

## **Evaluation d'impact sur la santé**

# **Effets potentiels des éoliennes sur la santé de la population**

**Etude réalisée sur la base d'une analyse documentaire**

Rapport final

 **equiterre**

Partenaire pour le développement durable

Un dossier élaboré sur mandat

**Département de la Santé, des Affaires  
sociales, du Personnel et des Communes  
Département de l'Environnement et de  
l'Équipement**

Rédaction

**equiterre**  
Partenaire pour le développement durable  
5, rue de la Tour  
1004 Lausanne  
Tél : 021 341 41 10  
Fax : 021 341 41 19  
Info.ge@equiterre.ch

**Delémont, mai 2012**

## TABLE DES MATIERES

<b>1. RESUME .....</b>	<b>5</b>
<b>2. INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
2.1 PREAMBULE .....	9
2.2 CONTEXTE GENERAL DE LA POLITIQUE ENERGETIQUE DU CANTON DU JURA.....	10
2.3 CONTEXTE INSTITUTIONNEL DES EOLIENNES DANS LE CANTON DU JURA.....	11
2.4 CONTEXTE DE L'EVALUATION .....	12
2.5 OBJECTIF .....	12
2.5.1 <i>Objectif général</i> .....	12
2.5.2 <i>Objectifs spécifiques</i> .....	12
2.6 DEMARCHE ADOPTEE .....	12
2.7 ELEMENTS DE CADRAGE.....	14
<b>3. APPRECIATION DES ENJEUX EN TERMES DE « SANTE » .....</b>	<b>15</b>
3.1 BRUIT.....	15
3.1.1 <i>Introduction</i> .....	15
3.1.2 <i>Effet potentiel du bruit des éoliennes sur la santé</i> .....	15
3.1.3 <i>Synthèse</i> .....	20
3.1.4 <i>Principaux résultats du rapport d'experts américains</i> .....	20
3.2 INFRASONS ET SONS DE BASSES FREQUENCES.....	21
3.2.1 <i>Introduction</i> .....	21
3.2.2 <i>Effet potentiel des infrasons et des sons de basses fréquences produits par les éoliennes sur la santé</i> .....	22
3.2.3 <i>Synthèse</i> .....	22
3.2.3 <i>Principaux résultats du rapport d'experts américains</i> .....	23
3.3 EFFET STROBOSCOPIQUE – OMBRES MOUVANTES .....	23
3.3.1 <i>Introduction</i> .....	23
3.3.2 <i>Effet potentiel des ombres mouvantes dues aux éoliennes sur la santé</i> .....	23
3.3.3 <i>Synthèse</i> .....	24
3.3.4 <i>Principaux résultats du rapport d'experts américains</i> .....	24
3.4 SECURITE .....	24
3.4.1 <i>Introduction</i> .....	24
3.4.2 <i>Energie éolienne et sécurité des personnes</i> .....	24
3.4.3 <i>Synthèse</i> .....	25
3.4.4 <i>Principaux résultats du rapport d'experts américains</i> .....	26
3.5 IMPACT SUR LES PAYSAGES EN RELATION AVEC LA SANTE .....	26
3.5.1 <i>Introduction</i> .....	26
3.5.2 <i>Effet potentiel des éoliennes sur les paysages en relation avec la santé</i> .....	26
3.5.3 <i>Synthèse</i> .....	27
3.6 ASPECTS SOCIAUX.....	27
3.6.1 <i>Introduction</i> .....	27
3.6.2 <i>Aspects sociaux en lien avec le développement d'éoliennes</i> .....	27
3.6.3 <i>Synthèse</i> .....	30
3.6.4 <i>Principaux résultats du rapport d'experts américains</i> .....	30
<b>4. METHODOLOGIE EES-EIS DANS LE CADRE DE LA STRATEGIE ENERGETIQUE 2035.....</b>	<b>30</b>
<b>5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>30</b>
<b>6. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>33</b>
<b>7. ANNEXES .....</b>	<b>38</b>
7.1 ANNEXE 1: L'ENERGIE EOLIENNE EN SUISSE .....	38
7.2 ANNEXE 2 : CORRELATION ENTRE LES NUISANCES SONORES, LE NIVEAU SONORE dB (A) ET LES VARIABLES SUBJECTIVES (PEDERSEN & WAYE, 2004). .....	39
7.3 ANNEXE 3 : QUELQUES RESULTATS DE L'ETUDE DE PEDERSEN & WAYE (2006) SUR LA PERCEPTION ET LA GENE DUES AU BRUIT DES EOLIENNES DANS DES MILIEUX DE VIE DIFFERENTS. ....	39
7.4 ANNEXE 4 : QUELQUES RESULTATS DE L'ETUDE DE PEDERSEN & WAYE (2007) SUR LE BRUIT DES EOLIENNES, LA GENE, LES EFFETS SUR LA SANTE ET LE BIEN-ETRE DANS DIFFERENTS MILIEUX DE VIE.....	40

7.5 ANNEXE 5 : QUELQUES RESULTATS DE L'ETUDE DE PEDERSEN (2011) SUR LES ASPECTS DE SANTE ASSOCIES AU BRUIT DES EOLIENNES – RESULTATS ISSUS DE TROIS ETUDES DE TERRAIN.....	41
7.6 ANNEXE 6 : REGLEMENTATIONS PAR RAPPORT AU BRUIT DES EOLIENNES .....	42
7.7 ANNEXE 7 : CRITERES D'ACCEPTABILITE DES OMBRES MOUVANTES SELON LES PAYS .....	43
7.8 ANNEXE 8 : PREOCCUPATIONS DES OPPOSANTS AUX EOLIENNES EN REGARD DES ELEMENTS ISSUS DE L'EIS EOLIENNES ET DU RAPPORT D'EXPERTS AMERICAINS .....	45
<b>8. GLOSSAIRE .....</b>	<b>57</b>

## **LISTE DES FIGURES**

<i>FIGURE 1 : SONDAGE D'OPINION AUPRES DE LA POPULATION JURASSIENNE SUR LES OPTIONS ENERGETIQUES (SOURCE : MIS TREND, 2011). « PARMIS LES OPTIONS D'ENERGIES SUIVANTES, LESQUELLES DOIVENT ETRE FAVORISEES PAR LE CANTON ? » .....</i>	<i>11</i>
<i>FIGURE 2 : MODELE THEORIQUE DE LA RELATION ENTRE L'EXPOSITION AU BRUIT ET LA REPONSE. SOURCE : VAN DEN BERG, 2008 DANS INSPQ, 2009.....</i>	<i>16</i>
<i>FIGURE 3 : UNE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA RELATION ENTRE LES EOLIENNES ET LA SANTE DANS UN MILIEU SEMI-RURAL (SHEPERD ET AL, 2011). LA MULTIPLICITE DES RELATIONS EMERGE EN RAISON DE LA VARIABILITE DANS LA REPONSE DES INDIVIDUS.....</i>	<i>18</i>
<i>FIGURE 4 : RELATION ENTRE ATTITUDE, PERCEPTION DU PROCESSUS ET LEGITIMITE DE LA DECISION (GROSS 2007 DANS SAUCIER, 2009).....</i>	<i>29</i>

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>TABLEAU 1 : ENJEUX ABORDES DANS LE CADRE DE L'EIS .....</b>	<b>14</b>
<b>TABLEAU 2 : LIMITES DES NIVEAUX DE BRUIT FIXES DURANT LA NUIT EN FONCTION DES DIFFERENTES ZONES D'HABITATION FIXES PAR L'ALLEMAGNE ET LE DANEMARK (ELLENBOGEN ET AL, 2012, P.60).....</b>	<b>21</b>
<b>TABLEAU 3 : TYPE D'OPPOSITION A UN PROJET SPECIFIQUE. SOURCE WOLSINK, 2007 DANS INSPQ 2009. .</b>	<b>28</b>

# 1. Résumé

## Contexte

En Suisse, le débat sur l'énergie éolienne est un sujet sensible et le Canton du Jura n'y échappe pas. Suite à l'implantation d'éoliennes dans les communes de Saint-Brais et du Peuchapatte (aujourd'hui Muriaux), l'évocation de nouvelles installations suscite des craintes au sein de la population. Le Gouvernement a décidé de suspendre les autorisations concernant les projets éoliens dans l'attente de sa « stratégie énergétique 2035 » et des bases légales y relatives,

## Commande politique

Le Département de la Santé, des Affaires sociales, du Personnel et des Communes et celui de l'Environnement et de l'Équipement ont demandé **une évaluation d'impact sur la santé (EIS) sur les effets potentiels des éoliennes sur la santé de la population.**

## Démarche scientifique

1. Identification et formalisation des **enjeux** à traiter
2. **Appréciation des enjeux** identifiés en termes de « santé »
3. Elaboration d'un rapport présentant la démarche et les résultats

*L'appréciation des enjeux s'est faite notamment sur la base d'un examen de la littérature scientifique à travers deux moteurs de recherche : « PubMed » et « ScienceDirect ». La littérature populaire de même que celle non approuvée par des pairs ont été écartées.*

## Gestion de l'EIS éoliennes

Un groupe de suivi, composé de membres de l'administration jurassienne, a été mis sur pied sous l'égide du service de la santé publique pour accompagner l'exécution de cette EIS.

## Bruit

- Le bruit des éoliennes peut provoquer une gêne, un dérangement chez certaines personnes vivant à proximité des éoliennes.
- Le risque d'entendre le bruit et d'être dérangé a été associé au niveau sonore mais aussi à d'autres facteurs tels que la visibilité des éoliennes, l'attitude des riverains face à celles-ci et la sensibilité au bruit environnemental existant déjà.
- En Suisse comme dans de nombreux pays (*Danemark, Suède, Grèce, Nouvelle-Zélande, etc.*) la réglementation en matière de bruit des éoliennes se focalise plus sur les niveaux sonores que sur les distances (cf. annexe 6).
- Vivre en milieu rural, en comparaison à une zone suburbaine, augmente le risque d'entendre et d'être gêné par le bruit des éoliennes.
- Des corrélations positives ont été observées entre l'augmentation des niveaux sonores et le sentiment de nuisances extérieures et intérieures, l'interruption du sommeil ainsi que d'autres symptômes.
- D'autres corrélations positives ont été notées entre la nuisance extérieure et certains symptômes (interruption du sommeil ; stress ; maux de tête ; irritation) mais des recherches scientifiques supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces constatations.

## Recommandations

⇒ Continuer à aborder la problématique du bruit plutôt en termes de niveau sonore que de distance.

- ⇒ En sus de l'OPB<sup>1</sup>, tenir compte des niveaux de bruit existant lors de la planification d'éoliennes.
- ⇒ Localiser les éoliennes de façon à ce qu'elles soient le moins visibles possible pour les riverains. Rester attentif à l'évolution des connaissances et aux résultats de la recherche scientifique sur les effets potentiels des éoliennes sur la santé.

### **Infrasons et sons de basses fréquences**

- Des incertitudes existent quant aux effets des infrasons et des sons de basses fréquences émis par les éoliennes sur la santé des populations riveraines.
- Certains auteurs estiment que selon les connaissances actuelles du fonctionnement de l'oreille, il est fort probable que les infrasons pourraient avoir des effets sur les riverains. D'autres considèrent que l'intensité des infrasons émise par les éoliennes est inférieure au seuil d'audition. De même, l'intensité des sons de basses fréquences générés par les éoliennes modernes est modérée, et à une distance normale de séparation, elle se situerait autour du seuil de détection consciente.
- Il semble difficile de faire un lien avec la santé lorsque l'intensité de ces sons se situe en dessous du seuil de détection humaine.

### **Recommandations**

- ⇒ Prendre en compte dans le choix des éoliennes, celles caractérisées par une amélioration acoustique de la nacelle comme p.ex. le renforcement de l'isolation.
- ⇒ Positionner les éoliennes de types (1,5 MW et 2,3 MW) à des distances supérieures à 305 m car il ne devrait y avoir aucun effet indésirable sur la santé en lien avec les infrasons et les sons de basses fréquences<sup>2</sup>.
- ⇒ Prendre en compte dans le choix des éoliennes, celles de conception contemporaine avec un rotor positionné face au vent, ce qui permet de réduire le niveau d'infrasons produits.

### **Effet stroboscopique –ombres mouvantes**

- Les effets physiologiques et psychologiques indésirables se produiraient à des fréquences de 3 Hz et plus. Toutefois, une fixation des yeux pendant un temps suffisamment long serait nécessaire pour pouvoir transmettre ces variations de luminosité aux centres du cerveau et conduire finalement à un risque de crises convulsives.
- Les ombres mouvantes peuvent déranger les riverains.
- Des recherches supplémentaires doivent être conduites pour estimer l'impact réel des éoliennes sur les risques de crises épileptiques en relation avec les ombres mouvantes.

### **Recommandations**

- ⇒ Tenir compte de ce phénomène dans la planification des éoliennes, limiter la durée d'exposition de la population, prévoir la plantation de végétaux comme mesure d'atténuation ou éventuellement exiger l'arrêt des éoliennes aux périodes critiques<sup>3</sup>.
- ⇒ Rester attentif à l'évolution des connaissances et aux résultats de la recherche scientifique sur ce sujet.

---

<sup>1</sup> Ordonnance sur la protection contre le bruit

<sup>2</sup> Cette recommandation est issue de l'étude de O'Neal R.D et al. (2011) portant sur les infrasons et les sons de basses fréquences produits par les éoliennes. Elle concerne les éoliennes de types : General Electric (GE) 1.5 sle (1.5 MW) et Siemens SWT 2.3-93 (2.3 MW). La distance de 305 m correspond à 1000 pieds (le pied étant une unité de longueur (1 pied correspond à 30.48 cm)).

<sup>3</sup> Ces périodes critiques peuvent être déterminées par des logiciels qui permettent de prévoir la longueur, la durée et la projection des ombres dans l'environnement.

## Sécurité

- Cette recherche n'a pas trouvé d'études qui répertorient les accidents de personnes vivant à proximité d'éoliennes.
- La majorité des accidents ou des blessures graves dénombrés sont des accidents de travail survenus lors d'opérations de construction, de déconstruction ou de maintenance.

### Recommandations

- ⇒ Prendre en compte les mesures mécaniques de réduction des risques : système automatique d'arrêt d'urgence en cas de bris de pale, de surcharge causée par un dépôt de glace, de vibrations, de surchauffe, etc. ; mise en place de paratonnerres au niveau des éoliennes, etc.
- ⇒ Définir des mesures de sécurité autour des éoliennes en tenant compte de la saison : périmètre, informations, etc.

## Impact sur les paysages<sup>4</sup> en relation avec la santé

- Il semble qu'il y ait une corrélation positive entre le sentiment de gêne occasionné par les éoliennes et leur impact sur le paysage.
- Les sites favorables à l'implantation d'éoliennes, particulièrement les sommets et les crêtes, sont souvent des lieux appréciés pour l'observation du paysage. Ils constituent par conséquent une valeur particulière pour le tourisme et la détente.
- Il semble aussi que la présence d'éoliennes sur certains territoires peut constituer une dégradation de l'attractivité, du charme de ces lieux.

### Recommandations

- ⇒ Définir, à l'échelle cantonale, les paysages à protéger et à valoriser constituant des territoires d'exclusion des éoliennes (par exemple sous la forme d'un plan directeur des paysages).
- ⇒ Prévoir lors de la planification d'éoliennes, l'élaboration d'un concept paysager détaillé (s'inscrivant dans les CEP<sup>5</sup>) intégrant les aspects de la visibilité, de la conservation d'espaces de valeur et de l'insertion d'éoliennes dans les paysages aux échelles appropriées.
- ⇒ Exiger des promoteurs d'assurer une bonne intégration des projets d'éoliennes dans les paysages.
- ⇒ Continuer à tenir compte des recommandations formulées dans le rapport de l'OFEN, l'OFEV et l'ARE sur la planification d'installations d'éoliennes.

## Aspects sociaux en lien avec le développement de l'éolien

- Les liens sociaux, la perception du risque et l'acceptabilité sociale interfèrent dans les manifestations sociales entourant les projets éoliens.
- La participation et l'implication des communautés locales au processus de planification des éoliennes est importante et peut permettre de réduire les perceptions négatives relatives aux projets d'éoliennes.

### Recommandations

- ⇒ Prévoir la participation de la population dans l'élaboration de la politique énergétique cantonale, notamment le volet éolien.
- ⇒ Etablir des règles de procédures clairement définies et un encadrement institutionnel précis, ce qui peut permettre de réduire les incertitudes au niveau de tous les acteurs.
- ⇒ Impliquer tous les acteurs concernés le plus en amont possible dans la planification des projets éoliens (participation).

<sup>4</sup> Cet enjeu est surtout traité dans le cadre de l'étude de l'impact sur l'environnement (EIE).

<sup>5</sup> Conceptions d'évolution du paysage

- ⇒ S'assurer qu'il y ait une meilleure répartition des avantages directs et indirects (comme l'approvisionnement énergétique, les retombées économiques) des projets, si les incertitudes sont levées quant à l'impact potentiel négatif des éoliennes sur la santé. S'inscrire dans la stratégie de l'arc jurassien afin de faire en sorte que les bénéfices restent dans le Jura.
- ⇒ Traiter les enjeux en lien avec les éoliennes non pas seulement sous un angle écologique mais dans un contexte plus large, social, économique, politique et culturel

### **Mise en synergie des outils**

Une démarche combinant une évaluation environnementale stratégique et une EIS est proposée afin de permettre une intégration des préoccupations d'environnement et de santé dans la stratégie énergétique 2035 :

1. Identification des objectifs et enjeux d'environnement et de santé à traiter dans le cadre de la stratégie énergétique 2035
2. Evaluation environnementale et de santé des scénarios ou des variantes proposés dans la stratégie en fonction de leurs incidences respectives. Cette partie pourra se faire sur la base de critères quantitatifs et qualitatifs prédéfinis
3. Formulation des recommandations environnementales et de santé
4. Elaboration d'un rapport final EES-EIS
5. Développer des indicateurs de suivi de la mise en œuvre des recommandations de l'EES et de l'EIS.

### **Constatations et perspectives**

La recherche en matière d'évaluation des effets des éoliennes sur la santé est un champ émergent. Il faut ainsi être prudent lors d'affirmations sur les impacts potentiels sur la santé, tant négatifs que positifs, de ces installations et rester attentif à l'évolution des connaissances et aux résultats des futurs travaux scientifiques dans le domaine.

