

Commentaires paysagers

La RN 51 est un axe important qui relie Bourges à la Charité-sur-Loire puis Auxerre. La route qui traverse ici la Champagne Berrichonne se trouve à cet endroit sur un plateau vaste et ouvert visuellement qui offre des perceptions visuelles assez éloignées. Cependant la route qui est axée sur la Charité-sur-Loire n'offre à aucun moment de vue simultanée de l'agglomération et du projet éolien.

- A partir du plateau, la vallée de la Loire est masquée par la topographie et les boisements qui accompagnent ses coteaux.
- A partir des coteaux de la Loire, la descente vers le fleuve est encadrée de boisements qui cadrent fortement la vue, le parc éolien projeté qui était visible très partiellement sur le plateau est alors masqué par la ripisylve dense de la vallée.

Critères de sélection du point de vue

Ce point de vue permet d'apprécier l'impact visuel du projet éolien vers un monument historique remarquable inscrit à l'UNESCO.

Distance à la première éolienne : 16 984 m
 Angle du panorama : 120°
 Azimut : 34°

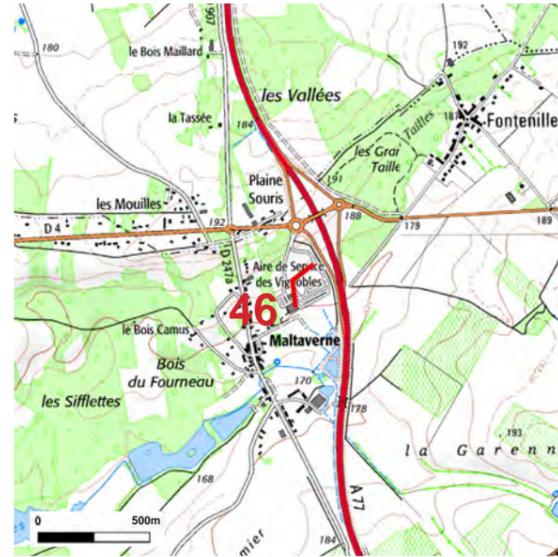
- Code couleur des parcs éoliens : ■ Vents de Loire ■ Pougny ■ Dampierre-Bouhy

Cadrage 60°









Commentaires paysagers

L'Aire de service des Vignobles est située à proximité de l'échangeur de l'A77 et la route de Sancerre. L'autoroute A77, qui accompagne les coteaux est de la Loire entre Nevers et Briare, présente ponctuellement des vues vers le site éolien projeté et notamment au niveau de cet aire de service. Cette perception est assez représentative des points de vues à partir de l'autoroute, le site éolien projeté étant souvent occulté partiellement ou totalement par l'avant-plan topographique ou boisé. Le parc éolien projeté est perçu ici de façon partielle et ponctuelle, ceci sous la forme d'un bouquet d'éoliennes. Le projet éolien est bien perceptible à partir de l'aire d'autoroute mais très peu depuis l'autoroute, l'impact visuel est globalement assez modéré.

Critères de sélection du point de vue

Ce point de vue permet d'apprécier l'impact visuel du projet éolien à partir d'un axe de communication majeur qui longe la rive droite de la Loire.

Distance à la première éolienne : 5236 m
 Angle du panorama : 120°
 Azimut : 113°

- Code couleur des parcs éoliens : ■ Vents de Loire ■ Pougny ■ Dampierre-Bouhy

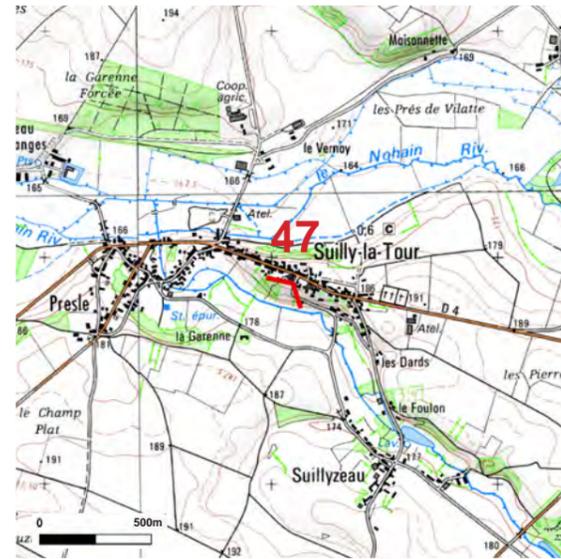
Cadrage 60°







Pour restituer le réalisme du photomontage à 60° il est vivement conseillé de l'observer courbé sur un arc de cercle de 60° à une distance d'environ 80 cm (format 2XA3)



Commentaires paysagers

L'église classée de Suilly-la-Tour qui est implantée sur une butte présente facilement des covisibilités avec le parc éolien projeté à partir du plateau agricole environnant. A partir de l'agglomération l'effet d'écran du bâti et l'absence de perspective visuelle orientée vers le projet éolien, empêchent toutes interactions visuelles. Le point de vue derrière l'église et en arrière du front bâti aligné le long de la rue, pourrait offrir une perception forte du projet éolien. A partir de ce point de vue, si l'écran bâti disparaît, une interface végétale, composée de vergers de hautes tiges, vient bloquer toute covisibilité.

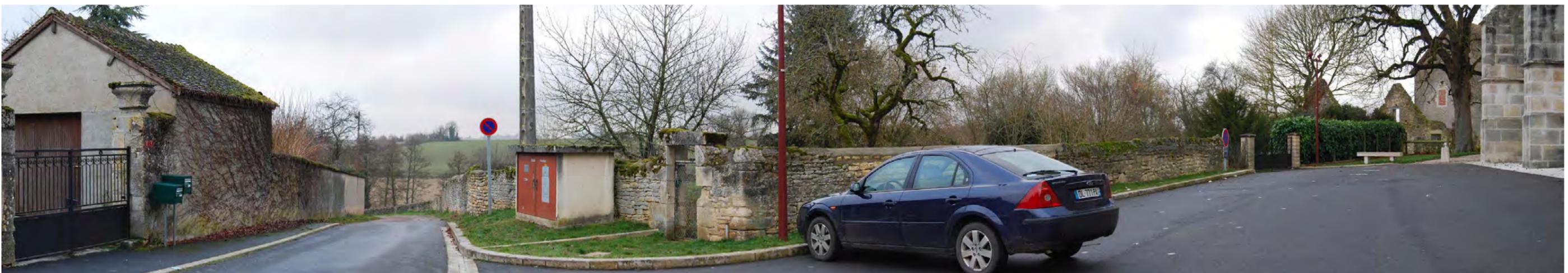
Critères de sélection du point de vue

Ce point de vue permet d'apprécier l'impact visuel du projet éolien à partir des monuments historiques environnant le parc éolien.

Distance à la première éolienne : 4142 m
 Angle du panorama : 120°
 Azimut : 222°

- Code couleur des parcs éoliens : ■ Vents de Loire ■ Pougny ■ Dampierre-Bouhy

Cadrage 60°



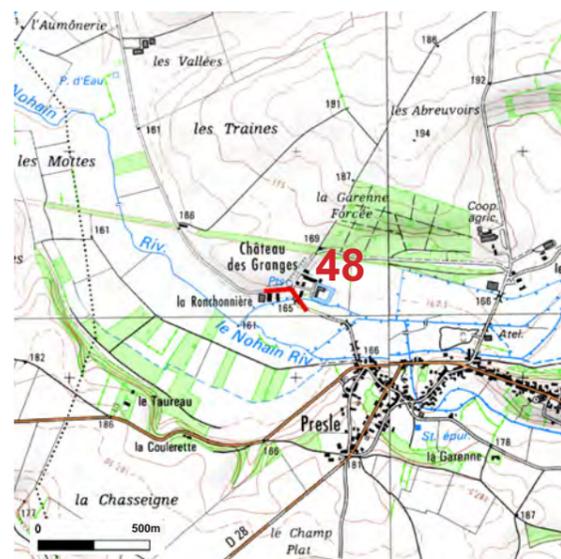
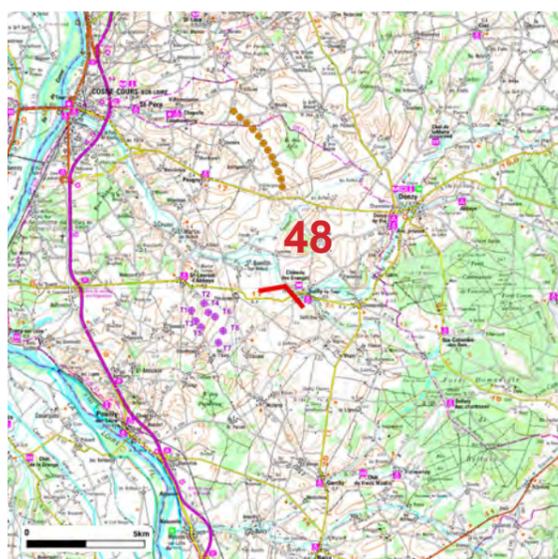


MONDEO

DL-771-PA



Pour restituer le réalisme du photomontage à 60°, il est vivement conseillé de l'observer courbé sur un arc de cercle de 60° à une distance d'environ 80 cm (format 2XA3)



Commentaires paysagers

Le château des Granges est un monument historique remarquable construit au coeur de la vallée humide et verdoyante du Nohain.

Ce monument classé, inscrit au coeur d'une trame bocagère arborée dense, se découvre au dernier moment au détour d'un chemin. Le bocage composé de hautes rangées d'arbres (frênes, aulnes, saules blancs,...) crée une atmosphère intimiste qui isole le château du reste du monde ceci même en condition hivernale.

Aucune perspective visuelle du château et du parc ne sont orientées vers le parc éolien, ainsi aucune covisibilité significative n'est possible.

Critères de sélection du point de vue

Ce point de vue permet d'apprécier l'impact visuel du projet éolien à partir des monuments historiques environnant le parc éolien, il s'agit ici d'un paysage de vallée.

Distance à la première éolienne : 3385 m
 Angle du panorama : 120°
 Azimut : 205°

- Code couleur des parcs éoliens : ■ Vents de Loire ■ Pougny ■ Dampierre-Bouhy

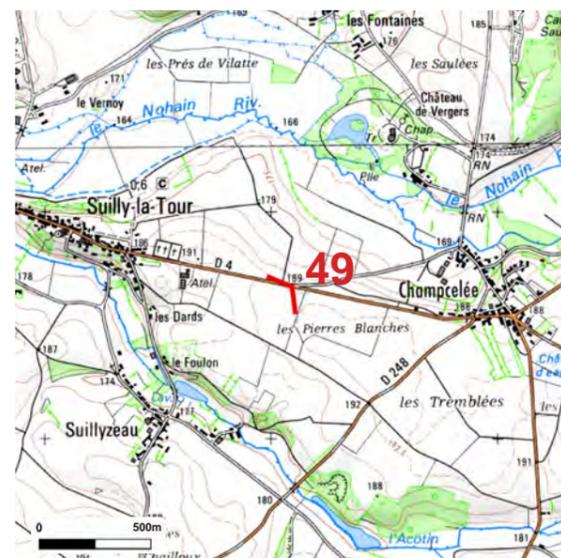
Cadrage 60°







Pour restituer le réalisme du photomontage à 60°, il est vivement conseillé de l'observer courbé sur un arc de cercle de 60° à une distance d'environ 80 cm (format 2XA3)



Distance à la première éolienne : 5022 m
 Angle du panorama : 120°
 Azimut : 233°

Commentaires paysagers

A partir de la RD 4 à la sortie de Champcelée, en remontant de la vallée du Nohain et en direction du bourg de Suilly-la-Tour, la route offre une perception axiale du projet éolien.

L'église classée de Suilly-la-Tour et le projet éolien sont perceptibles simultanément.

La covisibilité est assez marquée mais non prégnante car l'église apparaît plus haute que les éoliennes, l'église positionné sur la droite est bien distincte du parc éolien. Les éoliennes n'écrasent pas visuellement l'église.

La perception de la covisibilité est forte mais sensiblement atténuée par l'avant-plan topographique et quelques franges végétales.

Le parc éolien projeté au rythme irrégulier se présente sous la forme d'un bouquet d'éoliennes relativement cohérent.

Critères de sélection du point de vue

Ce point de vue permet d'apprécier l'impact visuel du projet éolien à partir des monuments historiques environnant le parc éolien.

- Code couleur des parcs éoliens : ■ Vents de Loire ■ Pougny ■ Dampierre-Bouhy

Cadrage 60°

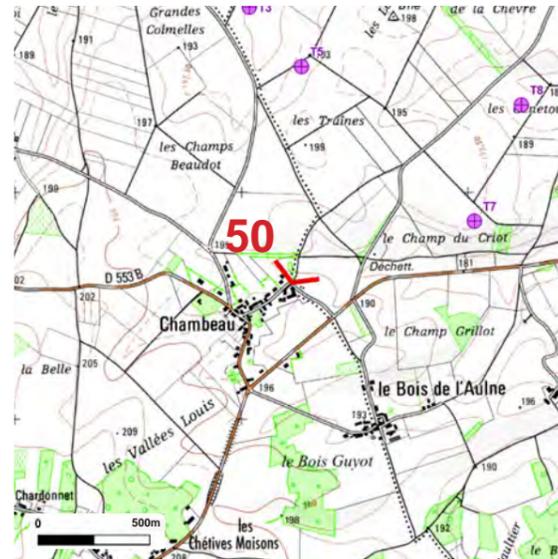
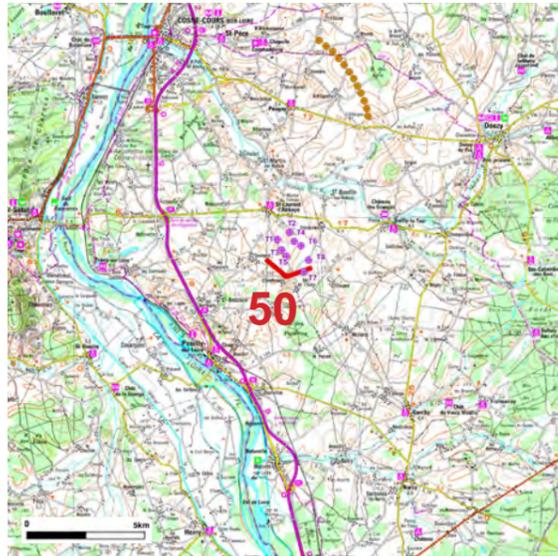


D 4 ▶
PR 1





Pour restituer le réalisme du photomontage à 60°, il est vivement conseillé de l'observer courbé sur un arc de cercle de 60° à une distance d'environ 80 cm (format 2XA3)



Commentaires paysagers

En frange du hameau de Chambeau, la rue des Bleuets qui s'ouvre vers le projet éolien offre une perception très filtrée sur les éoliennes grâce à la végétation en avant-plan qui permet d'atténuer l'impact visuel en période de végétation tout du moins.

A partir du virage la vue sur le parc éolien se dégage intégralement mais le parc est alors perçu latéralement sur le côté de la route.

Les zones d'habitations dont les vues sont orientées vers l'intérieur du village sont très peu affectées par le projet éolien, de plus le village est entouré par une frange végétale qui bloque les vues vers le plateau agricole. Le parc éolien de Pougny en arrière-plan à plus de 8 km est entièrement masqué par l'avant-plan boisé.

Critères de sélection du point de vue

Ce point de vue permet d'apprécier l'impact visuel du projet éolien à partir d'un hameau situé à proximité du parc éolien projeté, il s'agit ici d'une perception à partir des limites du hameau dont les franges végétales permettent de filtrer les vues.

Distance à la première éolienne : 852 m
 Angle du panorama : 120°
 Azimut : 23°

- Code couleur des parcs éoliens : ■ Vents de Loire ■ Pougny ■ Dampierre-Bouhy

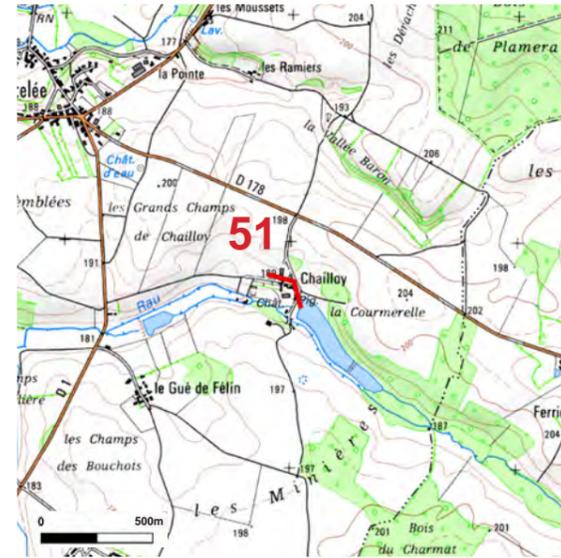
Cadrage 60°







Pour restituer le réalisme du photomontage à 60°, il est vivement conseillé de l'observer courbé sur un arc de cercle de 60° à une distance d'environ 80 cm (format 2XA3)



Commentaires paysagers

A partir du chemin rural, face à l'entrée des Forges, les vues en direction du site éolien projeté sont bloquées par le bâti et par la végétation en arrière-plan. En période hivernale une perception très diffuse et partielle est possible avec une seule éolienne (T7). La covisibilité est très peu significative.

Critères de sélection du point de vue

Ce point de vue permet d'apprécier l'impact visuel du projet éolien à partir des monuments historiques environnant le parc éolien.

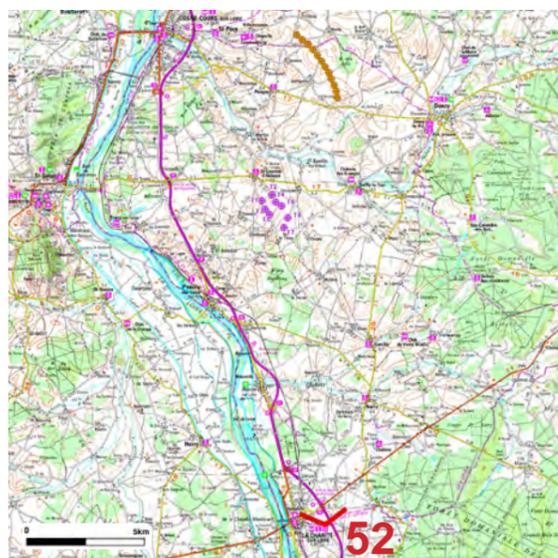
Distance à la première éolienne : 2 790 m
 Angle du panorama : 120°
 Azimut : 23°

- Code couleur des parcs éoliens : ■ Vents de Loire ■ Pougny ■ Dampierre-Bouhy
 Cadrage 60°









Commentaires paysagers

A partir du plateau agricole surplombant la commune de la Charité-sur-Loire, et le long de l'itinéraire de randonnées, le projet éolien pourra être perceptible ponctuellement et latéralement car le chemin encaissé est bordé de haies et d'arbres sur une bonne partie de son linéaire.

Les deux parcs éoliens seront intervisibles mais distincts, le projet éolien étant masqué partiellement, l'impact visuel à plus de 15 km sera limité par la présence d'avant-plans boisés plus hauts que les éoliennes.

Critères de sélection du point de vue

Ce point de vue permet d'apprécier l'impact visuel du projet éolien à partir des monuments historiques environnant le parc éolien.

Distance à la première éolienne : 15 960 m

Angle du panorama : 120°

Azimut : 23°

- Code couleur des parcs éoliens : ■ Vents de Loire ■ Pougny ■ Dampierre-Bouhy

Cadrage 60°







Pour restituer le mieux ce panorama à 360°, il est vivement conseillé de l'observer courbe sur un arc de cercle de 60° à une distance d'environ 50 cm (format 24x36).

- PERCEPTIONS À PARTIR DE L'HABITAT :

Au delà de 5 km du site éolien projeté les impacts visuels à partir de l'habitat sont très limités du fait de la distance et de la configuration des villages situés le plus souvent au sein de vallées.

- PERCEPTIONS À PARTIR DES AXES ROUTIERS ET DU PAYSAGE :

Le site est implanté à l'écart des grands axes de circulation notamment l'axe La Charité-sur-Loire / Varzy (RN 151) à plus de 10 km, qui est l'axe le plus fréquenté de l'aire d'étude hors autoroute A77. L'axe Cosne-sur-Loire / Varzy (RD 33) à 5 km, accueille moins de la moitié du trafic de la RN151 et ne présente que des perceptions latérales. Les routes proches du site éolien sont des axes de desserte locale. Les perceptions peuvent être encore assez marquées dans un rayon d'environ 10 km autour du site éolien mais surtout pour les routes implantées sur des reliefs, il s'agit notamment des collines de la Puisaye ou des belvédères du Sancerrois (photomontages 36, 40).

- COVISIBILITÉS AVEC LES ÉLÉMENTS PATRIMONIAUX :

- Paysages remarquables :

Au niveau des **sites protégés** les belvédères des collines du Sancerrois offrent des vues saisissantes sur la vallée ligérienne et le plateau Donziais en arrière-plan, les panoramas très étendus permettront de percevoir le parc éolien de Pougny à 15 km (parc accordé non construit) et le projet éolien des Vents de Loire à plus de 12 km.

Les **ZPPAUP (AVAP)** et **sites protégés** de **Ménétréol-sous-Sancerre**, **Cosne-sur-Loire** et de **La Charité-sur-Loire** situées en bordure de Loire et très éloignées du site éolien (10 et 15 km) ne présentent aucune covisibilité significative avec le projet éolien.

- Monuments historiques :

L'impact du projet éolien sur le patrimoine implanté dans la plupart des cas au sein de vallées (la Loire notamment) est extrêmement limité du fait de la distance et de la configuration des vallées (voir photomontages 26, 33, 35, 38, 41,43,45,48, 51), aucune covisibilité ne s'observe. En ce qui concerne le château de Passy-les-Tours les éoliennes sont partiellement visibles mais le château noyé dans la végétation n'est pas perceptible.

- IMPACT VISUEL CUMULÉ :

Le projet s'insère dans un contexte éolien très diffus, un seul projet éolien a été accordé dans un rayon de 15 km.

Le parc éolien de Pougny (ligne de 12 éoliennes) est perceptible de façon privilégiée à partir des collines de la Puisaye à 10 km et des collines du Sancerrois à 11 km (photomontages 36 et 39,40), à distance le projet éolien «Vents de Loire» apparaît sous la forme d'une ligne compacte et irrégulière qui se distingue nettement du parc éolien de Pougny. Les deux parcs présentent une morphologie différente, l'un est très étiré et régulier, l'autre est plus compact et hétérogène, cependant à distance les deux parcs s'accordent visuellement. La composition du parc éolien «Vents de Loire» présente un aspect un peu moins organisé que celui de Pougny il est assez compact. Ce dernier compte 2/3 des éoliennes de Pougny, son empreinte visuelle est sous les différents angles souvent inférieure à 50% par rapport au parc éolien de Pougny qui est très étiré et occupe de façon beaucoup plus conséquente le champ visuel.

Les autres impacts cumulés entre le parc éolien de Pougny et le présent projet éolien sont moins marquées (photomontages 35, 37).

L'autre intervisibilité entre le projet «Vents de Loire» et le parc éolien de Dampierre-sur-Bouhy situé à est très marginale.

- CONCLUSION :

L'analyse des perceptions visuelles éloignées permet d'écarter les risques de covisibilités significatives avec les monuments historiques protégés et l'impact visuel sur les sites et ZPPAUP (AVAP).

Les perceptions à partir de l'habitat deviennent très modérées alors que des perceptions marquées subsistent ponctuellement à partir des routes orientées vers le site éolien.

E.6.1 - Tableau de synthèse

Enjeux principaux	Photomontages	Commentaires	Analyse des impacts	Evaluation du niveau d'impact			
				Nul	Faible	Modéré	Fort
ENJEUX PAYSAGERS							
- Sites classés et inscrits :							
- Sancerre : remparts et esplanade César	PTM 39	Page 37,47, 78-79	A plus de 11 km les éoliennes sont bien visibles à partir du belvédère mais non prégnantes.			X	
- Ménétréol sous Sancerre	-	Page 37,47, 80-81	L'impact visuel est très limité du fait de la situation du village en bord de Loire et son cadre bâti.		X		
- Sainte-Colombe des Bois, Bannay & Boulleret	-	Page 37, 44 et 47	Situés dans un contexte bâti dense ou en fonds de vallée et en l'absence de perspectives visuelles lointaines aucune intervisibilité significative n'est possible avec ces sites.	X			
- AVAP :							
- Donzy	PTM 32,33	Page 37	Concerne tout ou partie du territoire de ces communes. Vu l'ampleur exceptionnelle de ces AVAP il est inévitable que des intervisibilités existent, ceci essentiellement hors agglomération et à partir des plateaux agricoles. L'objectif de ces AVAP est surtout d'encadrer la qualité architecturale et paysagère à l'intérieur des limites du zonage réglementaire, aucun cône de vue protégé n'a été identifié en direction du projet éolien.		X		
- La Charité-sur-Loire	PTM 43 et 45	Page 37, 87-89					
- Cosne-sur-Loire	PTM 38	Page 37					
- Site UNESCO :							
- La Charité-sur-Loire : église prieurale	PTM 43 et 45	Page 37, 87-89	Un seule covisibilité potentielle a été identifié à partir du pont sur la Loire (PTM43), l'interaction visuelle induite est très faible vu la distance et l'angle entre les éléments covisibles. Aucune autre covisibilité n'est possible.		X		
- Points de vue remarquables :							
- Sancerre : Belvédère César	PTM 39	Page 37, 47, 78-79	A plus de 11 km les éoliennes sont bien visibles à partir du belvédère mais non prégnantes.			X	
- Verdigny : Belvédère	PTM 44	Page 29,37, 82-83	Le projet éolien n'est pas prégnant dans le panorama mais il est bien visible.			X	
- Chavignol : Belvédère	PTM 40	Page 29,37	Le projet éolien n'est pas prégnant dans le panorama mais il est bien visible.			X	
- Alligny-Cosne	PTM 36	Page 29,37	A plus de 14 km l'impact visuel est très atténué, le parc éolien de Pougny situé en avant-plan focalise le regard.		X		
- Saint-Andelain	PTM 20	Page 29,37	A un peu plus de 3 km du projet éolien la perception est marquante. Le parc de Pougny situé en arrière-plan, à une distance significative, ne fusionne pas visuellement avec le projet éolien.				X
- Grand axe de perception du projet :							
- Départementale 4 : axe A77 - Suilly-la-Tour (dans les deux sens)	PTM 1,2,3,7,8,9,22,23	Page 30	À partir de cet axe qui sillonne le plateau les éoliennes sont souvent bien perceptibles sauf en traversée d'agglomération du fait de l'écran bâti. Impact visuel ponctuellement fort au dessus de Chevroux.			X	
- Départementale 33 : axe Cosne - Donzy	PTM 28,29,34,	Page 30	A partir de cet axe le projet éolien est bien perceptible mais perçu de façon latérale et à plus de 5 km l'impact visuel est sensiblement atténué.		X		
- Départementales 28/163 : Donzy	PTM 32 et 33	Page 30	Aucune perception du projet éolien n'est possible sur la séquence proche de la commune de Donzy.	X			
- Impacts visuels cumulés :							
- Projets éoliens de Pougny et Bouhy	PTM 28, 34, 39, 40, 44	-	Les projets éoliens sont intervisibles, ils sont séparés par des respirations visuelles significatives, le parc éolien de Pougny apparaît comme un ensemble beaucoup plus régulier.			X	

E.6.1 - Tableau de synthèse

Enjeux principaux	Photomontages	Commentaires	Analyse des impacts	Evaluation du niveau d'impact			
				Nul	Faible	Modéré	Fort
ENJEUX PAYSAGERS (SUITE)				Nul	Faible	Modéré	Fort
- Cadre de vie :							
- Hameaux localisés sur le plateau	PTM 12-19	Page 33-35	Les perceptions peuvent être de modérées, en coeur de hameau, à forte en lisière ou en sortie de hameau en direction du projet éolien.			X	X
- Villages riverains du projet éolien (Saint-Laurent et Suilly)	PTM 4-5, 7-10,	Page 68-75,	Les coeurs de villages sont préservés vis-à-vis des impacts visuels significatifs, les sorties de village et l'habitat en frange sont les plus exposés visuellement. Les impacts sont faibles à modérés et peuvent être ponctuellement forts en sortie de village du côté du projet éolien.		X	X	X
- Traversées de villages	PTM 7-10	Page 68-71, 90	A partir des traversées de village l'écran bâti bloque la plupart du temps les vues vers le projet éolien, des perceptions sont néanmoins possibles au gré des fenêtres visuelles ponctuelles.	X	X	X	
- Villages de vallées	PTM 6, 24, 32, 33, 38, 43	Page 33-35	Les vallées de par leur cadre topographique et une végétation souvent très présente offrent des perceptions très limitées du projet éolien.	X	X		
ENJEUX ARCHITECTURAUX				Nul	Faible	Modéré	Fort
- Monuments historiques : Covisibilités sensibles							
- Saint-Laurent-l'Abbaye	PTM 7,8,22,23	Page 39,48-49, 68-71	L'interaction visuelle avec l'église classée est très limitée du fait de la faible présence du monument classé.		X		
- Suilly-la-Tour	PTM 30 PTM 47,48,49 et 51	Page 39,48-49, 90-91 et 93	A partir du village aucune covisibilité n'est perceptible du fait du cadre bâti et de l'absence de perspective visuelle ouverte en direction du projet éolien. Des covisibilités seront inévitables à partir des routes qui sillonnent le plateau, cependant le recul des éoliennes de plus de 4 à 6 km par rapport à l'église évitera les interactions visuelles réellement prégnantes.			X	
- Donzy-le-Pré	PTM 32,33	Page 39,48-49	Aucune covisibilité n'est possible avec les monuments historiques de Donzy situées dans la vallée du Nohain.	X			

E.6.2 - Synthèse des impacts du projet

- IMPACTS SUR L'HABITAT :

Les impacts visuels à partir de l'habitat sont globalement limités par le mode d'implantation de l'habitat et la configuration des villages. Les villages de vallées bénéficient du cadre topographique et végétal qui atténue ou bloque les perceptions avec l'éloignement du projet éolien. En dehors des vallées, l'habitat tourne traditionnellement le dos au paysage de plateau pour se tourner plutôt vers les rues et le cœur des villages, en outre ces villages sont la plupart du temps pourvus d'une frange végétale qui les protège des vents souvent rudes en hiver, ce qui peut également atténuer également la présence visuelle des éoliennes.

- IMPACTS SUR LE PAYSAGE :

Le projet est localisé dans une zone «d'arrière-pays» au delà des grands sites patrimoniaux et touristiques de la vallée de la Loire, le site est implanté à l'écart des grands axes de circulation, autour du site le trafic est essentiellement local. Le projet est surtout très présent en perception proche à partir des plateaux qui sont globalement peu fréquentés et occupés par les grandes cultures.

- IMPACTS SUR LES ÉLÉMENTS PATRIMONIAUX :

Une intervisibilité s'observe à partir du site classé de l'esplanade de la Porte César, le projet éolien est perceptible à plus de 12 km, il attire le regard sur une zone blanche très peu identifiée sur la table d'orientation ainsi le projet éolien pourra accessoirement servir de point de repère, la distance conséquente et l'avant plan de la vallée de la Loire attirant le regard, l'impact reste modéré depuis ce point de vue. Les belvédères de Verdigny et de Chavignol offrent des perceptions marquées du projet éolien mais la vue est distraite par les avant-plans. Hormis les monts du Morvan à plus de 30 km la table d'orientation identifie surtout les lieux dans l'avant-plan immédiat et les centres d'intérêts en bord de Loire.

Le Val de Loire et les coteaux et vignobles de Pouilly qui sont orientés vers la Loire présentent très peu d'intervisibilité avec le projet éolien.

Les monuments historiques sont globalement modérément ou faiblement affectés par des covisibilités, même pour les plus proches d'entre-eux. Cela concerne la plupart du temps des monuments situés au sein de vallées, même pour les monuments classés de Saint-Laurent l'Abbaye très proches du site éolien, l'impact visuel sur le patrimoine reste faible. Le clocher de Suilly-la-Tour présente des covisibilités à partir de la RD 33 qui peuvent être significatives ponctuellement, c'est sûrement l'élément patrimonial qui est le plus impacté du secteur, mais les covisibilités s'observent à distance de l'église et du village, l'impact reste modéré.

