

Campagne de mesure post-amélioration acoustique

Action:	T3.2.1
Composante:	T3
Partenaire Responsable:	Université de Gênes
Date:	21/07/2021

Portoferraio

Introduction

L'Autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne du Nord a rejoint le projet "RUMBLE"- Réduction du bruit dans les grandes villes portuaires dans le programme maritime transfrontalier" dans le cadre du programme de coopération transfrontalière maritime Italie-France 2014-2020, visant à améliorer la durabilité des ports commerciaux et des plateformes logistiques connexes en contribuant à la réduction de la pollution sonore, par l'adoption de technologies adaptées à cet effet. Le projet RUMBLE, dans le cadre de l'activité T2, avait pour objectif la construction d'un tronçon d'asphalte à faible niveau de bruit dans la zone portuaire, appelé dans ce cas "Low Noise", réalisé dans le port de Portoferraio à Calata Italia.

Ce rapport rapporte les résultats des mesures de la campagne d'assainissement acoustique post-intervention réalisée le 21 août 2020. En particulier, les résultats des mesures du bruit de l'interaction pneumatique/chaussée basées sur la méthode de l'indice de proximité (méthode CPX selon la norme UNI EN ISO 11819-2) sont rapportés.

La section mesurée a été étudiée dans les deux sens opposés de la circulation, indiqués par northbound et southbound. Trois voies ont été étudiées : deux dans la direction sud (conduite et dépassement) et une dans la direction nord. La section de route étudiée est présentée à la figure 1.

Pour une première évaluation de l'efficacité de l'intervention de remédiation acoustique réalisée, les résultats obtenus lors de cette session de mesure seront comparés à ceux de la campagne de mesure pré-intervention réalisée en juillet 2019 (ACU_CPX_2019_07).



Figure 1 : Calata Italia à Portoferraio - le tronçon de route étudié est indiqué en rouge

Méthode CPX

Protocole de mesure

La méthode de mesure CPX est basée sur la norme technique UNI EN ISO 11819-2 et la ISO/TS 11819-3, et a pour but d'évaluer l'émission acoustique due à l'interaction du pneu avec la chaussée, dans les conditions où celui-ci est dominant par rapport aux autres sources de bruit.

En utilisant deux microphones montés près du pneu arrière droit (pneu de référence P1, taille SRTT 225/60 R16), le signal de pression acoustique est enregistré en conduisant le véhicule à différentes vitesses constantes sur la chaussée étudiée. La position particulière des microphones est une condition suffisante pour considérer le bruit d'interaction pneumatique/chaussée dominant, alors que les contributions du bruit du moteur, du système mécanique et du pot d'échappement sont négligeables. Un encodeur appliqué sur la roue arrière gauche permet d'acquérir la distance parcourue et donc la vitesse instantanée.

Lors de la phase de traitement des données, le signal enregistré est analysé afin de le répartir selon une base spatiale (section) égale à 20 m. La méthode de mesure CPX est basée sur la norme technique UNI EN ISO 11819-2 et sur ISO / TS 11819-3 et a pour but d'évaluer l'émission acoustique due à l'interaction du pneu avec la chaussée, dans

des conditions dans lesquelles elle domine les autres sources de bruit.

En utilisant deux microphones montés près du pneu arrière droit (pneu de référence P1, taille SRTT 225/60 R16), le signal de pression acoustique est acquis en conduisant le véhicule à différentes vitesses constantes sur la chaussée étudiée. La position particulière des microphones est une condition suffisante pour considérer le bruit d'interaction pneumatique/chaussée dominant, ainsi les contributions du bruit du moteur, du système mécanique et du pot d'échappement sont négligeables. Un encodeur appliqué sur la roue arrière gauche permet d'acquérir la distance parcourue et donc la vitesse instantanée.

Lors de la phase de traitement des données, le signal de l'espace parcouru est analysé afin de répartir les signaux acquis selon une base spatiale (section) égale à 20 m.

En utilisant deux microphones montés près du pneu arrière droit (pneu de référence P1, taille SRTT 225/60 R16), le signal de pression acoustique est acquis en conduisant le véhicule à différentes vitesses constantes sur la chaussée étudiée. La position particulière des microphones est une condition suffisante pour considérer le bruit de l'interaction pneumatique/chaussée dominant, les contributions du bruit du moteur, du système mécanique et du pot d'échappement sont considérées négligeables. Un encodeur appliqué sur la roue arrière gauche permet d'acquérir la distance parcourue et donc la vitesse instantanée. Lors de la phase de traitement des données, le signal de l'espace couvert est analysé afin de répartir les signaux acquis selon une base spatiale (section) égale à 20 m.

Les signaux de pression acoustique sont ensuite traités de manière à associer à chaque section le spectre en bandes de tiers d'octave dans la gamme 315 - 5000 Hz. Par la somme énergétique des niveaux pondérés A, à partir du spectre en bandes de tiers d'octave on obtient le niveau L_{CPX} . Ainsi, pour chaque mesure, les valeurs de vitesse, le spectre en bandes de tiers d'octave et L_{CPX} sont associées à chaque tronçon de chaussée parcourue. Afin d'augmenter la robustesse statistique des résultats, les acquisitions sont répétées en faisant varier la vitesse de déplacement. Lors de la phase de traitement, les données sont utilisées pour calculer une régression linéaire avec la méthode du chi carré minimum (méthode des moindres carrés pondérés), basée sur la relation connue qui lie les niveaux sonores à la vitesse de déplacement (relation logarithmique). La régression linéaire des données fournit par conséquent les valeurs estimées du L_{CPX} et du spectre en bandes de tiers d'octave, calculées pour chaque section avec les incertitudes associées, pour les vitesses de référence spécifiées par la norme.

Afin de caractériser la chaussée étudiée, la valeur moyenne spatiale sur toute la section est calculée, à la fois pour le L_{CPX} et pour les niveaux de bande du spectre en tiers d'octave. Le niveau L_{CPX} est corrigé comme spécifié par les normes techniques pour normaliser le résultat à la condition de mesure de 20 ° C de température de l'air et 66 Shore A de dureté du pneu

Les limites fixées par les Marchés Publics Ecologiques

Le protocole exigé par la norme UNI EN ISO 11819-2 a été adopté par le Rapport "*Revision of Green Public Procurement Criteria for Road Design, Construction and Maintenance*" [1] (de suite indiqué avec GPP ou MPE), édité par

la Commission Européenne, qui a pour but d'indiquer aux Etats Membres les critères **de l'UE pour les marchés publics verts pour la conception, la construction et l'entretien des routes**. Les résultats des mesures peuvent ensuite être comparés aux limites supérieures que le MPE fixe pour la vérification de la conformité de la production et de la durée des performances acoustiques des revêtements de sol à faible bruit. Les limites sont indiquées ci-dessous dans le Tableau 1.

<p>VÉRIFICATION DE LA CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION (4-12 semaines après l'ouverture de la route)</p>	<p>Les résultats, leur propre incertitude incluse, ne doivent pas dépasser les valeurs limites suivantes (*) de plus de 1 dB (A):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 90 dB(A) à 50 km/h, - 95 dB(A) à 70 km/h, - 98 dB(A) à 90 km/h. <p>De plus, aucun élément du tronçon ne doit dépasser les limites ci-dessus de plus de 2 dB (A).</p>
<p>VÉRIFICATION DE LA DURÉE DES PRESTATIONS (pendant la période de 5 ans après la vérification de conformité de la production)</p>	<p>Les résultats, leur propre incertitude incluse, ne doivent pas dépasser les valeurs limites suivantes (*) de plus de 1 dB (A):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 93 dB(A) à 50 km/h - 98 dB(A) à 70 km/h - 101 dB(A) à 90 km/h. <p>De plus, aucun élément du tronçon ne doit dépasser les limites ci-dessus de plus de 2 dB (A).</p>
<p>(*) Les valeurs à ne pas dépasser sont celles indiquées avec le projet (si inférieures).</p>	

Tableau 1: Limites fixées par le GPP pour vérifier la conformité de la production et la durée des performances acoustiques des revêtements de sol à faible impact acoustique

Devant comparer le résultat avec une valeur limite supérieure, l'incertitude associée est présentée avec un facteur de couverture de 95% égal à $k = 1.645$ calculé sur une distribution unilatérale, comme indiqué par la norme de référence UNI/TS 11326-2.

Résultats du CPX et comparaison avec les limites du GPP

Le Tableau 2 montre la comparaison avec les limites GPP pour les résultats obtenus pour la chaussée étudiée en utilisant le protocole UNI EN ISO 11819-2.

Les limites considérées sont celles relatives à la vérification de la conformité de la production. Ces limites sont indiquées dans le Tableau 1 ci-dessus.

La vitesse de référence considérée pour la section étudiée est de 50 km/h.

PLANCHER	LCPX par voie		$\sigma(LCPX)$	L CPX	Limite de GPP	LC PX,max	Limite de GPP
	Dir. nord	88.8 ±0.9	0.6				

Faible niveau de bruit	Dir. sud mars	88.5 ±0.9	0.6	88.6 ±0.5	91.0	89.8 ±0.4	92.0
	Dir. Sud	88.6 ±0.9	0.5				

Tableau 2 : Résultats obtenus pour la chaussée étudiée et comparaison avec les limites des BPE. Les valeurs moyennes des différentes voies et leur écart-type sont également indiqués. Toutes les valeurs sont données en dB(A).