Le principe de précaution nous enseigne que « *des mesures doivent être prises lorsqu'il existe des raisons suffisantes de croire qu'une activité ou un produit risque de causer des dommages graves et irréversibles à la santé ou à l'environnement. Ces mesures peuvent consister, s'il s'agit d'une activité, à réduire ou à mettre un terme à cette activité ou, s'il s'agit d'un produit, à interdire ce produit, même si la preuve formelle d'un lien de cause à effet entre cette activité ou ce produit et les conséquences redoutées n'a pu être établie de manière irréfutable.* ». En premier lieu, nous ne semblons pas être dans une situation où les impacts potentiels négatifs des éoliennes sur la santé pourraient être apparentés à des « dommages graves et irréversibles ». En deuxième lieu, les défis énergétiques qui demandent de prendre des options pour l'avenir dès aujourd'hui de même que le retard pris dans la mise sur pied de procédures claires et d'une attribution des compétences viables entre les niveaux institutionnels et les partenaires, obligent à prendre le plus rapidement possible des mesures. Ainsi, les recommandations contenues dans ce rapport constituent « les précautions » à prendre (en l'état des connaissances scientifiques actuelles) en cas d'installation d'éoliennes.

## 2. Introduction

### 2.1 Préambule

En 2011, dans le cadre des activités de Juragenda21, le Département de la Santé, des Affaires sociales, du Personnel et des Communes et celui de l'Environnement et de l'Équipement de la RCJU<sup>6</sup> ont mandaté equiterre pour réaliser une évaluation d'impact sur la santé (EIS) sur les effets potentiels des éoliennes sur la santé de la population. Un groupe de suivi (GS), composé de membres de l'administration jurassienne, a été mis sur pied sous l'égide du Service de la santé publique pour accompagner l'exécution de cette EIS. Ce travail a abouti à l'élaboration d'un rapport intermédiaire en décembre 2011.

Il a été présenté au Gouvernement le 21 février 2012. Suite à cette présentation, ce dernier a souhaité que les compléments ci-après soient apportés :

- prospecter la littérature sur les aspects « lumière et éoliennes »
- mettre les préoccupations des opposants aux éoliennes en regard des éléments issus de l'EIS.

Par ailleurs, suite à la parution en janvier 2012 d'un rapport d'experts américains<sup>7</sup> sur les impacts potentiels des éoliennes sur la santé (Ellenbogen et al, 2012) apportant des éléments nouveaux et largement documentés par rapport à la problématique, il a été décidé de mentionner ceux-ci dans la présente EIS. Ce rapport destiné à une administration publique et non publié dans des revues a été réalisé sur commande conjointe du Département de la protection de l'environnement et celui de la santé publique de l'Etat du Massachusetts (Etats-Unis) par un panel d'experts indépendants et provenant d'institutions académiques<sup>8</sup>. Ces experts sont spécialisés dans les domaines de la santé publique, de l'épidémiologie, de la toxicologie, de la neurologie, de la médecine du sommeil, des neurosciences et du génie mécanique. Dans le cadre de l'évaluation des effets potentiels des éoliennes sur la santé, leur travail a consisté, entre autres, à faire une vaste revue de la littérature scientifique et d'autres rapports existants sur le sujet, ainsi qu'à examiner les informations provenant des médias, mais aussi les commentaires du public reçus par le Département de la protection de l'environnement du Massachusetts. Les enjeux traités dans ce travail d'experts ont porté principalement sur le bruit et les infrasons, les effets stroboscopiques – ombres mouvantes, les projections (ou jets) de glace (sécurité) et les aspects sociaux.

Ces différents éléments sont décrits dans le présent rapport qui expose la démarche et les résultats de l'EIS.

---

<sup>6</sup> République et Canton du Jura

<sup>7</sup> La référence bibliographique de ce rapport se trouve au chapitre 6 (Ellenbogen, et al, 2012).

<sup>8</sup> Havard Medical School (Faculté de Médecine de l'Université Havard) ; Boston University (Université de Boston) ; Engineering University of Massachusetts (Université d'Ingénierie du Massachusetts); University of New England (Université de Nouvelle-Angleterre); Havard School of Public Health (Ecole de Santé Publique de l'Université Havard).

## 2.2 Contexte général de la politique énergétique du canton du Jura

Dans le cadre de la réorientation de la politique énergétique du canton du Jura, le Gouvernement a décidé de mettre l'accent sur la gestion durable des problèmes énergétiques en assurant un approvisionnement énergétique suffisant, diversifié, économique et respectueux de l'environnement. Dans cette perspective, il a décidé de préparer une « stratégie énergétique 2035 » reposant sur la sortie du nucléaire et l'autonomie énergétique maximale. Cette stratégie vise « une société à 4'000 watts » à l'horizon 2035 en mettant le cap vers la « société à 2'000 watts » à l'horizon 2100. Les buts de la stratégie énergétique 2035 sont de / d':

- améliorer l'efficacité énergétique
- renforcer l'utilisation des énergies renouvelables
- développer la production d'énergie renouvelable indigène.

La thématique des éoliennes est devenue sensible dans le canton du Jura à la suite de l'installation de turbines à St-Brais et au Peuchapatte<sup>9</sup> et à des projets d'envergure (Bourrignon,...). La mobilisation de la population s'accroît à travers des associations et des initiatives pour s'opposer aux projets d'éoliennes.

Compte tenu de ce contexte, le Gouvernement a décidé en février 2011, de ne plus accorder d'autorisation pour les projets d'énergie éolienne le temps qu'il élabore sa stratégie énergétique 2035.

Le 2 juillet 2011, le DEE a organisé un forum sur l'énergie auquel la population jurassienne était invitée à participer afin d'échanger et de dialoguer avec les membres de l'administration et des acteurs du secteur de l'énergie dans le Jura sur la stratégie énergétique cantonale pour 2035.

Un sondage auprès de la population jurassienne sur les questions énergétiques a montré que parmi les différentes options énergétiques (solaire / photovoltaïque, géothermie, bois / thermobois, éolien, hydraulique, biogaz / biomasse), le photovoltaïque est en tête dans les trois districts (Delémont, Porrentruy et les Franches-Montagnes), les Franches-Montagnes étant plus réfractaires aux éoliennes que les autres régions (cf. figure 1) (MIS TREND, 2011).

---

<sup>9</sup> Le Peuchapatte est une localité et une ancienne commune suisse du canton du Jura. Elle a fusionné avec Muriaux le 1er janvier 2009.

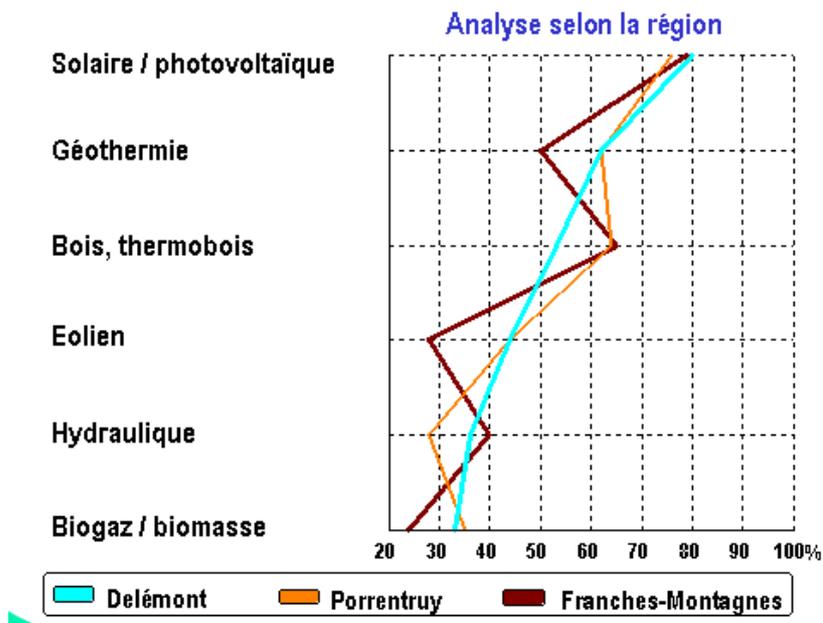


Figure 1 : Sondage d'opinion auprès de la population jurassienne sur les options énergétiques (Source : MIS TREND, 2011). « Parmi les options d'énergies suivantes, lesquelles doivent être favorisées par le canton ? »

### 2.3 Contexte institutionnel des éoliennes dans le canton du Jura

La planification éolienne dans le canton du Jura est basée sur l'étude « énergie éolienne dans le canton du Jura » (KohleNusbaumer, 2002) et sur le concept d'énergie éolienne pour la Suisse édité par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et l'Office fédéral du développement territorial (ARE) (2004). Des précisions ont été apportées à ce document à travers une publication des offices fédéraux susmentionnés portant sur les recommandations pour la planification d'installations éoliennes (OFEN et al, 2010). La conception directrice du canton dans le domaine de l'énergie vise à encourager la diversification énergétique en privilégiant les agents indigènes et renouvelables<sup>10</sup>. Les objectifs en matière d'énergie éolienne du canton sont de / d' :

- favoriser la production d'énergie éolienne dans le meilleur rapport investissement / rendement ;
- assurer l'intégration des éoliennes dans le paysage global (DEE, 2008)<sup>11</sup>.

La fiche 5.06 du plan directeur cantonal indique que le Gouvernement ne veut pas une prolifération d'installations éoliennes sur le territoire mais une concentration de production d'énergie éolienne sur les sites qui semblent les plus prometteurs. Ainsi, il a identifié 4 sites prioritaires et 9 sites potentiels. Les sites prioritaires sont les suivants :

- Les Cerniers de Saulcy et de Rebévelier (communes de Saulcy et de Lajoux)
- Le Plain (commune de St-Brais)
- Le Peu Girard (commune des Breuleux), Le Point de Vue – Les Paigres (commune du Peuchapatte aujourd'hui Muriaux)
- Le Peu-Claude – Les Fonges (commune des Bois).

<sup>10</sup> Fiche 5.06 : énergie éolienne du plan directeur cantonal. Version du 23 mai 2006.

<sup>11</sup> Directive concernant la planification et la procédure d'autorisation pour la réalisation d'éoliennes, DEE, 2008

L'annexe 1 présente les éoliennes en service en Suisse (état au 24.11.2011) et les sites potentiellement intéressants pour l'installation d'éoliennes dans le canton du Jura.

## **2.4 Contexte de l'évaluation**

Dans le cadre des activités de Juragenda21, le Service de la santé publique (SSA) du Département de la santé, des affaires sociales, du personnel et des communes de la République et Canton du Jura (RCJU) souhaite disposer d'informations sur les impacts potentiels des éoliennes sur la santé<sup>12</sup> (au sens large). Il a ainsi mandaté equiterre pour réaliser une évaluation d'impact sur la santé (EIS) de cet objet. Ce mandat est porté par le Ministre de la santé, des affaires sociales, du personnel et des communes et le Ministre de l'environnement et de l'équipement.

## **2.5 Objectif**

### **2.5.1 Objectif général**

La présente EIS a pour objectif de documenter et d'apprécier les effets potentiels des éoliennes sur la santé de la population.

### **2.5.2 Objectifs spécifiques**

Les objectifs spécifiques de ce mandat sont de :

- réunir les principales informations relatives aux impacts potentiels des éoliennes sur la santé de la population
- documenter et apprécier sur la base d'un examen de la littérature scientifique les effets potentiels des éoliennes sur la santé de la population
- fournir aux décideurs des éléments issus de la littérature sur les liens potentiels entre éoliennes et santé
- « alimenter » la stratégie énergétique 2035 (pour la partie relative aux éoliennes) au niveau des données (recommandations) et de la méthodologie (démarche EES<sup>13</sup> + EIS).

## **2.6 Démarche adoptée**

La démarche adoptée dans cette EIS s'articule autour de trois étapes :

- Définition du champ d'investigation de l'EIS notamment l'identification et la formalisation des enjeux à traiter dans le cadre de cette EIS
- Appréciation des enjeux identifiés en termes de « santé humaine »
- Elaboration d'un rapport de synthèse présentant la démarche et le résultat de l'EIS.

---

<sup>12</sup> La santé est un état complet de bien-être physique, mental et social qui ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. La possession du meilleur état de santé qu'il est capable d'atteindre constitue l'un des droits fondamentaux de tout être humain quelles que soient sa race, sa religion, ses opinions politiques, sa condition économique ou sociale (Organisation Mondiale de la Santé, 1946).

<sup>13</sup> Evaluation environnementale stratégique

La récolte de données probantes (evidence base) sur les liens potentiels entre les éoliennes et la santé et l'appréciation des enjeux en termes de « santé » ont été réalisées sur la base notamment d'un / d'une :

- examen d'évaluations similaires (p.ex. *le rapport de chercheurs de l'École d'orthophonie et d'audiologie de l'Université de Montréal sur l'EIS des populations vivant à proximité des parcs éoliens*)
- consultation de quelques personnes-ressources (*chercheurs de l'Université de Montréal ayant travaillé sur cette problématique, spécialistes en santé et environnement de Santé Canada et du ministère de la santé et des services sociaux du Québec*)
- analyse de rapports d'agences gouvernementales (OFEV, OFSP, ARE, etc.)<sup>14</sup>, d'études réalisées par des agences reconnues en matière de santé telles que l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et d'articles publiés dans les revues scientifiques approuvées par les pairs. Sur ce dernier point, les recherches ont été effectuées à travers :
  - **PubMed** (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>) moteur de recherche de référence pour la littérature biomédicale. Il permet d'avoir accès à la base de données bibliographiques des sciences biologiques et biomédicales, MEDLINE
  - **ScienceDirect** (<http://www.sciencedirect.com>) site de référence pour la recherche scientifique, technique et médicale. Base de données de l'éditeur Elsevier.

**Nous tenons à préciser que dans le cadre de ce travail, nous n'avons pas pris en compte les travaux du Dr M. Nissenbaum<sup>15</sup>, du Dr N. Pierpont<sup>16</sup>, Dr M. Alves-Pereira<sup>17</sup> en raison notamment de leurs limites méthodologiques. En outre, ces études n'ont pas été publiées dans des revues scientifiques.**

Pour accompagner l'exécution de cette EIS, un groupe de suivi (GS) a été créé. Il est composé de :

M. Nicolas Pétremand, chef du service de la santé publique  
M. Dr. Jean-Luc Baierlé, médecin cantonal  
M. Francis Jeannotat, délégué cantonal à l'énergie  
M. Raphaël Schneider, chef du service des communes  
M. Jean Fernex, collaborateur scientifique, Office de l'environnement  
Mme Rosalie Beuret, coordinatrice de Juragenda21, service de l'aménagement du territoire  
Mme Chloé Saas Vuillemier, directrice de la Fondation O<sub>2</sub> et coresponsable du Juragenda21  
M. Raphaël Macchi, urbaniste, service de l'aménagement du territoire  
Mme Natacha Litzistorf, directrice d'equiterre  
M. Thierno Diallo, chef de projets à equiterre.  
M. Damien Regenass, assistant de projets à equiterre<sup>18</sup>  
Le GS était présidé par le chef du Service de la santé publique.

---

<sup>14</sup> OFEV : Office fédéral de l'environnement ; OFSP : Office fédéral de la santé publique ; ARE : Office fédéral du développement territorial.

<sup>15</sup> Il a travaillé sur un échantillon de 22 personnes adultes exposées aux éoliennes et 27 personnes adultes non exposées.

<sup>16</sup> Elle a travaillé sur un échantillon de 10 familles et a publié un livre sur le syndrome éolien "Wind Turbine Syndrome".

<sup>17</sup> Elle a travaillé sur le concept de maladie vibroacoustique "vibro-acoustic disease (VAD)".

<sup>18</sup> Il a rejoint le GS dans la deuxième partie du travail qui porte sur la réalisation d'une étude complémentaire à l'EIS éolienne.

## 2.7 Eléments de cadrage

Les enjeux identifiés dans le cadre de cette EIS par le GS sont présentés dans le tableau ci-après :

<b>Enjeux</b>	<b>Questionnement</b>
<b>Bruit</b>	Quels sont les éléments scientifiques dont nous disposons sur les répercussions possibles du bruit des éoliennes sur la santé ?
<b>Infrasons et sons de basses fréquences</b>	Quel est le lien potentiel entre les infrasons et les sons de basses fréquences produits par les éoliennes et la santé ?
<b>Effet stroboscopique – ombres mouvantes</b>	Quel est l'impact potentiel des ombres mouvantes sur la santé ?
<b>Sécurité</b>	Quel est le risque pour la sécurité des personnes de l'installation, l'exploitation et du démantèlement d'un parc éolien ?
<b>Impact sur les paysages en relation avec la santé</b>	Quel est l'impact potentiel des éoliennes sur les paysages en relation avec la santé ?
<b>Aspects sociaux</b>	Quels sont les aspects sociaux qui interagissent dans le développement des éoliennes ?

Tableau 1 : enjeux abordés dans le cadre de l'EIS

### 3. Appréciation des enjeux en termes de « santé »

#### 3.1 Bruit

##### 3.1.1 Introduction

Le son est défini comme une variation de pression. Le bruit se définit comme un son indésirable et potentiellement nuisible (Gérin et al, 2003). Il influence la santé physique et psychique. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), le bruit a des effets sur la santé qui sont<sup>19</sup> : *lésions auditives, troubles du sommeil, problèmes cardiovasculaires, stress, tensions, maux de tête, troubles de la concentration, perte de la productivité chez les adultes, déficience de l'apprentissage chez les enfants, etc.*

Le bruit produit par les éoliennes provient de deux sources : mécanique et aérodynamique.

Le bruit mécanique résulte du fonctionnement des éléments composant la nacelle (engrenage et autres pièces constitutives du générateur). Si les éoliennes de première génération émettaient un bruit mécanique relativement important, les améliorations effectuées au niveau de la nacelle ont permis de réduire de moitié l'intensité de ce bruit chez les nouvelles éoliennes (Afsset 2008) voire même de le rendre presque inaudible à une distance de plus de 200 m (van den Berg, 2006). Le bruit mécanique n'est généralement pas la principale source de bruit des récentes éoliennes (Colby et al, 2009).

Le bruit aérodynamique est produit notamment par trois phénomènes en relation avec l'écoulement de l'air et la rotation des pales : *la contraction des molécules d'air devant la pale, la turbulence de traînée derrière la pale et le passage des pales devant le mât* (Leroux & Gagné, 2007 ; INSPQ<sup>20</sup>, 2009). Ce bruit est présent à toutes les fréquences, des infrasons aux basses fréquences jusqu'à la zone d'audibilité normale et, il est la source dominante (Leventhall, 2006 ; Colby et al, 2009).

L'exposition au bruit émis par les éoliennes dépend de plusieurs facteurs :

- caractéristiques de la source (taille du parc éolien, la puissance des éoliennes et leur disposition, etc.)
- caractéristiques du terrain (topographie, nature du sol, etc.)
- conditions météorologiques (vent, hygrométrie, etc.)
- conditions liées au milieu environnant (zone rurale, zone industrielle, proximité d'axes routiers, présence de végétation, etc.)<sup>21</sup>.

