

PROJET DE PARC EOLIEN EN MER AU LARGE DE COURSEULLES SUR MER

Synthèse de l'étude d'impact acoustique de 2011



mars 2013

Rapport n°121ACO2013-01A



9, rue Thiers - 37190 Azay-le-Rideau
Tél / Fax : +33(0)2 47 26 88 16
E-mail : contact@erea-ingenierie.com
www.erea-ingenierie.com

1. PREAMBULE

En avril 2012, la société Éolien Maritime France (EMF) - consortium regroupant la société EDF EN France et DONG Energy Power - a été autorisée à exploiter un parc éolien localisé sur le domaine public maritime au large de Courseulles-sur-Mer. Cette autorisation fait suite à la désignation de la société EMF comme lauréat de l'appel d'offres lancé par l'État pour l'installation de parcs éoliens au large des côtes françaises. En partenariat avec wpd Offshore, EMF a créé la société de projet « Eoliennes Offshore du Calvados » pour la réalisation du projet.

Dans le cadre du Débat Public, Eoliennes Offshore du Calvados souhaite mettre à disposition de tous, les synthèses des études techniques, économiques ou environnementales, réalisées depuis l'origine du projet.

Cette étude « *Etude d'impact acoustique* » réalisée par EREA Ingénierie en 2008 et remise à jour en 2011, a été rédigée à partir du descriptif du projet tel qu'il était au moment de sa rédaction. Ainsi, l'ensemble des données décrites dans cette synthèse correspond aux données disponibles au moment de la rédaction de l'étude, en 2008 et 2011. Les conclusions qui y sont indiquées sont donc amenées à évoluer en fonction des modifications apportées au projet.

2. CONTEXTE DE L'ETUDE

Cette synthèse consiste à fournir les éléments principaux compilés lors de l'étude de l'impact acoustique du projet éolien en mer de Courseulles-sur-Mer de décembre 2008. Cette étude a été modifiée à plusieurs reprises suite à des changements dans le schéma d'implantation des éoliennes (la dernière version date de novembre 2011).

Dans le cas de projets éoliens offshore, l'impact acoustique peut sembler moins contraignant que pour des éoliennes terrestres si l'on considère l'éloignement très important des premières habitations au parc éolien.

Toutefois, afin de tout mettre en œuvre pour s'assurer de mesurer le plus précisément l'impact environnemental sur les riverains du projet, et, compte tenu de la taille du parc, constitué de 75 éoliennes, une étude acoustique complète et détaillée a été réalisée.

Dans son ensemble, l'étude s'appuie sur la réglementation des projets éoliens terrestres en prenant en compte les spécificités d'un projet en mer.

Cette étude a été réalisée en 3 phases :

- **Campagne de mesures *in situ*** : détermination du bruit préexistant sur le site en fonction de la vitesse du vent et en considérant la spécificité de l'influence de la mer sur le bruit résiduel.
- **Calculs prévisionnels** du bruit des éoliennes : estimation de la contribution sonore du projet au droit des habitations riveraines.
- **Analyse de l'émergence** à partir des deux points précédents : validation du respect de la réglementation française en vigueur.

3. DESCRIPTION DU PROJET

Au moment de l'étude, le projet éolien en mer au large de Courseulles sur Mer est constitué de 75 éoliennes et se situe à une dizaine de kilomètres des côtes. Il s'étend en sept alignements de dix à onze machines, orientés Nord-Ouest / Sud-Est, entre la presqu'île du Cotentin et la pointe du Havre. L'éolienne la plus proche est située à une distance d'environ 10 km de la première habitation.

Le projet étudié est localisé sur la figure suivante ci-dessous.



Localisation du projet éolien en mer au large de Courseulles-sur-Mer

4. GENERALITES SUR LE BRUIT

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

4.1. QUELQUES DEFINITIONS

ARITHMETIQUE PARTICULIERE DU DECIBEL

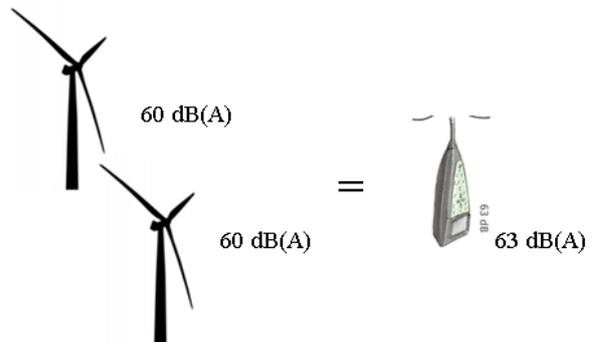
L'échelle logarithmique du décibel induit une arithmétique particulière. En effet, les décibels ne peuvent pas être directement additionnés :

