

T3.4 évaluation finale de l'efficacité des infrastructures

Output:	T3.4.1
Composant :	T3
Partner Responsible :	UNIGE
Date:	12/2021

I. Introduzione

Dans la composante T3 on a procédé à l'évaluation les travaux d'atténuation réalisés à l'intérieur de la composante T2. En ce qui concerne la Corse, Livorno et Cagliari, elles sont constituées dans l'élaboration de l'asphalte insonorisant sur les places de débarquement et embarquement des ports, alors qu'en ce qui concerne L'APSMLO s'est déroulé la surveillance sur l'efficacité du point de vue acoustique d'une dune de grandes dimensions, construite près du port de Genova Prà et finalisée à la réduction de l'impact acoustique et du paysage sur la zone urbaine circonstant. Ce travail a été entièrement financé avec les fonds propres et a été réalisé contextuellement au développement du projet RUMBLE. MNCA a enfin effectué la surveillance du du climat acoustique dans la zone métropolitaine de Nice, impliquant aussi l'établissement qui s'occupe de la gestion des ports, la chambre de commerce de Nice, afin de trouver des solutions infrastructurelles plus efficaces à adopter pour la réduction de l'impact acoustique des ports.

Dans le présent document, on décrit les résultats obtenus par les travaux d'atténuation en termes de réduction de l'impact acoustique des ports à travers la comparaison entre les résultats des campagnes de mesure effectuées avant et après des interventions. Dans le cas des ports de Portoferraio (Autorité Portuaire du Système de la Mer Tyrrhénienne), Cagliari (Autorité Portuaire du Système de la Mer de Sardegna) et Ille Rousse (Office des transports de la Corse). La comparaison concernait l'efficacité de l'élaboration du revêtement routier insonorisant évaluée avec la méthode CPX. Pour Genova on reporte non seulement les mesures réalisées avant et après la réalisation de la dune dans les points significatifs du champ sonore, mais aussi les simulations numériques qui ont pour but d'analyser les effets du travail sur tout le quartier en termes de réduction du bruit. Dans le cas de Nice, la surveillance a accompagné la gestion active de la cartographie acoustique des zones urbaines proches du port, avec des indications intéressantes sur l'évolution de la situation locale.

La mesure des paramètres sonores a été réalisée par des partenaires qui s'occupent de la gestion des ports, en collaboration avec UNIPI, UNIGE et ARPAL, à travers des équipements acoustiques fixes ou mobiles, en partie à la disponibilité des établissements de recherche, en partie acquises dans le cadre du projet par les partenaires MNCA et APSMLO. Particulièrement,

les établissements de recherche ont veillé à la détermination du positionnement de l'équipement d'acquisition, à la définition des modalités techniques de mesure et des paramètres acoustiques à relever et ont indiqué les campagnes de contrôle afin d'évaluer le climat acoustique précédent et suivant à la réalisation des travaux d'atténuation.

Les données ici reportées seront utiles pour enrichir les bases de données actuellement gérés par les partenaires du projet, afin de contrôler toutes et surveiller l'état actuel des instruments de planification acoustique actuellement en vigueur et compétence institutionnelle.

II. Port de Portoferraio

a. Description

La présente relation reporte la comparaison des résultats obtenus durant les campagnes Ante et Post Operam.

La méthode de mesure utilisée dans cette session est le CPX qui se base sur la norme technique UNI EN ISO 11819-2 et sur ISO/TS 11819-3 et a pour but d'évaluer l'émission acoustique dû à l'interaction du pneu avec le pavage, dans des conditions où elle résulte dominante par rapport aux autres sources de bruit. Le bout de chemin routier objet de l'enquête est indiqué sur la Figure 1 avec une ligne rouge et est le même où ont été réalisés les travaux d'atténuation de l'asphalte absorbant.



Figure 1: Tronçons de route enquêtés

b. Ante Operam

Le Tableau 1 reporte les résultats des valeurs moyennes spatiales de L_{CPX} par rapport au tronçon enquêté à la vitesse de 50km/h.

Tableau 1: Résultats obtenus pour les pavages enquêtés dans la condition ante operam

ante operam	CPX par voie	
	Direction nord	Direction sud
L_{CPX}	92,3±0,9	91,4±0,9

c. Post Operam

Le Tableau 2 reporte les résultats des valeurs moyennes spatiales de L_{CPX} référées au tronçon enquêté à la vitesse de 50km/h.

Tableau 2: Résultats obtenus pour les pavages enquêtés dans la condition post operam

post operam	CPX par voie	
	Direction nord	Direction sud
L_{CPX}	88,8±0,9	88,5±0,9

d. Valutazione

Le Tableau 3 reporte La comparaison des résultats ante et post operam, il met en évidence le significatif bénéfice acoustique dérivant de la réalisation de l'intervention. En particulier, comme mis en évidence dans le tableau, le pavage "post operam "résulte caractérisé par un niveau moyen L_{CPX} inférieur de 3 dB(A) par rapport au pavage présent avant intervention "ante operam".

Tableau 3: comparaison des résultats en condition ante et post operam

	CPX par voie	
	Direction nord	Direction sud
L_{CPX}	3,5	2,9

III. Porte de Cagliari

a. Description

En ce qui concerne le port de Cagliari, deux tronçons de routes internes à la pertinence portuaire ont été enquêtés et montrés sur la Figure 2. Le Tronçon 2, positionné près de “La Calata Riva di Ponente” et interne au chemin, présente un nouveau pavage dénommé “Post Operam “. Le Tronçon 2 a été enquêté en direction ouest (c’est à dire partant du Molo Sabauda vers le Molo Rinascita). Le Tronçon 3, situé près de la Calata Riva à Ouest et externe au passage, a été enquêté en direction Ouest (partant du Molo Sabauda vers le Molo Rinascita). Ce tronçon est caractérisé par la présence d’un nouveau pavage dénommée Post Operam.



Figura 2: Tratti di strada indagati

b. Ante Operam

Le Tableau 4 reporte les résultats du tronçon 3 obtenus avec la méthode CPX dans les deux directions Est et Ouest. Le Tableau 5 quant à lui présente les résultats du tronçon 2, soit pour le pavage avec conglomerat bitumineux soit pour celui en conglomerat cimentier dans la seule direction Ouest, obtenus avec la méthode CPB.

Tableau 4: Niveaux LCPX, avec la relative incertitude associé, à 50km/h.

Pavage Tronçon 3	Direction	LCPX a 50 km/h [dB(A)]
Ante Operam (AO) Tronçon 3	Dir. Est	91.3 ± 0.9
	Dir. Ouest	91.7 ± 0.9

Tableau 5: Niveaux CPB estimés à 50km/h avec la régression via Mercedes Vita

Pavage Tronçon 2	LCPB [dB(A)]	
pavage avec conglomerat bitumineux	Dir. Ouest	73.5 ± 0.7
pavage avec conglomerat cimentier	Dir. Ouest	78.2 ± 3.2

c. Post Operam

Le Tableau 6 sont reportés les niveaux L_{CPX} pour les Tronçons 2 et 3 en direction Ouest et dans le Tableau 7 le résultat du Tronçon 2 obtenu avec la méthode CPB.

Tableau 6: Niveaux LCPX pour chaque chemin de pavage, avec une incertitude relative associée, à 50km/h

Pavage	Direction	LCPX a 50 km/h [dB(A)]
Post Operam T2 Calata Riva à Ouest- Tronçon 2	Dir. Ouest	91.9 ± 0.9
Post Operam T3 Calata Riva à Ouest- Tronçon 3	Dir. Ouest	87.9 ± 0.9

Tableau 4: Niveaux CPB estimés à 50km/h avec la régression par le biais de la Mercedes Vito

Pavage	L _{CPB} [dB(A)]	
Post Operam T2 Calata Riva à Ouest- Tronçon 2	Dir. Ouest	72.6 ± 0.6

d. Évaluation

La valutazione dell'efficacia dell'intervento di risanamento acustico realizzato ha visto il confronto dei risultati relativi alla nuova la pavimentazione Post Operam T3: come emerge dalla Tabella 8 la nuova pavimentazione risulta caratterizzata da un livello medio LCPX inferiore di oltre 3 dB(A) rispetto alla pavimentazione presente ante intervento nel medesimo Tratto 3. Infine, la Tabella 9 riporta il confronto dei risultati CPB per cui la pavimentazione Post Operam T2 presenta livelli LCPB inferiori rispetto alle due pavimentazioni presenti nel Tratto 2 nella campagna Ante Operam (inferiori di circa 1 dB(A) rispetto alla pavimentazione in conglomerato bituminoso AO CB e di quasi 6 dB rispetto alla pavimentazione in conglomerato cementizio AO CC).

Tabella 8: Livelli LCPX, con relativa incertezza associata, a 50 km/h

Pavimentazione	Direzione	LCPX a 50 km/h [dB(A)]
Tratto 2	Dir. Ovest	n.d
Tratto 3	Dir. Ovest	3.8

Tabella 9: Livelli CPB stimati a 50 km/h

PAVIMENTAZIONE Tratto 2	LCPB [dB(A)]	
	Post Operam T2- AO CB	Dir. Ovest
Post Operam T2- AO CC	Dir. Ovest	Circa 6

L'évaluation de l'efficacité de l'intervention d'assainissement acoustique réalisé a observé une comparaison des résultats relatifs au nouveau pavage Post Operam T3: comme émerge du Tableau 8, le nouveau pavage est caractérisé par un niveau moyen L_{CPX} inférieur de 3 dB(A) par rapport au pavage actuel avant l'intervention sur ledit Tronçon 3. Enfin, le Tableau 9 reporte la comparaison des résultats CPB dont le pavage Post Operam T2 présente des niveaux L_{CPB} inférieurs par rapport aux deux pavages présents sur le Tronçon 2 dans la campagne Ante Operam (inférieurs d'environ 1 dB(A) par rapport au pavage en mélanges bitumineux AO CB et de quasi 6 dB par rapport au pavage de ciment congloméré AO CC

Tableau 8: Niveaux L_{CPX} , avec une incertitude relative associée, à 50km/h

Pavage	Direction	L_{CPX} a 50 km/h [dB(A)]
Tronçon 2	Dir. Ouest	n.d
Tronçon 3	Dir. Ouest	3.8

Tableau 9: Niveaux CPB estimés à 50km/h

Pavage Tronçon 2	L _{CPB} [dB(A)]	
Post Operam T2- AO CB	Dir. Ouest	environ 1
Post Operam T2- AO CC	Dir. Ouest	environ 6

IV. Port de L'île Rousse

a. Description

L'intervention d'assainissement acoustique consistait à la mise en œuvre d'un pavage à bas impact acoustique soit à l'intérieur de l'aire de pertinence portuaire, sur le long un tronçon de la route publique à double sens qui lie le centre-ville au port et à l'île. L'enquête a été effectuée sur 3 tronçons de route : un interne à la pertinence portuaire dénommé tronçon 3 et deux autres Tronçons 1 et 2, positionnés le long de la route publique (voir Figure 3). Ces deux derniers tronçons présentent respectivement un pavage à bas impact acoustique, dénommé "Low Noise " et un pavage privé d'asphalte absorbant, dénommé "Ante operam ". Les Tronçons 1 et 2 ont été enquêtées dans les deux sens de marche, dénommées direction Nord et Sud. Le Tronçon 3, interne à la pertinence portuaire, présente la même topologie de pavage à bas impact acoustique, dénommée Low Noise. Le Tronçon 3 a été enquêté en direction Ouest, c'est à dire partant du quai (caractérisé par la présence d'un phare) vers la porte d'entrée de l'aire de pertinence portuaire. La comparaison se base particulièrement sur les données du Tronçon 1, avec l'asphalte absorbant, et du tronçon 2 sans intervention de l'atténuation.