##### 3.1.2 Effet potentiel du bruit des éoliennes sur la santé

Le bruit est l'une des préoccupations souvent évoquées par les personnes vivant à proximité de parcs éoliens. van den Berg et al. ont élaboré un modèle théorique de la relation entre l'exposition au bruit et la réponse (cf. figure 2). Les expositions dues aux éoliennes sont

<sup>19</sup> WHO / Europe: Health effects of noise. <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/noise/facts-and-figures/health-effects-of-noise>.

<sup>20</sup> Institut National de Santé Publique du Québec

<sup>21</sup> Afsset, Ibid p. 64

censées générer une réponse parmi la population exposée. Cette réponse pourrait conduire à des effets indésirables sur la santé et le bien-être, mais plusieurs facteurs peuvent atténuer les résultats de cette exposition. Ces facteurs pourraient être d'ordre physique, c'est à dire liés aux conditions de vie et à l'environnement ou d'ordre individuel c'est à dire liés aux caractéristiques du récepteur de l'exposition (van den Berg, 2008).

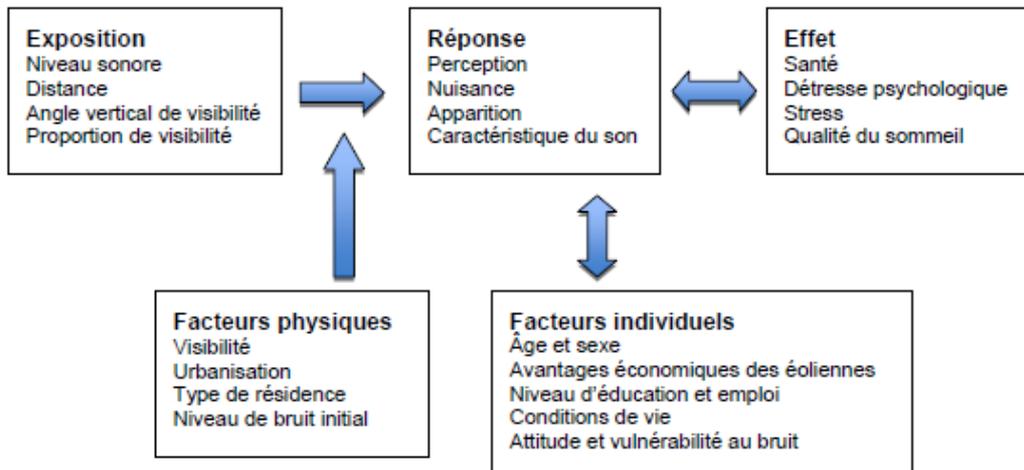


Figure 2 : Modèle théorique de la relation entre l'exposition au bruit et la réponse. Source : van den Berg, 2008 dans INSPQ, 2009.

Des études transversales conduites en Europe (Suède, Pays-Bas) et publiées dans des revues scientifiques ont porté sur la relation entre l'exposition au bruit des éoliennes et les effets potentiels pour les personnes vivant à proximité.

Pedersen et Waye (2004) ont réalisé une étude en Suède dont le but était d'une part d'évaluer la prévalence de la gêne due au bruit des éoliennes et d'étudier la relation dose-réponse entre le niveau de bruit des éoliennes et la nuisance. Il s'agissait d'autre part d'examiner l'influence des variables subjectives telles que l'attitude et la sensibilité au bruit. Un questionnaire dans lequel le but de l'étude était masqué afin de réduire les biais potentiels (ne pas permettre aux participants de savoir que l'étude se focalise sur le bruit des éoliennes) dans l'enquête a été envoyé à 513 personnes vivant sur un territoire de 5 zones totalisant 22 km<sup>2</sup>. Ce territoire est caractérisé par un paysage plat et essentiellement agricole mais des petites industries, des routes et des voies ferrées sont également présentes. 16 éoliennes<sup>22</sup> visibles de plusieurs directions se trouvent sur le périmètre d'étude. 351 personnes ont répondu aux questionnaires soit un taux de réponse de 68,4%.

Les répondants ont été répartis en six groupes en fonction du niveau sonore dû à l'éolienne calculé depuis leur habitation. Ces groupes sont les suivants :

- 15 répondants pour un niveau sonore inférieur à 30 dB (A)
- 71 répondants pour un niveau sonore de 30 dB (A) à 32,5 dB (A)
- 137 répondants pour un niveau sonore de 32,5 dB (A) à 35 dB (A)
- 63 répondants pour un niveau sonore de 35 dB (A) à 37,5 dB (A)
- 40 répondants pour un niveau sonore de 37,5 dB (A) à 40 dB (A)
- 25 répondants pour un niveau sonore supérieur à 40 dB (A).

Les principaux résultats de cette étude (Pedersen & Waye, 2004) sont :

<sup>22</sup> 14 éoliennes de 600-650 kW ; 1 éolienne de 500 kW ; 1 éolienne de 150 kW

- peu de répondants se disent être dérangés à l'intérieur de leur habitation soit, 7% des 351 répondants
- le dérangement se fait surtout sentir à l'extérieur des habitations
- aucun répondant exposé à un niveau sonore extérieur inférieur à 32,5 dB (A) n'a déclaré être importuné
- 20% des 40 répondants se sont déclarés très dérangés à des niveaux de 37,5 à 40 dB (A)
- Au-delà des 40 dB (A), 36% des 25 répondants ont affirmé être très dérangés par le bruit des éoliennes
- 23% des 351 répondants ont déclarés être gênés dans leur sommeil par le bruit des éoliennes.

Les auteurs ont également observé des corrélations positives<sup>23</sup> entre :

- la gêne et le niveau sonore
- la gêne et l'attitude à l'impact visuel
- la gêne et l'attitude envers les éoliennes (cf. tableau de l'annexe 2).

Une étude transversale (n= 765 répondants) a été réalisée en 2005 dans le but d'explorer les différences dans la perception et la gêne dues au bruit des éoliennes entre des milieux de vie dissemblables dans sept zones géographiques différentes de la Suède (Pedersen & Waye, 2006). Quelques résultats de cette étude figurent à l'annexe 3.

Cette recherche a montré qu'il y a une corrélation positive<sup>24</sup> entre le sentiment de gêne et le niveau sonore et pas de différence significative quant à la topographie du terrain sauf pour la catégorie sonore la plus élevée (supérieure à 40 dB (A)). Elle a aussi révélé qu'une proportion plus grande des répondants du milieu rural se disent dérangés par le bruit des éoliennes par rapport à ceux du milieu urbain. De même, les répondants ayant une vue sur une ou plusieurs éoliennes depuis leur résidence se déclarent plus importunés que ceux qui n'en voient pas.

Pedersen & Waye ont réalisé une étude en Suède, similaire aux précédentes chez des personnes (n= 754 répondants) vivant dans un environnement dont la configuration des terrains et le degré d'urbanisation étaient variables (Source : Pedersen & Waye, 2007). Quelques résultats de cette étude sont présentés à l'annexe 4.

Elle a montré que 6% des personnes exposées à un niveau sonore de 37,5 dB (A) à 40 dB (A) affirmaient être dérangées par le bruit des éoliennes. Cette valeur atteint 15% pour un niveau supérieur à 40 dB (A). Toutefois cette augmentation n'est pas significative en raison notamment du faible nombre de répondants vivant dans une zone où le niveau de pression sonore est supérieur à 40 dB (A). Selon cette étude, il semble aussi que le risque de percevoir et d'être gêné par le bruit des éoliennes croît avec d'autres facteurs comme le fait d'avoir une vue sur une ou plusieurs éoliennes depuis sa résidence ou d'être sensible au bruit environnemental. De plus, les auteurs remarquent aussi que les personnes vivant en milieu rural et surtout en terrain accidenté, paraissent plus contrariées par le bruit des éoliennes. Le bruit résiduel plus faible dans ces milieux pourrait expliquer cela. En outre il ressort de cette étude que le fait de déclarer être gêné par le bruit des éoliennes est associé à des facteurs subjectifs de santé et de bien-être.

<sup>23</sup> Ces corrélations sont respectivement de :  $r_2 = 0,42$  ;  $r_2 = 0,51$  ;  $r_2 = 0,33$

<sup>24</sup>  $r_2 = 0,34$  ;  $p < 0,001$

Une étude menée aux Pays-Bas par Pedersen et al sur la réponse humaine au bruit des éoliennes (n= 725 répondants)<sup>25</sup> a montré que la visibilité de la hauteur de la turbine accentue la réponse négative, et le fait d'observer des éoliennes depuis son habitation augmente significativement le risque de désagrément. Celui-ci est fortement corrélé avec une attitude négative envers l'impact visuel des éoliennes sur le paysage. L'étude a démontré en outre que le risque d'être gêné par les éoliennes diminue de façon significative chez les personnes qui bénéficient économiquement de l'implantation d'éoliennes, malgré l'exposition à certains niveaux sonores (Pedersen et al, 2009).

La figure 3 est une représentation schématique de la relation entre les éoliennes et la santé dans un milieu semi-rural (Shepherd et al, 2011).

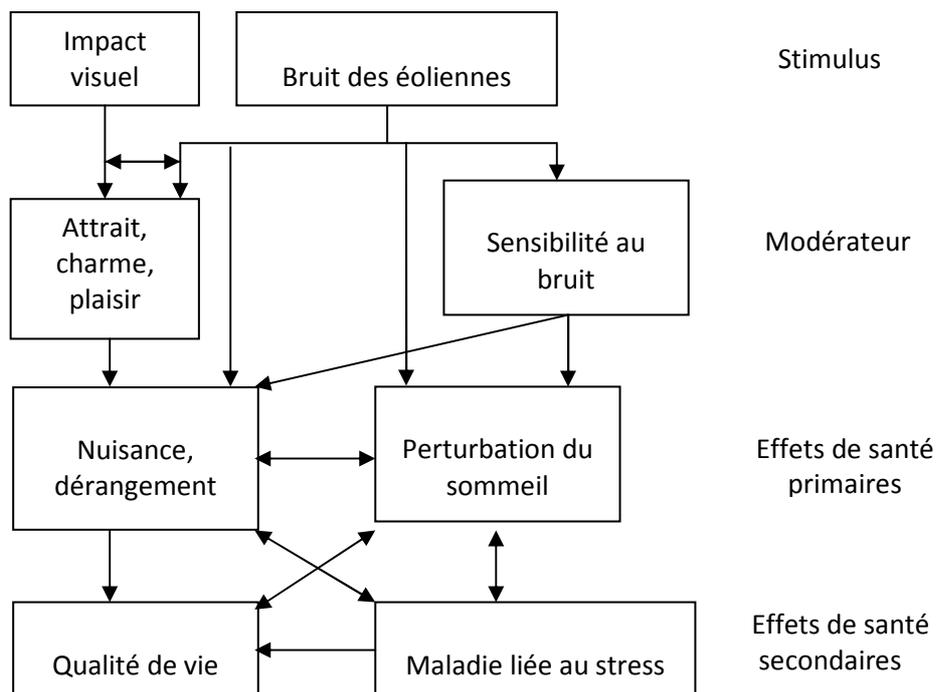


Figure 3 : une représentation schématique de la relation entre les éoliennes et la santé dans un milieu semi-rural (Shepherd et al, 2011). La multiplicité des relations émerge en raison de la variabilité dans la réponse des individus.

Cette figure montre que dans le contexte semi-rural, il existe des mécanismes par lesquels l'exposition aux éoliennes peut dégrader la santé et le bien-être. Le bruit des éoliennes peut conduire directement à une gêne et à la perturbation du sommeil (effets de santé primaire) ou provoquer des désagréments en dégradant l'attrait (Shepherd et al, 2011). Les auteurs concluent également que le fait de vivre à proximité d'éoliennes est associé à une dégradation de l'attrait, du charme de la région concernée. Ceci est confirmé avec les recherches précédentes montrant que le bruit des éoliennes a été jugé incompatible avec l'ambiance sonore naturelle de la région concernée. Les valeurs d'attrait, de charme sont fondées sur le sentiment des personnes par rapport au plaisir qu'offre une région ou d'autres valeurs qui en font un lieu agréable à vivre (Shepherd, et al, 2011). Selon les auteurs, il y a une attente « de la paix et de la tranquillité » quand on vit dans une zone rurale et c'est pour cette raison que la plupart des personnes interrogées dans cette recherche choisissent de vivre dans ce type de territoire (Shepherd et al, 2010).

<sup>25</sup> L'intervalle de confiance (IC) était de 95%.

Pedersen a analysé trois études transversales dont deux réalisées en Suède et une aux Pays-Bas (n= 1755 répondants)<sup>26</sup> en s'intéressant aux aspects de santé associés au bruit des éoliennes (Pedersen, 2011). Quelques résultats de ce travail figurent à l'annexe 5.

L'auteur a observé que :

- les nuisances extérieure et intérieure étaient associées à une augmentation des niveaux sonores dans les trois études.
- l'interruption de sommeil était associée aux niveaux sonores dans deux études.
- la prévalence d'acouphènes était corrélée positivement avec les niveaux de pression sonore uniquement dans la 1<sup>ère</sup> étude suédoise dans une seule étude.
- une corrélation positive entre la prévalence de diabète et les niveaux de pression sonore dans une seule étude (Pedersen, 2011).

Cette étude a également montré que :

- Le sentiment d'être tendu ou stressé semblait être corrélé positivement à la gêne.
- les maux de tête étaient associés positivement au dérangement dans deux études sur trois.
- la fatigue excessive n'était associée à la gêne que dans une seule étude tandis que l'irritation était corrélée positivement à la gêne dans les trois études.
- L'interruption du sommeil a aussi été associée dans les trois études à la nuisance extérieure mais selon l'auteur, elle est plus fortement corrélée avec la nuisance intérieure.

Cependant, Pedersen indique que ces résultats ne devraient pas être considérés comme une preuve de relation causale entre le bruit des éoliennes et le stress mais pourraient être expliqués par la théorie du stress cognitif selon laquelle un individu évalue un facteur environnemental de stress, comme le bruit, comme bénéfique ou non et se comporte en conséquence (Pedersen, 2011).

Toutefois, Knopper & Ollson (2011) font état de limites au niveau de l'étude de Pedersen notamment par rapport aux symptômes de santé évoqués dans la recherche. Selon ces auteurs, il aurait été plus opportun que les examens de santé aient été effectués par des professionnels au lieu d'être mentionnés uniquement par les répondants, ce qui aurait été une meilleure manière d'évaluer la prévalence des effets possibles sur la santé.

En ce qui concerne la description du bruit provenant des éoliennes, selon Waye & Ohrstrom (2002) et Pedersen (2004), les sifflements et les battements seraient les bruits les plus perturbants pour les riverains.

En Suisse, pour les éoliennes, les valeurs limites d'exposition au bruit de l'industrie et des arts et métiers sont applicables conformément à l'annexe 6 de l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB). L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a mandaté une institution de recherche du domaine des EPF<sup>27</sup> (Empa) pour établir des bases scientifiques permettant de déterminer de manière adéquate la gêne provoquée par les immissions de bruit dues aux éoliennes. L'étude de l'Empa a montré comment il est possible d'évaluer les nuisances sonores occasionnées par les éoliennes en vertu de l'annexe 6 de l'OPB. La méthode proposée a pour objectif de quantifier les immissions sonores à l'aide d'une mesure de l'exposition au bruit qui reflète les caractéristiques du bruit ressenties comme gênantes par la population (Empa, 2010).

---

<sup>26</sup> L'intervalle de confiance (IC) était de 95%.

<sup>27</sup> Ecole Polytechnique Fédérale

### 3.1.3 Synthèse

En résumé et selon la documentation examinée :

- Il semble que le bruit des éoliennes provoque une gêne, un dérangement chez certaines personnes vivant à proximité des éoliennes.
- Le risque d'entendre et d'être importuné par le bruit des éoliennes a été associé au niveau sonore mais aussi à d'autres facteurs comme notamment la visibilité des éoliennes, l'attitude des riverains face à celle-ci et la sensibilité au bruit environnemental existant déjà
- Il semble que vivre en milieu rural, en comparaison à une zone suburbaine, augmente le risque d'entendre et d'être gêné par le bruit des éoliennes.
- Des corrélations positives ont été observées entre l'augmentation des niveaux sonores et le sentiment de nuisances extérieures et intérieures, l'interruption du sommeil ainsi que d'autres symptômes. De plus d'autres corrélations positives ont été notées entre la nuisance extérieure et certains symptômes (interruption du sommeil ; stress ; maux de tête ; irritation) mais des recherches scientifiques supplémentaires dans un cadre multidisciplinaire sont nécessaires pour confirmer ces constatations.

### 3.1.4 Principaux résultats du rapport d'experts américains

Les principales conclusions de ce rapport d'experts concernant le bruit des éoliennes en relation avec la santé sont les suivantes:

- Généralement, à des distances supérieures à 400 m, les niveaux de pression sonore des éoliennes modernes sont à moins de 40 dB (A), ce qui est en dessous du niveau associé au désagrément selon les études épidémiologiques examinées.
- La plupart de la littérature épidémiologique sur la réponse humaine aux éoliennes parle essentiellement de « désagréments » et cette réponse semble résulter de la combinaison de facteurs tels que le son lui-même, la vue de l'éolienne et l'attitude envers un projet éolien.
- Le rapport mentionne également que selon la littérature, il existe des preuves solides de désagrément pour les populations exposées durant plus d'une année à des niveaux sonores de 37 dB(A) et d'irritation sévère à partir d'une exposition à 42 dB(A).
- Il existe des preuves limitées d'études épidémiologiques suggérant une relation entre le bruit des éoliennes et les troubles du sommeil. En d'autres termes, il est possible que le bruit des éoliennes puisse engendrer une perturbation du sommeil.
- Il n'existe pas suffisamment de preuves que le bruit des éoliennes soit directement (c'est-à-dire indépendamment des effets de désagréments ou sur le sommeil) la cause de problèmes de santé ou de maladies.
- Selon le rapport réalisé par le Panel et qui se base notamment sur un examen de la littérature épidémiologique, il n'y a pas de preuves suggérant une relation entre le bruit provoqué par les éoliennes et des douleurs, du diabète, de l'hypertension, du bourdonnement d'oreille, des déficiences auditives, des maladies cardio-vasculaires ou encore des maux de tête.

Dans le rapport d'experts, le désagrément est défini non pas comme une maladie en soi, mais comme :

1. un ressenti, un mécontentement, de l'inconfort, de l'insatisfaction lorsque le bruit interrompt les pensées ou les actions quotidiennes (Passchier-Vermeer, 1993 dans Ellenbogen et al, 2012).
2. un état mental caractérisé par la détresse et l'aversion qui, s'il est entretenu, peut mener à une détérioration de la santé et du bien-être (Shepherd et al, 2010 dans Ellenbogen et al, 2012).

### **Recommandation concernant l'aspect sonore issue du rapport d'experts**

Le rapport d'experts américains fait une synthèse des limites fixées par l'Allemagne et le Danemark (cf. tableau 2). Il est mentionné dans ce rapport que les niveaux de bruit doivent être évalués en fonction des différentes zones d'aménagement, comme présenté dans le tableau 2.