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

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

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

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



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

INDICATEURS LAEQ ET L50

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

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

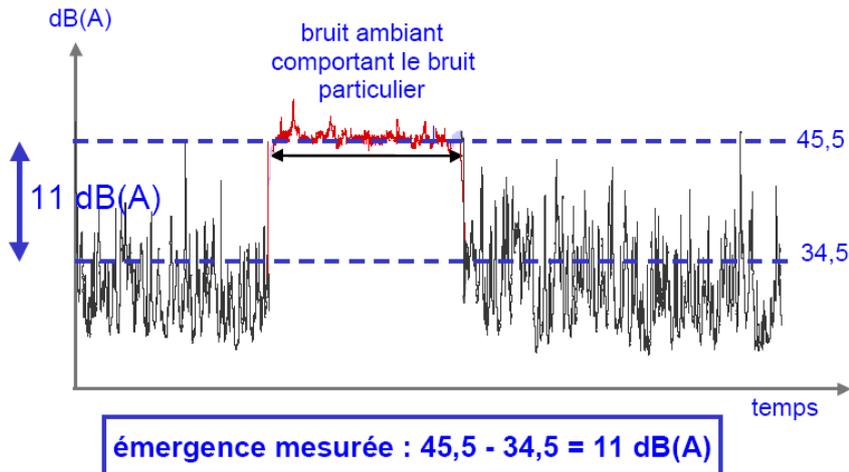
On peut également utiliser les indices statistiques, notés **L_x**, qui représentent les niveaux acoustiques atteints ou dépassés pendant x % du temps.

Par exemple, dans le cas de projets éoliens, nous faisons généralement le choix de l'indicateur **L₅₀** (niveau acoustique atteint ou dépassé pendant 50 % du temps) comme bruit préexistant pour le calcul des émergences car il permet une élimination très large des événements particuliers liés aux activités humaines. Il correspond en fait au bruit de fond dans l'environnement.

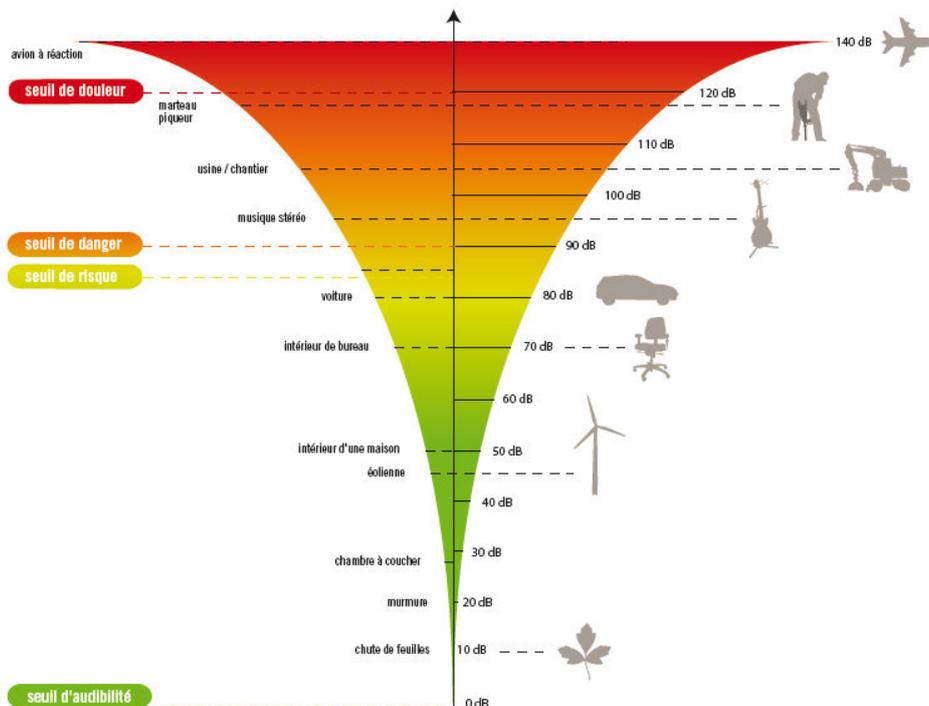
NOTION D'EMERGENCE

L'émergence est définie par la différence entre le niveau de bruit ambiant, comportant le bruit particulier en cause, et celui du bruit résiduel constitué par l'ensemble des bruits habituels, extérieurs et intérieurs, dans un lieu donné, correspondant à l'occupation normale des locaux et au fonctionnement normal des équipements.