Le site UNESCO de l'église prieurale de la Charité-sur-Loire est concerné par une covisibilité très limitée et non significative en un unique point de vue depuis le pont sur la Loire, cette perception filtrée n'impacte pas la valeur du bien UNESCO.

- IMPACT VISUEL CUMULE:

Le parc éolien de Pougny (ligne de 12 éoliennes) est perceptible de façon privilégiée à partir des collines de la Puisaye à 10 km et des collines du Sancerrois à 11 Km (photomontages 36 et 39,40), à distance le projet éolien «Vents de Loire» apparaît sous la forme d'une ligne compacte et irrégulière qui se distingue nettement du parc éolien de Pougny.

- CONCLUSION :

Le projet éolien est surtout perceptible à partir des plateaux à proximité du site éolien, les perceptions sont très atténuées à partir des zones d'habitats.

Le patrimoine architectural ou paysager protégé, peu représenté localement, est globalement peu impacté.

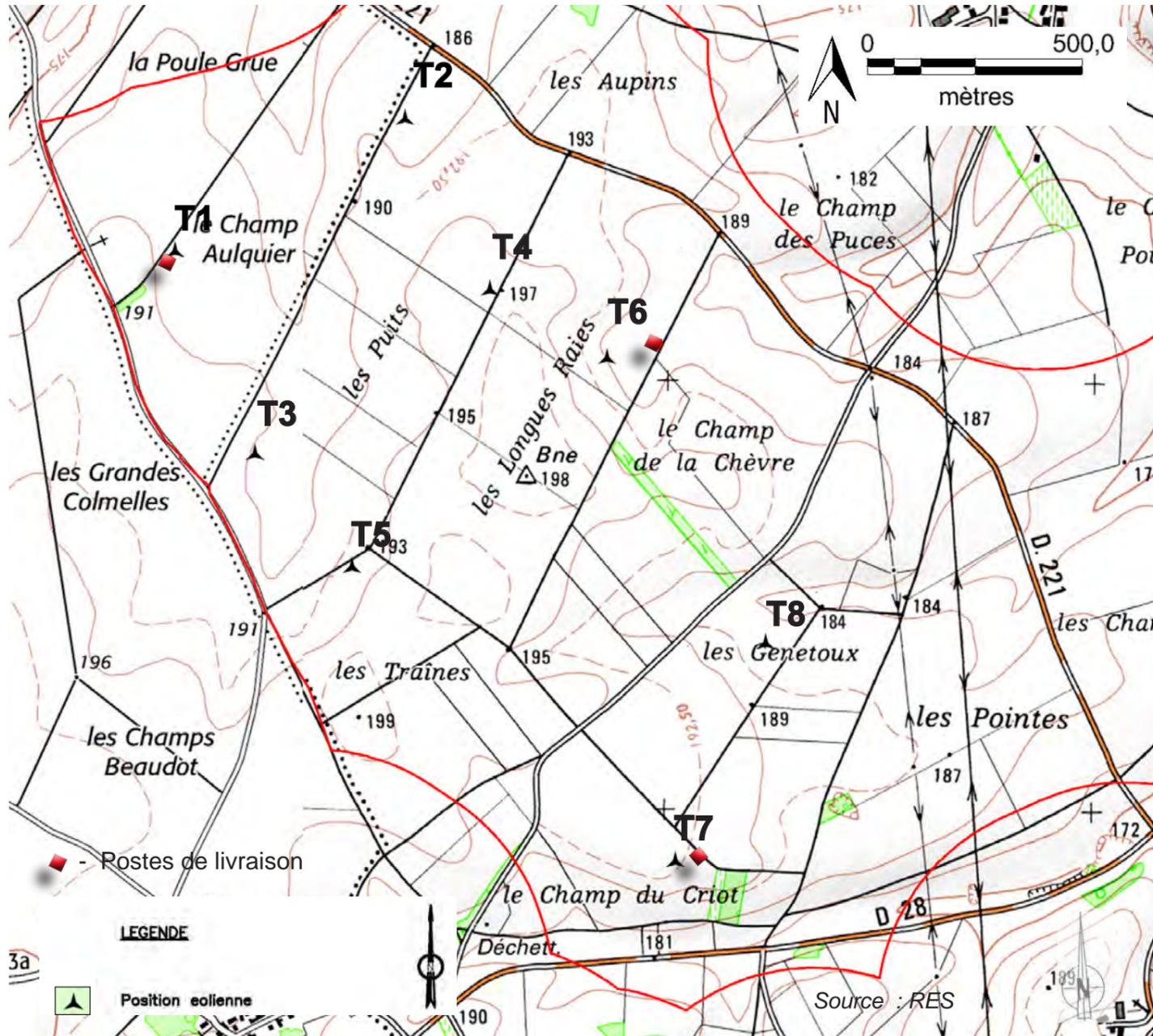
Au niveau des enjeux paysagers des vues privilégiées sur le site éolien sont possibles à partir de plusieurs belvédères du Sancerre, de la Puisaye et de Saint-Andelain, le projet éolien y sera bien perceptible mais globalement non prégnant, les différents parcs éoliens accordés autour du projet s'articulent assez bien.

Le schéma régional éolien de Bourgogne est favorable au développement éolien dans le secteur ce qui s'est déjà traduit par l'autorisation d'un premier parc éolien sur la commune de Pougny.

Le secteur est aujourd'hui peu investi par l'éolien, l'impact global du projet éolien reste modéré.

MESURES D'ACCOMPAGNEMENT PAYSAGER

F



Dans un cadre général d'implantation de poste de livraison, les prescriptions suivantes sont proposées :

1 - mettre à profit le relief présent pour une intégration optimale : comme par exemple profiter de la présence de talus : la proposition serait de retenir les terres et les stabiliser par la mise en place de fascines de saules tressés, désactivés complétés par la plantation de lierre stabilisant; ou de les situer dans des zones de faible perception.

2 - se servir des éléments d'infrastructure comme ligne de conduite en favorisant une implantation en parallèle aux axes routiers qui accompagneraient la perspective créée par la route (à caractère linéaire).

3 - opter pour une palette colorimétrique qui soit en adéquation avec les teintes du paysage environnant : vert foncé ou vert olive ou habillage en pierre ou bois

Les postes livraison seront implantés en zone rurale, en bordure de champs, en bordure d'un talus semi-boisé (cultures et pâtures), à proximité d'une haie ou d'un bois. Il faut utiliser les éléments et les teintes qui l'entourent pour une meilleure intégration dans son environnement. Ce qui peut dans le cas présent justifier des tonalités désaturées et à dominante verte ou brune.

En ce qui concerne le projet éolien «Vents de Loire», 3 postes de livraison seront installés sous les éoliennes T1, T6 et T7.

Les très faibles amplitudes topographiques du plateau et l'absence de végétation ne permettent pas une intégration paysagère utilisant des obstacles visuels, cependant la position des postes en fort retrait des grands axes routiers permettra d'atténuer leur perception.

L'étude environnementale proscrit l'utilisation de végétal à proximité des postes de livraison pour éviter d'attirer les oiseaux et chauves souris à proximité des éoliennes.

Une intégration des postes basée sur une mise en peinture ou un bardage bois des postes sera plus adaptée.

Afin de minimiser leur présence, leur couleur sera de teinte neutre et désaturée à dominante verte ou brune.

Leur perception restera faible au vue de la distance de un à deux kilomètres qui les séparent de la RD 4 qui est l'axe le plus fréquenté du secteur après la RD 33 beaucoup plus distante.

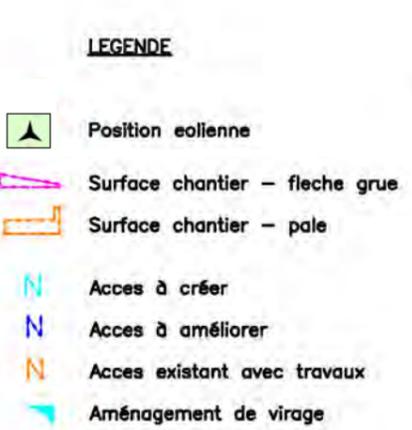
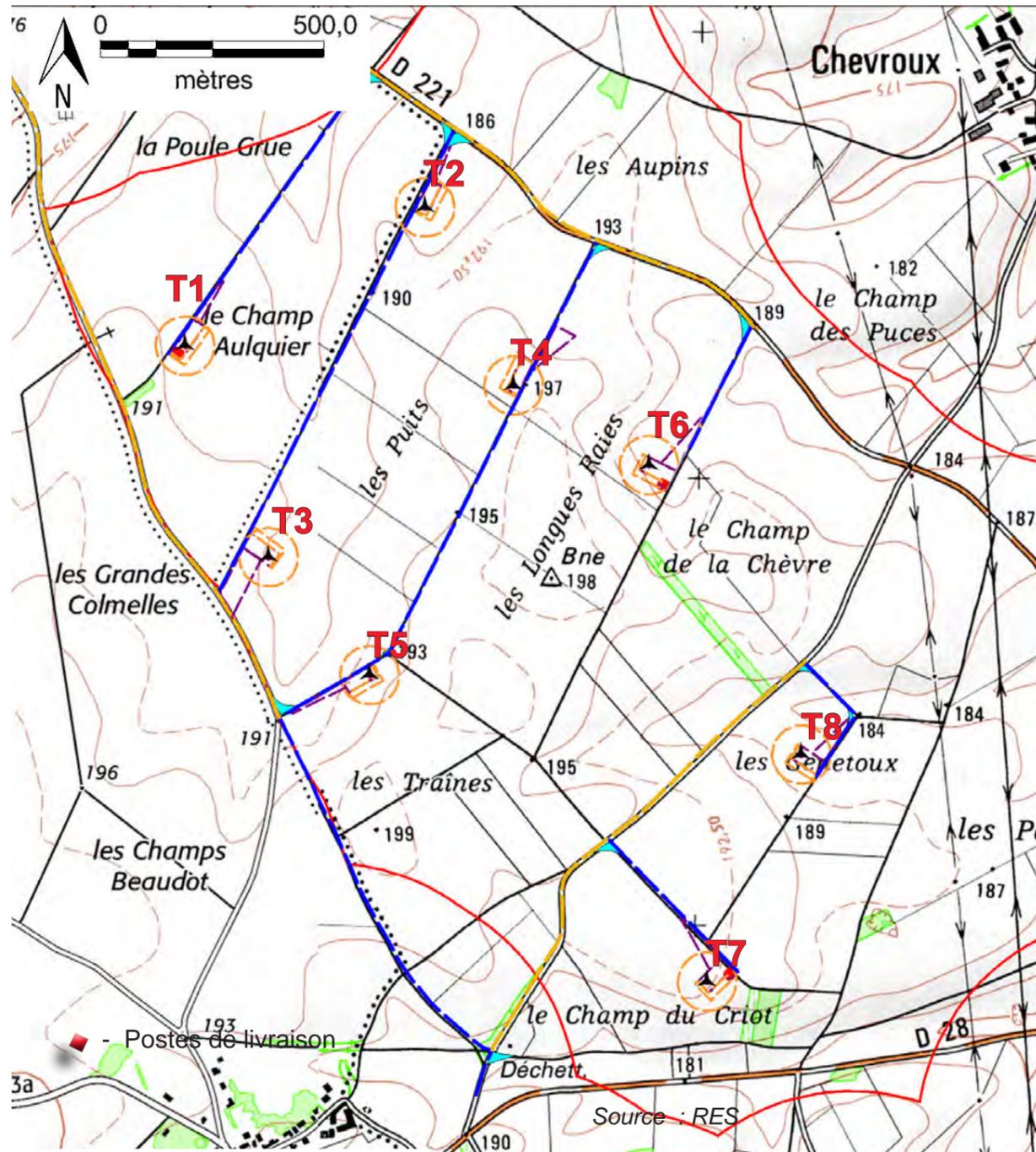
RAL potentiels pour les postes de livraisons



Palette RAL proposée par le paysagiste



Exemple de poste de livraison de couleur adapté au contexte paysager



Cheminement :

Le maillage des accès agricoles existants et la configuration d'implantation va permettre d'éviter la création de nouveaux accès. La desserte des éoliennes va néanmoins engendrer des évolutions parcellaires. Les cheminements existants seront ré-exploités au maximum. Des créations de surfaces seront engendrés par l'élargissement de 12 virages correspondant aux rayons de courbure des véhicules de transport des pales (qui seront maintenus en phase d'exploitation). Les impacts sont minimisés et faibles.

Aménagements paysagers :

La création des nouveaux accès sera renforcée en fonction du sol, sur une profondeur moyenne de 70 cm. Ils permettront le passage des convois pour apporter les éléments de l'éolienne, et seront utilisés par les équipes d'exploitation maintenance et les engins agricoles. Au total, le linéaire de chemins confortés devrait avoisiner les 5,4 km pour la desserte de l'ensemble des éoliennes.

Plateforme de montage :

Les nouveaux accès débouchent sur une plate-forme de montage d'environ d'environ 2500 m2 qui permet aux engins de montage de manœuvrer et de venir entretenir les éoliennes sans détériorer le site à chaque passage. Cette surface est traitée en grave.

- Surface totale des plateformes 20 000 m2
- Surface totale des aires en grave (virages) 7100 m2
- Total 28 100 m2

Métré des chemins :

- Chemins créés : aucun ,
- Chemins existants à renforcer : 5 440 mètres,
- Chemins existants non modifiés : 4 100 mètres.

Lors des phases temporaires de chantier :

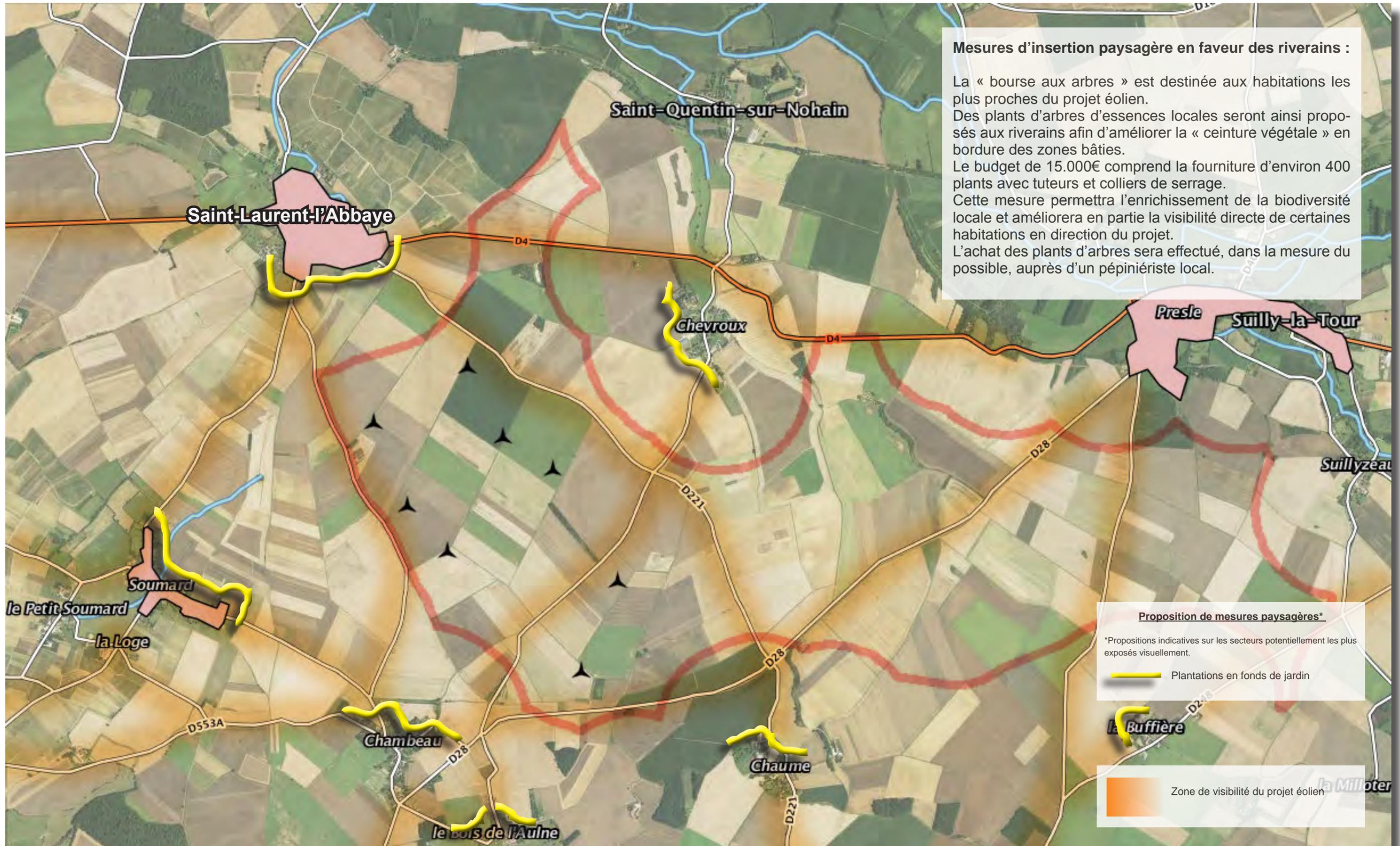
Comme tout chantier éolien, il faudra gérer de nombreux va et vient d'engins de chantier et de poids lourds ainsi que le stockage de fournitures, matériel et matériaux. Pour cela il est préférable de :

- Organiser les aires de stockage et de montage en retrait des axes visuels sensibles comme la RD 221, 28 ou 4 dans la mesure du possible
- Proscrire les stocks de remblais qui pourraient rester définitifs in situ à l'issue des travaux de terrassements. Ceux-ci devront être évacués.
- D'utiliser les accès des engins par les itinéraires existants et ceux aménagés pour l'exploitation du site, limitant les nouvelles créations de voies et les intégrant au mieux dans le paysage et dans le parcellaire.

Impact en phase chantier

Ces phases de travaux et chantiers temporaires auront un impact paysager (faible/négligeable) et ne laisseront pas de séquelles dans ces paysages agricoles dans les mois qui suivront la mise en service du parc.

PROPOSITIONS DE VALORISATION PAYSAGÈRE DES HABITATIONS RIVERAINES DU PROJET ÉOLIEN



- Schéma Régional Éolien Bourgogne
- Base de données Mérimée - Ministère de la culture
- Site internet de la DREAL Bourgogne
- Site internet de l'A.D.E.M.E.
- Cartes I.G.N. 1/25.000ème
- Carte touristique I.G.N. 1/100.000ème
- Google Earth
- Internet



Rapport de l'étude d'impact acoustique du projet éolien de Vents de Loire

Auteur: Hélène Bulté

Date: 22 juillet 2016

Ref: 02984-001645

Historique des modifications

Révision	Date	Rédacteur	Motif et localisation des modifications
01	18 mai 2016	Hélène Bulté	Création du document
02	22 juillet 2016	Hélène Bulté	Correction sur les points de calculs
03	01 Septembre 2016	Victor Donnet	Correction définition points de calculs
04	09 février 2017	Alexis Morin	Déplacement T6

Formulaire et Procédure

Formulaire:	Procédure:
Rapport de l'étude d'impact acoustique du projet éolien ,01566-000827, Révision 02	Acoustique - Procédure pour l'étude d'impact acoustique d'un parc éolien, 01564-000100

Sommaire

1	INTRODUCTION	1			
1.1	Rappel du contexte	1			
1.2	Présentation du projet	1			
2	ACOUSTIQUE ET EOLIENNES - GENERALITES	2			
2.1	Définitions	2			
2.2	Généralités	3			
2.2.1	Niveaux de bruit couramment rencontrés	3			
2.2.2	Recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé	4			
2.2.3	Infrasons	4			
2.3	Généralités sur le bruit d'une éolienne	4			
2.3.1	Origine du bruit d'une éolienne	4			
2.3.2	Variation du bruit d'une éolienne avec la vitesse du vent	5			
3	REGLEMENTATION	6			
3.1	Critère d'émergence	6			
3.2	Critère de tonalité marquée	6			
3.3	Limite de bruit ambiant en limite du périmètre de mesure du bruit de l'installation	6			
4	METHODOLOGIE D'UNE ETUDE ACOUSTIQUE ET IDENTIFICATION DES ZONES A EMERGENCE REGLEMENTEE	7			
4.1	Processus d'une étude acoustique	7			
4.2	Identification des zones à émergence réglementée (ZER)	9			
5	ETAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT SONORE DU SITE	10			
5.1	Campagne de mesures du bruit résiduel	10			
5.1.1	Sélection des points de mesure du bruit résiduel	10			
5.1.2	Instrument de mesure du bruit	15			
5.1.3	Instrument de mesure du vent	15			
5.1.4	Durée des mesures	15			
5.2	Analyse du bruit résiduel	16			
5.2.1	Conditions climatiques durant la campagne de mesure du bruit résiduel	16			
❖	Distribution des vitesses de vent sur site	16			
❖	Rose des vents mesurée à l'emplacement du mât	17			
❖	Pluie	17			
❖	Mesures du vent au niveau des sonomètres	17			
❖	Classes de vent homogènes	17			
5.2.2	Nombre de points de mesure par classe de vitesse de vent	17			
5.2.3	Corrélation des données de bruit résiduel avec le vent sur site	18			
5.2.4	Résultats	18			
6	MODELISATION DE L'IMPACT SONORE DU PROJET EOLIEN DE Vents de Loire	19			
6.1	Caractéristiques des éoliennes	19			
6.1.1	Modèle retenu	19			
6.1.2	Puissance acoustique et spectre sonore	19			
6.2	Propagation	19			
6.3	Points de calcul retenus au sein des ZER	20			
7	EVALUATION DES CRITERES REGLEMENTAIRES	23			
7.1	émergences	23			
7.1.1	Emergences diurnes	24			
7.1.2	Emergences nocturnes	25			
7.2	Tonalité marquée	26			
7.3	Bruit ambiant en limite du périmètre de mesure du bruit de l'installation	27			
8	CONCLUSION	29			
9	RÉFÉRENCES	30			
9.1	Législatives	30			
9.2	Normatives	30			
9.3	Scientifiques	30			
	ANNEXES	31			
	Annexe 1 Réglementation ICPE - arrêté du 26 août 2011	32			
	Annexe 2 Standardisation des vitesses de vent mesurées sur le site	35			
	Annexe 3 Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site	36			
	Annexe 4 Certificats d'émission sonore de l'éolienne retenue	39			

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation du projet.....	1
Figure 2 : Bruit résiduel, bruit ambiant et émergence	2
Figure 3 : Représentation des spectres par bandes de 1/3 d'octave	3
Figure 4 : Niveaux de bruit générés par diverses sources sonores	3
Figure 5 : Evolution de la puissance sonore d'une éolienne au niveau de la nacelle pour 2 modes de fonctionnement	5
Figure 6: Exemple de spectre par bande de 1/3 d'octave présentant des tonalités marquées	6
Figure 7 : Schéma de principe d'une étude d'impact acoustique d'un projet éolien (évaluation des émergences)	8
Figure 8 : Localisation des ZER dans le périmètre de l'étude acoustique ainsi que des ZER retenues pour l'analyse.....	9
Figure 9 : Localisation des points de mesure au sein des ZER	14
Figure 10 : Photographie d'un sonomètre en cours d'utilisation	15
Figure 11 : Distributions des vitesses de vent mesurée durant la campagne acoustique du 15/09/2015 au 16/10/2015 et estimée sur le long-terme	16
Figure 12 : Rose des vents mesurée pendant la campagne acoustique du 15/09/2015 au 16/10/2015	17
Figure 13 : Rose des vents long-terme estimée sur site	17
Figure 14 : Exemple de nuage de points illustrant la corrélation des niveaux sonores du bruit résiduel avec la vitesse de vent sur site	18
Figure 15 : Illustration d'une configuration de 2 lieux soumis à des impacts sonores différents	20
Figure 16 : Localisation des points de calcul et des points de mesure au sein des ZER étudiées	23
Figure 17 : Spectre de 1/3 d'octave non pondéré pour l'éolienne Vestas - V126-3.3MW	27
Figure 18 : Périmètre de mesure du bruit du parc éolien et bruit ambiant	28
Figure 19 : Principe de calcul de la vitesse standardisée à 10m au dessus du sol (extrait du guide 2010 de l'étude d'impact sur l'environnement d'un projet éolien - ADEME)	35
Figure 20 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER Soumard	36
Figure 21 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER Chambeau	36
Figure 22 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER Chaume	37
Figure 23 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER Chevroux.....	37

Figure 24 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER Saint Laurent l'Abbaye	38
--	----

1 INTRODUCTION

Ce rapport présente les résultats de l'étude d'impact acoustique réalisée dans le cadre du projet éolien de Vents de Loire.

1.1 RAPPEL DU CONTEXTE

Depuis la publication du décret n° 2011-984 du 23 août 2011 [1], les projets éoliens sont soumis au régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Ce décret soumet :

- au régime d'autorisation les installations d'éoliennes comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 mètres, ainsi que celles comprenant des aérogénérateurs d'une hauteur comprise entre 12 et 50 mètres et d'une puissance supérieure ou égale à 20 MW;
- au régime de déclaration les installations d'éoliennes comprenant des aérogénérateurs d'une hauteur comprise entre 12 et 50 mètres et d'une puissance inférieure à 20 MW.

Le projet éolien de Vents de Loire est soumis au régime d'autorisation, et fait donc l'objet d'une étude d'impact sur l'environnement dont la partie expertise acoustique est décrite dans ce document.

L'ensemble des textes législatifs, normatifs et scientifiques dont il est fait référence dans ce document sont détaillés au chapitre 8.

1.2 PRESENTATION DU PROJET

Le projet éolien de Vents de Loire est situé dans le département de la Nièvre (58), sur les communes de Saint Laurent l'Abbaye et Saint Quentin sur Nohain.

Le projet est composé de 8 éoliennes d'une hauteur maximale en bout de pales de 180 m.

Le projet est situé sur de grandes parcelles agricoles, peu vallonnées avec très peu de boisements.

L'environnement sonore est assez calme, mais le bruit de l'autoroute A77 à environ 4km au sud ouest du projet d'éolienne peut cependant être perçu sur la zone projet. L'environnement est également marqué par les activités humaines le jour, notamment l'activité agricole, et par les bruits d'origine naturelle (vent dans les arbres, mais aussi animaux).

A ce jour, il n'existe aucun parc éolien construit ou en construction, dans un rayon de 5 km autour des éoliennes du projet.

D'autres parcs existent ou sont en instruction autour du projet Vents de Loire mais ils sont tous suffisamment loin des zones à émergence réglementées concernées par notre projet pour ne pas présenter d'impact acoustique cumulé.



Figure 1 : Localisation du projet

2 ACOUSTIQUE ET EOLIENNES - GENERALITES

2.1 DEFINITIONS

Son : Un son est défini par :

- sa force perçue, son volume ou son amplitude exprimée en décibel (dB) permettant de distinguer les sons faibles des sons forts ;
- sa fréquence, exprimée en Hertz (Hz) c'est-à-dire en vibrations par seconde, permettant de distinguer les sons graves des sons aigus. Les sons graves correspondent à des fréquences de 20 à 200 Hz, les médiums à des fréquences de 200 à 2 000 Hz et les aigus de 2 000 à 20 000 Hz. En deçà, ce sont des infrasons inaudibles et au-delà, ce sont des ultrasons perçus par certains animaux.

Bruit : Mélange de sons, d'intensités et de fréquences différentes. Il est notamment défini par son spectre.

Bruit ambiant : Bruit total existant dans une situation donnée, dans un intervalle de temps donné prenant en compte l'ensemble des sources de bruit proches ou éloignées. Dans notre cas, c'est le bruit total incluant le fonctionnement du parc éolien.

Bruit particulier : C'est une composante du bruit ambiant que l'on désire distinguer car elle fait l'objet d'une requête. Dans notre cas, cette composante correspond au bruit généré par les éoliennes.

Bruit résiduel : Correspond au bruit ambiant en l'absence de bruit particulier. Dans notre cas, cela correspond au bruit mesuré dans les zones à émergence réglementée avant construction du projet éolien i.e. lors de l'étude de l'état initial du projet.

Émergence : Différence arithmétique entre bruit ambiant et bruit résiduel.

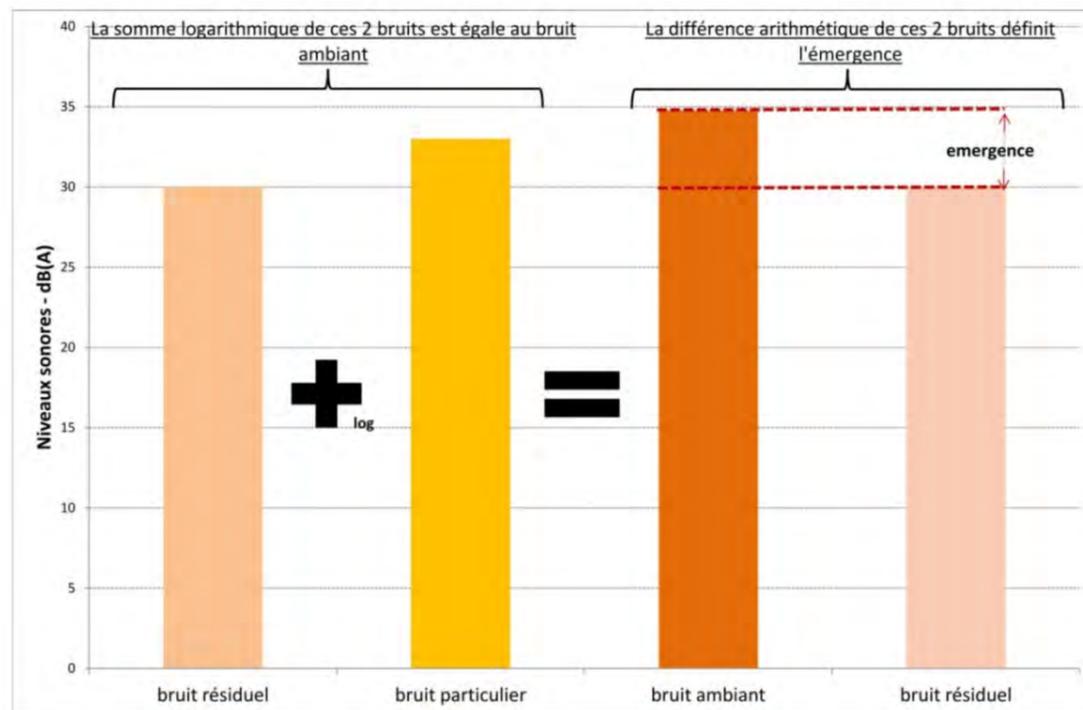


Figure 2 : Bruit résiduel, bruit ambiant et émergence

Intervalle de mesure / durée d'intégration : intervalle de temps où la pression acoustique pondérée est intégrée et moyennée par les sonomètres lors de la mesure du bruit résiduel. Dans le cadre de cette étude, il a été fixé à 1s, tel que recommandé par la NFS 31-114 [7].

Intervalle de base : Intervalle d'échantillonnage de la mesure brute lors du traitement des mesures de bruit. Dans le cadre de cette étude, il a été fixé à 10min, tel que recommandé par la NFS 31-114 [7].

Périmètre de mesure du bruit de l'installation [1] : c'est le périmètre correspondant au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre chaque aérogénérateur et de rayon R défini comme suit :

$$R = 1.2 \times \left(\text{Hauteur de moyeu} + \frac{\text{Diamètre}}{2} \right) \quad \text{Formule 1}$$

Niveau acoustique équivalent $L_{eq,T}$: en considérant un bruit variable perçu pendant une durée T, le niveau acoustique équivalent représente le niveau de bruit constant qui aurait été produit avec la même énergie que le bruit réellement perçu pendant cette durée. Le L_{eq} correspond donc à une «dose de bruit» reçue pendant une durée de temps déterminée. Il est exprimé en échelle logarithmique (décibels, dB) par rapport à un niveau de référence.

Il se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$L_{eq,T} = 10 \times \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad \text{Formule 2}$$

avec :

- $p(t)$: niveau de pression acoustique instantané à l'instant t ;
- p_0 : pression de référence (20 μ Pa).

