.*, 2019a, 2019b), l'utilisation de simulations pour estimer l'exposition aux ombres mouvantes (Voicescu *et al.*, 2016) et la prise en compte de facteurs additionnels dans l'analyse des effets sur la santé des ombres (Voicescu *et al.*, 2016).

Qualité de vie

Une publication scientifique originale (Feder *et al.*, 2015) et une revue de la littérature (Freiberg *et al.*, 2019a) analysent l'impact potentiel des ombres mouvantes sur la qualité de vie. Ces publications ne semblent pas montrer d'effet néfaste important sur la qualité de vie, mais étant donné le petit nombre d'études disponibles, il n'est pas possible de conclure de manière définitive à la présence ou à l'absence d'un tel effet.

Feder *et al.* (2015) indiquent que le fait de rapporter un fort dérangement associé aux ombres mouvantes ou aux réflexions sur les pales des éoliennes n'est associé que faiblement ($p = 0,0916$) au domaine de l'environnement du questionnaire WHOQOL-BREF utilisé pour

⁶¹ Variables liées au dérangement associé au bruit des éoliennes à l'extérieur des résidences, au dérangement associé à l'impact visuel (*visual aspect of WTs*), aux inquiétudes par rapport à la sécurité physique, à l'audibilité des éoliennes et au dérangement associé aux vibrations (Voicescu *et al.*, 2016).

évaluer la qualité de vie⁶². La revue de la littérature de Freiberg *et al.* (2019a) rapportent les résultats d'une étude dans laquelle les riverains et riveraines qui déclareraient que certaines caractéristiques des éoliennes (incluant les ombres mouvantes) troublent leur intimité (*disturbed their privacy*) percevraient la présence des éoliennes comme une intrusion de leurs espaces de vie (*intrusion of their recreational areas and houses*) et rapporteraient notamment une diminution de leur bien-être et de leur qualité de vie (*loss of well-being and quality of life*).

3.5.3 Synthèse des résultats

Parmi les sept publications scientifiques originales et les trois revues de la littérature recensées, aucune n'a rapporté de risque en raison des ombres mouvantes ou des réflexions sur les pales pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible. Comme pour Brisson *et al.* (2013), les revues de la littérature recensées concluent qu'un tel risque ne devrait pas être présent lorsque la variation de l'intensité lumineuse est plus petite que le seuil d'effet rapporté dans la littérature scientifique (Freiberg *et al.*, 2019a, 2019b; Knopper *et al.*, 2014).

Les résultats de la présente recension amènent de nouvelles connaissances à propos du dérangement associé aux ombres mouvantes ou aux réflexions sur les pales. La prévalence du dérangement varierait en fonction de plusieurs paramètres, mais les études disponibles montrent que les personnes plus exposées aux ombres mouvantes rapportent être dérangées ou fortement dérangées dans une plus grande proportion que les personnes moins exposées (Freiberg *et al.*, 2019a, 2019b; Michaud *et al.*, 2018; Pawlaczyk-Luszczynska *et al.*, 2014; Pohl *et al.*, 2012; Voicescu *et al.*, 2016). Dans les catégories d'exposition les plus élevées, entre 15,5 et 21,1 % des personnes rapportent être fortement dérangées (Michaud *et al.*, 2016a; Voicescu *et al.*, 2016). Ces nouvelles données permettent d'établir que, comme pour le bruit, les ombres mouvantes ou les réflexions sur les pales peuvent être une source de dérangement pour les personnes exposées et que cet enjeu doit être considéré. Une étude recensée soulève la possibilité que, comme pour dérangement associé au bruit, le dérangement associé aux ombres mouvantes puisse être influencé par plusieurs facteurs qui ne sont pas directement liés à l'exposition (Voicescu *et al.*, 2016).

Les données disponibles ne permettent cependant pas d'établir une courbe dose-réponse ou d'identifier une limite d'exposition protectrice. Selon le niveau d'exposition, la prévalence du fort dérangement associé aux ombres mouvantes pourrait toutefois dépasser 10 %, soit la proportion maximale retenue par l'OMS pour protéger la santé dans le cas du fort dérangement associé au bruit environnemental (WHO, 2018). Pour minimiser le dérangement, il serait donc nécessaire de traiter l'exposition aux ombres mouvantes comme une contrainte de localisation additionnelle qui pourrait influencer la distance séparatrice jugée acceptable pour une population donnée.

⁶² La variable du fort dérangement associé aux ombres mouvantes ou aux réflexions sur les pales des éoliennes n'était pas retenue dans l'analyse de régression multiple pour les autres domaines du WHOQOL-BREF (santé physique, santé mentale et relations sociales) ou dans les modèles de régressions logistiques développés pour la question sur la qualité de vie et celle sur la satisfaction par rapport à l'état de santé ($p \geq 0,10$).

Quant à un effet sur la qualité de vie associé à l'exposition aux ombres mouvantes, la publication scientifique originale recensée ne suggère pas d'effet (Feder *et al.*, 2015), mais il n'y a pas assez de données disponibles pour conclure de manière définitive à la présence ou à l'absence d'un effet.

Informations à acquérir pour caractériser le risque

Dans l'ensemble, le nombre d'études disponibles demeure faible et ne permet pas d'établir de seuil d'exposition ou de critère à appliquer pour minimiser le dérangement associé aux ombres mouvantes. En particulier, il est encore nécessaire de développer des connaissances quant à la manière de mesurer les effets sur la santé et la manière d'évaluer l'exposition aux ombres mouvantes pour être en mesure de mieux caractériser et atténuer les risques associés (Voicescu *et al.*, 2016). Des recherches additionnelles à propos de facteurs des effets sur la santé des ombres mouvantes sont aussi nécessaires (Michaud *et al.*, 2016a).

Pratiques, interventions ou politiques reconnues comme efficaces ou prometteuses

Pour minimiser le risque pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible, des mesures telles que l'utilisation de pales à brillance réduite et peu réfléchissantes ainsi que la mise en place de dispositions assurant que l'ombre d'une éolienne n'atteigne pas celle d'une autre éolienne sont recommandées par certains auteurs et autrices (Freiberg *et al.*, 2019a, 2019b).

En ce qui a trait au dérangement associé aux ombres mouvantes, les publications retenues suggèrent la mise en place de certaines mesures en amont des projets : l'adoption d'un processus d'évaluation transparent qui implique l'ensemble des parties prenantes dès la planification (Freiberg *et al.*, 2019a, 2019b), l'utilisation de pales à brillance réduite et peu réfléchissantes (Freiberg *et al.*, 2019a, 2019b), l'utilisation de simulations pour estimer l'exposition aux ombres mouvantes (Voicescu *et al.*, 2016) et la prise en compte de facteurs additionnels dans l'analyse des effets sur la santé des ombres mouvantes (Voicescu *et al.*, 2016).

Références

- Brisson, G., Gervais, M.-C., Martin, R., Blackburn, D., Chagnon, M., Martel, K., ... Tardif, I. (2013). *Éoliennes et santé publique : synthèse des connaissances – Mise à jour*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/1633>
- Feder, K., Michaud, D. S., Keith, S. E., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., ... Berg, F. van den. (2015). An assessment of quality of life using the WHOQOL-BREF among participants living in the vicinity of wind turbines. *Environmental Research*, 142, 227-238. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.06.043>
- Freiberg, A., Schefter, C., Girbig, M., Murta, V. C. et Seidler, A. (2019a). Health effects of wind turbines on humans in residential settings : Results of a scoping review. *Environmental research*, 169, 446-463.
- Freiberg, A., Schefter, C., Hegewald, J. et Seidler, A. (2019b). The influence of wind turbine visibility on the health of local residents : A systematic review. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 92(5), 609-628. <https://doi.org/10.1007/s00420-019-01403-w>
- Guski, R., Schreckenberger, D. et Schuemer, R. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region : A systematic review on environmental noise and annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), 1539. <https://doi.org/10.3390/ijerph14121539>
- Knopper, L. D., Ollson, C. A., McCallum, L. C., Whitfield Aslund, M. L., Berger, R. G., Souweine, K. et McDaniel, M. (2014). Wind turbines and human health. *Frontiers in public health*, 2, 63. medline. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00063>
- Martin, R., Deshaies, P. et Poulin, M. (2015). *Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/2048>
- Michaud, D. S., Feder, K., Keith, S. E., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., ... van den Berg, F. (2016a). Exposure to wind turbine noise : Perceptual responses and reported health effects. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3), 1443-1454. <https://doi.org/10.1121/1.4942391>
- Michaud, D. S., Keith, S. E., Feder, K., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., ... van den Berg, F. (2016b). Personal and situational variables associated with wind turbine noise annoyance. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3), 1455-1466. <https://doi.org/10.1121/1.4942390>
- Michaud, D. S., Marro, L. et McNamee, J. (2018). Derivation and application of a composite annoyance reaction construct based on multiple wind turbine features. *Canadian Journal of Public Health*, 109(2), 242-251. <https://doi.org/10.17269/s41997-018-0040-y>
- Pawlaczyk-Luszczynska, M., Dudarewicz, A., Zaborowski, K., Zamojska-Daniszewska, M. et Waszkowska, M. (2014). Evaluation of annoyance from the wind turbine noise : A pilot study. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 27(3), 364-388. <https://doi.org/10.2478/s13382-014-0252-1>
- Pohl, J., Hübner, G. et Mohs, A. (2012). Acceptance and stress effects of aircraft obstruction markings of wind turbines. *Energy Policy*, 50, 592-600. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.062>

Smedley, A. R. D., Webb, A. R. et Wilkins, A. J. (2010). Potential of wind turbines to elicit seizures under various meteorological conditions. *Epilepsia*, 51(7), 1146-1151. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2009.02402.x>

Voicescu, S. A., Michaud, D. S., Feder, K., Marro, L., Than, J., Guay, M., ... Lavigne, E. (2016). Estimating annoyance to calculated wind turbine shadow flicker is improved when variables associated with wind turbine noise exposure are considered. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3), 1480-1492. <https://doi.org/10.1121/1.4942403>

3.6 Champs électromagnétiques

Comme toute infrastructure produisant de l'électricité, les éoliennes et les installations électriques qui s'y rattachent génèrent des champs électriques et magnétiques. Les effets potentiels de ces champs sur la santé humaine ont fait l'objet de nombreuses études scientifiques et de débats publics, notamment en lien avec le risque de leucémie de l'enfant à proximité aux lignes à haute tension (MSSS, 2014). L'exposition aux champs électromagnétiques produits par les éoliennes ou leurs infrastructures électriques est donc parfois un enjeu pour une partie de la population.

3.6.1 Constats de 2013

La mise à jour de la littérature de Brisson *et al.* (2013) n'avait recensé aucune étude sur les effets à la santé des champs électromagnétiques produits par des éoliennes. Brisson *et al.* (2013) avaient rapporté que les niveaux des champs électriques et magnétiques étaient trop faibles pour entraîner des effets sur la santé. Le phénomène des tensions ou courants parasites était également mentionné : celui-ci touchait les animaux de ferme et il existait des mesures de correction simples et reconnues pour l'éliminer. Deux constats de Brisson *et al.* (2013) ont porté sur des questions pour lesquelles une part d'incertitude scientifique était toujours présente quant à l'existence d'un risque. La première portait sur l'observation d'une association entre l'exposition aux champs magnétiques des lignes électriques à haute tension et une faible hausse du risque de leucémie de l'enfant. La seconde portait sur la possibilité d'un dépassement des recommandations d'exposition aux champs électriques pour les porteurs d'un stimulateur cardiaque.

3.6.2 Résultats de la recension 2023

Pour la période couverte par la présente recension, aucune nouvelle étude scientifique originale portant sur les effets à la santé des champs électromagnétiques produits spécifiquement par les éoliennes n'a été répertoriée. Trois revues de la littérature qui incluaient une recherche de publications sur les effets potentiels des champs électromagnétiques sur la santé ont été répertoriées (Freiberg *et al.*, 2019; Knopper *et al.*, 2014; van Kamp et van den Berg, 2021)⁶³. Ensemble, ces revues ont analysé la littérature scientifique jusqu'à une partie de l'année 2020 et n'ont recensé aucun article original répondant aux critères d'inclusion de la présente recension.

Vu le manque de données probantes, deux articles originaux rapportant le niveau de champs électromagnétiques à proximité de parcs éoliens terrestres en phase d'exploitation ont été analysés, même s'ils ne répondent pas aux critères d'inclusion de la présente recension, puisqu'ils n'incluaient pas une évaluation d'effets sur la santé de populations exposées (Aris *et al.*, 2020; McCallum *et al.*, 2014). De plus, des recherches complémentaires ont permis de trouver deux résumés de congrès qui ne répondent pas aux critères d'inclusion de la présente recension

⁶³ Knopper *et al.* (2014) sont des consultants et consultantes ayant travaillé pour certains promoteurs de parcs éoliens.

– puisque l'exposition n'était pas associée à un projet ou à un parc éolien –, mais qui amènent des éléments de réponse quant aux risques de l'exposition aux champs électromagnétiques pour les porteurs de stimulateur cardiaque (Dyrda *et al.*, 2014, 2015). Aucune publication n'a été retenue pour la phase de construction ou de démantèlement.

Parcs éoliens terrestres

EXPLOITATION

Deux études exploratoires rapportent que la densité de flux magnétique à proximité des éoliennes est faible (0,09 à 0,12 μT) et retombe au niveau de fond (0,03 à 0,05 μT) à une distance de 2 à 4 m des éoliennes (Aris *et al.*, 2020; McCallum *et al.*, 2014)⁶⁴. Les éoliennes elles-mêmes seraient donc une source de champs magnétiques négligeable. Quant aux infrastructures électriques des éoliennes, McCallum *et al.* (2014) rapportent des niveaux de champs magnétiques similaires aux infrastructures électriques existantes (MSSS, 2014). Dans tous les cas, à ces niveaux, aucun effet néfaste sur la santé n'est démontré (MSSS, 2014).

Aucune étude recensée ne portait spécifiquement sur les risques des champs électromagnétiques produits par les éoliennes pour les personnes munies d'un stimulateur cardiaque. Cependant, deux études réalisées par Hydro-Québec en collaboration avec des chercheurs en cardiologie ont été publiées, sous forme de résumé de congrès, depuis la dernière mise à jour de la littérature de Brisson *et al.* (2013). Dyrda *et al.* (2014) rapportent l'analyse d'épisodes d'interférence électromagnétique chez certains patients et patientes portant un stimulateur cardiaque ou un défibrillateur automatique implantable. Très peu d'épisodes d'interférence électromagnétique auraient été observés et aucun cas d'interférence en lien avec un passage sous une ligne à très haute tension n'aurait été rapporté (Dyrda *et al.*, 2014). Dyrda *et al.* (2015) rapportent avoir exposé plusieurs modèles de stimulateurs cardiaques ou de défibrillateurs automatiques implantables à des niveaux de champs électriques allant jusqu'à 20 kV/m. Les auteurs et autrices concluent qu'il n'y aurait pas d'inquiétude pour les porteurs et porteuses de stimulateurs cardiaques configurés de manière standard (*nominal settings*) en mode bipolaire. Quant aux personnes portant un appareil en mode unipolaire ou un appareil configuré de manière sensible (*very sensitive settings*), celles-ci devraient suivre les conseils personnalisés de leur médecin, qui pourraient inclure d'éviter de rester sous des lignes à haute tension de plus de 230 kV (Dyrda *et al.*, 2015)⁶⁵.

⁶⁴ Les méthodes de mesures utilisées dans ces études comportent certains risques de biais, mais il n'est pas attendu que ceux-ci puissent avoir une influence sur les constats qui peuvent en être tirés. McCallum *et al.* sont des consultants et consultantes ayant travaillé pour certains promoteurs de parcs éoliens (2014).

⁶⁵ Les personnes exposées en milieu de travail devraient également suivre les conseils personnalisés de leur médecin (Dyrda *et al.*, 2015).

