

PROJET EOLIEN DE LA CROIX DE BOR (48)

Etude d'impact acoustique dans le cadre des dossiers
de demande de permis de construire et de demande
d'autorisation d'exploiter



8 avril 2022

Rapport n°039ACO2011-01D



10 place de la République – 37190 Azay-le-Rideau
Tél : 02 47 26 88 16 - Fax : 02 47 26 88 16
E-mail : contact@erea-ingenierie.com
<http://www.erea-ingenierie.com/>

SOMMAIRESOMMAIRE	2
1. PREAMBULE	3
2. PRESENTATION DU SITE ET DU PROJET.....	4
3. CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET QUELQUES DEFINITIONS	5
3.1. CONTEXTE REGLEMENTAIRE	5
3.1.1. Textes réglementaires.....	5
3.1.2. Contexte normatif.....	6
3.2. GENERALITES SUR LE BRUIT	6
3.2.1. Quelques définitions.....	7
3.2.2. Commentaires sur les infrasons	9
3.2.3. Commentaires sur les effets extra-auditifs du bruit.....	11
3.2.4. Echelle de bruit	14
3.3. PARTICULARITE DU BRUIT DES EOLIENNES	15
4. ETAT INITIAL	16
4.1. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE DE MESURES.....	16
4.2. PRESENTATION DES RESULTATS BRUTS.....	17
4.3. ANALYSE DU BRUIT RESIDUEL EN FONCTION DE LA VITESSE DU VENT.....	22
4.3.1. Méthodologie générale.....	22
4.3.2. Résultats	25
5. ANALYSE PREVISIONNELLE	26
5.1. CALCULS PREVISIONNELS DE LA CONTRIBUTION DU PROJET	26
5.1.1. Présentation du modèle de calcul.....	26
5.1.2. Hypothèses d'émissions.....	27
5.1.3. Coordonnées des éoliennes.....	28
5.1.4. Résultats des calculs.....	28
5.2. ESTIMATION DES EMERGENCES	31
5.2.1. Emergences globales à l'extérieur.....	31
5.3. PERIMETRE DE MESURE DU BRUIT.....	34
5.4. TONALITE MARQUEE	35
5.5. EFFETS CUMULES.....	36
6. CONCLUSION	38
6.1. ETAT INITIAL.....	38
6.2. ANALYSE PREVISIONNELLE ET EMERGENCES	38
ANNEXES.....	40
ANNEXE N°1 : ANALYSES « BRUIT-VENT » EN GLOBAL	41
ANNEXE N°2 : EXTRAIT DES DOCUMENTS TECHNIQUES DES EMISSIONS SONORES	45
ANNEXE N°3 : INCERTITUDES DE CALCUL.....	47

1. PREAMBULE

La présente étude acoustique concerne le projet éolien de la Croix de Bor sur la commune de La Villedieu, située au nord du département de la Lozère (48).

Le bruit se présente comme un sujet sensible dans le développement de projets éoliens. Ainsi, il est indispensable de réaliser une étude détaillée en amont intégrant tous les aspects du projet.

La présente étude acoustique s'articule autour des trois axes suivants :

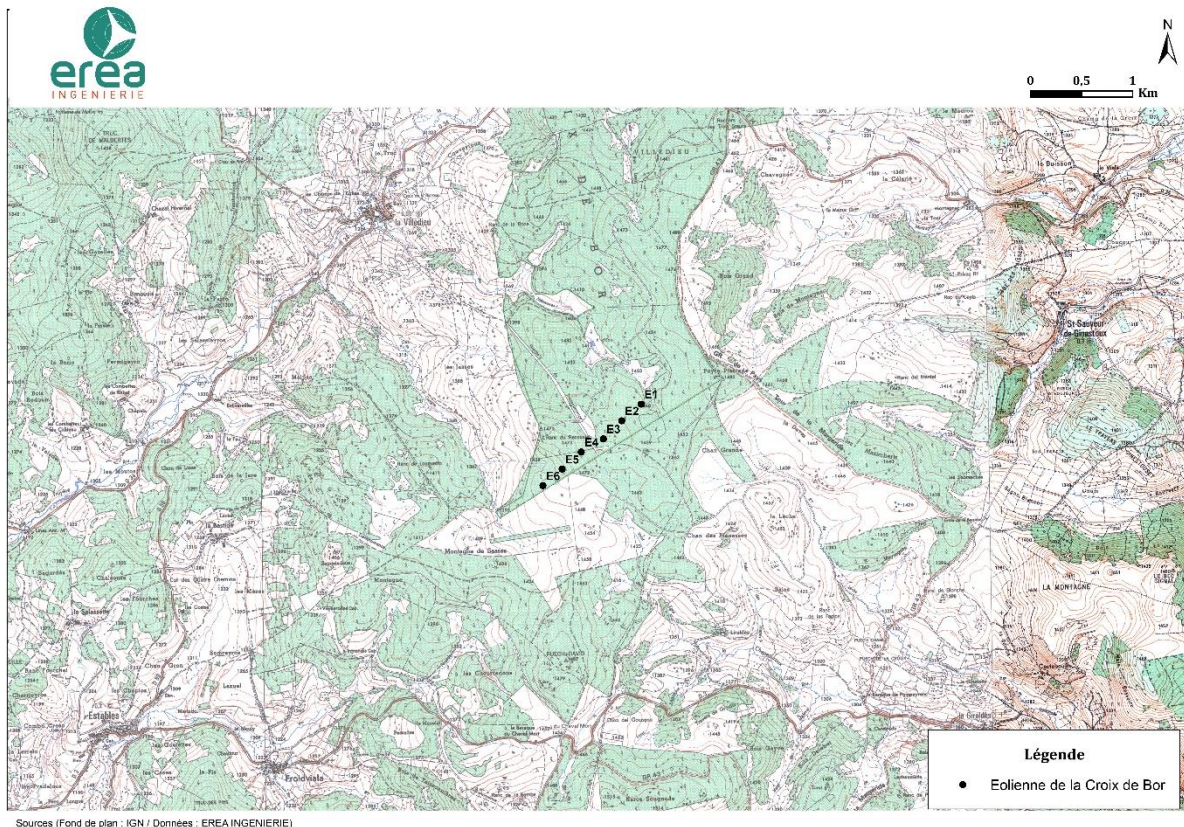
- **Campagnes de mesures *in situ*** : détermination du bruit résiduel sur le site en fonction de la vitesse du vent.
- **Calculs prévisionnels** du bruit des éoliennes : estimation de la contribution sonore du projet au droit des habitations riveraines.
- **Analyse de l'émergence** à partir des deux points précédents : validation du respect de la réglementation française en vigueur et, le cas échéant, proposition de solutions adaptées pour y parvenir.

2. PRESENTATION DU SITE ET DU PROJET

Le projet éolien de la Croix de Bor est situé au nord du département de la Lozère (48).

Le site est globalement très calme, représentatif d'un environnement rural éloigné des grandes infrastructures de transports.

La carte ci-dessous présente la localisation du projet de la Croix de Bor.



Localisation du projet éolien de La Croix de Bor

3. CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET QUELQUES DEFINITIONS

3.1. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

3.1.1. TEXTES REGLEMENTAIRES

La réglementation concernant le bruit des éoliennes est définie par le nouvel **arrêté du 26 août 2011** relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement (Section 6 – Articles 26 à 31).

Cette réglementation se base sur **la notion d'émergence** qui est la différence entre le niveau de pression acoustique pondéré « A » du bruit ambiant (installation en fonctionnement) et du bruit résiduel (en l'absence du bruit généré par l'installation).

Cet arrêté définit également les zones d'émergences réglementées qui correspondent dans le cas présent à :

- L'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers, existant à la date de l'autorisation, et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse) ;
- Les zones constructibles définies par les documents d'urbanisme opposables aux tiers et publiés à la date de l'autorisation.
- L'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers qui ont fait l'objet d'une demande de permis de construire, dans les zones constructibles définies ci-dessus, et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse), à l'exclusion de celles des immeubles implantés dans les zones destinées à recevoir des activités artisanales ou industrielles, lorsque la demande de permis de construire a été déposée avant la mise en service industrielle de l'installation.

Dans ces zones d'émergences réglementées, les émissions sonores des installations ne doivent pas être à l'origine d'une émergence supérieure aux valeurs admissibles définies dans le tableau suivant :

Niveau de bruit ambiant	Emergence admissible pour la période 7h – 22h	Emergence admissible pour la période 22h – 7h
Supérieur à 35 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Les valeurs d'émergence mentionnées ci-dessus peuvent être augmentées d'un terme correctif en dB(A), fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit de l'installation à partir du tableau suivant :

Durée cumulée d'apparition du bruit (D)	Terme correctif en dB(A)
20 minutes < D ≤ 2 heures	+ 3dB(A)
2 heures < D ≤ 4 heures	+ 2dB(A)
4 heures < D ≤ 8 heures	+ 1dB(A)
D < 8 heures	0 dB(A)

D'autre part, dans le cas où le bruit particulier généré par l'installation d'éoliennes est à **tonalité marquée** au sens du point 1.9 de l'annexe de l'arrêté du 23 janvier 1997, sa durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement dans chacune des périodes diurne ou nocturne.

Enfin, le niveau de bruit maximal de l'installation est fixé à **70 dB(A) pour la période de jour et de 60 dB(A) pour la période de nuit** en n'importe quel point du **périmètre de mesure du bruit** qui est défini par le rayon R suivant :

- $R = 1,2 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{longueur d'un demi rotor})$

3.1.2. CONTEXTE NORMATIF

Les niveaux résiduels (ou ambiants lorsque les éoliennes sont en service) doivent être déterminés à partir de mesures *in situ* conformément à la norme NFS 31-010 de décembre 1996 "caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement". Celle-ci impose notamment que les mesures soient effectuées dans des conditions de vents inférieurs à 5 m/s à hauteur du microphone.

La norme NFS 31-114 a pour objectif de compléter et de préciser certains points pour l'adapter aux projets éoliens. Dans ce rapport, elle est utilisée dans sa version de Juillet 2011.

Le présent document est conforme aux normes actuellement en vigueur en France, et prend en compte la tendance des évolutions normatives à venir.

3.2. GENERALITES SUR LE BRUIT

Le bruit est un phénomène complexe à appréhender : la sensibilité au bruit varie en effet selon un grand nombre de facteurs liés aux bruits eux-mêmes (l'intensité, la fréquence, la durée, ...), mais aussi aux conditions d'exposition (distance, hauteur, forme de l'espace, autres bruits ambiants, ...) et à la personne qui les entend (sensibilité personnelle, état de fatigue, attention qu'on y porte...).

3.2.1. QUELQUES DEFINITIONS

Niveau de pression acoustique

La pression sonore s'exprime en Pascal (Pa). Cette unité n'est pas pratique puisqu'il existe un facteur de 1 000 000 entre les sons les plus faibles et les sons les plus élevés qui peuvent être perçus par l'oreille humaine.

Ainsi, pour plus de facilité, on utilise le décibel (dB) qui a une échelle logarithmique et qui permet de comprimer cette gamme entre 0 et 140.

Ce niveau de pression, exprimé en dB, est défini par la formule suivante :

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2$$

où p est la pression acoustique efficace (en Pascals).

p_0 est la pression acoustique de référence (20 μ Pa).

Fréquence d'un son

La fréquence correspond au nombre de vibrations par seconde d'un son. Elle est l'expression du caractère grave ou aigu du son et s'exprime en Hertz (Hz).

La plage de fréquence audible pour l'oreille humaine est comprise entre 20 Hz (très grave) et 20 000 Hz (très aigu).

En dessous de 20 Hz, on se situe dans le domaine des infrasons et au dessus de 20 000 Hz on est dans celui des ultrasons. Infrasons et ultrasons sont inaudibles pour l'oreille humaine.

Pondération A

Afin de prendre en compte les particularités de l'oreille humaine qui ne perçoit pas les sons aigus et les sons graves de la même façon, on utilise la pondération A. Il s'agit d'appliquer un « filtre » défini par la pondération fréquentielle suivante :

Fréquence (Hz)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Pondération A	-26	-16	-8,5	-3	0	1	1	-1

L'unité du niveau de pression devient alors le décibel « A », noté dB(A).

Arithmétique particulière du décibel

L'échelle logarithmique du décibel induit une arithmétique particulière. En effet, les décibels ne peuvent pas être directement additionnés :

- **60 dB(A) + 60 dB(A) = 63 dB(A)** et non 120 dB(A) !

Quand on additionne deux sources de même niveau sonore, le résultat global augmente de 3 décibels.

- **60 dB(A) + 70 dB(A) = 70 dB(A)**

Si deux niveaux de bruit sont émis par deux sources sonores, et si l'une est au moins supérieure de 10 dB(A) par rapport à l'autre, le niveau sonore résultant est égale au plus élevé des deux (effet de masque).

Notons que l'oreille humaine ne perçoit généralement de différence d'intensité que pour des écarts d'au moins 2 dB(A).

Indicateurs L_{Aeq} et L_{50}

Les niveaux de bruit dans l'environnement varient constamment, ils ne peuvent donc être décrits aussi simplement qu'un bruit continu.

Afin de les caractériser simplement on utilise le niveau équivalent exprimé en dB(A), noté L_{Aeq} , qui représente le niveau de pression acoustique d'un bruit stable de même énergie que le bruit réellement perçu pendant la durée d'observation.

Il est défini par la formule suivante, pour une période T :

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

où $L_{Aeq,T}$ est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A déterminé pour un intervalle de temps T qui commence à t_1 et se termine à t_2 .

p_0 est la pression acoustique de référence (20 μ Pa).

$p_A(t)$ est la pression acoustique instantanée pondérée A.

On peut également utiliser les indices statistiques, notés L_x , qui représentent les niveaux acoustiques atteints ou dépassés pendant x % du temps.

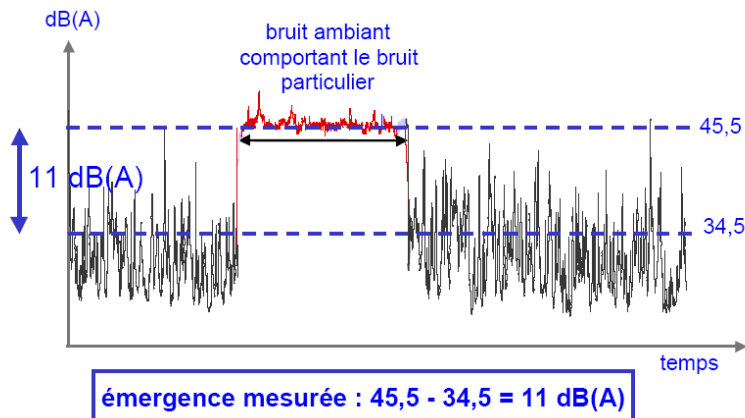
Par exemple, dans le cas de projets éoliens, nous faisons généralement le choix de l'indicateur L_{50} (niveau acoustique atteint ou dépassé pendant 50 % du temps) comme bruit préexistant pour le calcul des émergences car il permet une élimination très large des événements particuliers liés aux activités humaines. Il correspond en fait au bruit de fond dans l'environnement.

Notion d'émergence

L'article 2 de l'arrêté du 26 août 2011 définit l'émergence de la manière suivante :

« L'émergence est définie par la différence entre les niveaux de pression acoustique pondérés « A » du bruit ambiant (installation en fonctionnement) et du bruit résiduel (en l'absence du bruit généré par l'installation). »

Le schéma ci-dessous illustre un exemple d'émergence mesurée :



3.2.2. COMMENTAIRES SUR LES INFRASONS



Les infrasons, définis par des fréquences inférieures à 20 Hz, sont inaudibles par l'oreille humaine. Les sons de basses fréquences sont définis pour des fréquences comprises entre 20 Hz et 200 Hz alors que les infrasons sont des sons générés avec des fréquences inférieures à 20 Hz.

Les émissions d'infrasons peuvent être d'origine naturelle ou technique, par exemple :

- les activités humaines (exemple : trafic routier, activités agricoles, sites industriels, etc) dont les bruits ont une grande variabilité temporelle et dépendent des activités locales,
- le vent sur des obstacles,
- la végétation (sous l'effet du vent).

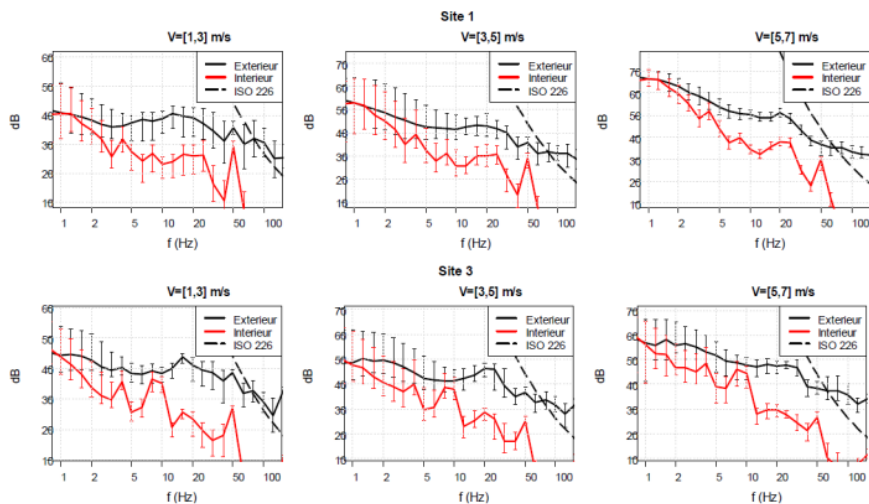
L'anses (l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a publié en mars 2017 un avis sur le rapport relatif à l'expertise collective « Évaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens ». Ce document a pour objectif :

- de conduire une revue des connaissances disponibles en matière d'effets sanitaires auditifs et extra-auditifs dus aux parcs éoliens, en particulier dans le domaine des basses fréquences et des infrasons ;
- d'étudier les réglementations mises en œuvre dans les pays, notamment européens, confrontés aux mêmes problématiques ;
- de mesurer l'impact sonore de parcs éoliens, notamment de ceux où une gêne est rapportée par les riverains, en prenant en compte les contributions des basses fréquences et des infrasons ;
- de proposer des pistes d'amélioration de la prise en compte des éventuels effets sur la santé dans la réglementation, ainsi que des préconisations permettant de mieux appréhender ces effets sanitaires dans les études d'impact des projets éoliens.