Niveau acoustique fractile $L_{AN,T}$: une analyse statistique des L_{Aeq} permet de déterminer le niveau de pression acoustique pondéré A qui est dépassé N% du temps considéré. Son symbole est $L_{AN,T}$, par exemple $L_{A50,10min}$ correspond au niveau de pression acoustique continu équivalent dépassé 50% de l'intervalle de mesurage de 10min.

Dans le cadre de cette présente étude, l'indice fractile $L_{50, 10min}$ sera utilisé, tel que recommandé par la NFS 31-114.

Pondération A du niveau de pression sonore : L'oreille humaine est moins sensible aux fréquences graves (entre 20Hz et 400Hz) qu'aux fréquences moyennes et aiguës qui correspondent aux fréquences de la parole humaine. C'est pourquoi une correction en fonction de la fréquence est appliquée aux spectres de bruit mesuré afin de mieux rendre compte de cette sensibilité de l'oreille : c'est la pondération A.

Zone à émergence réglementée (ZER) [1] : Ce sont les zones définies comme suit :

- Zone à l'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers, existant à la date de l'autorisation pour les installations nouvelles, et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse) ;
- les zones constructibles définies par des documents d'urbanisme opposables aux tiers et publiés à la date de l'autorisation pour les installations ;
- 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.

Spectre d'une source sonore : C'est l'ensemble des fréquences constituant une source sonore. Dans notre cas nous nous intéressons aux fréquences audibles par l'oreille humaine, en théorie elles sont comprises entre 16Hz et 20kHz. Ces bandes de fréquence sont elles mêmes divisées en bande de tiers d'octave (cf. Figure 3).

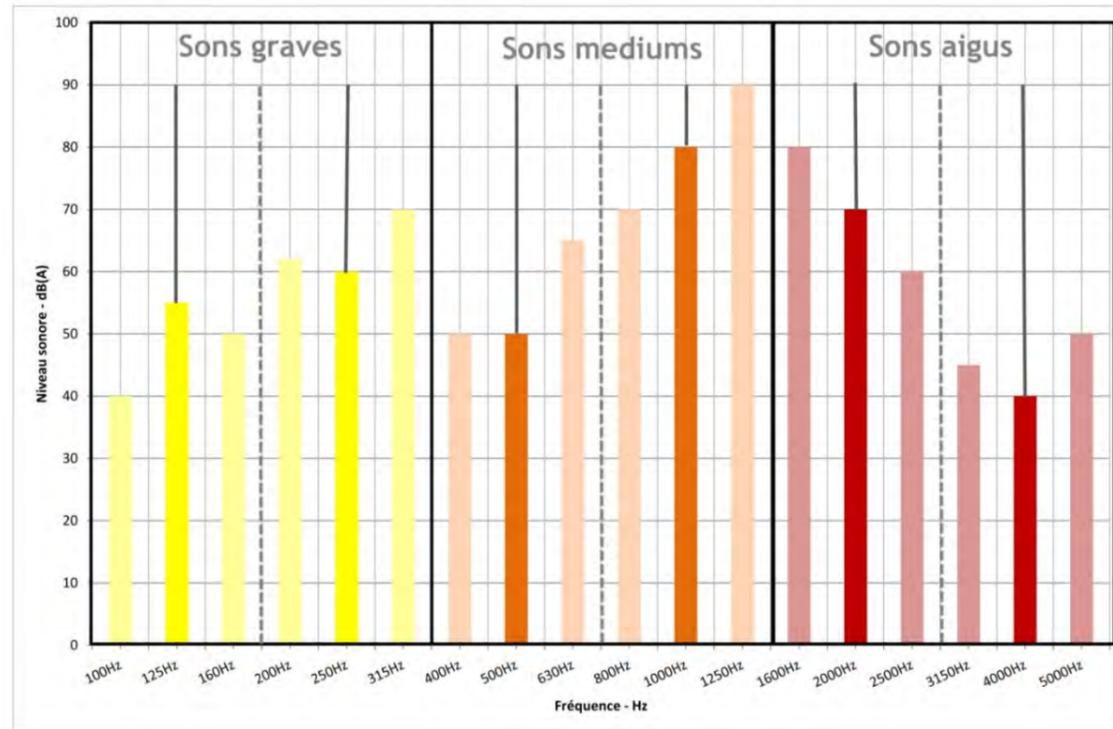


Figure 3 : Représentation des spectres par bandes de 1/3 d'octave

2.2 GENERALITES

2.2.1 Niveaux de bruit couramment rencontrés

Malgré des critères et des réglementations permettant d'estimer la conformité des installations industrielles, la perception acoustique reste un facteur subjectif. Afin de mieux appréhender les niveaux de bruit générés par diverses installations ainsi que leur impact, la Figure 4 ci-dessous donne les valeurs des niveaux sonores pour diverses sources rencontrées dans la vie quotidienne.

Échelle du bruit (dB)
source: ADEME

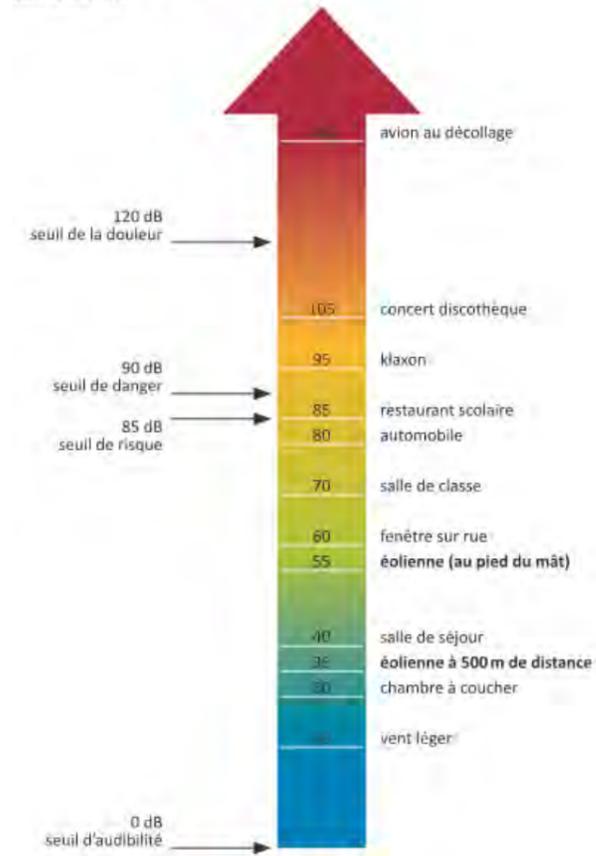


Figure 4 : Niveaux de bruit générés par diverses sources sonores

Cette échelle de valeurs de bruit montre qu'au pied du mât d'une éolienne, le bruit moyen est de 55dB(A), soit un peu moins que le bruit d'une pièce avec fenêtre sur rue. A 500m d'une zone à émergence réglementée (ZER), distance minimale réglementaire autorisant l'implantation d'une éolienne, le bruit moyen de cette éolienne n'est plus que de 35 à 40dB(A) - dépendant de la puissance sonore de l'éolienne, soit un peu moins que le bruit d'une salle de séjour. Notons que ces niveaux ne doivent pas être comparés aux puissances sonores délivrées au niveau de la nacelle d'une éolienne, puissances qui varient entre 99dB(A) et 108dB(A) à des hauteurs entre 80 et 125m au dessus du sol. Pour être perçu à ces niveaux là, il faudrait qu'une personne se situe dans ou devant la nacelle d'une éolienne en fonctionnement, donc à une hauteur supérieure à 80m au dessus du sol, ce qui est bien sûr impossible.

Il est important de noter que l'échelle des niveaux de bruit en décibel est une échelle logarithmique. Une règle simple pour appréhender cette échelle est la suivante :

Si on ajoute 2 bruits de même intensité sonore, alors l'intensité du bruit résultant sera l'intensité sonore initiale augmentée de 3 décibels. Par exemple, 30dB + 30dB = 33dB.

A titre indicatif, on précisera qu'une variation :

- de +3dB correspond à une variation de l'intensité sonore à peine perceptible ;
- de +5dB correspond à une variation de l'intensité sonore perceptible ;
- de +10dB correspond à un doublement de la sensation de bruit.

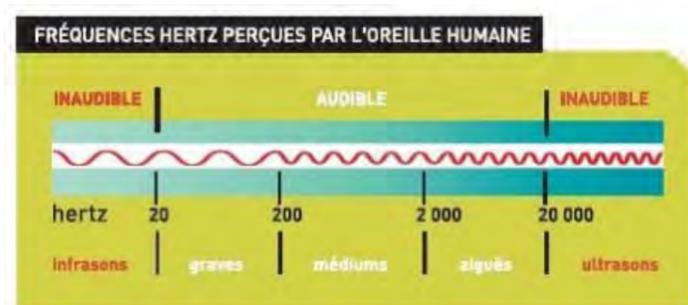
2.2.2 Recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé

Les experts de l'OMS, en mars 1999, ont publié une série de valeurs guides pour le bruit dans les collectivités en milieux spécifiques. Parmi ces valeurs, on retiendra que l'OMS recommande :

- un bruit au travail n'excédant pas 55dB, seuil acceptable sans danger pour l'oreille ;
- un bruit maximal dans une chambre à coucher de l'ordre de 30dB pour le respect du sommeil.

2.2.3 Infrasons

Un infrason est un son dont la fréquence est inférieure à 20Hz. De fait, les infrasons sont trop graves pour être audibles par l'oreille humaine. Cependant, le fait de ne pas les entendre ne veut pas dire qu'il n'y en a pas, et il est possible de les ressentir (par des mécanismes non auditifs, comme le système d'équilibre et/ou la résonance corporelle, i.e. par exemple au niveau de la cage thoracique).



Il existe de nombreuses sources qui émettent des infrasons dans notre environnement quotidien. Cela va du vent qui souffle dans les arbres au bruit de la circulation. Les éoliennes ne sont que l'une de ces sources.

Mais l'impact des infrasons sur la santé n'a été observé que dans de très rares cas, et jamais pour des parcs éoliens.

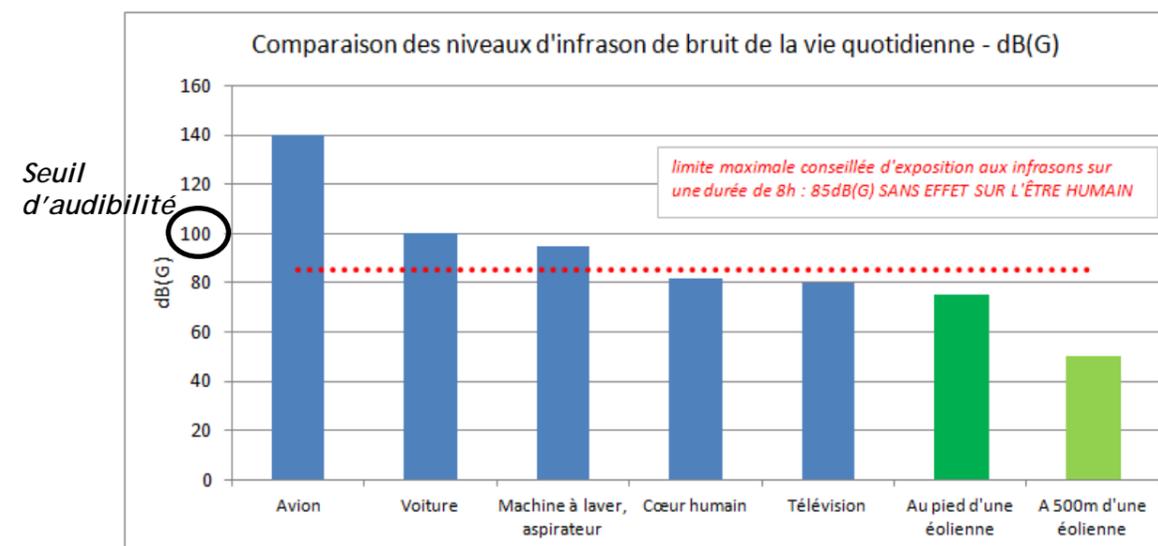
L'Agence Française de la Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) a conclu dans son rapport [11] de mars 2008 à propos des infrasons :

- Page 13 : « A l'heure actuelle, il n'a été montré aucun impact sanitaire des infrasons sur l'homme, même à des niveaux d'exposition élevés. Les critères de nuisance vis-à-vis des basses fréquences sont de façon usuelle tirés de courbes d'audibilité. Les niveaux acceptables (dans l'habitat) sont approximativement les limites d'audition ».
- Page 15 : « Il apparaît que les émissions sonores des éoliennes ne génèrent pas de conséquences sanitaires directes, tant au niveau de l'appareil auditif que des effets liés à l'exposition aux basses fréquences et aux infrasons ».

L'association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA) a diligenté une étude auprès de HGC engineering pour traiter la question des infrasons en relation avec les parcs éoliens et leurs effets potentiels sur les résidents. Le rapport [12] conclut :

« Les éoliennes peuvent générer de l'infrason, mais souvent les niveaux de l'infrason près des éoliennes sont semblables aux niveaux d'infrason ambiant qui prévalent dans l'environnement naturel à cause du vent, des vagues et des sources industrielles et des transports. Des études réalisées près des parcs éoliens canadiens, ainsi que l'expérience internationale, suggèrent que les niveaux d'infrason près des éoliennes modernes, avec des puissances nominales communes dans les parcs éoliens à large échelle sont en général imperceptibles pour les humains, que ce soit par des mécanismes auditifs ou non. De plus, il n'y a aucune évidence d'effets indésirables pour la santé dus à l'infrason des éoliennes [...] Somme toute, bien que l'infrason peut être généré par les éoliennes, la conclusion s'impose : l'infrason n'est pas une préoccupation pour la santé des résidents avoisinants ».

Dans la revue du 4^{ème} trimestre 2011 d'Acoustique&Techniques (N°67), l'INRS se penche sur la question des infrasons et de leur impact sur la santé. On y trouve de nombreuses références de recommandations étrangères sur des valeurs limites d'exposition, en absence de réglementations nationales ou européennes. Cette revue Spécial Infrasons rappelle que le seuil d'audibilité est d'environ 100dB(G) sur les fréquences concernées [1-20Hz]. La valeur minimale recommandée pour être sans effet sur la santé est 85dB(G), sur une période continue de 8h.



Deux études récentes ont conclu à l'absence de gêne sonore due aux infrasons générés par les parcs éoliens, que ce soit à l'emplacement du parc même ou chez les riverains :

- Une étude réalisée par un organisme australien en 2013 [13] qui conclut qu'il n'y a pas de différence notable entre les niveaux d'infrasons mesurés à proximité d'un parc éolien et ceux présents dans des zones éloignées de parc éolien. Cette étude conclut également que les niveaux d'infrasons mesurés à proximité de parc éolien ne présentent aucune différence significative, que le parc soit en opération ou à l'arrêt.

- La faculté de génie électrique de l'université d'Opole en Pologne a mesuré en 2012 le spectre infrasonique d'une éolienne de 2MW dans un parc de 15 éoliennes. Ces mesures en très basse fréquence montrent que le niveau maximum à 130m d'une éolienne est bien en dessous du niveau maximum conseillé par l'AFSSET : environ 75dB(G) maximum à 3Hz et environ 55dB(G) maximum à 20Hz.

On retiendra donc que toutes les études scientifiques menées ces 10 dernières années au sujet des émissions très basses fréquences et infrasons des parcs éoliens démontrent l'absence de nuisance et d'impact sanitaire néfaste dans le voisinage immédiat des parcs éoliens et chez les riverains.

2.3 GENERALITES SUR LE BRUIT D'UNE EOLIENNE

2.3.1 Origine du bruit d'une éolienne

Lorsque les éoliennes sont à des distances proches (jusqu'à environ 100 mètres), on distingue trois types de bruits issus de deux sources différentes, la nacelle et les pales :

- Un bruit d'origine mécanique provenant de la nacelle et des éventuels multiplicateurs, plus marqué sous le vent de l'éolienne (et quasi inaudible au vent pour des distances supérieures à 200 mètres) ;
- Un bruit continu d'origine aérodynamique localisé principalement en bout de pale et qui correspond au mouvement de chaque pale dans l'air ;
- Un bruit périodique également d'origine aérodynamique, provenant du passage de chaque pale devant le mât de l'éolienne.

Ces différents bruits tendent à se confondre au fur et à mesure que l'on s'éloigne des éoliennes. Le bruit dit mécanique disparaît rapidement, et demeure alors un bruit d'origine aérodynamique avec un bruit périodique correspondant à la vitesse de rotation des pales.

Le bruit des éoliennes évolue donc en fonction de la vitesse du vent, tout comme les niveaux de bruit résiduel (par exemple bruit du vent dans la végétation et/ou sur des obstacles), mais pas dans les mêmes proportions.

2.3.2 Variation du bruit d'une éolienne avec la vitesse du vent

Le niveau sonore émis par une éolienne, tout comme la puissance électrique délivrée, dépend notamment de la vitesse du vent (cf. Figure 5).

Pour des raisons de normalisation, la vitesse de vent utilisée associée à la puissance sonore d'une éolienne est une vitesse standardisée à 10m au dessus du sol. Le calcul de cette vitesse standardisée à 10m est expliqué et détaillé en Annexe 2. Notons que c'est cette vitesse qui est considérée dans tous les calculs présentés dans ce rapport, lorsqu'ils font référence à une vitesse de vent sur le site étudié.

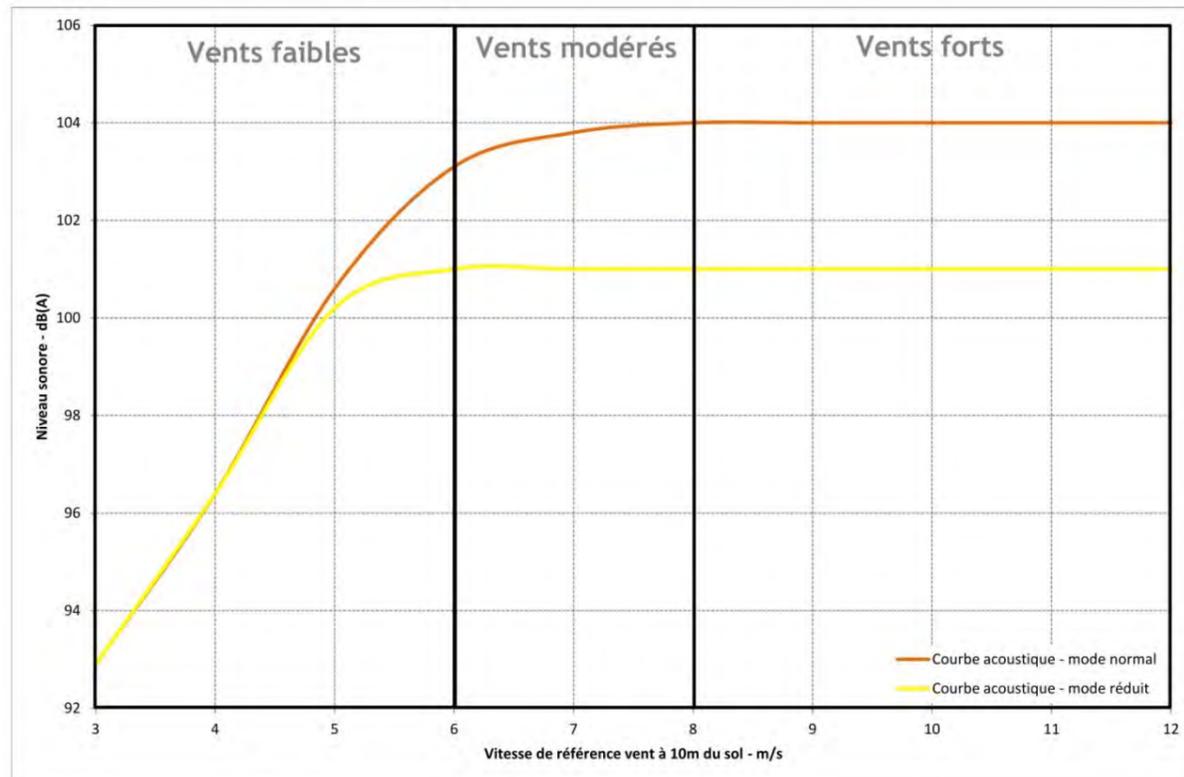


Figure 5 : Evolution de la puissance sonore d'une éolienne au niveau de la nacelle pour 2 modes de fonctionnement

La puissance acoustique de l'éolienne (valeur intrinsèque qui caractérise l'énergie acoustique émise par l'éolienne au niveau de la nacelle) suit assez étroitement la puissance électrique délivrée par cette même éolienne.

A des vitesses de vent inférieures à 3 m/s à hauteur du moyeu (environ 10 km/h), l'éolienne ne tourne pas et ne produit donc pas de bruit. Vers 4 ou 5 m/s (15-20 km/h), elle entre très progressivement en production. Elle délivre sa puissance électrique maximale vers 12 ou 15 m/s (environ 50 km/h), selon les modèles. Entre 15 et 20 ou 25 m/s (soit entre environ 50 et 70 ou 90 km/h), la puissance électrique reste globalement constante. Au-delà de 20 ou 25m/s (selon les modèles), pour des raisons de sécurité, l'éolienne est arrêtée.

3 REGLEMENTATION

Le parc éolien à l'étude est soumis à la réglementation relative 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 (ICPE) (cf. [1] et [2]). Le texte réglementaire est présenté en Annexe 1.

Cette réglementation repose sur trois critères :

- **Un critère d'émergence**, correspondant à la différence entre le niveau de bruit avec les éoliennes en fonctionnement (bruit ambiant) et le niveau de bruit sans les éoliennes (bruit résiduel) pour chaque vitesse de vent,
- **Un critère de tonalité marquée**, correspondant à l'analyse du spectre de l'éolienne afin de déceler les fréquences qui auraient un niveau sonore plus distinctif.
- **Un critère de limite de bruit ambiant**, correspondant à une limite maximale du bruit ambiant (donc installation comprise) en limite de périmètre de mesure du bruit de l'installation.

3.1 CRITERE D'EMERGENCE

Ce critère repose sur la différence entre le bruit ambiant et le bruit résiduel.

Ce critère est vérifié à l'extérieur des zones à émergence réglementée (habitations principalement).

Ce critère n'est applicable que si le niveau de bruit ambiant est supérieur à 35dB(A).

La législation en vigueur impose que cette différence soit :

- inférieure ou égale à 5dB(A) pour les périodes diurnes (jour), c'est-à-dire de 7h à 22h,
- inférieure ou égale à 3dB(A) pour les périodes nocturnes (nuit), c'est-à-dire de 22h à 7h.

3.2 CRITERE DE TONALITE MARQUEE

Ce critère fait référence à l'article 1.9 de l'annexe de la loi du 23 janvier 1997 [3]. La tonalité marquée d'une installation 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 indiqués dans le Tableau 1.

Fréquence	50Hz à 315Hz	400Hz à 8000Hz
Différence à respecter	10dB	5dB

Tableau 1 : Critère de tonalité marquée à respecter en fonction de la gamme de fréquence

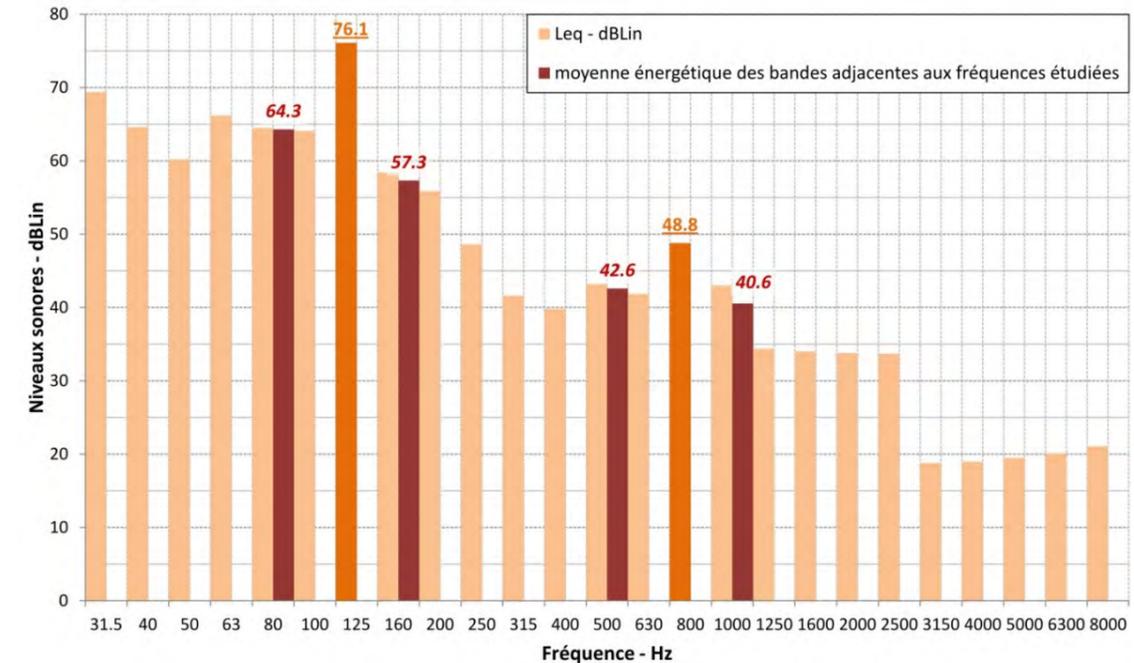
Pour vérifier ce critère, il faut évaluer les deux différences séparément : la différence de niveau sonore de la bande centrale avec la moyenne énergétique des deux bandes inférieures et la différence de ce même niveau avec la moyenne énergétique des deux bandes supérieures (ceci est explicité dans la norme NFS 31-010).

Il y a tonalité marquée si les 2 conditions ci-dessous sont vérifiées:

- Les deux différences sont positives ;
- Les deux différences égalent ou dépassent les valeurs indiquées dans le tableau, soit 10dB pour les fréquences basses à moyennes (50-315Hz), 5dB pour les fréquences moyennes à aiguës (400Hz-8kHz).

La Figure 6 ci-dessous est un exemple de spectre sonore par bande de 1/3 d'octave présentant des tonalités marquées pour les bandes 125Hz et 800Hz. En effet :

- pour la bande 125Hz de niveau sonore 76.1dB, la différence avec la moyenne énergétique des deux bandes adjacentes supérieures (égale à 57.3dB) et la différence avec la moyenne énergétique des deux bandes inférieures (égale à 64.3dB) sont toutes deux supérieures à 10dB ;
- pour la bande 800Hz de niveau sonore 48.8dB, les différences avec la moyenne énergétique des bandes adjacentes supérieures (égale à 40.6dB) et inférieures (égale à 42.6dB) sont supérieures à 5dB ;



*nota : le dB non pondéré peut aussi s'écrire dBLin pour « linéaire »

Figure 6: Exemple de spectre par bande de 1/3 d'octave présentant des tonalités marquées

Dans le cas où l'installation présente une tonalité marquée au sens de l'article 1.9 de l'annexe de la loi du 23 janvier 1997, de manière cyclique ou établie [3], sa durée d'apparition ne peut excéder 30% de la durée de fonctionnement de l'installation dans chacune des périodes diurnes ou nocturnes. Dans le cadre de cette étude notre choix se portera sur un modèle d'éolienne permettant de respecter ce critère 100% du temps. De façon générale, le fonctionnement normal d'une éolienne ne doit pas faire apparaître de tonalité marquée car les spectres des éoliennes n'en présentent pas.

3.3 LIMITE DE BRUIT AMBIANT EN LIMITE DU PERIMETRE DE MESURE DU BRUIT DE L'INSTALLATION

Le niveau de bruit ambiant maximal autorisé en limite du périmètre de mesure du bruit de l'installation (le parc éolien) est fixé à :

- 70dB(A) le jour ;
- 60dB(A) la nuit.

Ce niveau de bruit pourra être mesuré en n'importe quel point du périmètre de mesure du bruit de l'installation.

Cette disposition n'est pas applicable si le bruit résiduel mesuré pour la période dépasse le niveau imposé pour la période.

4 METHODOLOGIE D'UNE ETUDE ACOUSTIQUE ET IDENTIFICATION DES ZONES A EMERGENCE REGLEMENTEE

4.1 PROCESSUS D'UNE ETUDE ACOUSTIQUE

L'étude d'impact acoustique d'un projet éolien se déroule selon 4 étapes principales :

- Caractérisation de l'état initial du site, en mesurant à différents points autour du projet les niveaux de bruit résiduel en fonction du vent et des périodes réglementaires jour/nuit ;
- Modélisation numérique du parc éolien pour le calcul de la contribution sonore des éoliennes au niveau des Zones à Émergence Réglementée (ZER) ;
- Calcul des émergences et comparaison avec les limites réglementaires diurnes et nocturnes. Si nécessaire, adaptation du mode de fonctionnement des éoliennes pour respecter les limites réglementaires jour/nuit ;
- Evaluation et vérification de la conformité aux critères de tonalité marquée des éoliennes et du bruit ambiant sur le périmètre de mesure du bruit de l'installation.

Les trois premières étapes (dont l'objectif final est la vérification de la conformité du parc au critère d'émergence) sont illustrées par la Figure 7 suivante.

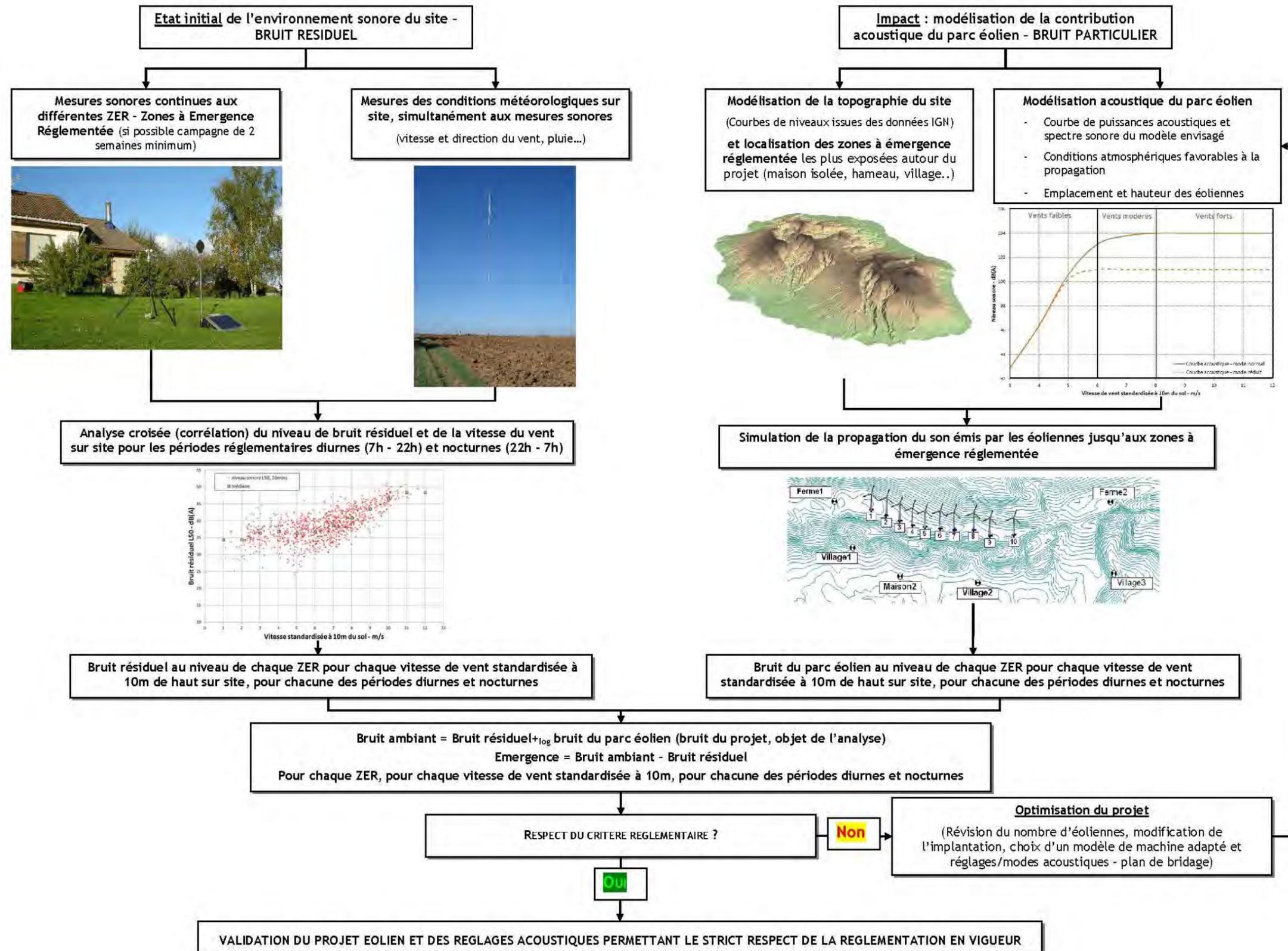


Figure 7 : Schéma de principe d'une étude d'impact acoustique d'un projet éolien (évaluation des émergences)

4.2 IDENTIFICATION DES ZONES A EMERGENCE REGLEMENTEE (ZER)

Pour étudier l'impact des éoliennes sur les Zones à Emergence Réglementée (ZER), il est nécessaire de délimiter un périmètre d'étude au-delà duquel l'impact du projet éolien est considéré comme négligeable. Il est couramment admis par la profession et les experts acousticiens que ce périmètre doit s'étendre au maximum jusqu'à 2km autour des éoliennes, car au-delà de cette distance, l'impact acoustique du projet est négligeable. Notons que si la réglementation est vérifiée au sein de ce périmètre, il paraît évident qu'elle le sera aussi au-delà compte tenu de l'atténuation du son avec la distance.