Selon la norme UNI EN ISO 11819-2, l'écart type des niveaux calculés pour des sections de 20 m peut être utilisé comme indicateur de l'homogénéité de la chaussée, mais le GPP n'adopte aucune limite pour cet indicateur.

La comparaison la plus significative est donc à faire avec l'incertitude associée à la valeur moyenne, en supposant qualitativement que la chaussée est irrégulière si l'écart-type est supérieur à la valeur moyenne (avec le facteur de couverture $k=1$).

La Figure 2, la Figure 3 et la Figure 4 montrent les tendances spatiales des niveaux calculés à une vitesse de 50 km/h pour les sections de 20 m selon le protocole fourni par la norme UNI EN ISO 11819-2 et par le GPP pour la chaussée "Low Noise" dans les directions étudiées. La ligne orange indique la valeur moyenne de la chaussée étudiée et l'intervalle de confiance relatif. Les lignes rouges continues indiquent la limite de 50 km/h fixée par le GPP pour la valeur moyenne de la chaussée étudiée. En rouge pointillé se trouve la limite pour la section individuelle.

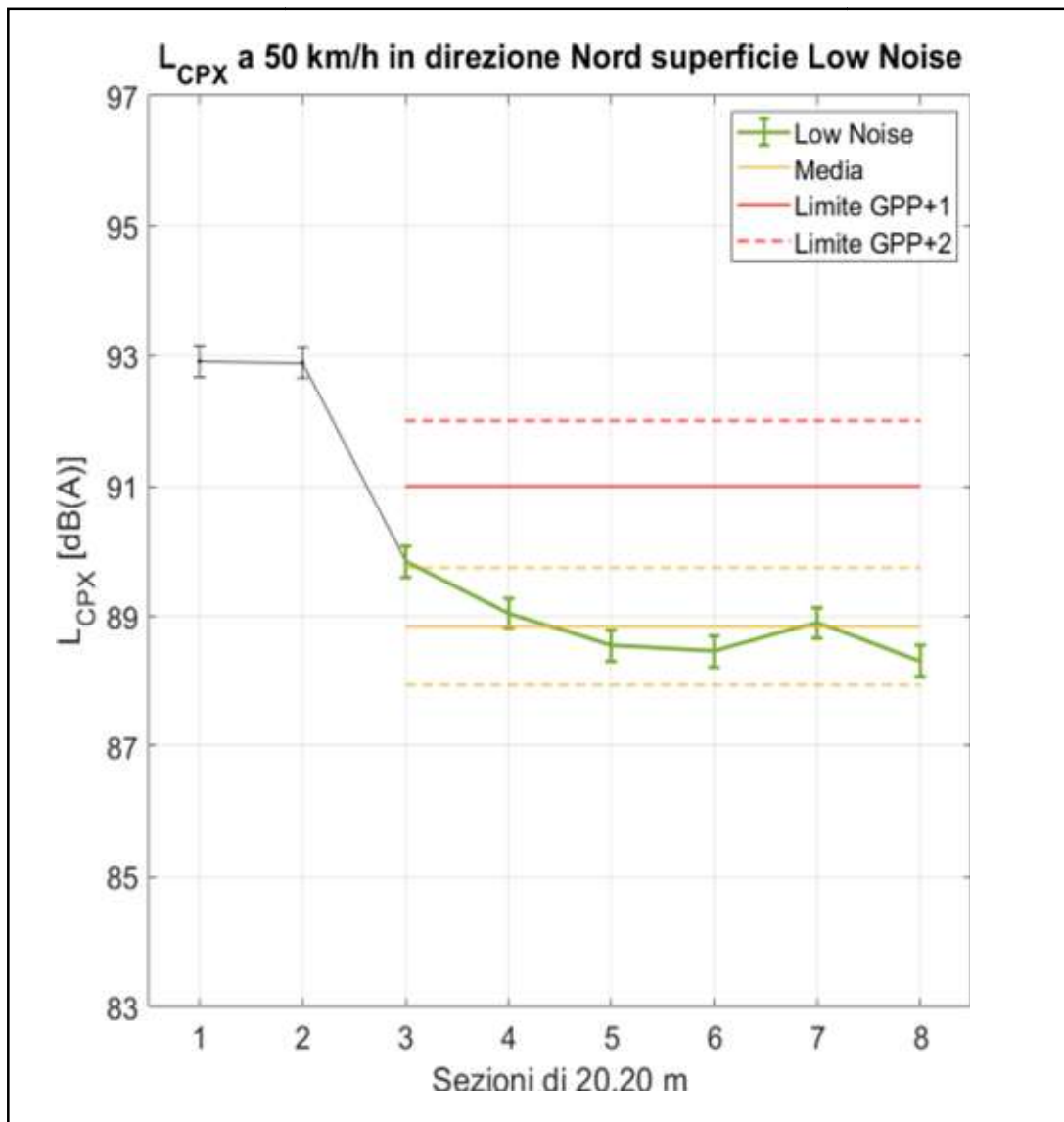


Figure 2 : Configuration spatiale des niveaux L_{CPX} calculés sur les sections de 20 m dans la direction nord.

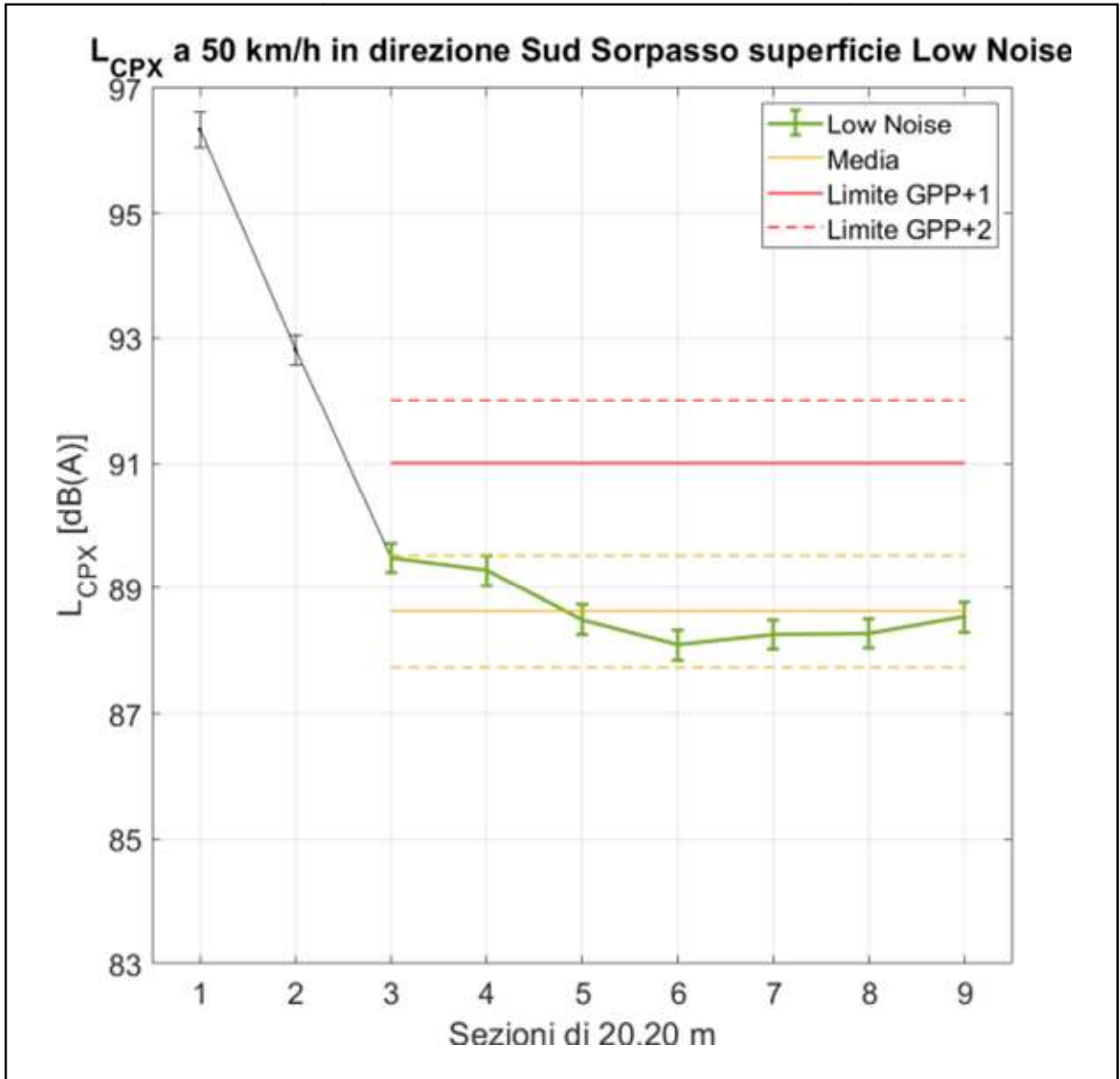


Figure 3 : Configuration spatiale des niveaux L_{CPX} calculés sur les sections de 20 m dans la direction du passage sud.