3.6.3 Synthèse des résultats

Aucune nouvelle étude originale sur les effets à la santé liés aux champs électromagnétiques produits spécifiquement par les éoliennes n'a été répertoriée lors de la présente recension ou dans les trois revues de la littérature retenues (Freiberg *et al.*, 2019; Knopper *et al.*, 2014; van Kamp et van den Berg, 2021).

Les éoliennes produiraient de faibles niveaux de champs magnétiques, qui sont similaires à ceux présents en milieu résidentiel (Aris *et al.*, 2020; McCallum *et al.*, 2014). Les niveaux rapportés sont largement en dessous des valeurs limites recommandées par les organisations de santé reconnues (MSSS, 2014). Ils ne semblent donc pas être en mesure d'entraîner d'effets néfastes sur la santé, comme le rapportaient d'ailleurs Brisson *et al.* (2013).

Quant aux personnes porteuses de stimulateurs cardiaques, il n'y aurait pas de risque important pour le public lorsque ces appareils sont configurés de manière standard (*nominal settings*) en mode bipolaire (Dyrda *et al.*, 2014, 2015). Les personnes porteuses d'un appareil en mode unipolaire et celles ayant un appareil configuré de manière sensible (*very sensitive settings*) devraient suivre les conseils personnalisés de leur médecin, qui pourraient inclure d'éviter de rester sous des lignes à haute tension de plus de 230 kV (Dyrda *et al.*, 2015).

La question des tensions ou courants parasites ne faisait pas partie du présent mandat. Ce risque n'est pas propre aux infrastructures électriques des éoliennes. Les constats de Brisson *et al.* (2013) semblent toujours valides : des « [...] mesures simples et reconnues permettent de contrôler ces situations » et aucun « [...] effet néfaste sur la santé des humains n'a été démontré jusqu'à maintenant [...] ».

L'évaluation du risque de leucémie de l'enfant en lien avec l'exposition aux champs magnétiques d'extrêmement basses fréquences ne faisait également pas partie du présent mandat et n'est pas davantage propre aux infrastructures électriques des éoliennes. La conclusion de la *Position des autorités de santé publique sur la gestion des champs magnétiques émis par les lignes électriques* semble toutefois toujours valide : « [...] l'évaluation de l'ensemble des éléments de preuves ne permet pas de conclure qu'il y a présence d'effets néfastes sur la santé à la suite d'une exposition au [champ magnétique d'extrêmement basses fréquences] à des niveaux d'intensité habituellement présents dans l'environnement » (MSSS, 2014).

À la lumière des résultats de la présente recension, il n'apparaît pas pertinent de poursuivre l'évaluation des effets potentiels des champs électromagnétiques émis spécifiquement par les parcs éoliens.

Références

- Aris, A., Yiannis, K., Charilaos, T., Alkhorayef, M., Sulieman, A., Ioannis, T., ... Constantin, K. (2020). Extremely low frequency electromagnetic field exposure measurement in the vicinity of wind turbines. *Radiation Protection Dosimetry*, 189(3), 395-400. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncaa053>
- Brisson, G., Gervais, M.-C., Martin, R., Blackburn, D., Chagnon, M., Martel, K., ... Tardif, I. (2013). *Éoliennes et santé publique : synthèse des connaissances – Mise à jour*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/1633>
- Dyrda, K., Nguyen, D. H., Thibault, B., Khairy, P., Venier, S., Talajic, M., ... Ostiguy, G. (2015). Interference resistance of pacemakers and defibrillators to 60 Hz electric fields. *Canadian Journal of Cardiology*, 31, S233-S234. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2015.07.493>
- Dyrda, K., Ostiguy, G., Plante, M., Goulet, D., Andrade, J., Dubuc, ... Thibault, B. (2014). Results from the pacemaker and defibrillator electromagnetic interference registry (P-DIEM). *Canadian Journal of Cardiology*, 30, S297. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2014.07.530>
- Freiberg, A., Schefter, C., Girbig, M., Murta, V. C. et Seidler, A. (2019). Health effects of wind turbines on humans in residential settings : Results of a scoping review. *Environmental research*, 169, 446-463.
- Knopper, L. D., Ollson, C. A., McCallum, L. C., Whitfield Aslund, M. L., Berger, R. G., Souweine, K. et McDaniel, M. (2014). Wind turbines and human health. *Frontiers in public health*, 2, 63. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00063>
- McCallum, L. C., Whitfield Aslund, M. L., Knopper, L. D., Ferguson, G. M. et Ollson, C. A. (2014). Measuring electromagnetic fields (EMF) around wind turbines in Canada : Is there a human health concern? *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 13(1), 9. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-13-9>
- Ministère de la Santé et des Services sociaux. (2014). *Position des autorités de santé publique sur la gestion des champs magnétiques émis par les lignes électriques*. <https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2014/14-208-01W.pdf>
- van Kamp, I. et van den Berg, F. (2021). Health effects related to wind turbine sound : An update. *International journal of environmental research and public health*, 18(17), 9133.

3.7 Santé et sécurité au travail

3.7.1 Constats de 2013

Les constats de 2013 portaient à la fois sur la sécurité des travailleurs et travailleuses et sur la population avoisinante durant l'installation et l'exploitation d'un parc éolien. Ils ne suggéraient alors la présence d'aucun risque majeur spécifiquement relié aux éoliennes (Brisson *et al.*, 2013). Les blessures ou les décès étaient peu fréquents et touchaient généralement des travailleurs et travailleuses durant la phase de construction et l'entretien. Au même titre que d'autres installations industrielles, Brisson *et al.* (2013) rapportaient que certaines activités pouvaient entraîner des situations mettant en cause la sécurité des personnes. Également, ils ajoutaient que les éoliennes étaient munies de plusieurs systèmes permettant de réduire le risque de mauvais fonctionnement.

3.7.2 Résultats de la recension 2023

La présente recension des écrits sur la santé et sécurité au travail a mis au jour de nouvelles études scientifiques qui confirment ou apportent des nuances quant aux effets sur la santé recensés en 2013. L'ajout des parcs éoliens marins à l'étude a également permis de repérer des résultats spécifiques à ce type d'installation et de bonifier certains constats. Toutefois, contrairement à l'exercice de 2013, aucune étude en lien avec la sécurité des populations avoisinantes n'a été retenue. Au total, ce chapitre se base sur sept nouvelles études : une étude originale qui se penche sur la santé des travailleurs et travailleuses d'un parc éolien terrestre, cinq études originales qui se penchent sur la santé des travailleurs et travailleuses de parcs éoliens marins ainsi qu'une revue de littérature de type étude de la portée (*scoping review*) qui recense des effets sur la santé des travailleurs et travailleuses de parcs éoliens terrestres et marins.

Parcs éoliens terrestres

Deux nouvelles études ont été répertoriées dans le cadre de cette mise à jour, soit une étude originale qui se penche spécifiquement sur les risques de blessures et de décès chez les travailleurs et travailleuses d'un parc éolien terrestre en Grèce (Aneziris *et al.*, 2016), ainsi qu'une revue de littérature qui documente les risques pour la santé et la sécurité des travailleurs et travailleuses (Freiberg *et al.*, 2018). Indépendamment des corps de métier, les dangers les plus fréquents pour les travailleurs et travailleuses de parcs éoliens terrestres seraient les chutes à partir de hauteurs (échelles ou autres) et se faire heurter par la chute d'objets (Aneziris *et al.*, 2016; Freiberg *et al.*, 2018). À ces principaux dangers mesurés s'ajoutent également des risques potentiels associés à l'ergonomie des espaces de travail, à l'ambiance thermique et sonore et à l'isolement de certains sites ainsi que des risques électriques, chimiques, environnementaux (formation de glace, foudre) et mécaniques (CCOHS, 2023; Chapouthier et Hardy, 2020; Brun et Suarez, 2013).

CONSTRUCTION

Selon Aneziris *et al.* (2016), la phase de construction des parcs éoliens terrestres mobilise principalement des grutiers et grutières, des monteuses et monteurs de structures ainsi que des électriciens et électriciennes. Les monteuses et monteurs seraient les travailleurs et travailleuses les plus à risque de décès, de blessures permanentes et de blessures temporaires, suivi par les grutiers, grutières et les électriciens et électriciennes (Aneziris *et al.*, 2016). Outre l'exposition aux chutes d'objets et aux chutes de travailleurs et travailleuses depuis des hauteurs (échelles ou autres), la collision avec un véhicule en mouvement et l'électrification seraient les principales sources de décès, de blessures permanentes et de blessures temporaires lors de la construction d'un parc (Aneziris *et al.*, 2016).

EXPLOITATION

Durant la phase de l'exploitation, les principaux corps de métier mobilisés sont les électriciens et électriciennes, les mécaniciens et mécaniciennes ainsi que les travailleurs et travailleuses responsables de l'entretien des turbines et des pales (Aneziris *et al.*, 2016).

Sources et effets physiques

Les résultats d'Aneziris *et al.* (2016) illustrent que les électriciens et électriciennes ainsi que les mécaniciens et mécaniciennes ont le plus haut taux de mortalité, de blessures permanentes et de blessures temporaires comparativement aux ouvriers et ouvrières qui entretiennent les pales et les turbines (Aneziris *et al.*, 2016). Toutefois, le risque est aggravé en raison d'une plus grande durée de leur exposition⁶⁶ et non uniquement à la nature de leurs tâches (Aneziris *et al.*, 2016).

Tout comme pour la phase de construction, les situations de blessures et de décès les plus fréquentes pour les différents corps de métier seraient les chutes depuis des hauteurs (échelles ou autres) et être frappé par les chutes d'objets (Aneziris *et al.*, 2016; Freiberg *et al.*, 2018). L'escalade dans les échelles et les déplacements dans des espaces confinés serait également associée à des douleurs musculaires au dos (Freiberg *et al.*, 2018). Cette particularité associée aux éoliennes de devoir grimper et de travailler en hauteur pourrait expliquer en partie pourquoi, selon une analyse historique recensée par Freiberg *et al.* (2018), le taux de décès accidentel associé à la production d'énergie éolienne (126 décès entre 1874 et 2014) serait plus élevé que d'autres formes de production d'énergie renouvelable, soit l'hydroélectricité, l'énergie solaire et la biomasse⁶⁷.

⁶⁶ Selon Aneziris *et al.* (2016), il y aurait 160 jours de travail par année pour les électriciens et électriciennes ainsi que les mécaniciens et mécaniciennes, comparativement à 20 jours de travail par année pour les travailleurs et travailleuses responsables de l'entretien.

⁶⁷ Matière organique utilisée comme source d'énergie grâce à la combustion ou la fermentation.

Parcs éoliens marins

La recension des écrits a retenu cinq études portant spécifiquement sur la santé et la sécurité des travailleurs et travailleuses de parcs éoliens marins situés dans les mers du Nord et Baltique, en Allemagne (Mette *et al.*, 2018a; Mette *et al.*, 2018b; Velasco Garrido *et al.*, 2018a; Velasco Garrido *et al.*, 2018b; Dethleff *et al.*, 2016). Une revue de littérature de type examen de la portée (*scoping review*) qui recense des effets sur la santé et la sécurité des travailleurs et travailleuses de parcs éoliens terrestres et marins (Freiberg *et al.*, 2018) complète le corpus, pour un total de six études retenues pour ce thème de recherche.

Selon ces études, la construction et l'exploitation des parcs éoliens marins comportent les mêmes risques sur la santé des travailleurs et travailleuses que les parcs éoliens terrestres. Toutefois, à cela s'ajoutent des activités supplémentaires de construction ainsi que des conditions d'exploitation spécifiques aux industries en haute mer (déplacement des employés et employées en bateau ou en hélicoptère, camps de travailleurs et travailleuses et cycles de travail entrecoupés de périodes de répit) (Mette *et al.*, 2018a; Aneziris, 2016).

CONSTRUCTION

Tout comme pour les parcs éoliens terrestres, la construction des parcs éoliens marins mobilise un nombre plus élevé de travailleurs et travailleuses que durant la phase d'exploitation. Ce fait expliquerait en bonne partie pourquoi, selon une étude portant sur 268 travailleurs et travailleuses de divers parcs éoliens marins en Allemagne, il y aurait davantage d'accidents et de blessures pendant cette période (Velasco Garrido *et al.*, 2018a). Aussi, durant la construction des éoliennes, les travailleuses et travailleurs passeraient plus de temps à l'extérieur et seraient davantage exposés à l'humidité, au froid, au transport de lourdes charges, à la visibilité réduite, au travail dans des espaces exigus, à l'escalade d'échelles et à des temps d'attente imprévisibles que lors de la phase d'exploitation (Velasco Garrido *et al.*, 2018a).

Dans un contexte maritime, les accidents et les maladies aiguës peuvent conduire à des évacuations d'urgence par hélicoptère. Ces dernières seraient ainsi plus nombreuses pendant la phase de construction que durant celle de l'exploitation, comme le révèle une enquête spécifique sur les évacuations aériennes d'urgence d'un parc éolien marin en Allemagne entre 2011 et 2013 (Dethleff *et al.*, 2016). Sur les 39 cas d'évacuation d'urgence recensés dans cette enquête, il y avait 19 accidents (accidents mécaniques et électriques, chutes d'objets et de hauteur), 16 maladies et quatre cas non définis (Dethleff *et al.*, 2016; Freiberg *et al.*, 2018). Les accidents les plus fréquents étaient des traumatismes (39 %) et des coupures (31 %), alors que les maladies les plus communes (90 %) étaient d'origine gastro-intestinale (gastroentérite sévère) ou cardiovasculaire (angine de poitrine) (Dethleff *et al.*, 2016). Selon Dethleff *et al.* (2016), des examens de santé (avant d'arriver sur le site) pourraient contribuer à diminuer le nombre d'évacuations d'urgence associées à certaines maladies ou virus.

EXPLOITATION

Quatre études originales ont examiné la santé physique et psychologique de travailleurs et travailleuses durant l'exploitation dans divers parcs éoliens marins en Allemagne (Mette *et al.*, 2018a; Mette *et al.*, 2018b; Velasco Garrido *et al.*, 2018a; Velasco Garrido *et al.*, 2018b). Plus particulièrement, ces études ont exploré les efforts physiques selon le type d'emploi (Velasco Garrido *et al.*, 2018a), la qualité du sommeil (Velasco Garrido *et al.*, 2018b), la fatigue (Mette *et al.*, 2018a) et le stress associé aux demandes de l'employeur (Mette *et al.*, 2018b).

Sources et effets physiques

Durant la phase de l'exploitation, les techniciens et techniciennes (comparativement aux gestionnaires, aux employés et employées de la restauration, aux commis et commises du service ménager et aux ambulancières et ambulanciers paramédicaux) seraient les travailleuses et travailleurs les plus exposés au bruit, aux vibrations, à l'humidité élevée, au froid, à la chaleur et aux substances chimiques (Velasco Garrido *et al.*, 2018a). Selon Velasco Garrido *et al.* (2018a), ce serait également les techniciens et techniciennes qui transportent le plus souvent de lourdes charges, qui doivent marcher dans des positions non ergonomiques ou des espaces exigus, et qui doivent grimper dans des hauteurs (Velasco Garrido *et al.*, 2018a).

Par ailleurs, « grimper » serait la contrainte physique la plus souvent signalée parmi l'échantillon de 268 travailleurs et travailleuses (21,3 %) et parmi les techniciens et techniciennes (27,3 %) (Velasco Garrido *et al.*, 2018a). Selon cette enquête menée en 2016, 42,5 % de l'ensemble des travailleurs et travailleuses des parcs éoliens marins et près de la moitié (48,8 %) des techniciens et techniciennes des parcs éoliens marins ont déclaré « toujours » ou « souvent » être obligé de grimper (Velasco Garrido *et al.*, 2018a). L'escalade d'échelles serait particulièrement ardue lorsque cette activité est combinée avec les combinaisons de survie, qui ne sont pas requises dans les parcs éoliens terrestres et le transport de lourdes charges (Velasco Garrido *et al.*, 2018a).