Au sein du périmètre d'étude, toutes les ZER ont été répertoriées et pré-qualifiées en fonction de leur environnement sonore pressenti.

Un panel complet et représentatif de ZER a été sélectionné parmi toutes les ZER du périmètre d'étude pour faire l'objet de la présente analyse. Le choix des ZER à étudier privilégie les zones les plus proches et les plus susceptibles d'être impactées par les émissions sonores du parc éolien, tout en couvrant les différents types d'environnement sonore présents sur site.

La Figure 8 ci-après présente le périmètre d'étude de 2km autour des éoliennes du projet, les ZER répertoriées et les ZER retenues pour l'étude d'impact présentée dans ce rapport.

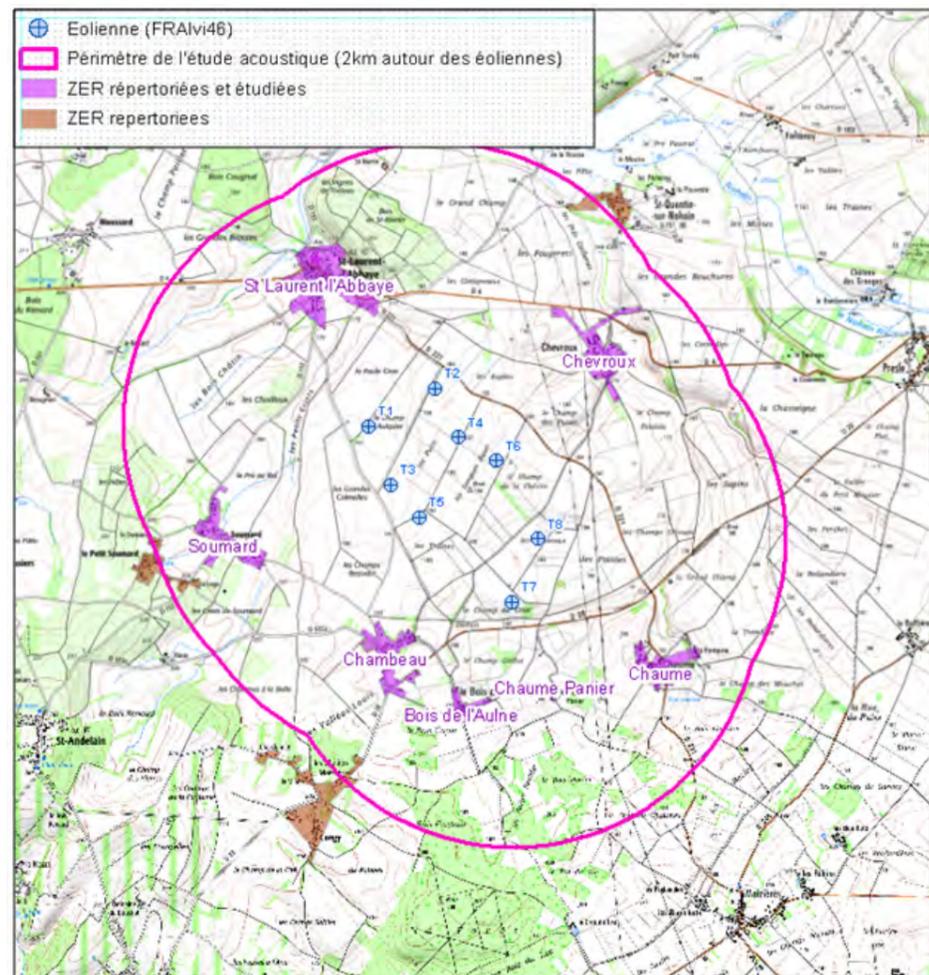


Figure 8 : Localisation des ZER dans le périmètre de l'étude acoustique ainsi que des ZER retenues pour l'analyse

Nom	Description	Distance approximative aux éoliennes les plus proches (m)
ZER Soumard	Hameau	1170
ZER Chambeau	Hameau	890
ZER Bois de l'Aulne	Hameau	860
ZER Chaume Panier	Exploitation agricole isolée	800
ZER Chaume	Hameau	1060
ZER Chevroux	Hameau	1040
ZER Saint Laurent l'Abbaye	Village	770

Tableau 2 : Liste de ZER étudiées

5 ETAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT SONORE DU SITE

5.1 CAMPAGNE DE MESURES DU BRUIT RESIDUEL

L'état initial acoustique du site permet de caractériser l'ambiance sonore des ZER étudiées sur chaque période réglementaire (jour-nuit) et selon différentes conditions de vent (direction-vitesse). Cet état initial repose essentiellement sur les résultats de la campagne de mesures du bruit résiduel réalisée au niveau de plusieurs points de mesure au sein des ZER.

5.1.1 Sélection des points de mesure du bruit résiduel

La démarche d'une étude acoustique prévoit de faire dans un premier temps un relevé du bruit existant au niveau des ZER, le bruit résiduel, afin de caractériser l'ambiance sonore correspondant à l'état initial du site. Pour des raisons de bon sens, il n'est pas nécessaire de réaliser des mesures chez tous les riverains. Pour chaque ZER étudiée, l'état initial est caractérisé à partir d'un ou plusieurs points de mesure de bruit résiduel.

Dans certains cas et pour des raisons pratiques l'état initial d'une ZER peut être caractérisé à partir d'un point de mesure situé dans une ZER voisine, du moment où les environnements sonores sont suffisamment semblables. En revanche, certaines ZER telles que des villages peuvent nécessiter plus d'un point de mesure de bruit résiduel si des ambiances sonores distinctes sont pressenties dans différents secteurs en fonction des activités (exploitations agricoles, carrières) ou de la proximité à des sources de bruit particulières (routes, voie ferrée, cours d'eau).

L'emplacement du point de mesure au sein de la ZER est donc choisi de façon à être représentatif de l'ambiance sonore des alentours, tout en évitant les sources de bruit particulières, mais aussi, bien évidemment, en fonction de la disponibilité et de l'accord des riverains occupant les lieux.

Pour le projet éolien de Vents de Loire, 5 points de mesure ont été jugés nécessaires et pertinents pour caractériser au mieux les différentes ambiances sonores tout autour du site. Le tableau ci-dessous détaille le choix des points de mesure retenus.

ZER	Point de mesure	Justification
ZER Soumard	A - Soumard	Habitation située dans une position centrale du hameau, l'environnement sonore est jugé représentatif des autres habitations du hameau
ZER Chambeau	B - Chambeau	Habitation du hameau la plus proche du projet.
ZER Bois de l'Aulne	B - Chambeau	Le point B, localisé dans la ZER Chambeau, a été utilisé pour caractériser cette ZER du fait de la proximité et la ressemblance des ambiances sonores.
ZER Chaume Panier	C - Chaume	Le point C, localisé dans la ZER Chaume, a été utilisé pour caractériser cette ZER du fait de la proximité et la ressemblance des ambiances sonores.
ZER Chaume	C - Chaume	Habitation dont l'environnement sonore est représentatif des autres habitations du hameau.
ZER Chevroux	D - Chevroux	Habitation située dans une position centrale du hameau, l'environnement sonore est jugé représentatif des autres habitations du hameau
ZER Saint Laurent l'Abbaye	E - Saint Laurent l'Abbaye	Habitation située dans une position centrale du hameau, l'environnement sonore est jugé représentatif des autres habitations du hameau.

Tableau 3 : ZER étudiées et points de mesures du bruit résiduel

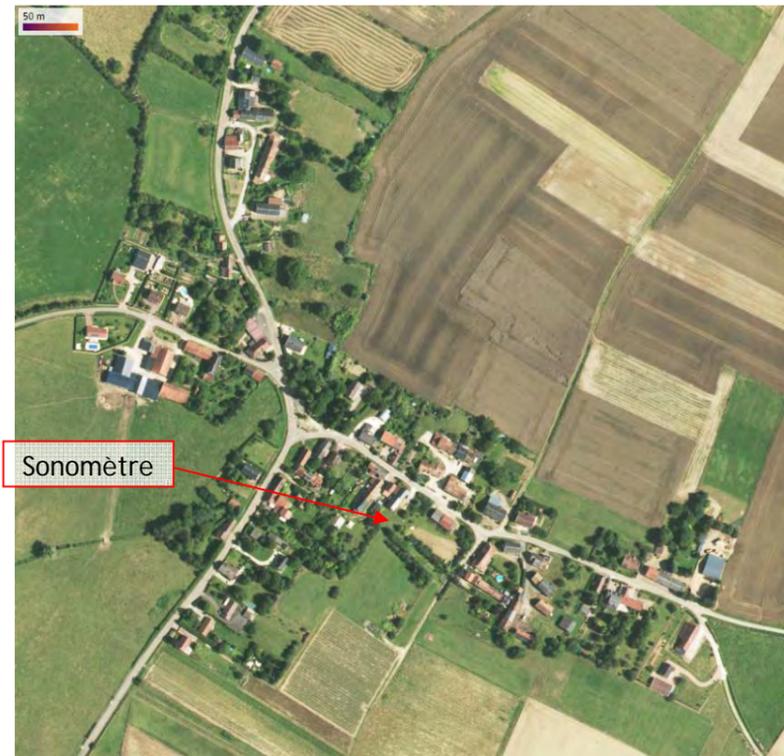
Les informations relatives à ces mesures, sont détaillées dans les pages suivantes. Leur localisation est présentée en Figure 9.

Des mesures ont également été conduites pour quatre autres lieux sur la commune de Suilly-la-Tour :

- La Buffière
- Suillyzeau
- Presle
- Le Taureau

Ces points de mesure n'ont finalement pas été pris en compte dans l'analyse présentée dans ce rapport car la zone d'étude ayant évolué au fil du développement du projet, ils se situent à des distances suffisamment grandes de l'implantation finale des éoliennes pour ne pas être impactés par celles-ci (> 2.4km). Au moment où la campagne acoustique avait été initiée, le projet pouvait être envisagé plus proche de ces lieux, c'est la raison pour laquelle des mesures y ont été réalisées dans le cadre de l'état initial sonore.

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Mesure réalisées par - type de sonomètre	Commentaires
A - Soumard	11, rue de la Citadelle	15/09/2015 - 14/10/2015	Rion NL52	Autoroute A77 à environ 3km au sud ouest



Emplacement du sonomètre pour le point de mesure A - Soumard



Photo du sonomètre

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Mesure réalisées par - type de sonomètre	Commentaires
B - Chambeau	18, rue des Bleuets	15/09/2015 - 14/10/2015	Rion NL52	Activités agricoles dans hameau

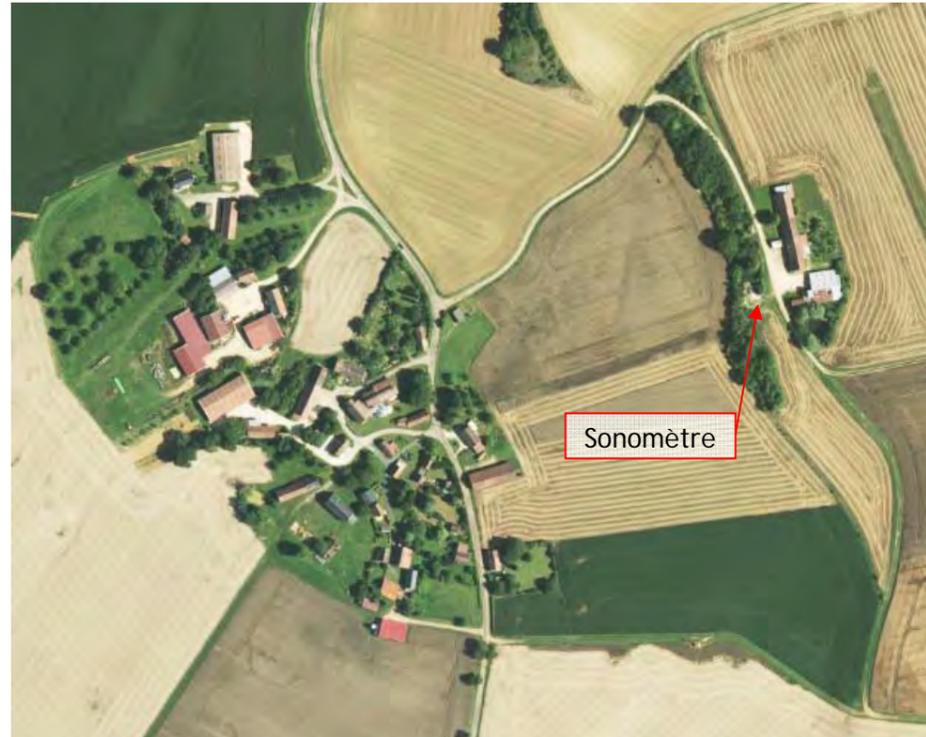


Emplacement du sonomètre pour le point de mesure B-Chambeau



Photo du sonomètre

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Mesure réalisées par - type de sonomètre	Commentaires
C - Chaume	Lieu dit la Fontaine	15/09/2015 - 14/10/2015	Rion NL52	Atelier de tapisserie derrière la maison (à l'est)



Emplacement du sonomètre pour le point de mesure C - Chaume



Photo du sonomètre

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Mesure réalisées par - type de sonomètre	Commentaires
D - Chevroux	n°5, Chevroux	15/09/2015 - 14/10/2015	Rion NL52	Activités agricoles dans hameau



Emplacement du sonomètre pour le point de mesure D - Chevroux



Photo du sonomètre

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Mesure réalisées par - type de sonomètre	Commentaires
E - Saint Laurent l'Abbaye	15, routes de Donzy	16/09/2015 - 08/10/2015	Rion NL52	Village, autoroute à environ 5km au sud ouest



Emplacement du sonomètre pour le point de mesure E - Saint Laurent l'Abbaye



Photo du sonomètre

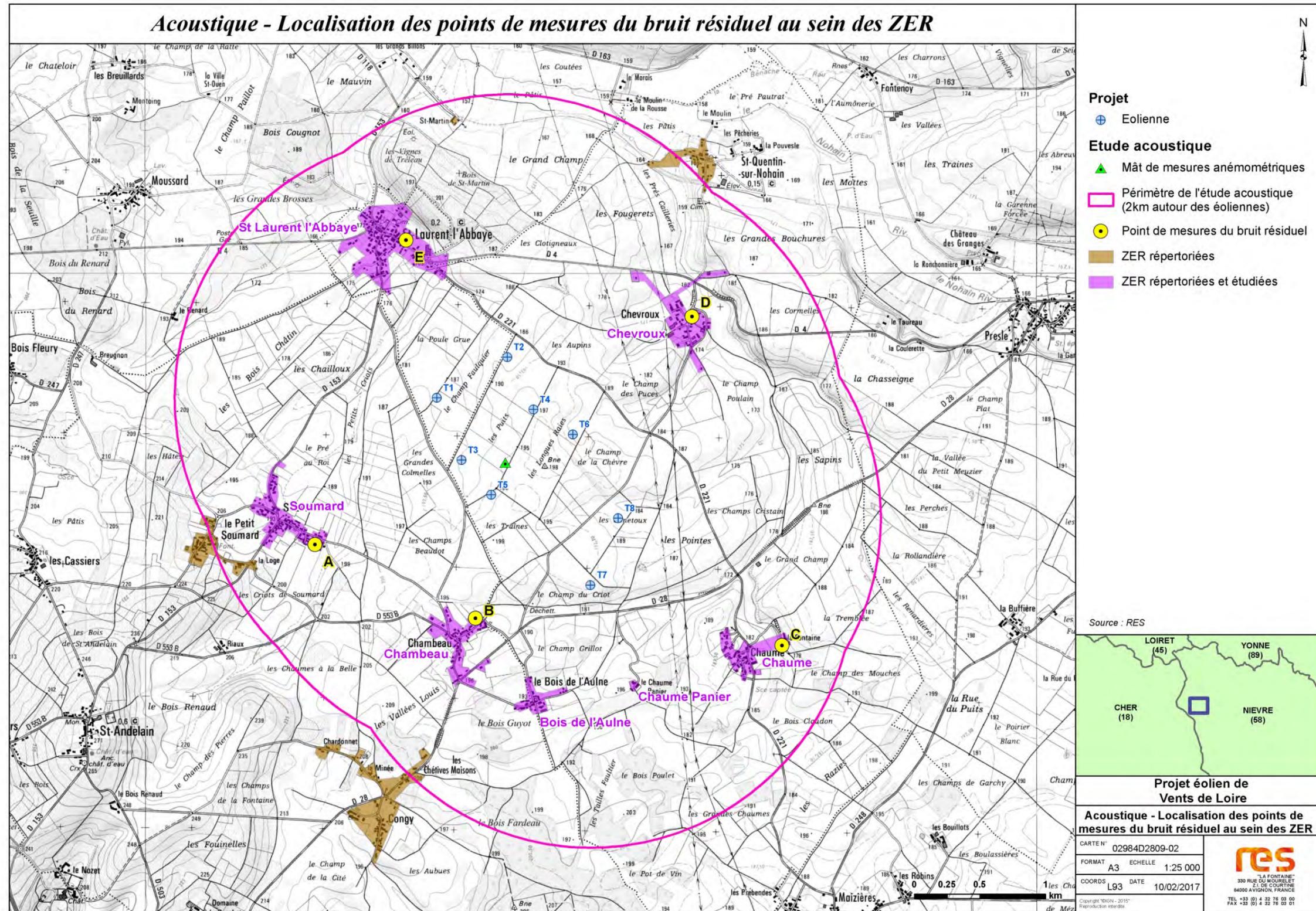


Figure 9 : Localisation des points de mesure au sein des ZER

5.1.2 Instrument de mesure du bruit

Le bruit résiduel est mesuré à l'aide d'un sonomètre.

Un sonomètre est un instrument constitué d'un microphone, d'une valise de protection, d'un système d'acquisition, de traitement et d'enregistrement de la mesure, et d'un câble de rallonge reliant le microphone au système d'acquisition. Un exemple est présenté Figure 10 ci-dessous.



Figure 10 : Photographie d'un sonomètre en cours d'utilisation

Pour assurer l'alimentation électrique du sonomètre, ce dernier peut-être directement branché sur le réseau électrique de l'habitation ou bien connecté à des batteries reliées à des panneaux solaires.

Différentes classes (I, II ou III) de sonomètres existent, selon la précision et la qualité de leurs mesures. Pour une méthode dite d'expertise telle que définie dans le projet de norme NFS 31-114 [7], les sonomètres doivent être de la meilleure précision possible, soit classe I. Toutes les mesures réalisées dans le cadre de cette étude ont été réalisées avec des sonomètres de classe I.

Conformément à la réglementation du bruit ICPE (référence [1] et définition des ZER), les mesures du bruit résiduel sont réalisées à l'extérieur des habitations (ou bureaux) des riverains concernés. Les sonomètres sont positionnés en champ libre ou à une distance minimum de 2 mètres de la façade, pour répondre aux exigences du projet de norme NFS 31-114 [7].

Les sonomètres sont réglés pour enregistrer tous les indices statistiques qui peuvent servir à décrire l'environnement sonore d'un lieu. Comme préconisé dans le projet de norme NFS 31-114, la statistique sonore $L_{A50, 10min}$ a été retenue avec un intervalle de mesurage de 1s. L'indice $L_{A50, 10min}$, qui représente la médiane des mesures 1s sur l'intervalle de 10min, représente bien l'ambiance sonore d'un lieu car il permet de filtrer les émissions sonores de sources de bruit très ponctuelles et élevées, telles que les aboiements d'un chien ou le passage d'un avion par exemple.

Il faut noter que les sonomètres sont munis de boules « anti-vent » et « anti-pluie » qui permettent de les protéger des conditions météorologiques qui perturberaient la mesure sonore : cependant, rappelons qu'un filtre des niveaux sonores est appliqué pour s'affranchir de la mesure par vent trop fort (>5m/s à hauteur du microphone) et que les périodes de pluie sont filtrées, conformément à la norme NFS 31-010. Les boules de protection sont conformes à la norme de la Commission Electrotechnique Internationale CEI 60651 [15].

Les sonomètres sont calibrés au début de la campagne de mesure et vérifiés à la fin : les valeurs lues lors des calibrages ne doivent pas s'écarter de plus de 0.5dB selon la NFS 31-010. Les calibrages des sonomètres sont conformes aux exigences de la norme : aucune dérive n'a été détectée pour toutes les mesures présentées dans ce rapport. Les appareils sont paramétrés conformément aux normes françaises en vigueur [7].

5.1.3 Instrument de mesure du vent

Dans le cadre d'un projet éolien, le bruit résiduel de chaque ZER doit être caractérisé en fonction d'une vitesse de vent représentatif de l'emplacement des éoliennes.

Les données climatologiques ont donc été mesurées sur le site éolien à l'aide d'un mât de mesure d'une hauteur totale de 103 m par rapport au sol.

Ce mât est équipé d'anémomètres (mesurant la vitesse de vent) et de girouettes (mesurant la direction du vent) à différentes hauteurs, ainsi que de capteurs de pression et de température. Le mât est également équipé d'un pluviomètre permettant de relever les éventuelles périodes de pluie pendant la campagne de mesure du bruit résiduel.

5.1.4 Durée des mesures

Il n'existe pas de durée de mesure idéale pour caractériser l'environnement sonore d'un site.

Le but est de réaliser des mesures de bruit résiduel sur une période suffisamment longue pour correspondre à un panel de directions et de vitesses de vent caractéristique du régime de vent du projet éolien étudié. Le projet de norme NFS 31 114 [7] conseille un nombre de couples de mesures (niveau sonore, vitesse du vent) pour chaque gamme de vitesse de vent (classe de 1m/s) pour assurer la représentativité de l'ambiance sonore du lieu étudié. Il est recommandé d'avoir au moins 10 valeurs de 10mins dans chaque classe de vent.

En fonction des caractéristiques du site étudié et de la période de l'année, la durée requise pour collecter les données nécessaires peut varier de quelques jours à 3 ou 4 semaines, voire plus dans des cas particuliers.

Dans le cas présent, la campagne de mesure a duré entre 3 et 4 semaines selon les points.

5.2 ANALYSE DU BRUIT RESIDUEL

5.2.1 Conditions climatiques durant la campagne de mesure du bruit résiduel

Les sections suivantes présentent les conditions météorologiques qui ont caractérisé la campagne de mesure du bruit résiduel et dont l'objectif est de :

- S'assurer de la représentativité de la mesure sonore en direction et en vitesse du vent, vis-à-vis des régimes de vent dominants sur le site dans l'année (rose des vents, distribution des vitesses de vent - cf. projet de norme NFS 31-114) ;
- Vérifier les périodes éventuelles de pluie pendant les mesures pour s'en affranchir (cf. NFS 31-010) ;
- Vérifier les conditions de vent au niveau du sonomètre pour filtrer les mesures de bruit correspondantes à des vitesses de vent trop élevés (>5m/s à hauteur du microphone, soit environ 1.5m du sol - cf. NFS 31-010).

Les données présentées ci-dessous sont issues des mesures réalisées par RES au niveau du mât anémométrique présent sur site

❖ Distribution des vitesses de vent sur site

Parallèlement aux mesures sonores, la vitesse et la direction du vent sont enregistrées sur le site grâce au système de mesures géré par RES et installé sur la zone d'implantation du projet. Ces mesures sont disponibles à différentes hauteurs : 35, 57, 81, 95 et 103 m.

La Figure 11 ci-dessous permet de comparer la distribution (en fréquence) des vitesses enregistrées durant la campagne de mesure du bruit résiduel avec la distribution long-terme des vitesses de vent du site.

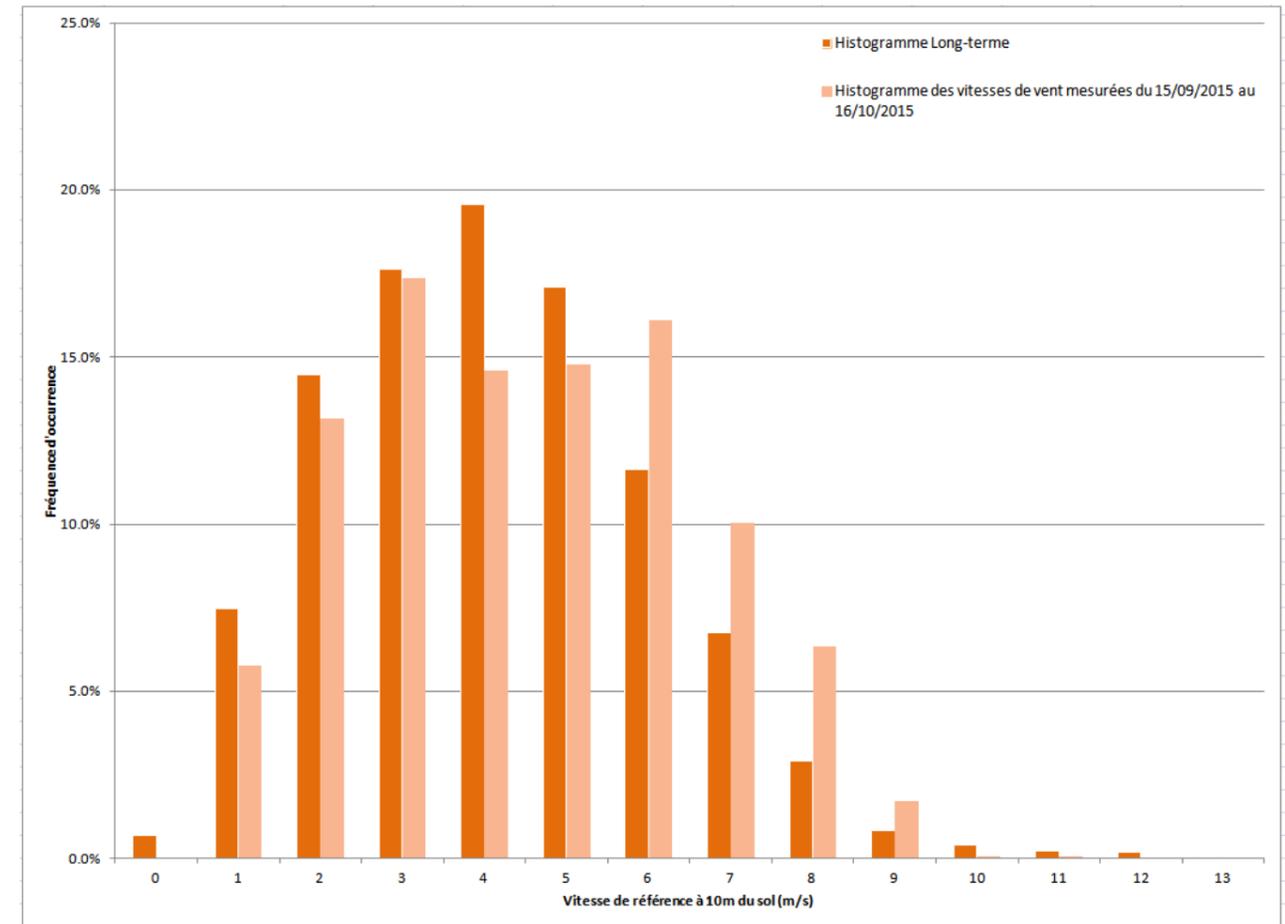


Figure 11 : Distributions des vitesses de vent mesurée durant la campagne acoustique du 15/09/2015 au 16/10/2015 et estimée sur le long-terme

Cette comparaison permet d'illustrer la bonne représentativité des vitesses de vent rencontrées au cours de la campagne acoustique vis-à-vis des vitesses de vent les plus fréquentes à l'année sur le site éolien étudié.

La distribution de fréquence des vitesses de vent correspondante à la campagne de mesure du bruit résiduel couvre les classes de vitesses de vent de 1 m/s à 9 m/s à 10m sur site. Les vitesses de vent faibles et modérées, les plus fréquentes à l'année sur ce site, sont bien représentées.

On note que les classes de vitesse de vent élevées (> 9 m/s à 10m de haut), correspondant au régime de vent fort, ne sont pas représentées, ce qui est normal vu leur faible fréquence d'apparition à l'année (environ 1% du temps). Cependant, ceci ne remet pas en cause la présente analyse. En effet, le modèle d'éolienne utilisé ici plafonne ses émissions sonores à partir de 10m/s à hauteur de moyeu (voir Annexe 4). Autrement dit, le bruit du parc éolien n'augmentera plus dès que la vitesse du vent à 10m du sol dépasse la valeur de 7m/s, tandis que le bruit résiduel, lui, continuera d'augmenter avec la vitesse du vent, pour les lieux exposés aux vents ou se stabilisera à partir de cette vitesse de vent, pour les lieux protégés du vent. Dans tous les cas, la valeur de l'émergence résultante à partir de cette classe de vitesse de vent sera au maximum égale à la dernière classe de vent disponible.

Dans le cas où certaines classes de vent ne sont pas présentes pendant la campagne acoustique, il est possible d'extrapoler les valeurs du bruit résiduel à partir des mesures disponibles. Les mesures du

bruit résiduel peuvent donc être évaluées pour les classes de vitesse de vent de 3 à 10m/s à 10m de haut.

❖ Rose des vents mesurée à l'emplacement du mât

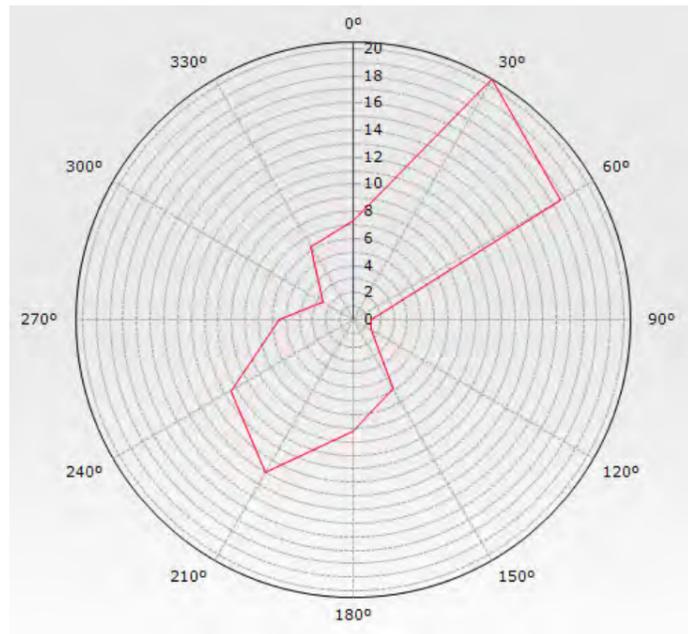


Figure 12 : Rose des vents mesurée pendant la campagne acoustique du 15/09/2015 au 16/10/2015

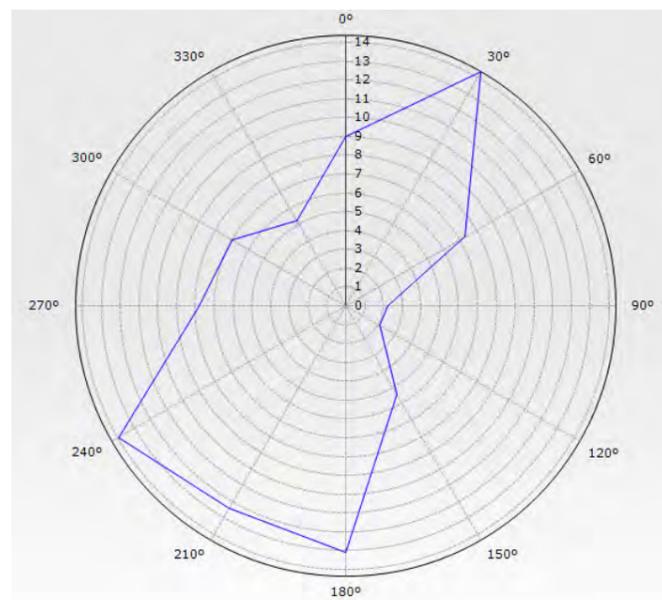


Figure 13 : Rose des vents long-terme estimée sur site

La rose des vents long-terme estimée sur site présente une direction dominante Sud-Ouest et une direction secondaire Nord-Est.