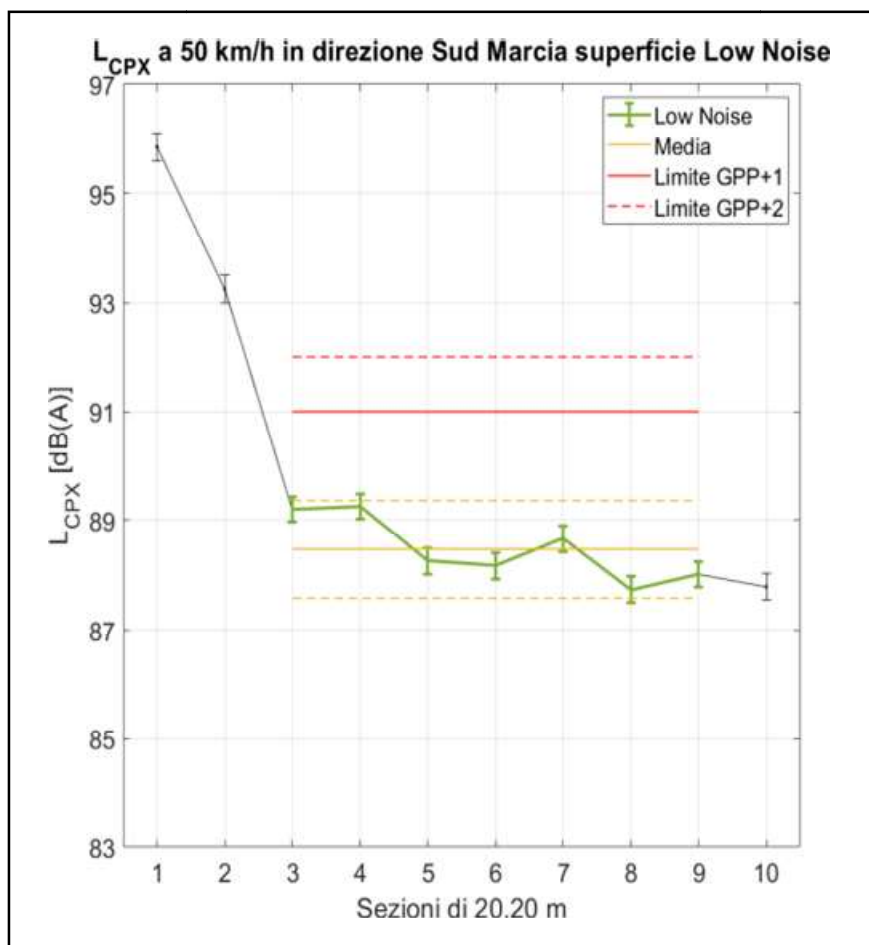


Figure 4 : Schéma spatial des niveaux L_{CPX} calculés sur les sections de 20 m dans la direction sud

Comparaison des valeurs absolues de L_{CPX} avec la session de mesure pré-intervention précédente.

Le tableau 3 présente la comparaison des résultats obtenus lors de la présente session de mesure avec ceux de la campagne de mesure pré-opérationnelle réalisée sur la chaussée pré-opérationnelle " AO " en juillet 2019 (ACU_CPX_2019_07). Les valeurs sont rapportées pour la vitesse de référence de 50 km/h.

PLANCHER	LCPX par voie	$\sigma(LCPX)$	L CPX	Limite de GPP	LC PX,max	Limite de GPP

Faible niveau de bruit	Dir. nord	88.8 ±0.9	0.6	88.6 ± 0.5	91.0	89.8 ±0.4	92.0
	Dir. sud	88.5 ±0.9	0.6				
	Dir. Sud	88.6 ±0.9	0.5				
PLANCHER	LCPX par voie		$\sigma(LCPX)$	LCPX	Limite de GPP	LCPX, max	Limite de GPP
AO	Dir. nord	92.5 ±0.9	0.5	92.0 ±0.6	94.0	93.6 ±0.4	95.0
	Dir. sud	91.4 ± 0.9	0.3				

Tableau 3 : Résultats obtenus pour la chaussée étudiée et comparaison avec ceux de la campagne de mesure pré-intervention. Les valeurs moyennes pour les voies individuelles et l'écart-type relatif sont également rapportés. Toutes les valeurs sont données en dB(A).

Conclusions

La présente session de mesures concernait la caractérisation acoustique d'un plancher à faible bruit appelé "Low Noise" et réalisé dans le port de Portoferraio comme intervention de réhabilitation acoustique dans le cadre du projet RUMBLE.

L'analyse des données, effectuée selon le protocole requis par la norme UNI EN ISO 11819-2 et adoptée par la Commission européenne dans le rapport "Révision des critères des marchés publics écologiques pour la conception, la construction et l'entretien des routes" (GPP), montre que la chaussée est caractérisée par des valeurs moyennes de LCPX inférieures aux limites requises par les GPP pour vérifier la conformité de la production.

En particulier, la valeur moyenne spatiale LCPX, à 50 km/h, du plancher à faible bruit est de **88,6 0,5 dB(A)** nettement inférieure à la limite (GPP), dans ce cas **901 dB(A)**.

En ce qui concerne une première évaluation de l'efficacité des travaux d'assainissement acoustique réalisés, la comparaison des résultats ante et post opératoire met en évidence le bénéfice acoustique significatif découlant de la mise en œuvre de l'intervention. En particulier, comme le montre le tableau 3, le revêtement de sol "Low Noise" est caractérisé par un niveau LCPX moyen inférieur de plus de 3 dB(A) à celui du revêtement de sol présent avant l'intervention de l'"AO".

Port de Cagliari

Introduction

L'Autorité du Système Portuaire de la Mer de Sardaigne a rejoint le projet « RUMBLE - Réduction du bruit dans les grandes villes portuaires dans le programme maritime transfrontier » dans le cadre du programme de coopération transfrontalière Italie - France maritime 2014-2020, avec l'objectif d'améliorer la durabilité des ports de commerce et des plateformes logistiques connectées en contribuant à la réduction des nuisances sonores, grâce à l'adoption de technologies adaptées à cet effet. Le service technique de l'organisme a préparé la conception et la pose d'un plancher à faible bruit au sein de la zone de sécurité, comme intervention de remédiation acoustique. Le revêtement de sol silencieux a été posé en juillet 2021.

Ce rapport rend compte des résultats des mesures réalisées le 14 juillet 2021 dans le cadre d'une campagne de mesures de remédiation acoustique post-intervention. La pertinence de deux tronçons de route à l'intérieur du port a été étudiée et illustrée à la figure 5.

Les deux sections étudiées sont nommées de manière similaire à ce qui a été fait dans la campagne de mesure Ante Operam, afin de faciliter la comparaison des résultats obtenus dans les campagnes Ante et Post Operam.

La section 2, située à Calata Riva di Ponente et à l'intérieur de la porte, a un nouveau trottoir appelé Post Operam T2. La section 2 a été étudiée en direction de l'ouest (c'est-à-dire en allant de MoloSabauo vers MoloRinascita).

La section 3, située près de la Calata Riva di Ponente et à l'extérieur de la porte, a été étudiée en direction ouest (en allant de MoloSabauo vers MoloRinascita). Ce tronçon est caractérisé par la présence d'une nouvelle chaussée dénommée Post Operam T3.

En particulier, les résultats des mesures suivantes sont rapportés:

- bruit d'interaction pneumatique / chaussée avec la méthode Close Proximity Index (méthode CPX selon UNI EN ISO 11819-2) pour les sections 2 et 3
- bruit avec la méthode du Pass By Contrôlé (méthode CPB selon NF S 31 119-2) pour la section 2
- tissage de routes avec un profilomètre laser (selon la série UNI EN ISO 13473) pour i chapitres 2 et 3.



Figure 5 : Sections de route étudiées

Méthode CPX

Résultats CPX et comparaison avec les limites GPP

Le tableau 4 montre la comparaison avec les limites fixées par le GPP pour les résultats obtenus pour les sols étudiés selon le protocole UNI EN ISO 11819-2.

Les limites considérées sont celles relatives à la vérification de la conformité de la production. Ces limites sont indiquées dans le tableau 1 précédent. La vitesse de référence considérée pour le tronçon étudié est de 50 km/h.

PAVIMENTAZIONE	LCPXper corsia		$\sigma(LCPX)$	LCPX	Limite GPP	LCPX,max	Limite GPP
Post Operam T2Calata Riva diPonente-Tratto2	Dir.Ovest	92.0□0.9	0.3	92.0□0.9	91.0	92.6□0.5	92.0
Post Operam T3Calata Riva diPonente-Tratto3	Dir.Ovest	88.0□0.9	0.6	88.0□0.9	91.0	88.8□0.4	92.0

Tableau 4 : Résultats obtenus pour la chaussée étudiée et comparaison avec les limites GPP. Les valeurs moyennes pour les voies individuelles et l'écart type relatif sont également affichés. Toutes les valeurs sont rapportées en dB (A).

Selon la norme UNI EN ISO 11819-2, l'écart type des niveaux calculés pour les sections de 20 m peut être utilisé comme indicateur de l'homogénéité du revêtement de sol, mais le GPP n'adopte aucune limite pour cet indicateur.

