



USAGE
OFFICIEL



Jbel-Sendouq Khalladi

Projets de parc éolien et de ligne électrique 225 kV

Tanger, Maroc

Évaluation de l'impact acoustique

Mars 2015

Table de matières

1	Introduction	1
2	Équipe de travail.....	1
3	Concept et Définition	1
4	Réglementation du bruit	2
5	Méthodologie	4
5.1	Approche de modélisation	4
5.2	Hypothèses de modèle	4
5.3	Paramètres du modèle	5
5.4	Scénario types.....	11
6	Résultats.....	12
6.1	Étude de base.....	12
6.2	Résultat du modèle de bruit	14
7	Discussion et Conclusions.....	20
5	Méthodologie	4
5.1	Approche de modélisation	4
5.2	Hypothèses du modèle	5
5.3	Paramètres du modèle	5
5.4	Scénario types.....	11
6	Résultats.....	12
6.1	Étude de base.....	12
6.2	Résultats du modèle du bruit.....	14
7	Discussions et Conclusions	20

Tableaux

Tableau 1 Examples de différents niveaux sonores	2
--	---

Tableau 2 Limits de bruit établis par la Réglementation Française (Décret n°2006-1099; Article R1334-33).	3
---	---

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
EHS	Environnement, Santé et Sécurité
EIE	Étude d'impact sur l'environnement
PSGES	Plan de suivi et de gestion environnementale et sociale
PE	Principes de l'Équateur
IAC	Ingénierie, approvisionnement et construction
IFPE	Institutions financières des Principes Equateurs
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture
BM	Banque Mondiale
WHO	World Health Organisation
5 Capitals	5 Capitals Environment and Management Consultancy

1 Introduction

Le but de cette étude est d'évaluer l'impact acoustique du Parc Éolien proposé. Cette étude acoustique vérifie la conformité par rapport aux directives de WB/IFC, toute en considérant les niveaux acoustiques de référence, le niveau sonore qu'émettront les éoliennes proposées et d'autres sources de bruit présentes sur le site.

2 Équipe de travail

ACWA Power a chargé 5 Capitals, un cabinet indépendant de conseil en environnement, de réaliser l'évaluation d'impacts environnementaux et sociaux du projet du parc éolien. 5 Capitals est un bureau d'étude environnementale basé à Dubaï, qui possède une grande expérience dans la réalisation de projets énergétiques financés par les Institutions Financières Internationales, exigeant des évaluations environnementales et sociales conformes à WB/IFC. À ce jour, 5 Capitals a réalisé des évaluations environnementales pour les projets énergétiques dépassant un total de 35,000MW.

5 Capitals a engagé TAXUS Gestión Ambiental, Ecología y Calidad S.L. pour faire la modélisation du bruit et de l'effet d'ombre portée. TAXUS est un cabinet de conseil spécialiste en environnement basé en Espagne qui a réalisé des expertises de référence et les études de modélisation sur plus de 37 parcs éoliens, à ce jour.

Les deux cabinets, 5 Capitals et TAXUS, ont de l'expérience dans l'évaluation environnementale dans le Royaume du Maroc.

3 Concept et Définition

Une perturbation acoustique se définit par la présence de bruit ou de vibrations dans l'environnement causant des dérangements ou des risques pour la population et ses activités, ou provoque des effets significants sur l'environnement naturel, quelle que soit la source de la perturbation.

Le bruit produit par les turbines du parc éolien provient de deux sources :

- Bruit aérodynamique. Ce bruit provient de l'interaction entre les pales et l'air. Les pales produisent un bruit aigu, connu comme « bruit blanc ». Ce bruit blanc peut s'entendre dans le voisinage des éoliennes quand elles tournent à faible vitesse. Ce type de bruit augmente avec la vitesse du vent.
- Bruit mécanique. Le bruit mécanique provient de la friction entre les éléments des éoliennes qui participent à la rotation. Ce bruit n'augmentera pas si ces éléments sont correctement maintenus. Si la maintenance est convenable, le bruit mécanique

est imperceptible pour un écouteur localisé sous l'éolienne. Si nous considérons qu'aucune éolienne ne va être placée à moins de 300 m des zones résidentielles, nous pouvons assumer que le bruit mécanique ne sera pas un problème réel pour la population locale ni pour l'environnement naturel.

L'unité utilisée pour mesurer la magnitude du son est le décibel, laquelle est une unité logarithmique. Cela vient de la caractérisation de l'ouïe humaine. L'ouïe humaine perçoit le son selon une relation logarithmique au lieu d'une relation linéaire. Cela signifie que pour une augmentation de 3 décibels perçue par une personne, l'énergie sonore émise doit être doublée.

Si nous considérons que l'ouïe humaine perçoit différemment les différentes bandes du spectre de fréquence sonore et qu'elle atteint la sensibilité maximale dans les moyennes fréquences du spectre, nous pouvons appliquer une pondération selon les fréquences pour donner plus d'intérêt aux fréquences audibles. Nous connaissons cette échelle comme décibels (A) ou dB (A).

Tableau 1 Examples de différents niveaux sonores

Niveau sonore dB(A)	Limite d'audition 0	Murmure 30	Conversation 60	Trafic urbain 90	Concert de rock 120	Réacteur à 10 m 150
---------------------	---------------------	------------	-----------------	------------------	---------------------	---------------------

L'émission sonore produite par les éoliennes émet dans toutes les fréquences du spectre audible. Elle présente également la plupart de l'émission sonore à basses fréquences. Toutefois, les nouveaux modèles d'éoliennes ont réduit ses émissions en basse fréquence donc elles sont devenus inaudibles pour les personnes et conséquemment non pertinentes pour la santé publique (Colby, et al. 2009).

4 Réglementation du bruit

Les directives du BM/SFI établissent que les impacts sonores ne devraient pas excéder les niveaux présentés sur le tableau ci-dessous, ou si les seuils s'excèdent, le projet ne devrait pas produire une augmentation des niveaux de fond de plus de 3 dB à l'emplacement du récepteur hors site le plus proche.

Tableau 2 Valeurs limites de bruit établit par les directives de BM/SFI

Type de récepteur	Index du son	
	Ld	Ln
Résidentiel, institutionnel, éducationnel	55	45
Industriel, commercial	70	70

Les directives précisent également que des bruits très intrusifs, comme le bruit de survols d'avions et de trains qui passent, ne devraient pas être inclus lors de l'établissement des niveaux de bruit de fond.

En outre, la méthodologie appliquée à l'étude de base de bruit et de mesure est basée sur les recommandations françaises de l'évaluation des impacts environnementaux des parcs éoliens. Selon ceux-ci, les restrictions suivantes sont appliquées:

Tableau 2 Limits de bruit établis par la Réglementation Française (Décret n°2006-1099; Article R1334-33).