On retrouve ces composantes dominantes sur la rose des vents mesurée pendant la campagne de mesure du bruit résiduel.

On peut donc conclure que les conditions climatiques de la campagne de mesure du bruit résiduel ont permis de mesurer un bruit résiduel représentatif de l'environnement sonore usuel des alentours du site.

❖ Pluie

Des épisodes pluvieux ont été observés pendant la campagne de mesure du bruit résiduel, qui s'est déroulée du 15/09/2015 au 16/10/2015: au total, 2.5 jours de pluie ont été recensés au niveau des sonomètres. Ces données pluviométriques sont mesurées sur le site éolien mais elles sont valables dans un rayon d'au moins 2km autour du parc éolien. Elles ont été exclues de l'analyse, conformément aux exigences de la norme NFS 31-010.

❖ Mesures du vent au niveau des sonomètres

Un système anémométrique de même hauteur que le microphone (environ 1.5m) a été placé à 1m environ de chaque sonomètre. Ce capteur anémométrique permet de vérifier la vitesse du vent enregistrée simultanément à la mesure sonore. La norme NFS 31-010 indique notamment que la mesure n'est plus très fiable (et non garantie par les constructeurs) pour des vitesses de vent supérieure à 5m/s à hauteur de microphone.

Conformément à la norme NFS 31-110, pour chaque point de mesures, les périodes de 10 minutes pour lesquelles les vitesses moyennes mesurées au niveau du sonomètre sont supérieures à 5m/s sont filtrées.

Au cours de la campagne de mesure du bruit résiduel, aucune vitesse de vent supérieure à 5m/s n'a été enregistrée au niveau des sonomètres.

❖ Classes de vent homogènes

L'analyse acoustique est réalisée sur des classes de vent homogènes. Une classe homogène est définie en fonction des facteurs environnementaux ayant une influence sur la variabilité des niveaux sonores (trafic routier, activités humaines, chorus matinal, orientation du vent, saison...).

Pour le projet de Vents de Loire, la proximité de l'autoroute A77 au sud ouest du projet engendre un effet directionnel sur les mesures de bruit résiduel pour certaines habitations. Deux classes de vent homogènes aux points A, C, D et E ont été définies : le secteur [315°-135°] et le secteur [135°-315°]. Pour ces 4 points, l'analyse acoustique est réalisée en considérant séparément les deux secteurs.

5.2.2 Nombre de points de mesure par classe de vitesse de vent

Comme indiqué au paragraphe 5.1.4, le projet de norme NFS 31-114 [7] spécifie un nombre de couples de mesure (niveau sonore, vitesse du vent) pour chaque classe de vitesse de vent pour garantir une certaine représentativité de l'ambiance sonore du lieu. Il est nécessaire d'avoir au moins 10 valeurs de 10mins dans chaque classe de vitesse de vent pour que la valeur du niveau sonore de la vitesse considérée soit jugée fiable.

L'extrapolation des mesures sonores est aussi tolérée dans ce cadre de phase prévisionnelle, où on dispose d'un nombre conséquent de données pour évaluer la tendance de l'évolution du bruit sur les classes de vent éventuellement manquantes.

Le tableau ci-dessous indique, pour chacun des points de mesure et pour chacune des périodes diurnes et nocturnes, le nombre de mesures 10mins disponibles et exploitées.

Les cases rosées indiquent un nombre de données exploitables inférieur à 10, pour les classes de vitesse de vent correspondantes, le niveau sonore résiduel a donc été estimé par extrapolation des niveaux sonores disponibles sur les autres vitesses de vent.

vitesse standardisée à 10m (m/s)	A		B	C		D		E	
	[135° - 315°]	[315° - 135°]		[135° - 315°]	[315° - 135°]	[135° - 315°]	[315° - 135°]	[135° - 315°]	[315° - 135°]
3	211	250	457	152	266	205	244	201	167
4	160	391	535	130	385	152	386	149	141
5	138	343	480	115	350	124	344	126	209
6	129	162	302	133	159	133	164	134	132
7	88	68	166	80	69	90	68	90	65
8	65	10	78	43	15	58	10	60	10
9	20	1	22	5	2	15	1	18	1
10	1	0	1	1	0	1	0	1	0

Tableau 4 : Nombre de valeurs LA50, par classe de vitesse de vent pour les périodes diurnes

vitesse standardisée à 10m (m/s)	A		B	C		D		E	
	[135° - 315°]	[315° - 135°]		[135° - 315°]	[315° - 135°]	[135° - 315°]	[315° - 135°]	[135° - 315°]	[315° - 135°]
3	71	97	162	47	116	71	97	71	56
4	77	148	218	80	143	79	149	77	67
5	102	150	260	85	154	105	150	105	73
6	133	209	351	90	209	132	210	132	112
7	75	110	189	58	110	66	110	66	99
8	38	37	77	26	37	26	37	26	37
9	8	1	9	5	1	5	1	5	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 5 : Nombre de points de mesure par classe de vitesse de vent pour les périodes nocturnes

5.2.3 Corrélation des données de bruit résiduel avec le vent sur site

La corrélation des mesures de bruit avec les vitesses de vent enregistrées sur site permet d'obtenir les niveaux sonores du bruit résiduel en fonction des classes de vitesses de vent mesurées sur site.

La méthode employée pour obtenir ces niveaux sonores résiduels est explicitée dans le projet de norme NFS 31-114 [7] : il s'agit d'une analyse statistique basée sur la médiane. Pour chaque gamme de vitesse de vent (classe de 1m/s) à 10m de haut sur le site éolien étudié, le niveau sonore retenu est la médiane des mesures LA50. Comme précisé précédemment, cette méthode s'applique lorsque la classe de vitesse de vent étudiée inclut au moins 10 données. Dans le cas contraire, on calculera une valeur par extrapolation des niveaux sonores résiduels disponibles.

La représentation de cette corrélation est un nuage de points, avec en abscisse (axe horizontal) la vitesse de vent à 10m au niveau du système de mesure RES et en ordonnée (axe vertical), le niveau sonore $L_{A50, 10min}$ correspondant aux mesures chez le riverain. Un exemple de nuage de points est présenté Figure 14 ci-après. La médiane retenue pour chaque gamme de vitesse de vent est

représentée par un rond jaune. Notons sur cet exemple que les valeurs correspondantes aux vitesses supérieures à 8m/s à 10m de haut sur le site ont été extrapolées (linéaire des médianes pour les vitesses disposant d'un nombre minimum de 10 points, tracée en pointillé noir).

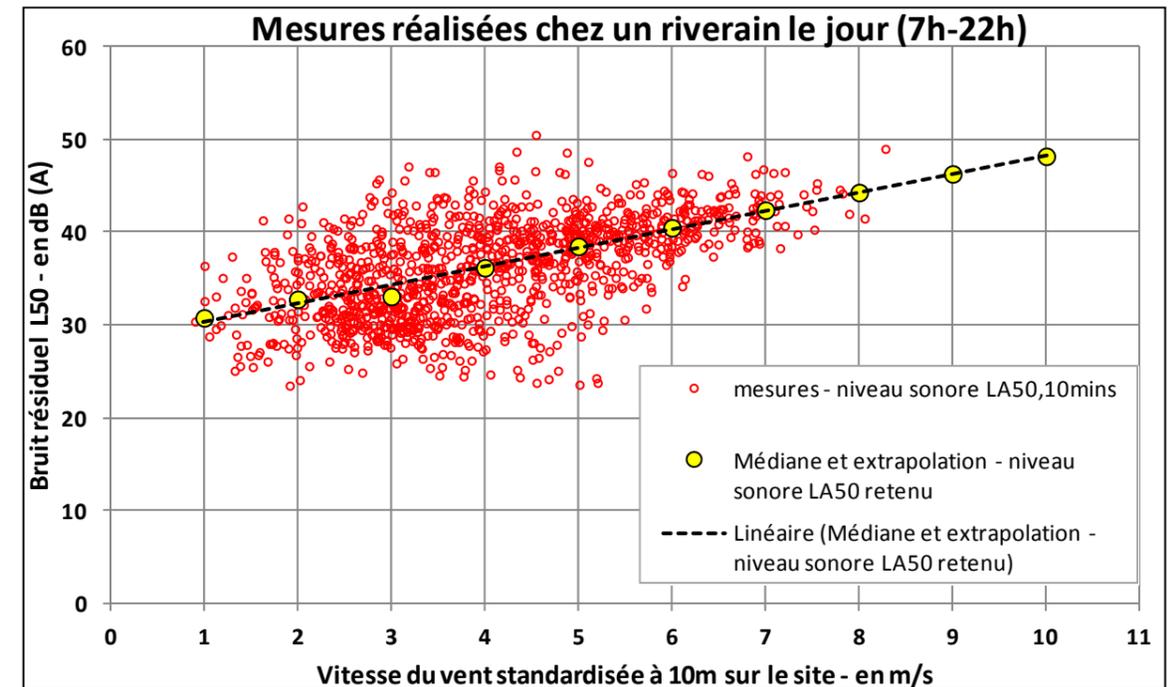


Figure 14 : Exemple de nuage de points illustrant la corrélation des niveaux sonores du bruit résiduel avec la vitesse de vent sur site

5.2.4 Résultats

Les Tableau 6 et Tableau 7 présentent les niveaux sonores du bruit résiduel obtenus après analyse sur chaque période réglementaire jour et nuit, pour tous les points de mesure concernés.

Nom des points de mesures	Vitesse du vent sur le site, à 10m de hauteur ($V_{10, z=0.05}$) - m/s							
	3	4	5	6	7	8	9	10
A - Soumard [135°-315°]	36.2	38.2	41.2	42.7	41.4	43.6	45.5	47.2
A - Soumard [315°-135°]	33.0	34.7	35.0	32.9	34.7	43.1	43.1	43.1
B - Chambeau	32.2	35.0	35.7	36.0	37.1	38.7	42.9	42.9
C - Chaume [135°-315°]	31.8	33.3	36.1	36.9	38.1	39.3	40.4	41.6
C - Chaume [315°-135°]	31.2	34.2	33.5	32.3	35.0	39.0	39.0	39.0
D - Chevroux [135°-315°]	34.2	34.0	36.8	36.5	37.5	37.6	44.0	44.0
D - Chevroux [315°-135°]	34.1	36.3	37.0	38.4	36.9	44.2	44.2	44.2
E - Saint Laurent l'Abbaye [135°-315°]	33.3	34.0	37.7	38.7	39.4	42.4	49.1	49.1
E - Saint Laurent l'Abbaye [315°-135°]	35.2	36.7	37.2	37.8	35.0	43.3	43.3	43.3

Tableau 6 : Bruit résiduel pour les périodes diurnes (7h00 - 22h00)

Nom des points de mesures	Vitesse du vent sur le site, à 10m de hauteur ($V_{10_z = 0.05}$) - m/s							
	3	4	5	6	7	8	9	10
A - Soumard [135°-315°]	22.9	25.3	28.0	29.8	34.3	39.6	39.6	41.5
A - Soumard [315°-135°]	20.0	20.1	20.4	19.9	20.5	27.8	27.8	27.8
B - Chambeau	21.9	22.8	24.0	24.1	26.1	32.7	32.7	32.7
C - Chaume [135°-315°]	21.4	23.8	27.4	26.2	30.6	34.9	35.0	37.2
C - Chaume [315°-135°]	21.5	22.2	21.6	21.9	22.9	25.4	25.4	25.4
D - Chevroux [135°-315°]	20.8	20.9	22.5	23.9	30.5	33.3	33.3	33.7
D - Chevroux [315°-135°]	24.3	25.0	24.9	24.8	25.7	27.0	27.0	27.5
E - Saint Laurent l'Abbaye [135°-315°]	21.8	22.1	24.5	27.3	32.4	36.7	36.7	37.6
E - Saint Laurent l'Abbaye [315°-135°]	21.7	22.5	22.9	22.6	23.8	27.3	27.3	27.3

Tableau 7 : Bruit résiduel pour les périodes nocturnes (22h00 - 7h00)

L'Annexe 3 présente tous les graphes de corrélation, i.e. les niveaux sonores mesurés en fonction des vitesses de vent sur le site éolien étudié, pour les périodes diurnes et nocturnes. Ceci permet d'avoir une visualisation graphique des résultats de la campagne acoustique, au delà du niveau sonore retenu (médiane LA50) pour chaque classe de vitesse de vent, tel que présenté dans les tableaux.

6 MODELISATION DE L'IMPACT SONORE DU PROJET EOLIEN DE VENTS DE LOIRE

Afin d'évaluer les émergences à l'emplacement des ZER étudiées, il est nécessaire de calculer la contribution sonore cumulée des éoliennes à l'emplacement de ces mêmes ZER. Ces contributions correspondent à l'impact cumulé de toutes les éoliennes, pour chaque ZER, pour chacune des périodes réglementaires diurnes et nocturnes, et pour chaque classe de vitesse de vent standardisée à 10m au dessus du sol sur la plage de fonctionnement des éoliennes.

La prévision des niveaux sonores émis par les éoliennes est réalisée sur ordinateur à l'aide d'un logiciel basé sur l'algorithme ISO 9613-2 [8].

Les différentes données d'entrée ainsi que les paramètres du calcul de modélisation sont détaillés ci-dessous.

6.1 CARACTERISTIQUES DES EOLIENNES

La modélisation de l'impact d'un projet éolien nécessite plusieurs données d'entrée dont la donnée essentielle réside en la localisation précise de chaque éolienne du projet, ainsi que ses caractéristiques (hauteur de moyeu et données acoustiques).

Concernant les données acoustiques à la source (moyeu), il s'agit du spectre (décomposition en fréquence de la puissance sonore) et des puissances sonores fonction des vitesses de vent.

Ainsi, le spectre des émissions sonores du modèle d'éolienne envisagé, fourni par le constructeur, est indispensable pour réaliser ce calcul. Il est généralement fourni pour la vitesse standardisée dite « de référence » de 8m/s à 10m de haut. La courbe de puissance sonore du modèle envisagé, également fournie par le constructeur sur une plage allant de 3 à 10m/s (voire au-delà) permet de réaliser le

calcul d'impact du parc pour toutes les vitesses de vent pendant lesquelles les éoliennes fonctionneront sur ce site.

Un calcul est donc réalisé pour chaque vitesse de vent, comprise dans la plage de fonctionnement de l'éolienne, couplée aux fréquences d'apparition de ces mêmes vitesses de vent sur le site. Ainsi la plage 3-10 m/s à 10m de hauteur représente la majorité des vents présents à l'année sur le site.

6.1.1 Modèle retenu

L'aérogénérateur retenu pour la modélisation acoustique du projet éolien de Vents de Loire, Vestas V126-3.3MW, présente les caractéristiques techniques suivantes :

- Puissance unitaire : 3.3 MW
- Hauteur du moyeu : 117 m
- Diamètre des pales : 126 m
- Type d'éolienne à vitesses de rotation variables : 5.3 - 16.5 tours par minute

Le modèle d'éolienne retenu après consultation des constructeurs pourra présenter des caractéristiques géométriques ou électriques différentes de celui présenté dans ce rapport, sans que cela ne constitue un changement notable de l'installation au sens du Code de l'Environnement. En effet, aucun danger ou inconvénient significatif n'en résultera dans la mesure où les niveaux d'émission sonore du modèle finalement retenu au moment de la construction du parc éolien permettent de respecter les critères acoustiques réglementaires définis dans l'arrêté du 26 août 2011.

6.1.2 Puissance acoustique et spectre sonore

Pour chaque type d'éolienne, il existe plusieurs réglages (généralement appelés modes) correspondant à des courbes de puissance sonore différentes. Ainsi, le modèle choisi pour cette analyse propose divers réglages ; par exemple il pourra être réglé sur différents modes allant de 106 dB(A) à 98,3 dB(A), suivant les sensibilités rencontrées en périodes diurnes (7h00-22h00) et en périodes nocturnes (22h00-7h00). Les caractéristiques acoustiques (courbes de puissance sonore) de ce modèle sont présentées en Annexe 4. La courbe de puissance acoustique fournit la valeur d'émission sonore à hauteur du moyeu de la machine en fonction de la vitesse du vent, tandis que le spectre sonore indique la décomposition de cette puissance sonore en fonction des fréquences (Hz) d'émission de la machine.

6.2 PROPAGATION

Pour simuler la propagation du son entre les éoliennes et les ZER, le logiciel utilise l'algorithme ISO 9613-2 [8]. Cet algorithme prend en compte :

- Les atténuations dues à la divergence géométrique (atténuation due à la distance) ;
- L'absorption atmosphérique, qui dépend principalement de la température et de l'humidité moyenne de l'air ;
- L'absorption et la réflexion du sol décrite par un facteur G d'absorption du sol ;
- Les effets d'écran. Ces effets peuvent être causés par tout type d'obstacle entravant la propagation du son. Afin de rester conservateur, seuls les effets d'écran liés à la topographie sont modélisés.

La divergence géométrique est la première cause d'atténuation de la propagation du son en champ libre, en milieu extérieur. Les effets topographiques peuvent également avoir une importance non négligeable.

Pour calculer les prévisions sonores du parc éolien, les paramètres d'entrée ont été choisis comme suit :

- L'absorption du sol G a été fixée à 0.7. Plus la valeur de G est élevée, plus l'atténuation due au sol est importante. La valeur G=0.7 correspond à la plupart des cas étudiés, comme le montre le tableau ci-dessous:

Type de sol	Valeur de l'absorption G
Eau	0
Pelouse	0.6-0.8
Terrain en herbe	0.6-0.8
Forêt feuillue	0.7-0.9
Champs labourés	0.7-0.9
Neige Fraiche	1

Tableau 8 : Valeurs de référence de l'absorption du sol en fonction du type de sol

- Les paramètres représentant les conditions atmosphériques ont été choisis de sorte à favoriser la propagation sonore, au sens de la norme ISO 9613-2. Par conséquent, la température moyenne est fixée à 10°C et l'humidité relative moyenne à 70% : ces valeurs sont donc conservatrices;
- Le terrain est modélisé grâce aux données de l'Institut Géographique National (BD Alti) ;
- La couverture végétale (bois, forêts) n'est pas prise en compte dans la modélisation. Tous les effets d'atténuation des rayons sonores par la végétation sont donc négligés, même si ces effets sont souvent peu perceptibles dans le cas des parcs éoliens où les sources sonores sont à une hauteur élevée par rapport au niveau du sol. Ce choix reste conservateur;
- La localisation précise des éoliennes et des ZER, via leurs coordonnées respectives, est fournie dans le logiciel;
- Les prévisions sont calculées pour un récepteur d'une hauteur de 4 m au dessus du sol - hauteur recommandée dans la référence [9], soit à l'emplacement de chaque ZER. Cette hauteur est équivalente à des prévisions faites au deuxième étage d'un bâtiment et permet d'obtenir un niveau sonore des éoliennes plus élevé qu'un calcul réalisé à 1.8 m du sol, et plus proche du niveau qui serait réellement perçu. Cette valeur de 4m maximisant donc légèrement l'impact du parc éolien au niveau des ZER, restant en ligne avec la position conservatrice de la présente modélisation ;
- Les prévisions ont été obtenues pour toutes les gammes de vitesses de vent $V_{10,z=0,05}$ (classe de 1m/s centrée sur la valeur entière) : entre 3 et 10 m/s ;
- Toutes les prévisions des émissions sonores du parc éolien sont réalisées en considérant que les ZER se situent toujours sous le vent de toutes les éoliennes du parc, cas le plus favorable à la propagation sonore, conformément aux recommandations de la norme ISO 9613-2. Ce choix de calcul est très conservateur, dans la mesure où une ZER ne sera que très rarement sous le vent de toutes les éoliennes : il conduit ainsi à une surestimation des prévisions des niveaux sonores dus au fonctionnement du parc éolien, à l'emplacement de toutes les ZER étudiées.

Le choix d'une modélisation conservatrice (conduisant à des niveaux sonores émis par le parc plus élevé qu'avec d'autres paramètres) permet d'avoir une marge vis-à-vis de l'impact sonore réel du parc éolien lorsqu'il sera en exploitation. En effet, la propagation sonore est un phénomène difficile à modéliser, notamment du fait de sa dépendance à des facteurs variables dans le temps. Ainsi, considérer les paramètres les plus favorables à la propagation du son, qui surestiment généralement l'impact du parc éolien, permet de s'assurer de la conformité acoustique future du parc en exploitation.

Une expertise menée dans le cadre de recherche pour La Commission Européenne a étudié de façon approfondie la propagation des émissions sonores des aérogénérateurs à l'aide de cet algorithme.

L'algorithme ISO 9613 demeure à ce jour le plus fiable et son aspect conservateur a bien été prouvé puisqu'il tend généralement à surestimer les niveaux de bruit [9].

Cependant, pour les sites à topographie complexe, les atténuations sonores liées aux effets d'écran peuvent être surestimées, et donc conduire à une sous-estimation des contributions sonores d'une ou plusieurs éoliennes à l'emplacement de certaines ZER étudiées (principalement celles qui n'ont pas de vue directe sur l'ensemble des éoliennes). Pour remédier à ce problème, une étude a été menée [14], aboutissant aux conclusions suivantes :

- L'atténuation liée aux effets d'écran doit être majorée à 2dB(A). Ceci signifie que si le logiciel prédit une atténuation liée aux effets d'écran supérieure à 2dB(A), alors la valeur de cette atténuation sera ramenée à 2dB(A);
- Une correction pour les effets supplémentaires résultant de la présence de certains effets de sol entre la source et le récepteur est prise en compte.

Il est important de noter que RES applique ces corrections pour toutes les expertises de ses projets, quelle que soit la nature de la topographie. Ceci garantit une démarche conservatrice.

L'ensemble des choix de calcul et des paramètres de modélisation du parc éolien dans son environnement proche favorise toujours la propagation sonore entre le parc éolien et les riverains des ZER concernées. La méthodologie employée par RES est donc conservatrice.

6.3 POINTS DE CALCUL RETENUS AU SEIN DES ZER

Au sein de chaque ZER, l'impact du parc éolien peut varier en fonction de la proximité aux éoliennes mais aussi de l'exposition à celles-ci selon la topographie entre le site et les lieux étudiés. Dans la modélisation de l'impact sonore des éoliennes, différents points de calcul à l'intérieur de chaque ZER sont étudiés pour tenir compte de ces variations : on ne retient ensuite que les plus impactés.

En effet, bien que le paramètre de distance au projet soit prépondérant dans le choix des points de calcul, les paramètres de modélisation, décrits ci-dessus au paragraphe 6.2, peuvent amener à obtenir des niveaux d'émissions sonores du parc plus élevés pour des points de calculs un peu plus éloignés du site. Ceci est dû aux effets de la topographie (effets de barrière) qui peuvent protéger du bruit des éoliennes certains points plus proches du site que d'autres.

La Figure 15 est un exemple de ce cas :

- Le point A, situé à flanc de colline, est protégé du bruit du parc par la topographie ;
- Le point B, pourtant plus éloigné des éoliennes, est aussi en retrait vis à vis du relief, autorisant donc une vue plus directe sur le projet éolien : il sera donc plus impacté par les émissions sonores du parc.



Figure 15 : Illustration d'une configuration de 2 lieux soumis à des impacts sonores différents

Par souci de clarté et d'efficacité on ne présente dans ce rapport que les points de calcul les plus proches et/ou les plus impactés au sein de chaque ZER.

Le Tableau 9 ci-dessous présente les points de calcul retenus au sein de l'ensemble des ZER prises en compte pour cette étude d'impact acoustique.

Nom de la ZER	Point de mesures	Point de calcul pour la modélisation sonore	Distance à l'éolienne la plus proche	Justification du choix du point de calcul au sein de la ZER
ZER Soumard	A	H1-Soumard	T3-1170m	Habitation la plus proche
ZER Chambeau	B	H2-Chambeau	T7-890m	Habitation la plus proche
ZER Bois de l'Aulne	B	H3-Bois de l'Aulne	T7-860m	Habitation la plus proche
ZER Chaume Panier	C	H4-Chaume Panier	T7-800m	Habitation la plus proche
ZER Chaume	C	H5-Chaume	T7-1060m	Habitation la plus proche
ZER Chevroux	D	H6-Chevroux	T6-1040m	Habitation la plus proche
ZER Saint Laurent l'Abbaye	E	H7-Saint Laurent l'Abbaye	T2-770m	Bureau (Algeco) le plus proche

Tableau 9 : Points de calcul retenus au sein des ZER

La carte (cf. Figure 16) présentée ci-après permet de situer toutes les ZER étudiées dans l'analyse de l'impact acoustique du projet éolien, ainsi que les points de calcul retenus et les points de mesures du bruit résiduel. Cette carte fournit des contours d'iso-distance des éoliennes, ce qui permet d'apprécier rapidement la distance entre les ZER et le parc éolien.

Les résultats de la modélisation du parc éolien de Vents de Loire sont présentés dans les tableaux d'analyse de conformité au critère réglementaire de l'émergence, section 7.1 : Tableau 10 (résultats diurnes 7h-22h) et Tableau 11 (résultats nocturnes 22h-7h).

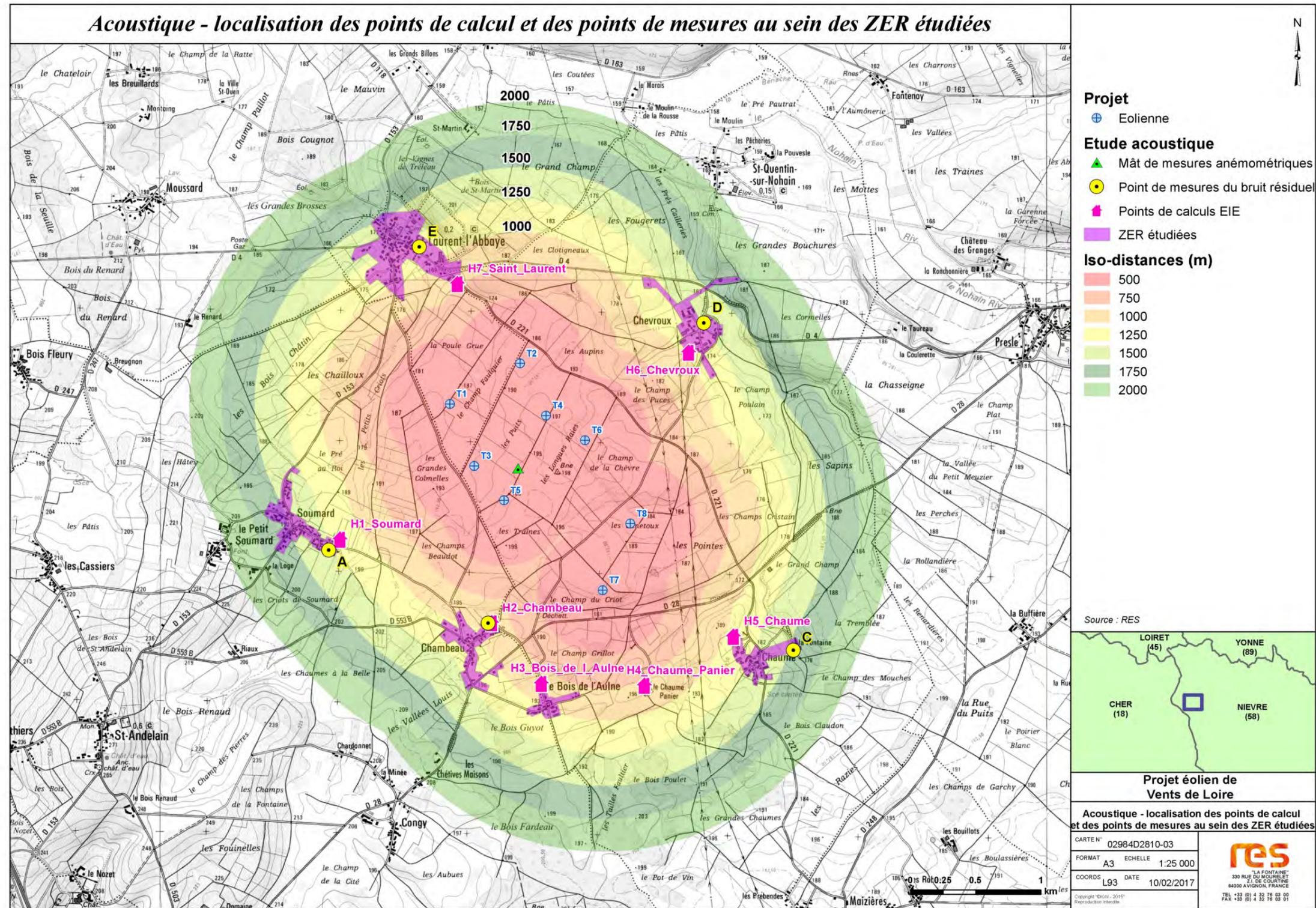


Figure 16 : Localisation des points de calcul et des points de mesure au sein des ZER étudiées

7 EVALUATION DES CRITERES REGLEMENTAIRES

7.1 EMERGENCES

A partir des niveaux mesurés du bruit résiduel et des niveaux sonores prévus émis par le parc éolien, il est nécessaire de calculer les niveaux du bruit ambiant correspondant à chaque zone à émergence réglementée, pour en déduire les émergences associées.

Le bruit ambiant est calculé à l'aide de la formule suivante (addition logarithmique entre le bruit résiduel et le bruit particulier, bruit du parc éolien étudié ici) :

$$\text{Bruit Ambiant} = 10 \times \log[10^{\text{Bruit Résiduel} \times 0.1} + 10^{\text{Bruit des Eoliennes} \times 0.1}] \quad \text{Formule 3}$$

L'émergence est ensuite calculée par soustraction arithmétique du bruit résiduel au bruit ambiant :

$$\text{Emergence} = \text{Bruit Ambiant} - \text{Bruit Résiduel} \quad \text{Formule 4}$$

Le calcul est effectué pour chaque classe de vitesse du vent (sur la plage 3-10m/s à 10m de haut sur le site éolien étudié), pour chaque ZER, pour chaque période réglementaire (jour 7h-22h, nuit 22h-7h).

Il est important de noter que ce calcul étant réalisé à partir d'une modélisation, i.e. sur la base des prévisions sonores du parc éolien (valeurs théoriques), le bruit ambiant et les émergences correspondent donc eux aussi à des valeurs théoriques. La méthode conduite pour estimer le bruit perçu au niveau des ZER, émis par les éoliennes, étant conservatrice, cela se reporte logiquement sur le bruit ambiant ainsi que sur les émergences évaluées ci-dessous.