Figure 3: Tronçons de route enquêtés

b. Ante Operam

Le Tableau 10 reporte les données relatives au Tronçon 2, obtenues avec la méthode CPB (Control Pass-By) en direction Sud. Le Tableau 11 reporte les données relatives au Tronçon 2, obtenues avec la méthode CPX dans les deux directions.

Tableau 10: Résultats obtenus pour les pavages enquêtés en condition ante operam

Pavimentazione Tratto 2	L _{CPB} [dB(A)]	
AO	Dir. Sud	71.7 ± 0.9

Tableau 11: Résultats obtenus pour les pavages enquêtés en condition ante operam

Pavage Tronçon 2	Direction	L _{CPX a 50 km/h} [dB(A)]
Ante Operam (AO)	Dir. Nord	94.8 ± 0.9
	Dir. Sud	95.1 ± 0.9

c. Post Operam

Le Tableau 12 reporte les données relatives au Tronçon 1, obtenues avec la méthode CPB (Control Pass-By) en direction Sud. Le Tableau 13 reporte les données relatives au Tronçon 1, obtenues avec la méthode CPX dans les deux directions..

Tableau 12: Résultats obtenus pour les pavages enquêtés en condition post operam

Pavage Tronçon 1	L _{CPB} [dB(A)]	
Low Noise	Dir. Sud	69.5 ± 0.9

Tableau 13: Résultats obtenus pour les pavages enquêtés en condition post operam

Pavage Tronçon 1	Direction	L _{CPX a 50 km/h} [dB(A)]
Low Noise	Dir. Nord	90.3 ± 0.8
	Dir. Sud	90.6 ± 0.8

d. Valutazione

Par rapport à l'évaluation de l'efficacité de l'intervention d'assainissement acoustique réalisé, la comparaison des résultats relatifs au nouveau pavage "Low Noise " et au pavage Ante Operam met en évidence le bénéfice significatif acoustique dérivant de la réalisation de l'intervention.

En particulier, comme mis en évidence dans le Tableau 14, comparaison des résultats CPB, le pavage "Low Noise " est caractérisé par un niveau inférieur de outre 2 dB(A) par rapport au pavage Ante operam "AO". Alors que dans le Tableau 6, la comparaison des résultats CPX montre que le pavage "Low Noise " est caractérisé par un niveau moyen LCPX à 50 km/h inférieur de outre 4 dB(A) par rapport au pavage Ante Operam "AO".

Tableau 14: comparaison entre les résultats obtenus pour les pavages enquêtés

Pavage	L _{CPB} [dB(A)]	
	= OA - Low Noise	Dir. Sud

Tableau 15: comparaison entre les résultats obtenus pour les pavages enquêtés

Pavage Tronçon 1	Direction	L _{CPX} a 50 km/h [dB(A)]
	Dir. Nord	4.5
	Dir. Sud	4.5

V. Port de Genova-Prà - campagne de mesure

a. Description

La présente session reporte la comparaison des résultats obtenus dans les campagnes Ante et Post operam dans la zone qui circonscrit le port commercial de Genova Prà.

La réalisation des travaux de l'atténuation a trouvé son accomplissement en la construction d'une barrière acoustique semi-artificielle, placée entre la zone définie " zone d'approche à la mer" et la zone destinée aux activités portuaires. Telle intervention a été subdivisée en deux lots comme mis en évidence sur l'image ci-dessous (Figura 4):le premier lot a une longueur de 500 m sur côté Ouest et le deuxième lot une longueur de 250 m sur côté Est du port.

L'objectif d'évaluer l'efficacité de l'intervention de l'atténuation a conduit le choix du positionnement des stations de mesure dans les mêmes points que la première campagne bien qu'il ait eu des changements qui seront opportunément cités. Il faudra signaler que le poste GE0301 a subi un déplacement entre la phase Ante et Post operam dû à l'indisponibilité de la personne qui détient les équipements suite à la diffusion de la pandémie du COVID-19 ; le poste GE0101 par contre durant la phase Ante Operam ressentait la centrale d'air ARPAL en fonctionnement pour toute la durée, pour cela il est nécessaire de considérer l'unique jour d'extinction par rapport à la phase post operam durant laquelle la centrale était toujours inactive. En outre, les stations de mesure (points rouges sur la Figure 4) ont été valorisées en ajoutant des fichiers de mémoire de 128GB, face à des fichiers de 2 GB de la phase Ex-Ante, qui pourraient enregistrer des fichiers audios à analyser de façon hebdomadaire afin d'avoir une évaluation finale possiblement complète.

La station GE0201, la plus proche du port, n'a pas subi de variations et constitue la source principale des données indiquées ici.

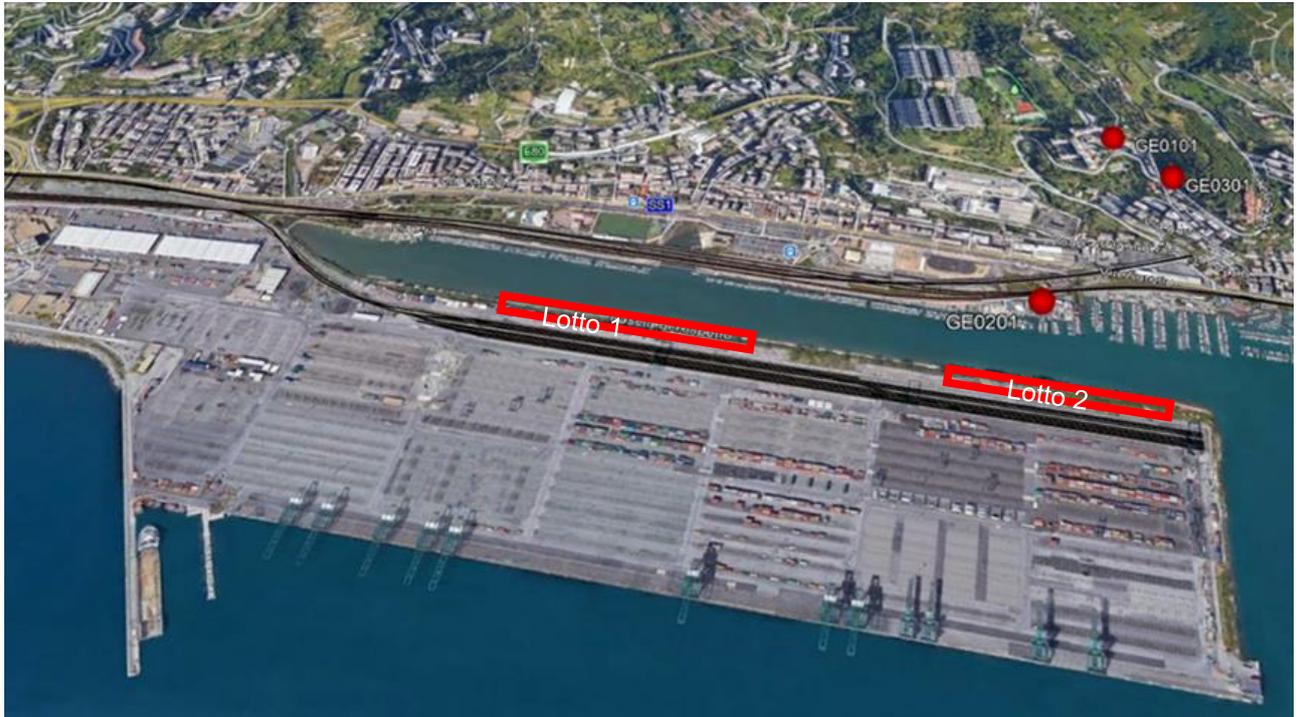


Figura 4 Zone d'enquête et poste de mesure

b. Ante Operam

En se basant sur les révélations des paramètres acoustiques, même en absence des fichiers audio, l'intervalle de temps considéré était compris aux heures de 00:00:00÷05:00:00 de la nuit afin d'exclure les bruits provenant des activités non portuaires, Pour être complet, ils ont été analysés dans différentes configurations :sans bateau, avec un bateau, avec deux navires et avec trois navires sur le quai.

Le Tableau 16 reporte les valeurs de la station GE 0101, dans la configuration avec un bateau, pour les motifs suscités et le Tableau 17 reporte les valeurs de la station GE 0201,dans les configurations avec un, deux ou trois navires, et ceux d'un seul jour de la. Les données remontent au 9 Janvier 2020 aux heures 04:30÷05:00 pour les configurations avec un navire, alors qu'avec deux navires les données remontent au 31 Décembre 2019 des heures 00:30÷01:30 et avec trois navires au 3 Janvier 2020 de 00:30÷01:30. La relation intégrale se trouve dans le report T3.1.1.

Tableau 16: valeurs du GE 0101 en présence d'un seul navire de: Leq, Lmax, Lmin, L1, L10, L90, L95, en pondération A et LIN en condition ante operam

postazione GE 0101										
Config.	Pesatura	Unit	Leq	Lmin	Lmax	L1	L10	L90	L95	L99
Un navire	LIN	dB	61,6	48,1	81,0	69,8	64,1	54,8	53,8	51,9
	A	dB	45,7	39,9	63,1	54,8	46,3	42,1	41,7	40,8

Tableau 17: valeurs de GE 0201 pour une, deux et trois navires de : Leq, Lmax, Lmin, L1, L10, L90, L95, L99 en pondération A et LIN en condition ante operam

postazione GE 0201										
Config.	Pesatura	Unit	Leq	Lmax	L1	L10	L90	L95	L99	
Un navire	LIN	dB	58,4	73,2	65,7	60,5	54,0	53,3	52,0	
	A	dB	46,5	57,6	51,9	48,7	43,2	42,7	42,2	
Deux navires	LIN	dB	72,2	79,8	75,7	73,7	69,2	68,5	67,3	
	A	dB	56,2	67,9	62,7	58,1	52,5	51,8	50,9	
Trois navires	LIN	dB	60,7	77,5	68,4	63,3	55,0	54,0	52,1	
	A	dB	49,8	79,6	57,2	50,6	43,7	43,1	42,3	

c. Post Operam

Durant cette phase, les fichiers audio (file wav) ont permis de filtrer les données, c'est à dire d'exclure les contributions sonores étrangères au port, et d'élargir la période d'observation à toutes les heures journalières.

Afin d'évaluer principalement le bruit produit par les activités de charge et de décharge et stationnement des navires sur le quai, la manutention des marchandises à l'intérieur de la zone portuaire et toutes les activités liées au port, il a été opportun d'identifier la période durant laquelle le bruit d'origine non portuaire était moins présent: ces conditions se sont vérifiées durant la période nocturne (23:00:00÷04:00:00),vu que dans la journée le climat acoustique subi des modifications venant des sources externes et pendant la première

matinée (de 4:30:00 à 7:20:00) sur tous les trois sites sont présents des sources casuelles telles que les bruits d'oiseaux. Après ce passage on a procédé à l'isolation du bruit portuaire, c'est à dire en excluant toute entrée dûe aux sources indésirées (composante casuelle).