Type de récepteur	Index du son	
	Ld	Ln
Bruit de fond, conditions normales	+5	+3
Des corrections peuvent être ajoutées en fonction de la durée d'émission de bruit		

La régulation Française spécifie: L'augmentation globale dans un lieu donné est définie par la différence entre le niveau de bruit ambiant, y compris le bruit spécifique analysé, et le niveau de bruit résiduel produit par tous les bruits usuels, extérieur et intérieur, correspondant à l'occupation normale et le fonctionnement normal de l'équipement, en particulier en absence de bruit.

5 Méthodologie

5.1 Approche de modélisation

La modélisation acoustique considère les variables qui ont un effet significatif sur les niveaux de bruit. Les variables qui sont imprévisibles ou un événement ponctuel ne sont pas inclus parce qu'ils sont impossibles de quantifier.

Suite à la meilleure pratique internationale, les variables considérées dans la simulation acoustique furent les suivantes:

- Vitesse et direction principale du vent ;
- Température et humidité moyenne ;
- Topographie ;
- Végétation (simplifiée à une distribution uniforme) ;
- Eléments qui peuvent interférer à la propagation acoustique (comme des bâtiments, mures, pentes, rues, etc.) ;
- Rues avec un trafic élevé ou chemins de fer. Les deux peuvent interférer significativement aux niveaux de bruit locaux ; et
- Industrie ou autres activités avec des émissions acoustiques élevées.

La modélisation acoustique a pris en considération les paramètres d'émission sonore provenant de sources sonores et des caractéristiques de l'environnement. Le résultat final de la modélisation est un maillage créé sur un MNT (Modèle Numérique de terrain) avec des valeurs de bruit pour la zone autour du projet, classés par domaines de bruit.

Le logiciel utilisé pour obtenir ces valeurs a été Cadna-A®-v4.0 (Computer Aided Design Noise Abatement), un logiciel de prédiction acoustique. Cadna-A® prend en considération et respecte un grand nombre de normes internationales qui sont détaillées dans les annexes.

En utilisant Cadna chaque source sonore est placée dans un système tridimensionnel d'axes X, Y et Z et peut être référencée à une topographie en introduisant une hauteur relative par rapport au niveau de la terre. Le logiciel tient également compte de tous les paramètres qui interfèrent avec la propagation du son: protections contre le bruit, réflexion acoustique, atténuation acoustique du sol, météorologie, direction du vent, vitesse du vent, diffraction acoustique et autres.

5.2 Hypothèses de modèle

Les hypothèses suivantes ont été faites pour la simulation acoustique :

- Pression acoustique émise par les éoliennes. Il est considéré que les éoliennes fonctionnent émettant le taux maximal d'émission acoustique (supérieure à 10 m / s)

considéré comme le scénario le plus défavorable, pour tous les cas pris en compte dans la modélisation.

- Chaque éolienne se comporte comme une source sonore ponctuelle. L'origine de l'émission acoustique provient du centre / axe de la lame. De ce point, les ondes sonores se propagent dans toutes les directions.
- L'effet de bruit synergique entre les éoliennes fonctionnant simultanément n'a pas été considéré dans la modélisation acoustique. Les études sur les effets synergiques entre des sources sonores proches et leur interaction ne sont pas concluantes en ce qui concerne savoir si ce phénomène va augmenter ou diminuer l'émission acoustique.
- L'émission acoustique des éoliennes à travers l'ensemble du spectre de fréquence de bruit n'a pas été considérée, puisque l'analyse acoustique comprenait une pondération A, comme il est expliqué dans la section 3.
- Les sources sonores avec un niveau d'émission acoustique basse ne sont pas prises en compte pour la simulation acoustique. Les émissions acoustiques provenant de ces sources sont imprévisibles et intermittentes. Des exemples de ces sources sonores sont des bâtiments unifamiliaux, les fermes, la circulation sur les chemins et sentiers, les animaux domestiques (chiens, ânes, vaches, etc.).
- Les paramètres météorologiques ne comprennent pas les événements tels que l'inversion thermique ou autres qui peuvent affecter la propagation acoustique, augmentant ou diminuant celle-ci.
- Quant au reflet et l'atténuation du terrain et la végétation, la modélisation acoustique a considéré le terrain et la végétation comme une zone absorbante et avec un maximum d'un degré de reflet.

5.3 Paramètres du modèle

Les paramètres utilisés dans la simulation sont abordés dans cette section.

5.3.1 Caractéristiques du Parc Éolien

L'emplacement proposé pour les éoliennes est indiqué sur les cartes jointes.

Le modèle d'éolienne considéré pour la simulation est un Vestas V90 3.0 MW avec une hauteur de rotor de 80 m et une émission acoustique de 107 dB (A) à une vitesse supérieure à 8 m / s. Les conditions de vent de plus de 8 m / s sont prises comme le scénario le plus défavorable pour l'étape de l'opération, à cause du bruit émis par les pics des éoliennes à cette vitesse de vent, comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 4 Émissions sonores du V-90 selon différentes vitesses du vent

W10 [m/s]	Wh [m/s]	dB(A)
6	8,4	104,2
7	9,8	106,1
8	11,1	107,0
9	12,6	107,0
10	13,9	107,0

W10 – Vitesse du vent à 10m d'altitude

Wh – Vitesse du vent à la hauteur du moyeu

Les données de bruit ont été incluses dans le modèle en différenciant les émissions sonores par bande d'octave.

En outre, une augmentation de 2 dB (A) a été ajoutée à l'émission acoustique des turbines pendant la période diurne. Cette augmentation est déterminée dans la norme internationale IEC-61400-14-(Turbines Standards from International Electrotechnical Commission) qui établit :

"La valeur de l'émission de bruit de jour (Lwd) doit être augmentée de 2 dB (A) sur la valeur de l'émission normale (Lw)"

Cette norme établit également l'utilisation du filtre de type "A" sur l'émission acoustique produite par les éoliennes.