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



4.2. ECHELLES DE BRUIT



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

4.3. PARTICULARITE DU BRUIT DES EOLIENNES

On retient généralement les trois phases de fonctionnement suivantes pour définir les différentes sources de bruit issues d'une éolienne de type HALIADE 150 fabriquée par ALSTOM :

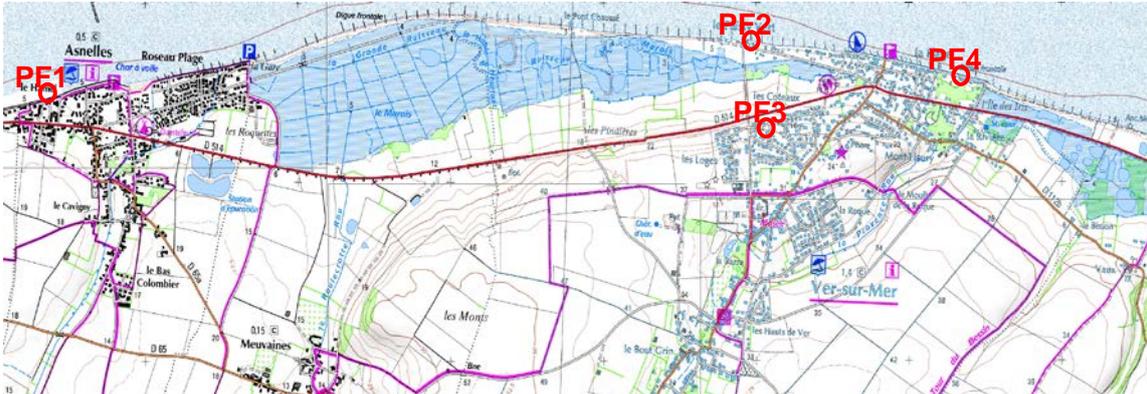
- A des vitesses de vent inférieures à environ 3 m/s, les pales restent immobiles et l'éolienne ne produit pas. Le faible bruit perceptible est issu du bruit aérodynamique du frottement de l'air sur le mât et les pales.
- A partir d'une vitesse d'environ 3 m/s, l'éolienne se met tout juste en fonctionnement et fournit une puissance qui augmente en fonction de la vitesse du vent jusqu'à environ 13 m/s selon le modèle. Le bruit est composé du bruit aérodynamique du frottement de l'air sur le mât et du frottement des pales dans l'air, ainsi que du bruit des systèmes mécaniques. On notera que la variation de la vitesse de rotation des pales n'est presque pas perceptible visuellement.
- Au-delà de 13 m/s, l'éolienne entre en régime nominal avec une production constante. Le bruit est alors composé du bruit aérodynamique qui augmente avec la vitesse du vent, le bruit mécanique restant quasiment constant.

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

La plage de vent correspondant à cette situation est globalement comprise entre 3 et 10 m/s et l'analyse acoustique prévisionnelle porte sur ces vitesses de vent, par convention. Au-delà de 10 m/s, le bruit dans l'environnement masque le bruit des éoliennes.

5. CAMPAGNE DE MESURES

Une campagne de mesures acoustiques comprenant quatre points de mesures sur une période de huit jours a été réalisée. Ces points permettent de définir les niveaux sonores initiaux du site étudié.



Emplacements des points de mesures

Les mesures de bruit ont été réalisées du 4 au 12 novembre 2008 et ont consisté à positionner un sonomètre au droit de 4 habitations riveraines, ainsi qu'un mât météorologique de 10 m. L'ensemble du matériel utilisé est homologué et de classe I.



Photographie du point de mesure PF 1 : le sonomètre (microphone) est positionné sur un trépied à l'extérieur, en façade de l'habitation

Le choix de la position des points de mesures est déterminé afin de qualifier au mieux les différentes ambiances sonores présentes sur le site (bord de mer et habitations plus éloignées).