Dans les Tableaux 18 et 19 sont reportés les valeurs de la station GE 0201, dans les configurations avec un, deux ou trois navires, et ceux d'un seul jour de la GE 0101, dans la configuration avec un navire, pour la comparaison avec l'Ante Operam. Les données remontent au 30 Mai 2021 aux heures 02:00÷03:00 pour les configurations avec un navire, alors qu'avec deux navires les données remontent au 2 Juin 2021 des heures 01:00÷02:00 et avec trois navires au 7 Juin 2021 des heures 02:00÷03:00. Les jours pris en compte ont été choisis de manière à avoir des navires à quai d'une longueur similaire à celle de la phase à Ante operam et amarrés dans les mêmes points d'accostage.

La relation complète se trouve dans le report T3.2.1.

Tableau 18: valeurs de GE 0201 pour une, deux et trois navires de : Leq , $Lmax$, $Lmin$, $L1$, $L10$, $L90$, $L95$, $L99$ en pondération A et LIN en condition post operam

postazione GE 0201								
Config.	Pesatura	Unit	Leq	$L1$	$L10$	$L90$	$L95$	$L99$
Un navire	LIN	dB	56,8	65,8	59,4	49,0	47,8	45,8
	A	dB	43,4	49,7	45	39,8	39,2	38,2
Deux navires	LIN	dB	72,1	76,1	74,5	67,4	66,1	63,8
	A	dB	54	56,9	55,7	51,8	51,3	50,5
Trois navires	LIN	dB	65,0	73,9	67,5	58,1	57,1	55,2
	A	dB	46,2	51,3	47,8	43,5	42,9	42

Tableau 19: valeurs du GE 0101 en présence d'un seul navire de: Leq , $Lmax$, $Lmin$, $L1$, $L10$, $L90$, $L95$, en pondération A et LIN en condition post operam

postazione GE 0101										
Config.	Pesatura	Unit	Leq	$Lmin$	$Lmax$	$L1$	$L10$	$L90$	$L95$	$L99$
Un navire	LIN	dB	55,1	46,0	75,1	62,5	56,9	50,4	49,6	48,1
	A	dB	45,1	39,5	61,4	51,9	46,1	42,3	41,8	40,8

d. Valutazione

La comparazione, c'est à dire la différence entre les données des deux stations dans les diverses configurations, est présenté dans les tableaux 20 et 21 et il en ressort que :

- Dans la station GE0101, celle située sur la colline, avec un navire sur le quai on observe que la pondération LIN (sans atténuation de niveau sonore), le Leq dans le Post Operam a subi une variation de 6,5dB alors que les niveaux de fond (L90, L95, L99) reportent une diminution respectivement de 4,4, 4,2 et 3,8 dB alors que la L1 et L10 reportent une diminution d'environ 7 dB. Dans la pondération A on ne note pas les variations significatives.
- Dans la station GE0201, celle plus proche au port, avec un navire sur le quai on note qu'en pondération A le Leq diminue de 3,1 dBA de la même manière que les tous les paramètres reportés diminuent. En pondération LIN les niveaux de fond qui présentent une grande variation sont : L90 =5 B, L95= 5, 5 dB et L99 =6,2 dB.

Dans la configuration avec deux navires, l'élément plus significatif émerge en pondération A dans LAeq, équivalent à 2,2 dBA de variation. En pondération LIN, il résulte une bonne diminution des niveaux de fond : L90 =1,8 dB, L95= 2,4 dB, L99 =3,5 dB.

Enfin, dans la configuration avec trois navires la pondération A présente une diminution du LAeq de 3,6 dBA mais de rares variations des niveaux de fond. Dans la pondération LIN cependant on n'observe aucune diminution du bruit.

Pour conclure, la configuration avec un navire à l'ouest, en correspondance de la Duna, montre l'effet de l'atténuation des travaux surtout dans la station plus proche au port GE 0201. Les autres deux configurations, présentant des variations moins significatives, reflètent quand même l'effet miroir du travail. En définitive la perception du bruit à l'oreille humaine, pondération A, est atténué par la Dune

Tableau 20: comparation des résultats avant et après exploitation de la GE 0101 en présence d'un seul navire di Leq, L1, L10, L90, L95, L99 en pondération A e LIN

postazione GE 0101								
Config.	Pesatura	Unit	Leq	L1	L10	L90	L95	L99
Un navire	LIN	dB	6,5	7,3	7,2	4,4	4,2	3,8
	A	dB	0,6	2,9	0,2	-0,2	-0,1	0

Tableau 21: comparaison des résultats en condition ante et post operam de GE 0201 en présence de un, deux et trois bateaux di Leq, L1, L10, L90, L95, L99 en pondération A e LIN

postazione GE 0201								
Config.	Pesatura	Unit	Leq	L1	L10	L90	L95	L99
Un navire	LIN	dB	1,6	-0,1	1,1	5,0	5,5	6,2
	A	dB	3,1	2,2	3,7	3,4	3,5	4,0
Deux navires	LIN	dB	0,1	-0,4	-0,8	1,8	2,4	3,5
	A	dB	2,2	5,8	2,4	0,7	0,5	0,4
Trois navires	LIN	dB	-4,3	-5,5	-4,2	-3,1	-3,1	-3,1
	A	dB	3,6	5,9	2,8	0,2	0,2	0,3

VI. Porto di Genova – Prà - Modélisation numérique

a. Contesto

L'objectif de ce document est de faire une prédiction sur l'effet de la dune en ce qui concerne l'atténuation du bruit présent dans le port de Gênes Prà.

Dans ce cadre, il a été mené une modélisation numérique du bruit provenant des activités du port avec l'objectif de quantifier l'impact acoustique des sources portuaires par rapport à autres pollutions sonores existantes, en particulier le trafic routier. Ce modèle a permis d'évaluer l'effet que la construction d'une dune peut avoir sur la réduction du bruit. Les résultats de cette étude et la méthode utilisée sont détaillés dans les sections suivantes

b. Définition et cadre normatif

Les définitions et les grandeurs utilisées dans cette étude ainsi que le cadre réglementaire qui s'applique à ce domaine sont rappelées ci-dessous.

Definition

Le décibel (dB) :

Le son est une sensation auditive produite par une variation rapide de la pression de l'air autour de son point d'équilibre. L'origine de cette variation de pression, appelée pression acoustique, peut par exemple être engendrée par la vibration d'un corps qui met en vibration l'air environnant. Une succession de zones de pression et de dépression est alors générée ce qui constituent l'onde acoustique. Cette onde, une fois parvenue à l'oreille, engendre les vibrations du tympan qui induisent la perception du son. La pression acoustique est mesurée en PASCAL (Pa). L'oreille est sensible à des pressions allant de 0.00002 Pa à 20 Pa, soit un rapport de 1 à 1 000 000. Pour ramener cette échelle de pression à une échelle plus réduite et adaptée à la perception du son, on utilise une échelle logarithmique représentée par le décibel (dB). Sur cette échelle, une différence arithmétique de niveau exprimée en dB correspond approximativement à la même perception de diminution ou d'augmentation du niveau sonore quelque-soit le niveau absolu. Par ailleurs, sur l'échelle des décibels, le niveau de deux sources de bruit non corrélées en un point n'est pas égal à la somme des niveaux de chaque source individuelle. On ne peut utiliser la somme arithmétique dans ce cas. On note par exemple $40 \text{ dB} + 40 \text{ dB} = 43 \text{ dB}$ et $40 \text{ dB} + 50 \text{ dB} \approx 50 \text{ dB}$.

Le décibel pondéré A [dB(A)]:

Le décibel pondéré A [dB(A)] permet de traduire l'unité physique du décibel en une unité plus proche de la perception en pondérant le niveau sonore dans une bande de fréquence donnée par la perception de l'oreille humaine dans cette même bande

Octava:

L'octave représente l'intervalle de fréquences dont la plus haute fréquence est le double de la plus basse. Pour bruit environnemental, on utilise communément les 8 octaves normalisées centrées sur les fréquences 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 et 8000 Hz.

Niveau de bruit équivalent L_{eq} :

Le niveau de bruit L_{eq} exprimé en dB représente le niveau moyen mesuré sur une période temporelle donnée par intégration du niveau continu. Le niveau global équivalent se note L_{eq} , il s'exprime en dB. Le niveau équivalent peut également être mesuré par bande de fréquences, en particulier pour chaque bande d'octave. Lorsque les niveaux sont pondérés selon la pondération A, on obtient le niveau de bruit global équivalent pondéré A, noté L_{Aeq} (c'est l'indicateur le plus couramment utilisé et mesuré).

Cadre normatif

La directive européenne 2002/49/EC dite « Environmental Noise Directive » (END) vise à harmoniser les pratiques pour la lutte contre la pollution sonore et à rendre disponible au public l'information de l'exposition sonore. Elle demande également aux états membres de proposer des plans d'actions pour lutter contre la pollution sonore lorsque celle-ci représente un danger sanitaire. Les ports insulaires urbains rentrent à ce titre dans le cadre de la directive en tant que zone potentiellement génératrice de nuisances sonores qui impactent une zone urbaine.

Parallèlement, en France et en Italie, les activités portuaires génératrices de bruit non soumises à classement (au sens des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) peuvent rentrer dans le cadre des bruits de voisinage. Dans ce cas, il est exigé que l'émergence (c'est-à-dire le dépassement de niveau dû à une source particulière par rapport au bruit ambiant) des activités, mesurée en limite de propriété d'un riverain, restes-en-dessous d'un certain seuil, la journée et la nuit, en fonction de la durée d'apparition (pour la France, cela est spécifié dans l'article R1336-6 du code de Santé Publique, et pour l'Italie dans

la loi 447 de 1995 et l'article 844 du code civil). Le seuil de base au-delà de laquelle une infraction est constituée est par exemple de 5 dB(A) le jour et 3 dB(A) la nuit en France, pour une source active 8 heures ou plus. Ce seuil est cependant modulé en fonction de la durée d'activation de la source particulière considérée : plus la durée d'activation est courte, plus le seuil est élevé. Ainsi d'un point de vue réglementaire, on peut accepter d'une source de bruit qu'elle provoque une émergence plus élevée si sa durée d'activation est plus courte.

c. Modélisation numérique

Limitations spatiales

L'aire géographique de bruit est essentiellement constituée par la limite administrative du port et les routes qui le parcourent.

La zone d'impact comprend, outre la zone d'émission, la zone urbaine habitée proche du port (Figure 5).