La comparaison la plus significative est donc à faire avec l'incertitude associée à la valeur moyenne, considérant qualitativement que le revêtement de sol est irrégulier si l'écart type est supérieur à celui-ci (avec facteur de couverture $k = 1$).

La figure 6 et la figure 7 montrent les tendances spatiales des niveaux calculés à la vitesse de 50 km/h pour les sections de 20 m selon le protocole prévu par la norme UNI EN ISO 11819-2 et par le GPP pour le revêtement de sol Post Operam étudié .

La ligne orange indique la valeur moyenne de la chaussée étudiée et l'intervalle de confiance relatif. La limite de 50 km/h fixée par le GPP pour la valeur moyenne de la chaussée analysée est indiquée par un trait plein et rouge. La limite pour la section unique est indiquée en pointillés rouges.

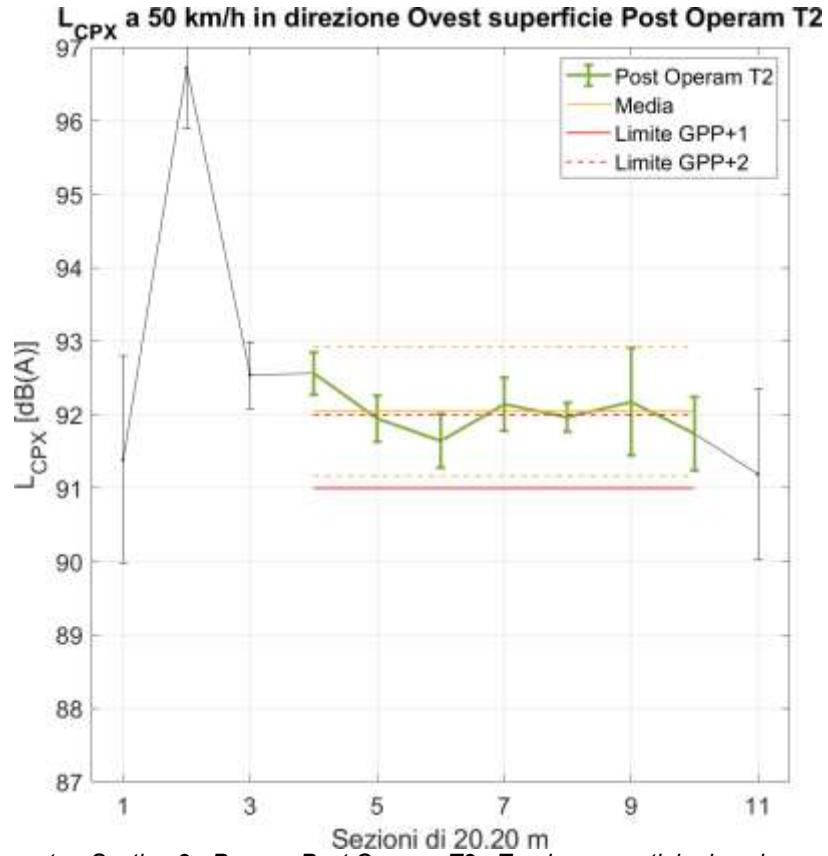


Figure 6 : Calata Riva di Ponente - Section 2 - Pavage Post Operam T2 - Tendence spatiale des niveaux LCPX calculée sur les sections de 20 m vers l'Ouest.

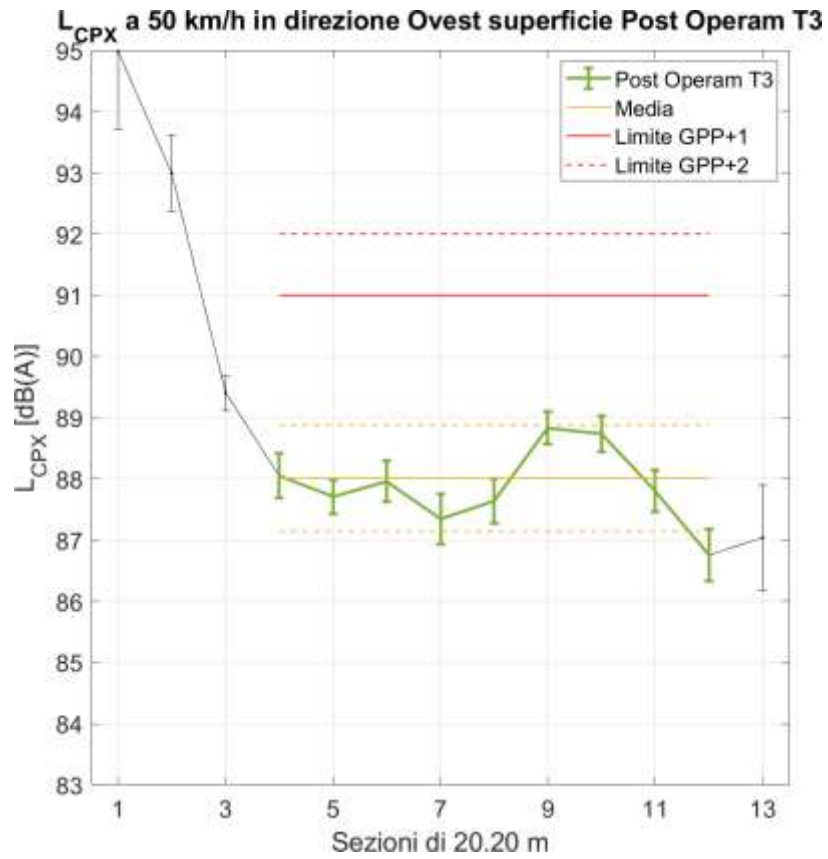


Figure 7: Calata Riva di Ponente - Section 3 - Chaussée Post Operam T3 - Tendence spatiale des niveaux LCPX calculée sur les sections de 20 m vers l'Ouest.

Risultati CPX secondo il protocollo con sezioni da 6 m

L'analisi des données relatives à la méthode CPX a également été réalisée au travers d'un deuxième protocole, décrit dans , qui prévoit la subdivision du tronçon de route en tronçons d'environ 6,18 m de long (et non 20 m) permettant un l'échantillonnage qui, pour des tronçons de route particulièrement courts (moins de 200 mètres de long), garantit une estimation plus robuste de la valeur moyenne

Le Tableau 5 présente les valeurs moyennes spatiales du LCPX, à 50 km/h, pour chaque chaussée investiguée selon le protocole avec des tronçons de 6,18 m.

Pavimentazione	Direzione	LCPXa50km/h[dB(A)]
Post Operam T2CalataRivadiPonente - Tratto2	Dir.Ovest	91.9±0.9
Post Operam T3CalataRivadiPonente - Tratto3	Dir.Ovest	87.9±0.9

Tableau 5 : Niveaux LCPX pour chaque section de chaussée, avec incertitude relative associée, à 50 km/h.

Les figures 8 à 9 suivantes montrent les tendances spatiales du LCPX obtenues pour la vitesse de référence de 50 km/h, avec l'incertitude relative associée, pour les chaussées étudiées.

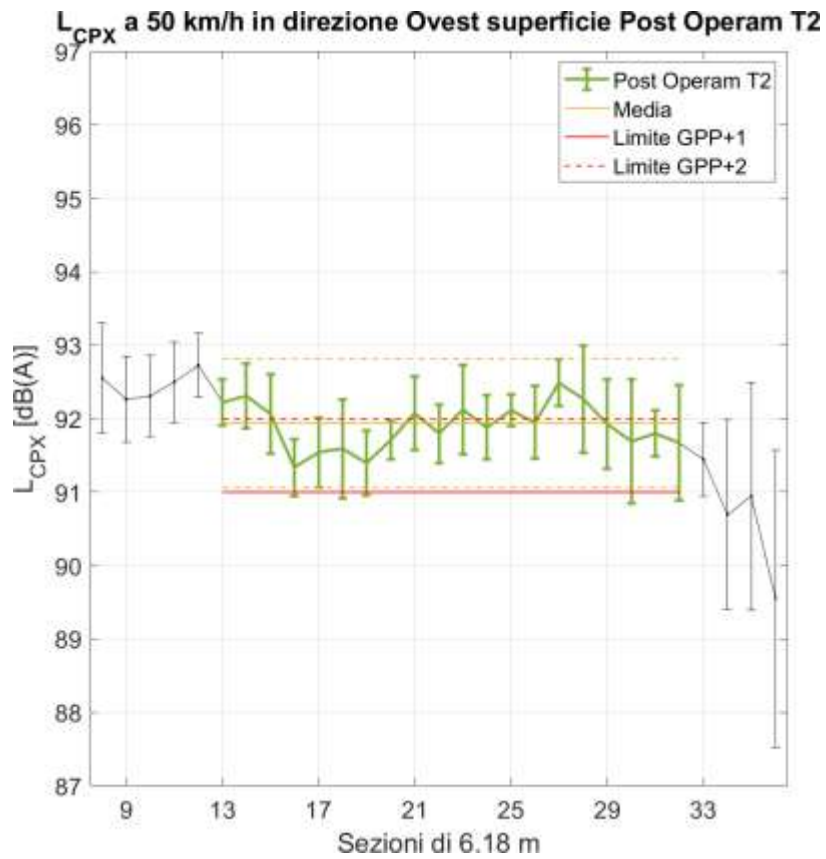


Figure 8 : Calata Riva di Ponente - Section 2 - Pavage Post Operam T2 - Tendence spatiale des niveaux LCPX calculée sur les sections de 6 m en direction ouest.