5.3.2 Caractéristiques du vent

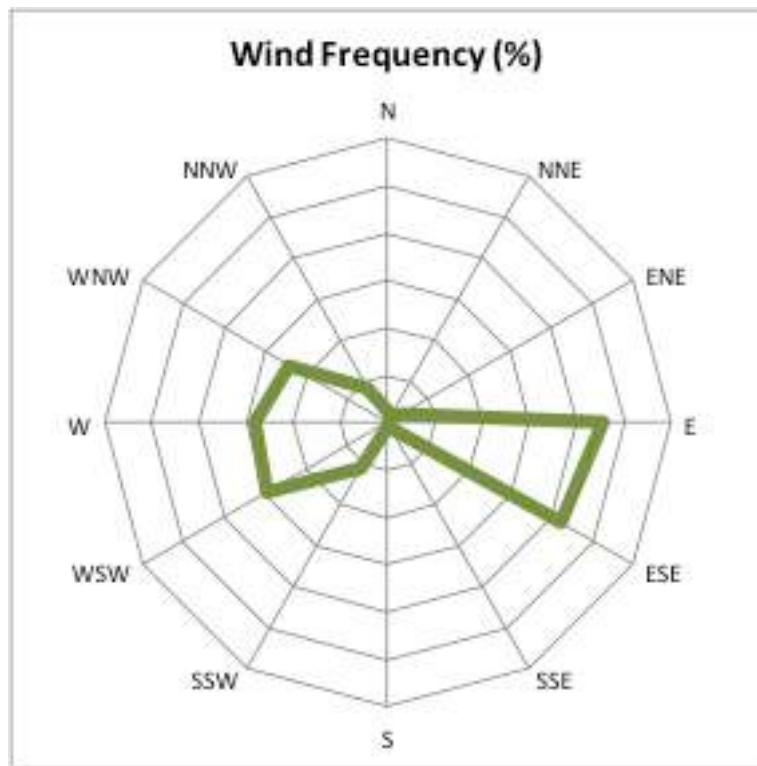
Le consortium a fourni de l'information concernant la direction principale du vent sur le site.

Les données apportées sont indiquées dans le tableau et la figure ci-dessous :

Tableau 5 Vent dominant

Direction Principale du vent	E	22,8%
	ESE	21,1%

Figure 1 Boussole de vent cumulatif sur le site



La direction du vent dominante est de l'Est pour les deux groupes d'éoliennes du Parc Éolien Khalladi

5.3.3 Topographie et utilisation du sol

La topographie de la zone d'étude a été également requise pour le modèle. Le consortium a fourni des données topographiques et cette information a été vérifiée par les techniciens à travers les visites sur le site.

Il a été attribué une valeur de G=1 pour l'atténuation acoustique au sol. Cette valeur est déterminée par les caractéristiques de la zone, qui a un environnement rural et de la végétation absorbante du bruit (garrigue, cultures, prairies) selon la norme ISO 6913.

5.3.4 Récepteurs Sensibles

Tous les bâtiments et les structures existant dans la zone de 1000 m autour du projet ont été identifiés en utilisant l'image satellite et ont été considérés comme des potentiels récepteurs sensibles.

Une simulation acoustique préliminaire a été entreprise afin de déterminer les structures qui pourraient potentiellement être affectées par le bruit des turbines, en considérant la pression sonore reçue en dessous de 40 dB (A) comme non pertinente.

Les récepteurs sensibles identifiées avec l'image satellite ont été examinés au cours des études sur le terrain afin de recueillir des informations à propos de chaque structure et de vérifier si les bâtiments sont résidentiels, commerciaux, industriels ou si ils sont abandonnés. Pendant les travaux, toute structure trouvé qui n'avait pas été identifiée précédemment dans la zone identifiée par la simulation préliminaire, ont été enregistrées et inclue dans la base de données des récepteurs sensibles. Des récepteurs sensibles ont été classifiés selon ils faisaient partie d'un village ou ils étaient isolés.

Les récepteurs sensibles sélectionnés sont détaillés dans le tableau suivant. L'impact sur chaque récepteur sensible a été modélisé à une hauteur de 1,5 m.

Tableau 6 Récepteurs Sensibles

Récepteur	UTM WGS84 30N			Hauteur (m)	Observations	Distance à la turbine plus prochaine (m)
	X	Y	Z			
RC01	264638.93	3962509.33	317.46	1,5	-	202
RC02	264905.88	3962535.01	317.95	1,5	-	332
RC03	264598.5	3962043.24	306.83	1,5	-	199
RC04	264259.41	3961594.51	281.64	1,5	-	575
RC05	265147.81	3961338.31	407.55	1,5	-	321
RC06	266568.59	3961854.05	457.18	1,5	Inhabité	266
RC07	264488.99	3960988.93	342.08	1,5	-	433
RC08	264934.86	3961012.23	349.43	1,5	-	353
RC09	265666.88	3961145.32	389.84	1,5	-	478
RC10	266878.03	3961045.5	633.5	1,5	Inhabité	125
RC11	265977.43	3961015.55	398.42	1,5	-	403
RC12	266629.73	3960012.1	361.5	1,5	-	612
RC13	267074.24	3959515.11	382.56	1,5	-	505
RC14	267088.75	3957334.08	375.82	1,5	-	735
RC15	267169.4	3957061.12	396.93	1,5	-	739
RC16	267119.77	3957932.74	336.3	1,5	-	857
RC17	267367.91	3956270.15	395.26	1,5	-	779
RC18	267982.08	3956108.86	500.21	1,5	-	418
RC19	268229.74	3955781.27	487.26	1,5	-	489
RC20	268963.01	3955490.98	433.5	1,5	-	822
RC21	269187.92	3956588.35	384.08	1,5	-	789
RC22	268940.77	3956882.46	378.8	1,5	-	815
RC23	268319.79	3958822	501.38	1,5	-	241
RC24	268766.53	3958162.1	414.59	1,5	-	233
RC25	267888.66	3959051.54	527	1,5	Inhabité	103
RC26	267276.98	3961920.95	353.57	1,5	-	575

RC27	267588.3	3961337.51	367.34	1,5	-	732
RC28	264210.52	3961334.4	288.77	1,5	-	556
RC29	269389.02	3956190.45	392	1,5	-	875
RC30	265167.42	3962901.57	276.05	1,5	-	707

5.3.5 Niveaux du bruit de fond

Il est nécessaire d'établir le niveau de bruit de fond pour évaluer les impacts de bruit des éoliennes proposées. Durant les études sur le site les techniciens ont mesuré les niveaux de bruit sur chaque récepteur avec un sonomètre de premier ordre, type CR 811C.