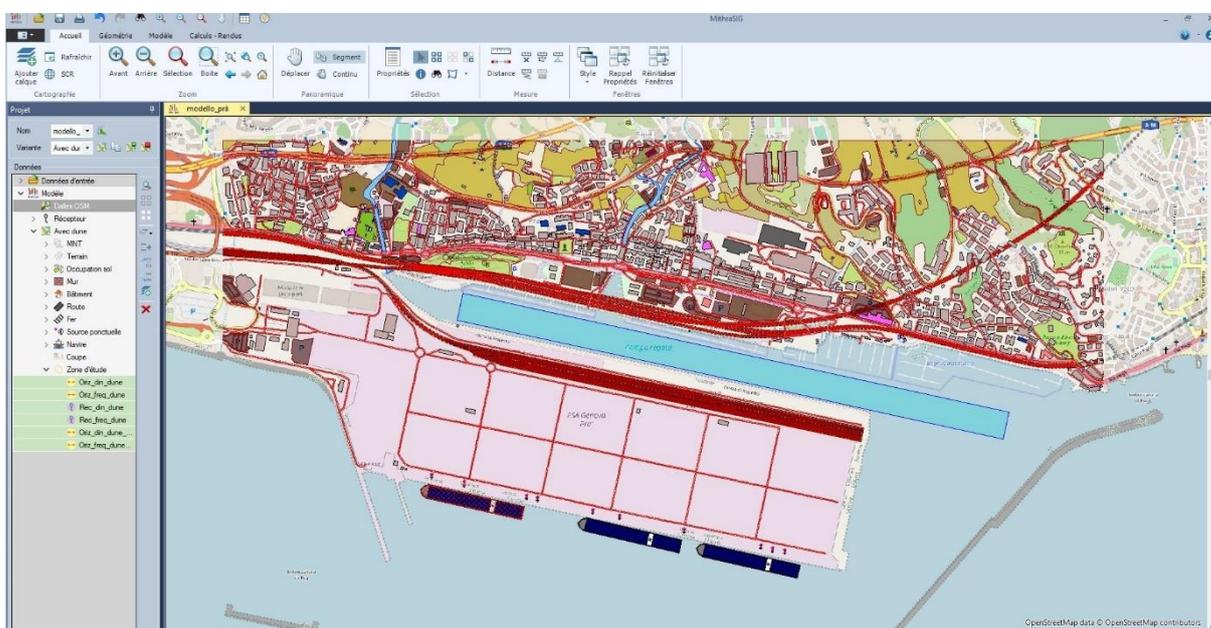


Figure 5: Area di studio per lo studio d'impatto del porto di Genova Prà

Fonctionnement du port et identification des sources

Les activités du port de Gênes Prà (et plus généralement des zones d'émission du bruit) qui potentiellement émettent du bruit sont nombreuses et complexes. Le tableau 22 donne une liste des principales sources et des éléments généraux relatifs à leur scénario d'activité

Tableau 22: principaux types de sources sonores et scenario d'utilisation.

Type de sources	Scenario
Trafic routier des avenues (hors zone du port)	Trafic « continu » que l'on peut décrire par un flux de trafic moyen (TMJA) et des variations journalières typiques
Trafic routier supplémentaire dans la zone d'émission lors de chargement/déchargement	Ajout de flux de trafic sur les voies portuaires et les axes circulants à proximité du port, avant le chargement et après le déchargement de navires surtout les engins lourds.
Navires en navigation	Bruit émis lors des trajets dans la zone d'émission lors des arrivées et départs des navires (dont les horaires sont fournis par l'autorité portuaire)
Gru	Bruit actif uniquement pendant la phase de manutention des conteneurs
Chantier	Bruit émis lors de l'entretien et des réparations des navires et des grues
Navires à quai	Bruit émis de manière continue par certains navires à quai (notamment ceux qui ne sont pas raccordés au courant et qui nécessitent des générateurs)
Trafic ferroviaire	Bruit actif uniquement lors du passage des trains vers/depuis le port

Données nécessaires

Les données utilisées pour construire le modèle sont issues de plusieurs sources, différentes en fonction du type de données nécessaires.

Géométrie

Sol

Faute de données de terrain précise, on utilise les données de la base SRTM (fonctionnalité possible de MithraSIG). Ces données produites par satellite ne sont pas extrêmement précises, ce qui nécessite notamment de redéfinir proprement les quais et la digue.

Bâtiments

Les bâtiments sont décrits dans un fichier SIG extrait de la BD Topo : BATI/BATIMENTS.SHP

Tracé de routes

Les positions des tronçons de routes sont décrites dans un fichier SIG extrait de la BD Topo : RESEAU_ROUTIER\ROUTE.SHP.

Limite terre-mer et digues

Le contour des quais ainsi que la ligne de crête de la digue (informations qui peuvent être mal définies dans les informations disponibles de la BD Topo) sont intégrés dans le modèle à partir du fichier SIG suivant : BATI\CONSTRUCTION_LINEAIRE.SHP.

Définition de la géométrie des bateaux

Les navires, en tant qu'objets géométriques, doivent faire l'objet d'une définition particulière, grâce à MithraSIG, il est possible de concevoir à la fois un porte-conteneurs et un navire à passagers.

En fait, une fois le nom du navire connu, ses dimensions peuvent être retracées depuis le site du port, avec ces dimensions le navire est construit avec les commandes adéquates via Mithra. Dans le logiciel, il y a la possibilité de diviser la puissance sonore du navire sur tout le navire ou de choisir de mettre toute la puissance (derrière, au milieu, devant, à droite, à gauche ou des deux côtés).

Toutes les puissances sonores attribuées aux différentes sources à savoir navire, grue, poids lourds, trains sont de vraies puissances issues soit du projet IMAGINE, soit mesurées sur site dans le cadre d'un autre projet de caractérisation d'une source ; par conséquent, la base de données Mithra est très précise car pour chaque source il existe des niveaux de puissance acoustique basés sur la qualité de la source, par exemple pour les grues à quai il y a :

- Bonne qualité: 100 dBA
- Qualité moyenne: 105 dBA
- Mauvaise qualité : 110 dBA

Noi abbiamo usato le gru di qualità media.

On présente dans la Figure 6 l'image d'une petite partie de la base de données présente dans le logiciel Mithra uniquement en ce qui concerne les sources ponctuelles utilisées dans les ports et les terminaux

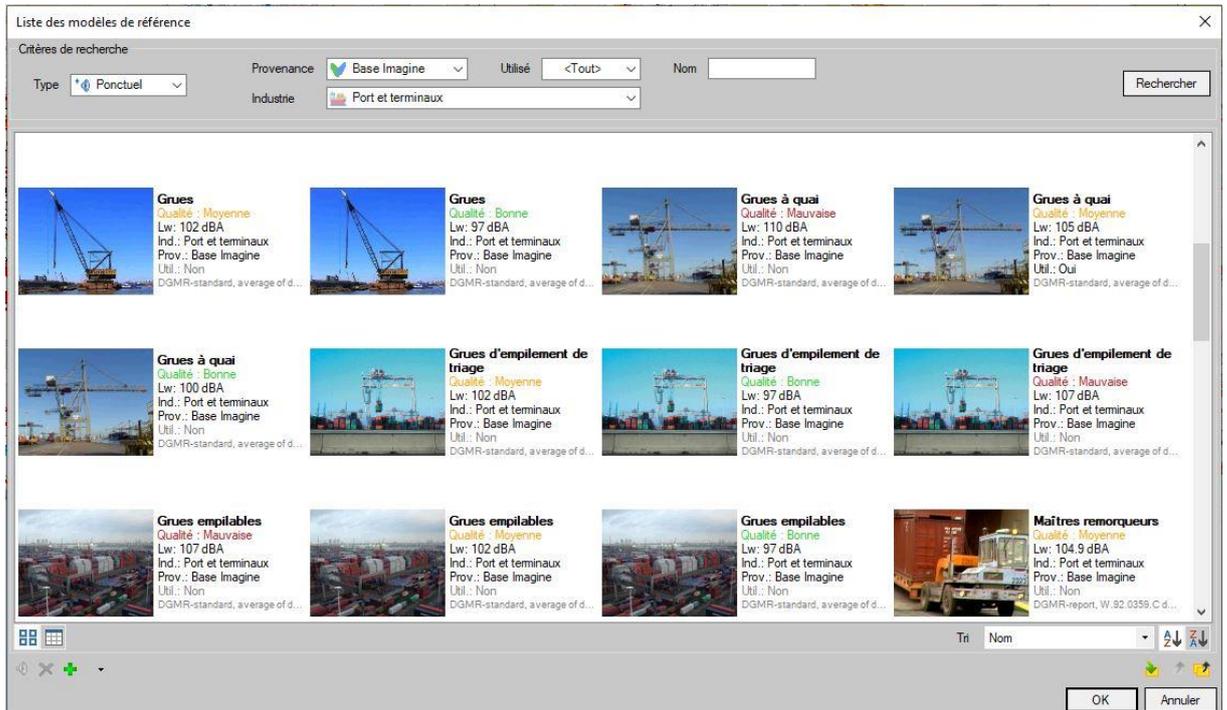


Figure 6 exemple de base de données du logiciel Mithra

Figure 7 montre une vue du site du port de Gênes Prà avec la présence des trois navires considérés dans cette étude.

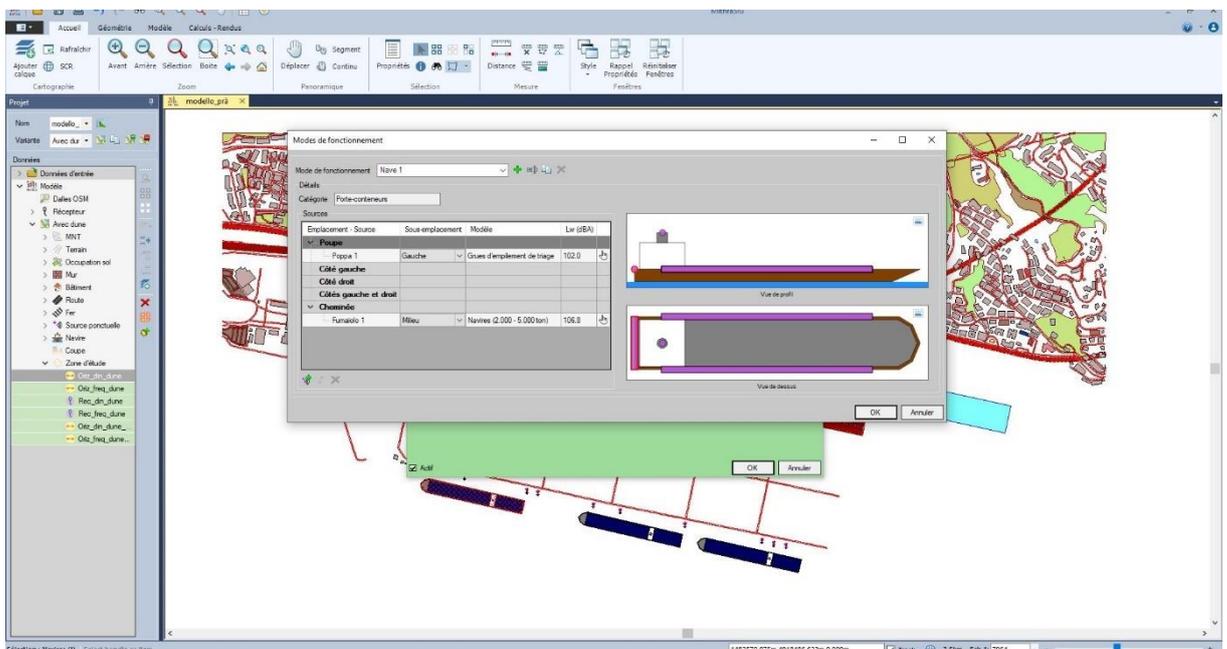


Figure 7: exemple d'une vue du port de Genova Prà avec des navires considérés.