Type de zone	Niveaux limites en Leq dB(A) durant la nuit	
	Ellenbogen et al, 2012	Valeurs applicables en Suisse – OPB – valeurs de planification
<b>Allemagne</b>		
Industrielle	70	46
Commerciale	50	41
Village	45	41
<b>Danemark</b>		
Partiellement peuplée, avec un vent de 8 m/s	44	41 <sup>28</sup>
Partiellement peuplée, avec un vent de 6 m/s	42	41 <sup>28</sup>
Résidentielle, avec un vent de 8 m/s	39	36 <sup>28</sup>
Résidentielle, avec un vent de 6 m/s	37	36 <sup>28</sup>

Tableau 2 : Limites des niveaux de bruit fixés durant la nuit en fonction des différentes zones d'habitation fixés par l'Allemagne et le Danemark (Ellenbogen et al, 2012, p.60)

## **3.2 Infrasons et sons de basses fréquences**

### **3.2.1 Introduction**

Les infrasons sont définis comme des sons dont la fréquence est inférieure à 20 Hz. Les sons de basses fréquences ont une fréquence qui varie de 20 à 200 Hz. Ces deux types de sons sont omniprésents dans l'environnement et émanent de deux sources : naturelle (p.ex. le vent, les vagues) et artificielle (p.ex. la circulation automobile, les climatiseurs) (INSPQ, 2009).

<sup>28</sup> Pas de différence en fonction de la vitesse des vents.

Les éoliennes aussi émettent des infrasons et des sons de basses fréquences. Cependant l'intensité des infrasons produits par les éoliennes se trouve largement sous les seuils de détection de l'oreille humaine (Jakobsen, 2005 ; Leventhall et al, 2003 ; Leventhall, 2005 ; van den Berg, 2006).

Les améliorations acoustiques au niveau de la nacelle pour les récentes éoliennes ont permis de réduire la production mécanique de sons de basses fréquences (Afsset, 2008 ; van den Berg, 2006). Jakobsen (2005) a montré dans son étude sur l'émission d'infrasons à partir d'éoliennes que selon la position du rotor par rapport au vent, les éoliennes peuvent produire de faibles niveaux d'infrasons ou des niveaux plus élevés.

### 3.2.2 Effet potentiel des infrasons et des sons de basses fréquences produits par les éoliennes sur la santé

Selon Salt & Hullar (2010), le fait que certains composants de l'oreille interne (tels que les cellules ciliées externes) puissent répondre aux infrasons à des fréquences et des niveaux générés par les éoliennes ne signifie pas nécessairement qu'ils seront perçus ou dérangeront en aucune façon. Au contraire ils font l'hypothèse (celle-ci n'a pas été testée dans leur étude) que si les infrasons affectent les cellules et les structures à des niveaux qui ne peuvent être entendus ceci conduit à la possibilité que le bruit des éoliennes pourrait influencer la fonction ou causer des sensations inconnues. Salt et Kaltenbach (2011) estiment que l'activation des voies subconscientes par les infrasons peut perturber le sommeil. Selon ces auteurs, en se basant sur leurs connaissances actuelles du fonctionnement de l'oreille interne (sa physiologie) et ses connections au cerveau, il est fort possible que les sons de basses fréquences émis par les éoliennes puissent affecter les personnes vivant à proximité de celles-ci.

Toutefois une étude réalisée par O'Neal et al. (2011) sur les infrasons et les sons de basses fréquences provenant des éoliennes suggère qu'il ne devrait y avoir aucun effet indésirable sur la santé dû aux infrasons ou aux sons de basses fréquences à des distances supérieures à 305 m pour les types d'éoliennes utilisées dans l'étude (1,5 MW et 2.3 MW).

Bolin et al. (2011) font la remarque qu'il a été affirmé que les infrasons et les sons de basses fréquences provenant des éoliennes peuvent causer des effets graves sur la santé sous forme de « maladie vibro-acoustique », de « syndrome éolien » ou des effets néfastes des infrasons sur l'oreille interne. Toutefois selon ces auteurs, les supports empiriques de ces allégations sont manquants.

Leroux et Gagné qui ont réalisé en 2007 une évaluation des impacts sur la santé des populations vivant à proximité des parcs éoliens déclarent, dans ce travail, que les données consultées suggèrent que les infrasons produits par les éoliennes ne seraient pas perçus par un auditeur jeune ayant une audition normale ni être à l'origine d'une sensation de désagrément ou de gêne (Leroux & Gagné, 2007).

### 3.2.3 Synthèse

En résumé et selon la documentation examinée :

- Des incertitudes existent quant aux effets des infrasons et des sons de basses fréquences émis par les éoliennes sur la santé des populations riveraines.
- Certains auteurs tels que Salt & Kallenbach estiment que selon les connaissances actuelles du fonctionnement de l'oreille, il est fort probable que les infrasons pourraient avoir des effets sur les riverains.

- D'autres tels que Jakobsen ou Leventhall considèrent que l'intensité des infrasons émise par les éoliennes est inférieure au seuil d'audition. De même, l'intensité des sons de basses fréquences générés par les éoliennes modernes est modérée, et à une distance normale de séparation, elle se situerait autour du seuil de détection consciente.
- Il semble difficile de faire un lien avec la santé lorsque l'intensité de ces sons se situe en dessous du seuil de détection humaine (Bellhouse, 2004).

### 3.2.3 Principaux résultats du rapport d'experts américains

Selon le rapport d'experts américains :

- Les revendications selon lesquelles les infrasons provenant des éoliennes impactent directement le système vestibulaire<sup>29</sup> n'ont pas été démontrées scientifiquement.
- Les données disponibles montrent que les niveaux d'infrasons à proximité des éoliennes ne peuvent pas provoquer d'incidence sur le système vestibulaire.

## 3.3 Effet stroboscopique – ombres mouvantes

### 3.3.1 Introduction

L'effet stroboscopique ou ombres mouvantes résulte des mouvements de l'ombre des pales en rotation dans des conditions d'ensoleillement. Ces ombres mouvantes entraînent des changements alternatifs de l'intensité lumineuse qui semble scintiller (MHC, 2010).

### 3.3.2 Effet potentiel des ombres mouvantes dues aux éoliennes sur la santé

Environ 3% des personnes épileptiques éprouvent une sensibilité à la lumière, le plus souvent à des fréquences de scintillement se situant entre 5 et 30 Hz (MHC, 2010). Les études de Harding et al (2008) et de Smedley et al (2010) ont suggéré que le mouvement des pales qui interrompt ou reflète la lumière du soleil à des fréquences plus grandes que 3 Hz constitue un risque potentiel d'induire des crises photosensibles chez 1.7 personnes sur 100'000 de la population photosensible. Pour les éoliennes à trois pales, ceci se traduit par une vitesse de rotation maximale de 60 rpm<sup>30</sup>. La pratique normale pour les grands parcs éoliens est conçue pour des fréquences bien inférieures à ce seuil.

Une étude suédoise réalisée auprès de populations riveraines d'éoliennes est arrivée aux conclusions entre autres que l'effet attribuable aux ombres mouvantes est davantage en relation avec la période du jour et de l'année qu'au nombre total d'heures de projection d'ombres et que celles-ci dérangeraient plus en soirée, d'avril à septembre, période où les personnes sont le plus souvent à l'extérieur de leur habitation (Widing et al, 2004).

Bien qu'il soit peu probable que l'effet stroboscopique des éoliennes induise des crises d'épilepsie photo-induites, il y a très peu ou pas d'études conduites sur comment ce phénomène peut aggraver le facteur de désagrément des personnes vivant à proximité des éoliennes (Knopper et Ollson, 2011).

<sup>29</sup> Correspond au système sensoriel principal du mouvement et de l'orientation. Ses récepteurs sensoriels sont localisés au niveau de l'oreille interne.

<sup>30</sup> Acronyme de l'anglais "Revolutions Per Minute" qui signifie «tours par minute»

Selon l'INSPQ (2009), les ombres mouvantes des éoliennes sur les résidences peuvent constituer une nuisance dans certaines conditions (certaines combinaisons de positions géographiques, la période de l'année, la proportion du jour - pendant l'ensoleillement - durant laquelle la turbine est en fonctionnement, la proportion d'ensoleillement et de nuages, la distance des turbines, l'orientation des habitations par rapport à celles-ci, etc.).

La norme en Allemagne fixe une limite de projection d'ombres à un maximum de 30 minutes par jour (Ellenbogen et al, 2012) et de 30 heures par année (MDDEP, 2011).

### 3.3.3 Synthèse

En résumé et selon la documentation examinée :

- Il semble que les effets physiologiques et psychologiques indésirables se produiraient à des fréquences de 3 Hz et plus. Toutefois, il faudrait une fixation des yeux pendant un temps suffisamment long pour pouvoir transmettre ces variations de luminosité aux centres du cerveau et conduire finalement à un risque de crises convulsives.
- Les ombres mouvantes peuvent déranger les riverains mais des modélisations permettent de prévoir ce phénomène et des mesures d'atténuations existent.
- Au niveau sanitaire, des recherches supplémentaires doivent être conduites pour estimer l'impact réel des éoliennes sur les risques de crises épileptiques en relation avec les ombres mouvantes.

### 3.3.4 Principaux résultats du rapport d'experts américains

S'agissant des ombres mouvantes, le rapport indique qu'elles ne sont plus visibles dès 1400m. Ici encore, il n'y a pas de preuves épidémiologiques présentant un risque pour la santé. La preuve scientifique suggère que les ombres mouvantes ne posent pas de risque de crises provoquées à la suite d'une stimulation lumineuse.

Quant à la relation entre un désagrément résultant d'un effet stroboscopique prolongé (plus de 30 minutes par jour) et les effets potentiels transitoires sur la santé cognitive et sur la santé physique, les preuves scientifiques restent limitées.

## 3.4 Sécurité

### 3.4.1 Introduction

En matière d'éolienne, la sécurité tourne autour de l'installation, de l'exploitation et du démantèlement d'un parc éolien. Ces trois phases peuvent susciter des inquiétudes chez des personnes vivant à proximité par rapport à leur sécurité.

### 3.4.2 Energie éolienne et sécurité des personnes

La plus grande partie des décès et blessures graves se sont produits lors d'opérations de construction, de maintenance ou de démantèlement et concernaient des travailleurs (INSPQ, 2009).

En 2004, le Conseil général des Mines de France dans son rapport sur la sécurité des installations éoliennes dénombrait, en se fondant sur les recherches effectuées par un analyste américain de l'énergie renouvelable (Paul Gide), 20 accidents mortels directement liés à l'énergie éolienne dans le monde depuis le milieu des années 1970 jusqu'en 2003. 19

personnes sont mortes en travaillant sur les éoliennes (13 lors de la construction ou le démantèlement des machines, 7 pendant les opérations de maintenance). Un accident a concerné un tiers en particulier une parachutiste allemande tuée par une éolienne en 2000. Ce rapport évoque aussi deux accidents mortels survenus en Allemagne à la fin de l'année 2003. L'un concernait la chute d'un opérateur lors d'exécution de travaux de maintenance et l'autre se rapportait à une personne victime d'une crise cardiaque provoquée par les efforts consentis pour accéder à la nacelle (Guillet & Leteurtois, 2004).

Notre recherche n'a pas permis de trouver une étude dénombrant des accidents survenus auprès de la population riveraine de parcs éoliens. Toutefois, selon Gendron et Thériault, les conditions atmosphériques peuvent occasionner des incidents particulièrement par la formation de couches de givre sur les pales, ce qui peut entraîner des chutes de glace. Ces projections d'objets pourraient atteindre plusieurs centaines de mètres (Gendron & Thériault, 2007). D'autres travaux de recherche ont révélé que lorsque le givre se forme sur une éolienne en mouvement, les distances de projection par rapport au mât variaient entre 20 m environ et 120 m au maximum (MEEDDM, 2010). Toutefois, les éoliennes de dernière génération peuvent être équipées de résistances chauffantes permettant de faire fondre le givre qui peut se former sur elles de manière à prévenir ainsi la projection de glaçons.

Guillet et Leteurtois (2004) ont classé les dangers de l'énergie éolienne pour la sécurité des personnes ou des biens en 4 types :

- **l'effondrement de la machine** : la zone de risque représente une surface dont le rayon est limité à la hauteur de l'éolienne, pale comprise ;
- **la projection d'objets** (pales ou morceaux de pales) : la zone de risque peut atteindre plusieurs centaines de mètres. La chute de blocs de glace peut également intervenir dans certaines régions ;
- **l'impact de la foudre** : un risque de décharge électrique, se limitant aux alentours de l'éolienne existe si elle est foudroyée. Le mât, malgré ses protections, peut subir l'action de la foudre avec des répercussions sur l'ensemble du matériel électrique de l'installation et provoquer un incendie. Un foudroiement des pales peut entraîner leur explosion.
- **les accidents de travail** : ce sont des risques inhérents à des interventions sur chantier, en présence d'équipements sous haute tension ou sur des installations de grande hauteur. Dans le cas des éoliennes, ces risques sont assez sensibles du fait du type d'équipements, des travaux à réaliser (notamment dans les nacelles, voire sur les têtes de pales) et de l'isolement des installations.

### 3.4.3 Synthèse

En résumé et selon la documentation examinée :

- Nous n'avons pas trouvé d'études qui répertorient les accidents de personnes vivant à proximité d'éoliennes
- La majorité des accidents ou des blessures graves dénombrés sont des accidents de travail survenus lors d'opérations de construction, de déconstruction ou de maintenance.
- Les dangers de l'énergie éolienne pour la sécurité des personnes ou des biens sont : l'effondrement de la machine, la projection d'objets, l'impact de la foudre ou les accidents de travail.

### 3.4.4 Principaux résultats du rapport d'experts américains

Comme le mentionne le rapport d'experts, de la glace peut tomber ou être projetée depuis une éolienne lorsqu'elle a pu se former et s'accumuler sur les pales.

Le rapport indique qu'il y a des preuves suffisantes que la chute de glace représente un danger physique pour les personnes et des mesures devraient être prises pour s'assurer que le public ne soit pas exposé à ce danger.

## 3.5 Impact sur les paysages en relation avec la santé

### 3.5.1 Introduction

La qualité des paysages offre à la population un cadre de vie agréable qu'il faut préserver et promouvoir. Les personnes peuvent se détendre de plusieurs façons au contact de la nature ; les paysages permettent de favoriser les rencontres fortuites entre les gens et de faciliter ainsi le tissage de réseaux sociaux, éléments qui contribuent à une bonne santé mentale et physique des individus.

### 3.5.2 Effet potentiel des éoliennes sur les paysages en relation avec la santé

Les effets potentiels des éoliennes sur les paysages sont traités dans le cadre des évaluations environnementales. En Suisse, Leuzinger déclare dans son étude sur le paysage et les éoliennes que la recherche concernant les impacts paysagers des éoliennes est encore lacunaire (Leuzinger, 2007). Dans le cadre de cette recherche nous n'avons pas trouvé d'études sur les impacts des éoliennes sur le paysage en relation avec la santé. Les études que nous avons analysées ont concerné surtout l'impact visuel des éoliennes sur le paysage. Cet élément a été associé à un sentiment de désagrément (de gêne) pour les riverains mais le lien n'a pas été fait sur la santé (INSPQ 2009 ; Pedersen, 2004 ; 2007 ; 2008). Pedersen & Wayne (2004) ont remarqué une corrélation positive<sup>31</sup> entre la gêne et la modification du paysage. De plus, van den Berg et al. (2008) ont observé que le sentiment de gêne était associé à une attitude négative face aux éoliennes en général et à leur impact sur le paysage.

En outre selon Gilgen & Sartoris (2010), les sites favorables à l'implantation d'éoliennes, particulièrement les sommets et les crêtes, sont souvent des lieux appréciés pour l'observation du paysage. Ils présentent par conséquent une valeur particulière pour le tourisme et la détente. Dans ces conditions, une installation éolienne peut avoir des impacts très divers : dans certaines situations elle augmentera l'attractivité d'un lieu mais elle peut aussi la baisser notamment si ces installations se multiplient et deviennent communes. Sheperd et al (2011) ont montré que vivre à proximité d'éoliennes peut être associé à une dégradation de l'attractivité du territoire concerné. Ceci est confirmé par les travaux de Pedersen et al (2009) sur le bruit des éoliennes qui a été considéré comme incompatible avec l'ambiance sonore naturelle des régions rurales.

Le balisage nocturne des éoliennes engendrerait également un désagrément. Rendu obligatoire par les normes de l'Organisation Internationale de l'Aviation Civile, le clignotement rouge des lampes postées sur les éoliennes favorise l'impact visuel durant la nuit et, par extension, le désagrément de la part des riverains d'après les griefs relevés dans la presse jurassienne.

Les effets de la pollution lumineuse sur la santé ne sont étudiés que depuis une dizaine d'années et les études réalisées n'ont traités que des milieux fortement lumineux. Les

---

<sup>31</sup>  $r^2=0,51$

résultats qui en ressortent, à savoir une propension possible au cancer du sein chez les femmes ou à l'obésité chez les travailleurs de nuit, ne s'appliquent pas au cas des éoliennes du Jura. Dès lors, le seul impact sur la santé que l'on puisse attribuer au balisage nocturne des éoliennes demeure le désagrément.

### 3.5.3 Synthèse

En résumé et selon la documentation examinée :

- Il semble qu'il y ait une corrélation positive entre le sentiment de gêne occasionné par les éoliennes et leur impact sur le paysage.
- Les sites favorables à l'implantation d'éoliennes, particulièrement les sommets et les crêtes, sont souvent des lieux appréciés pour l'observation du paysage. Ils constituent par conséquent une valeur particulière pour le tourisme et la détente.
- Il semble que la présence d'éoliennes sur certains territoires peut constituer une dégradation de l'attractivité, du charme de ces lieux.

## 3.6 Aspects sociaux

### 3.6.1 Introduction

L'installation d'une nouvelle infrastructure sur un territoire donné peut entraîner divers impacts sociaux. L'implantation de l'éolienne suscite actuellement de nombreux débats entre groupes favorables et non favorables à cette énergie. Les liens sociaux, la perception du risque et l'acceptabilité sociale interagissent étroitement dans les manifestations sociales entourant le développement de l'énergie éolienne (INSPQ, 2009).

### 3.6.2 Aspects sociaux en lien avec le développement d'éoliennes

Des chercheurs du centre de recherche sur le développement territorial et du laboratoire de recherche en énergie éolienne de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) ont étudié l'acceptabilité sociale des installations d'éoliennes. Ils ont identifié une dizaine de facteurs qui ont été classés en 4 catégories principales :

- les facteurs en lien avec la filière éolienne
- les facteurs en lien avec le projet spécifique
- les facteurs en lien avec le processus décisionnel
- les facteurs en lien avec le milieu social (INSPQ, 2009).