Le transport de lourdes charges, le déplacement dans des positions non ergonomiques ou des espaces exigus ainsi que l'escalade seraient également associés à des douleurs musculaires au dos et aux genoux, aux coudes, aux mains et au cou (Mette *et al.*, 2018a; Velasco Garrido *et al.*, 2018a). À long terme, ces tâches pourraient générer des maux de dos chroniques – dont des hernies discales – et des douleurs musculaires chroniques, comme observés chez quelques travailleuses et travailleurs expérimentés (Mette *et al.*, 2018a). Le lien de ces blessures chroniques avec le travail dans les parcs éoliens marins ne serait toutefois pas prouvé (Mette *et al.*, 2018a).

La localisation géographique (isolée et en mer) des parcs éoliens marins serait également associée à des effets sur la santé chez les travailleurs et travailleuses (Mette *et al.*, 2018a; Velasco Garrido *et al.*, 2018b). Notamment, le rythme de travail et la gestion des employés et employées (camps de travailleurs et travailleuses) seraient liés à des effets physiques sur la santé tels que de la fatigue, des problèmes digestifs et des maux de tête (Mette *et al.*, 2018a; Velasco Garrido *et al.*, 2018b). La qualité du sommeil serait également moins bonne sur les plateformes en mer que

dans des conditions terrestres. En effet, selon une enquête menée auprès de 268 travailleurs et travailleuses, près de la moitié (47,9 %) des répondants et répondantes dormait moins bien durant leur période de travail en mer que sur le continent (Velasco Garrido *et al.*, 2018b). Les principaux facteurs recensés pour expliquer ce constat seraient le bruit, les vibrations, les odeurs, les espaces confinés, le confort thermique (humidité, sécheresse), le manque d'intimité et la mauvaise qualité des matelas (Mette *et al.*, 2018a; Velasco Garrido *et al.*, 2018b). Toutefois, selon Mette *et al.* (2018a), la qualité du sommeil peut augmenter avec le temps, car certains employés et employées finissent par s'habituer psychologiquement à ces conditions particulières (Mette *et al.*, 2018a). Établir des règles de cohabitation et installer une meilleure insonorisation peuvent également contribuer à augmenter la qualité du sommeil (Velasco Garrido *et al.*, 2018b).

Comme le souligne une étude qualitative réalisée auprès de 21 travailleurs et travailleuses dans divers parcs éoliens marins en Allemagne (Mette *et al.*, 2018a), le climat (infections respiratoires – particulièrement en hiver –, sécheresse des muqueuses, problèmes de peau sèche ou rugueuse) et le transport (nausées) sont également associés à des effets physiques sur la santé.

Finalement, les travailleurs et travailleuses ont manifesté des préoccupations quant à des effets à long terme de certains facteurs de risque comme l'exposition aux rayons UV, la manipulation de produits dangereux et le travail physique (Mette *et al.*, 2018a).

Sources et effets psychologiques

Les écrits répertoriés dans le cadre de cette mise à jour ont permis de documenter quelques effets psychologiques chez les travailleurs et travailleuses de parcs éoliens marins, soit des manifestations de stress (Mette *et al.*, 2018a; Mette *et al.*, 2018b). Ces dernières seraient principalement associées soit aux exigences du travail (travail sous pression, rythme de travail, heures supplémentaires, imprévisibilité) ou à l'environnement (changement météorologique soudain) (Mette *et al.*, 2018a). La difficulté de faire une coupure avec le travail pendant les moments de repos est également une source de stress nommée par certains participants et participantes, particulièrement chez les travailleurs et travailleuses sur appel ou qui ont des charges de travail élevées (Mette *et al.*, 2018a; Mette *et al.*, 2018b).

Sur quelques participantes et participants interrogés, ces conditions et le stress induit seraient à l'origine d'une augmentation de l'irritabilité, d'une difficulté à travailler en équipe et d'une diminution de la performance, en plus d'être associées à des maux de tête et des symptômes grippaux (Mette *et al.*, 2018a).

3.7.3 Synthèse des résultats

En résumé, comme en 2013, divers risques et effets sur la santé et la sécurité des travailleurs et travailleuses ont été identifiés (décès, accidents, douleurs, maladie cardiaque, etc.) ainsi que des risques et des effets découlant d'une exposition (au bruit, au froid, aux espaces clos, etc.). Ces risques ne sont pas spécifiques à l'industrie éolienne, mais concernent aussi les grands chantiers de construction et complexes industriels.

Néanmoins, les récents écrits retenus suggèrent une compréhension plus fine de la réalité des travailleurs et travailleuses de la filière éolienne. Notamment, de par le nombre plus élevé de travailleurs et travailleuses sur les sites, la phase de construction serait celle où les décès et les blessures sont les plus fréquents (Velasco Garrido *et al.*, 2018a; Aneziris *et al.*, 2016), ce que la revue de 2013 n'avait alors pas permis de dégager. De plus, la particularité de devoir grimper et travailler en hauteur pour divers corps de métiers techniques (électriciens et électriciennes, mécaniciens et mécaniciennes et travailleurs et travailleuses responsables de l'entretien) serait la source la plus fréquente des blessures (par exemple, des douleurs musculaires chroniques) et des décès (chutes) identifiés dans les écrits retenus, et ce, autant dans les parcs éoliens terrestres que marins (Velasco Garrido *et al.*, 2018a). Ce constat semble circonscrire un facteur de risque propre aux parcs éoliens qui devrait mériter une attention particulière dans la gestion des risques pour la santé et sécurité des travailleurs et travailleuses.

L'ajout des parcs éoliens marins dans cette mise à jour a également permis de repérer des écrits qui suggèrent davantage d'effets négatifs sur la santé et la sécurité des travailleurs et travailleuses que dans les parcs éoliens terrestres. Des effets physiques et psychologiques ont été recensés, tels que de la fatigue, des problèmes digestifs, des maux de tête, une mauvaise qualité de sommeil et du stress (Mette *et al.*, 2018a; Velasco Garrido *et al.*, 2018b). Ces effets, spécifiques aux conditions d'exploitation des industries en haute mer (déplacement des employés et employées en bateau ou en hélicoptère, camps de travailleurs et travailleuses et cycles de travail entrecoupés de périodes de répit), seraient principalement associés à l'éloignement, aux horaires de travail plus longs et à l'exposition aux conditions météorologiques défavorables (Mette *et al.*, 2018a; Aneziris, 2016). Toutefois, de bonnes pratiques ont été repérées dans les écrits afin de diminuer certains de ces effets. Par exemple, Velasco Garrido *et al.* (2018b) suggèrent d'établir des règles de cohabitation et d'installer une meilleure insonorisation afin d'augmenter la qualité de sommeil des travailleurs et travailleuses (Velasco Garrido *et al.*, 2018b). Dethleff *et al.* (2016), quant à eux, émettent l'hypothèse que des examens de santé avant d'arriver sur le site pourrait contribuer à diminuer le nombre d'évacuations d'urgence associées aux maladies.

Informations à acquérir pour caractériser le risque

Comme illustré dans Brisson *et al.* (2013), l'industrie éolienne en opération au Québec doit se conformer à la législation québécoise et aux exigences de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) en matière de prévention des accidents et des maladies professionnelles, laquelle vise à accroître la sécurité au travail en lien avec les éoliennes. Toutefois, malgré cet encadrement rigoureux, des risques relatifs à la santé et la sécurité des travailleurs et travailleuses demeurent. Plusieurs points en lien avec la santé et la sécurité des travailleurs et travailleuses méritent également d'être approfondis. Selon la présente mise à jour, le manque de données sur les maladies professionnelles et sur la quantification des expositions à risques demeure important. Aussi, les conditions de travail dans les parcs éoliens terrestres seraient moins bien documentées que celles en milieu marin. Des études portant sur la santé et sécurité des travailleurs et travailleuses dans des conditions hivernales terrestres (construction et opération) comparables au Québec apparaissent également manquantes. Finalement, aucune étude durant la phase de démantèlement des parcs éoliens terrestres et marins n'a été repérée dans la présente mise à jour.

Références

- Aneziris, O. N., Papazoglou, I. A. et Psinias, A. (2016). Occupational risk for an onshore wind farm. *Special Issue: Editors' Corner 2014.*, 88, 188-198. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.02.021>
- Brun, E. et Suarez, A. (2013). *Occupational safety and health in the wind energy sector*. European Risk Observatory. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). <https://osha.europa.eu/sites/default/files/OSH%20in%20Wind%20energy%20sector.pdf>
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety. (2023). *Wind Turbines – Working on*. https://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/wind-turbines-working-on.html
- Chapouthier, A. et Hardy, S. (2020). *Parcs éoliens terrestres – Prévention à la conception* (ED 6346). Institut National de Recherche et de Sécurité.
- Dethleff, D., Weinrich, N., Kowald, B., Hory, D., Franz, R., Nielsen, M. V., ... Stuhr, M. (2016). Air medical evacuations from the German North Sea wind farm bard offshore 1 : Traumatic injuries, acute diseases, and rescue process times (2011-2013). *Air Medical Journal*, 35(4), 216-226. <https://doi.org/10.1016/j.amj.2016.02.002>
- Freiberg, A., Schefter, C., Girbig, M., Murta, V. C. et Seidler, A. (2018). Health effects of wind turbines in working environments – A scoping review. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 44(4), 351-369. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3711>
- Mette, J., Velasco Garrido, M., Harth, V., Preisser, A. M. et Mache, S. (2018). Healthy offshore workforce? A qualitative study on offshore wind employees' occupational strain, health, and coping. *BMC Public Health*, 18. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5079-4>
- Mette, J., Velasco Garrido, M., Preisser, A. M., Harth, V. et Mache, S. (2018). Linking quantitative demands to offshore wind workers' stress : Do personal and job resources matter? A structural equation modelling approach. *BMC Public Health*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5808-8>
- Velasco Garrido, M., Mette, J., MacHe, S., Harth, V. et Preisser, A. M. (2018a). A cross-sectional survey of physical strains among offshore wind farm workers in the German exclusive economic zone. *BMJ Open*, 8(3), e020157. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-020157>
- Velasco Garrido, M., Mette, J., MacHe, S., Harth, V. et Preisser, A. M. (2018b). Sleep quality of offshore wind farm workers in the German exclusive economic zone : A cross-sectional study. *BMJ Open*, 8(11), e024006. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-024006>

4 DISCUSSION

L'exercice de mise à jour des écrits scientifiques sur les éoliennes et la santé publique a permis d'approfondir plusieurs enjeux sociaux et sanitaires identifiés en 2013, en plus de cerner des éléments nouveaux.

Notamment, les corpus traitant des impacts sociaux et psychologiques, de l'acceptabilité et de l'acceptation sociale ainsi que du paysage se sont particulièrement étoffés. En ce qui concerne la littérature sur l'acceptation sociale et les effets sociaux et communautaires des projets éoliens, la présente mise à jour ne relève pas d'enjeux qui seraient émergents. Elle permet toutefois d'affiner notre compréhension de certains effets et facteurs qui modulent l'acceptation sociale de ces projets énergétiques. En outre, il semble que certains éléments prennent une dimension plus importante dans les écrits. Par exemple, le type de gouvernance, communautaire, publique ou privée, ressort comme un facteur primordial de l'acceptation sociale de projets éoliens. Une gouvernance communautaire ou publique serait davantage liée à une bonne acceptation sociale, puisque les retombées et les bénéfices socioéconomiques seraient plus directs pour les collectivités d'accueil, en plus d'offrir davantage d'occasions à la participation citoyenne. Au Québec, le troisième appel d'offres d'Hydro-Québec en 2009 visait spécifiquement le milieu communautaire et les nations autochtones, ce qui a donné lieu à une douzaine de projets communautaires dans différentes régions administratives (MEIE, 2023). Il serait intéressant d'étudier spécifiquement les mécanismes de gouvernance et les retombées socioéconomiques de ces projets sur les collectivités d'accueil, comparativement aux projets développés par des entreprises privées.

Cette revue de littérature a également permis d'approfondir d'autres facteurs se rapportant aux valeurs environnementales qui peuvent à la fois consister en des facteurs d'acceptation ou de non-acceptation des projets éoliens, et qui s'inscrivent au-delà de l'acceptation communautaire des infrastructures de production énergétique. D'une part, certains acteurs et actrices se montrent défavorables au développement éolien, puisque celui-ci serait perçu comme source d'altération de l'intégrité de la nature, de la faune et de la flore. Aussi, certains et certaines contestent la pertinence de cette technologie dans un contexte de crise climatique. À l'inverse, les études recensées décrivent aussi des attitudes favorables aux projets éoliens, ceux-ci pouvant également être perçus comme une stratégie prometteuse pour lutter contre les changements climatiques en diminuant l'utilisation d'énergies fossiles. Alors que le gouvernement du Québec investit dans la transition énergétique de la province et l'électrification des transports, il apparaît important de considérer que les modalités de cette « transition » ne sont pas consensuelles au sein de la population québécoise, particulièrement chez ceux et celles qui doivent composer avec des dérangements et des changements paysagers et territoriaux en lien avec l'arrivée d'un parc éolien.

Afin de répondre au besoin du comité d'utilisateurs et utilisatrices constitué spécifiquement pour cette mise à jour, la présente revue de littérature a permis de donner pour la première fois un aperçu de l'état des connaissances scientifiques sur l'impact des parcs éoliens sur les

ressources en eau souterraine. Un des constats qui s'est dégagé de cette recension des écrits est le manque de données probantes sur cette thématique et le peu de connaissances sur les impacts des activités des éoliennes sur la contamination et la pénurie des nappes d'eaux souterraines et des potentiels effets à la santé. L'analyse des études incluses a permis de mettre en évidence que d'un point de vue sanitaire, aucun effet à la santé des populations n'a été identifié directement en lien avec une possible contamination ou une pénurie en eau potable reliée à des activités de l'industrie éolienne. De plus, aucune contamination microbiologique n'a été soulevée en lien avec les activités de l'industrie éolienne. Toutefois, les études ont démontré que la phase de construction d'un parc éolien suscite le plus de risque de modification des nappes d'eaux souterraines pouvant être destinées à l'alimentation en eau potable, ce qui suggère une vigilance accrue durant cette période. Il apparaît également souhaitable de poursuivre la veille scientifique sur le thème de l'eau potable, puisque le manque d'études sur le sujet laisse dans son sillage plusieurs questions sans réponses.

Inversement, l'exercice de mise à jour des écrits scientifiques portant sur les effets à la santé des champs électromagnétiques produits spécifiquement par les éoliennes ou leurs infrastructures électriques associées n'a pas permis de relever de nouvelles études scientifiques originales. Ainsi, l'absence d'effets sur la santé suggère de ne pas poursuivre l'évaluation des effets potentiels des champs électromagnétiques émis spécifiquement par les parcs éoliens dans une future mise à jour.

Finalement, l'ajout de littérature traitant des parcs éoliens marins a permis de relever des enjeux spécifiques à ces projets, soit les conditions de travail particulières lors des phases de construction et d'exploitation (exposition au froid, à l'humidité, lieu de travail isolé, etc.) ainsi que les perturbations potentielles des activités halieutiques et récréotouristiques liées aux espaces côtiers. Ces préoccupations, qui sont actuellement vécues par des groupes de pêcheurs et pêcheuses en Nouvelle-Écosse à la suite de l'annonce d'un parc éolien marin (Sicot, 2023), pourraient survenir au Québec si des développements similaires sont un jour envisagés et que des conditions comparables s'y retrouvent.

4.1 Nuisance ou dérangement

La nuisance ou le dérangement associés aux parcs éoliens sont apparus dominants dans les effets potentiels à la santé associés aux parcs éoliens. La nuisance peut avoir des effets sur différents aspects de la qualité de vie. Les principales sources de nuisance identifiées dans cet exercice de recension sont le bruit, les ombres mouvantes, l'impact visuel et les lumières clignotantes. Les publications retenues rapportaient dans certains cas des effets psychologiques et sociaux associés aux nuisances. Les effets observés étaient modulés par certains facteurs liés à l'exposition, mais également par d'autres facteurs, notamment l'acceptation sociale et la perception des risques.