Effet des conditions météorologiques

La propagation du son est fortement influencée par l'interaction entre la nature du sol et les conditions météorologiques. Pour l'évaluation du bruit ambiant, il est nécessaire de distinguer les conditions favorables à la propagation (par exemple sous un ciel serein ou sous le vent), les conditions neutres (par exemple sous un ciel couvert par des vents calmes) et les conditions défavorables (par exemple avec un vent contraire ou un journée très ensoleillé). Il convient de noter que ce sont les conditions dites "favorables" qui génèrent des niveaux sonores plus élevés.

Les méthodes de calcul couramment utilisées en France et en Italie (méthode française appelée "NMPB" décrite dans la norme NF S31-133, ou encore méthode européenne harmonisée appelée "CNOSSOS-EU" décrite dans la directive européenne 2015/96 du 19/05/2015) tiennent compte de ces effets en calculant un indicateur de bruit moyen en pondérant deux conditions représentatives :

$$L_{(eq,T)} = 10 \lg \left[\left(p_{FAV}/100 \cdot 10^{(L_{(p,FAV)}/10)} + (1-p_{FAV}/100) \cdot 10^{(L_{(p,HOM)}/10)} \right) \right]$$

p_{FAV} est une fréquence d'apparition de conditions favorables (entre 0 et 1). Pour la France métropolitaine, la fréquence d'apparition de conditions favorables a été évaluée par des records climatiques représentatifs (plus de 10-30 ans d'observations) pour 40 stations météorologiques réparties sur le territoire. Ces valeurs sont publiées dans l'appendice de la norme NF S31-133 et présentées sous forme de "roses d'occurrence" pour différentes directions de propagation du récepteur d'origine et pour différentes périodes de la journée.

La méthode décrite ici permet de calculer ce rose d'occurrence pour n'importe quel site à partir de données spécifiques.

Fichiers nécessaires

Les fichiers nécessaires au calcul de la liste d'occurrences sont des fichiers imprimés qui doivent contenir les informations suivantes pendant au moins un an:

- **Données journalières au lever et coucher du soleil**
 - Date

- Heure UTC du lever
- Heure UTC de passage au méridien (zénith)
- Heure UTC du coucher du soleil
- Indicateurs de saison, "été" de l'équinoxe de printemps (20/03/2018, dans ce cas) à l'équinoxe de l'automne (23/09/2018)

• **Données météorologiques horaires**

- Date et heure UTC de l'observation
- Quantité de pluie en une heure (en mm)
- Force du vent (en km / h, 10 m du sol)
- Direction du vent (relatif au nord, dans le sens horaire)
- Nébulosité
- Indicateur de l'heure légale (du 25/03/2018, de 2 :00 au 28/10/2018, dès 3:00)
- Heure légale (heure UTC + 1h en hiver, heure UTC + 2h e été)

Description de la méthode d'analyse

Les principes de la méthode d'analyse sont décrits dans les normes NF S31-110 : 2005. Il est basé sur une grille d'évaluation qualitative, connue sous le nom de "grille de Zouboff", qui utilise une caractérisation heuristique de l'état aérodynamique et thermique de l'atmosphère. L'annexe A de la norme NF S31-120 : 2018 fournit des détails supplémentaires sur un mode d'exploitation permettant de lier l'entrée de la méthode aux observations quantitatives effectuées par les stations météorologiques.

La méthode quantitative de Zouboff utilise :

- Une caractérisation U_i des conditions de vent.

	Contraire	Peu contraire	De travers	Peu portant	Portant
Vent fort	U1	U2	U3	U4	U5
Vent moyen	U2		U3	U4	
Vent faible	U3				

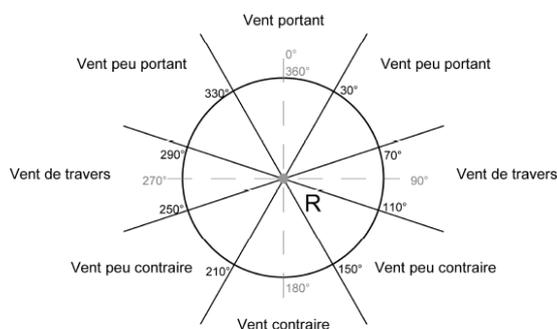
- Une caractérisation T_i des conditions thermiques

	Rayonnement	Humidité du sol	Vitesse du vent	Ti
Jour	Fort	Sec	Faible ou moyen	T1
	Faible ou moyen	Humide	Fort	T3
	Autres cas			T2
Période de lever ou coucher du soleil				T3
Nuit	Ciel dégagé	-	Faible	T5
	Autres cas			T4

- Afin de caractériser la propagation acoustique selon le critère (très) défavorable (-, -), neutre (Z) ou (très) favorable (+, ++).

	U1	U2	U3	U4	U5
T1		--	-	-	
T2	--	-	-	Z	+
T3	-	-	Z	+	+
T4	-	Z	+	++	++
T5		+	+	++	

La quantification du vent est basée sur les valeurs de l'angle relatif entre la direction de propagation et la direction du vent (0°, représentant la direction de la source vue par le récepteur) :



La quantification de la vitesse du vent doit respecter les limites indiquées ci-dessous. Lorsque nous utilisons les données fournies par le client, nous supposons que les données d'entrée sont données en m / s à une hauteur de 10 m au-dessus du sol.

Hauteur de mesure	h = 2m	h = 10m	Observations visuelles
Vent fort	vitesse > 3 m/s	vitesse > 4,3 m/s	Les feuilles sont sans cesse en mouvement. Les petites branches plient.
Vent moyen	1 m/s < vitesse < 3 m/s	1,4 m/s < vitesse < 4,3 m/s	On sent le vent sur le visage. Les feuilles s'agitent.
Vent faible	vitesse < 1 m/s	vitesse < 1,4 m/s	On ne sent pas le vent sur le visage. Les feuilles sont immobiles.

La force du rayonnement solaire est appréciée en fonction de la saison, du temps et de la nébulosité :

- Pour la période "estivale", de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne:

Heure solaire	rayonnement fort	rayonnement moyen	rayonnement faible
soleil à ± 3 h par rapport au zénith	≤ 5 octas	≥ 6 octas	
1 h après le lever du soleil jusqu'à 3 h avant le zénith ou 3h après le zénith jusqu'à 1 h avant le coucher du soleil		≤ 4 octas	≥ 5 octas
jusqu'à 1 h après le lever du soleil ou jusqu'à 1h avant le coucher de soleil			Tous les cas

- Pour la période "hivernale" de l'équinoxe d'automne à l'équinoxe de printemps:

Heure solaire	rayonnement fort	rayonnement moyen	rayonnement faible
soleil à ± 3 h par rapport au zénith	0 octa (absence totale de nuages)		
2 h après le lever du soleil jusqu'à 1 h avant le coucher du soleil		≤ 4 octas	≥ 5 octas
jusqu'à 2 h après le lever du soleil ou jusqu'à 1 h avant le coucher de soleil			Tous les cas

La nuée est appréciée en "octas", passant de 0 pour un ciel serein à 8 pour une couverture nuageuse totale. Pour les heures nocturnes (entre le coucher du soleil et l'aube), la condition de rayonnement est évaluée directement par la couverture nuageuse : ciel clair (plus de 80%) ou ciel couvert (plus de 20%).

L'état hydrique du sol est évalué par la quantité de précipitations accumulées pendant des périodes allant de 4 heures à 1 semaine :

- Sol sec : pas de pluie pendant les 48 heures et pas plus de 2 mm pendant la semaine précédant la mesure.

Terrain humide : au moins 4 ou 5 mm de pluie sont tombés au cours des dernières 24 heures.

Automatisation du processus

Un module logiciel dédié a été développé pour transformer les données météorologiques disponibles en un indicateur de propagation selon la méthode décrite ci-dessus, puis pour calculer les fréquences d'occurrence de conditions favorables par période horaire. Ces résultats horaires sont ensuite combinés pour produire les tableaux par période réglementaire compatible avec la méthode de calcul (NMPB-2008 pour l'application de la

législation nationale, Cnossos-UE pour les cartes stratégiques conformes à la Directive Européenne). Nous pouvons intégrer ce module logiciel dans la fonctionnalité "Portes" de MithraSIG

Définition des zones des capteurs de bruit

Ils ont été définis deux types de domaines de calcul dans cette étude :

Carte du bruit à 4m et 15m de hauteur sur toute la zone d'impact sonore le pas de maille est fixé à 10m (la distance entre 2 récepteurs ne dépasse pas ce pas) ;

Niveaux de bruit dans les façades de certains bâtiments dans la zone d'impact acoustique.

Ces deux types de calculs permettront de quantifier à la fois l'ambiance sonore dans les espaces publics (dans le but d'améliorer la qualité sonore en milieu urbain) et l'exposition des personnes dans leur logement (à travers l'exposition sur la façade).

Paramètres de calcul

Les paramètres de calcul dans MithraSIG sont présentés dans le Tableau 23. Les données météorologiques pour les calculs pour chaque tranche horaire considérée utilisent les roses d'occurrence présentées dans la section A1.

Tabella 23: Paramètre de calcul MithraSIG.

Description	Valeur
Lancer géométrique	« Raggi veloci »
Distanza di propagazione massima (m)	1000
Passo angolare (gradi)	1
Numero massimo di riflessioni per ogni percorso	3
Modello di emissione traffico stradale	CNOSSOS-EU
Modello di propagazione acustica	CNOSSOS-2012

Analyse des resultats

Typede résultats présentés

I Les résultats utilisent l'échelle de couleurs « Niveaux sonores » présentée dans la Figure 8.

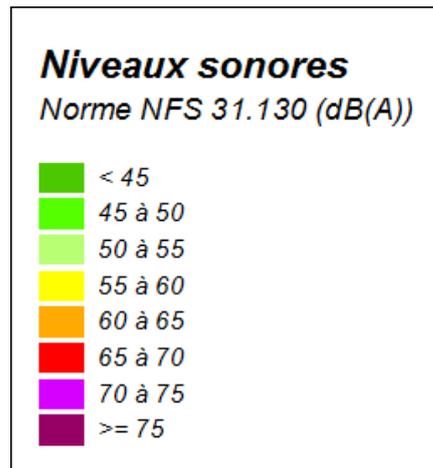


Figura 8: Définition des échelles de couleurs i.

En plus des cartes de niveau de zone d'impact, les résultats incluent des niveaux de bruit calculés pour des récepteurs individuels positionnés à l'avant du bâtiment dans des zones précises.

Les sections suivantes présentent les résultats de l'impact global du bruit du port avec toutes les sources actives. Le trafic routier utilisé correspond aux estimations de trafic associées aux mêmes heures. En conséquence, les niveaux d'exposition au trafic seul varient d'un créneau horaire à l'autre. Par souci de simplicité, nous avons attribué une valeur de trafic nulle aux rues en dehors de la zone d'émission afin de ne pouvoir évaluer efficacement que le bruit du port.