Concernant les effets sanitaires, les réponses apportées s'appuient sur un très grand nombre de données disponibles. Dans un premier temps, il est constaté un fort déséquilibre entre les sources bibliographiques primaires (documents relatifs à des expériences ou études scientifiques originales) et secondaires (revues de la littérature scientifique ou articles d'opinion). En effet, les sources secondaires sont nombreuses alors que le nombre de sources primaires qu'elles sont censées synthétiser est limité. Cette particularité, ajoutée à la divergence très marquée des conclusions de ces revues, montre clairement l'existence d'une forte controverse publique sur cette thématique.

En l'absence de Directive européenne spécifique au bruit des éoliennes ou aux infrasons et basses fréquences de toutes sources sonores, il n'existe pas actuellement d'harmonisation réglementaire en Union Européenne sur ces sujets. Seuls des réglementations ou référentiels nationaux sont actuellement disponibles. Parmi les référentiels nationaux qui prennent en compte l'exposition aux bruits basses fréquences, seuls quelques-uns incluent des dispositions spécifiques aux parcs éoliens, à l'exception des pénalités pour tonalités marquées, lorsqu'elles sont présentes. Seul le Danemark a intégré officiellement la prise en compte des basses fréquences dans sa réglementation sur l'impact sonore des parcs éoliens. Mais les valeurs d'isolement prises pour le calcul des niveaux d'exposition aux basses fréquences sonores à l'intérieur des habitations sont controversées.

La campagne de mesure réalisée par l'Anses pour différents parcs éoliens confirme que les éoliennes sont des sources de bruit dont la part des infrasons et basses fréquences sonores prédomine dans le spectre d'émission sonore. D'autre part, ces mesures ne montrent aucun dépassement des seuils d'audibilité dans les domaines des infrasons et basses fréquences sonores (< 50 Hz).



Seuil d'audition ISO 226 (tirets noirs). Barres verticales : intervalles contenant 75 % des échantillons autour de la médiane des niveaux sonores de chaque tiers d'octave

Spectres médians à l'extérieur (noir) et à l'intérieur (rouge) du logement

L'avis de l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail donne les conclusions suivantes. De manière générale, les infrasons ne sont audibles ou perçus par l'être humain qu'à de très forts niveaux. À la distance minimale d'éloignement des habitations par rapport aux sites d'implantations des parcs éoliens (500 m) prévue par la réglementation, les infrasons produits par les éoliennes ne dépassent pas les seuils d'audibilité. Par conséquent, la gêne liée au bruit audible potentiellement ressentie par les personnes autour des parcs éoliens concerne essentiellement les fréquences supérieures à 50 Hz.

L'expertise met en évidence le fait que les mécanismes d'effets sur la santé regroupés sous le terme « *vibroacoustic disease* », rapportés dans certaines publications, ne reposent sur aucune base scientifique sérieuse. Un faible nombre d'études scientifiques se sont intéressées aux effets potentiels sur la santé des infrasons et basses fréquences produits par les éoliennes. **L'examen de ces données expérimentales et épidémiologiques ne mettent pas en évidence d'argument scientifique suffisant en faveur de l'existence d'effets sanitaires liés aux expositions au bruit des éoliennes, autres que la gêne liée au bruit audible et un effet nocebo, qui peut contribuer à expliquer l'existence de symptômes liés au stress ressentis par des riverains de parcs éoliens.**

L'Anses conclut que les connaissances actuelles en matière d'effets potentiels sur la santé liés à l'exposition aux infrasons et basses fréquences sonores ne justifient ni de modifier les valeurs limites existantes, ni d'étendre le spectre sonore actuellement considéré.

Dans ce contexte, l'Agence recommande :

- de renforcer l'information des riverains lors de l'implantation de parcs éoliens, notamment en transmettant des éléments d'information relatifs aux projets de parcs éoliens au plus tôt (avant enquête publique) aux riverains concernés et en facilitant la participation aux enquêtes publiques ;
- de poursuivre les recherches sur les relations entre santé et exposition aux infrasons et basses fréquences sonores, notamment au vu des connaissances récemment acquises chez l'animal et en étudiant la faisabilité de réaliser une étude épidémiologique visant à observer l'état de santé des riverains de parcs éoliens.

L'Agence rappelle par ailleurs que la réglementation actuelle prévoit que la distance d'une éolienne à la première habitation soit évaluée au cas par cas, en tenant compte des spécificités des parcs. Cette distance, au minimum de 500 m, peut être étendue à l'issue de la réalisation de l'étude d'impact, afin de respecter les valeurs limites d'exposition au bruit.

On ne peut donc pas attribuer à l'émission d'infrasons d'éoliennes la moindre dangerosité ou gêne des riverains.

3.2.3. COMMENTAIRES SUR LES EFFETS EXTRA-AUDITIFS DU BRUIT

Les effets extra-auditifs du bruit sont nombreux mais difficiles à attribuer de façon exclusive au bruit en raison de l'existence de nombreux facteurs différents.

Le rapport de l'Afsset (renommé à ce jour Anses – Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), de mars 2008, intitulé « impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes », recense les différents effets extra-auditifs suivants.

Les perturbations du sommeil

Il est démontré que le bruit peut entraîner une perturbation du sommeil. Le sommeil est nécessaire pour la survie de l'individu et une forte réduction de sa durée entraîne des troubles parfois marqués, dont le principal est la réduction du niveau de vigilance, pouvant conduire à de la fatigue, à de mauvaises performances, et à des accidents.

Selon le rapport de l'Anses, il a été montré que les bruits intermittents ayant une intensité maximale de 45 dB (A) et au-delà, peuvent augmenter la latence d'endormissement de quelques minutes à près de 20 minutes.

Un parc éolien, avec une distance réglementaire d'au moins 500 m ne permettant pas d'atteindre des niveaux de 45 dB(A) à l'intérieur d'une habitation, il n'existe pas ou peu de risque de perturbation du sommeil dû au bruit des éoliennes.

Les troubles chroniques du sommeil

Les bruits de basses fréquences perturbent le sommeil et provoquent son interruption, par périodes brèves. Ces effets n'existent que par l'audition et ne sont pas sensibles pour des sensations vibratoires.

Ces effets ne sont pas spécifiques des éoliennes.

Les effets sur la sphère végétative

La sphère végétative comprend divers systèmes dont le fonctionnement n'est pas dépendant de la volonté. Le bruit est susceptible d'avoir des effets sur certains systèmes de la sphère végétative :

- Le système cardiovasculaire : hypertension artérielle chez les personnes soumises à des niveaux de bruit élevés de façon chronique.
- Le système respiratoire : accélération du rythme respiratoire sous l'effet de la surprise.
- Le système digestif : troubles graves tels que l'ulcère gastrique en cas d'exposition chronique à des niveaux sonores élevés.

Les niveaux sonores d'un parc éolien perçus à plus de 500 m, ne sont pas considérés comme suffisamment élevés pour induire des effets sur la sphère végétative.

Les effets sur le système endocrinien et immunitaire

L'exposition au bruit est, selon certaines études, susceptible d'entraîner une modification de la sécrétion des hormones liées au stress que sont l'adrénaline et la noradrénaline. Plusieurs études rapportent également une élévation du taux nocturne de cortisol sous l'effet d'un bruit élevé (hormone qui traduit le degré d'agression de l'organisme et qui joue un rôle essentiel dans la défense immunitaire de ce dernier).

Dans une étude réalisée autour de l'aéroport de Munich, il a été montré que les adultes et les enfants exposés au bruit des avions présentent une élévation du taux des hormones du stress associée à une augmentation de leur pression artérielle.

Les niveaux sonores d'un parc éolien ne sont pas du tout comparables aux niveaux de bruit émis par un aéroport et sont inférieurs aux seuils pouvant avoir des effets sur le système endocrinien et immunitaire.

Les effets sur la santé mentale

Le bruit est considéré comme étant la nuisance principale chez les personnes présentant un état anxio-dépressif et joue un rôle déterminant dans l'évolution et le risque d'aggravation de cette maladie.

La sensibilité au bruit est très inégale dans la population, mais le sentiment de ne pouvoir « échapper » au bruit auquel on est sensible constitue une cause de souffrance accrue qui accentue la fréquence des plaintes subjectives d'atteinte à la santé.

Afin de synthétiser les différents effets extra-auditifs, le tableau ci-après, extrait d'un rapport publié de 2013 de l'institut national de santé publique du Québec, « Eoliennes et santé publique – synthèse des connaissances – mise à jour », présente les effets liés à l'exposition prolongée au bruit.

Ce même rapport précise, **qu'en ce qui concerne le niveau de bruit des éoliennes, à l'heure actuelle, aucune évidence scientifique ne suggère qu'il engendre des effets néfastes pour la santé des personnes vivant à proximité** (perte d'audition, effets cardiovasculaires, effets sur le système hormonal, etc.).

Effet	Classification de l'évidence	Observation des valeurs seuil		
		Mesure	Valeur (dB(A))	Intérieur/Extérieur
Détérioration auditive	Suffisante	L _{Aeq, 24 h}	70	Intérieur
Hypertension	Suffisante	L _{dn}	70	Extérieur
Cardiopathie ischémique	Suffisante	L _{dn}	70	Extérieur
Effets biochimiques	Limitée			
Effets immunologiques	Limitée			
Poids à la naissance	Limitée			
Effets congénitaux	Manquante			
Troubles psychiatriques	Limitée			
Nuisance	Suffisante	L _{dn}	42	Extérieur
Taux d'absentéisme	Limitée			
Bien-être psychosocial	Limitée			
Performance	Limitée			
Troubles du sommeil, changements dans :				
Tracé du sommeil	Suffisante	L _{Aeq, nuit}	< 60	Extérieur
Éveil	Suffisante	SEL	55	Intérieur
Stades	Suffisante	SEL	35	Intérieur
Qualité subjective	Suffisante	L _{Aeq, nuit}	40	Extérieur
Fréquence cardiaque	Suffisante	SEL	40	Intérieur
Niveaux hormonaux	Limitée			
Système immunitaire	Inadéquate			
Humeur du lendemain	Suffisante	L _{Aeq, nuit}	< 60	Extérieur
Performance du lendemain	Limitée			

Source : Traduit de Passchier-Vermeer et Passchier, 2000²².

3.2.4. ECHELLE DE BRUIT

A titre d'information, l'échelle de bruit ci-dessous permet d'apprécier et de comparer différents niveaux sonores et types de bruit.

Ainsi, la contribution sonore au pied d'une éolienne est de l'ordre de 50 à 60 dB(A) selon le type, la hauteur et le mode de fonctionnement. Ces niveaux sonores sont comparables en intensité à une conversation à voix « normale ».



Echelle de bruit (Source : France Energie Eolienne)

3.3. PARTICULARITE DU BRUIT DES EOLIENNES

Les trois phases de fonctionnement suivantes sont généralement retenues pour définir les différentes sources de bruit issues d'une éolienne :

- A des vitesses de vent inférieures à environ 3 m/s à 10 m du sol, les pales restent immobiles et l'éolienne ne produit pas. Le faible bruit perceptible est issu du bruit aérodynamique du frottement de l'air sur le mât et les pales.
- A partir d'une vitesse d'environ 3 m/s à 10 m du sol, l'éolienne se met tout juste en fonctionnement et fournit une puissance qui augmente en fonction de la vitesse du vent jusqu'à environ 10 à 15 m/s selon le modèle. Le bruit est composé du bruit aérodynamique du frottement de l'air sur le mât et du frottement des pales dans l'air, ainsi que du bruit des systèmes mécaniques. On notera que la variation de la vitesse de rotation des pales n'est presque pas perceptible visuellement.
- Au-delà de 10 m/s à 10 m du sol, l'éolienne entre en régime nominal avec une production constante. Le bruit est alors composé du bruit aérodynamique qui augmente avec la vitesse du vent, le bruit mécanique restant quasiment constant.

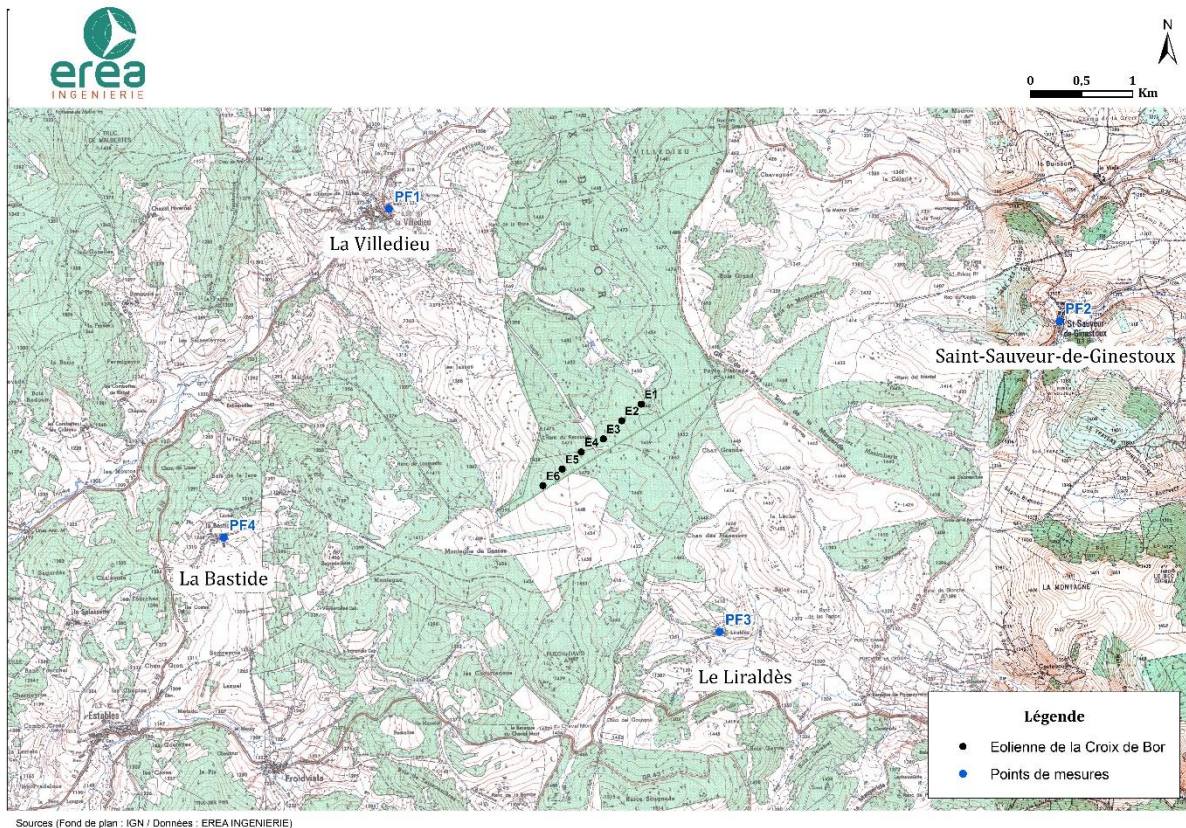
L'émission sonore des éoliennes varie donc selon la vitesse du vent et la condition la plus défavorable pour le riverain est lorsque la vitesse du vent est suffisante pour faire fonctionner les éoliennes en mode de production, mais pas assez importante pour que le bruit du vent dans l'environnement masque le bruit des éoliennes.

La plage de vent correspondant à cette situation est globalement comprise entre 3 et 10 m/s à 10 m du sol et l'analyse acoustique prévisionnelle doit porter sur ces vitesses de vent.

4. ETAT INITIAL

4.1. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE DE MESURES

Lors de la campagne de mesures, il a été réalisé 4 points de mesures sur une période de 8 jours (du 2 au 10 mai 2011).



Localisation des points de mesures

La localisation des points de mesures a été déterminée afin de quadriller la zone d'implantation des éoliennes.

Chacun des 4 points fixes a consisté en une acquisition successive de mesures élémentaires de durée d'une seconde pendant toute la période de mesurage (huit jours). D'autre part, l'ensemble des enregistrements a été réalisé en fréquence par bandes d'octaves.

La campagne de mesures a été effectuée conformément à la norme NF S 31-010. Les appareils de mesures utilisés sont des sonomètres analyseurs statistiques de type SOLO (classe I) de la société 01dB-Métravib ; les données sont traitées et analysées sur informatique.

Les données météorologiques sont relevées à l'aide du mât permanent à différentes hauteurs (toutes les 10 minutes) puis ramenées à la hauteur standardisée de 10 mètres.

Les conditions météorologiques étaient globalement les suivantes :

Vent modéré ou fort de jour et de nuit (jusqu'à 14 m/s à 10 m du sol). Sur cette période de mesure, les vents proviennent de secteurs variables. Il convient de noter que le mât de mesures se situe sur le plateau à la hauteur du projet et dans un espace dégagé.

À hauteur des microphones, la vitesse de vent était globalement inférieure à 5 m/s lors des mesures (vent faible ou masqué par les habitations).

4.2. PRESENTATION DES RESULTATS BRUTS



On trouvera ci-après, pour chacun des points de mesures, des fiches présentant les informations suivantes : caractéristiques du site, photographies et repérage du point de mesure, évolution temporelle du niveau de bruit, niveaux L_{Aeq} , L_{90} et L_{50} sur chaque période réglementaire de jour et de nuit, ainsi que le L_{Aeq} moyen sur ces périodes réglementaires.