Ainsi, les publications retenues montrent qu'une proportion importante des personnes exposées rapporte être fortement dérangée par le bruit des éoliennes. Ces publications permettent une meilleure quantification de l'augmentation du dérangement en fonction de l'augmentation de

l'exposition au bruit des éoliennes depuis la recension des écrits de Brisson *et al.* (2013). La proportion des personnes fortement dérangées varie cependant de manière importante entre les populations. La dimension subjective du dérangement et les différences de contextes pourraient expliquer une part de cette variabilité. Cette dernière limite l'applicabilité des constats quant au dérangement, qui ne peuvent pas nécessairement être généralisés à d'autres contextes.

Les résultats de la présente recension amènent également de nouvelles connaissances à propos du dérangement associé aux ombres mouvantes ou aux réflexions sur les pales. La prévalence du dérangement varierait en fonction de plusieurs paramètres, mais les études disponibles montrent que les personnes plus exposées aux ombres mouvantes rapportent être dérangées ou fortement dérangées dans une plus grande proportion que les personnes moins exposées. Ces nouvelles données permettent d'établir que, comme pour le bruit, les ombres mouvantes ou les réflexions sur les pales peuvent être une source de dérangement pour les personnes exposées et que cet enjeu doit être considéré.

À son tour, l'exercice de recension sur le paysage permet aussi une meilleure compréhension des effets de l'arrivée des éoliennes sur la qualité de vie et le bien-être des populations exposées, et ce, à des degrés variables. Le fait de voir les éoliennes ne conduirait pas directement vers un dérangement, mais le fait d'être contre leur arrivée ou de les percevoir comme mal intégrées dans le paysage seraient des facteurs contributifs. Ces perceptions peuvent générer un dérangement visuel selon certains auteurs et autrices, ce qui ne serait pas vécu par des résidents et résidentes ayant une attitude positive et percevant les parcs éoliens comme esthétiquement attirants ou bénéfiques pour la société et l'environnement.

Quelques écrits retenus dans la thématique effets communautaires et sociaux permettent d'identifier le balisage lumineux nocturne installé au sommet des éoliennes comme étant une source potentielle de dérangement. Les populations vivant dans des milieux faiblement peuplés seraient plus susceptibles d'être incommodées par les lumières clignotantes, car elles seraient associées à un changement du milieu de vie lorsque le milieu naturel subirait une transformation qui s'apparenterait à un milieu à caractère urbain. Par ailleurs, puisque cet enjeu de santé publique ne figurait pas dans les mots clés de la recherche documentaire, une analyse supplémentaire du corpus scientifique serait nécessaire dans une future mise à jour pour mieux caractériser le risque.

Ces différents constats suggèrent que la prise en compte des particularités régionales propres à chaque communauté serait importante dans la planification de parcs éoliens. Par conséquent, une définition plus holistique du dérangement, qui prend en compte plusieurs facteurs, serait à préconiser. Enfin, l'information et la participation du public lors de la planification de parcs éoliens permettraient de réduire le dérangement.

4.2 Distance entre les parcs éoliens et les résidences

Bien que certaines distances minimales soient proposées dans divers documents retenus, l'analyse des écrits scientifiques ne permet pas de déterminer une distance uniforme qui serait sécuritaire entre les éoliennes et les résidences indépendamment du projet de parc éolien. Les effets sociosanitaires qui y sont associés varient selon des facteurs tels que les niveaux d'exposition au bruit ou aux ombres mouvantes, la visibilité des éoliennes, la topographie du terrain, les caractéristiques du milieu, le niveau de participation citoyenne au moment de l'implantation et l'attitude des personnes exposées. Ainsi, un citoyen ou une citoyenne pourrait rapporter des effets tels qu'une perte de jouissance ou une perturbation du sommeil alors que sa voisine ou son voisin immédiat, situé à la même distance, pourrait ne pas ressentir d'effets et jouir d'une bonne qualité de vie.

Dans une moindre mesure, le thème de la distance sécuritaire entre les parcs éoliens marins et les côtes propose également des résultats contradictoires dans l'évaluation du dérangement (impact visuel et lumières clignotantes) et des impacts sociaux et psychologiques. Alors que certaines études suggèrent que l'arrivée d'un projet aurait le potentiel d'être perçu comme un changement non favorable dans le milieu et que les attitudes des riverains et riveraines évolueraient de manière plus positive à mesure que les éoliennes deviennent moins visibles, d'autres études suggèrent plutôt des effets positifs pour les communautés côtières les plus proches qui accueillent des touristes ainsi que des plaisanciers et plaisancières.

Ces résultats réitèrent l'importance de déterminer une distance jugée « acceptable » entre les éoliennes et les résidences en concertation avec le milieu d'accueil dans le cadre d'une évaluation contextualisée et ancrée localement. Dans une perspective d'aménagement du territoire, il est également possible pour des MRC du Québec d'encadrer l'implantation des éoliennes sur leur territoire et ultimement, de déterminer une distance minimale à respecter en fonction du contexte, notamment dans leur SAD, dans les PAE et dans le cadre de RCI. Cette distance devrait être déterminée en tenant compte des usages sensibles et selon le principe de réciprocité, sur la base des caractéristiques du milieu d'accueil (MAMH, 2007).

À l'instar de la recension précédente (Brisson *et al.*, 2013), les résultats permettent de comprendre que la non-acceptation de certains projets se fonde généralement sur des préoccupations collectives légitimes et sur des perceptions d'injustice et non uniquement sur la distance entre les éoliennes et une résidence. Les études retenues contribuent ainsi à enlever du poids au phénomène NIMBY pour expliquer les attitudes négatives de certains citoyens et citoyennes envers l'installation d'un parc éolien à proximité de leur résidence.

Références

- Brisson, G., Gervais, M.-C., Martin, R., Blackburn, D., Chagnon, M., Martel, K., ...Tardif, I. (2013). *Éoliennes et santé publique : synthèse des connaissances – Mise à jour*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/1633>
- Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie. (2023). *Projets éoliens au Québec*. <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/le-secteur/eolien/energie-eolienne/projets-eoliens-au-quebec>
- Ministère des Affaires municipales et de l'habitation. (2007). *Les orientations du gouvernement en matière d'aménagement – Pour un développement durable de l'énergie éolienne*. <https://www.mamh.gouv.qc.ca/amenagement-du-territoire/orientations-gouvernementales/energie-eolienne/>
- Sicot, J. (2023, 11 septembre). *Le premier parc éolien extracôtier du Canada, un projet aux contours encore flous*. Ici Radio-Canada. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/2009448/eolienne-parc-nouvelle-ecosse>

5 CONCLUSION

Les 129 études retenues font état d'effets sur la qualité de vie, la santé physique et la santé sociale et psychologique ayant un lien avec la construction, l'exploitation et le démantèlement d'un parc éolien. Il est donc possible que ces situations se reproduisent si des conditions similaires sont réunies quant aux caractéristiques physiques, économiques et sociales des communautés d'accueil, à la nature des activités de l'industrie et au degré de préparation des autorités locales et régionales.

Dans un souci d'améliorer les activités en vigueur, des PIPREP sont suggérées par certains auteurs et autrices des documents consultés. Notamment, un bon nombre des autrices et auteurs recensés soulèvent l'importance de mettre en place des mécanismes de participation citoyenne, en amont et tout au long d'un projet. L'implication précoce des parties prenantes et de la population générale semble nécessaire pour que les projets soient acceptables socialement, pour repérer les retombées et les bénéfices, puis pour identifier très tôt les éléments qui pourraient être conflictuels et causer du dérangement. La prise en compte des particularités locales et régionales propres à chaque communauté serait également importante dans la planification de parcs éoliens. En ce sens, une définition plus holistique du dérangement, qui prend en compte plusieurs facteurs codéterminants, serait à préconiser afin de mieux caractériser les effets potentiels à la santé. Des solutions techniques sont également possibles pour minimiser des effets reconnus chez des résidents et résidentes ainsi que chez des travailleurs et travailleuses, telles que l'utilisation de pales à brillance réduite et peu réfléchissantes pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible ou une meilleure isolation des dortoirs afin d'augmenter la qualité de sommeil des travailleurs et travailleuses des parcs éoliens marins.

Le portrait réalisé dans le cadre de cette recension des écrits permet d'outiller les professionnels et professionnelles de la santé publique dans la réalisation de leurs mandats. Toutefois, il importe de ne pas généraliser les effets recensés à l'ensemble des parcs éoliens actuels et à venir, mais plutôt de se conformer aux bonnes pratiques de l'évaluation des impacts environnementaux et sociaux, qui proposent l'évaluation de l'état initial de chaque milieu. Aussi, plusieurs points demeurent encore à documenter en lien avec la qualité de vie et les effets à la santé associés à l'industrie éolienne. Notamment, mieux documenter les effets des parcs éoliens chez des communautés des Premières Nations, Inuit ou métisses serait un besoin à combler afin d'améliorer la planification de l'arrivée de l'industrie éolienne. Des études portant sur la santé et sécurité des travailleurs et travailleuses dans des conditions hivernales terrestres (construction et opération) comparables au Québec apparaissent également manquantes. Finalement, davantage d'études permettant de documenter les phases de fermeture et de démantèlement seraient également souhaitées afin d'accroître la compréhension et de mieux anticiper ces effets susceptibles de survenir en premier dans les régions du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie, qui accueillent actuellement les plus anciens parcs éoliens terrestres de la province.

ANNEXE 1 ARTICLES EXCLUS À LA SUITE DE L'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DES ÉTUDES PAR THÉMATIQUE

Effets sociaux et communautaires et acceptabilité sociale					
Auteurs et autrices, année	Financement non-indépendant ou inconnu	Apparence de conflits d'intérêts des auteurs et autrices	Objectifs imprécis	Méthode faible ou problèmes méthodologiques	Résultats non liés aux objectifs ou aux conclusions
Anderson et Schirmer, 2015	X				
Anderson, 2013	X				
Baines <i>et al.</i> , 2012		X			
Biniek, 2021	X				
Brannstrom <i>et al.</i> , 2011	X				
Chezel et Labussière, 2018				X	
Clark et Botterill, 2018				X	
D'Souza et Yiridoe, 2014	X				
Greene et Geisken, 2013			X		
Groth et Vogt, 2014	X				
Hall <i>et al.</i> , 2013	X				
Langbroek et Vanclay, 2012	X				
Lawrence, 2014		X			
Martinez-Mendoza <i>et al.</i> , 2021	X				
Motosu et Maruyama, 2016	X				
Mroczek <i>et al.</i> , 2015	X				
Mroczek <i>et al.</i> , 2012	X				
Murphy, 2013			X		
Muthoora et Fischer, 2019			X		
Ogilvie et Rootes, 2015	X				
Pedersen et Johansson, 2012				X	
Pepermans et Loots, 2013	X				
Quick <i>et al.</i> , 2016				X	
Ram et Webler, 2022	X				

Effets sociaux et communautaires et acceptabilité sociale (suite)					
Auteurs et autrices, année	Financement non-indépendant ou inconnu	Apparence de conflits d'intérêts des auteurs et autrices	Objectifs imprécis	Méthode faible ou problèmes méthodologiques	Résultats non liés aux objectifs ou aux conclusions
Reuswig <i>et al.</i> , 2016	X				
Romdhani et Van Tilbeurgh, 2018			X		
Rygg, 2012	X				
Simon <i>et al.</i> , 2019	X				
Slattery <i>et al.</i> , 2012	X				
Sokoloski <i>et al.</i> , 2018				X	
Thomson et Kempton, 2018		X			
Walsh, 2018				X	
Wilson et Dyke, 2016	X				

Paysage et aménagement du territoire					
Auteurs et autrices, année	Financement non-indépendant ou inconnu	Apparence de conflits d'intérêts des auteurs et autrices	Objectifs imprécis	Méthode faible ou problèmes méthodologiques	Résultats non liés aux objectifs ou aux conclusions
Arifi, et Winkel, 2021				X	
Firestone <i>et al.</i> , 2015				X	
Jerpåsen et Larsen, 2011			X		X
Klaeboe et Sundfor, 2016				X	
Ki <i>et al.</i> , 2022			X	X	
Krekel <i>et al.</i> , 2017				X	
Langbroek et Vanclay, 2012			X	X	X
Leibenath et Otto 2014				X	
Martínez-Mendoza <i>et al.</i> , 2021			X		X
Mroczek <i>et al.</i> , 2012	X	X		X	
Palmer, 2015			X		X
Pech <i>et al.</i> , 2021				X	
Rygg, 2012				X	
Saglie <i>et al.</i> , 2020			X	X	X
Walker <i>et al.</i> , 2014			X		X

Eau potable					
Auteurs et autrices, année	Financement non-indépendant ou inconnu	Apparence de conflits d'intérêts des auteurs et autrices	Objectifs imprécis	Méthode faible ou problèmes méthodologiques	Résultats non liés aux objectifs ou aux conclusions
Wang <i>et al.</i> , 2014			X	X	X
Lima <i>et al.</i> , 2013				X	

Bruit					
Auteurs et autrices, année	Financement non-indépendant ^A	Apparence de conflits d'intérêts des auteurs et autrices	Objectifs imprécis	Méthode faible ou problèmes méthodologiques	Résultats non liés aux objectifs ou aux conclusions
Shepherd <i>et al.</i> , 2011				X	
Bilski, 2012				X	
Baines <i>et al.</i> , 2012					X
Ambrose <i>et al.</i> , 2012		X		X	X
Nissenbaum <i>et al.</i> , 2012				X	X
Magari <i>et al.</i> , 2014				X	
Arezes <i>et al.</i> , 2015				X	
Blanes-Vidal <i>et al.</i> , 2016				X	
Lane <i>et al.</i> , 2016				X	
laeboe et Sundfor, 2016				X	
Kageyama <i>et al.</i> , 2016				X	
Jalali <i>et al.</i> , 2016a				X	
Jalali <i>et al.</i> , 2016b				X	X
Jalali <i>et al.</i> , 2016c				X	X
Wilson et Dyke, 2016				X	
Botelho <i>et al.</i> , 2017				X	
Milad <i>et al.</i> , 2017				X	
Barry <i>et al.</i> , 2018				X	
Pohl <i>et al.</i> , 2018	X			X	
Chiu <i>et al.</i> , 2021				X	
Hansen <i>et al.</i> , 2021				X	
Turunen <i>et al.</i> , 2021a				X	
Turunen <i>et al.</i> , 2021b				X	
Gaßner <i>et al.</i> , 2022				X	
Ki <i>et al.</i> , 2022				X	
Radun <i>et al.</i> , 2022	X			X	

^A Un financement non-indépendant n'était pas un critère d'exclusion automatique pour les études portant sur les effets du bruit des éoliennes.

Ombres mouvantes ^A				
Auteurs et autrices, année	Apparence de conflits d'intérêts des auteurs et autrices	Objectifs imprécis	Méthode faible ou problèmes méthodologiques	Résultats non liés aux objectifs ou aux conclusions
Katsaprakakis, 2015			X	X
Teneler et Hassoy, 2021		X	X	
Magari <i>et al.</i> , 2014			X	
Pohl <i>et al.</i> , 2018	X		X	
Barry <i>et al.</i> , 2018	X			
Pohl <i>et al.</i> , 2021			X	
Pawlaczyk-Łuszczynska <i>et al.</i> , 2014			X	

^A Un financement non-indépendant ou inconnu n'était pas un critère d'exclusion automatique pour les études portant sur les ombres mouvantes des éoliennes. L'information n'est donc pas présentée pour éviter toute confusion quant à la nature du financement ou des raisons d'exclusion à la suite de l'appréciation de la qualité.