L'ensemble de ces mesures caractérisant le bruit résiduel servira ensuite de base pour l'estimation des émergences liées au projet éolien.

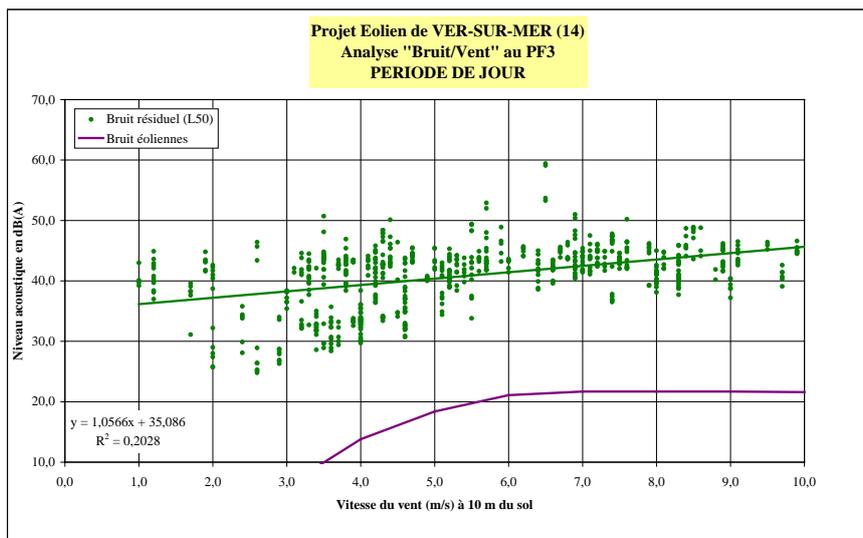
Le tableau ci-dessous compile les résiduels mesurés, de jour (7h-22h) et nuit (22h-7h), en fonction de la vitesse du vent à une hauteur de 10 m du sol.

	3 m/s		4 m/s		5 m/s		6 m/s		7 m/s		8 m/s		9 m/s		10 m/s	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit												
PF1	47,2	42,7	48,1	44,2	48,9	45,8	49,8	47,4	50,7	49,0	51,6	50,6	52,5	52,2	53,4	53,4
PF2	51,2	48,7	51,7	49,6	52,1	50,5	52,5	51,5	52,9	52,4	53,3	53,3	53,7	53,7	54,1	54,1
PF3	38,3	34,0	39,3	35,4	40,4	36,9	41,4	38,3	42,5	39,8	43,5	41,2	44,6	42,7	45,7	44,1
PF4	49,0	43,8	49,3	44,9	49,6	45,9	49,8	46,9	50,1	48,0	50,4	49,0	50,7	50,0	51,0	51,0

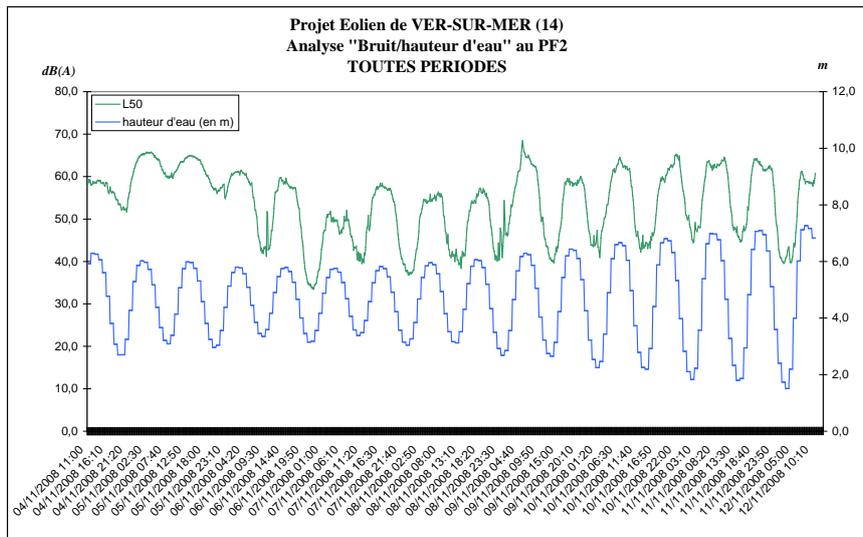
Bruit existant mesuré en dB(A), selon la vitesse de vent

Les résultats des mesures mettent en évidence que les niveaux de bruit résiduels les plus élevés se situent au bord de la mer (PF1, PF2 et PF4). En effet, les bords de mer sont caractérisés par le bruit des vagues qui est d'autant plus élevé à marée haute. Ceci est illustré par la bonne corrélation entre le bruit et la hauteur des vagues dans les analyses « bruit-marée » présentées ci-après. Par ailleurs, le caractère continu des marées entraîne des niveaux résiduels globalement semblables de jour et de nuit pour ces points.