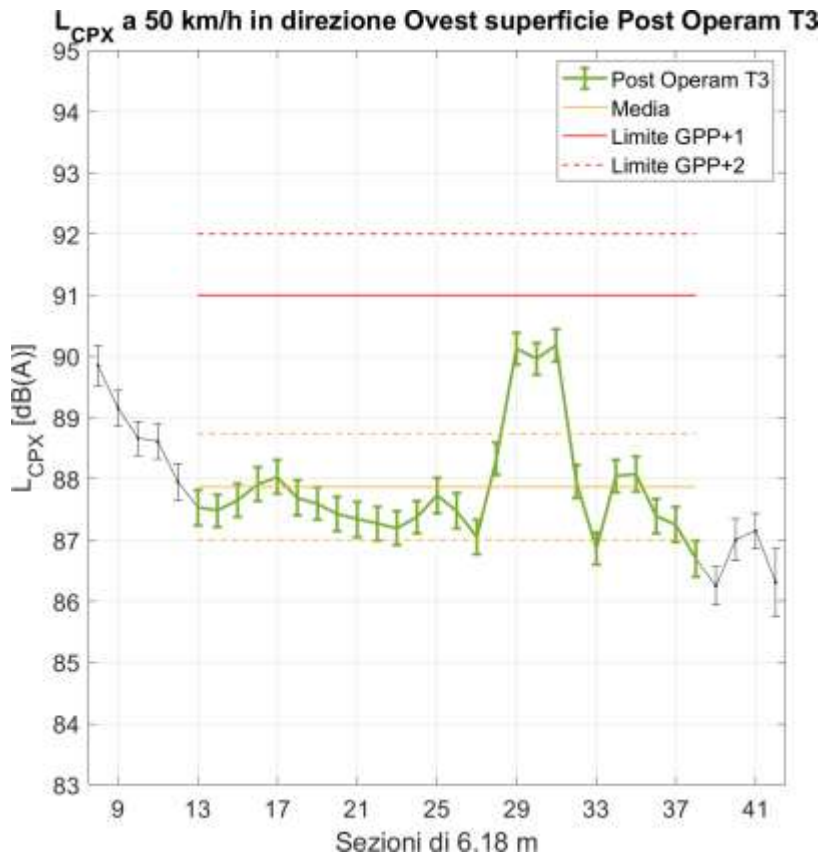


Figure 9: Calata Riva di Ponente - Section 3 - Chaussée Post Operam T3 - Tendence spatiale des niveaux LCPX calculée sur les sections de 6 m en direction ouest

Méthode Pass-by

Protocole de mesure

Les méthodes de mesure Pass-by permettent d'acquérir les niveaux sonores produits en bord de route lors du passage de véhicules sur la chaussée étudiée dans des conditions de mesure précises afin d'assurer leur reproductibilité. En particulier, le microphone doit être placé à une hauteur de 1,2 m et à 7,5 m du centre de l'allée. Dans ces conditions, l'évolution temporelle du niveau sonore est enregistrée lors du passage de chaque véhicule. L'événement de passage de véhicule unique est considéré comme valable si avant et après l'événement le niveau sonore descend d'au moins 10 dB (A) par rapport au niveau maximum atteint lors du passage. L'indicateur utilisé pour caractériser le niveau sonore de l'événement unique est le niveau maximum atteint. Dans l'hypothèse d'une vitesse constante, avec un même véhicule et une même chaussée, le niveau maximum atteint pour un seul véhicule à une distance fixe est proportionnel à la vitesse de déplacement selon une fonction log-linéaire, pour laquelle il est également nécessaire d'acquérir les données de vitesse. Lors du traitement des données, on effectue une régression linéaire et la valeur est estimée à la vitesse de référence.

La méthode de mesure StatisticalPass By (UNI EN ISO 11819-1) applique le protocole d'acquisition et de traitement des données susmentionné aux véhicules circulant librement, avec une variabilité considérable des données en raison de la variété des véhicules et des comportements de conduite. Un très grand échantillon de données est donc nécessaire pour obtenir une robustesse suffisante des résultats.

La méthode de mesure ControledPass By (NF S 31 119-2) applique le protocole d'acquisition et de traitement des données précité seulement à quelques véhicules conduits de manière contrôlée par du personnel formé. Contrairement à la méthode SPB, dans ce cas les données sont très précises et un petit échantillon de données est suffisant pour atteindre la robustesse des résultats. Le résultat est moins représentatif pour le parc automobile actuel, mais n'étant pas affecté par la variabilité des données acquises, il est plus reproductible et/ou comparable avec des résultats obtenus avec les mêmes moyens à différents étages ou à différents moments.

Résultats

La séance de mesure avec la méthode CPB a été réalisée à l'aide d'un véhicule Mercedes Vito (propriété de la société soussignée) dans le tronçon 2 en direction ouest. Les régressions entre le niveau sonore maximal et la vitesse de déplacement obtenues pour le véhicule Mercedes Vito sont présentées sur la figure 10. Le tableau 6 suivant présente le niveau CPB estimé à 50 km/h pour le pavage Post Operam T2

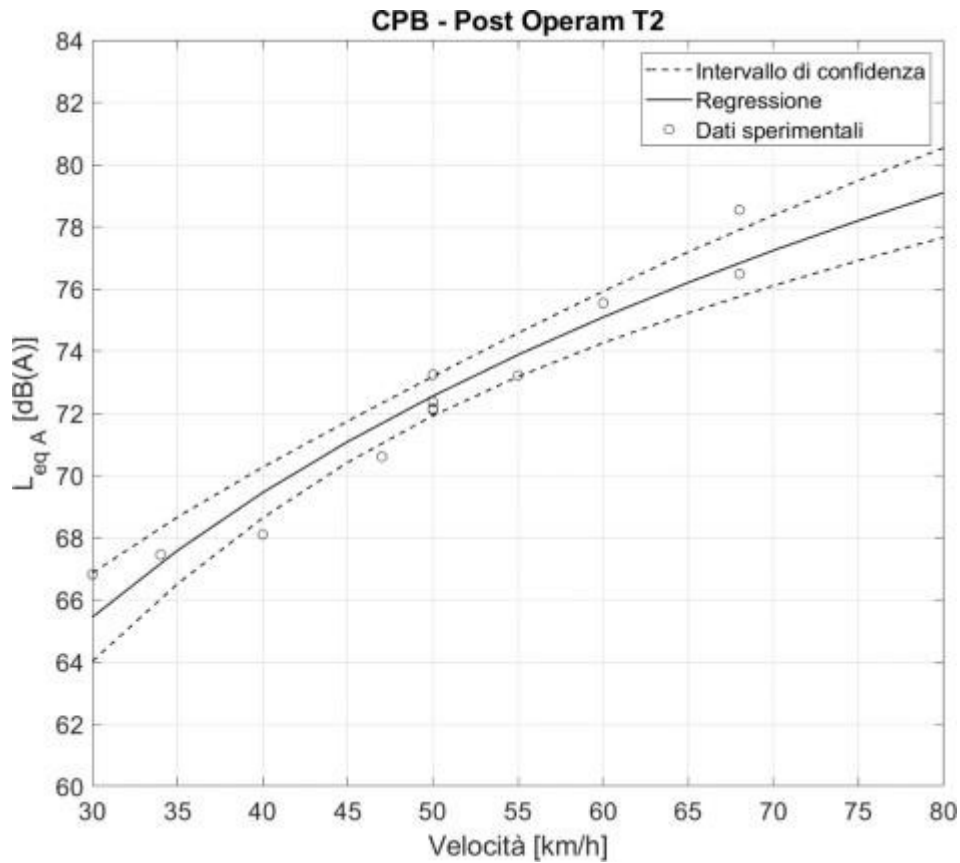


Figure 10: Calata Riva di Ponente - Section 2 - Pavage Post Operam T2 - Régression entre le niveau sonore maximal et la vitesse de déplacement du véhicule Mercedes Vito sur le pavage en direction ouest

PAVIMENTAZIONE	LCPB[dB(A)]	
Post Operam T2 Calata Rivadi Ponente -Tratto 2	Dir. Ovest	72.6±0.6

Tableau 6 : Niveaux CPB estimés à 50 km/h avec la régression pour le véhicule Mercedes Vito

La texture de la surface

Protocole de mesure

Le protocole relatif à l'acquisition et au traitement ultérieur des données relatives au tissage des routes est conforme aux exigences de la série UNI EN ISO 13473. Les mesures de texture ont été réalisées grâce à l'utilisation d'un profilomètre laser, dont le fonctionnement repose sur le principe optique de la triangulation, capable d'acquérir en continu pendant que le laboratoire mobile parcourt le tronçon étudié. Le traitement des données vise à calculer l'indicateur de profondeur moyenne du profil (MPD) et le spectre des niveaux de texture pour chaque section. Enfin,

pour les deux indicateurs, la valeur spatiale moyenne pour l'ensemble du tronçon étudié est calculée.