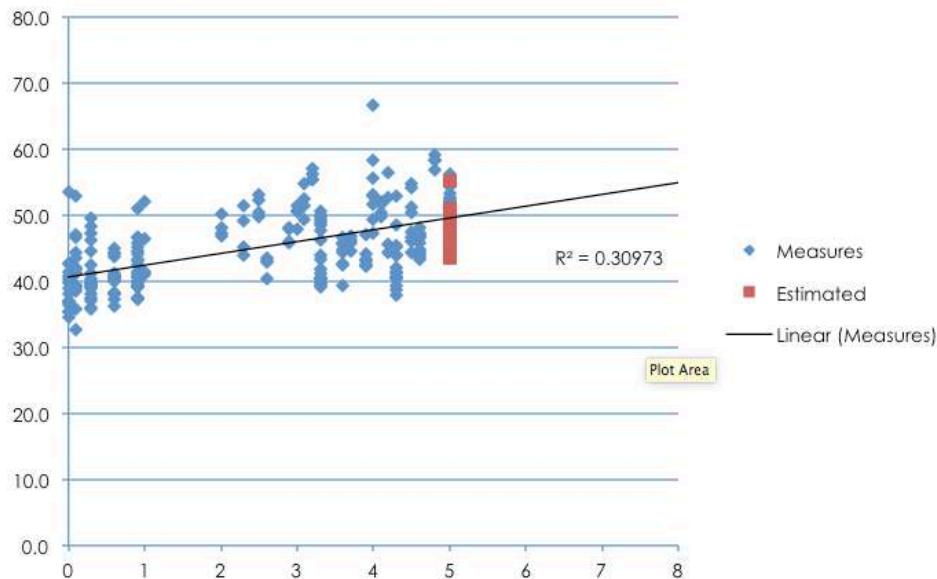
La méthodologie de surveillance du bruit a suivi les exigences de l'Annexe IV du Décret 1367/2007 d'Espagne. À chaque récepteur sensible, trois mesures du niveau sonore ont été enregistrés pendant 1 minute, en laissant un intervalle de 3 minutes entre les trois mesures. L'équivalent de pression acoustique du récepteur a été calculé comme la moyenne pondérée de ces résultats.

Une autre mesure de 5 minutes a été enregistrée par un filtre de band de tiers d'octave pour déterminer le bruit local et ses pics de fréquence.

La procédure a été réalisée dans des conditions météorologiques optimales et la mesure a été effectuée à une hauteur de 1,5 m. En outre, la méthode de d'expertise sonore a été enregistrée pendant les périodes diurne et nocturne.

Suivant les recommandations des directives, pour une évaluation appropriée des émissions sonores du Parc Éolien Khalladi, on devrait considérer un scénario de vitesse du vent opérationnelle pour la modélisation acoustique. Afin d'y parvenir, toutes les mesures de base ont été estimées pour une vitesse de vent de 5 m / s à la hauteur du récepteur dans le but d'uniformiser le bruit de fond. La vitesse du vent de 5 m / s a été choisie fondée sur le comportement du vent dans la zone d'étude et l'intervalle de vitesse du vent nécessaire à la hauteur du moyeu, pour que les éoliennes opèrent à un niveau maximum d'émission acoustique.

Les mesures de référence ont été établis par l'analyse statistique, en utilisant une régression linéaire, afin d'extrapoler leurs valeurs à des conditions de vitesse du vent de 5 m / s.

Figure 2 Régression linéaire des mesures de référence


Les spécifications de l'appareil de mesure de bruit utilisé pour enregistrer les mesures de niveau sonore figurent dans les annexes.

Les données enregistrées par l'appareil de mesure de bruit ont été introduites dans le logiciel Deaf Defier 3 pour obtenir des valeurs de bruit pour chaque récepteur sensible.

5.3.6 Autres sources de bruit

Les sondages sur le terrain ont fourni des informations sur d'autres sources de bruit dans la zone de modélisation acoustique. Pendant le travail de terrain, les techniciens ont enregistré de l'information sur d'autres sources sonores significatives, comme l'industrie, les chemins de fer et des routes.

Aucun chemins de fer ni d'industries ont été identifiés dans la zone d'étude.

Le tableau suivant résume les données compilées par les techniciens pendant le travail sur le terrain par rapport au bruit de la circulation.

Tableau 7 Caractéristiques de la circulation dans la zone de projet

Route	Trafic journalier moyen	Vitesse moyenne (Km/h)
A4	1020	120
P4613	550	60

Ces ratios de trafic quotidien sont entrés au software et convertis en émissions sonores en prenant compte de la période de la journée, le type de route ou des parties des différentes

catégories de véhicules qui utilisent la route, sur la base des transformations établies par la norme NMPB-Routes'96.

5.4 Scénario types

Le modèle acoustique inclus 4 scénarios possibles, définis en fonction des conditions du vent, le temps de la journée, et l'inclusion du projet proposé:

Scénario	Conditions du Vent	Temps de la journée	Projet
1	Vent Dominant	Jour	Sans Projet
2	Vent Dominant	Jour	Projet
3	Vent Dominant	Nuit	Sans Projet
4	Vent Dominant	Nuit	Projet

Les niveaux de bruit sur chaque récepteur sensible identifié ont été définis pour ces scénarios selon la modélisation du bruit et les études de référence.

5.4.1 Stade de projet

En fonction de la phase du projet, deux conditions sont définies:

- Aucune étape de projet: Données de base recueillies pendant le travail sur le terrain.
- Étape de projet : Modélisation acoustique pour le projet, compte tenu des sources sonores locales (routes) et les sources sonores de projet (éoliennes).

5.4.2 Conditions du vent

La condition la plus défavorable d'émission pendant le fonctionnement des éoliennes, a été considérée dans le scénario opérationnel, qui consistait à utiliser les entrées suivantes :

- Le scénario considère l'émission maximale des éoliennes avec l'influence des vents dominants. (Il est toujours considéré que les éoliennes émettent le maximum bruit possible).
- Les niveaux de bruit sur les récepteurs ont été extrapolés aux valeurs obtenus à une vitesse de vent de 5 m / s.

5.4.3 Temps de la journée

Considérant les directives de World Bank/IFC concernant les limites de bruit et le temps de la journée, deux périodes sont définies:

- Période de jour: de 07,00 à 22,00.
- Période de nuit: de 22,00 à 7,00.