Cartes de bruit et tableau de résultats

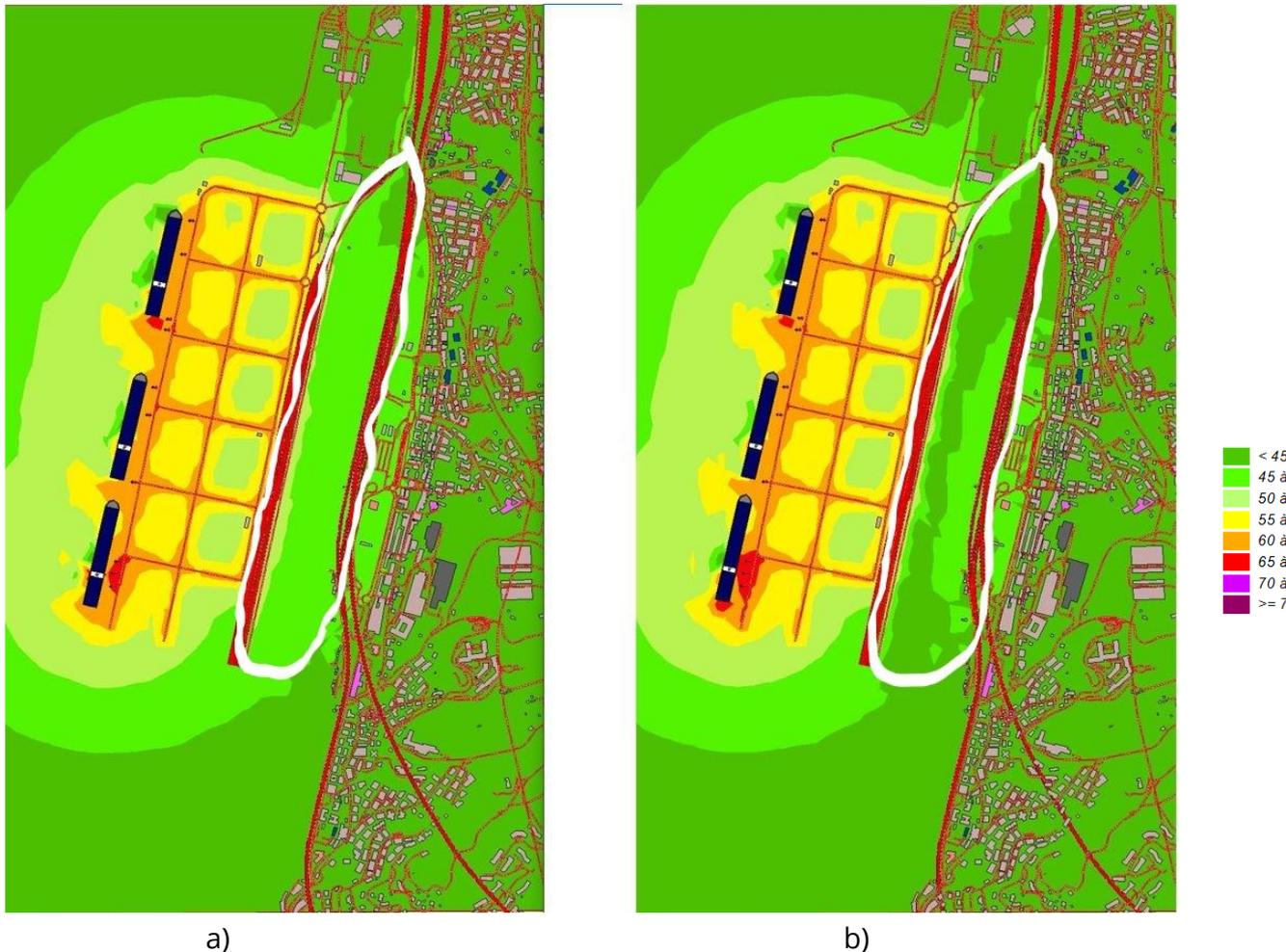


Figure 9: Cartes du bruit réalisées à une altitude de 4m, à gauche la carte sans la dune (a), à droite celle avec la dune (b).

La Figure 9 présente la carte du bruit réalisées à une altitude de 4m du plan de la campagne, soit à la hauteur du premier étage des habitations. A première vue, il semble qu'il n'y ait pas de différence entre les deux cartes, donc la Dune n'a pas d'effet, mais avec une analyse et une observation minutieuse des cartes, compte tenu de l'échelle des couleurs utilisées, indique qu'il y a donc un effet de la dune, surtout dans les zones très proches de la dune, en effet la zone proche au canale di calma (c'est-à-dire la zone entourée par la ligne blanche) a une couleur prédominante différente pour les deux cartes. Dans la **carte sans dune, le bruit émis est compris entre 45 et 50 dBA** tandis que dans celle **avec la dune, le bruit émis est inférieur à 45 dBA**.

En revanche, en ce qui concerne les zones urbaines qui se trouvent au-delà de via Prà, c'est-à-dire au-delà de la route principale qui relie la délégation de Prà avec celles de Pegli à levante et Voltri à posante, on ne relève pas une différence substantielle entre les deux cartes. Par conséquent, pour ces zones, l'effet de la dune n'est pas ressenti

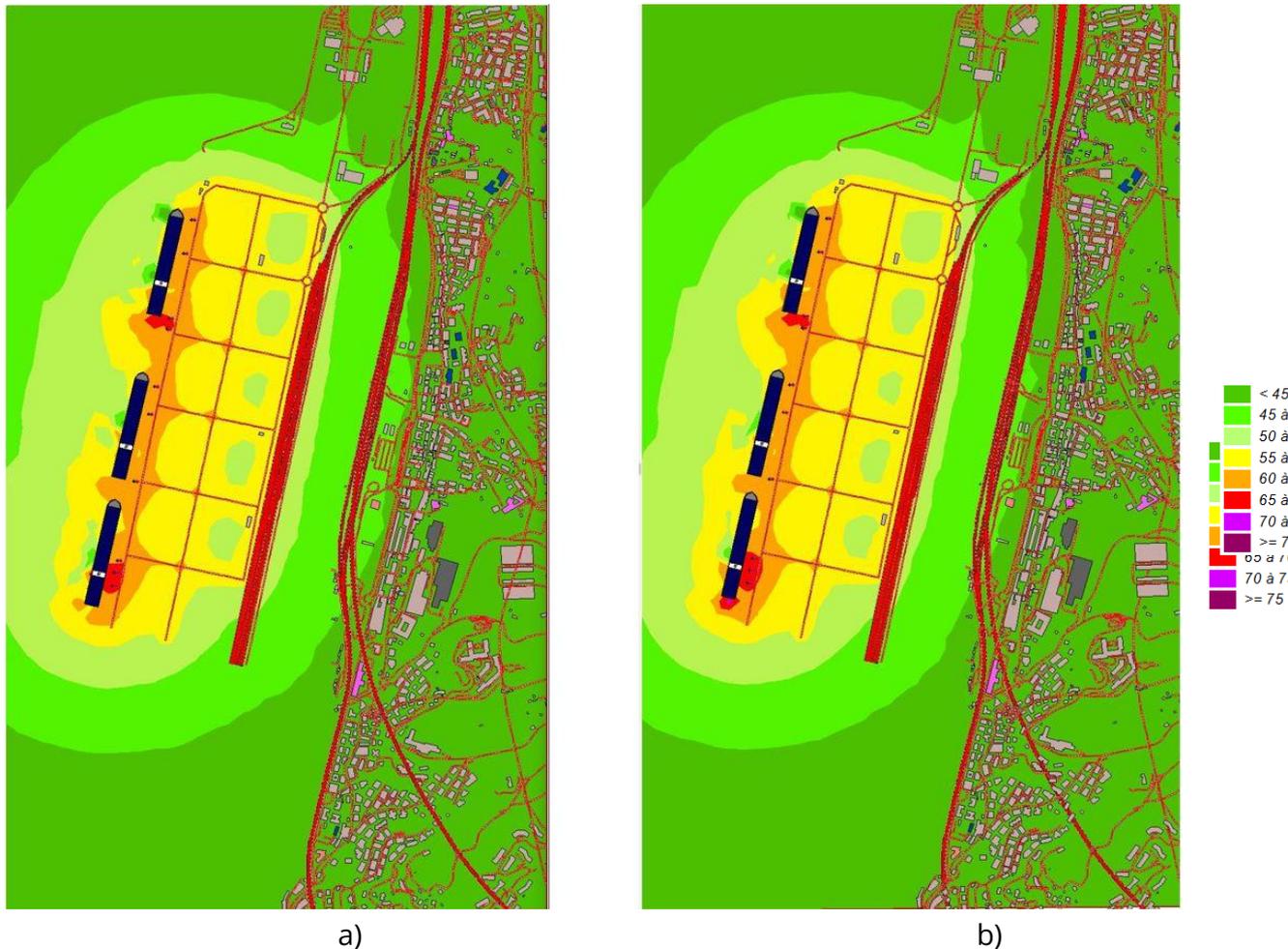
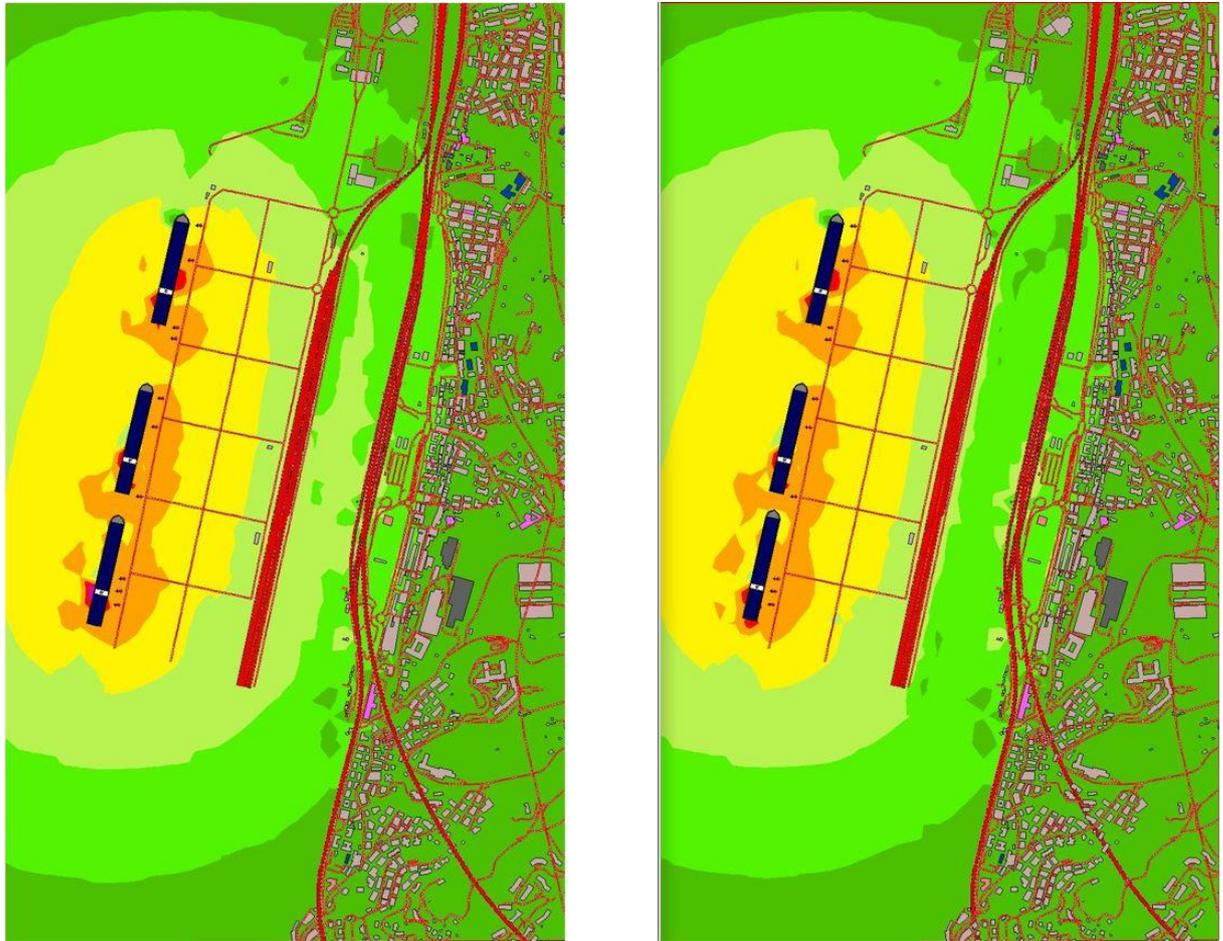