3.2 Résultats

Le tableau 7 présente les résultats obtenus en termes d'indicateur MPD pour les étages analysés.

PAVIMENTAZIONE	MPDpercorsia	
Post Operam T2CalataRivadiPonente- Tratto2	Dir.Ovest	0.60□0.15(mm)
Post Operam T3CalataRivadiPonente- Tratto3	Dir.Ovest	0.50□0.10(mm)

Tableau 7 : Résultats obtenus en termes d'indicateur MPD (Mean Profile Depth) pour le revêtement de sol Post Operam étudié.

Sur les figures 11 et 12, les tendances spatiales des valeurs MPD relatives aux chaussées étudiées sont rapportées. Les figures 13 à 14 suivantes montrent plutôt les spectres des niveaux de texture de la route en fonction de la longueur d'onde.

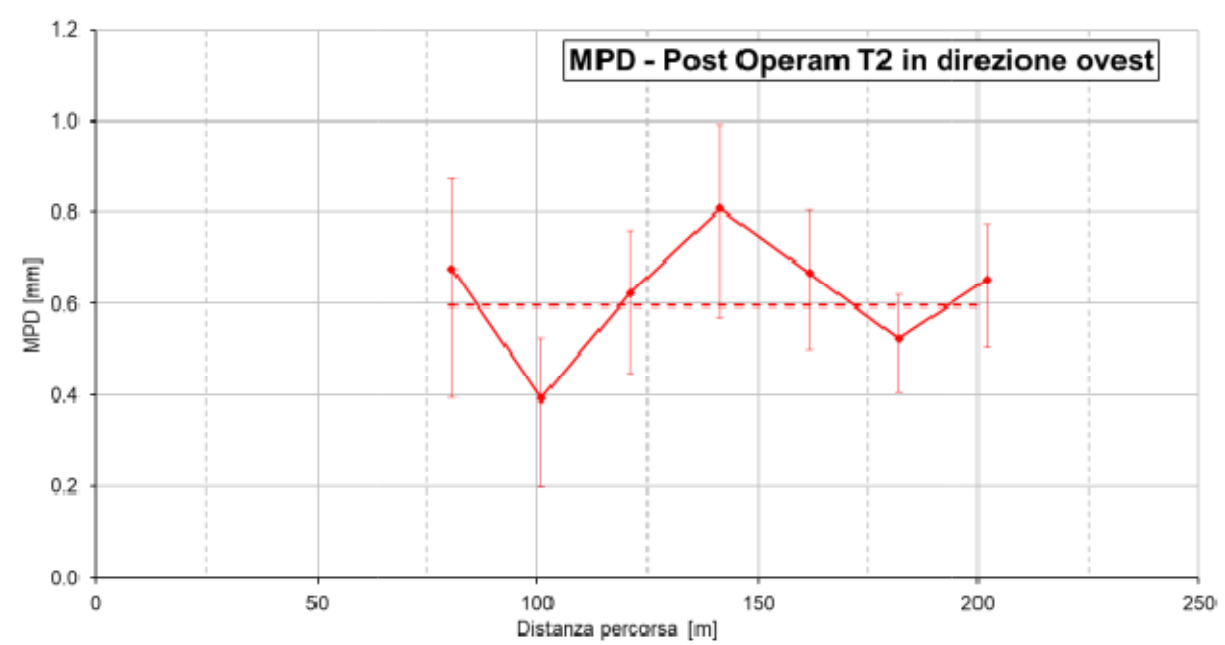


Figure 11 : Calata Riva di Ponente - Section 2 - Pavage Post Operam T2 - Tendence spatiale des valeurs MPD calculées sur les sections de 20 m pour la direction ouest.

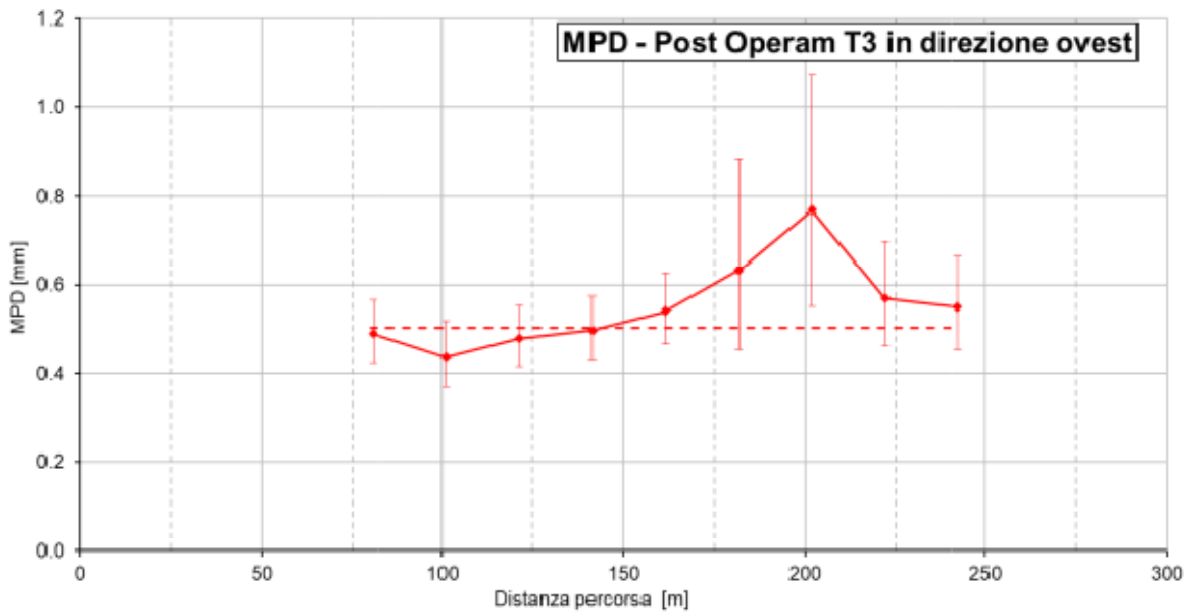


Figure 12: Calata Riva di Ponente - Section 3 - Chaussée Post Operam T3 - Tendence spatiale des valeurs MPD calculées sur les sections de 20 m pour la direction ouest.

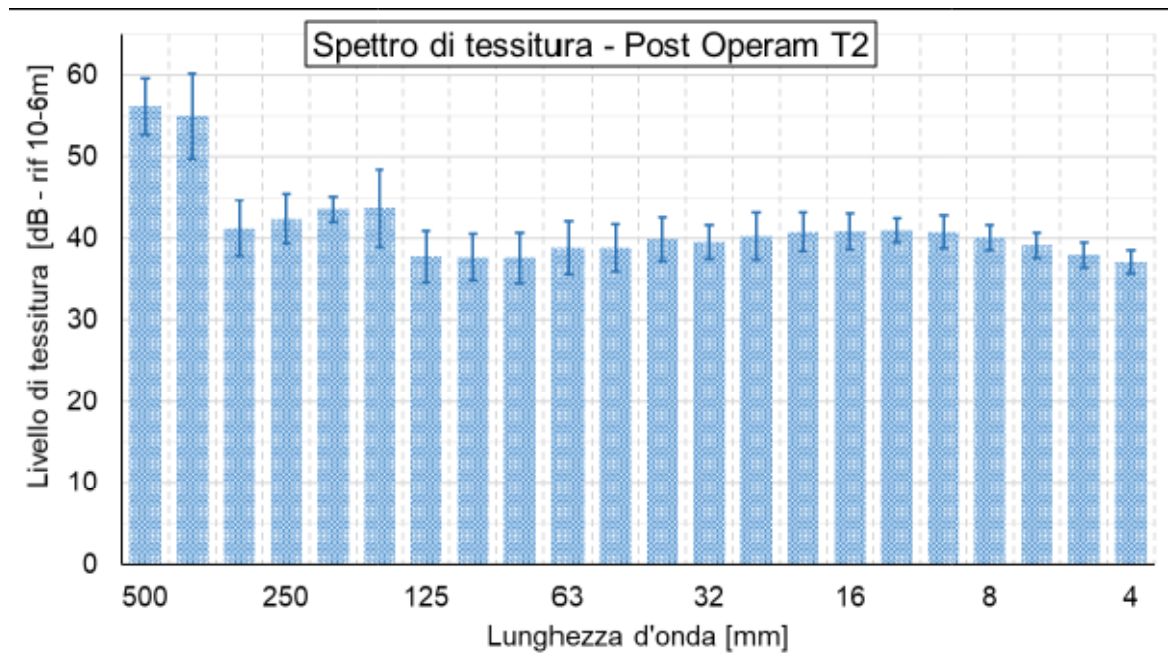


Figure 13 : Calata Riva di Ponente - Section 2 - Pavage Post Operam T2 - Spectre des niveaux de texture en fonction de la longueur d'onde exprimée en mm vers l'ouest.