Les sections suivantes présentent l'ensemble des résultats acoustiques obtenus, issus des analyses précédentes, pour chaque ZER retenue dans ce rapport :

- Bruit résiduel
 - Bruit du parc éolien
 - Bruit ambiant
 - Emergence
- Pour chaque période réglementaire jour (7h00-22h00) et nuit (22h00-7h00) ;
 - Pour chaque vitesse de vent présente sur le site éolien étudié sur une plage de 3 à 10m/s (10m de haut)
 - Pour toutes les directions du vent représentatives du régime de vent du site

7.1.1 Emergences diurnes

Nom de la ZER - point de calcul	Bruit résiduel diurne L50 en dB(A)									Prévision du bruit émis par les éoliennes en dB(A)									Bruit ambiant diurne en dB(A) (Cumul du bruit des éoliennes avec le bruit résiduel)										Emergence diurne en dB(A)										Conformité / Loi ICPE
	Vitesse du vent sur le site, à 10m de hauteur ($V_{10,z=0.05}$) - m/s																																						
	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10							
ZER Soumard [135°-315°]	36,2	38,2	41,2	42,7	41,4	43,6	45,5	47,2	23,7	26,3	30,9	34,8	36,1	36,3	36,3	36,4	38,5	41,6	43,4	42,5	44,3	46,0	47,5	0,2	0,3	0,4	0,7	1,1	0,7	0,5	0,3	OUI							
ZER Soumard [315°-135°]	33,0	34,7	35,0	32,9	34,7	43,1	43,1	43,1	23,7	26,3	30,9	34,7	36,0	36,3	36,3	33,5	35,3	36,4	36,9	38,4	43,9	43,9	43,9	-	0,6	1,4	4,0	3,7	0,8	0,8	0,8	OUI							
ZER Chambeau [135°-315°]	32,2	35,0	35,7	36,0	37,1	38,7	42,9	42,9	26,5	29,1	33,7	37,6	38,9	39,1	39,1	33,2	36,0	37,8	39,9	41,1	41,9	44,4	44,4	-	1,0	2,1	3,9	4,0	3,2	1,5	1,5	OUI							
ZER Chambeau [315°-135°]									26,5	29,1	33,7	37,0	38,8	39,1	39,1	39,1	33,2	36,0	37,8	39,6	41,1	41,9	44,4	44,4	-	1,0	2,1	3,6	4,0	3,2	1,5	1,5	OUI						
ZER Bois de l'Aulne [135°-315°]	32,2	35,0	35,7	36,0	37,1	38,7	42,9	42,9	24,7	27,3	31,9	35,8	37,1	37,3	37,3	32,9	35,7	37,2	38,9	40,1	41,0	43,9	43,9	-	0,7	1,5	2,9	3,0	2,3	1,0	1,0	OUI							
ZER Bois de l'Aulne [315°-135°]									24,7	27,3	31,9	34,8	37,1	37,3	37,3	37,3	32,9	35,7	37,2	38,4	40,1	41,0	43,9	43,9	-	0,7	1,5	2,4	3,0	2,3	1,0	1,0	OUI						
ZER Chaume Panier [135°-315°]	31,8	33,3	36,1	36,9	38,1	39,3	40,4	41,6	24,8	27,4	32,0	35,9	37,2	37,4	37,4	32,6	34,3	37,5	39,4	40,7	41,4	42,2	43,0	-	-	1,4	2,5	2,6	2,1	1,8	1,4	OUI							
ZER Chaume Panier [315°-135°]	31,2	34,2	33,5	32,3	35,0	39,0	39,0	39,0	24,8	27,4	32,0	34,7	37,2	37,4	37,4	32,1	35,0	35,8	36,7	39,2	41,3	41,3	41,3	-	-	2,3	4,4	4,2	2,3	2,3	2,3	OUI							
ZER Chaume [135°-315°]	31,8	33,3	36,1	36,9	38,1	39,3	40,4	41,6	23,2	25,9	30,4	34,4	35,7	35,8	35,8	32,4	34,0	37,1	38,8	40,1	40,9	41,7	42,6	-	-	1,0	1,9	2,0	1,6	1,3	1,0	OUI							
ZER Chaume [315°-135°]	31,2	34,2	33,5	32,3	35,0	39,0	39,0	39,0	23,2	25,9	30,4	33,6	35,6	35,8	35,8	31,8	34,8	35,2	36,0	38,3	40,7	40,7	40,7	-	-	1,7	3,7	3,3	1,7	1,7	1,7	OUI							
ZER Chevroux [135°-315°]	34,2	34,0	36,8	36,5	37,5	37,6	44,0	44,0	24,9	27,6	32,1	36,1	37,4	37,5	37,5	34,7	34,9	38,1	39,3	40,4	40,6	44,9	44,9	-	-	1,3	2,8	2,9	3,0	0,9	0,9	OUI							
ZER Chevroux [315°-135°]	34,1	36,3	37,0	38,4	36,9	44,2	44,2	44,2	24,9	27,6	32,1	36,0	37,0	37,5	37,5	34,6	36,8	38,2	40,4	40,0	45,0	45,0	45,0	-	0,5	1,2	2,0	3,1	0,8	0,8	0,8	OUI							
ZER Saint Laurent l'Abbaye [135°-315°]	33,3	34,0	37,7	38,7	39,4	42,4	49,1	49,1	26,7	29,4	33,9	37,9	39,2	39,3	39,3	34,2	35,3	39,2	41,3	42,3	44,1	49,5	49,5	-	1,3	1,5	2,6	2,9	1,7	0,4	0,4	OUI							
ZER Saint Laurent l'Abbaye [315°-135°]	35,2	36,7	37,2	37,8	35,0	43,3	43,3	43,3	26,7	29,4	33,9	37,8	38,3	39,3	39,3	35,8	37,4	38,9	40,8	39,9	44,8	44,8	44,8	0,6	0,7	1,7	3,0	4,9	1,5	1,5	1,5	OUI							

Tableau 10 : Bruit résiduel, prévision du bruit des éoliennes, bruit ambiant et émergence pour les périodes diurnes (7h00-22h00)

- Le fonctionnement du parc éolien a été défini et adapté en périodes diurnes (7h00-22h00) pour le respect des 5dB d'émergence.
- Une valeur inférieure ou égale à 5 dB(A) dans les dernières colonnes indique que le critère d'émergence diurne de la loi ICPE du 26/08/2011 [1] est respecté.
- L'information « - » signifie « Emergence non applicable » : en effet le niveau sonore du bruit ambiant étant inférieur ou égal à 35dB(A), le critère d'émergence ne s'applique pas et le parc éolien reste conforme.

7.1.2 Emergences nocturnes

Nom de la ZER - point de calcul	Bruit résiduel nocturne L50 en dB(A)									Prévision du bruit émis par les éoliennes en dB(A)									Bruit ambiant nocturne en dB(A) (Cumul du bruit des éoliennes avec le bruit résiduel)										Emergence nocturne en dB(A)										Conformité / Loi ICPE
	Vitesse du vent sur le site, à 10m de hauteur ($V_{10,z=0.05}$) - m/s																																						
	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10							
ZER Soumard [135°-315°]	22.9	25.3	28.0	29.8	34.3	39.6	39.6	41.5	23.7	26.3	30.9	32.1	30.6	31.0	31.9	31.9	26.3	28.9	32.7	34.1	35.8	40.2	40.3	41.9	-	-	-	-	1.5	0.6	0.7	0.4	OUI						
ZER Soumard [315°-135°]	20.0	20.1	20.4	19.9	20.5	27.8	27.8	27.8	23.7	26.3	30.9	32.6	32.0	29.4	29.0	29.0	25.2	27.3	31.3	32.8	32.3	31.7	31.4	31.5	-	-	-	-	-	-	-	-	OUI						
ZER Chambeau [135°-315°]	21.9	22.8	24	24.1	26.1	32.7	32.7	32.7	26.5	29.1	33.7	34.6	34.3	32.8	32.8	32.6	27.8	30.0	34.1	35.0	34.9	35.7	35.7	35.6	-	-	-	-	-	3.0	3.0	2.9	OUI						
ZER Chambeau [315°-135°]									26.5	29.1	33.7	34.4	34.3	32.7	32.4	32.5	27.8	30.0	34.1	34.8	34.9	35.7	35.6	35.6	-	-	-	-	-	3.0	2.9	2.9	OUI						
ZER Bois de l'Aulne [135°-315°]	21.9	22.8	24.0	24.1	26.1	32.7	32.7	32.7	24.7	27.3	31.9	33.0	32.2	30.7	30.6	30.4	26.5	28.6	32.5	33.5	33.2	34.8	34.8	34.7	-	-	-	-	-	-	-	-	OUI						
ZER Bois de l'Aulne [315°-135°]									24.7	27.3	31.9	32.2	32.4	31.1	30.8	30.9	26.5	28.6	32.5	32.9	33.3	35.0	34.9	34.9	-	-	-	-	-	2.3	2.2	2.2	OUI						
ZER Chaume Panier [135°-315°]	21.4	23.8	27.4	26.2	30.6	34.9	35.0	37.2	24.8	27.4	32.0	33.0	32.6	30.6	30.4	30.2	26.4	29.0	33.3	33.9	34.7	36.3	36.3	38.0	-	-	-	-	-	1.4	1.3	0.8	OUI						
ZER Chaume Panier [315°-135°]	21.5	22.2	21.6	21.9	22.9	25.4	25.4	25.4	24.8	27.4	32.0	32.4	32.8	31.5	31.3	31.5	26.4	28.6	32.4	32.7	33.2	32.5	32.3	32.4	-	-	-	-	-	-	-	-	OUI						
ZER Chaume [135°-315°]	21.4	23.8	27.4	26.2	30.6	34.9	35.0	37.2	23.2	25.9	30.4	31.2	32.2	29.4	29.1	28.9	25.4	28.0	32.2	32.4	34.5	36.0	36.0	37.8	-	-	-	-	-	1.1	1.0	0.6	OUI						
ZER Chaume [315°-135°]	21.5	22.2	21.6	21.9	22.9	25.4	25.4	25.4	23.2	25.9	30.4	31.8	32.5	30.9	30.7	30.9	25.5	27.4	31.0	32.2	32.9	32.0	31.8	32.0	-	-	-	-	-	-	-	-	OUI						
ZER Chevroux [135°-315°]	20.8	20.9	22.5	23.9	30.5	33.3	33.3	33.7	24.9	27.6	32.1	33.7	32.2	33.3	32.4	32.2	26.3	28.4	32.6	34.1	34.4	36.3	35.9	36.0	-	-	-	-	-	3.0	2.6	2.3	OUI						
ZER Chevroux [315°-135°]	24.3	25.0	24.9	24.8	25.7	27.0	27.0	27.5	24.9	27.6	32.1	33.6	33.5	32.7	31.1	31.2	27.6	29.5	32.9	34.1	34.2	33.7	32.5	32.7	-	-	-	-	-	-	-	-	OUI						
ZER Saint Laurent l'Abbaye [135°-315°]	21.8	22.1	24.5	27.3	32.4	36.7	36.7	37.6	26.7	29.4	33.9	33.8	32.3	34.6	35.7	36.9	27.9	30.1	34.4	34.7	35.3	38.8	39.2	40.3	-	-	-	-	2.9	2.1	2.5	2.7	OUI						
ZER Saint Laurent l'Abbaye [315°-135°]	21.7	22.5	22.9	22.6	23.8	27.3	27.3	27.3	26.7	29.4	33.9	34.6	34.2	32.3	31.7	31.8	27.9	30.2	34.3	34.8	34.6	33.5	33.1	33.1	-	-	-	-	-	-	-	-	OUI						

Tableau 11 : Bruit résiduel, prévision du bruit des éoliennes, bruit ambiant et émergence pour les périodes nocturnes (22h00-07h00)

- Le fonctionnement du parc éolien a été défini et adapté en périodes nocturnes (22h00-7h00) pour le respect des 3dB d'émergence.
- Une valeur inférieure ou égale à 3 dB(A) dans les dernières colonnes indique que la limite d'émergence nocturne de la loi ICPE du 26/08/2011 [1] est respectée.
- L'information « - » signifie « Emergence non applicable » : en effet le niveau sonore du bruit ambiant étant inférieur ou égal à 35dB(A), le critère d'émergence ne s'applique pas et le parc éolien reste conforme.

7.2 TONALITE MARQUEE

Le modèle d'éolienne retenu dans cette étude ne présente pas de tonalité marquée au sens de l'arrêté du 26 août 2011, comme le montrent le Tableau 12 et la Figure 17 ci-dessous :

Fréquence 1/3 octave (Hz)	Niveau sonore non pondéré Lw,i (dBLin)	Moyenne énergétique des 2 bandes inférieures (dB)	Moyenne énergétique des 2 bandes supérieures (dB)	Différence niveau bande centrale - moyenne énergétique des 2 bandes inférieures [A]	Différence niveau bande centrale - moyenne énergétique des 2 bandes supérieures [B]	Seuil à respecter	Conformité / Loi
31.5	110.4	114.8	109.9	-4.4	0.5	[A]<10 ou [B]<10	OUI
40	109.6	113.6	109.8	-4.0	-0.2		OUI
50	110.2	110.0	108.6	0.2	1.6		OUI
63	109.4	109.9	107.1	-0.6	2.2		OUI
80	107.7	109.8	106.8	-2.1	0.9		OUI
100	106.5	108.6	105.3	-2.2	1.1		OUI
125	107.1	107.1	101.6	-0.1	5.4		OUI
160	102.4	106.8	100.2	-4.4	2.1		OUI
200	100.8	105.3	99.1	-4.5	1.7		OUI
250	99.6	101.6	97.8	-2.0	1.9		OUI
315	98.5	100.2	96.8	-1.8	1.7		OUI
400	96.9	99.1	97.4	-2.2	-0.4		[A]<5 ou [B]<5
500	96.7	97.8	97.7	-1.0	-1.0	OUI	
630	97.9	96.8	97.2	1.1	0.7	OUI	
800	97.4	97.4	96.5	0.1	0.9	OUI	
1000	97.0	97.7	94.6	-0.7	2.5	OUI	
1250	95.9	97.2	92.1	-1.3	3.8	OUI	
1600	92.6	96.5	90.5	-3.9	2.2	OUI	
2000	91.6	94.6	87.7	-3.0	3.9	OUI	
2500	88.9	92.1	85.3	-3.2	3.7	OUI	
3150	85.9	90.5	82.4	-4.6	3.4	OUI	
4000	84.5	87.7	76.7	-3.1	7.9	OUI	
5000	78.2	85.3	73.6	-7.0	4.7	OUI	
6300	74.2	82.4	73.6	-8.2	0.6	OUI	
8000	72.8	76.7	75.2	-3.9	-2.4	OUI	

Tableau 12 : Spectre par 1/3 d'octave non pondéré de l'éolienne Vestas - V126-3.3MW et critère de tonalité marquée au sens de l'arrêté du 26 août 2011 (référence à l'arrêté du 23/01/1997)

On rappelle qu'il y a tonalité marquée si les 2 conditions ci-dessous sont vérifiées:

- Les deux différences [A] et [B] sont positives ;
- Ces deux différences égalent ou dépassent les valeurs indiquées dans le tableau, soit 10dB pour les fréquences basses à moyennes (50-315Hz), 5dB pour les fréquences moyennes à aigües (400Hz-8kHz).

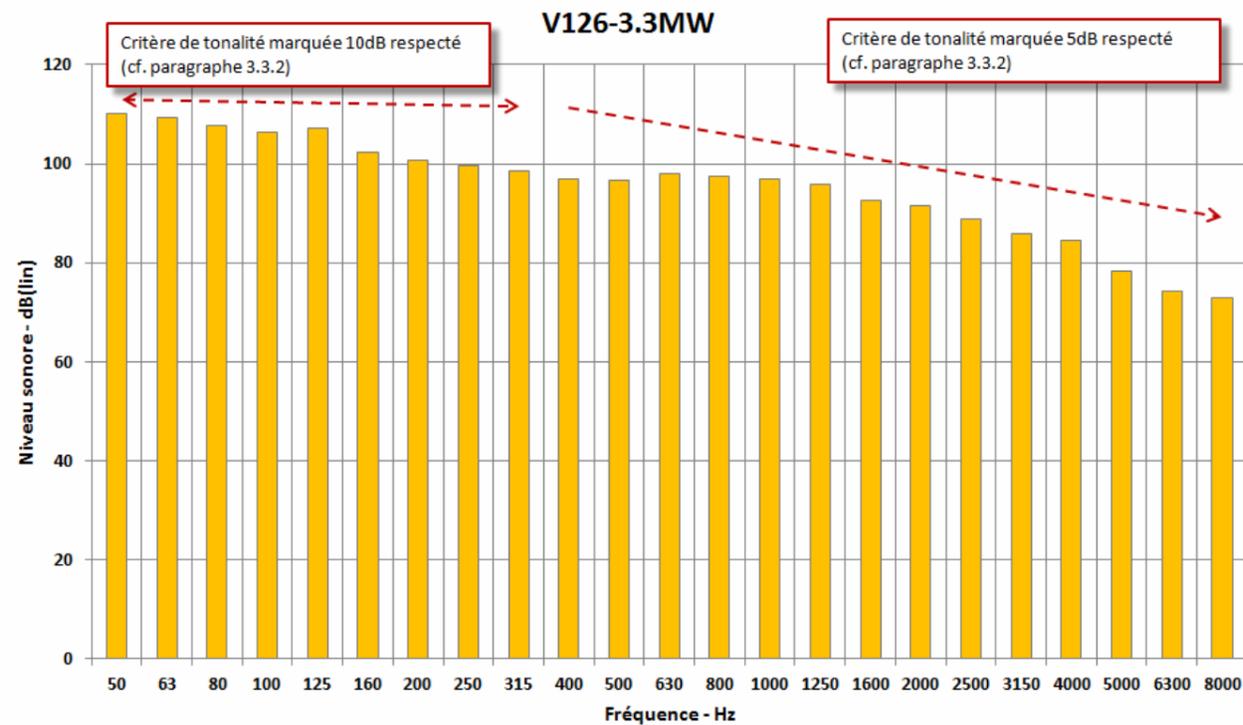


Figure 17 : Spectre de 1/3 d'octave non pondéré pour l'éolienne Vestas - V126-3.3MW

7.3 BRUIT AMBIANT EN LIMITE DU PERIMETRE DE MESURE DU BRUIT DE L'INSTALLATION

L'arrêté de référence NOR :DEVP1119348A du 26 août 2011 impose une valeur maximale de bruit ambiant à respecter en limite de périmètre de mesure du bruit de l'installation, pour chacune des périodes diurnes et nocturnes (voir paragraphe 3.3).

Afin d'évaluer le bruit ambiant en limite du périmètre de mesure du bruit de l'installation, RES a adopté la méthodologie suivante :

- Déterminer le périmètre de mesure du bruit de l'installation tel que défini dans l'arrêté du 26 août 2011 (voir 2.1 Définitions, Formule 1) ;
- Evaluer les isophones du bruit généré par le parc éolien, en considérant un fonctionnement des éoliennes du modèle envisagé en mode de production maximale (i.e. émettant une puissance sonore maximale) ;
- Estimer le bruit ambiant en supposant un bruit résiduel forfaitaire maximum de 55dB(A) sur l'ensemble du site éolien ;
- Vérifier que le bruit ambiant en limite du périmètre de mesure du bruit de l'installation est inférieur au seuil nocturne de 60dB(A), ce qui représente le cas le plus contraignant (le jour la limite est fixée à 70dB(A)).

Le choix d'un bruit résiduel forfaitaire de 55dB(A) apparaît clairement conservateur. En effet, au regard des valeurs de bruit résiduel obtenues aux points de mesures dans les ZER autour du projet, mais aussi compte tenu des niveaux de bruit résiduel couramment observés par les acousticiens, il semble assez peu probable qu'un tel niveau sonore (de nuit comme de jour) soit mesuré sur le périmètre de mesure du bruit du projet éolien de Vents de Loire.

Pour le projet éolien de Vents de Loire, les machines envisagées présentent une hauteur maximale de 180m, ainsi le périmètre de mesure du bruit de l'installation a été déterminé en considérant 216m autour des éoliennes.

La Figure 18 présente le projet éolien étudié, le périmètre de mesure du bruit de ce projet ainsi que trois isophones de bruit ambiant.

Comme on peut le constater, sur le périmètre de mesure du bruit de l'installation, pour un niveau sonore résiduel forfaitaire de 55dB(A), le bruit ambiant est compris entre 56dB(A) et 56.5dB(A), ce qui est bien inférieur au seuil nocturne de 60dB(A).

Le parc éolien de Vents de Loire respectera donc les limites diurnes et nocturnes du bruit ambiant sur son périmètre de mesure du bruit.

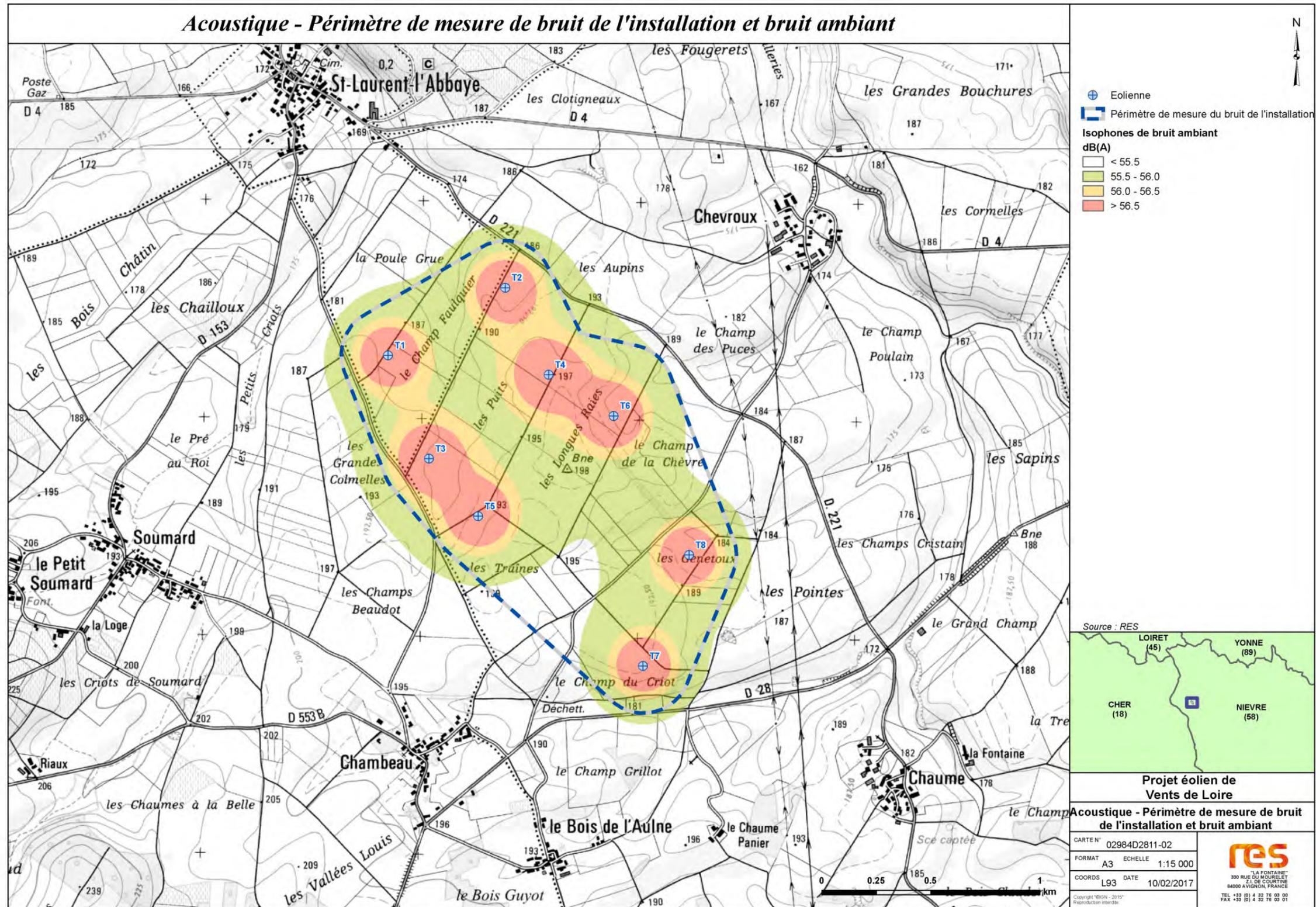


Figure 18 : Périmètre de mesure du bruit du parc éolien et bruit ambiant

8 CONCLUSION

Le parc éolien de Vents de Loire respecte les critères acoustiques définis dans l'arrêté du 26 août 2011 [1]. On rappelle que :

- Les émergences sont respectées au niveau de toutes les zones à émergence réglementée concernées par le parc éolien étudié, en période nocturne et en période diurne ;
- Les niveaux sonores émis par le parc éolien, estimés à l'aide du logiciel de propagation sonore CadnaA ou d'un modèle équivalent basé sur la norme ISO 9613-2, sont conservateurs. En effet, les paramètres ont été choisis pour favoriser la propagation sonore et tous les calculs d'émergence ont été réalisés à l'extérieur de chaque ZER, en champ libre de propagation sonore, dans des conditions où chaque ZER se trouve toujours sous le vent de toutes les éoliennes du parc ;
- Le critère de tonalité marquée est vérifié et conforme pour le modèle de machine retenu dans cette étude, au sens de l'article 1.9 de l'annexe de la loi du 23 janvier 1997 et selon la norme NF S 31 010 ;
- Le critère de limite du bruit ambiant sur le périmètre de mesure du bruit de l'installation est vérifié : les limites diurnes et nocturnes seront bien respectées. A noter que ce critère peut faire l'objet d'un contrôle, s'il est demandé par la police des installations classées, après la mise en service industrielle du parc éolien, objet de cette étude.

Le modèle d'éolienne finalement retenu après consultation des constructeurs, s'il différait de celui présenté dans ce rapport, permettra de respecter les critères acoustiques définis dans l'arrêté du 26 août 2011.

9 RÉFÉRENCES

9.1 LEGISLATIVES

- [1] 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, NOR : DEVP1119348A, 26/08/2011.
- [2] Décret no 2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées, NOR : DEVP1115321D, 25/08/2011.
- [3] Loi du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement
- [4] Critère de l'Organisation Mondiale de la Santé, 1980, Le Bruit Environnemental, article 12

9.2 NORMATIVES

- [5] « Wind Turbine Generator Systems, Part 11, Acoustic Noise Measurement Techniques », IEC 61400-11: 2003 - Amendment n°1, 17/08/2006.
- [6] « Caractérisation et mesurage des bruits dans l'environnement - instruction de plaintes contre le bruit dans une zone habitée », Norme NFS 31-010, 12/1996.
- [7] « Mesurage du bruit dans l'environnement avec et sans activité éolienne », Norme NFS 31-114, projet du 07/07/2011 envoyé à la DGPR (version 3).
- [8] « Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors, part 2 General method of calculation » ISO 9613-2:1996.

9.3 SCIENTIFIQUES

- [9] « Development of a Wind Farm Noise Propagation Prediction Model », Bass J.H., Bullmore A.J. & Sloth E. Final report, Contract JOR3-CT95-0051, European Commission, 1998.
- [10] « Development of a Wind Farm Noise Propagation Prediction Model », Bass J.H., Bullmore A.J. & Sloth E. Final report, Contract JOR3-CT95-0051, European Commission, 1998.
- [11] « Impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes », Agence Française de la Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, Saisine n°2006/005, mars 2008.
- [12] « Les éoliennes et l'infrasoun », HGC engineering, rapport soumis à la CanWEA, 26 novembre 2006.
- [13] *South Australian Environment Protection Authority (EPA)*, rapport de Resonate Acoustics "Infrasound levels near windfarms", Janvier 2013
- [14] « Prediction and Assessment of Wind Turbine Noise », Acoustic Bulletin Vol 34 n°2, Mars-Avril 2009.
- [15] « Sonomètres », Commission Electrotechnique Internationale, CEI 60651, 1/01/1979 et amendements, 21/09/1993, 13/10/2000 et 25/10/2001.

ANNEXES

Annexe 1 Réglementation ICPE - arrêté du 26 août 2011

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

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

NOR : DEVP1119348A

La ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement,
Vu la directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines ;
Vu le code de l'environnement, notamment le titre 1^{er} de son livre V ;
Vu le code de l'aviation civile ;
Vu le code des transports ;
Vu le code de la construction et de l'habitation ;
Vu l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement ;
Vu l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
Vu l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
Vu l'arrêté du 10 octobre 2000 fixant la périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques au titre de la protection des travailleurs ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications ;
Vu l'avis des organisations professionnelles concernées ;
Vu l'avis du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques du 28 juin 2011 ;
Vu l'avis du Conseil supérieur de l'énergie du 8 juillet 2011,

Arrête :

Art. 1^{er}. – Le présent arrêté est applicable aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées.

L'ensemble des dispositions du présent arrêté s'appliquent aux installations pour lesquelles une demande d'autorisation est déposée à compter du lendemain de la publication du présent arrêté ainsi qu'aux extensions ou modifications d'installations existantes régulièrement mises en service nécessitant le dépôt d'une nouvelle demande d'autorisation en application de l'article R. 512-33 du code de l'environnement au-delà de cette même date. Ces installations sont dénommées « nouvelles installations » dans la suite du présent arrêté.

Pour les installations ayant fait l'objet d'une mise en service industrielle avant le 13 juillet 2011, celles ayant obtenu un permis de construire avant cette même date ainsi que celles pour lesquelles l'arrêté d'ouverture d'enquête publique a été pris avant cette même date, dénommées « installations existantes » dans la suite du présent arrêté :

- les dispositions des articles de la section 4, de l'article 22 et des articles de la section 6 sont applicables au 1^{er} janvier 2012 ;
- les dispositions des articles des sections 2, 3 et 5 (à l'exception de l'article 22) ne sont pas applicables aux installations existantes.

Section 1

Généralités

Art. 2. – Au sens du présent arrêté, on entend par :

Point de raccordement : point de connexion de l'installation au réseau électrique. Il peut s'agir entre autres d'un poste de livraison ou d'un poste de raccordement. Il constitue la limite entre le réseau électrique interne et externe.

Mise en service industrielle : phase d'exploitation suivant la période d'essais et correspondant à la première fois que l'installation produit de l'électricité injectée sur le réseau de distribution.

Survitesse : vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales ainsi que la ligne d'arbre jusqu'à la génératrice) supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur.

Aérogénérateur : dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Emergence : la différence entre les niveaux de pression acoustiques pondérés « A » du bruit ambiant (installation en fonctionnement) et du bruit résiduel (en l'absence du bruit généré par l'installation).

Zones à émergence réglementée :

- l'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers, existant à la date de l'autorisation pour les installations nouvelles ou à la date du permis de construire pour les installations existantes, et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse) ;
- les zones constructibles définies par des documents d'urbanisme opposables aux tiers et publiés à la date de l'autorisation pour les installations nouvelles ou à la date du permis de construire pour les installations existantes ;
- 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.

Périmètre de mesure du bruit de l'installation : périmètre correspondant au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre chaque aérogénérateur et de rayon R défini comme suit :

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

Section 2

Implantation

Art. 3. – L'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de :

500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 ;

300 mètres d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 susvisé en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables.

Cette distance est mesurée à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur.

Art. 4. – L'installation est implantée de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens.

A cette fin, les aérogénérateurs sont implantés dans le respect des distances minimales d'éloignement indiquées ci-dessous sauf si l'exploitant dispose de l'accord écrit du ministère en charge de l'aviation civile, de l'établissement public chargé des missions de l'Etat en matière de sécurité météorologique des personnes et des biens ou de l'autorité portuaire en charge de l'exploitation du radar.

	DISTANCE MINIMALE d'éloignement en kilomètres
<i>Radars météorologiques</i>	
Radars de bande de fréquence C	20
Radars de bande de fréquence S	30
Radars de bande de fréquence X	10
<i>Radars de l'aviation civile</i>	
Radars primaires	30

	DISTANCE MINIMALE d'éloignement en kilomètres
Radar secondaire VOR (Visual Omni Range)	16 15
<i>Radar des ports (navigations maritimes et fluviales)</i>	
Radar portuaire Radar de centre régional de surveillance et de sauvetage	20 10

En outre, les perturbations générées par l'installation ne gênent pas de manière significative le fonctionnement des équipements militaires. A cette fin, l'exploitant implante les aérogénérateurs selon une configuration qui fait l'objet d'un accord écrit des services de la zone aérienne de défense compétente sur le secteur d'implantation de l'installation concernant le projet d'implantation de l'installation.

Les distances d'éloignement indiquées ci-dessus feront l'objet d'un réexamen dans un délai n'excédant pas dix-huit mois en fonction des avancées technologiques obtenues.

Art. 5. – Afin de limiter l'impact sanitaire lié aux effets stroboscopiques, lorsqu'un aérogénérateur est implanté à moins de 250 mètres d'un bâtiment à usage de bureaux, l'exploitant réalise une étude démontrant que l'ombre projetée de l'aérogénérateur n'impacte pas plus de trente heures par an et une demi-heure par jour le bâtiment.