Figure 10: Cartes du bruit réalisées à une altitude de 15m, à gauche la carte sans la dune (a), à droite celle avec la dune (b)

La Figure 10 présente les cartes sonores à une altitude de 15 m du plan de campagne, c'est-à-dire à la hauteur des étages supérieurs des bâtiments qui entourent la zone portuaire; les habitations situées dans cette position sont en général les plus exposées au bruit du port. Les simulations indiquent un effet limité de la dune sur la propagation du bruit portuaire vers ces récepteurs. Ce résultat est en tout cas conforme aux attentes : l'écran offert est assez efficace pour les zones plus basses, alors qu'il intercepte très partiellement la propagation sonore vers les habitations situées aux étages supérieurs ou vers les zones collinaires en perspective du port

Cartes pour bandes de fréquences spécifiques.



a)

b)

Figure 9: Cartes de bruit réalisées à une hauteur de 4m à 50 Hz, à gauche la carte sans la dune (a), à droite celle avec la dune (b).

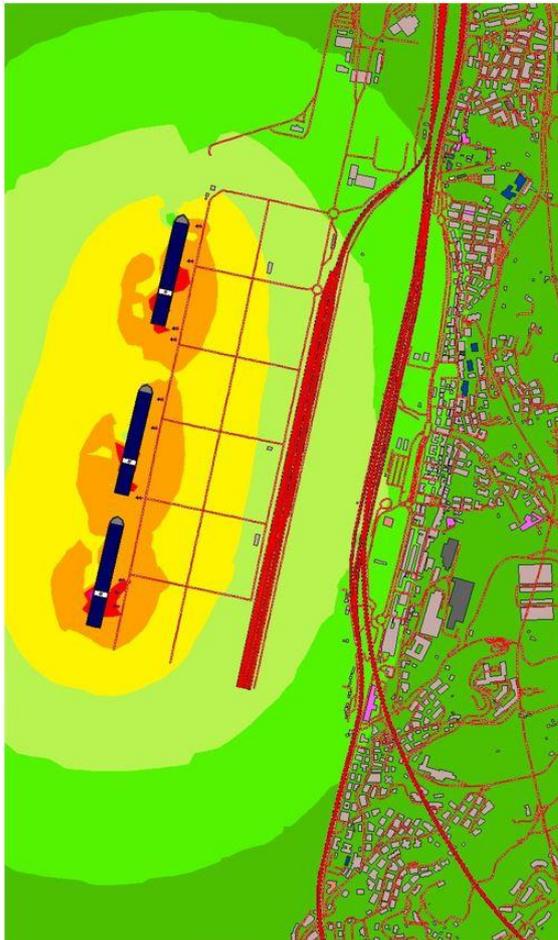


a)



b)

Figure 10: Cartes de bruit réalisées à une hauteur de 4m à 200 Hz, à gauche la carte sans la dune (a), à droite celle avec la dune (b).



a)



b)

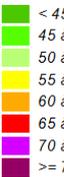
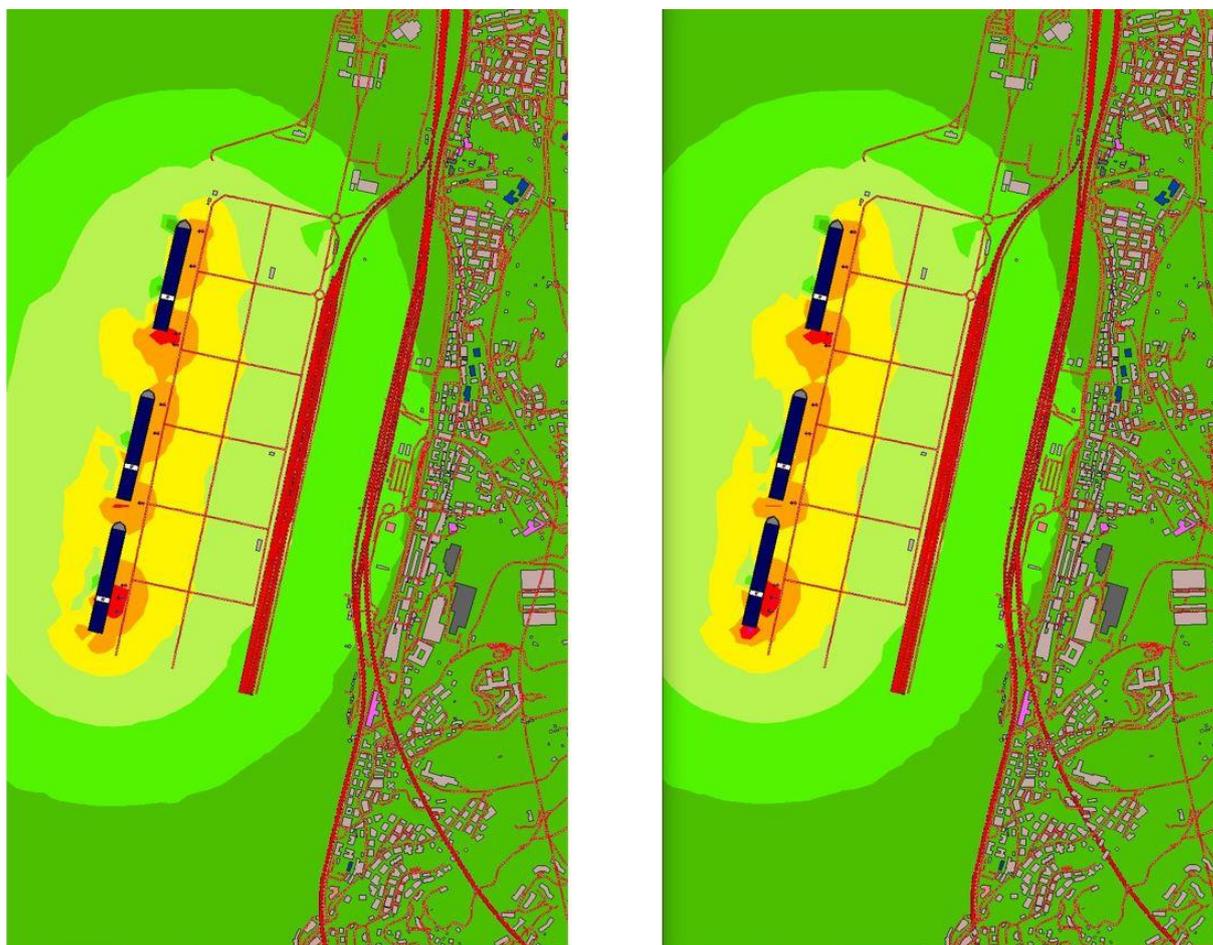


Figure 11 Cartes de bruit réalisées à une hauteur de 15m à 50 Hz, à gauche la carte sans la dune (a), à droite celle avec la dune (b).



a)

b)

Figure 12: Carte du bruit émis à une hauteur de 15m à 200Hz, à gauche c'est la carte sans dune(a), et à droite celle avec la dune(b).

Dans le but de mieux mettre en évidence les effets de l'écran sonore produits par la dune on a décidé de reporter les cartes acoustiques pour les troisièmes de bande de huitième de 50Hz à 200Hz. On a donc analysé les cartes acoustiques à la hauteur de 4m à 15m du plan de campagne, correspondants respectivement au premier niveau et à un niveau haut des édifices qui entourent la zone portuaire. Ces bandes à basse fréquence ont été analysées par rapport au dérangement lié aux émissions sonores provenant des navires, et spécifiquement des cheminées, c'est important en termes de bruit, en particulier en relation avec le bruit nocturne et la propagation à grande distance. Ces deux derniers éléments sont extrêmement significatifs dans la détermination de l'impact sonore sur la population résidente près du port, sur ce

Figure 9 se réfère à la fréquence de 50Hz et à une hauteur de 4m du plan de campagne. Figure 9(a) se réfère au champ sonore sans dune ;Figure 9(b) se réfère au champ sonore en présence de la dune.

Figure 10 se réfère à la fréquence de 50Hz et à une hauteur de 4m du plan de campagne. Figure 10(a) se réfère au champ sonore sans dune ; Figure 10(b) se réfère au champ sonore en présence de la dune.

Figure 11 se réfère à la fréquence de 50Hz et à une hauteur de 15m du plan de campagne. Figure 11(a) se réfère au champ sonore sans dune ; Figure 11(b) se réfère au champ sonore en présence de la dune.

Figure 12 se réfère à la fréquence de 200Hz et à une hauteur de 15m du plan de campagne. Figure 12(a) se réfère au champ sonore sans dune ; Figure 12(b) se réfère au champ sonore en présence de la dune.

Les résultats obtenus indiquent que l'effet de la dune aux basses fréquences est considérable seulement dans ses environs, alors qu'il est très réduit pour les positions lointaines, soit pour la hauteur inférieure (4m) correspondant au premier niveau, soit pour la hauteur supérieure (15m) correspondant au plus haut niveau de l'édifice.

L'observation conduite permet de définir les limites de la solution constituée par la dune en termes de réduction de l'impact acoustique. Cela est certainement efficace, mais pas résolutive en ce qui concerne la réduction de l'impact sonore du port. Sa justification en termes de rapport coûts-bénéfices dérive de la combinaison de l'amélioration du climat acoustique dans la zone récréative et de l'incontestable avantage en termes visuels et du paysage.