Tenant compte de cela, deux index ont été considérés lors de la modélisation acoustique:

- Ld – Index de bruit diurne
- Ln – Index de bruit nocturne

6 Résultats

6.1 Étude de base

Les résultats des études de base sont présentés dans les tableaux ci-dessous:

Tableau 8 Valeurs Leq de départ, période de jour

Récepteur	Ld (dBA)					Heure	Temp. (°C)	Vitesse du vent (m/s)	Ld (dBA) 5 m/s	Observations
	M-01	M-03	M-03	3/8	Moyenne					
RC01	66,8	53,2	55,7	58, 3	58,6	9:22	10	4	60,4	Trafic
RC02	51,3	47,6	54,8	54, 2	51,2	16:19	12	4,5	52,1	Vent
RC03	50,4	49,8	52,1	51, 7	50,8	15:51	12	4,1	52,4	Vent
RC04	44,0	45,3	51,5	49, 2	46,9	9:45	10	2,3	51,8	Trafic
RC05	50,8	52,1	52,7	54, 4	51,9	17:37	8	5	51,9	Vent
RC06	47,0	50,2	47,3	48, 1	48,2	13:23	11	2	53,5	Inhabité
RC07	48,0	45,8	46,1	48, 1	46,6	10:38	11	2,9	50,4	-
RC08	46,5	41,1	41,5	52, 1	43,0	10:10	11	1	50,2	-
RC09	42,7	36,8	34,7	39, 8	38,1	10:25	12	0	47,0	-
RC10	-	-	-	-	54,2	-	-	-	54,2	Inhabité
RC11	44,1	37,9	39,4	41, 4	40,5	12:50	12	4,3	41,7	Vent
RC12	45,3	38,7	40,6	40, 5	41,5	12:25	12	4,3	42,8	Vent
RC13	45,9	39,4	46,7	42, 8	44,0	11:42	12	3,6	46,5	Vent
RC14	49,4	49,0	46,3	47, 7	48,2	10:53	12	3,3	51,3	-
RC15	47,9	50,8	51,4	50, 7	50,0	11:25	12	3	53,6	-
RC16	44,1	39,8	40,7	39, 4	41,5	11:42	12	3,3	44,6	-
RC17	45,3	40,6	37,4	40, 1	41,1	16:58	9	0,9	48,4	-
RC18	39,7	37,5	46,7	44, 2	41,3	16:10	9	0,9	48,6	-

RC19	41,4	36,9	53,5	42, 8	43,9	14:51	9	0	52,9	-
RC20	56,9	58,3	59,3	58, 4	58,2	14:34	9	4,8	58,5	Vent
RC21	50,6	50,0	48,6	49, 8	49,7	14:22	11	3,3	52,8	-
RC22	54,8	52,5	49,4	51, 5	52,2	14:07	11	3,1	55,6	-
RC23	44,5	45,7	56,5	52, 8	48,9	9:34	6	4,2	50,3	Vent
RC24	47,4	49,5	52,9	51, 8	49,9	9:18	6	4	51,7	Vent
RC25	-	-	-	-	49,9	-	-	-	49,9	Inhabité
RC26	46,8	44,3	47,2	52, 9	46,1	8:40	7	0,1	54,9	-
RC27	52,9	42,1	43,9	48, 5	46,3	17:51	7	4,3	47,6	Vent
RC28	44,6	45,8	51,1	46, 6	47,2	15:35	12	0,9	54,5	-
RC29	49,9	52,4	50,5	53, 2	50,9	13:50	11	2,5	55,4	-
RC30	56,4	55,5	55,4	57, 1	55,8	8:45	8	3,2	59,0	Vent, Gens

Tableau 9 Valeurs Leq de départ, période nocturne

Récepteur	L _n (dBA)					Heure	Temp. (°C)	Vitesse du vent (m/s)	Ld (dBA) 5 m/s	Observations
	M-01	M-02	M-03	3/8	Moyenne					
RC01	47,4	48,3	44,6	49,6	46,8	22:50	7	0,3	55,2	Trafic
RC02	40,8	37,0	35,5	40,5	37,8	23:02	7	0	46,7	-
RC03	46,8	46,3	44,7	45,9	45,9	22:00	6	3,7	48,3	Vent
RC04	46,4	40,0	38,1	40,5	41,5	22:38	7	0,3	49,9	-
RC05	46,1	44,3	50,5	46,6	47,0	22:15	5	4,5	47,9	Vent
RC06	-	-	-	-	42,2	-	-	-	43,5	Inhabité
RC07	41,2	42,5	37,0	39,8	40,2	22:19	7	0,3	48,6	-
RC08	39,8	37,6	39,5	39	39,0	22:03	7	0,3	47,4	-
RC09	-	-	-	-	37,3	-	-	-	45,7	-
RC10	-	-	-	-	48,9	-	-	-	48,9	Inhabité
RC11	-	-	-	-	39,6	-	-	-	47,5	-
RC12	-	-	-	-	39,0	-	-	-	46,8	-
RC13	38,2	40,8	40,8	40,9	39,9	23:54	6	0,6	47,8	-
RC14	35,9	42,0	42,1	43,6	40,0	0:15	5	0,1	48,8	-
RC15	41,3	41,2	39,4	42	40,6	0:26	5	0,1	49,4	-
RC16	-	-	-	-	36,9	-	-	-	45,7	-

RC17	-	-	-	-	39,8	-	-	-	47,1	-
RC18	-	-	-	-	41,9	-	-	-	49,2	-
RC19	39,2	39,2	43,2	40,9	40,5	22:31	8	0,9	47,8	-
RC20	45,7	42,5	44,3	44,8	44,2	23:15	8	3,6	46,7	Vent
RC21	41,8	39,8	40,5	41,2	40,7	23:38	8	3,3	43,7	-
RC22	40,4	43,4	39,1	40,5	41,0	23:29	8	3,3	44,0	-
RC23	46,6	47,1	47,4	48,1	47,0	23:53	7	4,6	47,7	Vent
RC24	43,1	42,4	43,4	42,6	43,0	0:20	5	3,9	44,9	Vent
RC25	-	-	-	-	-	-	-	-	46,3	Inhabité
RC26	46,7	45,9	44,1	44,9	45,6	23:13	5	4,6	46,3	Vent
RC27	43,4	47,2	44,6	43,7	45,1	23:29	5	4,6	45,8	Vent
RC28	45,1	43,8	40,4	44,2	43,1	22:27	7	0,6	51,0	-
RC29	43,6	42,9	40,5	43,1	42,4	23:51	7	2,6	46,7	-
RC30	38,2	36,4	35,5	39	36,7	23:13	7	0	45,6	Gens

Pendant le travail de terrain, quelques récepteurs sensibles ont donné des niveaux de pression acoustique de moins de 42 dB (A) dans la journée. La plupart de ces récepteurs ont été mesurés dans des conditions sans vent de façon à ce qu'ils fussent hors intervalle de vitesse du vent dans lequel les éoliennes devraient fonctionner. Après calculer tous les récepteurs pour des conditions de vitesse du vent opérationnelles (5 m/s), la plupart d'entre eux dépassaient la limite de 45 dBA établie par les directives du World Bank/IFC référentes à la période nocturne.

En plus, quelques récepteurs initiaux, sélectionnés après l'analyse préliminaire, ont été rejettés parce qu'ils n'ont pas été considérés comme aptes pour une utilisation résidentielle ou simplement des ruines / rochers.

6.2 Résultat du modèle de bruit

Cette section présente les résultats des simulations acoustiques effectués pour évaluer l'impact du Parc Éolien proposé sur les récepteurs sensibles.