#### *Facteurs en lien avec la filière éolienne*

La question qui se pose concerne le décalage entre une appréciation en général positive de l'opinion publique sur les énergies renouvelables y compris l'éolienne et l'opposition qui se manifeste dans les populations par rapport au développement spécifique d'un projet. Le syndrome classique « pas dans ma cour ou NIMBY<sup>32</sup> en anglais » est souvent utilisé pour expliquer l'opposition locale à des projets (Lyrette, 2003 ; Kaldellis, 2005). Cependant, certains auteurs n'adhèrent pas complètement à cette théorie (Wolsink, 2000, Devine-Wright, 2005 ; Saucier et al, 2007 ; Wolsink, 2007). Wolsink (2000 ; 2007) a remarqué que l'opposition à l'installation d'éoliennes dans le voisinage ne repose pas forcément sur une question d'égoïsme mais serait plutôt associée à une perception d'inégalité ou d'injustice. Il a aussi mis en exergue quatre types d'opposition à un projet spécifique (cf. tableau 3).

<sup>32</sup> Acronyme de l'anglais "Not In My BackYard"

Type d'opposition	Perception de la filière éolienne	Cause	Perception du projet spécifique
1	Positive	« Pas dans ma cour »	Négative
2	Négative	Opposition de principes qui se répercute sur les projets spécifiques	Négative
3	Positive	Changement de la perception à la suite d'un débat public	Négative
4	Positive	Plans de conception déficients	Négative

Tableau 3 : Type d'opposition à un projet spécifique. Source Wolsink, 2007 dans INSPQ 2009.

Ce tableau montre la relation entre la perception initiale de la filière éolienne et l'impression négative d'un projet spécifique selon 4 causes. Si l'on se base sur une appréciation généralement positive face à la filière éolienne, Wolsink considère que l'opposition aux projets éoliens correspond notamment aux catégories 3 et 4.

D'autres auteurs ont souligné l'importance du cadre institutionnel du développement de la filière éolienne dans l'acceptabilité sociale des projets (Jobert et al, 2007 ; Nadaï, 2007). La perception d'une absence d'encadrement institutionnel peut créer l'incertitude au niveau de la population. Selon Jobert et al (2007) en France, l'adoption de règles d'implantation des éoliennes surtout dans le cadre des zones de développement éolien (ZDE<sup>33</sup>) a permis entre autres de diminuer cette incertitude chez la population et les promoteurs et de favoriser une meilleure résolution des conflits et un réseautage entre les acteurs.

Knopper et Ollson déclarent que la crainte des personnes vivant à proximité d'un parc éolien va bien au-delà du phénomène « pas dans ma cour ». Ces personnes ont véritablement peur des effets potentiels sur la santé que le projet pourrait provoquer indépendamment des résultats d'évaluation quantitative qui démontrent qu'il y a un minimum de risque potentiel de vivre dans le voisinage d'une installation particulière (Knopper & Ollson, 2011).

#### *Facteurs en lien avec le projet spécifique*

Les effets des projets éoliens sur les paysages en raison de leur envergure et de leur localisation jouent un rôle important dans l'acceptabilité sociale. De même les retombées économiques des projets (p.ex. *création d'emplois, achat de biens et services, redevances versées aux communautés locales pour la mise en œuvre de projets sociaux, etc.*) peuvent avoir des impacts sociaux positifs pour les individus et la collectivité (Saucier et al, 2007). Au Japon par exemple, l'accent est mis sur le développement communautaire de projets. Ce type d'organisation qui favorise la participation, l'engagement et l'implication économique des communautés locales dans les projets éoliens a un effet positif sur la perception et l'acceptation des projets (Maruyama et al, 2007). L'avantage du développement

<sup>33</sup> Les ZDE sont arrêtées par le préfet sur proposition des communes. Elles doivent prendre en compte trois critères définis par la loi : le potentiel éolien, les possibilités de raccordement au réseau électrique et la protection des paysages, des monuments historiques et des sites remarquables et protégés.

communautaire de l'énergie éolienne est de réaliser différentes plus-values en mettant en même temps en réseau divers citoyens dans de grandes villes et dans des zones rurales comme une sorte de communauté de propriétaires (Maruyama et al, 2008). Dans l'obtention du permis de construire, il n'a pas été constaté que la présence d'un réseau stable de personnes favorables à l'éolienne est liée à l'acceptation du projet et son succès, mais l'absence d'un réseau stable d'opposants est nécessaire pour l'acceptation du projet et son succès (Loring, 2007).

#### *Facteurs en lien avec le processus décisionnel*

Ils concernent principalement la participation des parties prenantes à la planification du projet (Loring, 2007 ; Saucier, 2007). Selon l'INSPQ (2009), le processus décisionnel peut avoir un impact sur le capital social<sup>34</sup> des communautés. La figure 7 constitue une représentation schématique de la relation entre attitude, perception du processus et légitimité de la décision (Gross 2007 dans Saucier, 2009). Un processus décisionnel imparfait (p.ex. au niveau de la consultation, de l'écoute, de la capacité de participer, de la disponibilité de l'information, etc.) peut engendrer un sentiment d'injustice (cf. figure 4) (Gross, 2007). Une implication réelle et élevée du public serait probablement associée à un niveau plus bas de conflits sociaux (Devine-Wright, 2005 ; Breukers et al, 2007).

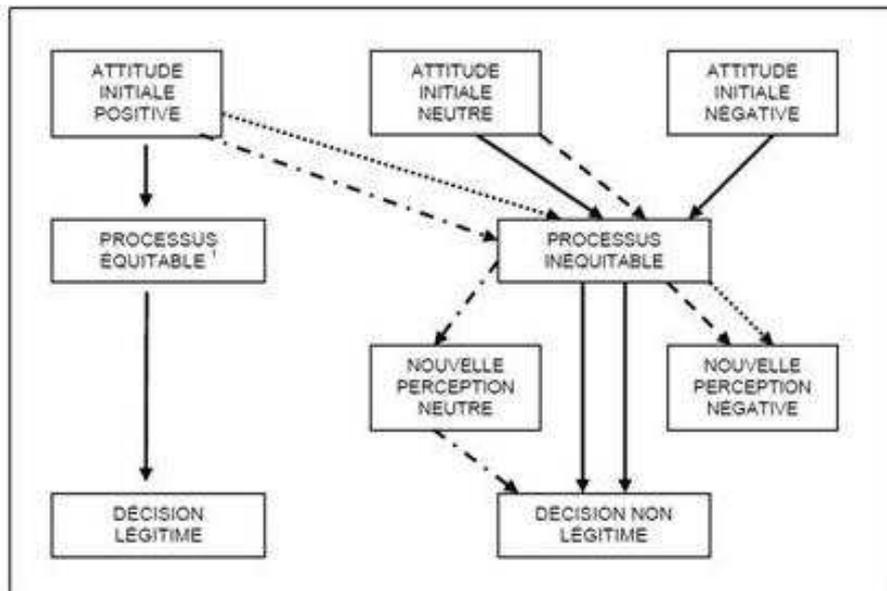


Figure 4 : Relation entre attitude, perception du processus et légitimité de la décision (Gross 2007 dans Saucier, 2009).

#### *Facteurs en lien avec le milieu social.*

Les caractéristiques du milieu dans lequel vit la communauté peuvent avoir une influence sur l'acceptation des projets. Ces caractéristiques sont : l'historique du territoire, les changements vécus par la communauté, le contexte socioculturel et l'influence du réseau social (p.ex. l'avis de proches) (Devine-Wright, 2005 ; Saucier et al, 2007).

Ellis et al (2007) estiment que les motivations de soutenir ou de rejeter un projet peuvent traduire des valeurs ou des convictions profondes.

<sup>34</sup> Le capital social : c'est la cohésion entre les membres d'une communauté et les structures ou réseaux qui sous-tendent ces liens.

### 3.6.3 Synthèse

En résumé et selon la documentation examinée :

- Les liens sociaux, la perception du risque et l'acceptabilité sociale interfèrent de près dans les manifestations sociales entourant le développement de projets éoliens.
- La participation et l'implication des communautés locales au processus de planification des éoliennes est importante et peut permettre de réduire les perceptions négatives relatives aux projets éoliens.

### 3.6.4 Principaux résultats du rapport d'experts américains

Le rapport d'experts mentionne qu'une participation effective du public dans la planification des projets d'énergie éolienne et les avantages directs de ces projets (comme la fourniture d'électricité à partir des éoliennes avoisinantes) ont montré que cela pourrait conduire à une diminution du désagrément ressenti par la population riveraine et à une meilleure acception par le public des projets éoliens.

## 4. Méthodologie EES-EIS dans le cadre de la stratégie énergétique 2035

Afin de permettre une prise en compte des enjeux environnementaux et de santé dans le cadre de l'élaboration de la stratégie énergétique 2035 et d'apporter des réponses plus précises aux différentes recommandations mentionnées au chapitre 5 de ce rapport, une démarche d'évaluation environnementale stratégique (EES) associée à une EIS est proposée. Elle s'articule de la manière suivante :

1. Identification des objectifs et enjeux d'environnement et de santé à traiter dans le cadre de la stratégie énergétique 2035
2. Evaluation environnementale et de santé des scénarios ou des variantes proposés dans la stratégie en fonction de leurs incidences respectives. Cette partie pourra se faire sur la base de critères quantitatifs et qualitatifs prédéfinis
3. Formulation des recommandations environnementales et de santé
4. Elaboration d'un rapport final EES-EIS.

## 5. Conclusion et recommandations

La présente EIS a permis de réunir des informations essentiellement sur la base d'un examen de la littérature, et en tenant compte de l'état actuel des connaissances scientifiques, des effets potentiels des éoliennes sur la santé de la population. Les principaux résultats et recommandations sont résumés dans le tableau ci-dessous. Il intègre également les préoccupations des opposants aux éoliennes, ainsi que les résultats du rapport d'experts américains concernant les effets potentiels des éoliennes sur la santé. Un tableau plus détaillé de ces aspects se trouve à l'annexe 8.

Enjeux	Préoccupations	Recommandations (EIS éoliennes)	Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)	Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)
Bruit	Le bruit inquiète. Le constat fait ailleurs dans le monde se vérifie ici : la nature des sons émis indispose fortement les habitants dans un rayon de 2 km, à en tomber malade.  Je suis venue habiter au Peuchapatte car c'était un coin tranquille et beau. Dès lors, avec 40 à 50 décibels et des pointes de 80 décibels mesurés un samedi soir à 23 heures à la fenêtre de mon salon....J'ai une zone industrielle derrière la maison !	1. Continuer à aborder la problématique du bruit plutôt en termes de niveau sonore que de distance.	En Suisse comme dans de nombreux pays ( <i>Danemark, Suède, Grèce, Nouvelle-Zélande</i> , etc.) la réglementation en matière de bruit des éoliennes se focalise plus sur les niveaux sonores que sur les distances (cf. annexe 6).	Généralement, à des distances supérieures à 400 m, les niveaux de pression sonore des éoliennes modernes sont à moins de 40 dB (A), ce qui est en dessous du niveau associé au désagrément selon les études épidémiologiques examinées.  La plupart de la littérature épidémiologique sur la réponse humaine aux éoliennes parle essentiellement de « désagréments » et cette réponse semble résulter de la combinaison de facteurs tels que le son lui-même, la vue de l'éolienne et l'attitude envers un projet éolien.
		2. En sus de l'OPB, tenir compte des niveaux de bruit existant lors de la planification d'éoliennes.	Selon les données actuelles de la littérature, le bruit des éoliennes pourrait, selon certaines conditions et chez certaines personnes vivant aux abords de parcs éoliens, provoquer un sentiment de gêne, de dérangement.	Le rapport mentionne également que selon la littérature, il existe des preuves solides de désagrément pour les populations exposées durant plus d'une année à des niveaux sonores de 37 dB(A) et d'irritation sévère à partir d'une exposition à 42 dB(A).
		3. Localiser les éoliennes de façon à ce qu'elles soient le moins visibles possible pour les riverains.	Ce sentiment de nuisance a été associé à d'autres facteurs subjectifs tels que l'aspect visuel et l'attitude des personnes au regard des éoliennes.	Il existe des preuves limitées d'études épidémiologiques suggérant une relation entre le bruit des éoliennes et les troubles du sommeil. En d'autres termes, il est possible que le bruit des éoliennes puisse engendrer une perturbation du sommeil.
		4. Rester attentif à l'évolution des connaissances et aux résultats de la recherche scientifique sur les effets potentiels des éoliennes sur la santé.	Des corrélations positives ont été observées entre la nuisance extérieure due au bruit des éoliennes et des troubles tels que l'interruption du sommeil, le stress, les maux de tête, l'irritation, etc.  Il semble que les personnes qui vivent dans un milieu rural se déclarent plus importunées par le bruit des éoliennes comparativement à celles du milieu urbain.	Il n'existe pas suffisamment de preuves que le bruit des éoliennes soit directement (c'est-à-dire indépendamment des effets de désagréments ou sur le sommeil) la cause de problèmes de santé ou de maladies.  Selon le rapport réalisé par le Panel et qui se base notamment sur un examen de la littérature épidémiologique, il n'y a pas de preuves suggérant une relation entre le bruit provoqué par les éoliennes et des douleurs, du diabète, de l'hypertension, du bourdonnement d'oreille, des déficiences auditives, des maladies cardio-vasculaires ou encore des maux de tête.
Infrasons et sons de basses fréquences	Les grandes éoliennes produisent beaucoup de sons de basse fréquence dont certains se rapprochent des fréquences cardiaques. De nombreuses personnes sont très sensibles à ces sons (étude de Nicole Lachat).	5. Prendre en compte dans le choix des éoliennes, celles caractérisées par une amélioration acoustique de la nacelle comme p.ex. le renforcement de l'isolation.	Des incertitudes demeurent encore sur les effets potentiels des infrasons et des sons de basses fréquences émis par les éoliennes sur la santé.	Les revendications selon lesquelles les infrasons provenant des éoliennes impactent directement le système vestibulaire n'ont pas été démontrées scientifiquement.  Les données disponibles montrent que les niveaux d'infrasons à proximité des éoliennes ne peuvent pas provoquer d'incidence sur le système vestibulaire.
		6. Positionner les éoliennes de types GE (1,5 MW) et SWT (2,3 MW) à des distances supérieures à 305 m car il ne devrait y avoir aucun effet indésirable sur la santé en lien avec les infrasons et les sons de basses fréquences (O'Neal et al, 2011).	Certains auteurs (Salt, Hullah) estiment qu'il est probable que ces sons de basses fréquences pourraient affecter les personnes vivant à proximité d'éoliennes.	
		7. Prendre en compte dans le choix des éoliennes, celles de conception contemporaine avec un rotor positionné face au vent, ce qui permet de réduire le niveau d'infrasons produits (Jakobsen, 2005).	En revanche, d'autres auteurs (Leroux, Gagné, Leventhall, Jakobsen) soulignent que selon les connaissances scientifiques actuelles, les infrasons générés par les éoliennes représentent une quantité négligeable dans l'environnement et sont sans effet nocif pour la santé étant donné que leur intensité est inférieure au seuil d'audition, même à une distance rapprochée.	
Effet stroboscopique et ombres mouvantes	Des effets stroboscopiques importants ont été constatés, effets qui ne sont pas encore totalement maîtrisés par les concepteurs et qui peuvent avoir une influence certaine sur la santé de la population.	8. Tenir compte de ce phénomène dans la planification des éoliennes, limiter la durée d'exposition de la population, prévoir la plantation de végétaux comme mesure d'atténuation ou éventuellement exiger l'arrêt des éoliennes aux périodes critiques.	Les ombres mouvantes produites par le mouvement des pales d'une éolienne en période d'ensoleillement peuvent incommoder les riverains notamment durant la période estivale et lorsque le soleil est à l'horizon.	Les ombres mouvantes ne sont plus visibles à partir d'une distance de 1400 m depuis l'éolienne.  La preuve scientifique suggère que les ombres mouvantes ne posent pas de risque de crise provoquée à la suite d'une stimulation lumineuse.
		9. Rester attentif à l'évolution des connaissances et aux résultats de la recherche scientifique sur ce sujet.	Au niveau des effets sur la santé, certaines études (Harding, Smedley) évoquent le risque potentiel de crises épileptiques chez certaines personnes vulnérables (p.ex. 1.7 personnes sur 100'000 de la population photosensible).	Les preuves scientifiques restent limitées concernant la relation entre un désagrément résultant d'un effet stroboscopique prolongé (plus de 30 minutes par jour) et les effets potentiels transitoires sur la santé cognitive et sur la santé physique.