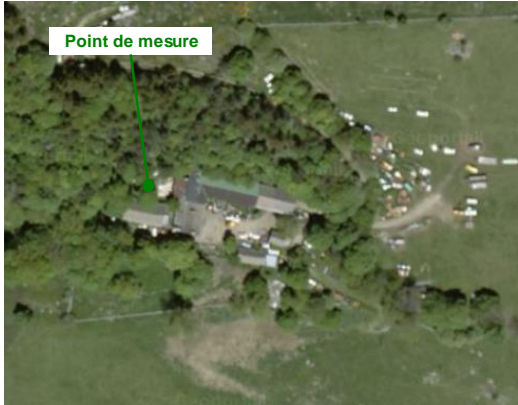


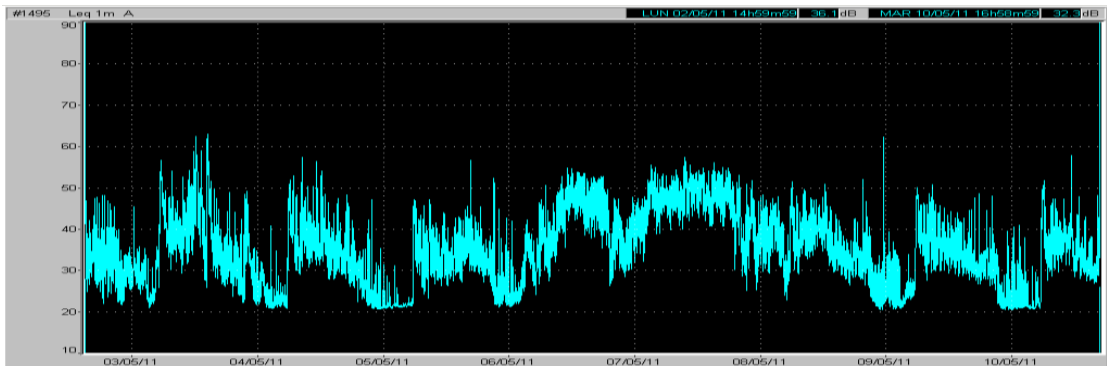
Remarque :

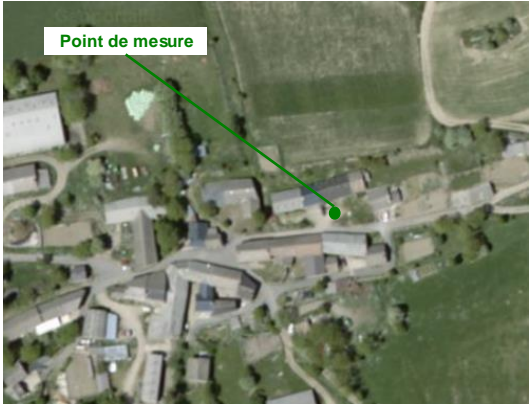


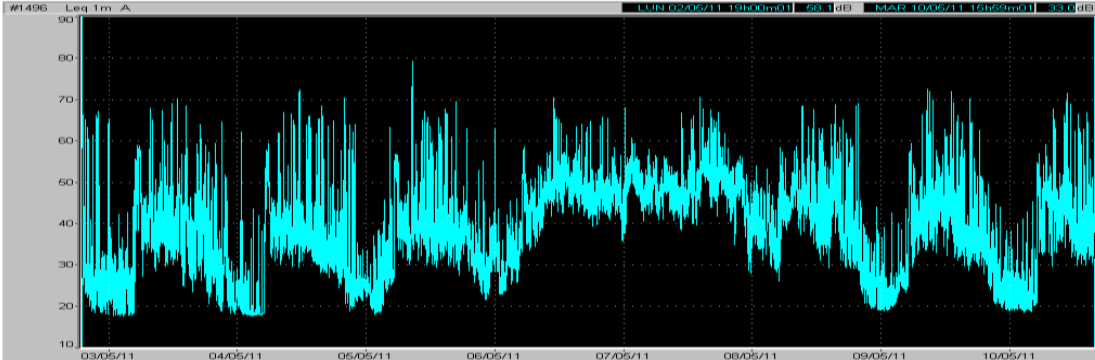
D'une manière générale, si on observe des périodes qui sont marquées par des événements particuliers (type : véhicule au ralenti devant le microphone, aboiements répétés, pompes, etc.), elles ne seront pas prises en compte dans le bruit résiduel pour le calcul des émergences.

Dans la mesure où l'émergence est calculée à partir des niveaux L_{50} (qui correspond aux niveaux sonores atteints ou dépassés pendant 50% du temps), la plupart des événements particuliers sont évacués.

PROJET EOLIEN		Mesure PF1			
		Mai 2011			
Localisation de la mesure :	M Velay, 48197 La Villedieu				
Date de la mesure :	du 2 au 10 Mai 2011				
Durée de la mesure :	9 jours	Appareil de mesures : SOLO 61494 - 01dB			
	Période de jour (7h-22h) Laeq moyen en dB(A)	Période de nuit (22h-7h) 40,5			
	48,6 Observations	Habitation située au Nord-Ouest du projet à environ 3000 mètres des premières éoliennes du projet. Le site est calme et éloigné de toute infrastructure routière importante.			
					
					
Début	Fin	Période	L _{Aeq}	L ₅₀	L ₉₀
02/05/2011 22:00	03/05/2011 07:00	Nuit	36,9	28,4	25,2
03/05/2011 07:00	03/05/2011 22:00	Jour	47,0	34,9	28,4
03/05/2011 22:00	04/05/2011 07:00	Nuit	30,5	24,1	22,7
04/05/2011 07:00	04/05/2011 22:00	Jour	43,6	35,0	29,0
04/05/2011 22:00	05/05/2011 07:00	Nuit	30,9	28,2	25,7
05/05/2011 07:00	05/05/2011 22:00	Jour	49,5	36,7	31,2
05/05/2011 22:00	06/05/2011 07:00	Nuit	36,1	32,6	30,6
06/05/2011 07:00	06/05/2011 22:00	Jour	51,7	46,6	40,2
06/05/2011 22:00	07/05/2011 07:00	Nuit	47,7	41,1	34,7
07/05/2011 07:00	07/05/2011 22:00	Jour	52,0	45,9	40,0
07/05/2011 22:00	08/05/2011 07:00	Nuit	40,9	34,5	29,8
08/05/2011 07:00	08/05/2011 22:00	Jour	43,8	39,5	32,6
08/05/2011 22:00	09/05/2011 07:00	Nuit	36,0	29,6	26,2
09/05/2011 07:00	09/05/2011 22:00	Jour	45,3	38,2	32,5
09/05/2011 22:00	10/05/2011 07:00	Nuit	35,2	29,7	27,9
10/05/2011 07:00	10/05/2011 22:00	Jour	47,6	37,2	32,1

PROJET EOLIEN		Mesure PF2						
		Mai 2011						
Localisation de la mesure :	M Durand, 48182 Saint-Sauveur de Ginestoux							
Date de la mesure :	du 2 au 10 Mai 2011							
Durée de la mesure :	9 jours	Appareil de mesures : SOLO 61493 - 01dB						
 <p>Point de mesure</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Période de jour (7h-22h)</th> <th>Période de nuit (22h-7h)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Laeq moyen en dB(A)</td> <td>53,4</td> <td>49,4</td> </tr> </tbody> </table>		Période de jour (7h-22h)	Période de nuit (22h-7h)	Laeq moyen en dB(A)	53,4	49,4	<p>Observations</p> <p>Habitation située au Nord-Est du projet à environ 3400 mètres des premières éoliennes du projet. Le site est calme et éloigné de toute infrastructure routière importante.</p>
		Période de jour (7h-22h)	Période de nuit (22h-7h)					
Laeq moyen en dB(A)	53,4	49,4						
 <p>Vue vers habitation</p>	 <p>Vue vers projet</p>							
								
Début	Fin	Période	L_{Aeq}	L₅₀	L₉₀			
02/05/2011 22:00	03/05/2011 07:00	Nuit	34,2	28,2	24,4			
03/05/2011 07:00	03/05/2011 22:00	Jour	48,4	33,7	25,8			
03/05/2011 22:00	04/05/2011 07:00	Nuit	32,5	26,0	22,5			
04/05/2011 07:00	04/05/2011 22:00	Jour	53,9	34,9	25,7			
04/05/2011 22:00	05/05/2011 07:00	Nuit	33,7	23,1	22,3			
05/05/2011 07:00	05/05/2011 22:00	Jour	57,9	39,2	27,5			
05/05/2011 22:00	06/05/2011 07:00	Nuit	36,2	29,9	25,2			
06/05/2011 07:00	06/05/2011 22:00	Jour	56,2	40,7	34,5			
06/05/2011 22:00	07/05/2011 07:00	Nuit	57,9	42,0	35,5			
07/05/2011 07:00	07/05/2011 22:00	Jour	49,7	43,2	36,2			
07/05/2011 22:00	08/05/2011 07:00	Nuit	45,4	41,2	34,3			
08/05/2011 07:00	08/05/2011 22:00	Jour	49,0	34,2	26,0			
08/05/2011 22:00	09/05/2011 07:00	Nuit	42,9	25,3	21,9			
09/05/2011 07:00	09/05/2011 22:00	Jour	52,2	32,9	25,0			
09/05/2011 22:00	10/05/2011 07:00	Nuit	43,2	22,4	20,6			
10/05/2011 07:00	10/05/2011 22:00	Jour	47,7	36,3	28,6			

PROJET EOLIEN		Mesure PF3																																																																																																						
		Mai 2011																																																																																																						
Localisation de la mesure :	M Jobez, Liraldès 48008 Le Giraldès																																																																																																							
Date de la mesure :	du 2 au 10 Mai 2011																																																																																																							
Durée de la mesure :	9 jours	Appareil de mesures : SOLO 61495 - 01dB																																																																																																						
 <p>Point de mesure</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Période de jour (7h-22h)</th> <th>Période de nuit (22h-7h)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Laeq moyen en dB(A)</td> <td>43,9</td> <td>40,8</td> </tr> </tbody> </table>		Période de jour (7h-22h)	Période de nuit (22h-7h)	Laeq moyen en dB(A)	43,9	40,8																																																																																																	
		Période de jour (7h-22h)	Période de nuit (22h-7h)																																																																																																					
Laeq moyen en dB(A)	43,9	40,8																																																																																																						
Observations	Habitation située au Sud du projet à environ 2200 mètres des premières éoliennes du projet. Le site est calme et éloigné de toute infrastructure routière importante.																																																																																																							
 <p>Vue vers habitation</p>	 <p>Vue vers projet</p>																																																																																																							
																																																																																																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Début</th> <th>Fin</th> <th>Période</th> <th>L_{Aeq}</th> <th>L₅₀</th> <th>L₉₀</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>02/05/2011 22:00</td><td>03/05/2011 07:00</td><td>Nuit</td><td>41,5</td><td>27,7</td><td>22,4</td></tr> <tr><td>03/05/2011 07:00</td><td>03/05/2011 22:00</td><td>Jour</td><td>46,3</td><td>35,1</td><td>26,5</td></tr> <tr><td>03/05/2011 22:00</td><td>04/05/2011 07:00</td><td>Nuit</td><td>38,7</td><td>22,0</td><td>20,9</td></tr> <tr><td>04/05/2011 07:00</td><td>04/05/2011 22:00</td><td>Jour</td><td>39,4</td><td>32,6</td><td>24,8</td></tr> <tr><td>04/05/2011 22:00</td><td>05/05/2011 07:00</td><td>Nuit</td><td>33,7</td><td>21,3</td><td>20,8</td></tr> <tr><td>05/05/2011 07:00</td><td>05/05/2011 22:00</td><td>Jour</td><td>36,9</td><td>31,6</td><td>25,7</td></tr> <tr><td>05/05/2011 22:00</td><td>06/05/2011 07:00</td><td>Nuit</td><td>35,4</td><td>26,4</td><td>21,5</td></tr> <tr><td>06/05/2011 07:00</td><td>06/05/2011 22:00</td><td>Jour</td><td>46,3</td><td>42,9</td><td>31,8</td></tr> <tr><td>06/05/2011 22:00</td><td>07/05/2011 07:00</td><td>Nuit</td><td>46,2</td><td>42,6</td><td>33,4</td></tr> <tr><td>07/05/2011 07:00</td><td>07/05/2011 22:00</td><td>Jour</td><td>48,9</td><td>46,3</td><td>37,5</td></tr> <tr><td>07/05/2011 22:00</td><td>08/05/2011 07:00</td><td>Nuit</td><td>41,2</td><td>36,3</td><td>28,1</td></tr> <tr><td>08/05/2011 07:00</td><td>08/05/2011 22:00</td><td>Jour</td><td>38,9</td><td>33,9</td><td>27,2</td></tr> <tr><td>08/05/2011 22:00</td><td>09/05/2011 07:00</td><td>Nuit</td><td>39,1</td><td>23,1</td><td>20,9</td></tr> <tr><td>09/05/2011 07:00</td><td>09/05/2011 22:00</td><td>Jour</td><td>37,0</td><td>31,6</td><td>26,9</td></tr> <tr><td>09/05/2011 22:00</td><td>10/05/2011 07:00</td><td>Nuit</td><td>36,9</td><td>21,2</td><td>20,6</td></tr> <tr><td>10/05/2011 07:00</td><td>10/05/2011 22:00</td><td>Jour</td><td>38,4</td><td>32,0</td><td>27,3</td></tr> </tbody> </table>	Début	Fin	Période	L _{Aeq}	L ₅₀	L ₉₀	02/05/2011 22:00	03/05/2011 07:00	Nuit	41,5	27,7	22,4	03/05/2011 07:00	03/05/2011 22:00	Jour	46,3	35,1	26,5	03/05/2011 22:00	04/05/2011 07:00	Nuit	38,7	22,0	20,9	04/05/2011 07:00	04/05/2011 22:00	Jour	39,4	32,6	24,8	04/05/2011 22:00	05/05/2011 07:00	Nuit	33,7	21,3	20,8	05/05/2011 07:00	05/05/2011 22:00	Jour	36,9	31,6	25,7	05/05/2011 22:00	06/05/2011 07:00	Nuit	35,4	26,4	21,5	06/05/2011 07:00	06/05/2011 22:00	Jour	46,3	42,9	31,8	06/05/2011 22:00	07/05/2011 07:00	Nuit	46,2	42,6	33,4	07/05/2011 07:00	07/05/2011 22:00	Jour	48,9	46,3	37,5	07/05/2011 22:00	08/05/2011 07:00	Nuit	41,2	36,3	28,1	08/05/2011 07:00	08/05/2011 22:00	Jour	38,9	33,9	27,2	08/05/2011 22:00	09/05/2011 07:00	Nuit	39,1	23,1	20,9	09/05/2011 07:00	09/05/2011 22:00	Jour	37,0	31,6	26,9	09/05/2011 22:00	10/05/2011 07:00	Nuit	36,9	21,2	20,6	10/05/2011 07:00	10/05/2011 22:00	Jour	38,4	32,0	27,3
Début	Fin	Période	L _{Aeq}	L ₅₀	L ₉₀																																																																																																			
02/05/2011 22:00	03/05/2011 07:00	Nuit	41,5	27,7	22,4																																																																																																			
03/05/2011 07:00	03/05/2011 22:00	Jour	46,3	35,1	26,5																																																																																																			
03/05/2011 22:00	04/05/2011 07:00	Nuit	38,7	22,0	20,9																																																																																																			
04/05/2011 07:00	04/05/2011 22:00	Jour	39,4	32,6	24,8																																																																																																			
04/05/2011 22:00	05/05/2011 07:00	Nuit	33,7	21,3	20,8																																																																																																			
05/05/2011 07:00	05/05/2011 22:00	Jour	36,9	31,6	25,7																																																																																																			
05/05/2011 22:00	06/05/2011 07:00	Nuit	35,4	26,4	21,5																																																																																																			
06/05/2011 07:00	06/05/2011 22:00	Jour	46,3	42,9	31,8																																																																																																			
06/05/2011 22:00	07/05/2011 07:00	Nuit	46,2	42,6	33,4																																																																																																			
07/05/2011 07:00	07/05/2011 22:00	Jour	48,9	46,3	37,5																																																																																																			
07/05/2011 22:00	08/05/2011 07:00	Nuit	41,2	36,3	28,1																																																																																																			
08/05/2011 07:00	08/05/2011 22:00	Jour	38,9	33,9	27,2																																																																																																			
08/05/2011 22:00	09/05/2011 07:00	Nuit	39,1	23,1	20,9																																																																																																			
09/05/2011 07:00	09/05/2011 22:00	Jour	37,0	31,6	26,9																																																																																																			
09/05/2011 22:00	10/05/2011 07:00	Nuit	36,9	21,2	20,6																																																																																																			
10/05/2011 07:00	10/05/2011 22:00	Jour	38,4	32,0	27,3																																																																																																			

PROJET EOLIEN		Mesure PF4						
		Mai 2011						
Localisation de la mesure :	M Bonnal, 48057 La Bastide							
Date de la mesure :	du 2 au 10 Mai 2011							
Durée de la mesure :	9 jours	Appareil de mesures : SOLO 61496 - 01dB						
 <p>Point de mesure</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Période de jour (7h-22h)</th> <th>Période de nuit (22h-7h)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Laeq moyen en dB(A)</td> <td>52,9</td> <td>46,7</td> </tr> </tbody> </table>		Période de jour (7h-22h)	Période de nuit (22h-7h)	Laeq moyen en dB(A)	52,9	46,7	
		Période de jour (7h-22h)	Période de nuit (22h-7h)					
Laeq moyen en dB(A)	52,9	46,7						
Observations	Habitation située au Nord-Ouest du projet à environ 3150 mètres des premières éoliennes du projet. Le site est calme et éloigné de toute infrastructure routière importante.							
 <p>Vue vers habitation</p>	 <p>Vue vers projet</p>							
								
Début	Fin	Période	L_{Aeq}	L₅₀	L₉₀			
02/05/2011 22:00	03/05/2011 07:00	Nuit	49,1	22,0	17,5			
03/05/2011 07:00	03/05/2011 22:00	Jour	50,8	32,9	23,8			
03/05/2011 22:00	04/05/2011 07:00	Nuit	44,5	19,0	17,6			
04/05/2011 07:00	04/05/2011 22:00	Jour	53,0	32,4	25,4			
04/05/2011 22:00	05/05/2011 07:00	Nuit	44,8	24,6	18,9			
05/05/2011 07:00	05/05/2011 22:00	Jour	53,7	34,6	28,0			
05/05/2011 22:00	06/05/2011 07:00	Nuit	44,5	30,6	23,4			
06/05/2011 07:00	06/05/2011 22:00	Jour	51,7	45,7	38,9			
06/05/2011 22:00	07/05/2011 07:00	Nuit	51,1	46,2	39,0			
07/05/2011 07:00	07/05/2011 22:00	Jour	53,5	47,1	40,7			
07/05/2011 22:00	08/05/2011 07:00	Nuit	45,0	37,8	30,1			
08/05/2011 07:00	08/05/2011 22:00	Jour	52,4	38,3	27,5			
08/05/2011 22:00	09/05/2011 07:00	Nuit	43,3	23,8	19,0			
09/05/2011 07:00	09/05/2011 22:00	Jour	53,2	35,2	27,8			
09/05/2011 22:00	10/05/2011 07:00	Nuit	43,2	21,0	18,7			
10/05/2011 07:00	10/05/2011 22:00	Jour	53,9	37,1	29,8			

4.3. ANALYSE DU BRUIT RESIDUEL EN FONCTION DE LA VITESSE DU VENT

4.3.1. METHODOLOGIE GENERALE

L'analyse du bruit résiduel en fonction de la vitesse du vent est réalisée à partir des mesures *in situ* présentées précédemment et des données de vent issues du mât de mesures situé à proximité du site et ramenées à 10 mètres du sol :

- **Les niveaux de bruit résiduel :**

Les niveaux de bruit résiduel sont déterminés à partir de l'**indicateur L_{50}** qui représente le niveau sonore atteint ou dépassé pendant 50 % du temps. Cet indicateur est adapté à la problématique de l'éolien car il caractérise bien les « bruits de fond moyens » en s'affranchissant des bruits particuliers ponctuels.