6.2.1 Conditions du vent dominantes

Pour ce scénario, l'émission acoustique qui sera produite par les éoliennes proposées a été considérée pour une émission acoustique maximale et les vents dominants ont été inclus dans le modèle pour évaluer leur effet dans la propagation du son.

Les résultats des valeurs de base (valeurs obtenues lors des travaux sur le terrain comme le bruit de fond) et de l'étape du projet (valeurs obtenues par modélisation acoustique des sources sonores) sont présentés dans le tableau suivant et illustrés dans les cartes jointes.

Le résultat total s'obtient à partir de l'addition de ces deux valeurs, et ce résultat est le scénario prédit (bruit de base + bruit de projet). Dans ce scénario, les sources sonores locales comme les routes sont incluses à la fois dans les valeurs de base et dans la prédiction, de sorte que leur impact peut être surestimé. Cependant, il est préférable d'inclure le bruit de la route dans le scénario de bruit de projet comme une source de bruit indépendante afin d'être capable de différencier le bruit qui provient des éoliennes et le bruit qui provient des routes pour chaque récepteur, une fois le Parc Éolien proposé est construit. En outre, comme expliqué précédemment, le bruit de fond a été calculé par rapport à un scénario de la vitesse du vent opérationnel (fixée à 5 m/s).

Tableau 10 Niveaux de pression acoustique sur les récepteurs. Émissions acoustiques maximales. Conditions de vent dominant. Périodes jour/nuit.

Récepteur	L _d e Journée (dBA)			L _n Nuit (dBA)			Augmentation	
	Base	Projet	Total	Base	Projet	Total	Jour	Nuit
RC01	60,4	47,8	60,6	55,2	44	55,5	+0,2	+0,3
RC02	52,1	47,5	53,4	46,7	45,5	49,2	+1,3	+2,4
RC03	52,4	48,5	53,9	48,3	45,9	50,2	+1,5	+2,0
RC04	51,8	43,5	52,4	49,9	41,1	50,4	+0,6	+0,5
RC05	51,9	47,2	53,1	47,9	45,2	49,7	+1,3	+1,9
RC06	53,5	48,4	Inhabité	43,5	46,4	Inhabité	-	-
RC07	50,4	42,9	51,1	48,6	40,5	49,3	+0,7	+0,6
RC08	50,2	38,5	50,5	47,4	36,3	47,7	+0,3	+0,3
RC09	47,0	41,9	48,2	45,7	39,9	46,7	+1,2	+1,0
RC10	54,2	55,4	Inhabité	48,9	53,4	Inhabité	-	-
RC11	48,3	43,2	49,5	47,5	41,1	48,4	+1,2	+0,9
RC12	49,4	44,4	50,6	46,8	42,4	48,2	+1,2	+1,3
RC13	46,5	46,6	49,6	47,8	44,6	49,5	+3,0	+1,7
RC14	51,3	41,7	51,7	48,8	39,7	49,3	+0,5	+0,5
RC15	53,6	42,5	53,9	49,4	40,5	49,9	+0,3	+0,5
RC16	44,6	42,2	46,6	45,7	40,2	46,8	+2,0	+1,1
RC17	48,4	41,4	49,2	47,1	39,4	47,8	+0,8	+0,7
RC18	48,6	45,7	50,4	49,2	43,7	50,3	+1,8	+1,1
RC19	52,9	42,2	53,2	47,8	40,2	48,5	+0,4	+0,7
RC20	58,5	35,3	58,5	46,7	33,3	46,9	+0,0	+0,2
RC21	52,8	38,5	52,9	43,7	36,5	44,5	+0,2	+0,8
RC22	55,6	41,3	55,8	44,0	39,3	45,3	+0,2	+1,3
RC23	50,3	49,2	52,8	47,7	47,2	50,5	+2,5	+2,7
RC24	51,7	45,9	52,7	44,9	43,9	47,5	+1,0	+2,5
RC25	49,9	56,3	Inhabité	46,3	54,3	Inhabité	-	-
RC26	54,9	41,3	55,1	46,3	39,3	47,1	+0,2	+0,8
RC27	47,6	39,7	48,2	45,8	37,7	46,4	+0,7	+0,6

RC28	54,5	42,2	54,9	51,0	40,3	51,4	+0,4	+0,4
RC29	55,4	34,6	55,4	46,7	32,6	46,8	+0,0	+0,2
RC30	59,0	41,1	59,1	45,6	39,1	46,5	+0,1	+0,9

Les résultats montrent que la plupart des récepteurs reçoivent un bruit de base par-dessus des limites fixées par World Bank/IFC, pendant la période de nuit. Ainsi, dans un scénario de vitesse du vent opérationnelle le bruit émis par les éoliennes va être masqué par l'effet du vent.

Pendant la journée, le bruit de fond de base de cinq (5) récepteurs dépasse les 55 dB (A) (RC01, RC20, RC22, RC29 et RC30). Le bruit émis par le Parc Éolien Khalladi n'augmente pas le niveau de bruit de ces récepteurs par-dessus +3 dB (A), augmentation qui correspond à la limite établie par les directives de World Bank/IFC. Il y a seulement deux (2) récepteurs (RC10 et RC25) où le bruit produit par les turbines supérieures la limite de 55 dB (A) ; cependant, ces récepteurs sont inhabités ou non aptes pour un usage résidentiel. Les niveaux de bruit prévus pour RC22 sont supérieurs à la limite de 55 dB (A), mais l'augmentation produite par les éoliennes est +0,2 dB (A), imperceptible pour l'ouïe humaine, et sous la limite de +3 dB (A) établie par les directives de World Bank/IFC ou l'augmentation de +5 dB (A) permise par la réglementation française pour la période de jour. Le reste des récepteurs (22) montrent de valeurs projetées non pertinentes.

Pendant la nuit, vingt-sept (27) récepteurs ont leurs niveaux de pression acoustique de référence supérieure à 45 dB (A). Aucun ne dépasse +3 dB (A) d'augmentation en conformité avec World Bank/IFC et avec la réglementation française. De la même façon que pendant la journée, trois (3) (RC06, RC10 et RC25) des récepteurs reçoivent plus de 45 dB (A) de bruit provenant de l'émission des turbines isolées de Khalladi mais aucun d'entre eux sont favorables pour un usage résidentiel.

En conclusion, compte tenu d'un scénario de la vitesse du vent opérationnel, chaque récepteur est en conformité avec les lignes directrices de World Bank/IFC. Aucun des récepteurs dépasse les limites en conséquence du bruit émis par les turbines du Parc Éolien Khalladi, étant sous les limites de 55/45 dB (A) ou ne dépassant pas une augmentation de +3 dB (A) sur le bruit de fond.