Champs électromagnétiques ^A				
Auteurs et autrices, année	Apparence de conflits d'intérêts des auteurs et autrices	Objectifs imprécis	Méthode faible ou problèmes méthodologiques	Résultats non liés aux objectifs ou aux conclusions
Havas et Colling <i>et al.</i> , 2011	X	X	X	X
Bonnet-Belfais <i>et al.</i> , 2017			X	
Krogh et Harrington <i>et al.</i> , 2019	X	X	X	X
Turunen <i>et al.</i> , 2021			X	X

^A Un financement non-indépendant ou inconnu n'était pas un critère d'exclusion automatique pour les études portant sur les champs électromagnétiques des éoliennes. L'information n'est donc pas présentée pour éviter toute confusion quant à la nature du financement ou des raisons d'exclusion à la suite de l'appréciation de la qualité.

Santé et sécurité au travail					
Auteurs et autrices, année	Financement non-indépendant ou inconnu	Apparence de conflits d'intérêts des auteurs et autrices	Objectifs imprécis	Méthode faible ou problèmes méthodologiques	Résultats non liés aux objectifs ou aux conclusions
Earle <i>et al.</i> , 2022	X				
Matatiele et Gulumian, 2016				X	

ANNEXE 2 ARTICLES RETENUS À LA SUITE DE L'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DES ÉTUDES PAR THÉMATIQUE

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (+ +, +)	
Arifi et Winkel, 2021	Analyser les discours en faveur ou en opposition à l'implantation de parcs éoliens dans un contexte de transition énergétique.	Devis qualitatif Entretiens semi-dirigés; observation; recherche documentaire	N = 27	Allemagne, Rhein-Hunsrück (État de la Rhénanie-Palatinat) et la ville de Wiesbaden (État de Hesse) Représentant(e)s des organisations impliquées dans les deux études de cas. Octobre 2015 à mars 2016	+ +	
Baxter <i>et al.</i> , 2013	Analyser l'influence relative des variables de la santé, des bénéfices économiques et des conflits en tant que facteurs au soutien de projets éoliens en comparant les réponses de résident(e)s de municipalités hôtes de parcs éoliens et de résident(e)s d'une municipalité type non exposée à de tels projets.	Devis quantitatif Sondage postal	N = 109 (Melancthon/Amaranth) N = 116 (West Perth)	Canada, municipalités de Melancthon, d'Amaranth et de West Perth (province de l'Ontario) Résident(e)s qui habitent dans un périmètre de 15 km des éoliennes. Janvier 2011	+ +	

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Bidwell, 2017	Analyser la manière dont les valeurs et croyances relatives à l'océan influencent le soutien du public à l'implantation de parcs éoliens en mer.	Devis quantitatif Sondage	N = 624	États-Unis, Block Island, Rhode Island Résident(e)s permanent(e)s, saisonnier(-ère)s et visiteur(-teuse)s Été 2015	++	
Borch <i>et al.</i> , 2020	Développer une cartographie des débats au sujet de l'énergie éolienne sur le réseau social Facebook et documenter la manière dont ces discours influencent les mobilisations opposées aux parcs éoliens.	Devis qualitatif Enquête en ligne (groupes publics Facebook Danemark)	73 groupes publics; 11 278 publications; 5 772 commentaires	Danemark Janvier 2016	++	

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Borch, 2018	Analyser l'attitude des acteur(-trice)s par rapport au Centre national d'essai pour les grandes éoliennes au Danemark en considérant les différentes dimensions de l'acceptation sociale chez les parties prenantes sous les angles de l'économie, de la psychologie, de la sociologie et de l'environnement.	Devis qualitatif Analyse de discours	Total de 160 productions écrites analysées	Østerild, Danemark Représentant(e)s des collectivités (2), représentant(e)s du ministère de l'Environnement (3), de la Société de la conservation de la nature du Danemark (1), de l'industrie éolienne (1) et les responsables de dossiers environnementaux des partis politiques d'opposition (3). Documents produits du 30 septembre 2009 au 7 janvier 2010.	++	
Botetzagias <i>et al.</i> , 2015	Évaluer l'importance relative d'une position NIMBY quant à l'opposition d'un individu à l'implantation d'un parc éolien par rapport à d'autres variables telles que les effets perçus (coûts, risques et avantages associés au projet), la perception de l'équité du processus décisionnel et le lien de confiance établi.	Devis quantitatif Méthode d'équation structurelle	N = 334 (région de la Laconie n = 200; région de Lesbos n = 134)	Grèce (régions de Lisvos et de la Laconie) Résident(e)s 2011-2012	++	

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Brownlee <i>et al.</i> , 2015	Mesurer l'attitude des plaisanciers de la mer à l'égard de l'énergie éolienne en mer et examiner les relations entre l'attachement au lieu et l'opposition ou le soutien aux projets planifiés.	Devis mixte Méthode d'équation structurelle	17 entretiens semi-dirigés et 483 sondages en personne	États-Unis (Georgetown et Myrtle Beach, État de la Caroline du Sud) Plaisancier(-ère)s de la mer Été 2011	++	
Buchholzer <i>et al.</i> , 2022	Analyser et comparer l'impact potentiel sur les différentes activités de pêche artisanale en évaluant leur facteur de vulnérabilité par l'identification des principales pressions sociales, économiques et environnementales sur les groupes de pêcheur(-euse)s.	Devis quantitatif Méthode de la vulnérabilité	Analyse de 52 embarcations de pêche	France (îles de Groix et Belle-Île sur la côte française atlantique) Pêcheur(-euse)s exploitant des stocks commerciaux.		+
Caporale <i>et al.</i> , 2020	Étudier les facteurs explicites et latents des différentes perceptions du développement de parcs éoliens.	Devis mixte <i>Focus group</i> <i>Sondage O-AHP (analytic hierarchy process)</i>	Foggia, n = 7 Bari, n = 8	Italie, Foggia et Bari, (région des Pouilles) Résident(e)s	++	

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Chapman <i>et al.</i> , 2013	Examiner quatre hypothèses quant aux explications psychogéniques de la variabilité des plaintes relatives à la santé et au bruit dans des parcs éoliens en Australie.	Analyse des dossiers de plaintes relativement au bruit ou à la santé des résident(e)s vivant à proximité de 51 parcs éoliens australiens obtenus auprès de toutes les sociétés de parcs éoliens, et corroborés avec les plaintes déposées dans le cadre de trois enquêtes publiques du gouvernement ainsi qu'avec les dossiers des médias et les déclarations sous serment devant les tribunaux.	129 dossiers de plaintes	Australie Résident(e)s à proximité (rayon de 5 km) Dossiers de plaintes reçus jusqu'en 2012.		+
Chapman <i>et al.</i> , 2014	Documenter l'effet d'une réunion publique antiéolienne sur la diffusion de nouvelles négatives dans les médias et l'expression de préoccupations sur la santé et le bruit.	Devis quantitatif Revue de presse; recherche documentaire	126 articles issus des médias; 27 sites Internet; 75 déclarations rédigées par 53 ménages.	Australie, État de Victoria Production écrite de 2011 à 2014.		+

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Christidis <i>et al.</i> , 2017	Décrire les expériences des parties prenantes locales dans les collectivités ontariennes où sont situés des parcs éoliens afin de déterminer les aspects du processus décisionnel qui ont influencé l'acceptation sociale des projets éoliens.	Devis qualitatif Entretiens semi-dirigés téléphoniques	N = 24	Canada, Ontario Résident(e)s	++	
Colvin <i>et al.</i> , 2016	Identifier les aspects du processus et/ou les facteurs exogènes qui ont contribué au dysfonctionnement et au conflit local malgré la démarche d'engagement communautaire adoptée par le promoteur dans le cadre d'un projet de parc éolien sur l'île de King Island (Australie).	Devis qualitatif Entretiens approfondis	N = 30	King Island, État de Tasmanie, Australie Résident(e)s et personnes impliquées dans le processus décisionnel. Mars-avril 2015	++	
Colvin <i>et al.</i> , 2019	Saisir les impacts et enjeux sociaux relatifs à l'étape de consultation d'un projet de parc éolien sur l'île de King Island (Australie).	Devis qualitatif Entretiens approfondis	N = 30	King Island, État de Tasmanie, Australie Résident(e)s et personnes impliquées dans le processus décisionnel. Mars-avril 2015	++	

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Evans <i>et al.</i> , 2011	Examiner les implications des projets commerciaux d'éoliennes urbaines pour les communautés locales en s'appuyant sur une étude de cas de projets éoliens développés par une grande chaîne de supermarché au Royaume-Uni en milieu périurbain.	Devis qualitatif Entretiens; <i>focus groups</i>	Deux <i>focus groups</i> de 10 participant(e)s (un à Falkirk et un à Northampton) Entretiens avec des acteur(trice)s clés impliqués dans le processus décisionnel, nombre non précisé.	Royaume-Uni (Falkirk et Northampton) Acteur(-trice)s impliqués dans le processus décisionnel et des résident(e)s.	++	
Fast et Mabee, 2015	Évaluer l'impact des choix politiques en matière d'énergie éolienne sur l'attitude des collectivités hôtes en examinant l'influence de ces politiques sur les liens d'attachement au lieu et de confiance par rapport au processus décisionnel.	Étude de cas Entretiens semi-dirigés; recherche documentaire	N = 40	Canada, zone côtière est du lac Ontario (province de l'Ontario) Résident(e)s et personnes impliquées dans le processus décisionnel. 2014-2015	++	
Fast, 2015	Documenter les tensions entourant les projets éoliens en phase de planification et d'exploitation et examiner les discours des acteur(-trice)s qui soutiennent et qui sont opposés à ces projets dans les collectivités hôtes.	Devis mixte Méthode d'analyse-Q	N = 27	Canada, zone côtière est du lac Ontario, Ontario, Résident(e)s en faveur et en défaveur des projets éoliens planifiés ou en exploitation dans leur municipalité.		+

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Ferguson <i>et al.</i> , 2019	Examiner les facteurs qui influencent l'attitude des plaisancier(-ère)s face aux projets éoliens au large des côtes du lac Érié aux États-Unis.	Devis quantitatif Sondage en personne Analyse régression linéaire multiple	N = 242	Lac Érié, Pennsylvanie, États-Unis Plaisancier(-ère)s Mai à septembre 2015	++	
Firestone <i>et al.</i> , 2015	Analyser le sens que donnent les individus aux changements survenus dans leur collectivité et dans le paysage à la suite de l'établissement d'un parc éolien.	Devis quantitatif Sondage postal	N = 215	États-Unis Lewes, État du Delaware Résident(e)s Été 2013	++	
Fischhendler <i>et al.</i> , 2021	Identifier les attitudes par rapport à l'implantation d'un parc éolien et documenter la manière dont le conflit engendré affecte l'acceptation sociale au sein d'une collectivité.	Devis quantitatif Sondage postal	N = 105	Israël, Kibbutz Maale Gilboa et Moshav Yonatan Résident(e)s Août et novembre 2018		+
Fokaides <i>et al.</i> , 2014	Évaluer les impacts socioéconomiques et les attitudes envers le projet.	Devis quantitatif Sondage en personne	N = 150	Chypre (Kouklia, Nikokleia, Archimandrita, Limassol, Paphos) Résident(e)s		+

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Gonyo <i>et al.</i> , 2021	Identifier les caractéristiques des acteur(-trice)s potentiellement orientés vers l'action concernant le développement local de l'énergie éolienne en milieu marin.	Devis quantitatif Sondage par la poste	N = 3 953	États-Unis (États de la Caroline du Nord et de la Caroline du Sud) Population résidant à 2 miles, 5 miles et 20 miles de la côte. Janvier à mai 2018	++	
Hall et Lazarus, 2015	Présenter les réactions des communautés côtières envers le développement du premier parc éolien en eaux profondes aux États-Unis.	Devis qualitatif Groupes de discussion, observation participante	N = 103	États-Unis (État du Maine) Riverain(e)s Mars à août 2011		+
Hicks, 2020	Explorer comment les pratiques d'engagement communautaire, les arrangements économiques et les structures de gouvernance peuvent faciliter la participation de la communauté.	Devis qualitatif Entrevues semi-dirigées; groupes de discussion et observation participante	N = 28	Australie, West Australia (Daylesford, Victoria et Denmark) Parties prenantes variées. 2014 à 2016	++	
Hindmarsh, 2014	Comprendre les conflits sociaux associés au développement et à l'exploitation des éoliennes.	Devis qualitatif Revue de presse	682 articles provenant de 44 journaux	Australie Parties prenantes variées qui ont des opinions sur la filière éolienne.		+

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Hoen <i>et al.</i> , 2019	Examiner les facteurs qui peuvent moduler les attitudes envers les projets éoliens.	Devis quantitatif Questionnaires (par téléphone, en ligne et par la poste)	N = 1 705	États-Unis Population résidant à 8 km et moins d'une éolienne. Décembre 2015 à juillet 2016	++	
Hogan <i>et al.</i> , 2022	Comparer les attitudes de différentes communautés à propos de projets éoliens qui présentent une variété de « structures de propriété » (communautaire, partagée et privée).	Devis quantitatif Questionnaires par la poste	N = 376	Écosse (Caithness; Dunvegan; Point et Sandwick) Population résidant à 15 km et moins d'une éolienne et qui en reçoit un bénéfice. Février à avril 2022	++	
Hooper <i>et al.</i> , 2017	Documenter les expériences et les opinions des pêcheur(-euse)s récréatifs envers le développement des parcs éoliens marins.	Devis quantitatif Questionnaires en ligne	N = 199	Royaume-Uni (côtes de l'Angleterre et de l'Écosse) Pêcheur(-euse)s récréatifs Novembre 2015 à janvier 2016		+

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Jacquet et Stedman, 2013	Examiner les impacts environnementaux, sociaux et économiques des parcs éoliens et des installations de gaz naturel perçus par des propriétaires.	Devis quantitatif Questionnaires par la poste	N = 1 028	États-Unis, état de la Pennsylvanie (Spanning Tioga et Bradford) Population résidant à proximité d'une infrastructure d'énergie. Avril 2011	++	
Jalali <i>et al.</i> , 2016	Examiner l'influence des différences individuelles et des nuisances associées à l'exposition des éoliennes, la santé générale et la qualité de vie, dans un contexte pré et post.	Devis quantitatif Questionnaires par la poste	N = 31 (deux fois)	Canada, Ontario (West Lincoln) Population résidant à 2 km et moins d'une éolienne. Mars à mai 2014 (pré) et mars à mai 2015 (post)		+
Jegen et Audet, 2011	Explorer les différents modèles sociopolitiques et socioéconomiques de développement de la filière éolienne comme facteur d'acceptation sociale.	Devis qualitatif Entrevues semi-dirigées; questionnaires, revue de presse (2003-2008)	N = 20 (entrevues) et N = 23 (questionnaires)	Canada, Québec Parties prenantes variées.		+
Johansen, 2019	Documenter les différentes attitudes à l'égard des projets d'énergie renouvelable au Danemark parmi les résident(e)s permanent(e)s et les propriétaires de résidence secondaire.	Devis quantitatif Sondage postal Enquête transversale	N = 1 913	Zone côtière , Danemark Résident(e)s permanent(e)s et propriétaires de résidence secondaire. Automne 2015	++	

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Johansen, 2021	Analyser l'émergence et l'évolution des technologies de l'énergie éolienne et l'intégration de l'énergie éolienne dans le réseau énergétique au Danemark.	Devis qualitatif Revue intégrative Recherche documentaire et entretiens	S. O.	Danemark	++	
Kapeller et Biegelbauer, 2020	Examiner les stratégies de résolution de conflits liés à des projets éoliens et qui seraient basées sur une approche de participation sociale, démocratique et durable.	Devis qualitatif Revue de presse; recherche documentaire; entretiens avec des acteur(-trice)s impliqués dans le processus décisionnel des projets éoliens.	Six études de cas de projets éoliens entre 2000 et 2015	Basse-Autriche, Autriche		+
Kermagoret <i>et al.</i> , 2016	Étudier les attitudes des parties prenantes à l'égard de l'énergie éolienne en mer.	Devis mixte Cartographie cognitive floue	N = 73	Baie de St-Brieuc, France Les communautés de naturalistes, plaisancier(-ère)s, opposant(e)s, visiteur(-euse)s. Août 2012 à janvier 2013	++	