Ils sont mesurés sur une durée d'intégration élémentaire de 1 seconde puis moyennés sur un pas de 10 minutes.

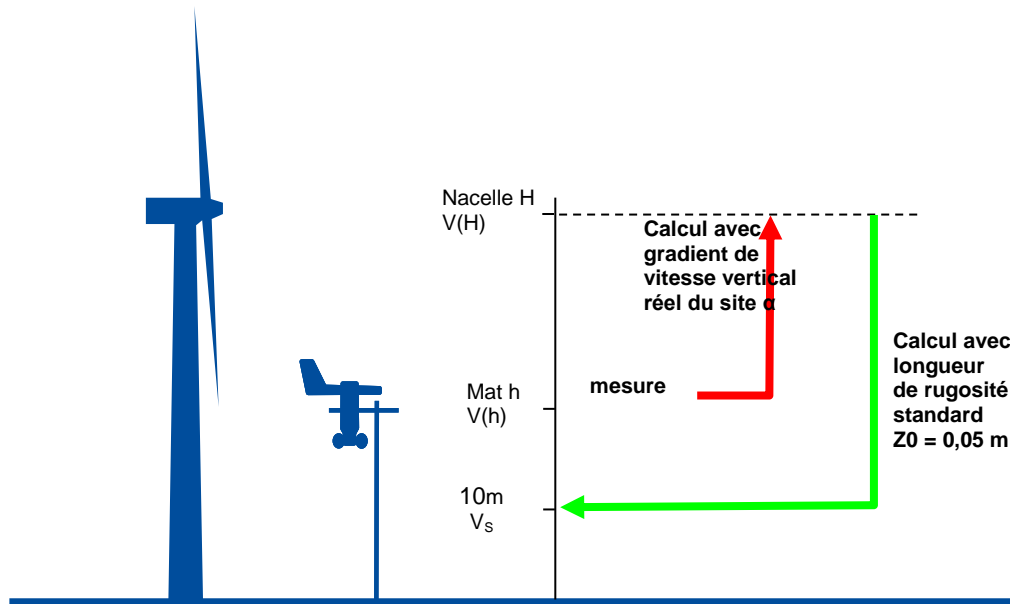
Ces niveaux de bruit résiduel sont ensuite analysés par **classe de vent** (selon la vitesse du vent globalement comprise entre 3 et 10 m/s à la hauteur standardisée de 10 m du sol, et le cas échéant, selon la direction du vent) et par **classe de référence** (période de jour 7h-22h et de nuit 22h-7h).

- **Les vitesses du vent**

Les données de vent sont issues des anémomètres du mât de mesures situés aux hauteurs de 30 et 65 m. Ces relevés de la vitesse en m/s et de la direction du vent sont moyennés par pas de 10 minutes.

Afin d'avoir un référentiel de vitesse de vent comparable aux données d'émissions des éoliennes (les puissances acoustiques des éoliennes sont caractérisées selon la norme IEC 61-400-11, et sont d'une manière générale fournies pour un vent de référence à la hauteur de 10 m du sol dans des conditions de rugosité du sol standard à $Z_0=0,05$ m), la vitesse du vent mesurée à hauteur de l'anémomètre est estimée à hauteur du moyeu en considérant la rugosité ou le gradient de vitesse vertical α propre au site, puis est ramenée à hauteur de 10 m en considérant la rugosité standard $Z_0=0,05$ m.

Les données de vent dans l'analyse « bruit-vent » sont donc sous la forme de **vitesse standardisée à 10 m du sol**, noté V_s dans la suite du rapport.



Principe du calcul de la vitesse standardisée V_s

H : hauteur de la nacelle (m),
H_{ref} : hauteur de référence (10m),
h : hauteur de mesure de l'anémomètre (m),
V(h) : vitesse mesurée à la hauteur h.

L'analyse porte par ailleurs sur l'ensemble des directions de vent car les niveaux résiduels varient essentiellement en fonction de vitesse du vent et peu en fonction de la direction du vent.

Afin d'avoir une bonne corrélation du bruit en fonction de la vitesse du vent, les périodes perturbées sont exclues de l'analyse. Les principales sources de perturbation éventuelles sont les suivantes :

- Périodes pluvieuses : elles sont repérées à partir d'une station météo mobile (pluviomètre).
- Périodes de vent au sol (à hauteur des microphones) supérieures à 5 m/s : elles sont repérées à partir d'une station météo mobile et/ou à partir d'une analyse d'expertise en fonction de la position du sonomètre par rapport aux éventuels masques présents autour du microphone et exclues de l'analyse pour être conforme à la norme NF S 31-010.
- Périodes perturbées par des activités particulières : elles sont très largement exclues de l'analyse par l'utilisation de l'indicateur L_{50} mais dans le cas d'évènements exceptionnels de longue durée (moteurs de piscine, orage ...), des codages manuels sont effectués afin d'évacuer ces périodes de l'analyse.

Les analyses « **bruit – vent** » permettent de déterminer les médianes recentrées correspondant aux niveaux sonores moyens mesurés par intervalle de vitesse de vent à 10 m.

Ainsi, pour toutes les vitesses de vent comprises entre 3 et 10 m/s, les niveaux L_{50} peuvent être estimés pour chacun des points de mesures.

Ces niveaux sont d'autant plus fiables qu'il y a d'échantillons (couples L_{50} / V_s) par classe de vent et de référence. Le nombre d'échantillons pour chaque classe de vitesse de vent est supérieur à 10.

4.3.2. RESULTATS

L'analyse « bruit-vent » réalisée selon la méthodologie précédemment détaillée, permet de déterminer les niveaux de bruit résiduels suivants pour les périodes de jour (7h-22h) et de nuit (22h-7h). Les analyses « bruit-vent » sont présentées ci-après pour chacun des 4 points de mesures réalisées.

JOUR	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
PF1	34,8	36,3	37,9	39,4	41,0	42,5	44,1	45,6
PF2	32,6	33,8	35,1	36,3	37,5	38,8	40,0	41,3
PF3	30,0	31,9	33,7	35,6	37,5	39,3	41,2	43,1
PF4	32,2	34,0	35,8	37,6	39,4	41,2	43,0	44,8

NUIT	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
PF1	28,1	28,8	29,5	30,1	30,8	31,4	32,1	32,8
PF2	22,8	24,9	27,1	29,2	31,4	33,5	35,7	37,8
PF3	23,8	25,3	26,7	28,2	29,7	31,1	32,6	34,1
PF4	22,0	23,8	25,7	27,5	29,3	31,1	32,9	34,7

Ce sont ces valeurs du bruit résiduel, caractéristiques des différentes ambiances sonores du site, qui servent de base dans le calcul prévisionnel des émergences globales au droit des habitations riveraines au projet éolien.

5. ANALYSE PREVISIONNELLE

L'analyse prévisionnelle se décompose en deux phases qui consistent tout d'abord à déterminer l'impact acoustique du projet, puis à estimer les émergences futures :

- **L'étude de l'impact acoustique du projet éolien** dans leur environnement consiste à analyser la propagation du bruit autour des éoliennes jusqu'aux riverains les plus proches en y calculant la contribution sonore du projet.
- **L'analyse des émergences futures liées aux projets**, estimées à partir de la contribution sonore des projets et des mesures in situ, permet de valider le respect de la réglementation française en vigueur, ou le cas échéant, de proposer des solutions adaptées pour y parvenir.

5.1. CALCULS PREVISIONNELS DE LA CONTRIBUTION DU PROJET

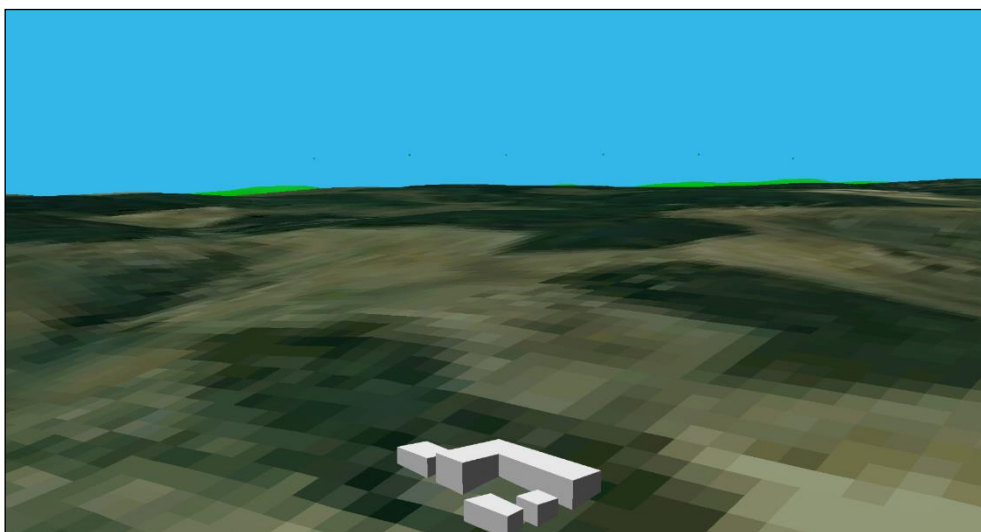
5.1.1. PRESENTATION DU MODELE DE CALCUL

L'estimation des niveaux sonores est réalisée à partir de la **modélisation du site en trois dimensions** à l'aide du logiciel CADNAA, logiciel développé par DataKustik en Allemagne, un des leaders mondiaux depuis plus de 25 ans dans le domaine du calcul de la dispersion acoustique.

Cette modélisation tient compte des émissions sonores de chacune des éoliennes (sources ponctuelles disposées à hauteur du moyeu) et de la propagation acoustique en trois dimensions selon la topographie du site (distance, hauteur, exposition directe ou indirecte), la nature du sol et l'absorption dans l'air.

La modélisation du site a été réalisée à partir du modèle numérique de terrain en trois dimensions et les calculs ont été effectués avec la méthode ISO-9613-2 qui prend en compte les conditions météorologiques. Les paramètres de calculs sont donnés en annexe du rapport.

La figure suivante illustre la modélisation du site en 3D à partir du logiciel CadnaA.



Aperçu de la modélisation 3D du site (image 3D CadnaA)

5.1.2. HYPOTHESES D'EMISSIONS

L'étude acoustique a été réalisée en considérant les données d'émission de l'éolienne suivante :

- **ENERCON E82 de 3,0 MW, avec une hauteur de moyeu de 84 m.**

Toutefois, s'il s'avère que ce n'est pas ce type de machine qui sera installé sur le site, le maître d'ouvrage s'engage à utiliser des éoliennes de caractéristiques acoustiques équivalentes (ou meilleures). En tout état de cause, une analyse acoustique devra montrer que la réglementation acoustique est également respectée avec d'autres machines que celles étudiées dans le présent rapport.

L'émission sonore des éoliennes est différente selon le mode de fonctionnement et donc varie selon la vitesse du vent. La condition la plus défavorable pour le riverain est lorsque la vitesse du vent est suffisante pour faire fonctionner les éoliennes en mode de production, mais pas assez importante pour que le bruit du vent dans l'environnement masque le bruit des éoliennes.

La plage de vent correspondant à cette situation est globalement comprise entre 3 et 10 m/s à 10 m du sol. Ainsi, pour chacune des machines, les calculs portent sur l'ensemble des vitesses suivantes : 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10 m/s.

Les émissions acoustiques utilisées dans les calculs de propagation correspondent aux valeurs globales garanties (données constructeur ENERCON) établies à partir des spectres mesurés. Le détail de ces données est présenté en annexe.

Les spectres de puissances acoustiques pris comme hypothèse de base dans les calculs de propagation sont présentés dans le tableau ci-après :

ENERCON - E82 E4 (3 MW) - Mât 84 m - Mode 0s avec TES

dB(A)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Global en dB(A)
3 m/s	67,2	73,8	78,0	79,8	80,8	78,1	69,7	59,5	85,8
4 m/s	73,3	79,9	84,1	85,9	86,9	84,2	75,8	65,6	91,9
5 m/s	77,4	84,0	88,2	90,0	91,0	88,3	79,9	69,7	96,0
6 m/s	81,4	88,0	92,2	94,0	95,0	92,3	83,9	73,7	100,0
7 m/s	84,4	91,0	95,2	97,0	98,0	95,3	86,9	76,7	103,0
8 m/s	85,4	92,0	96,2	98,0	99,0	96,3	87,9	77,7	104,0
9 m/s	85,4	92,0	96,2	98,0	99,0	96,3	87,9	77,7	104,0
10 m/s	85,4	92,0	96,2	98,0	99,0	96,3	87,9	77,7	104,0

5.1.3. COORDONNEES DES EOLIENNES

L'implantation du projet éolien de La Villedieu est définie par les coordonnées suivantes (en Lambert 93) :

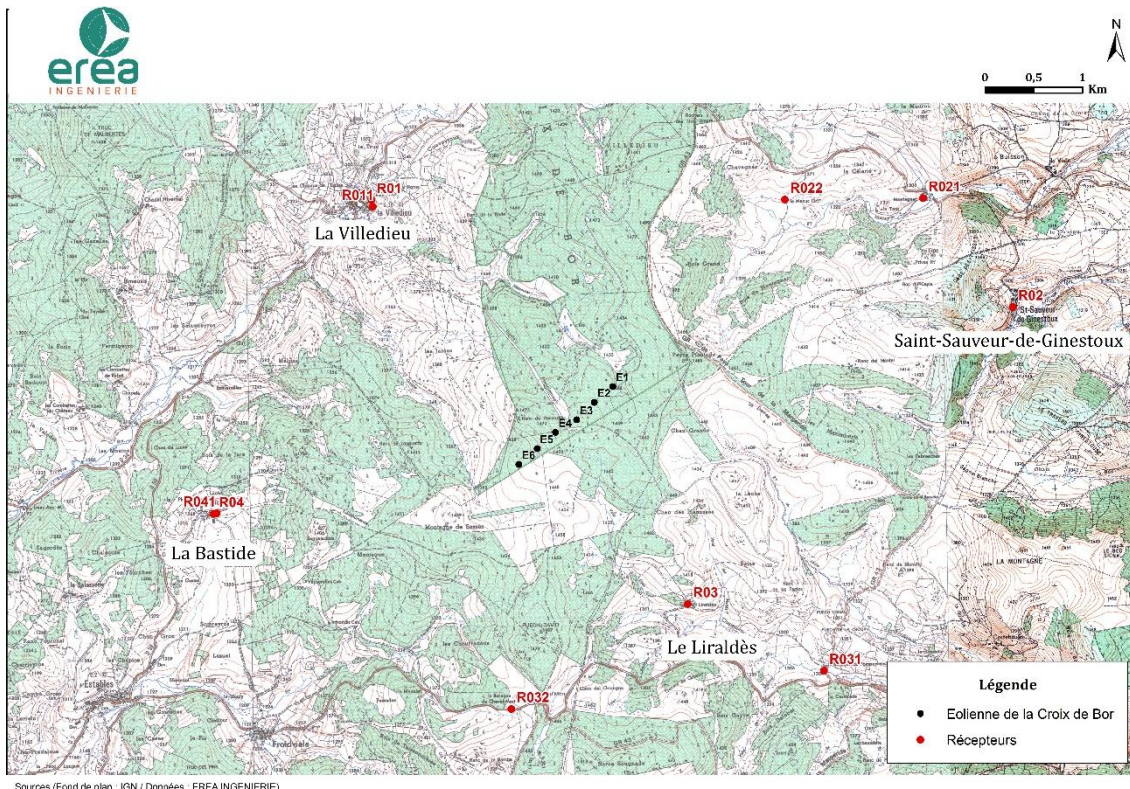
Coordonnées (Lambert 93)

éoliennes	X	Y
E1	743871,49	6399928,46
E2	743680,72	6399767,21
E3	743498,42	6399591,92
E4	743278,55	6399464,91
E5	743088,33	6399298,68
E6	742900,15	6399138,42

5.1.4. RESULTATS DES CALCULS

Les simulations informatiques en trois dimensions permettent de déterminer la contribution sonore de l'ensemble du projet éolien selon les vitesses de fonctionnement, au droit de récepteurs positionnés à proximité des habitations riveraines au projet (à hauteur de 2 m du sol).