En revanche, le fait de s'éloigner du bord de mer entraîne une diminution sensible des niveaux du bruit engendré par les vagues. Au droit du point de mesure éloigné de la côte (PF3), on observe des niveaux sonores plus faibles et différents suivant la période. En effet, la mer étant plus éloignée, le bruit préexistant provient essentiellement de l'environnement proche (effets du vent sur la flore, faune, etc...) qui n'est pas couvert par le bruit de la mer, ni par de l'activité humaine importante. De ce fait, on retrouve une bonne corrélation « bruit-vent » présentée ci-après.



Exemple d'analyse bruit-vent – niveaux sonores en fonction de la vitesse du vent



Exemple d'analyse bruit-marée – niveaux sonores en fonction de la hauteur de l'eau

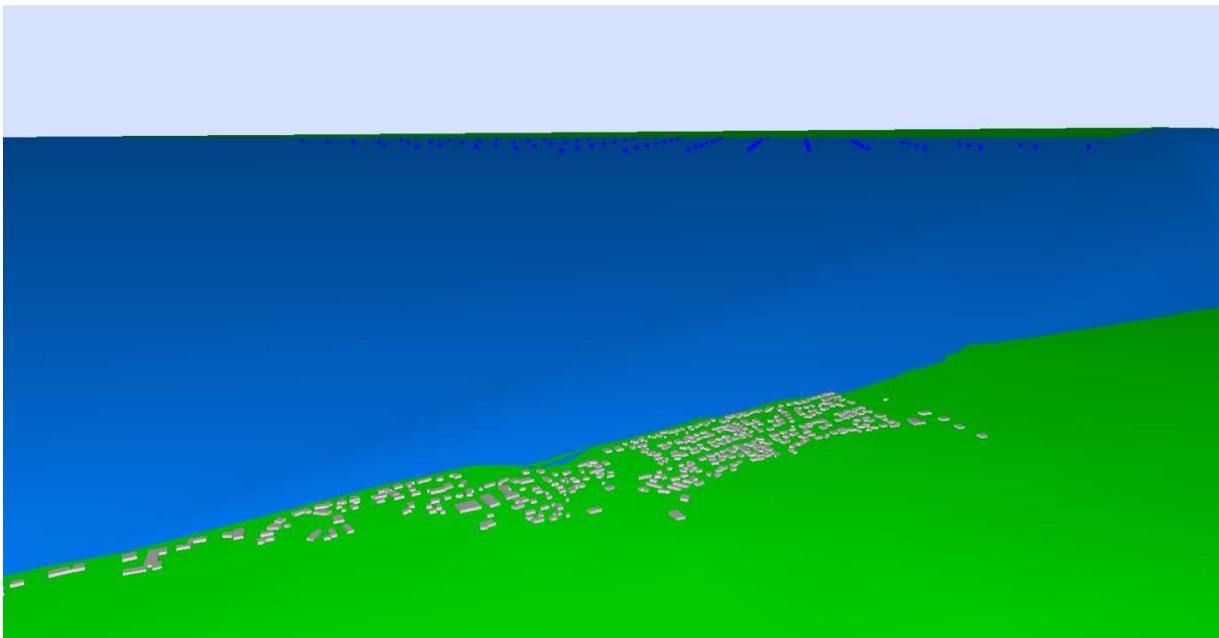
6. ANALYSE PREVISIONNELLE

L'estimation des niveaux sonores est réalisée à partir de la **modélisation du site en trois dimensions** à l'aide du logiciel CADNAA. Cette modélisation tient compte :

- des émissions sonores de chacune des éoliennes ; sources ponctuelles disposées à hauteur des nacelles,
- de la propagation acoustique en trois dimensions selon la configuration de l'exposition des bâtiments, la topographie du site (distance, hauteur, exposition directe ou indirecte), la nature du sol et l'absorption dans l'air,
- des caractéristiques de l'urbanisme ; les simulations considèrent le bâtiment étudié en présence des autres bâtiments voisins et les effets éventuels de masque ou de réflexion dus aux autres bâtiments sont pris en compte.