Les récepteurs RC06, RC10 et RC25 sont exclus, car les logements ne sont pas adaptés pour un usage résidentiel (3).

Tableau 11 Contribution Partielle de Bruit pendant la période de jour (Ld). Étape prévue sans vent.

SOURCE SONORE		RÉCEPTEUR																													
		RC01	RC02	RC03	RC04	RC05	RC06	RC07	RC08	RC09	RC10	RC11	RC12	RC13	RC14	RC15	RC16	RC17	RC18	RC19	RC20	RC21	RC22	RC23	RC24	RC25	RC26	RC27	RC28	RC29	RC30
VENT PARC ÉOLIEN KHALLADI	K01	43,9	45,1	40,5	32,6	18,7	15,1	26,9	-0,4	-11,8		16																	29,4		34
	K02	33	41,2	45	34,3	19,7	17	28,5	1,1	-2,3		16,8																	30,8		33,5
	K03	24,7	33,9	37,9	35,4	38,2	16,9	33	15,6	28		24,1																	34,6		29,6
	K04	23	31,7	35,9	35,5	43,3	20,4	36,9	27,9	31,3		24,9																35,7		28,1	
	K05	21	28,3	34,5	35,9	41,9	19,6	38,8	34,9	30,8		24,6																37,3		26,7	
	K06	17,7	31,1	24,3	23,9	35,4	30,9	25,7	24,1	31,6	22,1	33,3	22,1															21	4,2	25,4	
	K07	16,1	28,9	20,8	21	30	38,9	23,8	28	19	26,2	16	22															25,7	9,4	22,3	
	K08	14,9	29,7	17,3	20,8	23,1	38,5	12,7	15,4	1	24,4	12,4															23,8	8,5		29,8	
	K09	14,1	30,5	14,6	21,9	21,3	36				22,8	9,5																23,7	7,8		31,2
	K10	12,4	30,6	12,4		18,1	33,5		0,1		21,7	7,8																21,3	5,7		32,2
	K11					24,4	45,3		23,5	6,6	35	8,2	19,6														37,8	30,4			
	K12	15,8	27,5	25,4	20,7	33,2	34,8	24,8	29,2	38,1	30,6	40,9	25,9														22,3	7,1	16,6	26,5	
	K13						26,4	38,4		26,3	29,1	39,9	25,5	27,8	23,4												33,5	25,9			
	K14						25,4	33		25,7	30,5	51,9	32,1	30,2	25,4												33,1	32,6			
	K15						16,6	19,7		23,5	51,8	24	26,9	21,2													26,7	28,6			
	K16						23,7	16,9		28,5	42	29,8	34,2	29,6													22,1	28,1	32,4		
	K17							9,1		27,8	36	28,7	36,1	32,1													23,5	26,1	30,6		
	K18							11,7		26,8	33,6	27,2	36,9	34,8													19,6	25,5	25	29	
	K19							9,9		25,8	30,3	26,1	36,4	36,8													21	27,5	24	27,8	
	K20									27,8	24,6	34,4	38,3													23,6	30,9		26,6		
	K21									26,2		33,1	39,1		25,2											25,5	34,3		25,4		
	K22									24,7		31,6	38,8		26,3											26,2	15,2	38		23,9	
	K23									23,4		30,1	37,1		27,3											27,5	11,4	42,6			
	K24											28,5	34,2	23,1	28,1											31,6	8,5	53,2			
	K25											27,1	32,1	23,8	28,7											38,7	11,8	51,9			

SOURCE SONORE	RÉCEPTEUR																													
	RC01	RC02	RC03	RC04	RC05	RC06	RC07	RC08	RC09	RC10	RC11	RC12	RC13	RC14	RC15	RC16	RC17	RC18	RC19	RC20	RC21	RC22	RC23	RC24	RC25	RC26	RC27	RC28	RC29	RC30
K26										25,8	30,1	24,1	24,8	28,9							45,4	30	42,7							
K27											28,8	24,8	25,5	29,4							21	44	33,3	38,4						
K28											27,5	25,4	26	29,5							24,2	40,6	37,1	35,1						
K29											26,5	27	26	30,7							22,2	25,6	18,8	27,9	32					
K30											18,7	18,1	23								25,6	29,3	32,5	44,7	21,3					
K31											30,8	28,4	31,6	24,5	24,1						22,6	26,9	14,6	17,3	28,9					
K32											26,1	28,9	27,7	30,7	23,6	22,6					21,5	25,1	15,2	17,4	30,7					
K33												28,9	21,3	31,5	25,5	25,6	17,8					23,1	28,6	13,6	14,4	27,5				18,4
K34												35	35	33,5	29,6	26,6	22,2					21	25,3	13,7	10,8	26,7				
K35												34	35,1	31,4	31,4	29,1	25,1					23	27,9	11	9,2	25,2				17,6
K36												31,9	34,9	30	33	33,4	27	18,1	23,8	29,9	9,9	9							18,4	
K37												31,2	33,9	28,6	34,4	36,2	29,4	20,9	24,8	31,1		8,8							19,6	
K38												29,3	31,6	25	34,4	40	33,3	22,6	28,3	33,1		10							22,5	
K39												26,2	29,7	22,9	32,9	40,8	36,5	27,1	32,5	34,1		13							26,6	
K40												24,4	27,5		30,7	38,3	39,1	34	34,3	33,8									32,9	
ROUTES	A4	40,5	20,8	31,1	31,8	2,2		14,9																			25,8		14,9	
	P4613	43,5	21,9	41	48,4	24,8		34,6	27,2	15,1		22,9	11,4														40,4		16,6	

Tableau 12 Source sonore maximale pour chaque récepteur. (Étapes du projet, période de jour, conditions sans vent)

Récepteur	Source Sonore Maximale
RC01	W.F Khalladi – Éolienne 1
RC02	W.F Khalladi – Éolienne 1
RC03	W.F Khalladi – Éolienne 2
RC04	Route – P4613
RC05	W.F Khalladi – Éolienne 4
RC06	W.F Khalladi – Éolienne 11
RC07	W.F Khalladi – Éolienne 5
RC08	W.F Khalladi – Éolienne 5
RC09	W.F Khalladi – Éolienne 12
RC10	W.F Khalladi – Éolienne 15
RC11	W.F Khalladi – Éolienne 12
RC12	W.F Khalladi – Éolienne 18
RC13	W.F Khalladi – Éolienne 21
RC14	W.F Khalladi – Éolienne 34
RC15	W.F Khalladi – Éolienne 35
RC16	W.F Khalladi – Éolienne 34
RC17	W.F Khalladi – Éolienne 37
RC18	W.F Khalladi – Éolienne 39
RC19	W.F Khalladi – Éolienne 40
RC20	W.F Khalladi – Éolienne 40
RC21	W.F Khalladi – Éolienne 3
RC22	W.F Khalladi – Éolienne 39
RC23	W.F Khalladi – Éolienne 26
RC24	W.F Khalladi – Éolienne 30
RC25	W.F Khalladi – Éolienne 24
RC26	W.F Khalladi – Éolienne 11
RC27	W.F Khalladi – Éolienne 15
RC28	Route – P4613
RC29	W.F Khalladi – Éolienne 40
RC30	W.F Khalladi – Éolienne 1