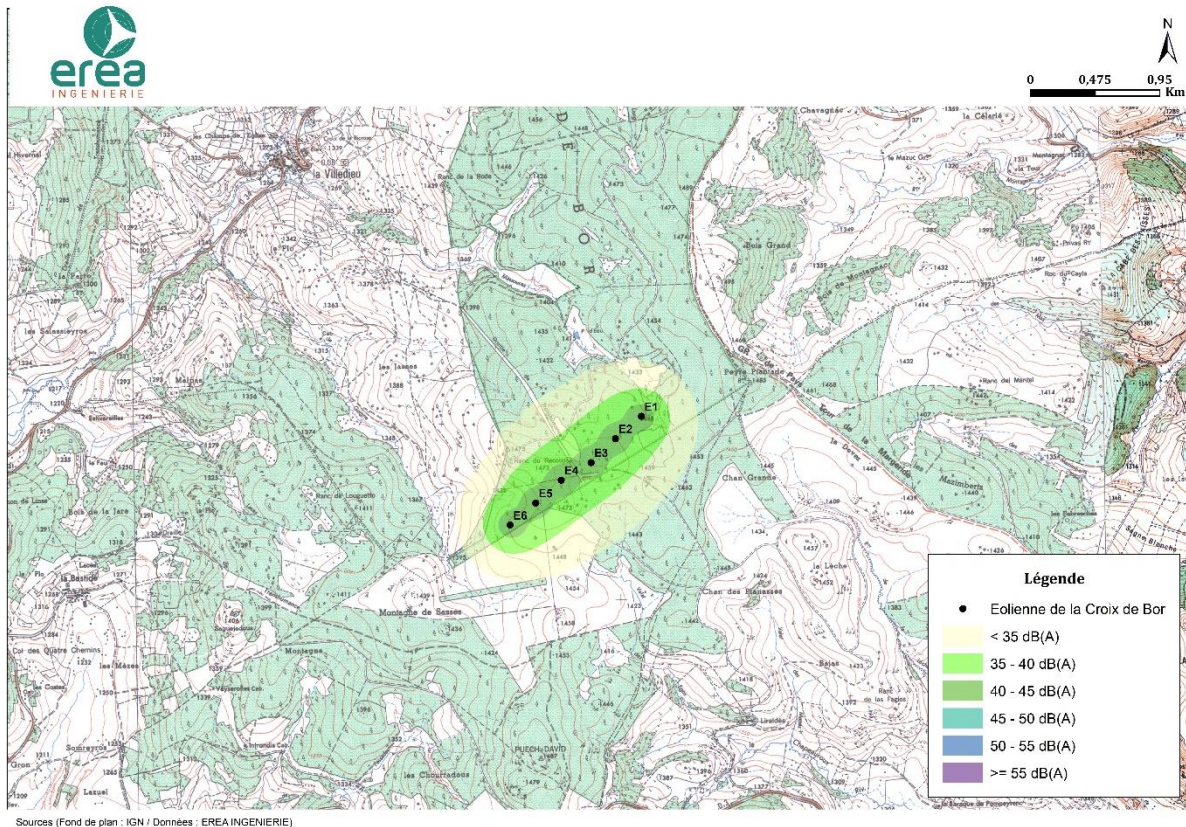
La carte ci-dessous localise la position des récepteurs, c'est-à-dire des points auxquels sont calculés la propagation du bruit émis par les éoliennes et l'émergence qui en résulte.



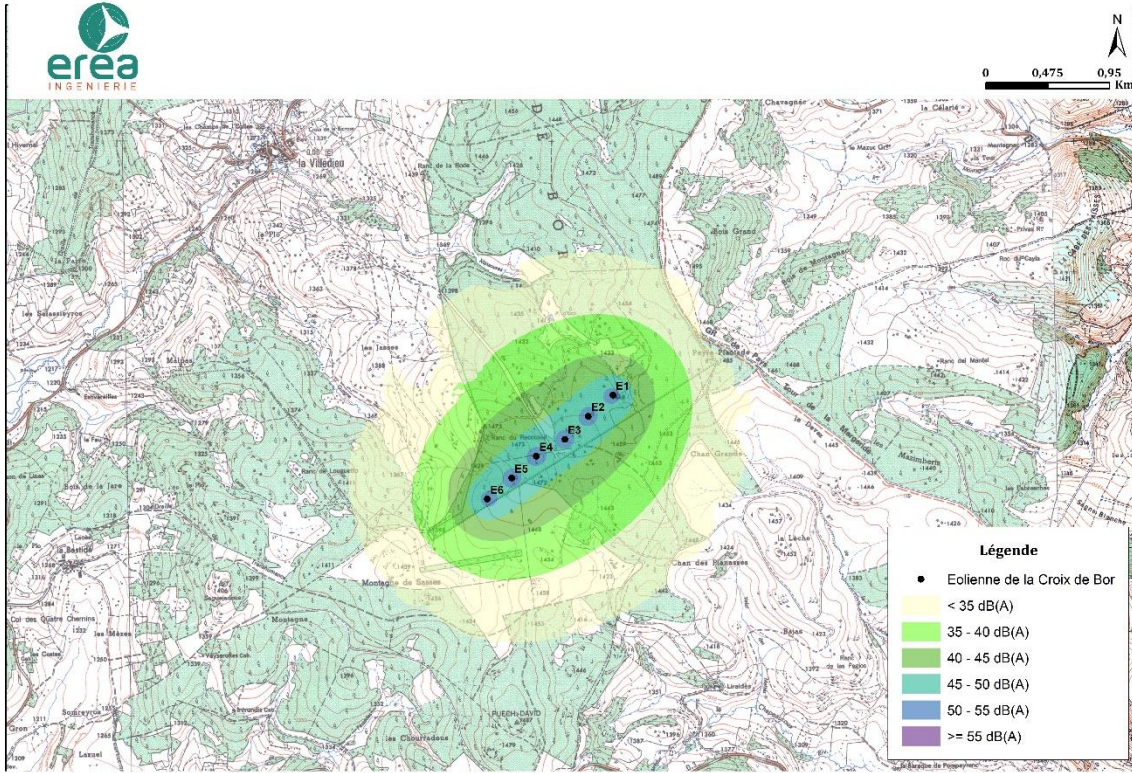
Localisation des récepteurs de calculs

Les calculs prévisionnels font apparaître des niveaux sonores faibles et variables selon la vitesse du vent, les plus élevés atteignant environ 23,6 dB(A) au maximum, au droit de l'habitation située à Liraldès (R03). Les niveaux sonores les plus élevés sont observés pour des vitesses de vent standardisées comprises entre 9 et 10 m/s.

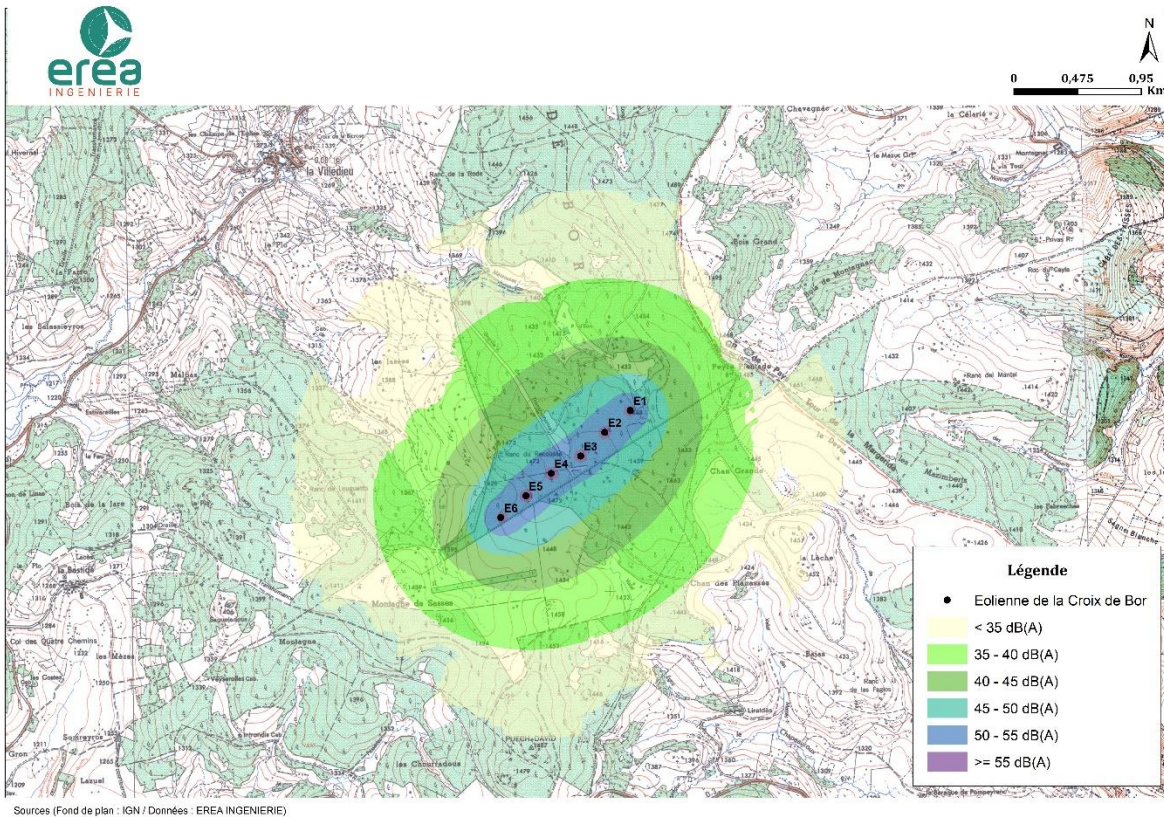
On trouvera ci-après des cartes isophones à une hauteur de 10 m du sol, présentant la propagation dans l'environnement du bruit des éoliennes pour les vitesses de vent standardisée de 4, 6 et 10 m/s.



Isophone à 2 m du sol pour une vitesse de vent standardisée de 4 m/s



Isophone à 2 m du sol pour une vitesse de vent standardisée de 6 m/s



Isophone à 2 m du sol pour une vitesse de vent standardisée de 10 m/s

5.2. ESTIMATION DES EMERGENCES

5.2.1. EMERGENCES GLOBALES A L'EXTERIEUR

Méthodologie

L'émergence globale à l'extérieur des habitations est calculée à partir des mesures *in situ* présentées précédemment et du résultat des calculs prévisionnels au droit des habitations.

Ainsi, l'émergence globale est calculée à partir du bruit résiduel L_{50} observé lors des mesures (selon analyses L_{50} / vitesse du vent) et de la contribution des éoliennes. Les émergences sont calculées pour les vitesses de vent standardisées allant de 3 à 10 m/s (à 10 m du sol).

Les seuils réglementaires admissibles pour l'émergence globale sont rappelés ici :

- Période de jour (7h-22h) : émergence de 5 dB(A) pour des niveaux ambiants supérieurs à 35 dB(A),
- Période de nuit (22h-7h) : émergence de 3 dB(A) pour des niveaux ambiants supérieurs à 35 dB(A).

Dans le cas où le bruit ambiant est inférieur à 35 dB(A), il n'y a pas de seuil d'émergence à respecter.

Le détail des calculs des émergences est donné dans les tableaux ci-après, en période de jour et de nuit. Les résultats sont exprimés pour les différentes vitesses de vent de 3 à 10 m/s au droit des différents récepteurs.

Ces résultats donnent, dans les tableaux suivants :

- Le niveau de **bruit résiduel** à partir des mesures acoustiques réalisées in-situ,
- Le niveau de **bruit des éoliennes** du projet à partir du calcul,
- Le niveau de **bruit ambiant** qui est la somme logarithmique du **bruit des éoliennes** et du **bruit résiduel**,
- L'**émergence** qui est la soustraction du **bruit ambiant** par le **bruit résiduel**.

Résultats

L'analyse des émergences globales fait apparaître que **les émergences réglementaires sont respectées en période de jour comme de nuit** au droit de l'ensemble des habitations riveraines.

On trouvera le détail des calculs des émergences dans les tableaux ci-après.

EMERGENCES GLOBALES - ENERCON - E82 - E4 - 3,0 MW - 84 m

Période de JOUR (7h-22h)		Type de bruit	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
La Villedieu	R01	Bruit résiduel	34,8	36,3	37,9	39,4	41,0	42,5	44,1	45,6
		Bruit éoliennes	5,3	11,4	15,5	19,5	22,5	23,5	23,5	23,5
		Bruit ambiant	34,8	36,3	37,9	39,4	41,1	42,6	44,1	45,6
	EMERGENCE		Lamb < 35	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
	R011	Bruit résiduel	34,8	36,3	37,9	39,4	41,0	42,5	44,1	45,6
		Bruit éoliennes	1,8	7,9	12,0	16,0	19,0	20,0	20,0	20,0
Bruit ambiant		34,8	36,3	37,9	39,4	41,0	42,5	44,1	45,6	
EMERGENCE		Lamb < 35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Saint-Sauveur-de-Ginestoux	R02	Bruit résiduel	32,6	33,8	35,1	36,3	37,5	38,8	40,0	41,3
		Bruit éoliennes	0,0	2,0	6,1	10,1	13,1	14,1	14,1	14,1
		Bruit ambiant	32,6	33,8	35,1	36,3	37,5	38,8	40,0	41,3
		EMERGENCE		Lamb < 35	Lamb < 35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	R021	Bruit résiduel	32,6	33,8	35,1	36,3	37,5	38,8	40,0	41,3
		Bruit éoliennes	0,0	2,5	6,6	10,6	13,6	14,6	14,6	14,6
		Bruit ambiant	32,6	33,8	35,1	36,3	37,5	38,8	40,0	41,3
		EMERGENCE		Lamb < 35	Lamb < 35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	R022	Bruit résiduel	32,6	33,8	35,1	36,3	37,5	38,8	40,0	41,3
		Bruit éoliennes	1,4	7,5	11,6	15,6	18,6	19,6	19,6	19,6
		Bruit ambiant	32,6	33,8	35,1	36,3	37,6	38,9	40,0	41,3
		EMERGENCE		Lamb < 35	Lamb < 35	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
Liraldès	R03	Bruit résiduel	30,0	31,9	33,7	35,6	37,5	39,3	41,2	43,1
		Bruit éoliennes	5,4	11,5	15,6	19,6	22,6	23,6	23,6	23,6
		Bruit ambiant	30,0	31,9	33,8	35,7	37,6	39,4	41,3	43,1
		EMERGENCE		Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	0,1	0,1	0,1	0,1
	R031	Bruit résiduel	30,0	31,9	33,7	35,6	37,5	39,3	41,2	43,1
		Bruit éoliennes	0,0	0,0	3,6	7,6	10,6	11,6	11,6	11,6
		Bruit ambiant	30,0	31,9	33,7	35,6	37,5	39,3	41,2	43,1
		EMERGENCE		Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	0,0	0,0	0,0	0,0
	R032	Bruit résiduel	30,0	31,9	33,7	35,6	37,5	39,3	41,2	43,1
		Bruit éoliennes	0,3	6,4	10,5	14,5	17,5	18,5	18,5	18,5
		Bruit ambiant	30,0	31,9	33,7	35,6	37,5	39,3	41,2	43,1
		EMERGENCE		Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	0,0	0,0	0,0	0,0
La Bastide	R04	Bruit résiduel	32,2	34,0	35,8	37,6	39,4	41,2	43,0	44,8
		Bruit éoliennes	0,0	4,9	9,0	13,0	16,0	17,0	17,0	17,0
		Bruit ambiant	32,2	34,0	35,8	37,6	39,4	41,2	43,0	44,8
		EMERGENCE		Lamb < 35	Lamb < 35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	R041	Bruit résiduel	32,2	34,0	35,8	37,6	39,4	41,2	43,0	44,8
		Bruit éoliennes	0,0	5,5	9,6	13,6	16,6	17,6	17,6	17,6
		Bruit ambiant	32,2	34,0	35,8	37,6	39,4	41,2	43,0	44,8
		EMERGENCE		Lamb < 35	Lamb < 35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