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++ , +)	
Ki <i>et al.</i> , 2022	Explorer les facteurs associés aux attitudes de résident(e)s vivant à proximité d'éoliennes et la relation avec le dérangement par le bruit.	Devis quantitatif Questionnaire (en personne)	N = 161	Corée du Sud (Shinan, Yeonggwang et Yeongyang) Résident(e)s vivant à proximité d'un parc éolien. Octobre 2020	++	
Kim <i>et al.</i> , 2019	Comprendre les discours et les pratiques associés à l'engagement communautaire et l'acceptation sociale.	Devis qualitatif Entrevues semi-dirigées; revue de presse; recherche documentaire	N = 7	Corée du Sud (Jeju Island) Parties prenantes variées. Juillet 2016 à juin 2017		+
Kim et Chung, 2019	Comprendre l'attachement aux lieux des opposant(e)s en mobilisant la mémoire et les sens.	Devis qualitatif Entrevues semi-dirigées; revue de presse	N = 20	Corée du Sud (Uiryeong, Yeongam, Yeongyang, Pyeongchang et Buan) Résident(e)s et représentant(e)s de villages contre le développement de parcs éoliens. Octobre 2016 à avril 2017	++	
Kontogianni <i>et al.</i> , 2014	Analyser les facteurs qui modulent l'acceptation sociale des projets actuels et à venir.	Devis quantitatif Questionnaire en personne	N = 183	Grèce (Évia) Résident(e)s permanent(e)s de la région d'Évia Mars à août 2005		+

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Liljenfeldt et Pettersson, 2017	Évaluer statistiquement la distribution des parcs éoliens en Suède et leurs relations avec des caractéristiques socioéconomiques de la population.	Devis quantitatif Données géoréférencées provenant de banques de données démographiques et économiques	nd	Suède Résident(e)s vivant à 10 km et moins d'un projet ou d'un parc éolien.		
Maillé et Saint-Charles, 2012	Brosser le portrait des changements sociaux dans une communauté pendant un conflit causé par un projet éolien contesté.	Devis mixte Entrevues semi-dirigées et données sociométriques	N = 93 (entrevues)	Canada, Québec Parties prenantes ayant participé au BAPE Janvier à mai 2010	++	
Maillé et St-Charles, 2014	Étudier les impacts sociaux de l'annonce d'un projet et de ses moyens de diffusion par les parties prenantes.	Devis mixte Entrevues semi-dirigées et données sociométriques	N = 93 (entrevues)	Canada, Québec Parties prenantes ayant participé au BAPE. Janvier à mai 2010	++	
Mills <i>et al.</i> , 2019	Mesurer comment les résident(e)s perçoivent les bénéfices et les inconvénients des éoliennes dans le temps.	Devis quantitatif Questionnaire par la poste	N = 520 (deux fois)	États-Unis, État du Michigan Population vivant à proximité d'un parc éolien. 2014 et 2016	++	

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Mulvaney <i>et al.</i> , 2013	Comprendre le portrait social d'une communauté qui a une bonne acceptation sociale d'un projet.	Devis mixte Questionnaire (par la poste ou en ligne) et entrevues semi-dirigées	N = 750 (questionnaires) N = 4 (entrevues)	États-Unis, État de l'Indiana (Benton) Population du comté et acteur(-trice)s institutionnels Été 2010		+
Nadaï et Labussière, 2017	Analyser l'émergence, la constitution progressive et la structuration de la trajectoire de l'opposition de certains individus.	Devis qualitatif Entrevues semi-dirigées; revue de presse; cartographie mentale	N = 33	France, Seine-et-Marne (Ventville) Parties prenantes variées. Février 2008 à avril 2009		+
Normann, 2021	Explorer les expériences des Saami qui sont confrontés au développement de parcs éoliens.	Devis qualitatif Entrevues semi-dirigées; groupes de discussion; observation	N = 24 (entrevues semi-dirigées (n = 7) et trois groupes de discussions (n = 17))	Norvège Saami Septembre 2018 à mars 2020	++	
Okkonen et Lehtonen, 2016	Comprendre le rôle des entreprises locales dans la création d'impacts socioéconomiques positifs.	Devis quantitatif Banques de données démographiques et économiques (2009)	N = 72 300 (population de trois régions accueillant onze parcs éoliens)	Écosse (régions de Scottish Orkney, Shetland et Outer Hebrides) Population vivant à proximité d'un parc éolien.		+

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019	Évaluer les attitudes des résident(e)s locaux et des entreprises de services touristiques et discuter de façon critique la relation entre le paysage et ces attitudes.	Devis mixte Questionnaire (porte-à-porte); questionnaire photographique; entrevues semi-dirigées	N = 178 (questionnaires) et n = 39 (entrevues)	Islande (Rangarþing ytra, Asahreppur and Skeioa, Gnupverjahreppur) Résident(e)s et pourvoyeur(-euse)s de services touristiques 2014	++	
Otto et Leibenath, 2014	Examiner les notions d'identité collective et d'attachement au lieu pour mieux comprendre les attitudes et les conflits envers un projet.	Devis qualitatif Entrevues semi-dirigées; analyse documentaire	N = 8 (entrevues) et 500 documents	Allemagne (Wolfhagen) Résident(e)s « pour » et résident(e)s « contre » Juillet à septembre 2011		+
Petrova, 2016	Examiner les facteurs qui amènent une communauté à supporter ou à s'opposer à un projet de parc éolien.	Devis quantitatif Questionnaire par la poste	N = 1 051	États-Unis, État du Massachusetts (Hull, Kingston et Falmouth) Résident(e)s permanent(e)s Printemps 2012	++	

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Reitz <i>et al.</i> , 2022	Examiner comment les processus et l'équité au sein d'un projet éolien peuvent contribuer à la construction de consensus.	Devis qualitatif Entrevues semi-dirigées; analyse documentaire	16 entrevues (+ 9 préentrevues)	Allemagne (Brake, Uebigau-Wahrenbrück, Kefenrod et Berg) Parties prenantes variées impliquées dans le processus d'implantation d'un projet. Décembre 2020 à juin 2021		
Russell et Firestone, 2022	Étudier les attitudes locales envers un projet éolien en évaluant les réponses cognitives et affectives et la distance de résidence.	Devis quantitatif Questionnaire par la poste ou en ligne	N = 672 (première enquête) N = 396 (deuxième enquête)	États-Unis, État du Rhode Island Population ayant une vue sur le parc éolien. Entre 2016 et 2018	++	
Shoeib <i>et al.</i> , 2021	Mesurer les impacts des projets éoliens sur les services gouvernementaux, sur les services locaux et sur le coût de la vie.	Devis mixte Analyse de statistiques sur la démographie, sur le taux d'emploi et sur les revenus; entrevues semi-dirigées (téléphone); analyse documentaire; revue de presse	Statistiques économiques et démographiques de 1990 à 2015 12 entrevues (autorités locales) 25 documents gouvernementaux 36 journaux	États-Unis, États du Texas, de la Californie, de l'Oregon, du Colorado et de Washington Population de onze comtés qui accueillent de grands projets éoliens.	++	

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Smythe <i>et al.</i> , 2021	Évaluer les impacts du premier parc éolien marin des États-Unis sur les expériences des navigateur(-trice)s de plaisance.	Devis mixte Groupes de discussion; entrevues semi-dirigées; questionnaire	19 entrevues (95 % des hommes) et 199 questionnaires (81 % des hommes)	États-Unis, États du Rhode Island, du Connecticut, du Massachusetts et de New-York Pêcheur(-euse)s amateurs 2018 et 2019		+
Waldo, 2012	Étudier les attitudes des parties prenantes à propos de deux parcs éoliens marins projetés.	Devis qualitatif Entrevues semi-dirigées	N = 40	Suède (Malmö et Mörbylånga) Parties prenantes variées, dont des résident(e)s des côtes. 2007		+
Walker <i>et al.</i> , 2014	Investiguer comment des résident(e)s qui cohabitent depuis quelques années avec des éoliennes les perçoivent-elles?	Devis mixte Entrevues semi-dirigées et sondage postal	26 entrevues et 152 questionnaires	Canada, Ontario (Port Burwell et Clear Creek) Résident(e)s vivant dans un rayon de 2 km d'une turbine. Entre été 2011 et automne 2012	++	

Effets sociaux et communautaire et acceptabilité sociale (suite)					
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)
Walker <i>et al.</i> , 2015	Comprendre pourquoi certains résident(e)s qui cohabitent avec des éoliennes subissent des impacts négatifs à leur qualité de vie et expérimentent des conflits locaux.	Devis mixte Entrevues semi-dirigées et sondage postal	26 entrevues et 152 questionnaires	Canada, Ontario (Port Burwell et Clear Creek) Résident(e)s vivant dans un rayon de 2 km d'une turbine. Entre été 2011 et automne 2012	++

Paysage et aménagement du territoire						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Borger <i>et al.</i> , 2015	Évaluer les bénéfices écologiques des parcs éoliens au large et l'atténuation des impacts visuels des turbines.	Mixte Design séquentiel	N = 519	Royaume-Uni (Liverpool, Cumbria, Lancashire, North Wales). Les éoliennes seraient implantées dans la mer d'Irlande. Hommes et femmes de 16 ans et plus, majoritairement population côtière Entre novembre 2013 et janvier 2014		+
Brownlee <i>et al.</i> , 2015	Mesurer l'attitude des plaisancier(-ère)s de la mer à l'égard de l'énergie éolienne en mer et examiner les relations entre l'attachement au lieu et l'opposition ou le soutien aux projets planifiés.	Devis mixte Méthode d'équation structurelle	17 entretiens semi-dirigés et 483 sondages en personne	États-Unis (Georgetown et Myrtle Beach, État de la Caroline du Sud) Plaisancier(-ère)s de la mer Été 2011	++	

Paysage et aménagement du territoire (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Buchmayr <i>et al.</i> , 2022	Développer et mettre en application un cadre d'évaluation d'impact social pour les énergies renouvelables afin de quantifier les impacts sur le bien-être des populations mondiales et locales. Plus spécifiquement, l'étude évalue la qualité de vie des résident(e)s locaux et les impacts sur la qualité du paysage.	Quantitative descriptive : Rapport de cas	N = 400	Belgique (côte belge [parcs marins] et Flandre de l'est [parcs terrestres]) Population localisée dans les municipalités adjacentes aux parcs éoliens. Période de collecte en août et septembre 2019 pour la côte belge et de janvier à avril 2020 pour la région Flandre de l'est		+
Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 2014	Étudier le projet de parc éolien communautaire Pierre-De Saurel et recueillir les préoccupations, les opinions et les suggestions des participant(e)s de l'audience.	Rapport d'enquête et d'audience publique	24 mémoires déposés	MRC de Pierre-De Saurel, Québec Du 25 mars au 19 septembre 2014		
Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 2015	Étudier le projet de parc éolien Saint-Cyprien à Saint-Cyprien-de-Napierville et recueillir les préoccupations, les opinions et les suggestions des participant(e)s de l'audience.	Rapport d'enquête et d'audience publique	337 mémoires déposés	MRC des Jardins-de-Napierville, Québec Du 18 mai au 16 septembre 2015		

Paysage et aménagement du territoire (suite)					
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)
Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 2016a	Étudier le projet de parc éolien Nicolas-Riou dans les MRC des Basques et de Rimouski-Neigette et recueillir les préoccupations, les opinions et les suggestions des participant(e)s de l'audience.	Rapport d'enquête et d'audience publique	75 mémoires déposés	MRC des Basques et de Rimouski-Neigette, Québec Du 28 septembre 2015 au 27 janvier 2016	
Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 2016b	Étudier le projet de parc éolien Mont Sainte-Marguerite à Saint-Sylvestre, Saint-Séverin et Sacré-Cœur-de-Jésus et recueillir les préoccupations, les opinions et les suggestions des participant(e)s de l'audience.	Rapport d'enquête et d'audience publique	74 mémoires déposés	MRC de Lotbinière, Québec Du 6 octobre 2015 au 12 février 2016	
Chappell <i>et al.</i> , 2020	Examiner les perceptions des paysages utilitaires et des changements dans le paysage au Canada.	Quantitative descriptive Sondage	N = 335	Canada : the Chignecto area, zone localisée aux frontières entre le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse. Hommes et femmes de 20 ans et plus demeurant dans les villes de Sackville et Amherst. Période de collecte entre mai et juillet 2018	++

Paysage et aménagement du territoire (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Fast, 2015	Dresser un portrait nuancé des différents discours d'opposition et ceux en faveur des projets éoliens proposés et ceux déjà en opération dans les communautés d'accueil, à l'aide d'une étude de cas en Ontario.	Mixte Design séquentiel	N = 27	Ontario : sur les côtes et les îles du lac Ontario Propriétaires de terrains recevant des éoliennes, des opposant(e)s aux projets éoliens locaux et des supporteur(-trice)s aux projets éoliens locaux. Collecte d'une durée de trois mois, mais temporalité non précisée.		+
Hoen <i>et al.</i> , 2019	Faire la lumière sur les attitudes à l'égard des projets éoliens locaux pour guider les décideur(-euse)s de manière à améliorer les processus, le design, l'acceptation et la réalisation globale des projets.	Quantitative descriptive Sondage	N = 1 705	États-Unis Résident(e)s vivant dans un rayon de 8 km d'une turbine éolienne. Collecte séquentielle de décembre 2015 à juillet 2016	++	

Paysage et aménagement du territoire (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Jones <i>et al.</i> , 2011	Favoriser la compréhension de certains facteurs permettant de guider l'estimation de l'ampleur des développements éoliens et plus spécifiquement, le nombre de turbines que la population locale serait prête à tolérer (estimation de la capacité de support).	Quantitative descriptive Sondage	N = 655	Royaume-Uni : the Humberhead Levels region Résident(e)s de la région, vivant à proximité d'un ou plusieurs projets de parcs éoliens. Période de collecte en septembre 2008	++	
Krause <i>et al.</i> , 2016	Évaluer les facteurs qui influencent le support du public envers les projets éoliens.	Quantitative descriptive Sondage	N = 954	États-Unis : comté de Kittitas, (Washington); comtés de Solano et Contra Costa (Californie) Population régionale Période de collecte à l'hiver 2013		+
Mulvaney <i>et al.</i> , 2013	Présenter une analyse complète de l'acceptabilité de l'énergie éolienne dans trois comtés de l'Indiana, USA.	Mixte Design convergent	1 750 sondages ont été distribués et le taux de réponse moyen pour les trois comtés était de 42,6 %, pour un total d'environ 745 répondant(e)s.	USA, Indiana State (Benton County, Tippecanoe County, Boone County) Échantillon stratifié pour les comtés de Boone et Tippecanoe pour cibler les résident(e)s des secteurs ruraux les plus enclins à voir des turbines. Période de collecte à l'été 2010	++	

Paysage et aménagement du territoire (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Ólafsdóttir et Sæþórsdóttir, 2019	Évaluer les attitudes des résident(e)s locaux (et des entreprises touristiques) envers le <i>Burfell wind farm</i> , projet éolien proposé et, plus généralement, envers la présence de turbines éoliennes dans le paysage islandais.	Devis mixte Questionnaire (porte-à-porte); questionnaire photographique; entrevues semi-dirigées	N = 178 (questionnaires) et n = 39 (entrevues)	Islande (Southern highlands) Résident(e)s des municipalités adjacentes au projet Période de collecte non précisée	++	
Pohl <i>et al.</i> , 2012	Analyser si les marqueurs d'obstruction sur les turbines ont le potentiel de causer un dérangement substantiel en général ou influencent plutôt une minorité sensible. De ce fait, analyser si ces équipements influencent l'acceptabilité sociale de l'énergie éolienne.	Quantitative descriptive Sondage	N = 420	Allemagne Résident(e)s vivant à l'intérieur de 8 km d'un parc éolien et avec une vue directe sur au moins une éolienne. Période de collecte de février à septembre 2009		+