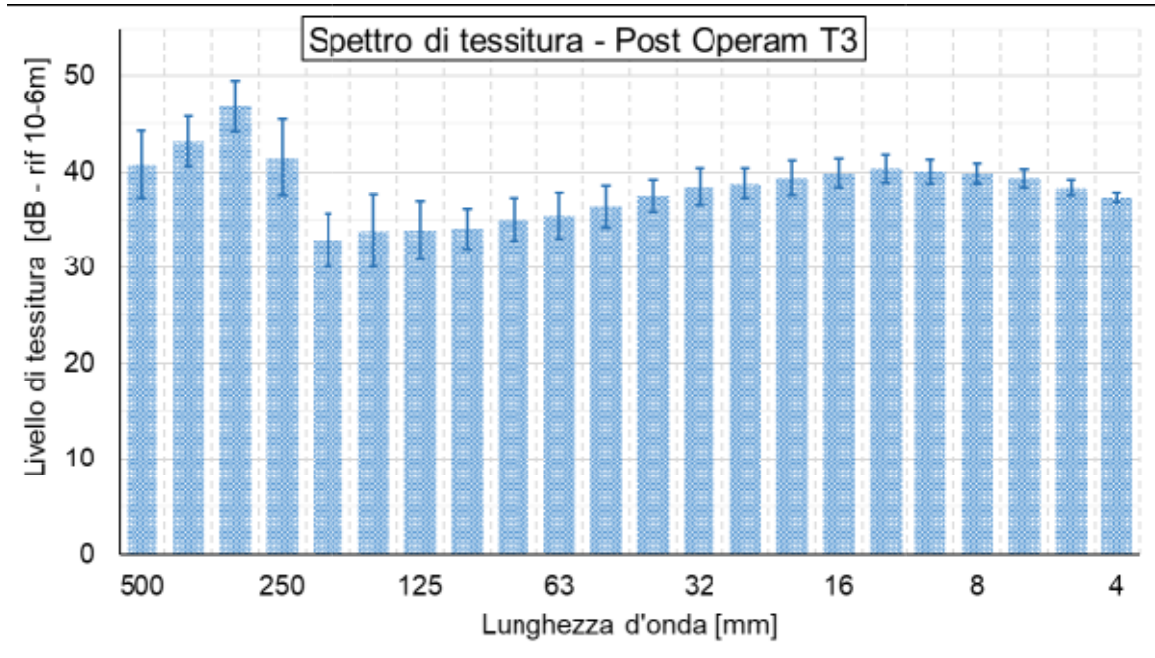


Figure 104: Calata Riva di Ponente - Section 3 - Chaussée Post Operam T3 - Spectre des niveaux de texture en fonction de la longueur d'onde exprimée en mm vers l'ouest.

Conclusions pour Cagliari

Ce rapport rend compte des résultats de la campagne de mesures de dépollution post-acoustique envisagée dans le cadre du projet RUMBLE et réalisée par la pose d'un plancher silencieux au sein de la zone portuaire du port de Cagliari.

Deux nouveaux étages appelés Post Operam T2 et Post Operam T3 ont été étudiés avec les méthodes CPX et CPB.

En règle générale, la première campagne de mesure est réalisée entre 4 et 12 semaines à compter de l'ouverture de la route pour permettre un ajustement des performances de la route elle-même

Pour les besoins du Client, cette campagne de mesure a été réalisée avant les 4 semaines prévues, par conséquent les résultats obtenus nous permettent d'avoir une indication approximative des performances du revêtement de sol étudié et doivent être confirmés par des campagnes de mesure ultérieures.

En référence aux résultats obtenus avec la méthode CPX, les deux étages présentent des performances acoustiques significativement différentes. Le revêtement de sol Post Operam T3 se caractérise par des valeurs LCPX moyennes inférieures aux limites requises par le GPP, en particulier la valeur moyenne spatiale LCPX à 50 km/h s'établit à 88,0 0,9 dB(A) nettement inférieure à la limite (GPP), dans ce cas égal à 90 + 1 dB (A).

A l'inverse, le revêtement de sol Post Operam T2 est nettement moins performant, avec la valeur moyenne spatiale LCPX à 50 km/h du revêtement de sol s'établissant à $92,0 \pm 0,9$ dB (A).

En termes d'homogénéité spatiale, le revêtement de sol Post Operam T3 a une surface (limitée à quelques sections de mesure) caractérisée par des niveaux nettement plus élevés. Cette tendance s'était déjà manifestée dans la campagne Ante Operam et pourrait vraisemblablement être due à une discontinuité dans les strates sous-jacentes.

En ce qui concerne l'analyse du spectre des niveaux de texture, les deux étages présentent des niveaux significativement différents pour les longueurs d'onde moyennes-élevées.

En référence à une première évaluation de l'efficacité de l'intervention d'amélioration acoustique réalisée, le revêtement de sol Post Operam T3 se caractérise par un niveau LCPX moyen inférieur de plus de 3 dB (A) au revêtement de sol présent avant l'intervention dans la même section 3.

En comparant les résultats CPB, la chaussée Post Operam T2 présente des niveaux de LCPB inférieurs aux deux chaussées présentes dans la section 2 de la campagne Ante Operam (environ 1 dB(A) inférieur à la chaussée en asphalte AO CB et près de 6 dB par rapport au revêtement de sol en béton de ciment AO CC).

Port de l'île Rouse

Introduction

Le service de surveillance acoustique décrit dans ce rapport fait référence à une campagne de mesures post-amélioration acoustique réalisée au Port d'Ile Rouse (Corse) dans le cadre du projet "RUMBLE - *Reduction du bruit dans les grandes villes portuaires dans le programme maritime transfrontalier*", relatif au programme de coopération maritime Italie - France 2014-2020, dans le but d'améliorer la durabilité des ports de commerce et des plateformes logistiques associées en contribuant à la réduction des nuisances sonores, par l'adoption de technologies adaptées à cet effet.

L'intervention d'amélioration acoustique a consisté en l'installation d'un revêtement de sol à faible impact acoustique à la fois à l'intérieur de la zone portuaire et le long d'un tronçon de la voie publique à double sens qui relie le centre-ville au port et à l'île.

Ce rapport présente les résultats des mesures effectuées le 5 juin 2021 lors d'une campagne après amélioration acoustique. Deux tronçons de route ont été investigués, dont un à l'intérieur de la zone portuaire, représenté sur la figure 15. Le tronçon 1, positionné le long de la voie publique est constitué d'un revêtement à bas bruit, appelé Low Noise. Ce tronçon a été étudié dans les deux sens de circulation appelés Nord et Sud. Le tronçon 3 est à l'intérieur de la zone portuaire et est également revêtu d'un bitume à faible émission acoustique, dit Low Noise. Il a été investigué en direction ouest, c'est-à-dire en allant du quai (caractérisée par la présence du phare) vers l'entrée de la zone portuaire. En particulier, les résultats des mesures suivantes sont présentés:

- bruit d'interaction pneumatique/chaussée avec méthode Close Proximity Index (méthode CPX selon la norme UNI EN ISO 11819-2) pour les tronçons 1 et 3;
- avec la méthode Controlled Pass By (CPB selon la norme NF S 31 119-2) pour le tronçon 1 comme indiqué en Figure 1.



Figure15:Tronçons étudiés.

Méthode CPX

Résultats CPX et comparaison avec les limites du GPP (MPE)

Le Tableau 8 montre la comparaison avec les limites fixées par le GPP des résultats obtenus pour les revêtements étudiés selon le protocole UNI EN ISO 11819-2.

La date du 16 février 2021 a été indiquée comme fin officielle des travaux de pose du revêtement Low Noise tandis que les mesures ont été effectuées plus de trois mois plus tard les limites à considérer sont celles relatives à la vérification de la durée des prestations. Ces limites sont reportées dans le Tableau 1.

La vitesse de référence considérée pour le tronçon étudié est de 50 km/h.

REVETEMENT	L_{CPX} par voie		$\sigma(L_{CPX})$	L_{CPX}	Limite GPP	$L_{CPX,max}$	Limite GPP
Tronçon 1 Low Noise	Dir. Nord	90.4 ± 0.9	0.3	90.5 ± 0.6	94.0	91.3 ± 0.6	95.0
	Dir. Sud	90.6 ± 0.8	0.3				
Tronçon 3 Low Noise	Dir. Ovest	n.d.	n.d.	n.d.	94.0	n.d.	95.0

Tableau 8: Résultats obtenus pour les revêtements étudiés et comparaison avec les limites GPP (MPE). Les valeurs moyennes et l'écart type pour chaque voie sont aussi reportées. Toutes les mesures sont en dB(A).

Selon la norme UNI EN ISO 11819-2, l'écart type des niveaux calculés pour les tronçons de 20 m peut être utilisé comme indicateur de l'homogénéité de la chaussée, mais le GPP ne donne aucune limite pour cet indicateur.

La comparaison la plus significative est donc à faire avec l'incertitude associée à la valeur moyenne, considérant qualitativement que le revêtement de sol est irrégulier si l'écart type est supérieur à celle-ci (avec facteur de couverture $k = 1$).

Les Figures 16, et 17, montrent les tendances spatiales des niveaux calculés à la vitesse de 50 km/h pour les tronçons de 20 m selon le protocole requis par la norme UNI EN ISO 11819-2 et par le GPP pour les revêtements de sol étudiés dans le tronçon 1.