La modélisation du site a été réalisée à partir du modèle numérique de terrain en trois dimensions et avec prise en compte du bâti et du relief de la côte.

La zone maritime est considérée comme une surface totalement réfléchissante dans les calculs, alors que la partie terrestre est caractérisée par une surface globalement absorbante.



Aperçu de la modélisation 3D (CadnaA)

CHOIX DE LA METHODE DE CALCUL

La distance très importante entre les sources de bruit et les récepteurs nécessite de choisir la meilleure méthode de calcul. En effet, à une distance de plus de 10 km, la prise en compte de l'ensemble des conditions de propagation (effet du vent, de l'absorption dans l'air, phénomène de courant...) est très importante.

Nous avons fait les calculs selon les méthodes suivantes :

- Méthode ISO 9613 : prise en compte de conditions météorologiques favorables à la propagation dans toutes les directions de vent (hypothèse prise : 100% d'occurrences météorologiques).
- Méthode *Harmonoise* : prise en compte de la vitesse et de la direction des vents dominants propres au site dans les calculs.

La méthode ISO 9613 est la méthode « réglementaire » en France pour les projets dits « industriels ». La méthode *Harmonoise* est un projet d'harmonisation des méthodes européennes de prévision des niveaux sonores, et a priori la plus fréquemment utilisée dans les projets éoliens offshore nord européens.

On cherchera à prendre en compte la méthode donnant les niveaux acoustiques les plus élevés au droit des riverains du projet considéré. En d'autres termes, la méthode utilisée sera la plus majorante pour le projet.

Cette comparaison met en évidence que des niveaux sonores calculés sont bien plus élevés avec la méthode ISO 9613 qu'avec *Harmonoise* au droit des riverains. Cette différence s'explique par le fait que l'atténuation liée à l'absorption atmosphérique (d'autant plus importante que la distance source-récepteur est éloignée) est a priori plus importante avec *Harmonoise*, qu'avec l'ISO 9613.

La méthode ISO 9613, plus majorante, est donc retenue pour les calculs des émergences qui sont effectués dans la suite de ce rapport.

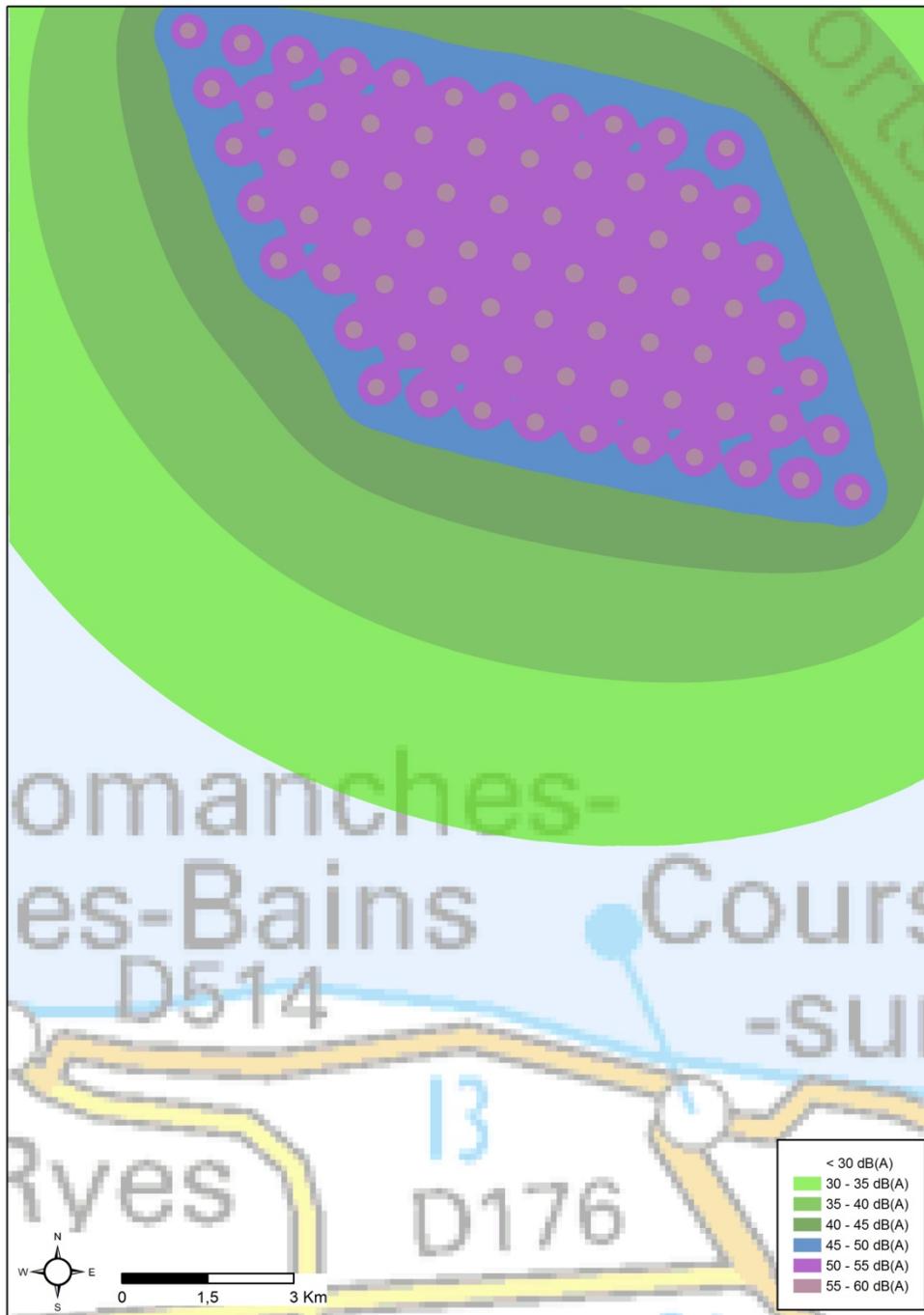
Le type d'éolienne envisagé pour le projet est le suivant :