Paysage et aménagement du territoire (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Veidemane et Nikodemus, 2015	Explorer les attitudes et les préférences des parties prenantes envers les nouveaux développements en zone marine le long de la côte est de la mer baltique et contribuer à une meilleure compréhension des perceptions du public et des attitudes envers les changements potentiels et les impacts sur les paysages côtiers pour supporter une prise de décision informée de la part des autorités.	Quantitative descriptive Sondage	N = 670	Lettonie : villes de Jurkalne et de Pavilosta (côte de la mer baltique) Citoyen(-ne)s locaux et touristes Période de collecte en avril et mai 2012		+
Voltaire et Koutchade, 2020	Identifier les facteurs affectant l'acceptation de projets de parcs éoliens marins par les utilisateur(-trice)s de la plage (résident[e]s et touristes) et identifier les facteurs qui pourraient provoquer un changement dans leur comportement en raison du projet.	Méthode mixte Design convergent	N = 641	Espagne : Catalogne Les utilisateur(-trice)s de la plage : résident(e)s et touristiques Période de collecte à l'été 2012	++	

Paysage et aménagement du territoire (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Waldo, 2012	Étudier les points de vue exprimés par les locaux envers deux projets de parc éolien marins en Suède et mieux comprendre les attitudes des opposants au projet.	Qualitative : étude de cas	N = 49	Suède : Kalmarsund et Malmo Citoyen(-ne)s locaux et représentant(e)s d'association villageoise Période de collecte en 2007		+
Wheeler, 2017	Étudier comment les attitudes envers les parcs éoliens existants sont influencées par les expériences vécues du paysage et du lieu ainsi que par la représentation sociale de la nature et de la ruralité.	Qualitative : recherche narrative	N = 78	Angleterre : Mullion, Martham et Askam & Ireleth Communauté rurale Périodes de collecte en octobre 2012 (Mullion), avril 2013 (Askam) et septembre 2013 (Martham)		+

Eau potable					
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (+, +, +)
Lu <i>et al.</i> , 2019	Analyser la qualité de l'eau souterraine utilisée comme source d'eau potable par la population locale dans le bassin versant de Bogdalen (Norvège) qui traverse les parcs éoliens de Kvitfjell et Raudfjell, le plus grand parc éolien du nord de la Norvège.	Étude de cas Collecte de données physico-chimiques et bactériologiques à l'eau brute de sites situés sur les parcs éoliens et au niveau du bassin versant. Analyse de la vulnérabilité des aquifères et le risque de pollution.	13 échantillons d'eau brute collectés au site du bassin versant Bogdalen de mars à novembre et un échantillon à chacun des trois sites situés sur les parcs éoliens en novembre.	Norvège, trois communautés situées à proximité des parcs éoliens. Les résident(e)s s'alimentent en eau potable à l'aide de puits privés. Parc éolien de 67 éoliennes. Période de collecte allant de mars à novembre 2019.	+
Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), 2011	Analyser les principaux risques sanitaires liés aux différentes phases d'implantation, d'opérationnalisation et de démantèlement de systèmes de récupération d'énergie renouvelable (dont l'éolien) dans des périmètres de protection de captage (PPC). Proposer des mesures de maîtrise des points critiques identifiés.	Rapport d'expertise collective Analyse de données issues de la littérature et de dossiers de demande d'installation de dispositifs d'exploitation d'énergies renouvelables dans les PPC destinés à la production d'eau potable.	31 dossiers dont 14 relatifs à l'éolien, 11 à l'énergie solaire photovoltaïque et six à la géothermie.	France Population vivant à proximité des parcs éoliens; divers parcs éoliens terrestres.	Document issu de la recherche complémentaire

Eau potable (suite)					
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (+, ++, +)
Rapport de suivi environnemental des puits privés vulnérables d'approvisionnement en eau potable, parc éolien du Mont Sainte-Marguerite, (Groupe Hémisphère), 2018	Faire état des observations et des données recueillies dans le but d'analyser les impacts du projet de parc éolien du Mont Sainte-Marguerite sur les sources d'alimentation en eau potable situées dans la zone d'étude.	Rapport de suivi environnemental Caractérisation de la qualité de l'eau et de la capacité des puits.	37 puits jugés vulnérables.	Québec, Canada Population vivant à proximité des zones de construction du parc éolien.	Document issu de la recherche complémentaire
Rapport d'analyse environnementale pour le projet de parc éolien Mont Sainte-Marguerite sur le territoire des municipalités régionales de comté de Lotbinière, de Robert-Cliche et des Appalaches par Parc éolien Mont Sainte-Marguerite S.E.C. (MELCCFP), 2018	Évaluer et examiner les impacts sur l'environnement du projet de parc éolien Mont Sainte-Marguerite incluant les sources d'eau potable.	Rapport d'évaluation environnementale	37 puits jugés vulnérables.	Québec, Canada Population vivant à proximité des zones de construction du parc éolien.	Document issu de la recherche complémentaire

Eau potable (suite)					
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (+, ++, +)
Rapport d'analyse environnementale pour le projet de parc éolien Montérégie sur le territoire des municipalités régionales de comté de Roussillon et des Jardins-de-Napierville par Kruger Énergie Montérégie S.E.C. (MELCCFP), 2019	Évaluer et examiner les impacts sur l'environnement du projet de parc éolien communautaire de Frampton incluant les sources d'eau potable.	Rapport d'évaluation environnementale	Pour la MRC de Roussillon, environ 60 % de la population est alimentée à partir de puits exploitant les aquifères locaux, dont plus de 20 % par des puits domestiques (individuels). Pour la MRC des Jardins-de-Napierville, toute la population est alimentée à partir de sources d'eau souterraine, dont 68 % par des puits domestiques.	Québec, Canada Population vivant à proximité des parcs éoliens.	Document issu de la recherche complémentaire
Rapport d'analyse environnementale pour le projet d'aménagement du parc éolien Des Moulins sur le territoire de la ville de Thetford Mines ainsi que des municipalités de Saint-Jean-de-Brébeuf et de Kinnear's Mills par Énergie Éolienne Des Moulins S.E.C. (MELCCFP), 2020	Évaluer et examiner les impacts sur l'environnement du projet de parc éolien Des Moulins incluant les sources d'eau potable.	Rapport d'évaluation environnementale	100 puits privés répartis le long des routes à l'intérieur de la zone d'étude.	Québec, Canada Population vivant à proximité des parcs éoliens.	Document issu de la recherche complémentaire

Eau potable (suite)					
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (+, ++, +)
Rapport d'analyse environnementale pour le projet de parc éolien Apuiat sur le territoire de la ville de Port-Cartier et le territoire non organisé de Lac-Walker par Parc éolien Apuiat S.E.C. (MELCCFP), 2021	Évaluer et examiner les impacts sur l'environnement du projet de parc éolien Apuiat, incluant les sources d'eau potable.	Rapport d'évaluation environnementale	Trois des sept réseaux de distribution d'eau potable dans la MRC de Sept-Rivières, tous à Sept-Îles (Québec), s'alimentent en eau souterraine. Ces réseaux approvisionnent environ 3,2 % de la population de la MRC alors qu'environ 2,8 % de la population obtient son eau potable par puits individuels.	Québec, Canada Population vivant à proximité des parcs éoliens.	Document issu de la recherche complémentaire

Bruit						
Auteurs et autrices, année	Issues de santé analysées	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon et taux de participation; n (%)	Pays, population spécifique concernée	Qualité évaluée (+, +, +)	
Janssen <i>et al.</i> , 2011	Fort dérangement	Devis quantitatif Analyse groupée de trois enquêtes transversales. Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	1 820 participant(e)s (études individuelles : 341 (68 %), 754 (58 %) et 725 (37 %) participant[e]s).	Suède et Pays-Bas Divers parcs éoliens terrestres (études individuelles : 16, 478 et 1 735 éoliennes).		+
Pedersen, 2011	Fort dérangement	Devis quantitatif Analyse groupée de trois enquêtes transversales. Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	1 755 participant(e)s (études individuelles : 341 [68 %], 754 [58 %] et 725 [37 %] participant[e]s).	Suède et Pays-Bas Divers parcs éoliens terrestres (études individuelles : 16, 478 et 1 735 éoliennes).		+
Kuwano <i>et al.</i> , 2014	Fort dérangement Qualité de vie, bien-être et santé mentale	Devis quantitatif Enquête cas-témoin Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	747 participant(e)s exposés (cas) (49 %), 332 participant(e)s non exposés (témoins) (45 %).	Japon Divers parcs éoliens terrestres (34 sites exposés au bruit des éoliennes; 16 sites non exposés au bruit des éoliennes).		+

Bruit (suite)						
Auteurs et autrices, année	Issues de santé analysées	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon et taux de participation; n (%)	Pays, population spécifique concernée	Qualité évaluée (+, +, +)	
Pawlaczyk-Luszczynska <i>et al.</i> , 2014	Dérangement Perturbation du sommeil	Devis quantitatif Enquête pilot de terrain Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	156 participant(e)s (71 % pour le questionnaire général et 54 % pour le questionnaire Goldberg General Health [GHQ-12]).	Pologne Divers parcs éoliens terrestres (trois parcs éoliens situés dans le centre et le nord-ouest de la Pologne composés au total de 108 éoliennes).		+
Feder <i>et al.</i> , 2015	Qualité de vie, bien-être et santé mentale	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	1 238 participant(e)s (78,9 %)	Canada (Ontario et Île-du-Prince-Édouard)	++	
Michaud <i>et al.</i> , 2016d	Fort dérangement	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	1 238 participant(e)s (78,9 %)	Canada (Ontario et Île-du-Prince-Édouard)	++	
Michaud <i>et al.</i> , 2016c	Fort dérangement Perturbation du sommeil	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	1 238 participant(e)s (78,9 %), dont 707 pour les mesures d'actigraphie.	Canada (Ontario et Île-du-Prince-Édouard)	++	

Bruit (suite)						
Auteurs et autrices, année	Issues de santé analysées	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon et taux de participation; n (%)	Pays, population spécifique concernée	Qualité évaluée (+, +, +)	
Michaud <i>et al.</i> , 2016b	Fort dérangement Perturbation du sommeil Qualité de vie, bien-être et santé mentale	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	1 238 participant(e)s (78,9 %)	Canada (Ontario et Île-du-Prince-Édouard).	++	
Michaud <i>et al.</i> , 2016a	Qualité de vie, bien-être et santé mentale	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	1 238 participant(e)s (78,9 %) pour la perception individuelle du stress. 1 077 participant(e)s (87,0 %) pour les mesures de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque. 675 participant(e)s (87,9 %) pour les mesures de cortisol capillaire.	Canada (Ontario et Île-du-Prince-Édouard).	++	
Hongisto <i>et al.</i> , 2017	Fort dérangement	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	429 participant(e)s (57 %)	Finlande Trois parcs éoliens terrestres (26 éoliennes).		+

Bruit (suite)						
Auteurs et autrices, année	Issues de santé analysées	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon et taux de participation; n (%)	Pays, population spécifique concernée	Qualité évaluée (+, +, +)	
Brauner <i>et al.</i> , 2018	Effets cardiovasculaires ou métaboliques	Devis quantitatif Étude de cohorte (données de registres). Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	23 994 participant(e)s, dont 686 incidences d'hospitalisation ou de décès en raison d'un infarctus du myocarde ^A .	Danemark Divers parcs éoliens (8 768 éoliennes terrestres en opération au Danemark entre 1982 et 2013).		+
Michaud <i>et al.</i> , 2018	Dérangement global associé à cinq caractéristiques des éoliennes	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une variable de substitution (distance).	1 238 participant(e)s (78,9 %).	Canada (Ontario et Île-du-Prince-Édouard)		+
Poulsen, 2018d	Effets cardiovasculaires ou métaboliques	Devis quantitatif Enquête de cohorte (données de registres) Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	15 092 infarctus du myocarde correspondant à 13 343 personnes ^A . 14 623 accidents vasculaires cérébraux (AVC) correspondant à 13 026 personnes ^A .	Danemark Divers parcs éoliens terrestres (7 256 éoliennes en opération au Danemark entre 1982 et 2013).		+
Poulsen <i>et al.</i> , 2018b	Effets cardiovasculaires ou métaboliques	Devis quantitatif Enquête de cohorte (données de registres). Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	614 731 personnes, dont 25 148 ont développées le diabète ^A .	Danemark Divers parcs éoliens terrestres (7 256 éoliennes en opération au Danemark entre 1996 et 2012).	++	

Bruit (suite)						
Auteurs et autrices, année	Issues de santé analysées	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon et taux de participation; n (%)	Pays, population spécifique concernée	Qualité évaluée (+, +, +)	
Poulsen A. <i>et al.</i> , 2018c	Issues défavorables de la grossesse	Devis quantitatif Enquête de cohorte (données de registres). Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	135 795 naissances, dont 13 003 étaient des naissances prématurées ^A . 122 792 naissances à terme, dont 12 220 étaient petits pour l'âge gestationnel ^A . 122 792 naissances à terme dont 1 127 avaient un faible poids ^A .	Danemark Divers parcs éoliens terrestres (7 256 éoliennes en opération au Danemark entre 1982 et 2013).		+
Poulsen <i>et al.</i> , 2018a	Effets cardiovasculaires ou métaboliques	Devis quantitatif Enquête de cohorte (données de registres) Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	535 675 personnes, dont 83 729 avaient utilisé des antihypertenseurs ^A .	Danemark Divers parcs éoliens terrestres (7 256 éoliennes en opération au Danemark entre 1996 et 2013).	++	
Pawlaczyk-Luszczynska <i>et al.</i> , 2018	Fort dérangement	Devis quantitatif Enquête transversale. Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	517 participant(e)s (78 %)	Pologne Dix parcs éoliens terrestres (213 éoliennes).		+

Bruit (suite)						
Auteurs et autrices, année	Issues de santé analysées	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon et taux de participation; n (%)	Pays, population spécifique concernée	Qualité évaluée (+, +, +)	
Brauner <i>et al.</i> , 2019b	Effets cardiovasculaires ou métaboliques	Devis quantitatif Enquête de cohorte (données de registres) Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	24 137 participant(e)s, dont 1 430 ont développé la fibrillation auriculaire ^A .	Danemark Divers parcs éoliens terrestres (8 768 éoliennes en opération au Danemark entre 1982 et 2013).		+
Brauner <i>et al.</i> , 2019a	Effets cardiovasculaires ou métaboliques	Devis quantitatif Enquête de cohorte (données de registres) Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	23 912 participant(e)s, dont 1 097 ont eu un accident vasculaire cérébral (AVC) ^A .	Danemark Divers parcs éoliens terrestre (8 768 éoliennes en opération au Danemark entre 1982 et 2013).		+
Haac <i>et al.</i> , 2019	Fort dérangement	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	1 705 participant(e)s, dont 1 025 pour lesquels les niveaux sonores ont été modélisés (13,8 % pour les participant[e]s par téléphone et de 17,9 % pour les participant[e]s par courriel ou Internet).	États-Unis 61 parcs éoliens terrestres modélisés et 189 parcs éoliens terrestres non modélisés (29 848 éoliennes).		+

Bruit (suite)						
Auteurs et autrices, année	Issues de santé analysées	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon et taux de participation; n (%)	Pays, population spécifique concernée	Qualité évaluée (+, +, +)	
Radun <i>et al.</i> , 2019	Fort dérangement Perturbation du sommeil	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	Dérangement : 307 participant(e)s (57 %) Perturbation du sommeil : 308 (57 %)	Finlande Trois parcs éoliens terrestres (26 éoliennes).		+
Poulsen <i>et al.</i> , 2019a	Perturbation du sommeil	Devis quantitatif Enquête de cohorte (données de registres) Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	583 968 participant(e)s, dont 68 696 avaient utilisé des somnifères pendant 4 974 043 années-personnes ^A . 584 891 participant(e)s, dont 82 373 ont utilisé des antidépresseurs pendant 4 986 327 années-personnes ^A .	Danemark Divers parcs éoliens terrestres (7 256 éoliennes en opération au Danemark entre 1996 et 2013).		+
Poulsen <i>et al.</i> , 2019b	Effets cardiovasculaires ou métaboliques	Devis quantitatif Enquête de cohorte (données de registres) Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	711 249 participant(e)s, dont 19 145 (2,7 %) ont développé un infarctus du myocarde pendant 7 440 090 années-personnes ^A . 712 401 participant(e)s, dont 18 064 (2,5 %) ont développé accident vasculaire cérébral (AVC) pendant 7 466 239 années-personnes ^A .	Danemark Divers parcs éoliens terrestres (7 256 éoliennes en opération au Danemark entre 1982 et 2013).		++

Bruit (suite)					
Auteurs et autrices, année	Issues de santé analysées	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon et taux de participation; n (%)	Pays, population spécifique concernée	Qualité évaluée (+, +, +)
Michaud, Keith <i>et al.</i> , 2021	Perturbation du sommeil	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	343 des 1 238 participant(e)s à l'étude complète de Santé Canada (78,9 %)	Canada (Ontario et Île-du-Prince-Édouard)	++
Qu <i>et al.</i> , 2021	Dérangement Perturbation du sommeil Qualité de vie, bien-être et santé mentale	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une modélisation du bruit (niveau sonore).	359 participant(e)s (12 %)	Royaume-Uni Trois parcs éoliens terrestres (quatre éoliennes).	+

^A Seule une petite proportion des cas était fortement exposée au bruit des éoliennes. C'est donc dire que l'échantillon dans les catégories de bruit les plus élevées était considérablement réduit.