Sécurité	Par ailleurs, en hiver, les pales projettent des blocs de glace susceptibles de blesser ou de tuer.	<p>10. Prendre en compte les mesures mécaniques de réduction des risques : système automatique d'arrêt d'urgence en cas de bris de pale, de surcharge causée par un dépôt de glace, de vibrations, de surchauffe, etc ; mise en place de paratonnerres au niveau des éoliennes, etc.</p> <p>11. Définir des mesures de sécurité autour des éoliennes en tenant compte de la saison : périmètre, informations, etc.</p>	<p>Les risques d'accidents concernent surtout les travailleurs lors des phases de construction, de déconstruction et de maintenance.</p> <p>La projection d'objets peut constituer un risque pour la sécurité.</p>	La chute de glace représente un danger physique pour les personnes et des mesures devraient être prises pour s'assurer que le public ne soit pas exposé à ce danger.
Paysages	<p>Aujourd'hui, les nouvelles éoliennes saccagent les crêtes du Jura, qui méritent un autre traitement que celui que veulent leur infliger les développeurs d'éoliennes.</p> <p>Enfin, les atteintes au paysage sont énormes. Les dizaines de machines installées ou projetées défigurent irrémédiablement les crêtes boisées du Jura</p> <p>La nuit c'est presque pire car on ne voit plus que des phares rouges clignoter dans tous les sens. Quel gâchis!</p>	<p>12. Définir, à l'échelle cantonale, les paysages à protéger et à valoriser constituant des territoires d'exclusion des éoliennes (par exemple sous la forme d'un plan directeur des paysages).</p> <p>13. Prévoir lors de la planification d'éoliennes, l'élaboration d'un concept paysager détaillé (s'inscrivant dans les CEP) intégrant les aspects de la visibilité, de la conservation d'espaces de valeur et de l'insertion d'éoliennes dans les paysages aux échelles appropriées.</p> <p>14. Exiger des promoteurs d'assurer une bonne intégration des projets d'éoliennes dans les paysages.</p> <p>15. Continuer à tenir compte des recommandations formulées dans le rapport de l'OFEN, l'OFEV et l'ARE sur la planification d'installations d'éoliennes.</p> <p>16. La recommandation n°14 s'applique aussi ici.</p>	<p>Il semble qu'il y ait une corrélation positive entre le sentiment de gêne occasionné par les éoliennes et leur impact sur le paysage.</p> <p>Les sites favorables à l'implantation d'éoliennes, particulièrement les sommets et les crêtes, sont souvent des lieux appréciés pour l'observation du paysage. Ils constituent par conséquent une valeur particulière pour le tourisme et la détente.</p> <p>Il semble que la présence d'éoliennes sur certains territoires peut constituer une dégradation de l'attractivité, du charme de ces lieux</p>	Non traité par l'étude
Aspects sociaux	<p>L'incapacité des pouvoirs en place de les intégrer et de les informer sur leurs stratégies énergétiques.</p> <p>Tensions dans la population (Quelques citoyens et communes profitent, les autres subissent).</p>	<p>17. Prévoir la participation de la population dans l'élaboration de la politique énergétique cantonale, notamment le volet éolien.</p> <p>18. Etablir des règles de procédures clairement définies et un encadrement institutionnel précis, ce qui peut permettre de réduire les incertitudes au niveau de tous les acteurs.</p> <p>19. Impliquer tous les acteurs concernés le plus en amont possible dans la planification des projets éoliens (participation).</p> <p>20. S'assurer qu'il y ait une meilleure répartition des avantages directs et indirects (comme l'approvisionnement énergétique, les retombées économiques) des projets, si les incertitudes sont levées quant à l'impact potentiel négatif des éoliennes sur la santé. S'inscrire dans la stratégie de l'arc jurassien afin de faire en sorte que les bénéfices restent dans le Jura.</p> <p>21. Traiter les enjeux en lien avec les éoliennes non pas seulement sous un angle écologique mais dans un contexte plus large, social, économique, politique et culturel (Leroux &amp; Gagné, 2007).</p>	<p>Il ressort de cette étude que l'acceptabilité d'un projet éolien n'est pas seulement liée à des considérations environnementales mais des aspects liés à la procédure, aux considérations sociales peuvent également jouer un rôle.</p>	<p>Une participation effective du public dans la planification des projets d'énergie éolienne et les avantages directs de ces projets (comme la fourniture d'électricité à partir des éoliennes avoisinantes) ont montré que cela pourrait conduire à une diminution du désagrément ressenti par la population riveraine et à une meilleure acception par le public des projets éoliens.</p>

## 6. Bibliographie

- Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) (2008). *Impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes*. Saisine n°2006/005.
- Bellhouse G. (2004). *Low frequency noise and infrasound from wind turbines generators: A literature review*. Bel Acoustic Consulting, Nouvelle-Zélande.
- Bolin K, Bluhm G, Eriksson G, Nilsson M. (2011). *Infrasound and low frequency noise from wind turbines : exposure and health effects*. Environ. Res. Lett. 6, 035103 (6pp).
- Breukers S & Wolsink M. (2007). *Wind power implementation in changing institutional landscapes: An international comparison*. Energy Policy, 35:2737 – 2750.
- Colby D, Dobie R, Leventhall G, Lipscomb D.M, McCunney R.J, Seilo M. T, Sondergaard B. (2009). *Wind Turbine Sound and Health Effects – An Expert Panel Review*. Prepared for American Wind Energy Association and Canadian Wind Energy Association.
- Département de l'environnement et de l'équipement (DEE) (2008). *Directive concernant la planification et la procédure d'autorisation pour la réalisation d'éoliennes*. RCJU.
- Devine-Wright P. (2005). *Beyond NIMBYism: towards an integrated framework for understanding public perceptions of wind energy*. Wind Energy, 8:125-139.
- Ellenbogen J. M, Grace S, Heiger-Bernays W. J, Manwell J. F, Mills D. A, Sullivan K. A, Weisskopf M. G. (2012). *Wind Turbine Health Impact Study: Report of Independent Expert Panel – January 2012*. Prepared for Massachusetts Department of Environmental Protection & Massachusetts Department of Public Health.
- Ellis G, Barry J, Robinson C. (2007). *Many ways to say “no”, different ways to say “yes”: Applying Q-methodology to understand public acceptance of wind farm proposals*. Journal of Environmental Planning and Management, 50: 517-551.
- EMPA (2010). *Lärmermittlung und Massnahmen zur Emissionsbegrenzung bei Windkraftanlagen*. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). CH-3003 Bern
- Gendron S & Thériault I. (2007). *La filière éolienne au Bas-Saint-Laurent : un outil d'aide à la prise de décision dans le contexte municipal*. Conseil régional de l'environnement du Bas-Saint-Laurent, Rimouski, Canada.
- Gérin M, Gosselin P, Cordier S, Viau C, Quénel P, Dewailly E (2003). *Environnement et santé publique – Fondements et pratiques*. Edisem inc.
- Gilgen K, Sartoris A. (2010). *Recommandations pour la planification d'installations éoliennes – Utilisation des instruments de l'aménagement du territoire et critères de sélection des sites*. Rapport élaboré sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie, de l'Office fédéral de l'environnement et de l'Office fédéral du développement territorial.
- Gross C. (2007). *Community perspectives of wind energy in Australia: The application of a justice and community fairness framework to increase social acceptance*. Energy Policy 35: 2727-2736.

Guillet R & Leteurtois J-P. (2004). *Rapport sur la sécurité des installations éoliennes*. Conseil général des Mines, République Française.

Harding P & Wilkins A (2008). *Wind turbines, flicker and photosensitive epilepsy: Characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them*. *Epilepsia*, 49:1095-98.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) (2009). *Eoliennes et santé publique – synthèse des connaissances*. Direction de la santé environnementale et de la toxicologie. Disponible sur [www.inspq.qc.ca](http://www.inspq.qc.ca).

Jakobsen J. (2005). *Infrasound Emission from Wind Turbine*. *Journal of low frequency noise, vibration and active control*, pp. 145-155.

Jobert A, Laborgne P, Mimler S. (2007). *Local acceptance of wind energy: Factors of success identified in French and German case studies*. *Energy Policy* 35: 2751 – 2760.

Kaldellis J. K. (2005). *Social attitude towards wind energy applications in Greece*. *Energy Policy*.

Knopper L. D, Ollson C. A. (2011). *Health effects and wind turbines: A review of the literature*. *Environmental Health*, 10:78.

KohleNusbaumer (2002). *L'énergie éolienne dans le canton du Jura – Elaboration d'un plan de base sur le potentiel éolien du Canton du Jura*. Sur mandat de la RCJU, services des transports, de l'énergie et de l'aménagement du territoire.

Leroux T, Gagné J.-P. (2007). *Evaluation des impacts sur la santé des populations vivant à proximité des parcs éoliens*. Rapport de recherche documentaire. Ecole d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal.

Leuzinger Y. (2007). *Paysage et éoliennes – Analyse de l'intégration paysagère des Eoliennes sur le site de Mont-Crosin*. Rapport 255.01 NATURA.

Leventhall G. (2006). *Infrasound from wind turbines – fact, fiction or deception*. *Canadian Acoustics*, Vol.34 N°2, pp.29-36.

Leventhall G. (2005). *How the « mythology » of infrasound and low frequency noise related to wind turbines might have developed*. *Proceedings Wind Turbine Noise 2005 INCE / Europe*, Berlin September.

Leventhall G, Benton S, Pelmeur P. (2003). *A review of published research on low frequency noise and its effects*. London, Department for Environment, Food and Rural affairs, UK.

Loring McLaren J. (2007). *Wind energy planning in England, Wales and Denmark: Factors influencing project success*. *Energy Policy* : 35 : 2648 – 2660.

Lyrette E. (2003). *La dynamique sociale entourant l'implantation d'une infrastructure majeure: le cas du parc éolien le Nordais*. Mémoire (M. Sc.), Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique – Urbanisation, culture et société.

Maruyama Y, Nishikido M, Lida T. (2007). *The rise of community wind power in Japan: Enhanced acceptance through social innovation*. *Energy Policy*: 35: 2761-2769.

Maruyama Y, Nishikido M, Furaya S, IIDA T. (2008). *Social acceptance and social innovation of Wind Power Technology*. Faculty of Arts and Sciences, University of Tokyo.

Médecin hygiéniste en chef (MHC) (2010). *Répercussions possibles des éoliennes sur la santé*. Rapport du MHC de l'Ontario.

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) (2010). *Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens – Actualisation 2010*. République Française.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs – Direction des évaluations environnementales (2011). *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*. Dossier 3211-12-145.

MIS TREND. (2011). *Opinion des Jurassiens sur les questions énergétiques*. Etude réalisée auprès de la population du canton du Jura pour la journée cantonale d'audience et d'échange sur la stratégie énergétique cantonale. RCJU.

Nadaï A. (2007). « *Planning* », « *siting* » and the local acceptance of wind power: Some lessons from the French case. *Energy Policy* 35: 2715 – 2726.

Office fédéral de l'énergie ; Office fédéral de l'environnement ; Office fédéral du développement territorial (2010). *Recommandations pour la planification d'installations éoliennes*. Berne, 2010.

Office fédéral de l'énergie ; Office fédéral de l'environnement ; Office fédéral du développement territorial (2004). *Concept d'énergie éolienne pour la Suisse, Bases pour la localisation de parcs éoliens*. Berne 2004.

Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEPF) (2005), « *Recommandation pour la prévention des émissions lumineuses* », Berne

O'Neal R.D, Hellweg Jr P.E, Lampeter R.M. (2011). *Low frequency noise and infrasound from wind turbines*. *Noise Control Eng J* 59:135-157.

Ordonnance sur l'infrastructure aéronautique, 23 novembre 1994 (Etat le 1<sup>er</sup> avril 2011), 748.131.1

[Disponible à l'adresse : [http://www.admin.ch/ch/f/rs/c748\\_131\\_1.html](http://www.admin.ch/ch/f/rs/c748_131_1.html)]

Passchier-Vermeer W. (1993). *Noise and health*. The Hague : Health Council of the Netherlands. In Ellenbogen J. M, Grace S, Heiger-Bernays W. J, Manwell J. F, Mills D. A, Sullivan K. A, Weisskopf M. G. (2012). *Wind Turbine Health Impact Study: Report of Independent Expert Panel – January 2012*. Prepared for Massachusetts Department of Environmental Protection & Massachusetts Department of Public Health.

Pedersen E & Waye K. P. (2004). *Perception and annoyance due to wind turbine noise – a dose – response relationship*. *J. Acoust. Soc. Am.* 116 (6).

Pedersen E & Waye K. P. (2006). *Exploring perception and annoyance due to wind turbine noise in dissimilar living environments*. Euronoise 2006, Tampere, Finland.

Pedersen E & Waye K. P. (2007). *Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments*. *Occup Environ Med*; 64:480 – 486.

- Pedersen E, van den Berg F, Bakker R, Bouma J. (2009). *Response to noise from modern wind farms in The Netherlands*. J. Acoust. Soc. Am. 126 (2).
- Pedersen E. (2011). *Health aspects associated with wind turbine noise – Results from three field studies*. Noise Control Eng. J. 59 (1).
- Pedersen E & Larsman P (2008). *The impact of visual factors on noise annoyance among people living in the vicinity of wind turbines*. Journal of environmental Psychology 28: 379-389.
- Pedersen E. (2007). *Human response to wind turbine noise – Perception, annoyance and moderating factors*. Occupational and Environmental Medicine, Departement of Public Health and Community Medicine, University of Gothenburg.
- Salt A. N & Hullar T. E. (2010). *Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines*. Hear res. September 1; 268 (1-2): 12-21.
- Salt A. N. & Kaltenbach J. A. (2011). *Infrasound from wind turbines could affect humans*. Bulletin of Science Technology & Society, 31:296.
- Saucier C, Côté G, Fortin M-J, Jean, B, Lafontaine D, Feurtey E, Guillemette M, Méthot J-F, Wilson J. (2007). *Développement territorial et filière éolienne – Des installations éoliennes socialement acceptables*. Université du Québec à Rimouski.
- Saucier C, Côté G, Fortin M-J, Jean, B, Lafontaine D, Feurtey E, Guillemette M, Méthot J-F, Wilson J. (2009). *Développement territorial et filière éolienne – Des installations éoliennes socialement acceptables : élaboration d'un modèle d'évaluation de projets dans une perspective de développement territorial durable*. Rapport final. Unité de recherche sur le développement territorial durable et la filière éolienne, Université du Québec à Rimouski.
- Shepherd D, McBride D, Welch D, Dirks K. N, Hill E. M. (2011). *Evaluating the impact of wind turbine noise on health related quality of life*. Noise & Health, 13:54, 333-9
- Shepherd D, Welch D, Dirks K. N, Mathews R. (2010). *Exploring the relationship between noise sensitivity, annoyance and health-related quality of life in a sample of adults exposed to environmental noise*. Int J Environ Res Public Health, 7:3579-94.
- Smedley A. R. D, Webb A.R, Wilkins A. J. (2010). *Potential of wind turbines to elicit seizures under various meteorological conditions*. Epilepsia, 51:1146-1151.
- Stansfeld S. et al (2000). *Noise and health in the urban environment*. Rev Environmental Health, 2000, Vol15 (1-2): 43-82.
- van den Berg G.P. (2006). *Wind induced noise in a screened microphone*. Journal of the Acoustical Society of America 119 (2), 824-833.
- van den Berg G. P, Pedersen E, Bouma J, Bakker R. (2008). *Project WINDFARM perception – Visual and acoustic impact of wind turbines farms on residents*. Final report, University of Gothenburg, Sweden.
- Waye K. P, Ohrstrom E. (2002). *Psycho-acoustic characters of relevance for annoyance of wind turbine noise*. Journal of sound and vibration, 250: 65-73.
- Widing A, Britse G, Wizelius T. (2004). *Environmental Impact of Wind Power Station Siting*. University of Gotland, Sweden.

Wolsink M. (2000). *Wind power and the NIMBY – myth: institutional capacity and the limited significance of public support*. Renewable Energy 21: 49-64.

Wolsink M. (2005). *Wind power implementation: The nature of public attitudes: Equity and fairness instead of “backyard motives”*. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 11: 1188-1207.

Wyse et al. (2011), « Circadian desynchrony and metabolic dysfunction ; did light pollution make us fat ? », Medical Hypotheses, Elsevier

## **Dispositions légales en matière d'éoliennes en Suisse et dans le canton du Jura**

- Ordonnance sur l'énergie (OEne) : <http://www.admin.ch/ch/f/rs/7/730.01.fr.pdf>
- Ordonnance sur la protection contre le bruit : <http://www.admin.ch/ch/f/rs/8/814.41.fr.pdf>
- Loi sur l'énergie de la République et Canton du Jura : <http://rsju.jura.ch/extranet/common/rsju/index.html>
- Loi sur les constructions et l'aménagement du territoire de la République et Canton du Jura : <http://rsju.jura.ch/extranet/common/rsju/index.html>
- Plan directeur cantonal : <http://w3.jura.ch/plan-directeur/>

## 7. Annexes

### 7.1 Annexe 1: L'énergie éolienne en Suisse

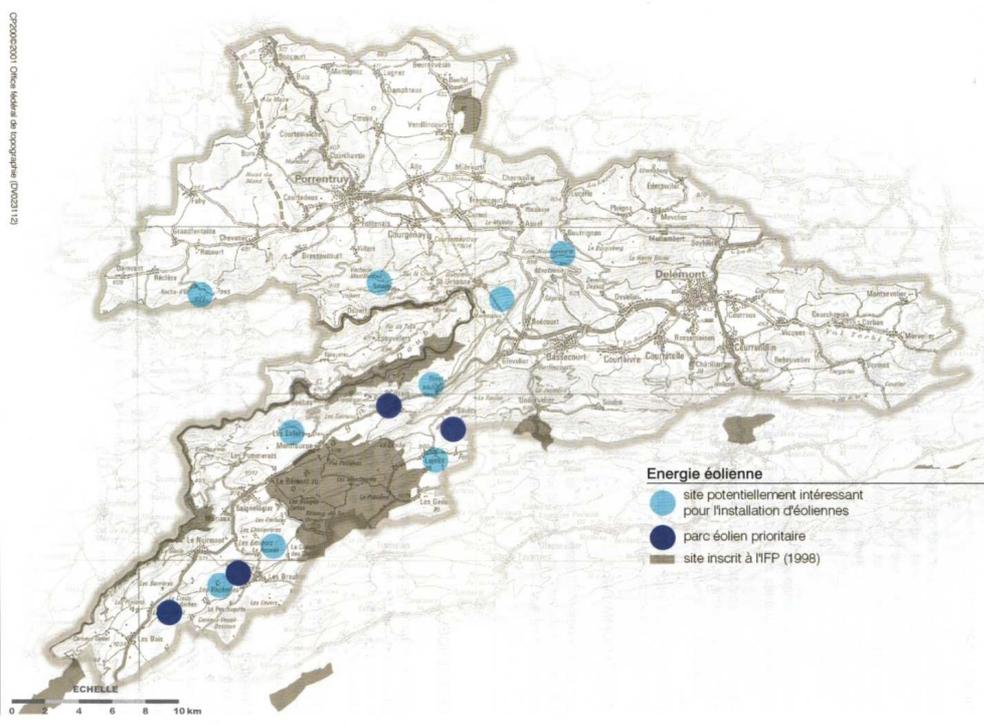
Les éoliennes en service (état au 24.11.2011) (Suisse Energie)

Sites	Nombre	Puissance totale (MW)	Mise en service
Mont-Crosin BE	16	23,6	1996, 1998, 2001, 2004, 2010
Le Peuchapatte JU	3	6,9	2010
Saint-Brais JU	2	4,0	2009
Gütsch-Andermatt UR	3	2,4	(2002) 2004, 2010
Griespass-Nufenen VS	1	2,3	2011
Vernayaz-Martigny VS	1	2,0	2008
Collonges VS	1	2,0	2005
Entlebuch LU	2	1,85	2005, 2011
Grenchenberg SO	1	0,15	1994
Total	30	45,2	

On compte en outre 5 éoliennes d'une puissance de 10 à 100 kW et 14 de moins de 10 kW, totalisant 0,32 MW.

La puissance totale des éoliennes suisses installées est, actuellement, de 45,52 MW.

Les sites potentiellement intéressants pour l'installation d'éoliennes dans le canton du Jura sont présentés sur la carte ci-après (source : fiche 5.06 du plan directeur cantonal)



**7.2 Annexe 2 : Corrélation entre les nuisances sonores, le niveau sonore dB (A) et les variables subjectives (Pedersen & Waye, 2004).**

	Catégorie sonore	Attitude à l'impact visuel	Attitude face aux éoliennes	Sensibilité au bruit
Nuisance sonore	<b>0,421</b>	<b>0,512</b>	<b>0,334</b>	<b>0,197</b>
Catégorie sonore	...	<b>0,145</b>	0,074	0,069
Attitude à l'impact visuel		...	<b>0,568</b>	<b>0,194</b>
Attitude face aux éoliennes			...	0,023
Sensibilité au bruit				...

Selon l'auteur, les corrélations statistiquement significatives sont en gras.  $P < 0,08$  était requis pour la signification statistique.