Art. 6. – L'installation est implantée de telle sorte que les habitations ne sont pas exposées à un champ magnétique émanant des aérogénérateurs supérieur à 100 microteslas à 50-60 Hz.

Section 3

Dispositions constructives

Art. 7. – Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours.

Cet accès est entretenu.

Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.

Art. 8. – L'aérogénérateur est conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté. L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

En outre l'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.

Art. 9. – L'installation est mise à la terre. Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

Art. 10. – Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables.

Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.

Art. 11. – Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.

Section 4

Exploitation

Art. 12. – Au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs.

Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole.

Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées.

Art. 13. – Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs.

Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.

Art. 14. – Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :

- les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
- l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;
- la mise en garde face aux risques d'électrocution ;
- la mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace.

Art. 15. – Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :

- un arrêt ;
- un arrêt d'urgence ;
- un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime.

Suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

Art. 16. – L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.

Art. 17. – Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

Art. 18. – Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité.

Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

Art. 19. – L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.

Art. 20. – L'exploitant élimine ou fait éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Il s'assure que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet.

Le brûlage des déchets à l'air libre est interdit.

Art. 21. – Les déchets non dangereux (par exemple bois, papier, verre, textile, plastique, caoutchouc) et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées.

Les seuls modes d'élimination autorisés pour les déchets d'emballage sont la valorisation par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux utilisables ou de l'énergie. Cette disposition n'est pas applicable aux détenteurs de déchets d'emballage qui en produisent un volume hebdomadaire inférieur à 1 100 litres et qui les remettent au service de collecte et de traitement des collectivités.

Section 5

Risques

Art. 22. – Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :

- les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;
- les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ;
- les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;
- les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours.

Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, conditions de gel, orages, tremblements de terre, haubans rompus ou relâchés, défaillance des freins, balourd du rotor, fixations détendues, défauts de lubrification, tempêtes de sable, incendie ou inondation.

Art. 23. – Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur.

L'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

L'exploitant dresse la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et détermine les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.

Art. 24. – Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :

- d'un système d'alarme qui peut être couplé avec le dispositif mentionné à l'article 23 et qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier est en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai de soixante minutes ;
- d'au moins deux extincteurs situés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façon bien visible et facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât.

Art. 25. – Chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales. Cette procédure figure parmi les consignes de sécurité mentionnées à l'article 22.

Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur est reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respecte les règles prévues par ce référentiel.

Cet article n'est pas applicable aux installations implantées dans les départements où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0 °C.

Section 6

Bruit

Art. 26. – L'installation est construite, équipée et exploitée de façon telle que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits transmis par voie aérienne ou solide susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage.

Les émissions sonores émises par l'installation ne sont pas à l'origine, dans les zones à émergence réglementée, d'une émergence supérieure aux valeurs admissibles définies dans le tableau suivant :

NIVEAU DE BRUIT AMBIANT EXISTANT dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'installation	ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE allant de 7 heures à 22 heures	ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE allant de 22 heures à 7 heures
Sup 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 égal à :

- Trois pour une durée supérieure à vingt minutes et inférieure ou égale à deux heures ;
- Deux pour une durée supérieure à deux heures et inférieure ou égale à quatre heures ;
- Un pour une durée supérieure à quatre heures et inférieure ou égale à huit heures ;
- Zéro pour une durée supérieure à huit heures.

En outre, le niveau de bruit maximal est fixé à 70 dB (A) pour la période jour et de 60 dB (A) pour la période nuit. Ce niveau de bruit est mesuré en n'importe quel point du périmètre de mesure du bruit défini à l'article 2. Lorsqu'une zone à émergence réglementée se situe à l'intérieur du périmètre de mesure du bruit, le niveau de bruit maximal est alors contrôlé pour chaque aérogénérateur de l'installation à la distance R définie à l'article 2. Cette disposition n'est pas applicable si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite.

Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée au sens du point 1.9 de l'annexe à l'arrêté du 23 janvier 1997 susvisé, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne ou nocturne définies dans le tableau ci-dessus.

Lorsque plusieurs installations classées, soumises à autorisation au titre de rubriques différentes, sont exploitées par un même exploitant sur un même site, le niveau de bruit global émis par ces installations respecte les valeurs limites ci-dessus.

Art. 27. – Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier utilisés à l'intérieur de l'installation sont conformes aux dispositions en vigueur en matière de limitation de leurs émissions sonores. En particulier, les engins de chantier sont conformes à un type homologué.

L'usage de tous appareils de communication par voie acoustique (par exemple sirènes, avertisseurs, haut-parleurs), gênant pour le voisinage, est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.

Art. 28. – Lorsque des mesures sont effectuées pour vérifier le respect des présentes dispositions, elles sont effectuées selon les dispositions de la norme NF 31-114 dans sa version en vigueur six mois après la publication du présent arrêté ou à défaut selon les dispositions de la norme NFS 31-114 dans sa version de juillet 2011.

Art. 29. – Après le deuxième alinéa de l'article 1^{er} de l'arrêté du 23 janvier 1997 susvisé, il est inséré un alinéa rédigé comme suit :

« – des installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 mentionnées par l'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. »

Art. 30. – Après le neuvième alinéa de l'article 1^{er} de l'arrêté du 2 février 1998 susvisé, il est inséré un alinéa rédigé comme suit :

« – des installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent ; ».

Art. 31. – Le directeur général de la prévention des risques est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait le 26 août 2011.

Pour la ministre et par délégation :
*Le directeur général
de la prévention des risques,*
L. MICHEL

Annexe 2 Standardisation des vitesses de vent mesurées sur le site

L'utilisation de la vitesse de vent standardisée à 10m vient du fait que les niveaux de puissance sonore des éoliennes sont spécifiés par rapport à cette vitesse de référence selon la norme IEC 61400-11 [5]. Les mesures de vent nécessaires pour la corrélation avec les mesures de bruit résiduel doivent donc être standardisées à 10m de la même manière.

Pour calculer le vent standardisé à 10m, il est nécessaire dans un premier temps de calculer la vitesse de vent à hauteur de moyeu, si la mesure est effectuée à une hauteur différente de la hauteur de moyeu envisagée pour l'étude, et dans un second temps de calculer la vitesse standardisée à 10m de hauteur sur le site.

Le principe de cette méthode est illustré Figure 19 ci-dessous.

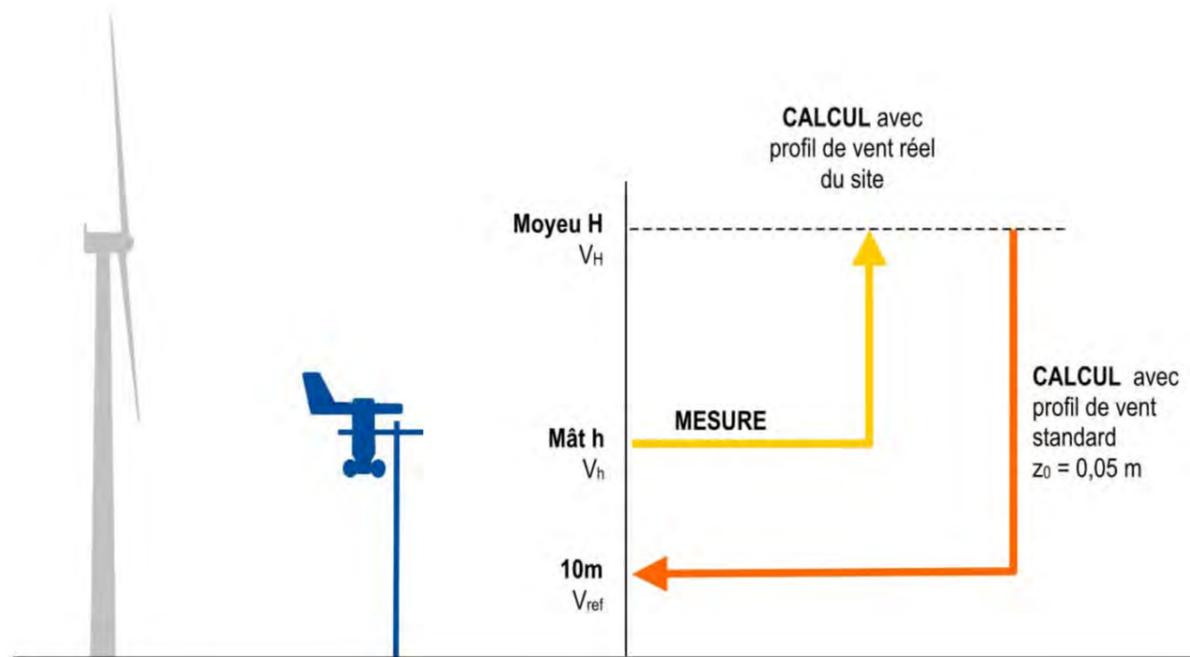


Figure 19 : Principe de calcul de la vitesse standardisée à 10m au dessus du sol (extrait du guide 2010 de l'étude d'impact sur l'environnement d'un projet éolien - ADEME)

Etape 1 : Recalage du vent à hauteur de moyeu

Les mesures sont extrapolées à hauteur de moyeu à l'aide du profil de vent réel, i.e. mesuré sur site. Rappelons que ces vitesses sont calculées par période moyennée de 10mins (ce qui correspond à la période de disponibilité des mesures de vent et à la période demandée dans le projet de norme NFS 31-114 pour le niveau sonore L50,10mins). Ainsi le profil vertical de la vitesse du vent (appelé aussi exposant ou gradient vertical) est aussi estimé sur ces mêmes périodes 10mins, à partir de deux vitesses de vent à deux hauteurs différentes. La formule suivante permet d'évaluer ces vitesses recalées à hauteur de moyeu :

$$V_H = V_h \left(\frac{H}{h} \right)^\alpha \quad \text{Formule 5}$$

Avec :

- V_H : Vitesse à hauteur de moyeu de la machine considérée dans l'étude ;
- V_h : Vitesse à hauteur de mesure sur le site ;
- H : Hauteur de moyeu ;
- h : Hauteur de la mesure de vitesse sur le site ;
- α : Gradient vertical de vitesse de vent sur site

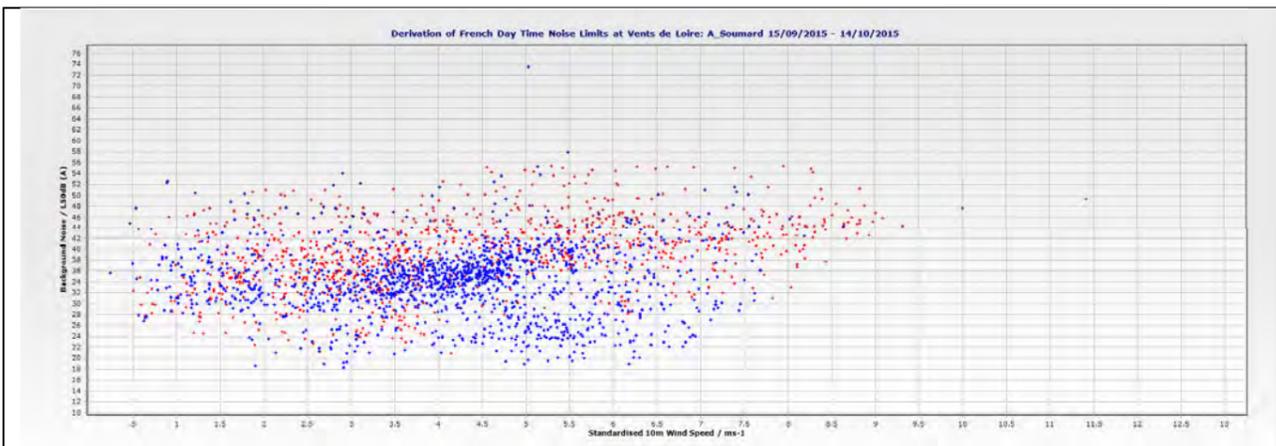
Etape 2 : Recalage du vent à 10m de hauteur

Il s'agit ici de reproduire les conditions de mesure des caractéristiques acoustiques de l'éolienne envisagée. L'éolienne étant testée sur des sites à faible rugosité et selon la procédure IEC 61400-11 (mesures des puissances sonores émises par l'éolienne), on exprime la vitesse de vent à 10m de la même façon.

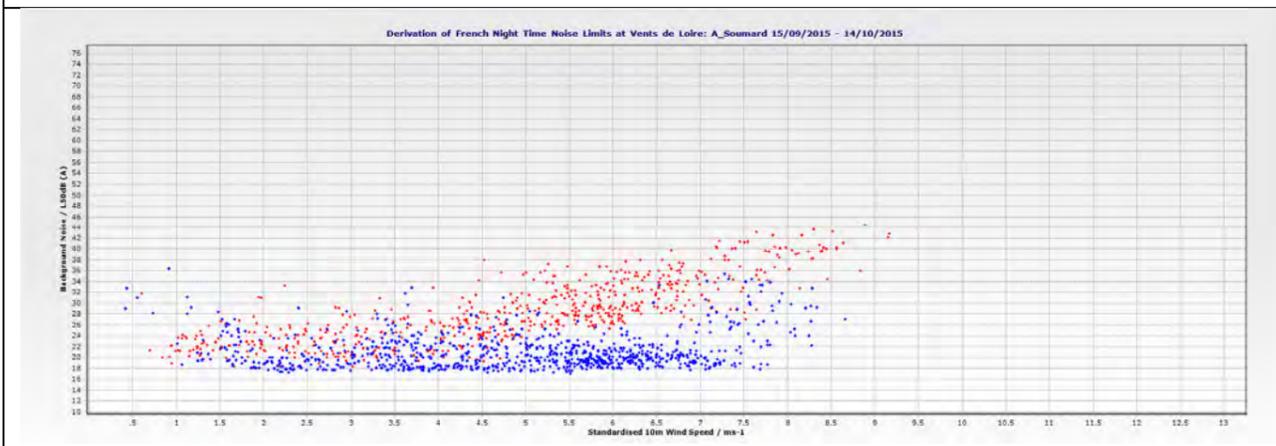
Ainsi, la procédure consiste à calculer, à partir de la vitesse à hauteur de moyeu obtenue précédemment, la vitesse standardisée $V_{10,z=0,05}$ correspondante pour une hauteur de 10 m et une rugosité de 0,05 m. La formule suivante permet d'obtenir cette vitesse à 10m:

$$V_{10,z=0,05} = V_H \frac{\ln\left(\frac{10}{0,05}\right)}{\ln\left(\frac{H}{0,05}\right)} \quad \text{Formule 6}$$

Annexe 3 Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site

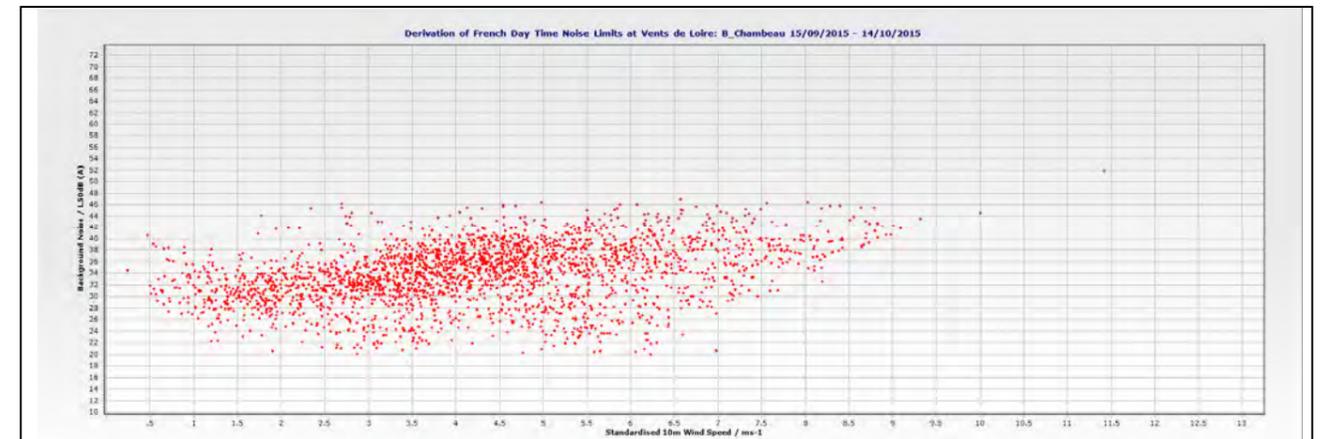


Evolution du bruit résiduel diurne avec le vent sur site

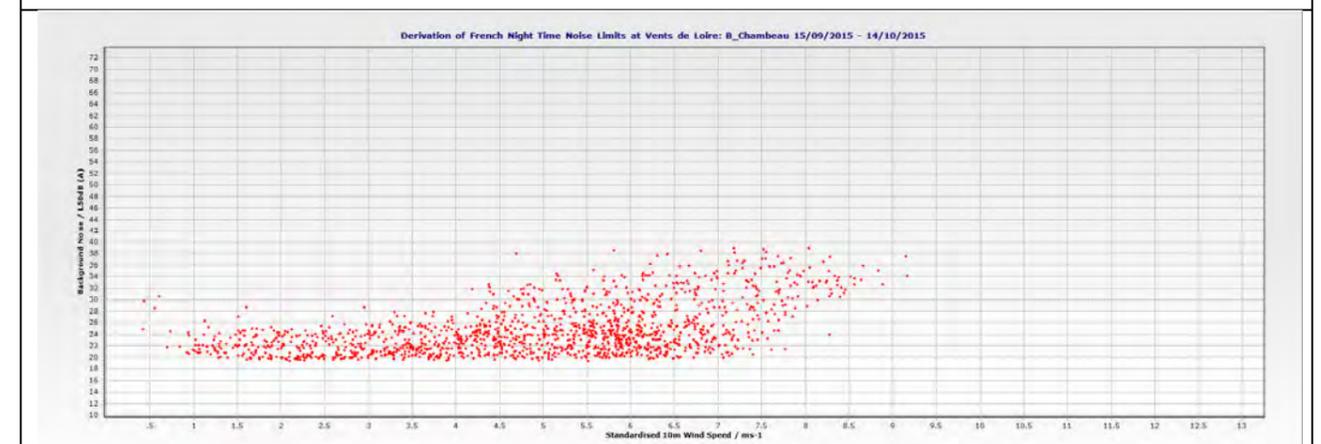


Evolution du bruit résiduel nocturne avec le vent sur site

Figure 20 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER Soumard
(En rouge le secteur [135° -315°] et en bleu le secteur [315° -135°])

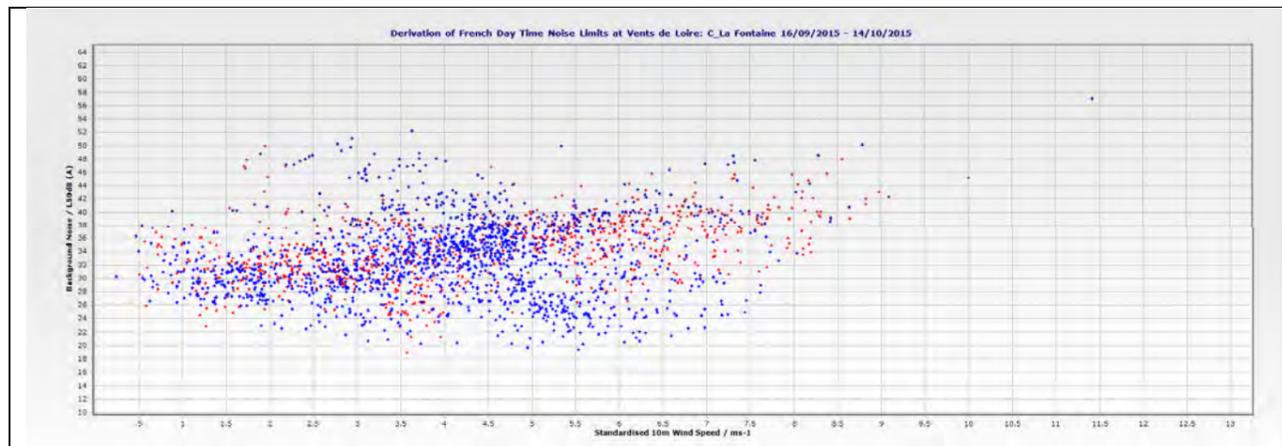


Evolution du bruit résiduel diurne avec le vent sur site

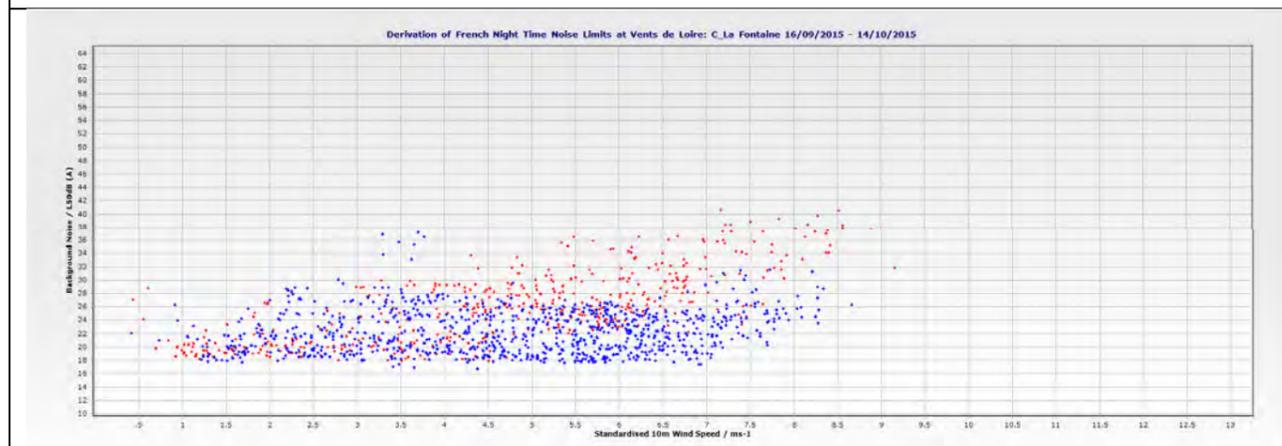


Evolution du bruit résiduel nocturne avec le vent sur site

Figure 21 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER Chambeau

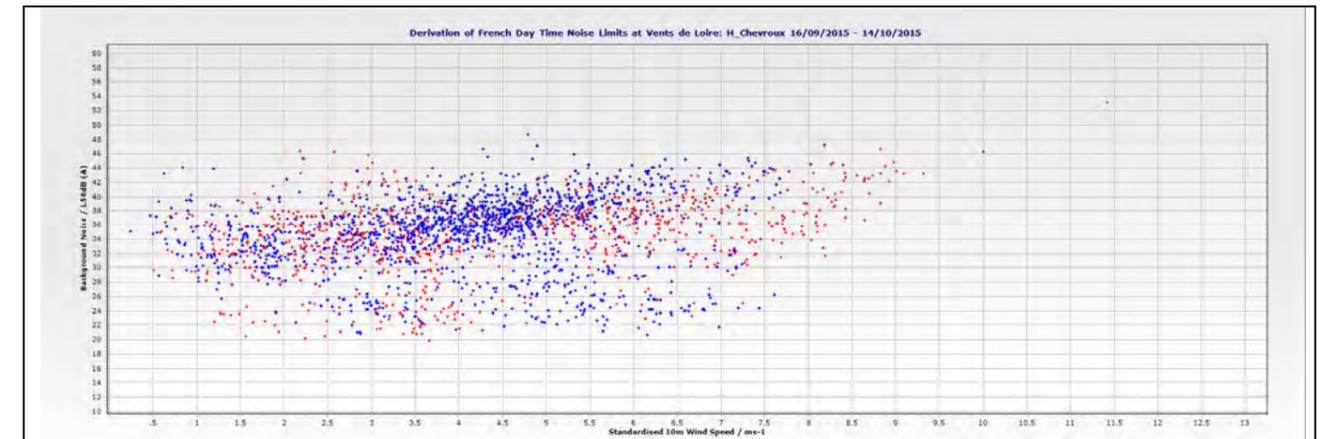


Evolution du bruit résiduel diurne avec le vent sur site

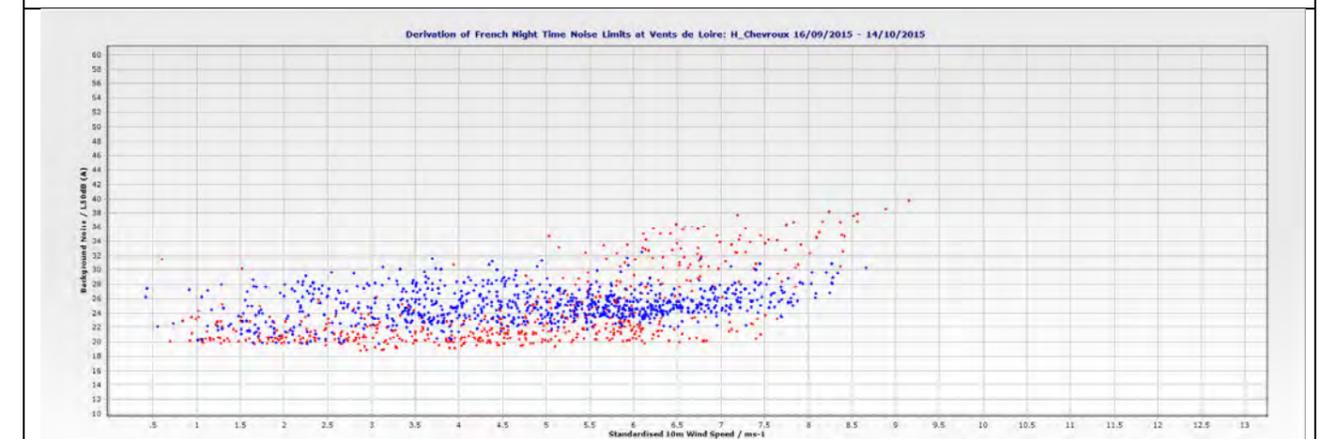


Evolution du bruit résiduel nocturne avec le vent sur site

Figure 22 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER Chaume
(En rouge le secteur [135° -315°] et en bleu le secteur [315° -135°])



Evolution du bruit résiduel diurne avec le vent sur site



Evolution du bruit résiduel nocturne avec le vent sur site

Figure 23 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER Chevroux
(En rouge le secteur [135° -315°] et en bleu le secteur [315° -135°])

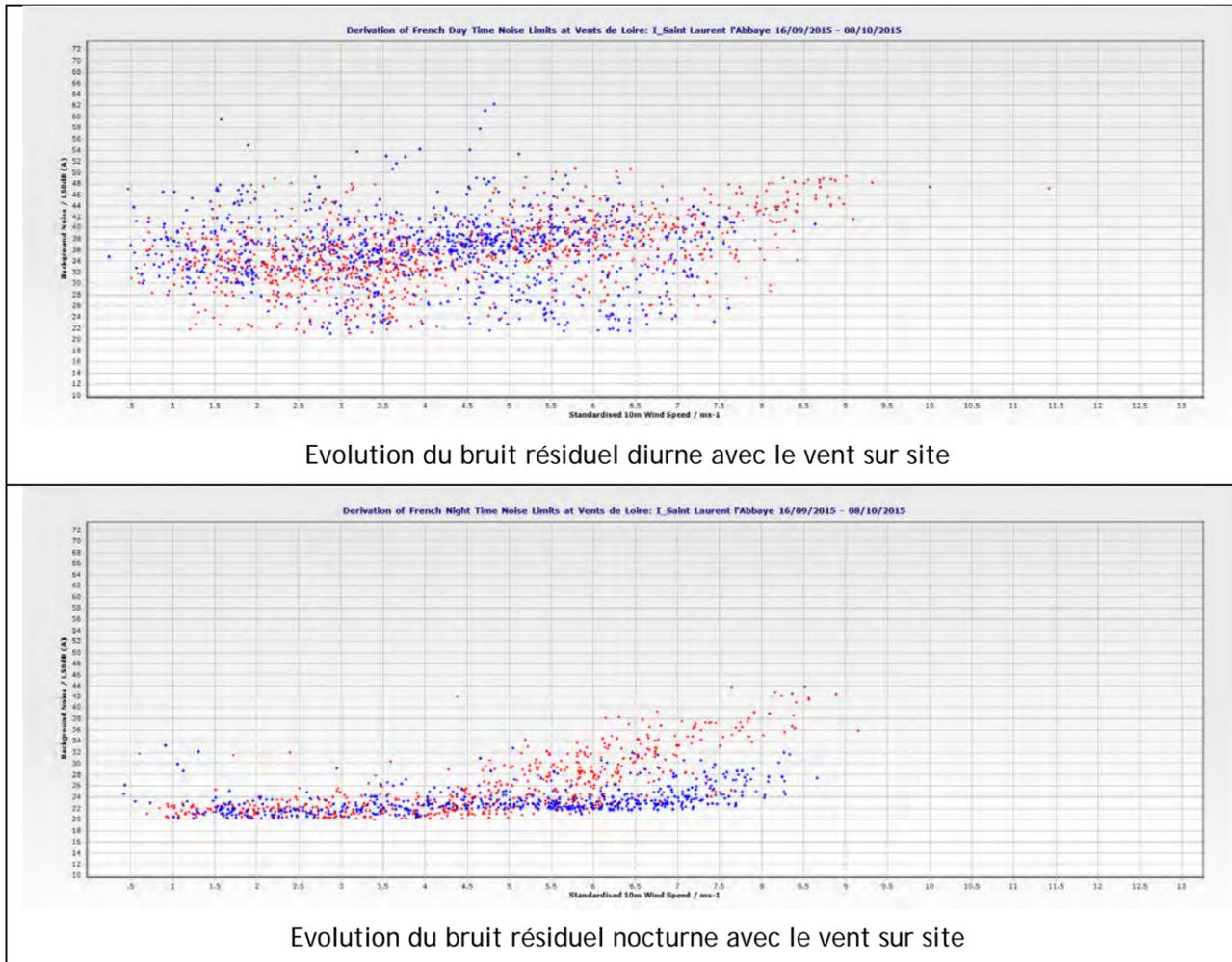


Figure 24 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER Saint Laurent l'Abbaye
 (En rouge le secteur [135°-315°] et en bleu le secteur [315°-135°])

Annexe 4 Certificats d'émission sonore de l'éolienne retenue

RESTRICTED

Document no.: 0034-7616 V11
 Document owner: Platform Management
 Type: T05 - General Description

General Specification V126-3.3/3.45 MW
 Appendices

Date: 2015-07-08
 Restricted
 Page 45 of 60

12.1.3 Noise Curve, Noise Mode 0

Sound Power Level at Hub Height, Noise Mode 0		
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at 10 metre height: 16% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³	
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] (Blades without optional serrated trailing edge)	Sound Power Level at Hub Height [dBA] (Blades with optional serrated trailing edge)
3	94.6	93.2
4	94.8	93.2
5	95.6	93.7
6	98.4	96.4
7	101.4	99.6
8	105.1	102.7
9	107.9	105.1
10	108.5	106.0
11	108.5	106.0
12	108.5	106.0
13	108.5	106.0
14	108.5	106.0
15	108.5	106.0
16	108.5	106.0
17	108.5	106.0
18	108.5	106.0
19	108.5	106.0
20	108.5	106.0

Table 12-3: Noise curve, noise mode 0

Original Instruction: T05 0034-7616 Ver 11
 T05 0034-7616 Ver 11 - Approved - Exported from DMS: 2015-09-01 by MR

RESTRICTED

Document no.: 0034-7616 V11
 Document owner: Platform Management
 Type: T05 - General Description

General Specification V126-3.3/3.45 MW
 Appendices

Date: 2015-07-08
 Restricted
 Page 48 of 60

12.2.3 Noise Curve, Noise Mode 1

Sound Power Level at Hub Height, Noise Mode 1	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at 10 metre height: 16% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] (Blades with optional serrated trailing edge)
3	93.2
4	93.2
5	93.7
6	96.4
7	99.6
8	102.5
9	104.4
10	105.2
11	105.6
12	105.8
13	105.8
14	105.8
15	105.8
16	105.8
17	105.8
18	105.8
19	105.8
20	105.8

Table 12-6: Noise curve, noise mode 1

Original Instruction: T05 0034-7616 Ver 11
 T05 0034-7616 Ver 11 - Approved - Exported from DMS: 2015-09-01 by MR

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur VESTAS V126 3.3MW pour les calculs de modélisation du projet Vents de Loire, mode 1

RESTRICTED

Document no.: 0034-7616 V11
 Document owner: Platform Management
 Type: T05 - General Description

General Specification V126-3.3/3.45 MW
 Appendices

Date: 2015-07-08
 Restricted
 Page 51 of 60

Original Instruction: T05 0034-7616 VER 11

12.3.3 Noise Curve, Noise Mode 2

Sound Power Level at Hub Height, Noise Mode 2	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at 10 metre height: 16% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height) [dBA] (Blades with optional serrated trailing edge)
3	93.2
4	93.2
5	93.7
6	96.4
7	99.6
8	101.8
9	102.6
10	102.9
11	103.4
12	103.8
13	104.2
14	104.5
15	104.5
16	104.5
17	104.5
18	104.5
19	104.5
20	104.5

Table 12-9: Noise curve, noise mode 2

T05 0034-7616 Ver 11 - Approved - Exported from DMS: 2015-09-01 by MR



Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur VESTAS V126 3.3MW pour les calculs de modélisation du projet Vents de Loire, mode 2

RESTRICTED

Document no.: 0034-7616 V11
 Document owner: Platform Management
 Type: T05 - General Description

General Specification V126-3.3/3.45 MW
 Appendices

Date: 2015-07-08
 Restricted
 Page 54 of 60

Original Instruction: T05 0034-7616 VER 11

12.4.3 Noise Curve, Noise Mode 3

Sound Power Level at Hub Height, Noise Mode 3	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at 10 metre height: 16% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height) [dBA] (Blades with optional serrated trailing edge)
3	93.2
4	93.2
5	93.7
6	96.3
7	98.9
8	99.8
9	100.1
10	100.5
11	101.2
12	101.7
13	102.5
14	102.5
15	102.5
16	102.5
17	102.5
18	102.5
19	102.5
20	102.5

Table 12-12: Noise curves, noise mode 3

T05 0034-7616 Ver 11 - Approved - Exported from DMS: 2015-09-01 by MR



Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur VESTAS V126 3.3MW pour les calculs de modélisation du projet Vents de Loire, mode 3

RESTRICTED

Document no.: 0034-7616 V11
 Document owner: Platform Management
 Type: T05 - General Description

General Specification V126-3.3/3.45 MW
 Appendices

Date: 2015-07-08
 Restricted
 Page 57 of 60

Original Instruction: T05 0034-7616 VER 11

12.5.3 Noise Curve, Noise Mode 4

Sound Power Level at Hub Height, Noise Mode 3	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at 10 metre height: 16% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height) [dBA] (Blades with optional serrated trailing edge)
3	93.2
4	93.2
5	93.7
6	96.3
7	98.2
8	98.3
9	98.3
10	98.3
11	98.3
12	98.3
13	98.3
14	98.3
15	98.3
16	98.3
17	98.3
18	98.3
19	98.3
20	98.3

Table 12-15: Noise curves, noise mode 4

T05 0034-7616 Ver 11 - Approved - Exported from DMS: 2015-09-01 by MR



Rapport d'évaluation du gisement du projet éolien Vents de Loire

Author: Hélène Bulté

Date: 11 mai 2016

Ref: 02984-001635

Historique des modifications

Révision	Date	Rédacteur	Motif et localisation des modifications
01	11 mai 2016	Hélène Bulté	Création du document

Formulaire: Rapport d'évaluation du gisement du projet éolien [], révision 01	[Procédure ou Document opérationnel ou Formulaire : N/A]
---	--

SOMMAIRE

1.1	RAPPEL DU CONTEXTE	1
1.2	PRESENTATION DU PROJET	1
3.1	DISPONIBILITE DES ENREGISTREMENTS	1
3.2	INTENSITE DE TURBULENCE	1
3.3	ROSE DES VENTS	1
3.4	PRÉVISION DE VITESSE DE VENT LONG TERME	3

1 INTRODUCTION

Ce rapport présente les résultats de l'expertise d'évaluation du gisement du projet éolien Vents de Loire.