- ALSTOM HALIADE 150, avec une hauteur de mât de 100 m.

Les émissions acoustiques utilisées dans les calculs de propagation correspondent aux valeurs globales garanties par le constructeur. En revanche, il n'existe pas à ce jour de données spectrales de l'éolienne ALSTOM HALIADE 150. Ces données seront disponibles lorsqu'il sera possible d'effectuer des mesures *in situ* sur le premier prototype qui sera installé à terre puis en mer. Il est prévu qu'ALSTOM installe un prototype à terre en 2012 puis en mer courant 2013. Les hypothèses prises à ce jour pourront donc être validées lorsque ces installations auront été effectuées. Ainsi, les hypothèses spectrales prises en compte dans les calculs correspondent à l'allure spectrale d'une machine globalement équivalente, à savoir l'éolienne du fabricant REpower d'une puissance de 5MW.

Les simulations informatiques en trois dimensions permettent de déterminer la contribution sonore de l'ensemble du projet éolien, selon les vitesses de fonctionnement.

Les calculs prévisionnels font apparaître des niveaux sonores variables selon la vitesse du vent, allant jusqu'à 29 dB(A) au maximum au droit des habitations les plus proches du projet éolien. Les niveaux sonores les plus élevés sont observés pour les vitesses de vent supérieures à 10 m/s à 10 m du sol.



Isophones à une hauteur de 2m pour une vitesse de vent de 10 m/s à 10 m du sol

A la lecture de ces isophones, il est possible de visualiser que les niveaux sonores sont inférieurs à 30 dB(A) avant la côte et les premières habitations.

7. EMERGENCES

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

Les analyses des émergences font apparaître que les émergences globales réglementaires sont très largement respectées en période de jour et de nuit au droit de l'ensemble des habitations riveraines.

Il s'avère que les émergences calculées de jour comme de nuit sont très faibles, voire nulles, de l'ordre de 0,2 dB(A) au maximum au droit des habitations « Les Coteaux » (récepteur R3 et R31) situées à Ver-sur-mer, pour une vitesse de vent de 6 à 7 m/s en période de nuit.