**7.3 Annexe 3 : Quelques résultats de l'étude de Pedersen & Waye (2006) sur la perception et la gêne dues au bruit des éoliennes dans des milieux de vie différents.**

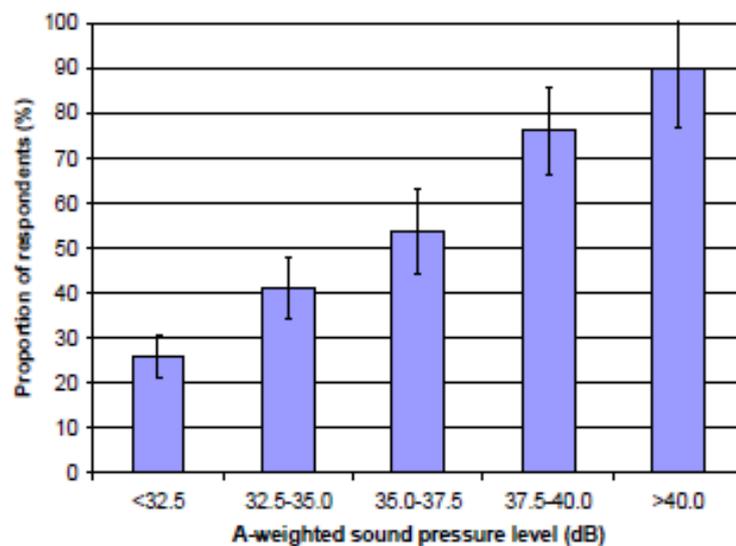


Figure 1 : Proportions, avec un intervalle de confiance de 95 % des répondants ayant noté la présence de bruit émis par les éoliennes en relation avec le niveau de pression sonore pondéré (Source : Pedersen & Waye, 2006).

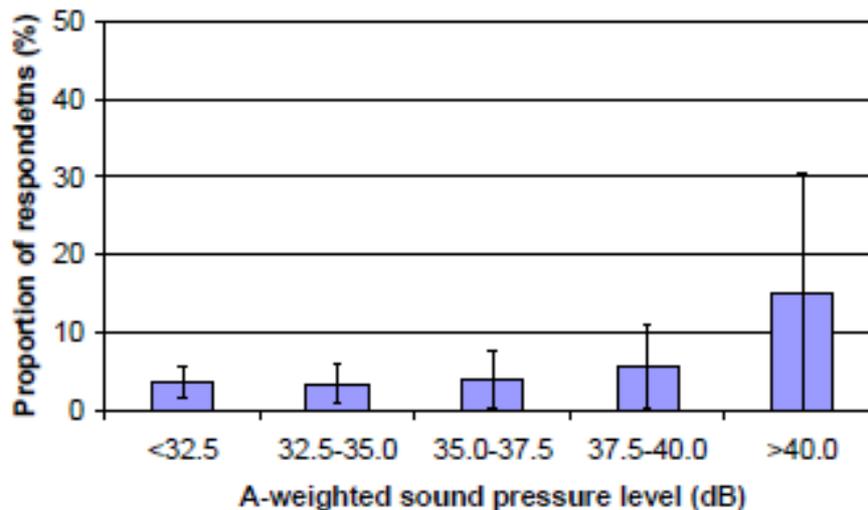


Figure 2 :

Proportions, avec un intervalle de confiance de 95 % des répondants se disant dérangés par le bruit des éoliennes en relation avec le niveau de pression sonore pondéré (Source : Pedersen & Waye, 2006).

En analysant ces deux figures, on remarque que plusieurs personnes perçoivent le bruit des éoliennes (90% des répondants exposés à un niveau sonore supérieur à 40 dB (A) ont noté la présence du bruit. Par contre, seulement 15% des répondants exposés à ce niveau sonore se déclarent être dérangés par celui-ci.

#### 7.4 Annexe 4 : Quelques résultats de l'étude de Pedersen & Waye (2007) sur le bruit des éoliennes, la gêne, les effets sur la santé et le bien-être dans différents milieux de vie

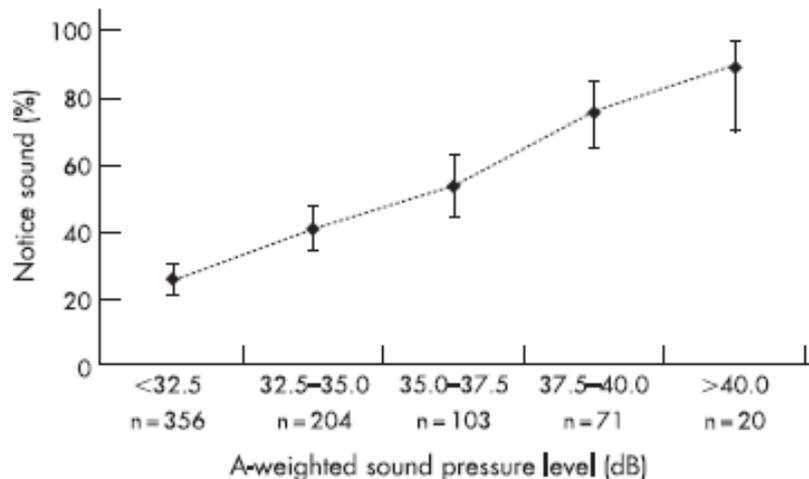


Figure 3 : Proportion de répondants ayant noté la présence de sons provenant des éoliennes à l'extérieur de leur maison en relation avec le niveau de pression sonore pondéré, intervalle de confiance de 95% (Source : Pedersen & Waye, 2007)

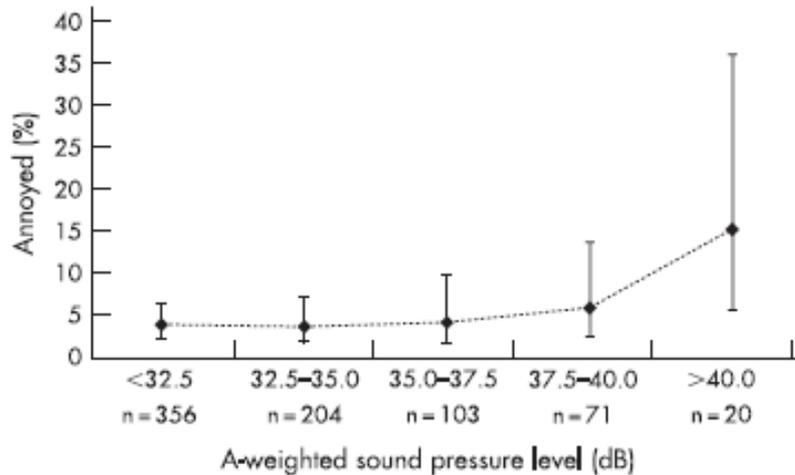


Figure 4 : Proportion de répondants se disant gênés (ennuyés) par la présence de bruit provenant des éoliennes à l'extérieur de leur maison en relation avec le niveau de pression sonore, intervalle de confiance de 95% (Source : Pedersen & Wayne, 2007).

### 7.5 Annexe 5 : Quelques résultats de l'étude de Pedersen (2011) sur les aspects de santé associés au bruit des éoliennes – résultats issus de trois études de terrain

Symptoms	SWE-00 <sup>a</sup> N <sup>c</sup> =319–333	SWE-05 <sup>a</sup> N <sup>c</sup> =720–744	NL-07 <sup>b</sup> N <sup>c</sup> =639–678
Annoyance outdoors	1.24 (1.13–1.36)	1.14 (1.03–1.27)	1.18 (1.12–1.24)
Annoyance indoors	1.38 (1.20–1.57)	1.42 (1.17–1.71)	1.20 (1.13–1.27)
Sleep interruption	1.12 (1.03–1.22)	0.97 (0.90–1.05)	1.03 (1.00–1.07)
Chronic disease	0.97 (0.89–1.05)	1.01 (0.96–1.07)	0.98 (0.95–1.01)
Diabetes	0.96 (0.79–1.16)	1.13 (1.00–1.27)	1.00 (0.92–1.03)
High blood pressure	1.03 (0.90–1.17)	1.05 (0.97–1.13)	1.01 (0.96–1.06)
Cardiovascular disease	0.87 (0.68–1.10)	1.00 (0.88–1.13)	0.98 (0.91–1.05)
Tinnitus	1.25 (1.03–1.50)	0.97 (0.88–1.07)	0.94 (0.85–1.04)
Impaired hearing	1.09 (0.93–1.27)	1.05 (0.95–1.15)	1.01 (0.94–1.10)
Headache	0.95 (0.88–1.02)	1.04 (0.99–1.10)	1.01 (0.98–1.04)
Undue tiredness	0.95 (0.88–1.02)	0.98 (0.93–1.03)	1.02 (0.99–1.05)
Tense and stressed	1.02 (0.94–1.10)	1.00 (0.95–1.05)	1.01 (0.98–1.04)
Irritable	1.03 (0.96–1.11)	1.00 (0.96–1.06)	1.01 (0.98–1.04)

<sup>a</sup>Adjusted for age and sex.

<sup>b</sup>Adjusted for age, sex, and economic benefits.

<sup>c</sup>Range of number of respondents in the analyses. Differences in number of respondents are due to missing cases, that is, the respondents not answering single questions in the questionnaire.

Tableau 1 : Association entre le niveau de pression sonore pondéré et les variables mesurant la réponse et/ou l'effet testée avec une régression logistique (Source : Pedersen, 2011).

Les termes en anglais des symptômes ont été traduits en français dans la note de bas de page<sup>35</sup> ci-après. Selon l'auteur, les associations significatives sont en gras<sup>36</sup>.

Symptoms	SWE-00 <sup>a</sup> N <sup>c</sup> = 319–333	SWE-05 <sup>a</sup> N <sup>c</sup> = 720–744	NL-07 <sup>b</sup> N <sup>c</sup> = 658–672
Sleep interruption	<b>2.26 (1.76–2.90)</b>	1.71 (1.35–2.17)	1.78 (1.49–2.14)
Chronic disease	0.90 (0.71–1.08)	0.90 (0.74–1.26)	0.98 (0.81–1.19)
Diabetes	0.69 (0.37–1.31)	0.71 (0.40–1.28)	<b>1.70 (1.14–2.56)</b>
High blood pressure	0.82 (0.55–1.22)	1.10 (0.84–1.45)	0.86 (0.64–1.17)
Cardiovascular disease	1.07 (0.58–1.98)	1.00 (0.64–1.55)	0.95 (0.65–1.38)
Tinnitus	1.55 (0.95–2.53)	0.88 (0.60–0.98)	0.82 (0.45–1.48)
Impaired hearing	1.03 (0.96–1.19)	0.78 (0.51–1.21)	1.13 (0.76–1.67)
Headache	<b>1.24 (1.01–1.51)</b>	1.04 (0.86–1.26)	<b>1.25 (1.04–1.50)</b>
Undue tiredness	<b>1.22 (1.00–1.49)</b>	1.12 (0.93–1.35)	1.10 (0.93–1.31)
Tense and stressed	<b>1.25 (1.00–1.56)</b>	<b>1.22 (1.00–1.50)</b>	<b>1.27 (1.07–1.50)</b>
Irritable	<b>1.36 (1.10–1.69)</b>	<b>1.22 (1.00–1.49)</b>	<b>1.27 (1.07–1.50)</b>

<sup>a</sup>Adjusted for age, sex, and A-weighted sound pressure levels.

<sup>b</sup>Adjusted for age, sex, A-weighted sound pressure levels, and economic benefits.

<sup>c</sup>Range of number of respondents in the analyses. Differences in number of respondents are due to missing cases, that is, the respondents not answering single questions in the questionnaire.

Tableau 2 : Association entre les nuisances extérieures dues aux bruits des éoliennes et les variables mesurant la réponse et/ou l'effet testée avec une régression logistique (Source, Pedersen, 2011).

## 7.6 Annexe 6 : Règlementations par rapport au bruit des éoliennes

En France, l'académie nationale de médecine dans son rapport de mars 2006 sur « le retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé de l'homme » recommande la mise en place d'une distance séparatrice de précaution de 1500 m. L'Afsset<sup>37</sup> préconise d'examiner chaque situation au cas par cas en prenant en considération leur variabilité.

Au Canada (INSPQ, 2009) :

- Au Québec, les critères applicables au bruit des éoliennes sont ceux définis dans la note d'instructions 98-01 du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs qui précise des niveaux sonores maximaux de 40 dB (A) la nuit et 45 dB (A) le jour pour les zones les plus sensibles
- Dans l'Ontario, des limites sonores spécifiques aux éoliennes ont été établies en fonction de la vitesse du vent (cf. tableau ci-dessous) :

<sup>35</sup> Annoyance outdoors : nuisance extérieure, désagrément extérieur ; annoyance indoors : nuisance intérieure ; désagrément intérieur ; sleep interruption : interruption du sommeil ; chronic disease : maladie chronique ; diabetes : diabète ; high blood pressure : hypertension artérielle ; cardiovascular disease : maladie cardiovasculaire ; tinnitus : acouphènes ; impaired hearing : problème d'audition ; Headache : maux de tête ; Undue tiredness : fatigue excessive ; tense and stressed : tension et stress ; Irritable : Irritation.

<sup>36</sup> Un Odds ratio (OR) supérieur à 1 avec un IC de 95% dont la valeur la plus basse est supérieure à 1 indique une corrélation positive entre les variables dépendantes et les variables indépendantes.

<sup>37</sup> Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

Vitesse du vent (m/s)	4	5	6	7	8	9	10	11
Critères de bruit des éoliennes dB (A)	40	40	40	43	45	49	51	53

Le tableau ci-après résume quelques réglementations d'autres pays par rapport aux bruits des éoliennes (Afsset, 2008) :

Pays	Réglementation
Danemark	Le niveau de bruit des éoliennes en fonctionnement ne doit pas dépasser 45 dB (A) au niveau des habitations isolées et 39 dB(A) au niveau des zones résidentielles (lotissements). Il n'y a pas de distinction entre le jour et la nuit. Une pénalité de 5 dB(A) est attribuée pour le cas de tonalité marquée (valeur à déduire des valeurs limites définies)
Suède	Les valeurs limites des éoliennes en fonctionnement sont établies en fonction du jour, de la soirée et de la nuit : <ul style="list-style-type: none"> <li>- zone commerciale : 60 dB (A) / 55 dB (A) / 50 dB (A) (jour / soirée / nuit)</li> <li>- zone résidentielle : 55 dB (A) / 45 dB (A) / 40 dB (A)</li> <li>- zone de loisirs : 40 dB (A) / 35 dB (A) / 30 dB (A)</li> </ul> Comme au Danemark, une pénalité de 5 dB(A) est attribuée pour le cas de tonalité marquée (valeur à déduire des valeurs limites définies)
Grèce	Les valeurs limites admissibles pour des éoliennes en fonctionnement sont : <ul style="list-style-type: none"> <li>- zones industrielles : 70 dB (A)</li> <li>- zones essentiellement industrielles : 65 dB (A)</li> <li>- zones semi-industrielles semi-résidentielles : 55 dB (A)</li> <li>- zones résidentielles : 50 dB (A)</li> <li>- à l'intérieur des habitations, fenêtres ouvertes : 45 dB (A)</li> </ul>
Australie	Les émissions sonores de parcs éoliens sont soumises à la réglementation de chaque Etat. Pour l'Etat d'Australie du Sud, les recommandations fixent une valeur limite pour les éoliennes en fonctionnement de 35 dB (A).
Nouvelle-Zélande	Le niveau de bruit des éoliennes en fonctionnement ne doit pas excéder 5 dB (A) de plus que la valeur du bruit de fond, ou être supérieur à 40 dB (A)

## 7.7 Annexe 7 : Critères d'acceptabilité des ombres mouvantes selon les pays

Le tableau ci-après (MDDEP, 2011) présente les critères d'acceptabilité des ombres mouvantes selon les pays :

<b>Pays</b>	<b>Critère d'acceptabilité</b>
Danemark	Qu'à une distance de 500 m et plus, l'éolienne à l'horizon ne semblera plus couper la lumière en morceaux, mais sera perçue comme un objet avec la lumière derrière lui.
Allemagne	La norme dans ce pays fixe une limite de projection d'ombres à un maximum de 30 heures par année.
Royaume-Uni	Une règle établit que la distance minimale entre les éoliennes et les habitations doit être équivalente environ à dix fois le diamètre des pales. A cette distance, le phénomène d'ombres mouvantes ne devrait pas créer de problème.