1.1 RAPPEL DU CONTEXTE

Depuis la publication du décret n°2011-984 du 23 août 2011, les projets éolien sont soumis au régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Ce décret soumet :

- au régime d'autorisation les installations d'éoliennes comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 mètres, ainsi que celles comprenant des aérogénérateurs d'une hauteur comprise entre 12 et 50 mètres et d'une puissance supérieure ou égale à 20 MW;
- au régime de déclaration les installations d'éoliennes comprenant des aérogénérateurs d'une hauteur comprise entre 12 et 50 mètres et d'une puissance inférieure à 20 MW.

Le projet éolien de Vents de Loire est soumis au régime d'autorisation, et fait donc l'objet d'une étude d'impact sur l'environnement dont la partie expertise d'évaluation du gisement est décrite dans ce document.

Ce document est soumis aux autorités locales dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement.

1.2 PRESENTATION DU PROJET

Le projet éolien Vents de Loire est situé sur les communes de Saint Laurent l'Abbaye et Saint Quentin sur Nohain, dans le département de la Nièvre (58).

Le site est constitué de grandes plaines agricoles, légèrement vallonnées.

2 CARACTERISTIQUES DE LA CAMPAGNE DE MESURES

Le potentiel éolien du site Vents de Loire a été estimé à l'aide de données issues de la campagne de mesures réalisées sur site à l'emplacement du mât de mesures.

La campagne de mesures de vent s'est faite avec les caractéristiques suivantes :

- Localisation du mât sur la commune de Saint Quentin sur Nohain;
- Altitude 191 m ;
- Hauteur des anémomètres : 35, 57, 81, 95 et 103m ;
- Hauteur des girouettes : 95 et 98m;

- Date des mesures : du 08/04/2015 jusqu'à aujourd'hui, en cours ;

Un ordinateur de marque Campbell a été mis en place sur le mât pour enregistrer de façon continue les mesures. Les données suivantes ont été collectées :

- Vitesse moyenne du vent pour chaque anémomètre ;
- Écart type des vitesses de vent pour chaque anémomètre ;
- Vitesse de vent maximale pour chaque anémomètre ;
- Direction moyenne du vent.

Le mât et les équipements de mesures sont toujours en fonctionnement

3 DONNEES DE VENT

La disponibilité des enregistrements, l'intensité de turbulence, la rose des vents long-terme et la vitesse de vent long-terme sont présentées ci-dessous.

3.1 DISPONIBILITE DES ENREGISTREMENTS

Au cours de la période du 08/04/2015 au 01/04/2016, les pourcentages de disponibilité des enregistrements pour l'anémomètre et pour la girouette étaient de :

- 99.9 % à 103 m (anémomètre) ;
- 99.9 % à 98 m (girouette) ;

3.2 INTENSITE DE TURBULENCE

La turbulence moyenne sur 10 minutes pendant la période d'enregistrement à 103m de haut était en moyenne de 8.9% ce qui est tout à fait acceptable pour le développement d'un site éolien.

3.3 ROSE DES VENTS

La rose des vents observée au niveau du mât de mesure de Vents de Loire est représentative du gisement éolien régional avec des vents dominants de sud-ouest et une sous-dominante nord-est. Ceci est confirmé par la tendance pluriannuelle au niveau régional.

Les figures ci-dessous indiquent, pour chaque secteur de direction du vent, le pourcentage du temps pendant lequel le vent a soufflé, à partir des mesures obtenues sur le mât RES du 08/04/2015 au 01/04/2016, mais aussi à partir des enregistrements d'une station météo de référence sur le long terme. Les directions dominantes sont sud ouest (avec une composante assez large du ouest sud ouest au sud sud est) et Nord Nord- Est.

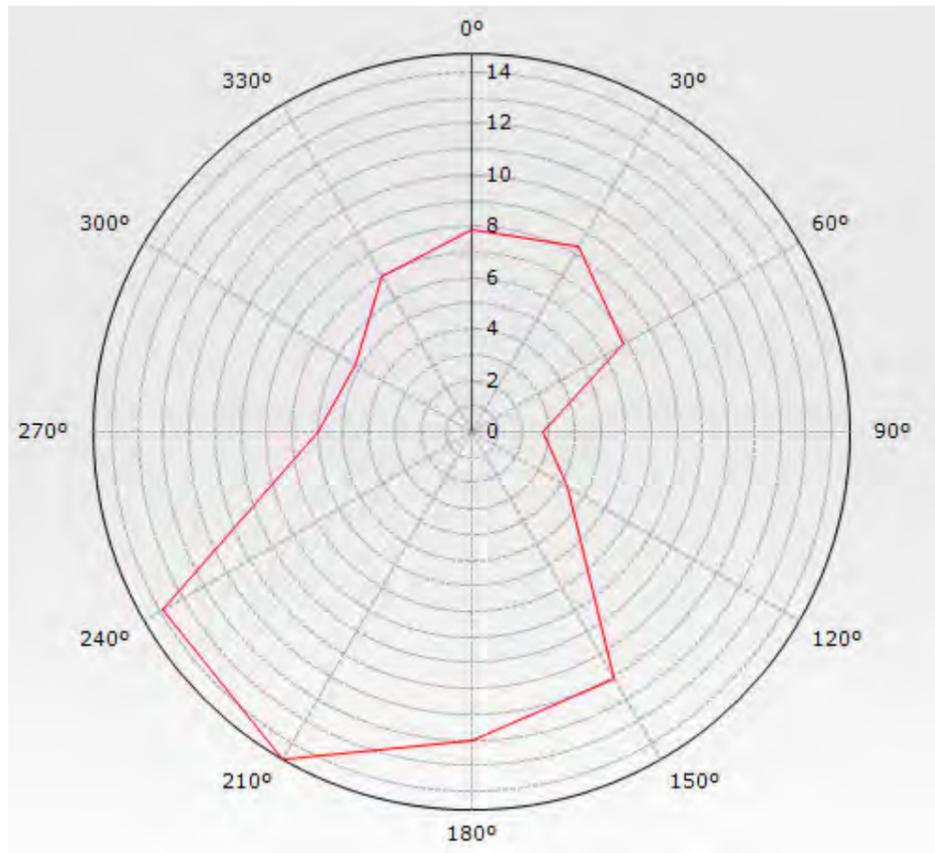


Figure 3.1: Rose des vents mesurée au niveau du mât -RES Vents de Loire entre le 08/04/2015 au 01/04/2016

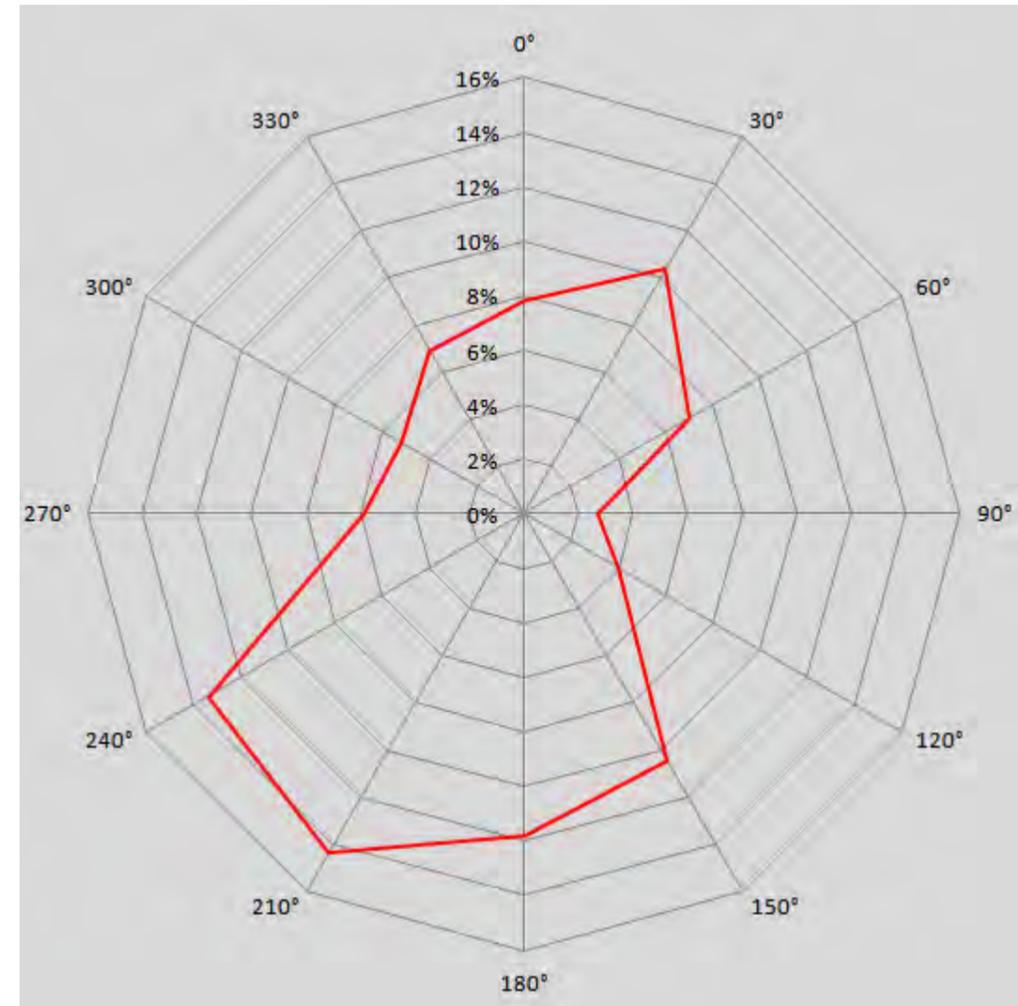
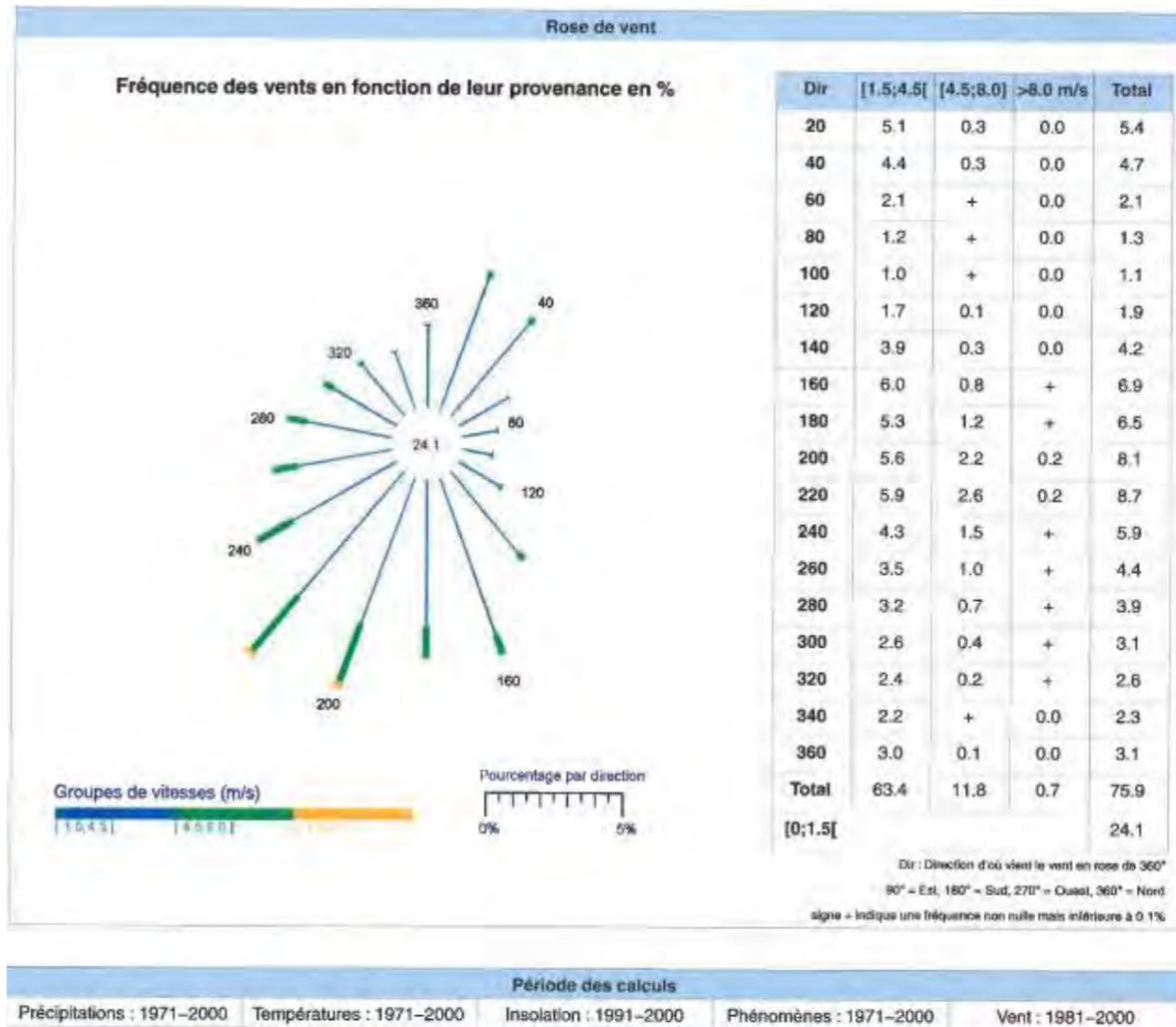


Figure 3.2: Rose des vents long-terme sur le site de Vents de Loire



La prévision à une hauteur de 100 m par rapport au sol est d'environ 6m/s sur le site de Vents de Loire. Ce résultat est tout à fait compatible avec la réalisation d'un projet éolien.

Normales climatiques 1971-2000



Figure 3.3: Rose des vents mesurée au niveau de la station météo France d'Auxerre (89)

3.4 PRÉVISION DE VITESSE DE VENT LONG TERME

La vitesse de vent long terme sur le site de Vents de Loire a été évaluée par corrélation avec des données long-termes ré-analysées MERRA.

A partir des données historiques, une prévision de la vitesse moyenne de vent long terme sur le site Vents de Loire a été établie.



Rapport d'analyse des ombres portées du projet éolien Vents de Loire

Author: Alexis Morin

Date: 23 janvier 2017

Ref: 01566-000982



Historique des modifications

Révision	Date	Rédacteur	Motif et localisation des modifications
01	23 janvier 2017	Alexis Morin	Création du document
02	13 février 2017	Alexis Morin	Déplacement T6

Formulaire: Rapport d'analyse des ombres portées du projet éolien [], 01566-000982, version 1	Document opérationnel: Méthodologie pour l'étude des ombres portées d'un projet éolien, 01565-002625
---	--

SOMMAIRE

RAPPORT D'ANALYSE DES OMBRES PORTÉES DU PROJET ÉOLIEN VENTS DE LOIRE	1
1 INTRODUCTION	1
2 EFFET STROBOSCOPIQUE DU AUX OMBRES PORTEES	1
2.1 Méthodologie d'analyse	2
2.2 Hypothèses	3
2.3 Résultats préliminaires avec hypothèses conservatrices	4
2.4 Résultats affinés en utilisant la couverture nuageuse	5
2.5 Cartographie du nombre d'heure annuel maximal d'ombres portées.	5
3 CONCLUSION	7
4 RÉFÉRENCES	8

1 INTRODUCTION

Le projet éolien de Vents de Loire a fait l'objet d'une analyse de l'effet des ombres portées. L'analyse a été réalisée à l'aide du module « Effet Stroboscopique » (« Shadow Flicker ») du logiciel RESoft WindFarm.

Par définition, l'effet stroboscopique est un effet de crénelage temporel que l'on peut observer sous un éclairage intermittent.

En ce qui concerne les éoliennes, les ombres portées projetées par les pales en rotation peuvent provoquer un effet stroboscopique à travers les portes et fenêtres, où le contraste entre l'ombre et la lumière est plus marqué.

L'arrêté du 26 août 2011 relatif à la déclaration sous le régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement des installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent précise des valeurs seuils d'exposition dans le cas de bâtiments à usage de bureau situés à moins de 250m d'une éolienne :

- Durée d'exposition maximale annuelle : 30 heures ;
- Durée d'exposition maximale journalière : 30 minutes.

Dans la présente étude, ces valeurs seront aussi celles retenues pour des bâtiments à usage d'habitation.

2 EFFET STROBOSCOPIQUE DU AUX OMBRES PORTEES

Lorsque le soleil est haut, les ombres portées sont projetées sur de courtes distance autour des éoliennes, mais lorsque le soleil approche de l'horizon, les ombres portées dues au rotor en mouvement peuvent impacter des zones bien plus étendues.

Les ombres portées du rotor en mouvement ne sont généralement pas gênantes dans des environnements ouverts car la lumière est réfléchiée dans toutes les directions. La possibilité de perturbation est plus grande pour personnes situées dans des habitations lorsque l'ombre en mouvement est projetée sur une fenêtre ou une porte ouverte puisque la lumière est plus directionnelle.

La gêne liée aux ombres portées projetées par les éoliennes est fonction de la distance à l'éolienne, de la position de l'observateur relative au soleil, de la durée de l'effet et de la fréquence de clignotement.

Indépendamment de la distance aux éoliennes, la fréquence de clignotement dépend de la vitesse de rotation et du nombre de pales. Il est recommandé (Clarke, 1991, ref [3]) que la fréquence critique ne dépasse pas 2.5Hz, ce qui, pour une éolienne tripal, équivaut à une vitesse de rotation de 50 tr/min. Les éoliennes envisagées pour le projet de Vents de Loire tourneraient à environ 17 tr/min, bien en deçà du seuil évoqué. En soi, cela indique déjà que les ombres portées d'une éolienne ne provoquent pas d'effet stroboscopique pouvant perturber la santé des riverains.

2.1 Méthodologie d'analyse

L'analyse des ombres portées annuelles dues au parc éolien de Vents de Loire, réalisée avec le logiciel de simulation WindFarm® ReSoft, prend en compte la trajectoire du soleil au cours de l'année sur le site, la topographie du site et le modèle des éoliennes (position et dimension).

Les 8 éoliennes du projet de Vents de Loire sont modélisées comme suit :

- Rotor: 130m;
- Hauteur de moyeu: 115m.

Selon le "Scottish Office (2002) PAN 45 guidelines" (ref .[1]), "Planning Policy Statement PPS22" (ref. [2] et "Clarke (1991) & (1995)" (ref. [3] et [4]), les habitations situées à plus de 10 fois le diamètre du rotor ne sont pas ou peu susceptibles d'être impactées par les ombres portées des éoliennes. La modélisation porte donc sur un rayon de 1300m autour des éoliennes.

Le tableau 1 récapitule les points de simulation situés à moins de 1300m du projet et la distance à l'éolienne la plus proche.

Point de simulation	Nom	Usage	Eolienne la plus proche	Distance à l'éolienne la plus proche (m)
1	ZER Soumard	Hameau	T3	1170
2	ZER Chambeau	Hameau	T7	890
3	ZER Bois de l'Aulne	Hameau	T7	860
4	ZER Chaume Panier	Exploitation agricole isolée	T7	800
5	ZER Chaume	Hameau	T7	1060
6	ZER Chevroux	Hameau	T6	1040
7	ZER Saint Laurent l'Abbaye	Village	T2	770

Tableau 1: Localisation des lieux considérés dans la simulation

2.2 Hypothèses

La simulation est faite selon les hypothèses suivantes:

- La couverture nuageuse n'est pas prise en compte. Chaque jour de l'année est considéré comme parfaitement ensoleillé (Approche très conservatrice; le taux de couverture nuageuse de la région est estimé à plus de 70% (ref. [5]));
- Le vent est toujours suffisant pour permettre la rotation des pâles. (Approche conservatrice);
- L'alignement du rotor avec la position du soleil est tel que l'ombrage est maximum au point étudié (Approche conservatrice; l'orientation du rotor est fonction de la direction des vents et celui-ci ne suit pas la trajectoire du soleil au cours de la journée) ;
- La simulation considère l'ombre sur les habitations/bureaux dans toutes les directions alors que les fenêtres des habitations ne sont pas forcément orientées vers le parc. (Approche conservatrice) ;
- L'intensité du soleil est considérée comme insuffisante pour créer des ombres portées quand le soleil est en dessous de 5°;
- Les masques tels que les arbres ou autres obstacles ne sont pas pris en compte. Seuls les masques dus à la topographie sont modélisés.

2.3 Résultats préliminaires avec hypothèses conservatrices

Les résultats montrent que, en prenant toutes ces hypothèses très conservatrices, 5 des lieux considérés dans l'analyse peuvent être sujets aux ombres portées dues au parc de Vents de Loire. Le tableau 2 présente les résultats pour les habitations potentiellement impactées par des ombres portées dues aux éoliennes (modélisation selon les hypothèses évoquées précédemment). Les périodes potentielles d'ombrages sont arrondies au quart d'heure.

Point de simulation	Description	Nombre de jours /an avec des ombres portées potentielles	Durée maximale d'ombres portées journalières [mins]	Nombre total d'heures annuelles d'ombres portées [h]
1	ZER Soumard	107	30	43
2	ZER Chambeau	68	35	32
5	ZER Chaume	64	30	26
6	ZER Chevroux	160	25	62
7	ZER Saint Laurent l'Abbaye	73	35	43

Tableau 2: Nombres d'heures potentiels d'ombres portées.

Il convient de souligner que cette analyse fournit une estimation très conservatrice des ombres portées sur les habitations/bureaux. En effet, l'orientation du rotor est fonction de la direction des vents. Par conséquent, et contrairement à ce qui est simulé, le rotor ne suit pas la trajectoire du soleil au cours de la journée. De plus, en l'absence de vent, les éoliennes ne tourneront pas. Enfin, le taux de couverture nuageuse dans cette région est élevé, réduisant encore la durée d'apparition des ombres portées.

D'autre part, l'orientation des fenêtres et/ou la présence d'arbres ou obstacles peuvent être tels que les habitations/bureaux ne seront pas nécessairement réellement impactées par des ombres portées dues aux éoliennes.

2.4 Résultats affinés en utilisant la couverture nuageuse

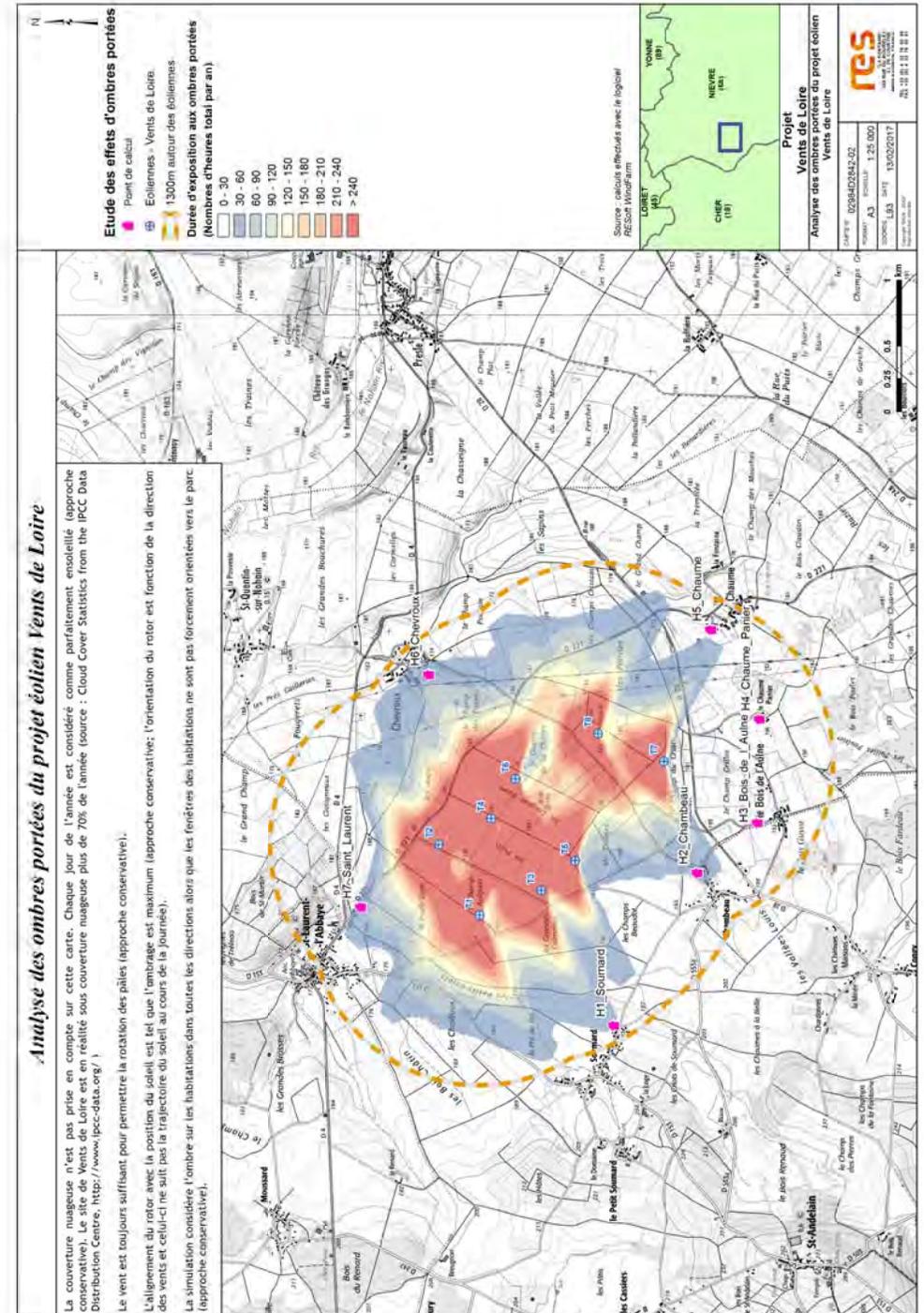
Le tableau 3 indique le nombre d'heures annuel en considérant une couverture nuageuse de 60%. Cette approche est à nouveau conservatrice. Pour rappel, la valeur de couverture nuageuse sur site, obtenue via l'IPCC Data Distribution Centre, banque de données statistiques météorologiques intergouvernementales (ref. [5]), est estimée à 70%.

Point de simulation	Description	Total annuel [h]	Nombre total d'heures annuelles d'ombres portées [h] considérant 60% de couverture nuageuse
1	ZER Soumard	43	18
2	ZER Chambeau	32	13
5	ZER Chaume	26	11
6	ZER Chevroux	62	25
7	ZER Saint Laurent l'Abbaye	43	18

Tableau 3: Nombres d'heures potentiels d'ombres portées.

2.5 Cartographie du nombre d'heure annuel maximal d'ombres portées.

Cette cartographie présente les résultats de la modélisation selon les hypothèses évoquées précédemment. (La couverture nuageuse n'est pas considérée).



3 CONCLUSION

Le présent rapport met en avant que :

- 5 lieux d'habitations sont susceptibles d'être impactés par les ombres portées projetées par les éoliennes du projet de Vents de Loire;
- Pour ces 5 lieux d'habitations susceptibles d'être impactés, le risque réel de gêne du aux ombres portées est quasi-nul. En effet, une approche conservatrice a été appliquée lors de la simulation, et la prise en compte de la couverture nuageuse réduit considérablement la durée d'impact potentiel, même en gardant les autres critères déjà très conservateurs.
- Toutes les autres hypothèses conservatrices ont été conservées (orientation du rotor, vitesse de vent, absence de végétation, orientation des fenêtres des habitations), ce qui atteste de la volonté de se mettre dans des conditions défavorables.
- L'arrêté du 26 août 2011 relatif à la déclaration sous le régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement des installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent s'intéresse à des bâtiments à usage de bureau situés à moins de 250m d'une éolienne. Les éoliennes du projet de Vents de Loire sont situés à au moins 700m d'habitations.

Dans le cas où des gênes avérées seraient néanmoins constatées après mise en service du parc, RES s'engage à étudier et à mettre en place des contre-mesures.

4 RÉFÉRENCES

- [1] The Scottish Office (2002), Planning Advice Note 45
- [2] Planning Policy Statement PPS22 (2004)
- [3] Clarke A.D (1991), A case of shadow flicker/flashing: assessment and solution, Open University, Milton Keynes
- [4] Clarke, A.D (1995), Assessment of Proposed Wind energy Project at Meenacahan, Donegal, Ireland, for Shadow Flicker, Report for B9 Energy Services Ltd
- [5] Cloud Cover Statistics from the IPCC Data Distribution Centre, <http://www.ipcc-data.org/>