Période de nuit		Type de bruit	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
Asnelles	R1	Bruit résiduel extérieur	42,7	44,2	45,8	47,4	49,0	50,6	52,2	53,4
		Bruit éoliennes extérieur	8,3	15,3	20,1	23,1	24,7	25,1	24,3	25,2
		Bruit ambiant	42,7	44,3	45,8	47,4	49,0	50,6	52,2	53,4
		EMERGENCE	0,0							
	R11	Bruit résiduel extérieur	42,7	44,2	45,8	47,4	49,0	50,6	52,2	53,4
		Bruit éoliennes extérieur	10,4	17,4	22,2	25,2	26,8	27,2	26,3	27,3
		Bruit ambiant	42,7	44,3	45,9	47,4	49,0	50,6	52,2	53,4
		EMERGENCE	0,0							
	R12	Bruit résiduel extérieur	42,7	44,2	45,8	47,4	49,0	50,6	52,2	53,4
		Bruit éoliennes extérieur	9,7	16,7	21,5	24,5	26,1	26,6	25,7	26,7
		Bruit ambiant	42,7	44,3	45,8	47,4	49,0	50,6	52,2	53,4
		EMERGENCE	0,0							
Le Paisty Vert	R2	Bruit résiduel extérieur	48,7	49,6	50,5	51,5	52,4	53,3	53,7	54,1
		Bruit éoliennes extérieur	12,3	19,3	24,1	27,1	28,7	29,1	28,3	29,2
		Bruit ambiant	48,7	49,6	50,6	51,5	52,4	53,3	53,7	54,1
		EMERGENCE	0,0							
Les Coteaux	R3	Bruit résiduel extérieur	34,0	35,4	36,9	38,3	39,8	41,2	42,7	44,1
		Bruit éoliennes extérieur	9,2	16,2	21	24	25,6	26	25,2	26,1
		Bruit ambiant	34,0	35,5	37,0	38,5	39,9	41,3	42,7	44,1
		EMERGENCE	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0
	R31	Bruit résiduel extérieur	34,0	35,4	36,9	38,3	39,8	41,2	42,7	44,1
		Bruit éoliennes extérieur	9,6	16,6	21,4	24,4	26	26,4	25,6	26,5
		Bruit ambiant	34,0	35,5	37,0	38,5	39,9	41,4	42,7	44,2
		EMERGENCE	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
	R32	Bruit résiduel extérieur	34,0	35,4	36,9	38,3	39,8	41,2	42,7	44,1
		Bruit éoliennes extérieur	4,5	11,5	16,3	19,3	20,9	21,2	20,6	21,4
		Bruit ambiant	34,0	35,4	36,9	38,4	39,8	41,3	42,7	44,1
		EMERGENCE	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
La Plage	R4	Bruit résiduel extérieur	43,8	44,9	45,9	46,9	48,0	49,0	50,0	51,0
		Bruit éoliennes extérieur	12,5	19,5	24,3	27,3	28,9	29,3	28,5	29,4
		Bruit ambiant	43,8	44,9	45,9	47,0	48,0	49,1	50,1	51,0
		EMERGENCE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	R41	Bruit résiduel extérieur	43,8	44,9	45,9	46,9	48,0	49,0	50,0	51,0
		Bruit éoliennes extérieur	12,5	19,5	24,3	27,3	28,9	29,3	28,5	29,4
		Bruit ambiant	43,8	44,9	45,9	47,0	48,0	49,1	50,1	51,0
		EMERGENCE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	R42	Bruit résiduel extérieur	43,8	44,9	45,9	46,9	48,0	49,0	50,0	51,0
		Bruit éoliennes extérieur	12,5	19,5	24,3	27,3	28,9	29,3	28,5	29,4
		Bruit ambiant	43,8	44,9	45,9	47,0	48,0	49,1	50,1	51,0
		EMERGENCE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0

Résultats des émergences en période de nuit pour les habitations les plus proches du projet

8. CONCLUSION

L'impact acoustique du projet éolien en mer au large de Courseulles sur Mer a été étudié selon les descriptions du projet au moment de l'analyse.

Les conclusions font apparaître que les seuils réglementaires (5 dB(A) le jour et 3 dB(A) la nuit) sont très largement respectés avec des émergences négligeables de l'ordre de 0,2 dB(A) au maximum.

Le projet peut évoluer avec l'avancement des études de plus en plus détaillées. Toutefois, il convient de noter les aspects suivants : pour que l'émergence nocturne soit de 3 dB(A), seuil réglementaire, il faudrait que la contribution de l'ensemble du parc étudié soit supérieure d'environ 14 dB(A), ce qui revient à dire que la puissance des machines soit de l'ordre de 125 dB(A) à 7 m/s, le cas le plus contraignant. A titre d'indication, une augmentation de 14 dB(A) consisterait à multiplier par 30 le nombre de machines du projet de Courseulles sur Mer.