Analyse spectrale sur les récepteurs mis sur les premiers édifices

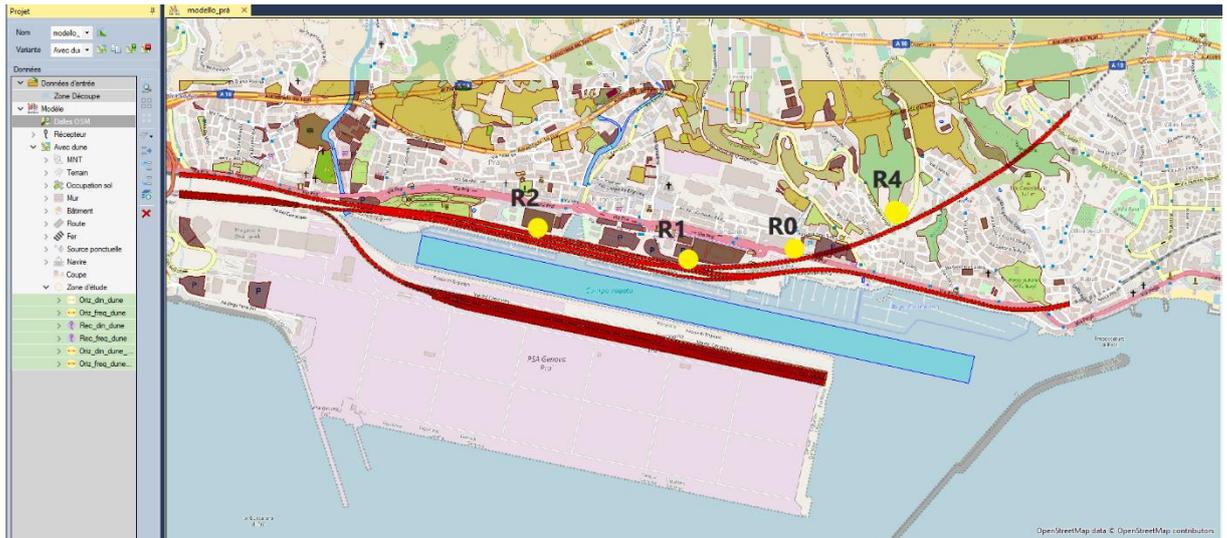


Figura 13: Posizione ricettori sui primi edifici che si affacciano sul porto

Figure 13 montre la position de certains récepteurs placés sur les premiers bâtiments faisant face au port. Les données obtenues à partir des différents récepteurs ont été analysées pour comprendre quel est l'effet d'écran de la dune. Ci-dessous, un Tableau du bruit spectral à chaque fréquence et pour chaque récepteur est présenté

Tableau 24: Calcul du récepteur R0 - Gênes Prà

Récepteur R0						
Freq (Hz)	Rez-de-chaussée		Etage 1		Etage 2	
	Sans dune	Avec dune	Sans duna	Avec dune	Sans dune	Avec dune
50	42,7	42,7	45,3	45,5	47,7	47,7
63	38,2	38,3	41,2	41,4	43,9	43,9
80	33,9	34,1	37,3	37,5	40,4	40,3
100	39,9	40,4	44,1	44,3	47,2	47,0
125	33,2	36,9	41,0	41,2	44,3	44,1
160	33,3	33,9	38,4	38,5	41,5	41,4
200	36,4	37,8	42,0	42,6	45,5	45,5
250	33,3	34,9	39,8	40,3	43,3	43,2
315	30,1	32,2	37,9	38,3	41,1	40,9
400	27,7	30,2	36,8	36,9	39,7	39,4
500	25,6	28,7	36,2	36,0	38,5	38,0
630	23,0	26,5	34,5	34,2	36,8	36,3
800	22,3	26,2	34,9	34,3	36,7	35,8
1000	20,9	25,3	34,3	33,6	35,9	34,8
1250	18,3	23,0	32,3	31,6	34,0	32,9
1600	13,7	18,4	28,1	27,1	29,4	27,9
2000	8,9	13,8	24,1	23,2	25,5	24,2
2500	3,5	8,1	19,7	19,0	21,2	20,0
3150	-3,3	1,3	13,5	12,2	14,9	13,1
4000	-12,5	-8,3	5,3	3,7	6,8	4,6
5000	-22,9	-20,1	-4,5	-7,5	-3,1	-6,6
6300	-60,2	-56,3	-39,5	-39,1	-38,2	-38,3
8000	-89,9	-87,8	-69,1	-69,1	-67,6	-67,7
Total	33,3	35,7	42,8	42,5	45,2	44,6

Tableau 25: Calcul du récepteur R1, R2, R4 - Gênes Prà

Freq (Hz)	Récepteur R					
	Récepteur R1		Récepteur R2		Récepteur R4	
	Sans dune	Avec dune	Sans dune	Avec dune	Sans dune	Avec dune
50	48,8	48,5	49,1	49,0	-99,0	-99,0
63	45,7	45,1	45,0	45,0	-99,0	-99,0
80	42,0	41,4	41,3	41,2	-99,0	-99,0
100	48,5	47,8	47,9	47,7	27,1	26,3
125	45,5	44,7	44,9	44,7	25,0	24,2
160	42,9	42,0	42,3	42,0	24,2	23,3
200	46,5	45,9	46,1	45,9	24,5	23,6
250	44,3	43,7	43,9	43,7	23,9	23,0
315	42,3	41,5	42,0	41,5	24,6	23,7
400	41,0	40,1	40,7	40,1	24,5	23,6
500	40,3	38,9	39,9	39,0	25,5	23,0
630	38,7	37,3	38,3	37,3	23,9	24,4
800	39,0	37,0	38,5	37,1	25,3	24,0
1000	38,4	36,2	37,8	36,2	24,9	24,0
1250	36,4	34,3	35,9	34,4	22,6	21,6
1600	32,3	29,6	31,9	29,7	18,8	17,9
2000	28,4	25,9	27,9	26,1	13,7	12,7
2500	24,1	21,9	23,7	22,1	7,7	6,6
3150	18,4	15,4	18,1	15,8	1,1	-0,1
4000	11,0	7,6	10,8	8,2	-9,4	-10,9
5000	02,9	-2,6	2,6	-1,7	-21,8	-23,9
6300	-32,6	-32,7	-31,8	-31,8	-99	-99,0
8000	-59,3	-59,4	-57,9	-57,9	-99	-99,0
Total	47,0	45,6	46,5	45,6	31,8	30,9

À partir des tableaux précédents on observe que l'effet de la dune est limité dans les zones habitées qui surviennent à une certaine distance de la zone portuaire. En effet, on note une réduction du bruit qui varie fortement en fonction de la position du récepteur, dans un intervalle qui varie de 0,3 à 2,4dBA. En particulier, on peut noter comment la réduction du bruit dépend aussi de la fréquence, avec des variations entre la situation ante et post operam qui est très significative pour les zones proches au port et pour les quotes inférieures, alors qu'elle devient plus petite dans le cas des récepteurs mis en vue aux sources portuaires. Dans ce dernier cas, comme il était prévisible d'autre part, l'effet sonore de la dune est minime.

En conclusion, la dune paraît capable de réduire les niveaux sonores pour la zone de la "Fascia di Rispetto" garantissant aux citoyens qui jouissent de cette zone récréative un meilleur climat acoustique et une mineure interférence du port par rapport aux activités sportives, ludiques ou de relax. L'effet est moins significatif pour les zones urbaines édifiées : on observe quand même une réduction des niveaux sonores per les bas niveaux des édifices plus proches du port, alors que pour les zones urbaines collinaires et pour les derniers niveaux des édifices la réduction du bruit est certainement limitée.

Il reste quand même un double effet positif du bâtiment : protège visiblement le port par rapport à la zone habitée, avec un effet de séparation physique ; réduit le niveau de bruit dans la zone de la "Fascia di Rispetto", en garantissant une meilleure utilisation de la part des citoyens.

Analyse critique des résultats

Les résultats présentés ci-dessus doivent être analysés en tenant compte des conditions imposées (qui sont le plus souvent une estimation) pour la simulation et de la précision des données d'entrée. Si bien que l'on pourrait, en fonction de la précision des estimations effectuées, sous-estimer ou surestimer les résultats réels. , il ne faut pas oublier que les simulations ont été conduites en définissant comme sources trois bateaux amarrés dans le quai, sans tenir compte du bruit associé aux relatives opérations le chargement et déchargement et de la manutention des marchandises sur les aires de trafic. Donc, par rapport à une condition simplifiée, qui tient d'autre part compte des possibilités actuelles de modélisation du bruit

portuaire. Il a donc été tenté de prendre en compte de la manière la plus efficace possible les différents éléments d'entrée qui influencent la précision du calcul.

Dans la poursuite du développement de la modélisation, il convient de tenir compte de:

- ✓ données météorologiques exactes car elles influencent la propagation du son
- ✓ données exactes du trafic routier dans le port, notamment des poids lourds transportant des conteneurs (nombre et vitesse)
- ✓ données sur le trafic ferroviaire dans le port (nombre et vitesse)
- ✓ caractérisation en termes de puissance acoustique des grues, poids lourds, trains, navires
- ✓ localisation exacte des chantiers dans le port et la puissance acoustique relative émise
- ✓ hauteur des grues

Les estimations simplifiées qui ont été faites, paraissent quand même significatives et capables de diriger les choix de planification et de développement du port, en offrant un point de référence significatif et consistant aux choix dei gestionnaires.

VII. Conclusioni

À partir des comparaisons effectuées entre les mesures de bruit conduites dans l'état Ante Operam et Post Operam pour les ports objet des interventions d'atténuation analysés on observe ce qui suit :

- L'élaboration d'un revêtement d'asphalte insonorisant sur la superficie des places proches du port ou le long des routes qui lient le port et la zone urbaine conduit à une sensible réduction du bruit associé au transit des véhicules routiers provenant ou allant aux ports.
- Ce résultat paraît très significatif pour ces réalités portuaires dans lesquelles

le bruit est associé au trafic généré par le port. Dans cette catégorie rentrent les ports dans lesquels prévalent le trafic passager ou le transport des marchandises à travers des véhicules routiers embarqués à bord des navires.

- Cette solution agit de façon particulièrement efficace quand le port est en contact direct avec les zones urbaines habitées, comme dans le cas des ports touristiques de Portoferraio et Ille Rousse. Dans ce cas le bruit produit par les activités portuaires est dû principalement aux véhicules, alors que la contribution directe des embarcations est moins significative. Pourtant le bénéfice est relativement majeur.
- La durabilité des résultats atteints par l'installation des asphaltes insonorisant sera évaluée dans le temps afin de comprendre si l'effet de vieillissement peut sensiblement réduire les résultats obtenus au moment de l'installation.
- L'adoption des asphaltes insonorisant pour les places d'embarquement/débarquement fusionne efficacement avec l'utilisation du matériel viscoélastique dans les zones d'appui des portes. Cette dernière intervention a été analysé dans le projet INTERREG Marittime Italie France DECIBEL et à donné des résultats très prometteurs dans la réduction du bruit impulsif produit par des véhicules routiers pendant la phase d'embarquement et de débarquement des navires.
- Le contrôle effectué auprès du port de Nice a montré comment la gestion active de la cartographie acoustique des zones urbaines aux ports peut fournir des indications utiles pour la gestion opérative du port capable de réduire l'impact sonore sur les zones circonstants.
- Dans le cas des grands ports commerciaux, reste efficace l'adoption des écrans sonores entre le port et la zone urbaine prochaine. C'est le cas d'une dune en terre recouverte de végétation arborée et arbustive, qui entoure la zone destinée au dépôt et au transport des conteneurs de Genova Prà.
- Le bénéfice acoustique est bénéfique uniquement pour la zone proche au bâtiment, alors qu'il est limité pour les zones plus lointaines, surtout

collinaires, et pour les derniers niveaux des édifices qui prospectent le port.

- Un élément limitant est constitué par l'effet réduit de la barrière naturelle e' terre aux basses fréquences. Ces fréquences sont les plus impactantes tant en termes de propagation à grande distance, qu'en termes d'émissions provenant des cheminées des navires.
- Est considéré, en évaluation en termes de coûts-bénéfices, l'amélioration de nature esthétique et de paysage que le bâtiment reflète. La dune est avant tout un écran visuel, qui sépare la zone destinée aux activités industrielles du port aux zones récréatifs et sportifs. Cet élément, combiné à un bénéfice en termes de climat acoustique, permet une meilleure utilisation de la part des citoyens du parc urbain "Fascia di Rispetto "et de la Marine de Prà, rendant certainement plus durable la coexistence entre port et ville.