EMERGENCES GLOBALES - ENERCON - E82 - E4 - 3,0 MW - 84 m

Période de NUIT (22h-7h)		Type de bruit	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
La Villedieu	R01	Bruit résiduel	28,1	28,8	29,5	30,1	30,8	31,4	32,1	32,8
		Bruit éoliennes	5,3	11,4	15,5	19,5	22,5	23,5	23,5	23,5
		Bruit ambiant	28,1	28,9	29,7	30,5	31,4	32,1	32,7	33,3
		EMERGENCE	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35
	R011	Bruit résiduel	28,1	28,8	29,5	30,1	30,8	31,4	32,1	32,8
		Bruit éoliennes	1,8	7,9	12,0	16,0	19,0	20,0	20,0	20,0
		Bruit ambiant	28,1	28,8	29,6	30,3	31,1	31,7	32,4	33,0
		EMERGENCE	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35
Saint-Sauveur-de-Ginestoux	R02	Bruit résiduel	22,8	24,9	27,1	29,2	31,4	33,5	35,7	37,8
		Bruit éoliennes	0,0	2,0	6,1	10,1	13,1	14,1	14,1	14,1
		Bruit ambiant	22,8	24,9	27,1	29,3	31,5	33,5	35,7	37,8
		EMERGENCE	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	0,0	0,0
	R021	Bruit résiduel	22,8	24,9	27,1	29,2	31,4	33,5	35,7	37,8
		Bruit éoliennes	0,0	2,5	6,6	10,6	13,6	14,6	14,6	14,6
		Bruit ambiant	22,8	24,9	27,1	29,3	31,5	33,6	35,7	37,8
		EMERGENCE	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	0,0	0,0
	R022	Bruit résiduel	22,8	24,9	27,1	29,2	31,4	33,5	35,7	37,8
		Bruit éoliennes	1,4	7,5	11,6	15,6	18,6	19,6	19,6	19,6
		Bruit ambiant	22,8	25,0	27,2	29,4	31,6	33,7	35,8	37,9
		EMERGENCE	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	0,1	0,1
Liraldès	R03	Bruit résiduel	23,8	25,3	26,7	28,2	29,7	31,1	32,6	34,1
		Bruit éoliennes	5,4	11,5	15,6	19,6	22,6	23,6	23,6	23,6
		Bruit ambiant	23,9	25,5	27,0	28,8	30,5	31,8	33,1	34,5
		EMERGENCE	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35
	R031	Bruit résiduel	23,8	25,3	26,7	28,2	29,7	31,1	32,6	34,1
		Bruit éoliennes	0,0	0,0	3,6	7,6	10,6	11,6	11,6	11,6
		Bruit ambiant	23,8	25,3	26,7	28,2	29,8	31,1	32,6	34,1
		EMERGENCE	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35
	R032	Bruit résiduel	23,8	25,3	26,7	28,2	29,7	31,1	32,6	34,1
		Bruit éoliennes	0,3	6,4	10,5	14,5	17,5	18,5	18,5	18,5
		Bruit ambiant	23,8	25,4	26,8	28,4	30,0	31,3	32,8	34,2
		EMERGENCE	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35
La Bastide	R04	Bruit résiduel	22,0	23,8	25,7	27,5	29,3	31,1	32,9	34,7
		Bruit éoliennes	0,0	4,9	9,0	13,0	16,0	17,0	17,0	17,0
		Bruit ambiant	22,0	23,9	25,8	27,7	29,5	31,3	33,0	34,8
		EMERGENCE	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35
	R041	Bruit résiduel	22,0	23,8	25,7	27,5	29,3	31,1	32,9	34,7
		Bruit éoliennes	0,0	5,5	9,6	13,6	16,6	17,6	17,6	17,6
		Bruit ambiant	22,0	23,9	25,8	27,7	29,5	31,3	33,0	34,8
		EMERGENCE	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35	Lamb < 35

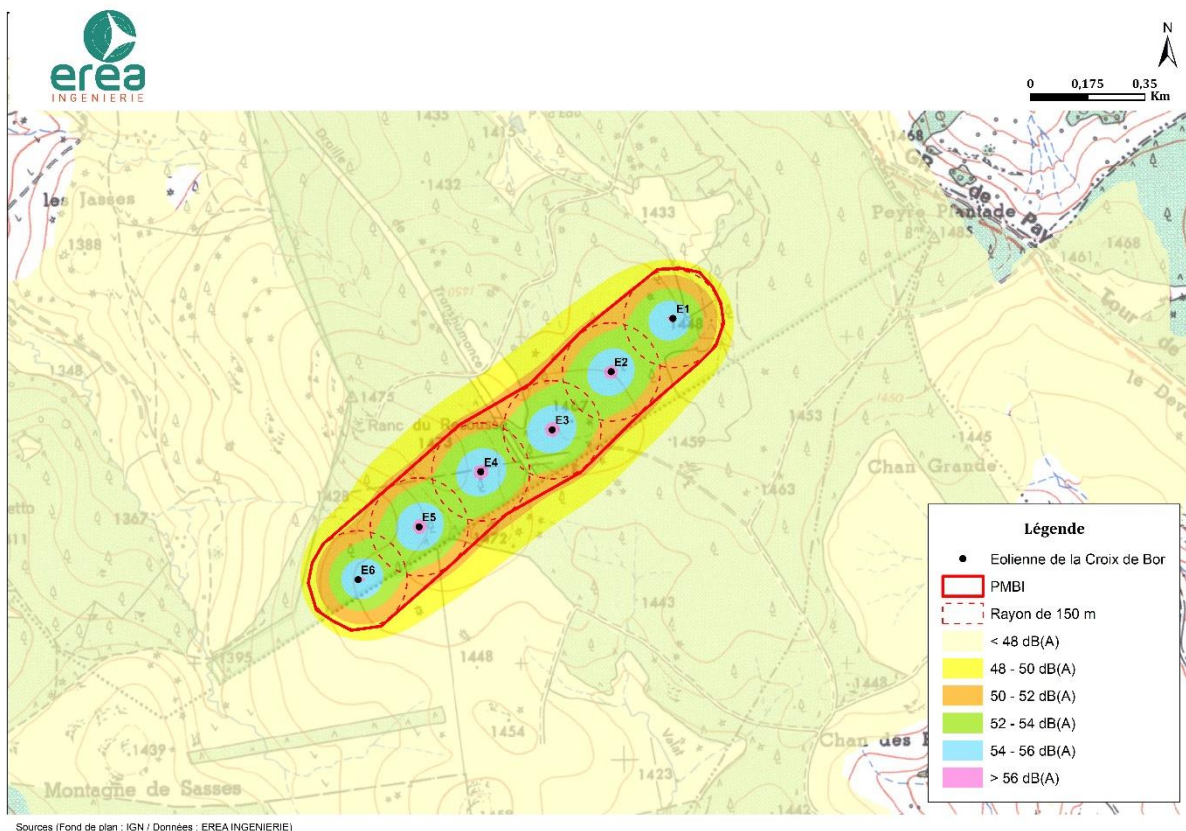
5.3. PERIMETRE DE MESURE DU BRUIT

Le niveau de bruit maximal des installations éoliennes est fixé à 70 dB(A) pour la période de jour et 60 dB(A) pour la période de nuit dans le périmètre de mesure du bruit. Ce périmètre correspond au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre chaque aérogénérateur et de rayon R défini par :

- $R = 1,2 \times (\text{hauteur du moyeu} + \text{longueur d'un demi-rotor})$

Un périmètre de mesure du bruit des installations est dénombré pour le projet éolien de la Villedieu. Ce périmètre correspond au plus petit polygone inscrit dans les disques de rayon $R=150$ m (voir illustration ci-dessous).

En limite de ces périmètres, il est calculé des niveaux sonores entre 48 et 50 dB(A) à 2 m de hauteur pour une vitesse de vent de 10 m/s. Cette vitesse de vent correspond au régime nominal de l'éolienne et par conséquent au niveau maximal généré par la machine. Ces niveaux sont donc bien inférieurs aux seuils réglementaires de 70 dB(A) de jour et 60 dB(A) de nuit.



Périmètres de mesure du bruit des installations

Ainsi, pour le modèle de machine considéré, pour toutes directions et vitesses de vent, les seuils réglementaires sont respectés en limite du périmètre de mesure du bruit de l'installation.

5.4. TONALITE MARQUEE

La tonalité marquée est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octave quand la différence de niveau entre la bande de tiers d'octave et les quatre bandes de tiers d'octave les plus proches (les deux bandes immédiatement inférieures et les deux bandes immédiatement supérieures) atteint ou dépasse les niveaux suivants :

50 Hz à 315 Hz	400 Hz à 1250 Hz	1600 Hz à 8000 Hz
10 dB	5 dB	5 dB

Ainsi, dans le cas où le bruit des éoliennes est à tonalité marquée de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne doit pas excéder 30% de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne et nocturne.

Les tonalités des éoliennes avec peignes sont calculées à partir des données des émissions spectrales des machines selon les données disponibles en tiers d'octave.

Le tableau suivant présente le résultat des calculs de toutes les tonalités en dB, calculées pour les différentes vitesses de vent standardisées.

Fréquences (en Hz)	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz
3 m/s	0,1	0,0	0,0	0,2	0,8	1,2	1,0	0,6	0,2	0,1	0,0	0,4
4 m/s	0,2	0,1	0,1	0,2	0,8	1,1	1,1	0,7	0,3	0,1	0,2	0,0
5 m/s	0,2	0,2	0,2	0,1	0,8	1,1	1,1	0,8	0,3	0,1	0,3	0,1
6 m/s	0,2	0,2	0,1	0,0	0,7	1,1	1,0	0,7	0,2	0,3	0,4	0,2
7 m/s	0,3	0,2	0,2	0,1	0,7	0,9	1,0	0,6	0,1	0,4	0,5	0,2
8 m/s	0,3	0,2	0,2	0,0	0,7	1,0	1,0	0,6	0,1	0,3	0,5	0,2
9 m/s	0,3	0,2	0,2	0,0	0,7	1,0	0,9	0,7	0,3	0,2	0,3	0,1
10 m/s	0,3	0,2	0,2	0,0	0,7	1,1	1,0	0,7	0,4	0,1	0,0	0,1

Fréquences (en Hz)	800 Hz	1 kHz	1,25 kHz	1,6 kHz	2 kHz	2,5 kHz	3,15 kHz	4 Hz	5 kHz	6,3 kHz	8 kHz
3 m/s	0,8	0,8	0,4	0,1	0,3	0,9	1,1	1,5	2,3	4,1	7,5
4 m/s	0,7	0,7	0,4	0,1	0,3	0,8	1,0	1,5	2,2	3,9	7,3
5 m/s	0,5	0,7	0,5	0,2	0,5	0,9	1,2	1,6	2,2	3,7	7,0
6 m/s	0,5	0,8	0,6	0,4	0,7	1,2	1,4	2,0	2,5	3,8	6,6
7 m/s	0,6	0,8	0,8	0,6	0,8	1,4	1,6	2,0	2,7	4,1	6,6
8 m/s	0,6	0,9	0,7	0,5	0,9	1,3	1,4	1,9	2,7	3,9	6,4
9 m/s	0,5	0,7	0,5	0,3	0,6	1,0	1,2	1,5	2,0	3,4	6,8
10 m/s	0,4	0,5	0,2	0,1	0,1	0,3	0,4	1,0	2,4	4,8	8,0

Extrait des données d'émissions en 1/3 d'octave (ENERCON E82)

On remarque que la E82 connaît des tonalités marquées dans les hautes fréquences (à 8000 Hz).

Or les hautes fréquences ne se propagent que sur de faibles distances. En effet, la contribution sonore des éoliennes au droit du récepteur le plus exposé au projet est nulle pour ces fréquences. Les tonalités marquées ne sont donc pas audibles au droit des habitations riveraines les plus exposées au projet.

Les mesures de réception qui seront réalisées après la mise en service du parc permettront de valider le respect de cette partie de la réglementation.

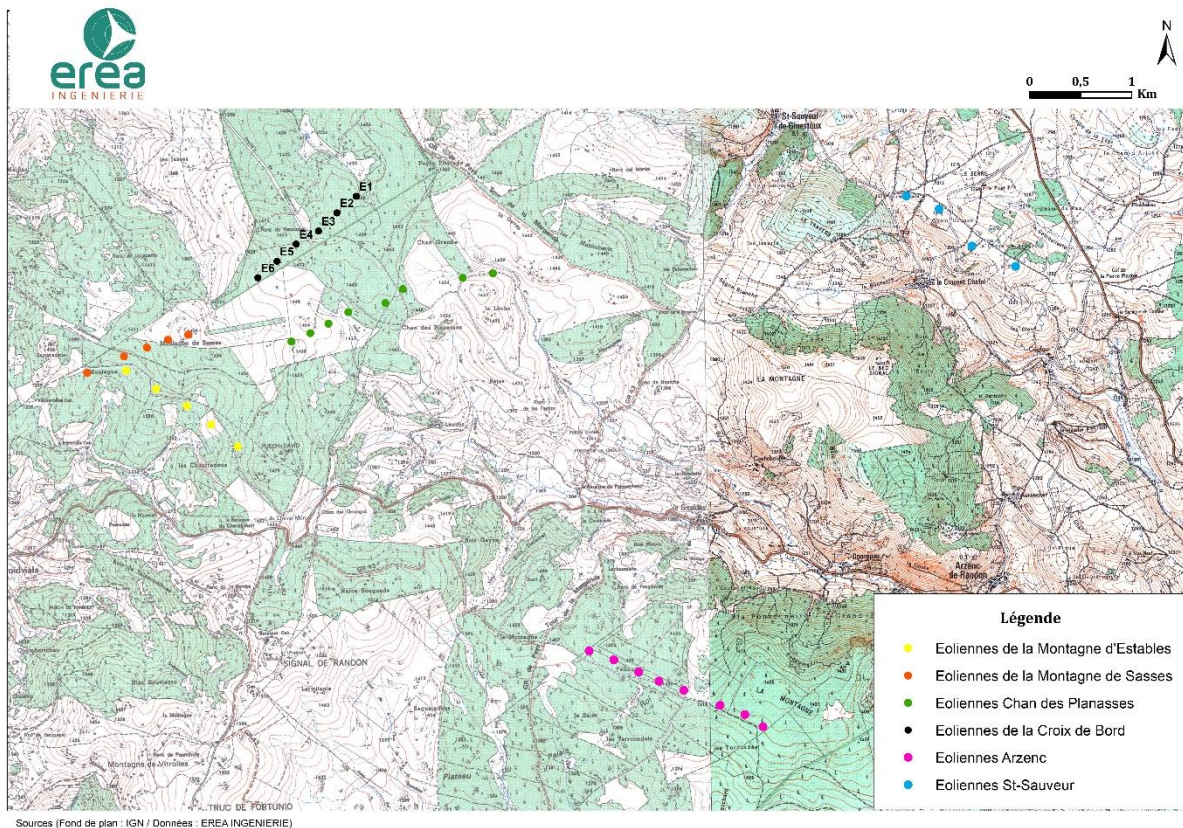
Les émissions sonores des modèles des éoliennes considérées ne font apparaître aucune tonalité marquée au droit des zones à émergences réglementées les plus exposées.

5.5. EFFETS CUMULES

La notion d'effet cumulé est précisée dans le guide relatif à l'élaboration des études d'impacts des projets de parcs éoliens terrestres de décembre 2016. Ainsi, il est indiqué que « Le développement de l'éolien implique de plus en plus de développer des projets dans des zones déjà prospectées et exploitées. L'étude acoustique doit, comme pour les autres thématiques, prendre en compte les effets cumulés. A ce titre les autres projets éoliens connus doivent être pris en compte de la façon suivante :

- Cas d'une modification d'un parc existant par le même exploitant (construit ou non) consistant à modifier une éolienne ou à ajouter une éolienne (extension de parc existant) : l'impact global du parc ainsi modifié doit être pris en compte (éoliennes déjà autorisées et nouvelles éoliennes) ;
- Cas d'un nouveau projet indépendant des autres projets connus avec des exploitants différents : pour les calculs d'émergence, le bruit résiduel correspond au bruit mesuré avec les autres parcs en fonctionnement (les autres parcs sont considérés en fonctionnement dans l'analyse des effets cumulés au même titre que les autres ICPE).

La carte ci-dessous présente les différents parcs et projets situés autour du projet de la Croix-de-Bor :



Localisation du projet de la Croix de Bor et des autres projets ou parcs

En ce qui concerne l'analyse des impacts cumulés, les projets à prendre en compte sont définis par l'article R122-5 du Code de l'Environnement :

« Ces projets sont ceux qui, lors du dépôt de l'étude d'impact :

- ont fait l'objet d'un document d'incidences au titre de l'article R. 214-6 et d'une enquête publique ;
- ont fait l'objet d'une étude d'impact au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement a été rendu public.

Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté au titre des articles R. 214-6 à R. 214-31 mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le pétitionnaire ou le maître d'ouvrage. »

Au-delà d'un périmètre de 4 km autour du projet, les impacts cumulés acoustiques sont nuls. Les parcs éoliens situés à plus de 4km de toutes les éoliennes du projet ne sont donc pas pris en compte. Les parcs éoliens en fonctionnement ont été pris en compte dans l'état initial.

Le parc éolien voisin du projet se situe au minimum à environ 5 km, à l'ouest du projet éolien de la Croix de Bor, il s'agit du parc éolien St-Sauveur. Le parc éolien de St-Sauveur est en fonctionnement lors de la réalisation de l'état initial, ainsi le bruit résiduel considéré dans la présente étude correspond au bruit mesuré avec les autres parcs en fonctionnement.

Les projets éoliens les plus proches de celui de la Croix-de-Bor sont :

- Le projet éolien d'Arzenc situé à environ 5 km au sud du projet de la Croix-de-Bor. Il est constitué de 8 éoliennes de 150 mètres de haut (puissance unitaire de 3MW) sur la commune de Arzenc de Randon, et développé par la société EDF EN. Ce projet a reçu l'avis de l'autorité environnementale.
- Le projet éolien Chan des Planasses situé à environ 700 m au sud du projet de la Croix-de-Bor. Il est constitué de 8 éoliennes de 126 mètres de haut (puissance unitaire de 3MW) sur les communes d'Estables et Arzenc de Randon, et développé par la société Valeco. Ce projet a été déposé le 27/09/2017.
- Le projet éolien de la Montagne d'Estables situé à environ 1,4 km au sud-ouest du projet de la Croix-de-Bor. Il est constitué de 5 éoliennes de 150 mètres de haut (puissance unitaire de 4,2MW) sur la commune de Monts de Randon, et développé par la société Volkswind. Ce projet a été déposé le 20/12/2019.
- Le projet éolien de la Montagne de Sasses situé à environ 900 m à l'ouest du projet de la Croix-de-Bor. Il est constitué de 5 éoliennes de 130 mètres de haut (puissance unitaire de 2,35MW) sur la commune d'Estables, et développé par la société VSB. Ce projet a été déposé le 10/03/2020.

Le projet éolien de la Croix de Bor n'est susceptible d'engendrer aucun impact cumulé avec un autre projet, de quelque nature qu'il soit.