Le tableau ci-dessus, indique les sources sonores avec la contribution maximale pour chaque récepteur. Les récepteurs RC04 et RC28, qui dépassent les directives de World Bank/IFC, sont près de la Route P4613 et le modèle montre que le dépassement prédict est causé par le bruit de la circulation. Les turbines du Parc Éolien Khalladi ne produisent pas plus de 37,8 dB (A), donc ce n'est pas une augmentation significative en comparaison avec le bruit de la circulation.

7 Discussion et Conclusions

Cette étude indique que le bruit émis par les turbines du Parc Éolien Khalladi proposées ne va pas avoir un impact significatif sur les récepteurs sensibles. En outre, les conclusions suivantes résultent des études de référence et de la modélisation du bruit:

- Les mesures de référence des niveaux de bruit sur les récepteurs sensibles montrent que cinq (5) récepteurs pendant la journée et vingt-sept (27) récepteurs pendant la nuit étaient par-dessus les limites établies dans les directives de World Bank/IFC; selon un scénario de vitesse de vent opérationnelle.
- Une fois la simulation acoustique a été mise en œuvre, aucun des récepteurs ne dépasse les limites établies par les directives de World Bank/IFC, pour ne pas être au-dessus de la limite de 55/45 dB (A) ou ne pas augmenter plus de +3 dB (A) au-dessus du bruit de référence. Trois (3) des récepteurs (RC06, RC10 et RC25) sont inhabités et par conséquent exclus de l'analyse.

En conclusion, le Parc Éolien Khalladi proposé ne causera pas de dépassemens de normes de bruit sur les récepteurs sensibles dans un scénario de vitesse du vent opérationnelle.

ANNEX 1 : STARDARDS DU SOFTWARE CADNA

Cadna-A® prend en considération et est en conformité avec les normes suivantes :

- Routes : RLS 90, DIN 18005, RVS 3.02 Lärmschutz, NMPB-Routes'96, CRTN, STL-86, Méthode de Prédition Nordique.
Le principal protocole utilisé par Cadna-A®-v4.0 est le NMPB-Routes'96 "Nouvelle Méthode de Prévision de Bruit", recommandé par la directive européenne 2002/49/CE et le modèle officiel de la norme française. Aujourd'hui, il représente l'un des TNM plus utilisés.
- Chemins de fer : SCHALL 03, SCHALL03 – Influences Aérodynamiques. DIN 18005, AKUSTIK 04, TRANSRAPID, ÖAL 30, CRN, RLM2, RLM2/ISO, ÖNORM S5011, SEMIBEL, Méthode de Prédition Nordique.
- Trafic aérien et aéroports : AzB, ECAC-CEAC Doc 29.
- Météorologie : TAL98, ISO 9613, CONCAWE.
- Centres de Sports : 18.BImSchV, VDI 3770.
- Parking : LFU-édition Étude 2003.
- Autres : Mlus92 (pollution atmosphérique), configuration Allemande TA-Lärm, en accord avec la EC Directive 2002/49, méthode scandinave pour le bruit produit par les éoliennes, évaluation économique (BUWAL, Suisse).

ANNEZ 2 : SPÉCIFICATIONS TÉCHNIQUES DU CR 811C

SPÉCIFICATIONS TÉCHNIQUES	
Normes	DIN EN 60651: 1979 classe 1 DIN EN 60804: 1985 classe 1 DIN EN 61672 - 1: 2003 classe 1, groupe X filtre: DIN EN 61260: 1998 classe 1
Microphone	Condenseur de Microphone de 1/2 pouces
Estimation de temps	F („Fast“/Vite), S („Slow“/Lent), I („Impulse“/Impulse), Pic
Estimation de Fréquence	circuit 1 A, C o Z (sans valoration) circuit 2 pic (C valorisé)
Paramètres Bi-section	Q = 3 (pour mesures Leq)
Évaluation des niveaux	Leq, LAeq, niveau d'intervalle maximal
Interval de mesure	Haut débit classe 1: 21 ... 140 dB, pic: 143 filtre octaves: 19 ... 140 dB (Z) tiers: 14 ... 140 dB (Z)
Données enregistrées	Par mesure: date, heure, durée, haut débit, LCPic, LAF, LAS, LAI, LCF, LCS, LCI, LZF, Lzs, LZI, LAFmax, LASmax, LAImax, LCF max, LCSmax, LCImax, LZFmax, LZSmax, LZImax, LAFmin, LASmin, LAImin, LCFmin, LCSmin, LCImin, LZFmin, LZSmin, LZImin, LAeq, LCeq, LZeq, LAeq, LCE, LZE, LAeq, LCeq, LZeq, LAFTeq L0.1 to L99.9 (possibilité de 5 valeurs à la même fois) du niveau 1s: LAeq, LCeq, LZeq
Filtres	Octave bande: 10 bandes d'octave de 31 à 16000 Hz (± 2 dB), LAeq, LCeq, LZeq 1:3 Bande: 29 filters of 1:3 de 25 à 16000 Hz (± 2 dB), LAeq, LCeq, LZeq
Mémoire Disponible	16 Mbit permis: - 1300 mesures d'haute bande - 770 mesures de bandes d'octaves - 330 mesures de 1:3 Haut débit (exemple): 12 jours chaque 15 min.
Niveaux Sonores	Haut débit class 1: 18 dB (A) filtre de bande d'octave: 12 dB (Z) for 1kHz 1:3 band: 7 dB (Z) for 1 kHz

Enregistrement Automatique	enregistrement / enregistrement automatique: 1, 5, 10, 15, 30 min, 1, 8, 12 h, ou décision de l'utilisateur Mesures répétées: 2 ... 999 mesures (seulement pour haute débit)
Rang météorologique	- 10 ... + 50 °C / < 95 % H.r.
Information électromagnétique	EN 55022: 1998 EN 61000 - 4 - 2: 1995 EN 61000 - 4 - 3: 2002 EN 61000 - 4 - 8: 1994