## 7.8 Annexe 8 : Préoccupations des opposants aux éoliennes en regard des éléments issus de l'EIS éoliennes et du rapport d'experts américains

Bruit				
Sources	Préoccupations	Recommandations (EIS éoliennes)	Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)	Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)
Le Quotidien Jurassien 7-06-11	Les nuisances sonores des éoliennes ont un impact indéniable sur la santé humaine mais les données scientifiques pour l'étayer font défaut, selon une étude de Nicole Lachat	Rester attentif à l'évolution des connaissances et aux résultats de la recherche scientifique sur les effets potentiels des éoliennes sur la santé.	En Suisse comme dans de nombreux pays ( <i>Danemark, Suède, Grèce, Nouvelle-Zélande, etc.</i> ) la réglementation en matière de bruit des éoliennes se focalise plus sur les niveaux sonores que sur les distances (cf. annexe 6).	Généralement, à des distances supérieures à 400 m, les niveaux de pression sonore des éoliennes modernes sont à moins de 40 dB (A), ce qui est en dessous du niveau associé au désagrément selon les études épidémiologiques examinées.
Le Quotidien Jurassien 05-01-2011– Protection du paysage	Les nuisances sonores liées au fonctionnement des éoliennes avaient été négligées et minimisées. Leur impact sur les populations ne fait actuellement l'objet d'aucune réglementation spécifique au niveau national.  La distance minimale de 300m recommandée actuellement (établie lors du Concept d'énergie éolienne Suisse 2004) se base sur des types de machines de moindre dimension et s'avère clairement insuffisante.		Continuer à aborder la problématique du bruit plutôt en termes de niveau sonore que de distance.	Il semble que les personnes qui vivent dans un milieu rural se déclarent plus importunées par le bruit des éoliennes comparativement à celles du milieu urbain.  Selon les données actuelles de la littérature, le bruit des éoliennes pourrait, selon certaines conditions et chez certaines personnes vivant aux abords de parcs éoliens, provoquer un sentiment de gêne, de dérangement.  Ce sentiment de nuisance a été associé à d'autres facteurs subjectifs tels que l'aspect visuel et l'attitude des personnes au regard des

<b>Bruit</b>				
<b>Sources</b>	<b>Préoccupations</b>	<b>Recommandations (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)</b>
Association Librevent – Communiqué de presse 13-03-2012	Le bruit inquiète. Le constat fait ailleurs dans le monde se vérifie ici : la nature des sons émis indispose fortement les habitants dans un rayon de 2 km, à en tomber malade.		éoliennes.  Des corrélations positives ont été observées entre la nuisance extérieure due au bruit des éoliennes et des troubles tels que l'interruption du sommeil, le stress, les maux de tête, l'irritation, etc.	d'une exposition à 42 dB(A).  Il existe des preuves limitées d'études épidémiologiques suggérant une relation entre le bruit des éoliennes et les troubles du sommeil. En d'autres termes, il est possible que le bruit des éoliennes puisse engendrer une perturbation du sommeil.
Le Quotidien Jurassien – 21-02-2011 – Le Peuchapatte	On parle de 45 décibels mais c'est calculé sur une moyenne. On a des pointes à 80 décibels. Tertio, la distance des éoliennes par rapport aux premières habitations. La distance de 300 mètres est inadaptée pour des engins de 200 mètres de haut.  Cela a tourné à l'enfer, un bruit qui nous rend fou. C'est juste l'horreur, un bruit de machine à laver... On devra faire le deuil de notre paradis.			Il n'existe pas suffisamment de preuves que le bruit des éoliennes soit directement (c'est-à-dire indépendamment des effets de désagréments ou sur le sommeil) la cause de problèmes de santé ou de maladies.  Selon le rapport réalisé par le Panel et qui se base notamment sur un examen de la littérature épidémiologique, il n'y a pas de preuves suggérant une relation entre le bruit provoqué par les éoliennes et des douleurs, du diabète, de l'hypertension, du

<b>Bruit</b>				
<b>Sources</b>	<b>Préoccupations</b>	<b>Recommandations (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)</b>
Le Quotidien Jurassien – 17-12-2010 – Eoliennes	Le bruit ressort beaucoup la nuit, lorsque tout est calme. Il m'arrive d'être réveillé par un bruit sourd.			bourdonnement d'oreille, des déficiences auditives, des maladies cardio-vasculaires ou encore des maux de tête.
	Au début, j'étais favorable à l'implantation d'éoliennes ici, mais ce n'est pas viable, pas si près des maisons.	Localiser les éoliennes de façon à ce qu'elles soient le moins visibles possible pour les riverains.		
	40 décibels, c'est déjà énorme lorsqu'il n'y a aucun autre bruit.  Et le bruit sera sans doute plus flagrant encore à la belle saison lorsque les gens se tiendront dehors.	En sus de l'OPB, tenir compte des niveaux de bruit existant lors de la planification d'éoliennes.		
Le Quotidien Jurassien – 28-12-2010 – Courrier des lecteurs	Je suis venue habiter au Peuchapatte car c'était un coin tranquille et beau. Dès lors, avec 40 à 50 décibels et des pointes de 80 décibels mesurés un samedi soir à 23 heures à la fenêtre de mon salon....J'ai une zone industrielle derrière la maison!			
Parlement de la RCJU – Motion N°960 PDC JDC – 21-04-2010	Cette mise en service, qui a d'ailleurs obtenu toutes les autorisations nécessaires, suscite des remous au sein de la population de Saint-			

<b>Bruit</b>				
<b>Sources</b>	<b>Préoccupations</b>	<b>Recommandations (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)</b>
	Brais en causant notamment certaines nuisances sonores aux habitants de ce petit village.			
Parlement Jurassien Groupe Liberal-Radical – Question écrite N°2414 du 23-02-2011	Problèmes relevés : nuisances sonores			
Le Quotidien Jurassien du 8-10-2010 – à propos des éoliennes de Saint-Brais	Des habitants de Saint- Brais qui se plaignent amèrement de subir des nuisances sonores émises par les éoliennes			
Le Quotidien Jurassien du 05-02-2011 – Tribune Stop aux Eoliennes	Impossibilité de dormir la fenêtre ouverte.			
Le Quotidien Jurassien – 27-05-2011 – Bourrignon	Malgré cela, je n'arrive pas à dormir. Ce n'est pas une histoire de décibels, mais c'est un bruit pernicieux qui vous tombe dessus.			
Le Quotidien Jurassien – 28-10-2011 – Tramelan	Elle a raconté ses difficultés pour dormir et expliqué, dans une comparaison éloquente, qu'elle était contrainte aujourd'hui «à vivre au rythme des éoliennes».			

<b>Infrasons et basses fréquences</b>				
<b>Sources</b>	<b>Préoccupations</b>	<b>Recommandations</b>	<b>Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)</b>
Le Quotidien Jurassien – 7-06-11	Les grandes éoliennes produisent beaucoup de sons de basse fréquence dont certains se rapprochent des fréquences cardiaques. De nombreuses personnes sont très sensibles à ces sons (étude de Nicole Lachat).	Prendre en compte dans le choix des éoliennes, celles caractérisées par une amélioration acoustique de la nacelle comme p.ex. le renforcement de l'isolation.	Des incertitudes demeurent encore sur les effets potentiels des infrasons et des sons de basses fréquences émis par les éoliennes sur la santé.  Certains auteurs (Salt, Hullar) estiment qu'il est probable que ces sons de basses fréquences pourraient affecter les personnes vivant à proximité d'éoliennes.	Les revendications selon lesquelles les infrasons provenant des éoliennes impactent directement le système vestibulaire n'ont pas été démontrées scientifiquement.
Le Quotidien Jurassien du 8-10-2010 – Commentaire R. Chételat	Selon certaines études, les infrasons constituent un sournois problème de santé publique.	Prendre en compte dans le choix des éoliennes, celles de conception contemporaine avec un rotor positionné face au vent, ce qui permet de réduire le niveau d'infrasons produits (Jakobsen, 2005).  Positionner les éoliennes de types GE (1,5 MW) et SWT (2,3 MW) à des distances supérieures à 305 m car il ne devrait y avoir aucun effet indésirable sur la santé en lien avec les infrasons et les sons de basses fréquences (O'Neal et al, 2011) .	En revanche, d'autres auteurs (Leroux, Gagné, Leventhall, Jakobsen) soulignent que selon les connaissances scientifiques actuelles, les infrasons générés par les éoliennes représentent une quantité négligeable dans l'environnement et sont sans effet nocif pour la santé étant donné que leur intensité est inférieure au seuil d'audition, même à une distance rapprochée.	Les données disponibles montrent que les niveaux d'infrasons à proximité des éoliennes ne peuvent pas provoquer d'incidence sur le système vestibulaire.

<b>Effet stroboscopique – Ombres mouvantes</b>				
<b>Sources</b>	<b>Préoccupations</b>	<b>Recommandations</b>	<b>Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)</b>
Parlement Jurassien Groupe Liberal-Radical – Question écrite N°2414 du 23-02-2011	Problèmes relevés : nuisances visuelles (effet stroboscopique).	Tenir compte de ce phénomène dans la planification des éoliennes, limiter la durée d'exposition de la population, prévoir la plantation de végétaux comme mesure d'atténuation ou éventuellement exiger l'arrêt des éoliennes aux périodes critiques <sup>38</sup> .	Les ombres mouvantes produites par le mouvement des pales d'une éolienne en période d'ensoleillement peuvent incommoder les riverains notamment durant la période estivale et lorsque le soleil est à l'horizon.	Les ombres mouvantes ne sont plus visibles à partir d'une distance de 1400 m depuis l'éolienne.  La preuve scientifique suggère que les ombres mouvantes ne posent pas de risque de crise provoquée à la suite d'une stimulation lumineuse.
Le Quotidien Jurassien – 03-01-2011– Eoliennes du Peuchapatte	L'arrêt de ces machines la nuit et durant les heures où leur effet stroboscopique perturbe notre environnement privé.		Au niveau des effets sur la santé, certaines études (Harding, Smedley) évoquent le risque potentiel de crises épileptiques chez certaines personnes vulnérable (p.ex. 1.7 personnes sur 100'000 de la population photosensible).	Les preuves scientifiques restent limitées concernant la relation entre un désagrément résultant d'un effet stroboscopique prolongé (plus de 30 minutes par jour) et les effets potentiels transitoires sur la santé cognitive et sur la santé physique.
Parlement de la RCJU – Motion N°960 PDC JDC – 21-04-2010	Des effets stroboscopiques importants ont été constatés, effets qui ne sont pas encore totalement maîtrisés par les concepteurs et qui peuvent avoir une influence certaine sur la santé de la population.	Rester attentif à l'évolution des connaissances et aux résultats de la recherche scientifique sur ce sujet.		

<sup>38</sup> Ces périodes critiques peuvent être déterminées par des logiciels qui permettent de prévoir la longueur, la durée et la projection des ombres dans l'environnement.

<b>Sécurité</b>				
<b>Sources</b>	<b>Préoccupations</b>	<b>Recommandations</b>	<b>Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)</b>
Parlement Jurassien Groupe Liberal-Radical – Question écrite N°2414 du23-02-2011	Nuisances aux abords immédiats des machines (chutes de glaçons).	Prendre en compte les mesures de réduction des risques : système automatique d'arrêt d'urgence en cas de bris de pale, de surcharge causée par un dépôt de glace, de vibrations, de surchauffe, etc.  Définir des mesures de sécurité autour des éoliennes en tenant compte de la saison : périmètre, informations, etc.	Les risques d'accidents concernent surtout les travailleurs lors des phases de construction, de déconstruction et de maintenance  La projection d'objets peut constituer un risque pour la sécurité.	La chute de glace représente un danger physique pour les personnes et des mesures devraient être prises pour s'assurer que le public ne soit pas exposé à ce danger.
Association librevent – Communiqué de presse 13-03-2012	Par ailleurs, en hiver, les pales projettent des blocs de glace susceptibles de blesser ou de tuer.			
Le Quotidien Jurassien du 05-02-2011 – Tribune Stop aux Eoliennes	Glaçons catapultés par les pales.			

<b>Paysages</b>				
<b>Sources</b>	<b>Préoccupations</b>	<b>Recommandations</b>	<b>Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)</b>
Association pour le Parc naturel du Doubs – Communiqué de Presse à l'att. des médias du 21-03-2011	Au plan environnemental, l'implantation prévue de plusieurs dizaines de turbines sur les crêtes d'un territoire restreint et à l'habitat parsemé anéantirait des décennies d'efforts de préservation et de mise en valeur du paysage	Prévoir lors de la planification d'éoliennes, l'élaboration d'un concept paysager détaillé (s'inscrivant dans les CEP <sup>39</sup> ) intégrant les aspects de la visibilité, de la conservation d'espaces de valeur et de l'insertion d'éoliennes dans les paysages aux échelles appropriées.	Il semble qu'il y ait une corrélation positive entre le sentiment de gêne occasionné par les éoliennes et leur impact sur le paysage.  Les sites favorables à l'implantation d'éoliennes, particulièrement les sommets et les crêtes, sont souvent des lieux appréciés pour l'observation du paysage. Ils constituent par conséquent une valeur particulière pour le tourisme et la détente.  Il semble que la présence d'éoliennes sur certains territoires peut constituer une dégradation de l'attractivité, du charme de ces lieux	Non traité par l'étude
Courrier des lecteurs – à propos des éoliennes – R. Girardin, maire de Saignelégier	Puis sont arrivées les éoliennes, monstres métalliques, machines gigantesques aux dimensions de plus en plus inhumaines. Elles écrasent tout, défigurent notre pays, blessent nos yeux où que l'on soit.			
Le Quotidien Jurassien – 27-05-2011 – Bourrignon	Lorsque vous avez ces machines près de chez vous, vous perdez tout plaisir à vivre à la campagne.  Nous sommes venus ici pour le calme et la nature. S'il y avait eu des éoliennes, nous ne serions pas venus visiter notre maison.			
Le Quotidien Jurassien du 8-	Les dégâts au paysage sont réparables: il suffit de	Définir, à l'échelle cantonale, les paysages à protéger et à valoriser constituant des		

<sup>39</sup> Conception d'évolution du paysage

<b>Paysages</b>				
<b>Sources</b>	<b>Préoccupations</b>	<b>Recommandations</b>	<b>Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)</b>
10-2010 – Commentaires R. Chételat	démonter une éolienne pour que tout redevienne comme avant.	territoires d'exclusion des éoliennes (par exemple sous la forme d'un plan directeur des paysages).		
Le Quotidien Jurassien du 05-02-2011 – Tribune Stop aux Eoliennes	Aujourd'hui, les nouvelles éoliennes saccagent les crêtes du Jura, qui méritent un autre traitement que celui que veulent leur infliger les développeurs d'éoliennes.			
Le Quotidien Jurassien – 30-12-2010 – Parc éolien Lajoux–Rebévelier	Notre richesse, c'est le paysage, les touristes ne vont pas venir voir les éoliennes. Vous en voyez une et ça vous suffit			
Le Quotidien Jurassien – 21-02-2011 – Le Peuchapatte	Nous avons une des régions les plus belles du monde avec une unité de paysages. Tout cela sera saccagé	Exiger des promoteurs d'assurer une bonne intégration des projets d'éoliennes dans les paysages		
Association librevent – Communiqué de presse 13-03-2012	Enfin, les atteintes au paysage sont énormes. Les dizaines de machines installées ou projetées défigurent irrémédiablement les crêtes boisées du Jura	Continuer à tenir compte des recommandations formulées par l'OFEN, l'OFEV et l'ARE <sup>40</sup> sur la planification d'installations d'éoliennes.		

<sup>40</sup> OFEN : Office fédéral de l'énergie ; OFEV : Office fédéral de l'environnement ; ARE : Office fédéral du développement territorial.

<b>Paysages (pollution lumineuse)</b>				
<b>Sources</b>	<b>Préoccupations</b>	<b>Recommandations</b>	<b>Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)</b>
Courrier des lecteurs – à propos des éoliennes – R. Girardin, maire de Saignelégier	La nuit c'est presque pire car on ne voit plus que des phares rouges clignoter dans tous les sens. Quel gâchis!	Exiger des promoteurs d'assurer une bonne intégration des projets d'éoliennes dans les paysages	Non traité par l'étude <sup>41</sup>	Non traité par l'étude
Association Librevent – Communiqué de presse 13-03-2012	Les effets lumineux présentent eux aussi des inconvénients importants. De jour, l'ombre est à portée mobile et, de nuit, le clignotement des projecteurs de balisage perturbe les habitants dans leurs activités ordinaires et dans leur sommeil.			
Le Quotidien Jurassien – 28-12-2010 – Courrier des lecteurs	...ainsi que les lumières qui clignotent un peu partout autour de moi, j'ai une zone industrielle derrière la maison.			

<sup>41</sup> Mais traité dans le présent document

<b>Aspect sociaux</b>				
<b>Sources</b>	<b>Préoccupations</b>	<b>Recommandations</b>	<b>Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)</b>
Parlement Jurassien Groupe Liberal-Radical – Question écrite N°2414 du 23-02-2011	Tensions dans la population (Quelques citoyens et communes profitent, les autres subissent).	Traiter les enjeux en lien avec les éoliennes non pas seulement sous un angle écologique mais dans un contexte plus large, social, économique, politique et culturel (Leroux & Gagné, 2007).	Il ressort de cette étude que l'acceptabilité d'un projet éolien n'est pas seulement liée à des considérations environnementales mais des aspects liés à la procédure, aux considérations sociales peuvent également jouer un rôle.	Une participation effective du public dans la planification des projets d'énergie éolienne et les avantages directs de ces projets (comme la fourniture d'électricité à partir des éoliennes avoisinantes) ont montré que cela pourrait conduire à une diminution du désagrément ressenti par la population riveraine et à une meilleure acception par le public des projets éoliens.
Le Quotidien Jurassien du 8-10-2010 – Commentaires R. Chételat	Les incidences des parcs éoliens sur la santé des riverains doivent prioritairement retenir l'attention des autorités.			
Le Quotidien Jurassien du 8-10-2010 – Commentaires R. Chételat	Le principe de précaution doit s'appliquer. Au moindre doute pour la santé des habitants, une intervention s'impose.			
Le Quotidien Jurassien du 8-10-2010 – à propos des éoliennes de Saint-Brais	Le fameux «syndrome éolien» dont se plaignent certains habitants de Saint-Brais.			

<b>Aspect sociaux</b>				
<b>Sources</b>	<b>Préoccupations</b>	<b>Recommandations</b>	<b>Appréciation des enjeux (EIS éoliennes)</b>	<b>Appréciation des enjeux (Rapport d'experts américains)</b>
Le Quotidien Jurassien – 21-04-2011 – Energie	L'incapacité des pouvoirs en place de les intégrer et de les informer sur leurs stratégies énergétiques.	<p>Prévoir la participation de la population dans l'élaboration de la politique énergétique cantonale, notamment le volet éolien.</p> <p>Etablir des règles de procédure clairement définies et un encadrement institutionnel précis, ce qui peut permettre de réduire les incertitudes au niveau de tous les acteurs.</p> <p>Impliquer tous les acteurs concernés le plus en amont possible dans la planification des projets éoliens (participation).</p>		

## **8. Glossaire**

### **Bruit**

Le bruit est un son indésirable et potentiellement nuisible.

### **Décibel (dB)**

Unité permettant d'estimer un niveau sonore.

### **Décibel A ou dB (A)**

Unité permettant de représenter la perception de l'oreille humaine. C'est l'unité retenue pour représenter les niveaux sonores en tenant compte de la sensibilité en fréquence de l'oreille humaine.

### **Effet stroboscopique**

L'effet stroboscopique se produit lorsque les pales d'une éolienne tournent en période d'ensoleillement, formant des ombres mouvantes qui provoquent des changements alternatifs de l'intensité lumineuse qui semble scintiller.

### **Fréquence**

Nombre d'oscillations d'un phénomène périodique par unité de temps. Elle est exprimée en Hertz (Hz).

### **Infrasons**

Les infrasons sont définis comme des sons dont la fréquence est inférieure à 20 Hz.

### **Intensité du bruit**

L'intensité du bruit représente le niveau sonore. Il résulte d'un mélange complexe de sons, d'intensités et de fréquences différentes.

Le bruit est également défini comme un ensemble de sons désagréables et indésirables, aux sources multiples pouvant gêner le bien-être des personnes affectées du point de vue physique, psychologique et social.

### **Niveau de pression sonore**

Mesure de la pression acoustique.

### **Photosensibilité**

Caractéristique de certains éléments ou organes à réagir à la lumière.

### **Pression acoustique**

La pression acoustique est la pression mesurée au niveau d'un récepteur lors de l'émission d'un son, sous forme d'onde acoustique, par une source dans un milieu conducteur sonore.

### **Santé**

Un état de complet bien-être physique, mental et social qui ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. La possession du meilleur état de santé qu'il est capable d'atteindre constitue l'un des droits fondamentaux de tout être humain. (OMS, 1946)

## **Son**

Le son désigne une variation de pression qui se propage dans un milieu (l'air, l'eau ou tout autre milieu) créant une onde sonore décelable à l'oreille.

### **Sons de basses fréquences**

Les sons de basses fréquences ont une fréquence qui varie de 20 à 200 Hz.