6. CONCLUSION

Ce rapport fait état d'une étude acoustique détaillée menée dans le cadre du dossier de demande d'autorisation environnementale du projet éolien de la Croix de Bor. Il est réalisé à partir d'une campagne de mesures réalisée en mai 2011. Ce rapport intègre les différents éléments de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'arrêté ministériel du 22 juin 2020 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement (Section 6 – Articles 26 à 31).

Ce projet prévoit l'implantation de six éoliennes sur la commune de la Villedieu (48). Dans l'ensemble du rapport, ce projet est considéré comme un nouveau projet indépendant des autres projets connus avec des exploitants différents. Ainsi, la présente étude prend en compte l'ensemble des éoliennes et s'articule autour des trois principaux axes suivants :

- **Détermination du bruit résiduel** sur le site en fonction de la vitesse du vent (mesures),
- **Estimation de la contribution sonore du projet** au droit des habitations riveraines (calculs),
- **Analyse de l'émergence** au droit de ces habitations afin de valider le respect de la réglementation française en vigueur, ou le cas échéant, de proposer des solutions adaptées pour respecter les seuils réglementaires.

6.1. ETAT INITIAL

Une campagne de mesures *in situ* a été réalisée sur une période de 8 jours, du 2 au 10 mai 2011, afin de caractériser au mieux les différentes ambiances sonores présentes autour de la zone d'implantation des éoliennes.

Cette campagne se compose de **4 points fixes**, placés au droit des habitations les plus exposées à la zone d'implantation potentielle du projet. L'ambiance sonore générale est représentative d'une zone rurale principalement marquée par les activités agricoles.

Les niveaux sonores mesurés *in situ* sont variables d'une journée à l'autre, mais d'une manière générale les niveaux observés de jour comme de nuit sont caractéristiques d'un environnement rural relativement calme. Les mesures de bruit réalisées ont été analysées à partir de l'indicateur L_{50} en fonction de la vitesse du vent (vitesse standardisée à 10 m du sol).

Ces niveaux varient globalement entre 22 et 46 dB(A) selon les classes de vent (entre 3 et 10 m/s) et les périodes (jour et nuit) considérées.

6.2. ANALYSE PREVISIONNELLE ET EMERGENCES

Les émergences globales au droit des habitations sont calculées à partir de la contribution des éoliennes (pour des vitesses de vent allant de 3 à 10 m/s) et du bruit existant déterminé à partir des mesures *in situ* (selon les analyses L_{50} / vitesse du vent). Une configuration est calculée à partir d'un modèle d'éolienne ENERCON E82 – 3,0 MW - 84 m de hauteur de nacelle.

L'analyse prévisionnelle ne montre aucun risque de dépassement des seuils réglementaires en période de jour et de nuit au droit de l'ensemble des habitations riveraines au projet, pour une vitesse de vent standardisée comprise entre 3 et 10 m/s, selon la configuration considérée.

Il n'apparaît pas de tonalité marquée au droit des zones à émergence réglementée riveraines du projet pour les types d'éoliennes utilisés pour le projet éolien de la Croix de Bor.

Dans le périmètre de mesure du bruit défini à l'article 2 de l'arrêté du 26 août 2011, les niveaux de bruit sont bien inférieurs aux seuils réglementaires fixés pour les périodes de jour et de nuit qui sont respectivement de 70 et 60 dB(A).

Avec ou sans la mise en œuvre du projet, l'ambiance sonore générale restera caractéristique d'un environnement rural où les principales sources de bruit sont les activités humaines, agricoles et les axes de transport plus ou moins fréquentés.

En conclusion, l'analyse acoustique prévisionnelle fait apparaître que les seuils réglementaires admissibles seront respectés, en considérant les modes de fonctionnement définis, pour l'ensemble des zones à émergence réglementée concernées par le projet éolien, quelles que soient les périodes de jour ou de nuit et les conditions (vitesse et direction) de vent.

ANNEXES

ANNEXE N°1 : ANALYSES « BRUIT-VENT » EN GLOBAL

ANNEXE N°2 : EXTRAIT DES DOCUMENTS TECHNIQUES DES EMISSIONS SONORES

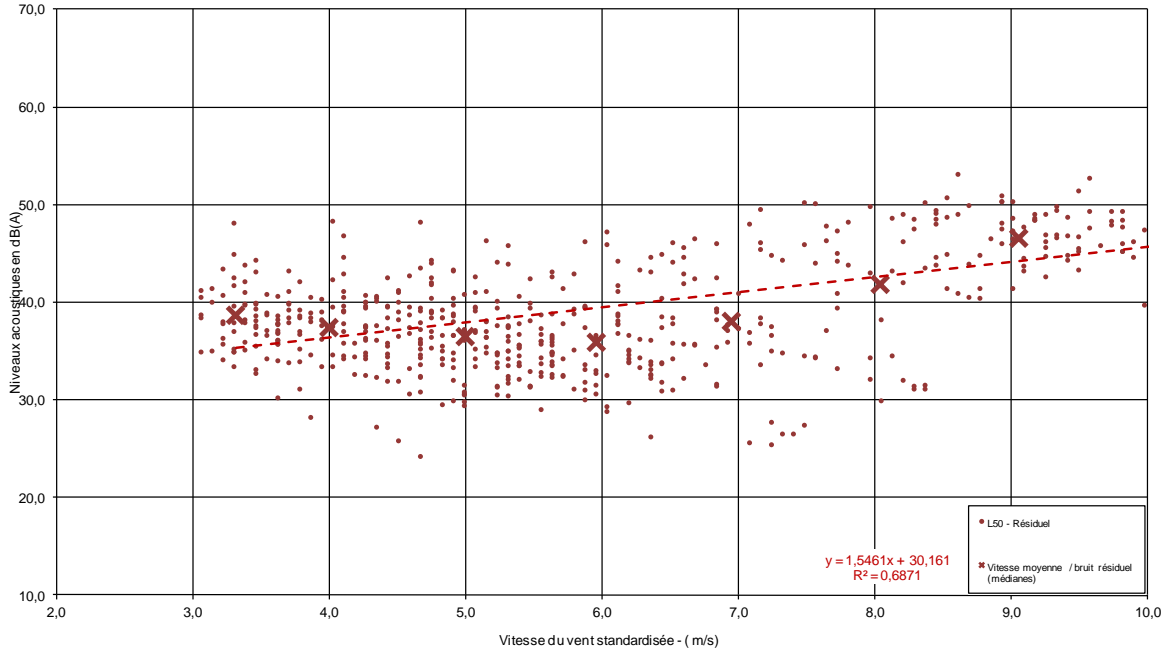
ANNEXE N°3 : INCERTITUDES DE CALCUL

ANNEXE N°1 : ANALYSES « BRUIT-VENT » EN GLOBAL

Les analyses « bruit-vent » sont présentées ci-après pour chacun des 4 points de mesures réalisées.

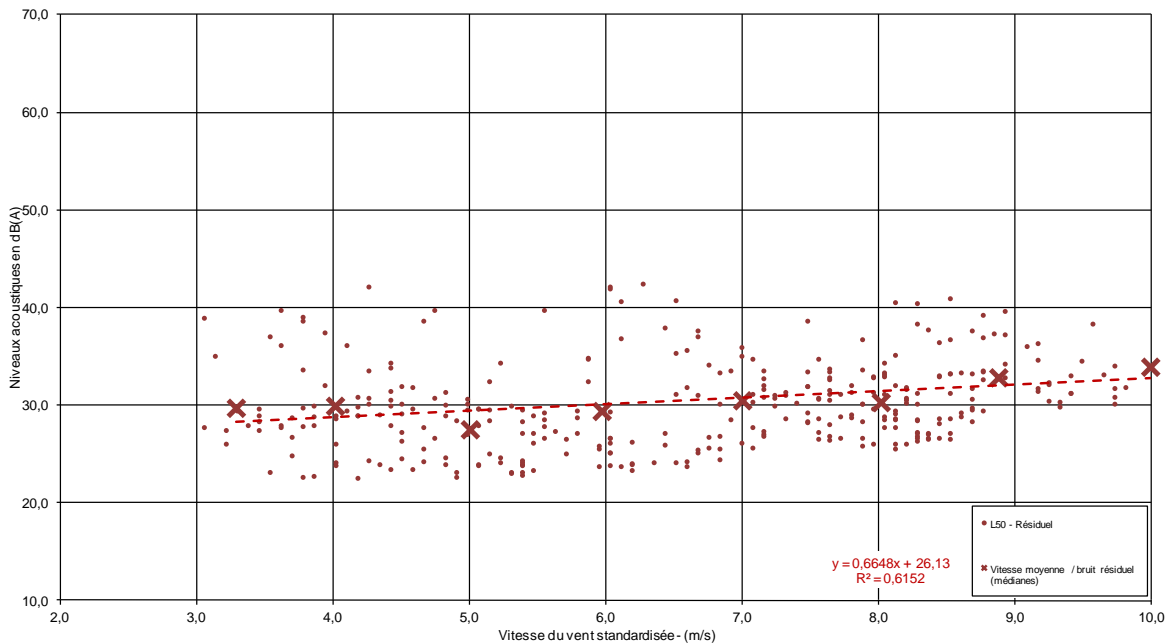
Projet éolien de La Villedieu
Médianes recentrées

PF1 - Période de Jour



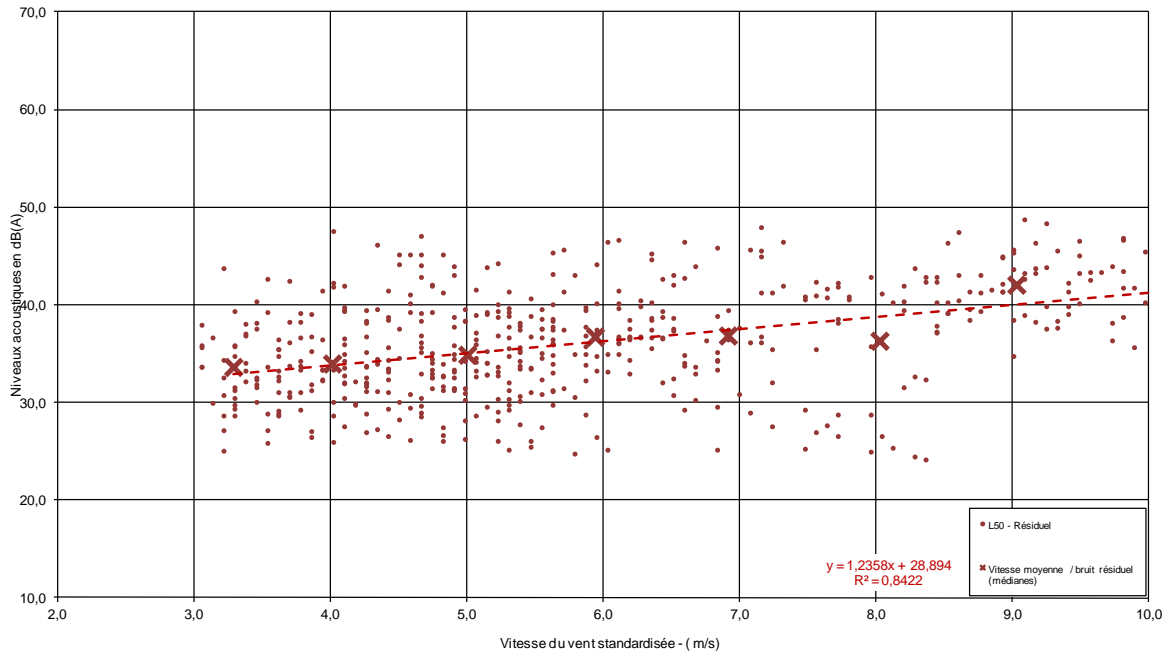
Projet éolien de La Villedieu
Médianes recentrées

PF1 - Période de Nuit



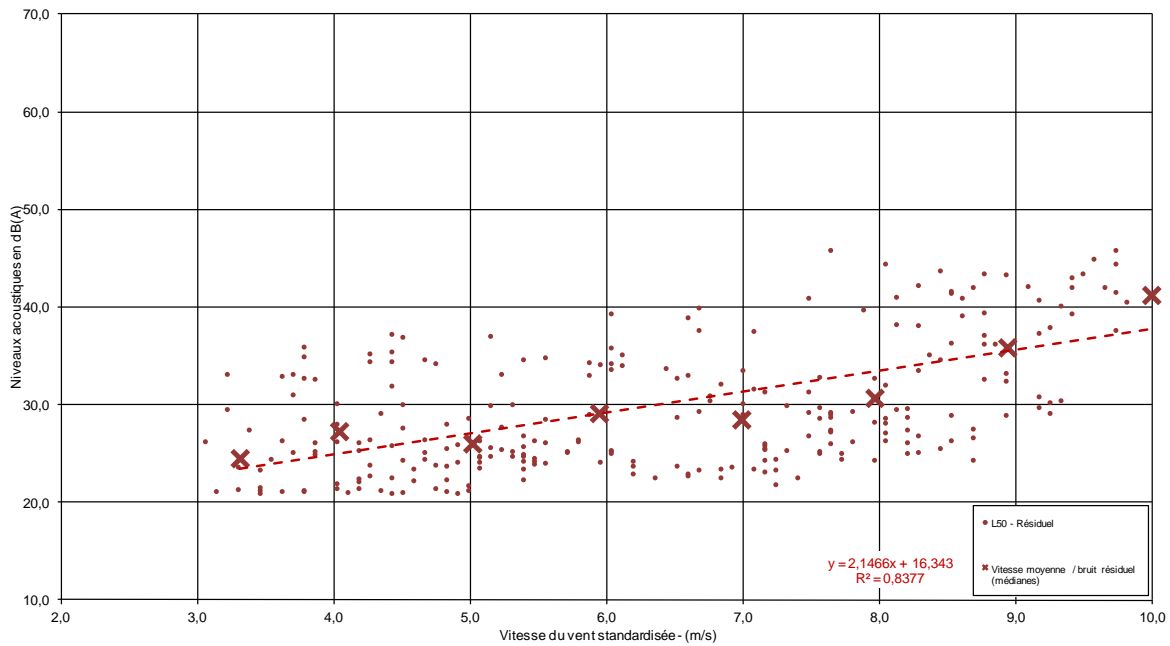
Projet éolien de La Villedieu
Médianes recentrées

PF2 - Période de Jour



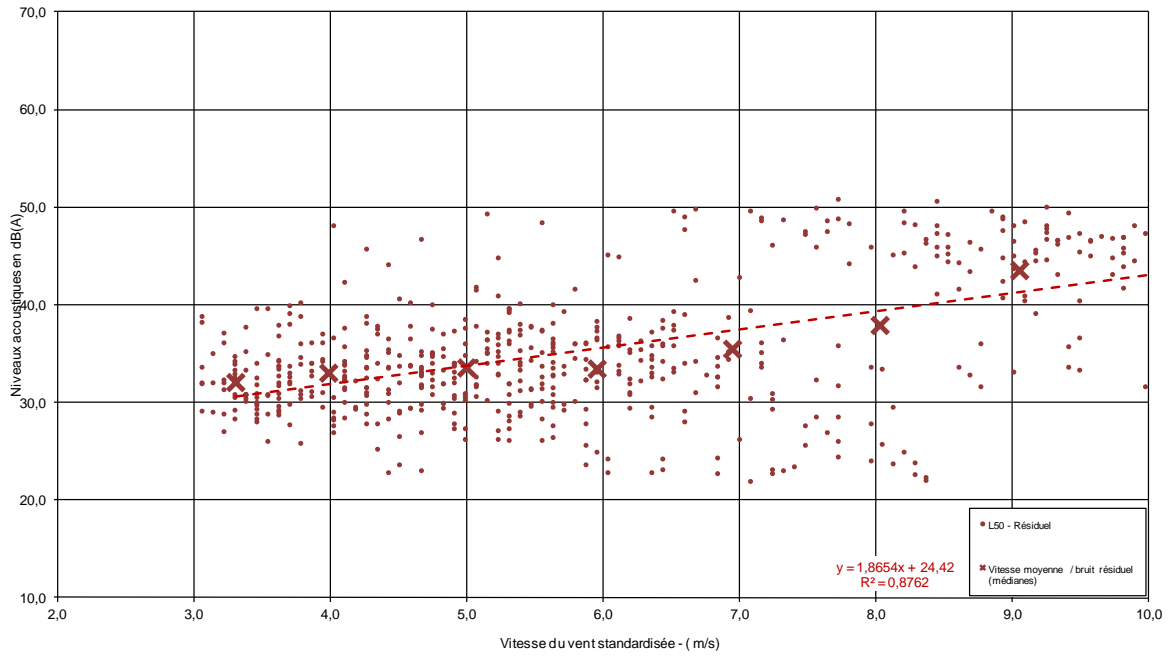
Projet éolien de La Villedieu
Médianes recentrées