Ombres mouvantes					
Auteurs et autrices, année	Issues de santé analysées	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon et taux de participation; n (%)	Pays, population spécifique concernée	Qualité évaluée (+, +, +)
Michaud <i>et al.</i> , 2016b	Fort dérangement	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une variable de substitution (niveau sonore).	1 238 participant(e)s (78,9 %)	Canada (Ontario et Île-du-Prince-Édouard) Divers parcs éoliens terrestres (399 éoliennes).	++
Voicescu <i>et al.</i> , 2016	Fort dérangement	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une modélisation des ombres mouvantes (durée).	1 238 participant(e)s (78,9 %)	Canada (Ontario et Île-du-Prince-Édouard) Divers parcs éoliens terrestres (399 éoliennes).	++
Michaud <i>et al.</i> , 2016a	Fort dérangement	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une variable de substitution (niveau sonore).	1 238 participant(e)s (78,9 %)	Canada (Ontario et Île-du-Prince-Édouard) Divers parcs éoliens terrestres (399 éoliennes).	++
Michaud, Marro et McNamee, 2018	Dérangement global (associé à cinq caractéristiques des éoliennes).	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une variable de substitution (distance).	1 238 participant(e)s (78,9 %)	Canada (Ontario et Île-du-Prince-Édouard) Divers parcs éoliens terrestres (399 éoliennes).	++

Ombres mouvantes (suite)						
Auteurs et autrices, année	Issues de santé analysées	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon et taux de participation; n (%)	Pays, population spécifique concernée	Qualité évaluée (+, +, +)	
Feder <i>et al.</i> , 2015	Qualité de vie, bien-être et santé mentale	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par une variable de substitution.	1 238 participant(e)s (78,9 %)	Canada (Ontario et Île-du-Prince-Édouard) Divers parcs éoliens terrestres (399 éoliennes).	++	
Pawlaczyk-Łuszczynska <i>et al.</i> , 2014	Dérangement	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition évaluée par des variables de substitution (distance; niveau sonore).	159 participant(e)s (71 %)	Pologne Divers parcs éoliens terrestres (108 éoliennes).		+
Pohl, Hubner et Mohs, 2012	Dérangement	Devis quantitatif Enquête transversale Exposition non évaluée.	420 participant(e)s (24,8 %)	Allemagne Divers parcs éoliens terrestres (113 éoliennes).		+
Loren <i>et al.</i> , 2014	Dérangement Risque pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible	Revue de littérature Revue systématique	Six documents	Tous les pays Avant avril 2014		+
Freiberg <i>et al.</i> , 2019a	Dérangement Risque pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible Qualité de vie, bien-être et santé mentale	Revue de littérature Examen de la portée	13 documents	Tous les pays 2000-2017	++	

Ombres mouvantes (suite)					
Auteurs et autrices, année	Issues de santé analysées	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon et taux de participation; n (%)	Pays, population spécifique concernée	Qualité évaluée (+, +, +)
Freiberg <i>et al.</i> , 2019b	Dérangement Fort dérangement Risque pour les personnes souffrant d'épilepsie photosensible	Revue de littérature Revue systématique	11 documents	Tous les pays Jusqu'au 12 septembre 2017	++

Champs électromagnétiques					
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (+, +, +)
Knopper <i>et al.</i> , 2014	S. O.	Revue de littérature Revue systématique	Trois documents	Tous les pays Avant avril 2014	+
Freiberg <i>et al.</i> , 2019	S. O.	Revue de littérature Examen de la portée	Un document	Tous les pays 2000-2017	++
van Kamp <i>et al.</i> , 2021	S. O.	Revue de littérature Revue systématique	Aucun document	Tous les pays 2017-2020	++

Santé et sécurité au travail						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (+, +, +)	
Aneziris <i>et al.</i> , 2016	Quantifier les risques (blessures et décès) chez les travailleur(-euse)s (construction, opération et entretien).	Devis quantitatif Méthode probabiliste; étude cas-témoin	19 travailleur(-euse)s Cas contrôle : Base de données nationale de la Hollande (<i>Dutch accident database</i>)	Grèce, municipalité de Patras Parc éolien terrestre de 16 éoliennes. 2013		+
Dethleff <i>et al.</i> , 2016	Brosser le portrait des blessures et maladies urgentes et évaluer la durée des évacuations aériennes.	Devis quantitatif Rapport de cas	39 évacuations aériennes	Allemagne Parc éolien <i>Bard Offshore 1</i> (80 éoliennes). Août 2011 à décembre 2013		+
Freiberg <i>et al.</i> , 2018	Documenter les effets des éoliennes sur la santé des travailleur(-euse)s.	Revue de littérature Examen de la portée	20 articles	Tous les pays 2000 -2017		+
Mette <i>et al.</i> , 2018a	Explorer les perceptions des employé(e)s sur la fatigue professionnelle et sur la santé.	Devis qualitatif Entrevues semi-dirigées (téléphone)	21 travailleur(-euse)s	Allemagne Divers parcs éoliens marins. Période de collecte inconnue.	++	
Mette <i>et al.</i> , 2018b	Examiner le lien entre les demandes de l'employeur et le stress et étudier le rôle de protection des ressources personnelles et professionnelles.	Devis quantitatif Enquête transversale (en ligne)	250 travailleur(-euse)s	Allemagne Divers parcs éoliens marins. Septembre 2016 à janvier 2017	++	

Santé et sécurité au travail (suite)						
Auteurs et autrices, année	Objectifs de l'étude ou du rapport	Devis et méthode de collecte des données	Taille de l'échantillon (n =)	Pays, population spécifique concernée, période de collecte	Qualité évaluée (++, +)	
Velasco Garrido <i>et al.</i> , 2018a	Évaluer les efforts physiques des travailleur(-euse)s selon le type d'emploi et la phase du parc éolien (construction et exploitation).	Devis quantitatif Enquête transversale (en ligne)	268 travailleur(-euse)s	Allemagne Divers parcs éoliens marins. Septembre 2016 à janvier 2017	++	
Velasco Garrido <i>et al.</i> , 2018b	Évaluer la qualité du sommeil des salarié(e)s et explorer les facteurs associés à une mauvaise qualité du sommeil.	Devis quantitatif Enquête transversale (en ligne)	268 travailleur(-euse)s	Allemagne Divers parcs éoliens marins. Septembre 2016 à janvier 2017	++	

Centre de référence et d'expertise
en santé publique depuis 1998



www.inspq.qc.ca

*Institut national
de santé publique*

Québec



De : Mathieu Gauthier

Envoyé : 7 février 2023 11:08

À : [REDACTED]

Cc : Patricia Hudson <patricia.hudson@inspq.qc.ca>; Jean-Claude Dessau <Jean-Claude.Dessau@inspq.qc.ca>; Christiane Thibault <christiane.thibault@inspq.qc.ca>

Objet : RE: Recommandation de l'INSPQ quant à l'exposition des enfants aux CEM en milieu de garderie

Bonjour [REDACTED],

Tout d'abord, permettez-moi de préciser que je ne suis pas médecin, mais physicien de formation (PhD en physique, dans le domaine de la biophotonique).

En ce qui a trait à la littérature scientifique plus récente, elle ne permet pas d'aller beaucoup plus loin que le dernier positionnement de santé publique au Québec sur cette question. Par exemple, une analyse regroupée d'études récentes ne montre d'ailleurs pas d'association entre les champs magnétiques d'extrêmement basse fréquence (CM-EBF) et la leucémie de l'enfant. Je vous partage intégralement la conclusion :

"In conclusion, our results do not show the risk increase observed in previous pooled analysis and, over time, show a decrease in effect to no association between MF and childhood leukemia. This could be due to methodological issues, random chance, or a true finding of disappearing effect. The public-health implications of this finding are, of course, very different depending on whether the best estimate of the true risk is regarded as the most recent evidence (essentially no evidence of elevated risk) or as the aggregate evidence over the whole period (a small elevated risk)." **Amoon et collaborateurs, Pooled analysis of recent studies of magnetic fields and childhood leukemia. Environmental Research 204 (2022).**

Donc, comme vous le mentionnez, les études dans leur ensemble montrent encore un risque possible à des niveaux d'exposition aux CM-EBF qui sont très faibles. Comme vous le mentionnez également, les raisons expliquant l'observation de cette association demeurent inconnues. J'ajouterais que cette incertitude pourrait persister pendant encore très longtemps. Ça ne semble plus être un domaine de recherche aussi actif qu'avant. Il est probable que ce sont les recherches portant sur l'étiologie de la leucémie de l'enfant, plutôt que celle portant sur l'exposition aux CM, qui pourront apporter des éléments de réponse à cette question.

Du côté de l'évaluation des risques environnementaux associés à la leucémie de l'enfant, vous êtes probablement mieux placé que moi pour faire une revue de la littérature sur le sujet. Je vous soumetts néanmoins les conclusions de deux articles récents :

« We found “some” level of evidence for an association between postnatal ELF-MF exposure and childhood ALL with higher risk estimates in the highest exposed categories [100]. [...] Another limitation inherent in systematic reviews and thereby umbrella reviews is that bias affecting the original studies is not removed, but rather is exaggerated; so some of the associations seen could be due to bias as the majority of ALL case-control studies suffer from the same vulnerability to recall and selection bias. ELF-MF is an example where the epidemiological association was established more than 20 years ago but concerns about bias and the lack of biological plausibility of the association have precluded any conclusions on causality [8]. » **Onyije et collaborateurs, Environmental Risk Factors for Childhood Acute Lymphoblastic Leukemia: An Umbrella Review. Cancers 2022, 14, 382**

« The presented study results are relatively consistent in that they show a higher risk for developing CL and specifically ALL with MF exposures above 0.3 or 0.4 μ T. Based on these findings, IARC classified ELF-MF as possibly carcinogenic to humans (Group 2B) in the year 2002 (114). However, how ELF-MF may cause leukemia is unknown – until today, no plausible biological mechanism has been found, and experimental in vitro and in vivo studies do not confirm the results of the epidemiological studies. Besides, it was shown that newer epidemiological findings point to a decline in the reported relative risk (RR) since the 1990’s to now (115). » **Schmidt et collaborateurs, Risk Factors for Childhood Leukemia: Radiation and Beyond. Frontiers in Public Health December 2021, Volume 9.**

À ma connaissance, le dernier positionnement de santé publique au Québec en lien avec la question des risques à la santé des CM-EBF remonte à 2012 :

<https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2014/14-208-01W.pdf>. Compte tenu des résultats des nouvelles études, les éléments de discussion abordés dans ce document devraient toujours être valides.

En ce qui a trait à l’application du principe de précaution, le cadre de référence sur la gestion des risques en santé publique au Québec s’appuie toujours sur la notion de plausibilité du risque :

« L’application du principe de précaution n’implique pas la mise en oeuvre d’une mesure spécifique (EPRS, 2015). De plus, il convient d’adopter une telle approche proactive avec discernement, rigueur et transparence en tenant compte de la gravité et de la plausibilité du risque potentiel. (INSPQ, 2003) » (Cortin et collaborateurs, 2016). Le cadre précédent développait davantage la notion de précaution : « Quant à la précaution, elle vise à éviter des risques potentiels, i.e. des risques mal connus, entachés d’incertitude et associés à un danger hypothétique, mais jugé plausible. » (Ricard, 2003)

S’il ne fait pas de doute que nous ayons affaire à un risque potentiel grave sur lequel pèse une incertitude, c’est la question de la plausibilité du risque cancérogène qui est délicate à évaluer ici. Dans le cas des CM-EBF, il n’existe pas de preuve d’un mécanisme physique/biologique pouvant expliquer un risque de cancer. Les énergies en cause sont extrêmement faibles et même si de nombreuses hypothèses ont été avancées au fil des années, l’impossibilité de plusieurs a été démontrée et aucune preuve ne permet de soutenir les hypothèses restantes. Du côté des études en laboratoire et des études animales, il y a aussi une absence de preuve positive. Nous ne sommes donc pas dans une absence totale de preuves. Sur ces deux aspects, autant de manière théorique que de manière expérimentale, des efforts de recherche importants ont été déployés pour trouver des explications. Cependant, les résultats sont globalement négatifs et ne permettent pas de soutenir l’hypothèse d’une relation causale telle qu’observée dans les études épidémiologiques. Évidemment, ce type d’étude ne pourrait jamais démontrer l’absence d’un risque, mais le poids de ces éléments de preuve n’est pas négligeable, surtout en lien avec les limites des preuves

épidémiologiques. Dans son positionnement de 2012, le MSSS partageait d'ailleurs l'évaluation de l'OMS qui mentionnait qu'étant donné : « *la faiblesse des éléments en faveur d'un lien entre exposition aux champs magnétiques EBF et leucémie infantile et les effets limités sur la santé publique si un tel lien existe, il est malaisé de déterminer les bienfaits qu'apporterait pour la santé une réduction de l'exposition. Ainsi, le coût des mesures de précaution doit être très bas* ». » ([MSSS, 2012](#)).

En conclusion, même 10 ans après le positionnement de santé publique de 2012 publié par le MSSS, le consensus scientifique sur cette question demeure sensiblement le même. Il subsiste une incertitude, qui va probablement durer encore longtemps. Il y a toujours un écart entre, d'une part, les résultats épidémiologiques (même si les plus récentes semblent montrer une diminution du risque) et, d'autre part, les études portant sur les mécanismes d'action et les études *in vitro* ou *in vivo*.

J'espère avoir répondu à vos questions de manière satisfaisante. Pour toute question additionnelle, je vous invite à contacter Dr Jean-Claude Dessau (Jean-Claude.Dessau@inspq.qc.ca) à la direction régionale de santé publique des Laurentides. Je demeure toutefois disponible pour soutenir Dr Dessau pour les questions relevant de mon expertise.

Cordialement,

Mathieu Gauthier

Conseiller scientifique spécialisé

Unité territoire, évaluation des impacts et adaptation au climat

Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie Institut national de santé publique du Québec

945, avenue Wolfe, Québec (Québec) G1V 5B3

mathieu.gauthier@inspq.qc.ca

INSPQ Centre d'expertise et de référence en santé publique www.inspq.qc.ca