PF2 - Période de Nuit



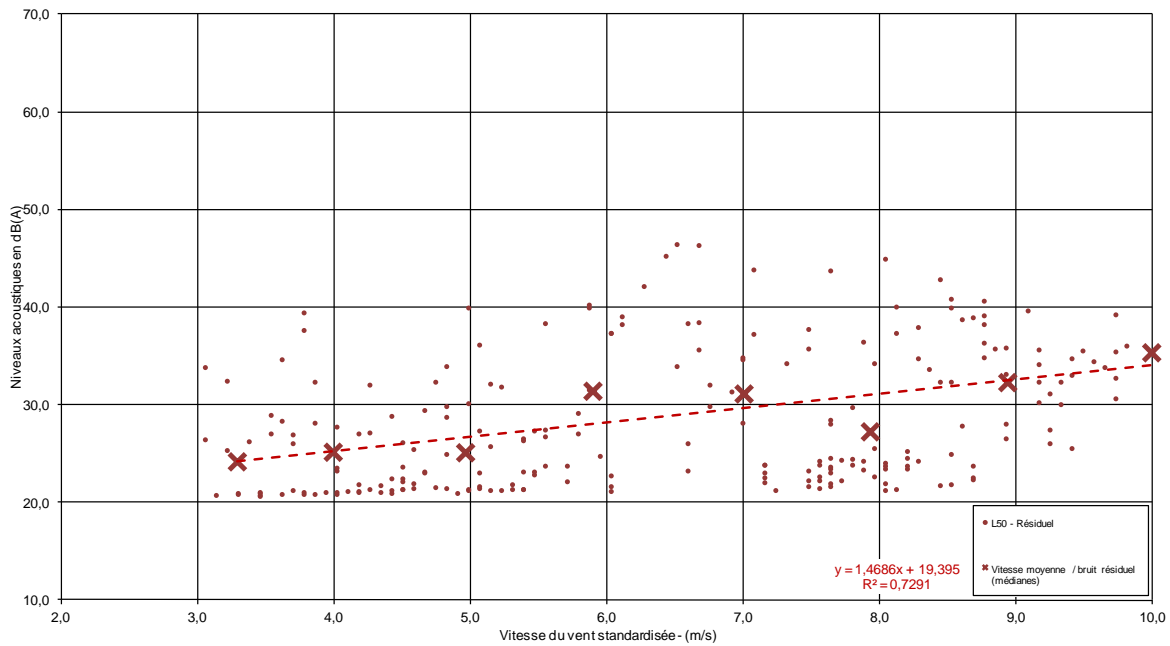
Projet éolien de La Villedieu
Médianes recentrées

PF3 - Période de Jour



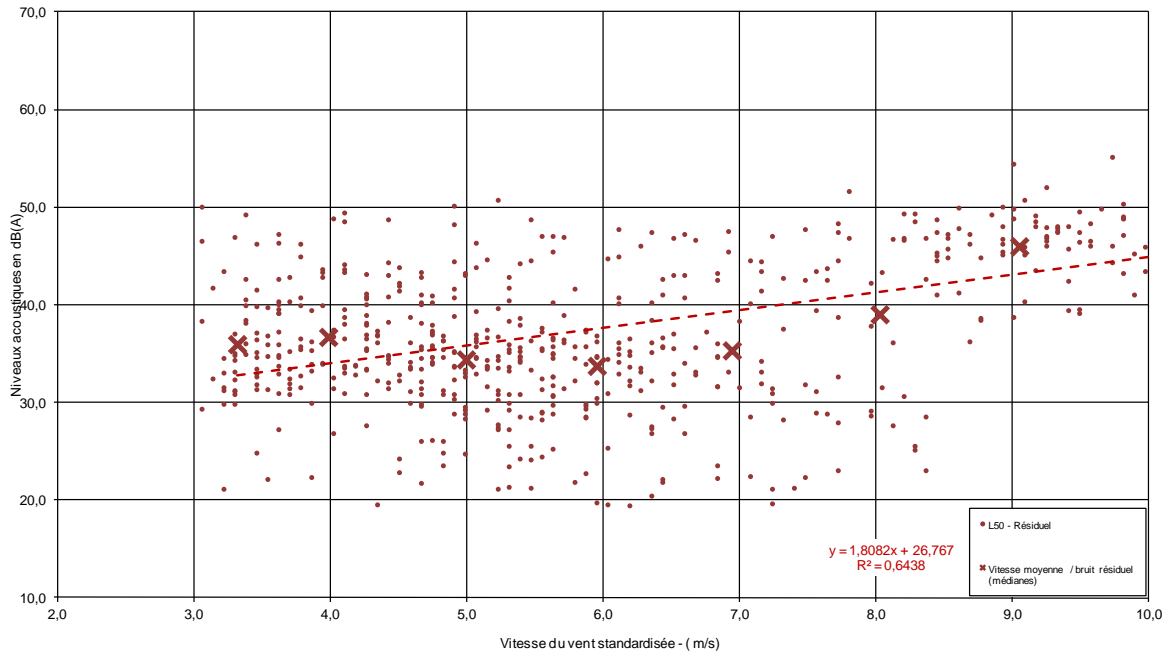
Projet éolien de La Villedieu
Médianes recentrées

PF3 - Période de Nuit



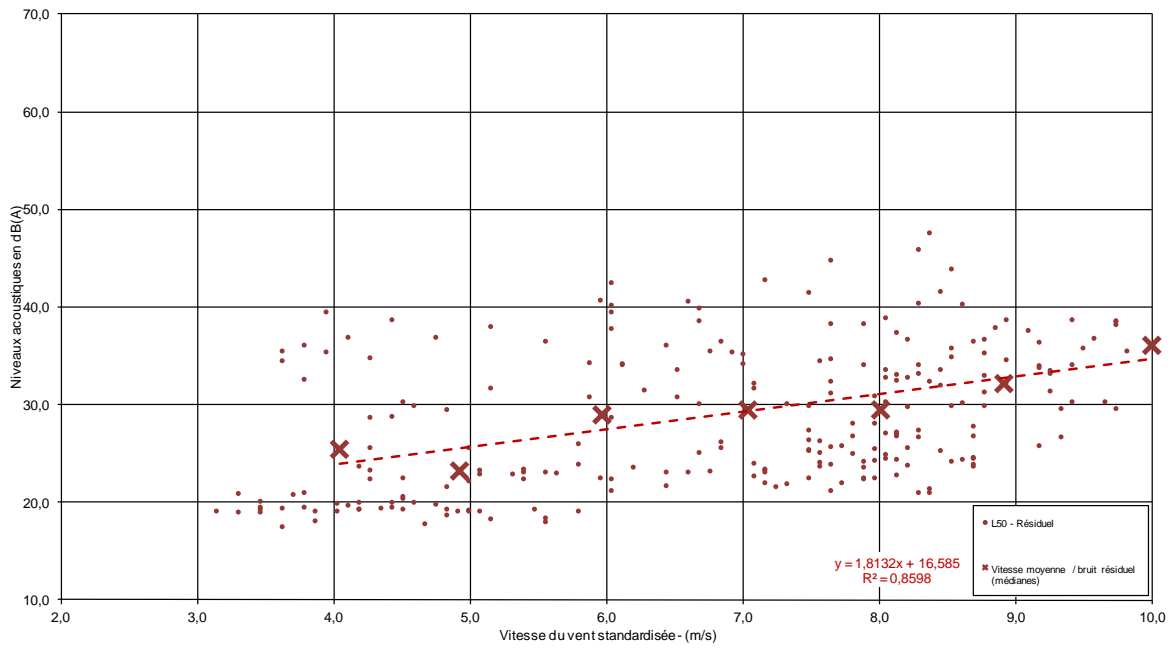
Projet éolien de La Villedieu
Médianes recentrées

PF4 - Période de Jour



Projet éolien de La Villedieu
Médianes recentrées

PF4 - Période de Nuit



**ANNEXE N°2 : EXTRAIT DES DOCUMENTS TECHNIQUES DES EMISSIONS
SONORES**

Data Sheet

**ENERCON Wind Energy Converter E-82 E4 / 3000 kW with
TES (Trailing Edge Serrations)
Operating mode 0 s and Power-Reduced Operation**



3.2 Calculated sound power levels – operating mode 0 s

In mode 0 s the wind energy converter operates in a power-optimised mode to achieve optimum yield. The highest expected sound power level is 104.0 dB(A) in the nominal power range. Once nominal power has been achieved, a steady level is guaranteed.

Tab. 3: Technical specifications

Parameter	Value	Unit
Nominal power (P_n)	3000	kW
Nominal wind speed	16.0	m/s
Minimum operating speed	5.0	rpm
Speed setpoint	18.0	rpm

Tab. 4: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed v_w at a height of 10 m

Wind speed (v_w) at a height of 10 m	Sound power level in dB(A)			
	HH 59 m	HH 69 m	HH 78 m	HH 84 m
3 m/s	84.8	85.3	85.6	85.8
3.5 m/s	88.1	88.7	89.1	89.3
4 m/s	90.9	91.4	91.7	91.9
4.5 m/s	93.2	93.6	93.9	94.1
5 m/s	95.0	95.5	95.8	96.0
5.5 m/s	96.9	97.5	97.8	98.1
6 m/s	98.9	99.4	99.8	100.0
6.5 m/s	100.7	101.2	101.6	101.8
7 m/s	102.1	102.5	102.8	103.0
7.5 m/s	103.3	103.5	103.6	103.7
8 m/s	103.8	103.9	104.0	104.0
8.5 m/s	104.0	104.0	104.0	104.0
9 m/s	104.0	104.0	104.0	104.0
9.5 m/s	104.0	104.0	104.0	104.0
10 m/s	104.0	104.0	104.0	104.0
10.5 m/s	104.0	104.0	104.0	104.0
11 m/s	104.0	104.0	104.0	104.0
11.5 m/s	104.0	104.0	104.0	104.0
12 m/s	104.0	104.0	104.0	104.0
95 % of P_n	104.0	104.0	104.0	104.0

ANNEXE N°3 : INCERTITUDES DE CALCUL

L'analyse des incertitudes et de la sensibilité des calculs est complexe à estimer car elles sont très dépendantes des données d'entrées (données géométriques et données acoustiques).

En tout état de cause, au stade des études prévisionnelles, le parti pris est de prendre l'ensemble des dispositions nécessaires pour s'affranchir au maximum des incertitudes en restant conservateur.

Ainsi, tout comme en phase de mesures et d'estimation du bruit ambiant préexistant, les hypothèses de calcul prises sont également plutôt à tendance majorante (le plus en faveur des riverains) :

- Hypothèses d'émission: prise en compte des données garanties du constructeur qui sont généralement plus élevées que les données mesurées.
- Calculs avec occurrences météorologiques maximum (100 %) pour toutes les directions de vent.

La prise en compte de l'ensemble des hypothèses majorantes est un gage de sécurité pour le respect des émergences réglementaires.

Détails sur la modélisation avec le logiciel CadnaA

Les principales caractéristiques du logiciel que nous utilisons pour les projets éoliens sont les suivantes :

- Modélisation réelle du site en trois dimensions : topographie et présence des bâtiments.
- Modélisation des éoliennes par des sources ponctuelles à hauteur de la nacelle.
- Calcul de propagation selon la norme ISO 9613-2 (prise en compte de l'atténuation atmosphérique, de la nature du sol, des réflexions sur les bâtiments, des conditions météorologiques ...).
- Calculs en fréquence à partir des spectres fournis par le constructeur.

On trouvera ci-après une présentation du logiciel que est adapté à la propagation de tous types de bruit dans l'environnement : routes, voies ferrées, sites industriels, équipements divers.

Cadna  **A**[®]
Logiciel de prévision
de bruit ultra-moderne



Le logiciel de calcul et de cartographie
de bruit le plus avancé, le plus puissant
et le plus réussi qui soit!

 **DataKustik**

CadnaA en un coup d'oeil

CadnaA (Computer Aided Noise Abatement) est un logiciel de calcul, de représentation, d'estimation et de prédiction de l'exposition au bruit et de l'impact de polluants dans l'air. Que votre objectif soit d'étudier le bruit d'une installation industrielle, d'un centre commercial avec parking, d'une nouvelle route ou voie ferrée, voire d'une ville entière ou de zones urbanisées: CadnaA est conçu pour réaliser toutes ces tâches.



Calcul

CadnaA est un logiciel facile à utiliser pour toutes les études allant du simple contrôle aux études scientifiques les plus complexes. La modélisation 3D du projet et le choix de la méthode de calcul offrent une flexibilité unique dans ce domaine. Il est possible d'utiliser le même modèle géométrique, sans modification, pour exécuter des calculs à partir de normes différentes.

- Calculs conformément à plus de 30 normes et directives
- Les résultats partiels et la contribution de chaque source sont donnés pour les calculs sur récepteurs ponctuels, et ceci en n'effectuant qu'un seul calcul
- Les cartes de bruits peuvent être additionnées, soustraites et traitées selon les fonctions définies par l'utilisateur

- Traitement en parallèle avec plusieurs ordinateurs pour réduire le temps de calcul pour les cartes de bruit à grande échelle (par ex. centaines milliers de km²) avec PCSP (Program Controlled Segmented Processing)
- Multi-threading compatibilité – utilisation en parallèle de tous les processeurs sur un PC à processeurs multiples avec une seule licence
- Affichage des cartes de bruit représentant les niveaux sonores sur les façades de bâtiments
- Jusqu'à 4 indicateurs de bruit calculés en parallèle – par ex. L(day), L(night), L(dn), L(evening), L(den)

Produits

Il existe trois versions différentes du produit afin de répondre de manière pratique et personnalisée aux besoins du client. Ces trois versions sont entièrement pourvues de toutes les fonctions et diffèrent principalement par le nombre de types de bruit et de normes implémentés:

Cadna A Standard

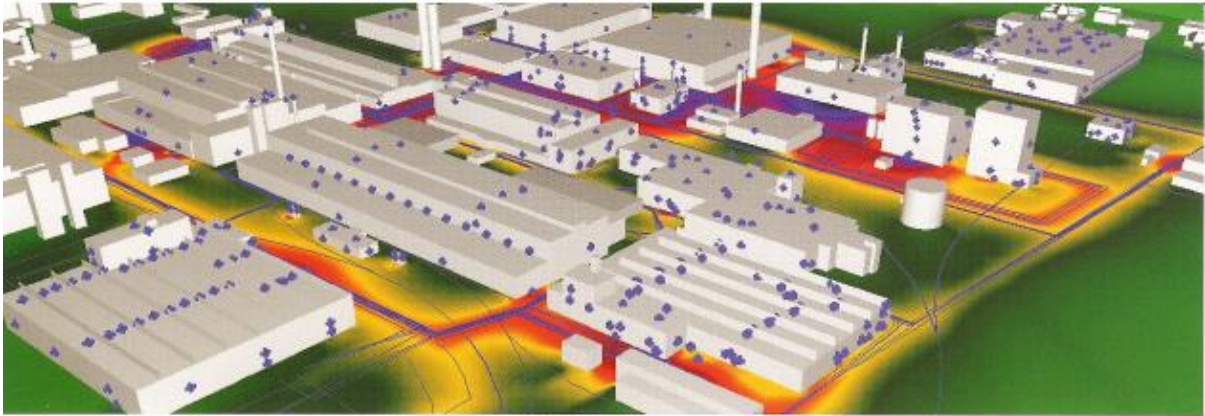
CadnaA Standard comporte tous les types de bruit (industrie, route et voie ferrée) et toutes les normes et directives existantes pour chaque type de bruit ainsi qu'une interface utilisateur multilingue.

Cadna A Basic

CadnaA Basic comporte également tous les types de bruit mais seulement une norme ou directive pour chaque type de bruit et l'interface utilisateur est limitée à une des langues disponibles.

Cadna A Modular

CadnaA Modular permet de sélectionner séparément chacun des types de bruit ainsi qu'une des normes ou directives correspondant.



Utilisation et conception

Tout en améliorant continuellement la puissance de calcul et la polyvalence des fonctions de CadnaA, nous ne faisons pas de compromis avec le design compact et facile d'utilisation de CadnaA. La plupart des opérations ne demandent pas plus que quelques clics de souris pour être effectuées très rapidement.

- Possibilité de modéliser toutes les formes géométriques avec seulement trois objets (point, ligne ouverte, ligne fermée)
- Calculez le bruit et analysez des situations complexes grâce aux représentations graphiques des rayons
- Prenez automatiquement en compte toutes les influences physiques importantes, comme la réflexion et la diffraction sur des écrans
- Profitez du confort d'utilisation de CadnaA, même après des longues interruptions, et des différentes icônes et menus simples d'utilisation
- Utilisez des orthophotos ou autres textures pour visualiser votre projet dans son environnement naturel

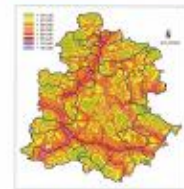
- Utilisez toutes les données disponibles sans perdre d'information – CadnaA offre une quantité gigantesque de formats d'importation et d'interfaces minimisant votre charge de travail
- Présentez les niveaux de bruit calculés à des points récepteurs fixes, sur des maillages, sous forme de cartes de bruit horizontales ou verticales présentant la distribution sur les façades
- Import et export de tous les formats de données géographiques existants (par ex. export de vos projets vers GoogleEarth)
- Explorez votre modèle virtuel et observez l'effet des traitements acoustiques proposés en éditant les objets en temps réel avec la fonction dynamic-3D
- Analysez la priorité des traitements acoustiques des sources en classant la contribution énergétique de toutes les sources en un point récepteur et en appliquant des mesures aux sources les plus importantes
- Mettez automatiquement à jour vos cartes de bruit à des intervalles de temps prédéfinis, en utilisant les données mesurées, et créez des cartes de bruit dynamiques avec la fonction DYNMAP



Pour en savoir plus sur le plus performant logiciel de prévision de bruit CadnaA, veuillez consulter www.datakustik.com.



Version d'essai disponible gratuitement! Visitez www.datakustik.com



Extensions

Il existe en outre plusieurs extensions disponibles pour CadnaA afin de répondre à vos exigences. Par exemple:

Option APL: pollution de l'air

Calcul de la distribution des polluants, par ex. pour PM_{10} (particules fines), NO_2 , NO_x , SO_2 et benzène. Cartes d'exposition pour les sources industrielles et routières. Import de statistiques annuelles ou pluriannuelles de paramètres météorologiques.

Option FLG: bruit d'avions

Calcul sur cartes de bruit et points récepteurs des bruits d'avion autour des aéroports, à partir de données d'émission des classes d'avions. Les résultats de bruit d'avions peuvent être combinés avec tous les autres types de bruit (industrie, route, voie ferrée).

Option XL: cartes de bruit

Calcul avec un nombre illimité d'objets pour le calcul de cartes de bruit à grande échelle (par ex. des villes). De nombreuses fonctions supplémentaires comme la fonction Objet-Scan, cartes de conflit, évaluation monétaire ou densité de population.