La ligne orange indique le niveau moyen de la chaussée étudiée et son intervalle de confiance. La limite à 50 km/h fixée par le GPP pour la valeur moyenne de la chaussée analysée est indiquée par une ligne continue en rouge. La limite pour la section unique est indiquée en pointillés rouges.

Lors de l'analyse du tronçon 1, comme l'exige le règlement technique de référence, les tronçons parcourus par le véhicule instrumenté à vitesse constante ont été identifiés, excluant les tronçons relatifs aux phases d'accélération et de décélération et ceux caractérisés par des rayons de courbure trop faibles.

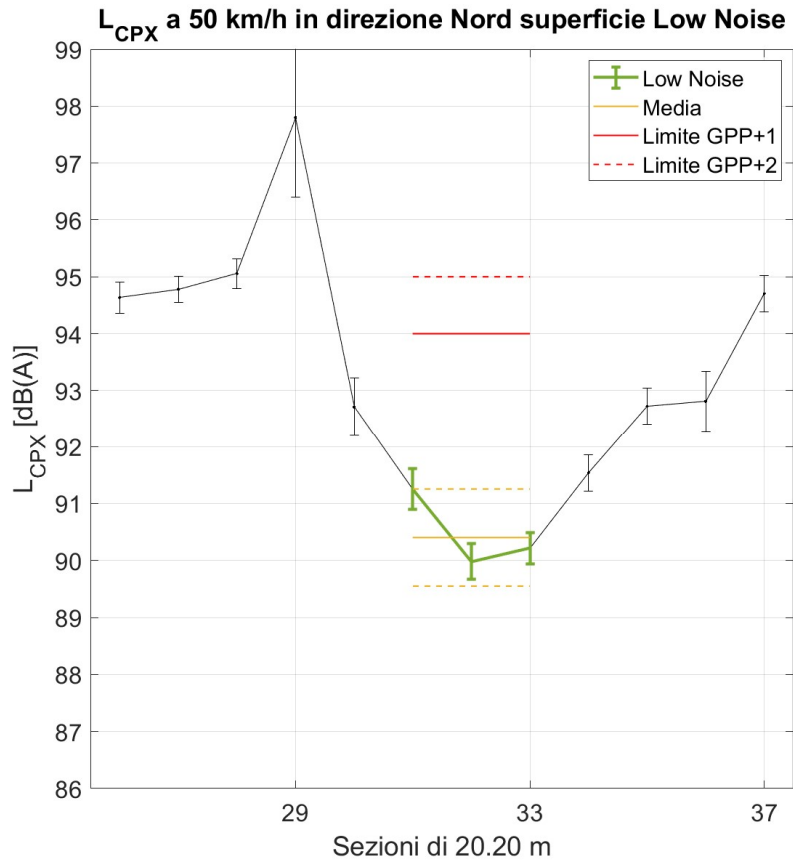


Figure16:Tronçon 1 Revêtement Low Noise - Niveaux L_{CPX} calculés sur les sections de 20 m en direction Nord en fonction de la section.

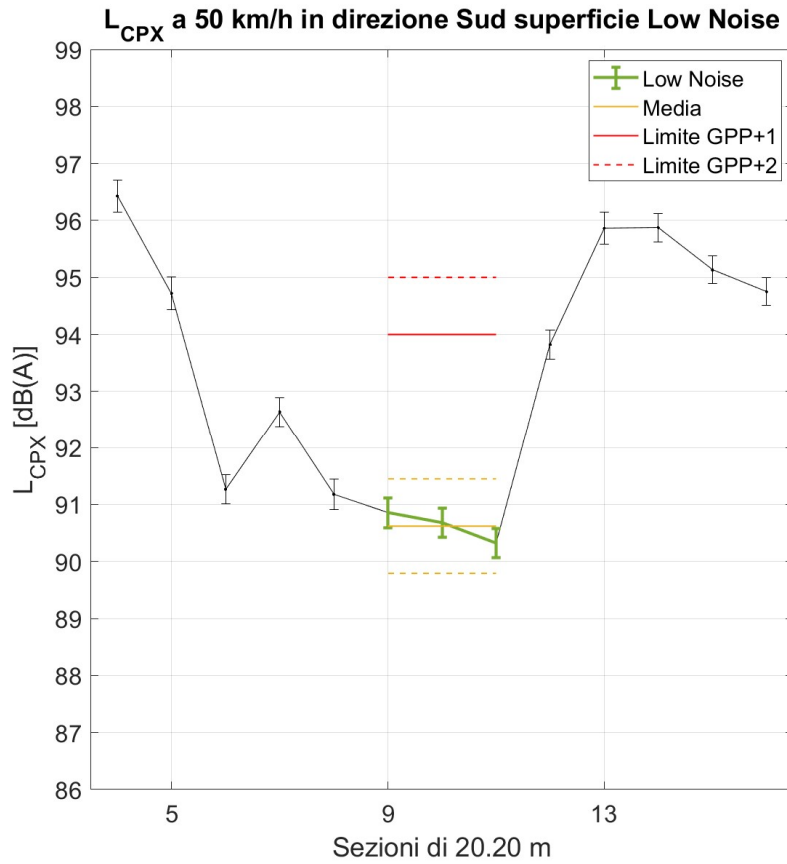


Figura 17 Tronçon 1 Revêtement Low Noise - Niveaux L_{CPX} calculés sur les sections de 20 m en direction Sud en fonction de la section.

Le tronçon 3, à l'intérieur de la zone portuaire, se caractérise par une basse longueur (environ 60 m) et par un obstacle physique consistant en un guide métallique (comme illustré en figure 18) au niveau de la porte d'entrée, ce qui nécessitait de fait le passage du véhicule de mesure (représenté en figure 19) à une vitesse quasi nulle à cet endroit.



Figure 18: Tronçon 3 – Présence d'un guide métallique en correspondance du portail d'entrée.



Figure 19: Tronçon 3 – Véhicule de mesure.

Comme on peut le voir en figure 20, qui montre la vitesse en fonction de la position pendant les courses de mesure, la phase d'accélération est presque immédiatement suivie d'une phase de décélération dictée par les contraintes décrites ci-dessus. À la lumière de cela, étant donné qu'au cours de l'analyse il n'a pas été possible d'identifier des sections de revêtement parcourues à vitesse constante comme l'exige la réglementation technique, les résultats obtenus et présentés dans la figure 21 ne sont pas significatifs et n'ont pas été reportés dans la table 8.

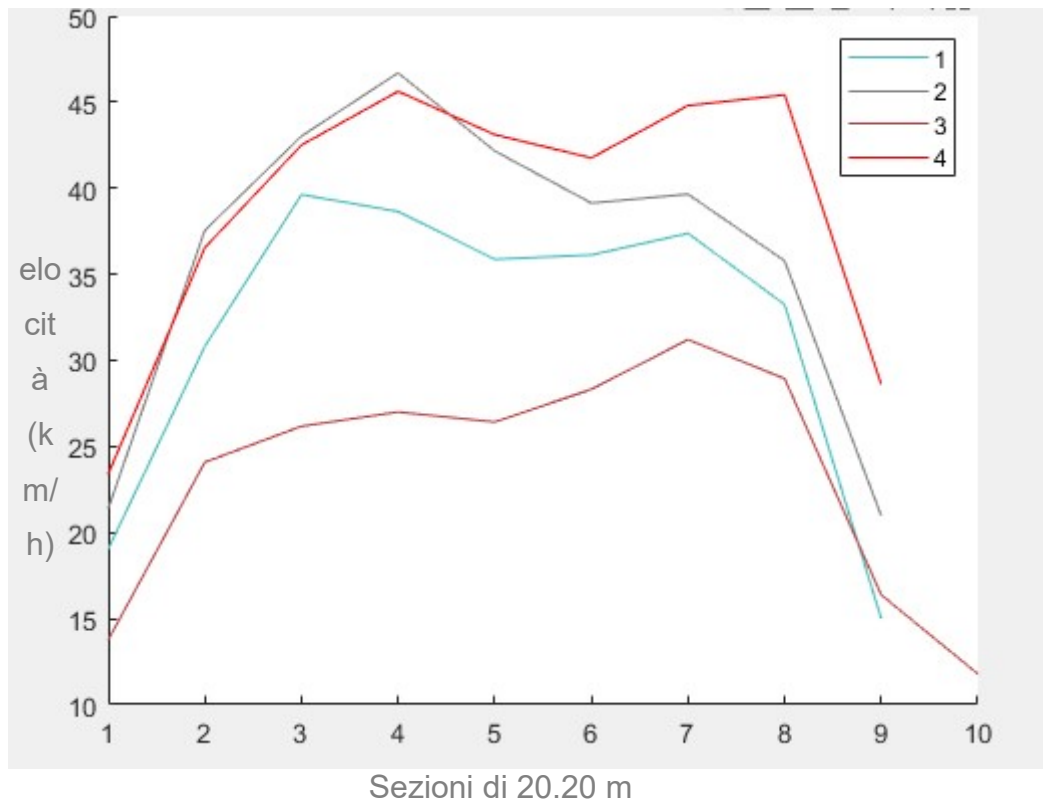


Figura 20: Tronçon 3 Revêtement Low Noise - Niveaux L_{CPX} calculés sur les sections de 20 m en direction Ouest.

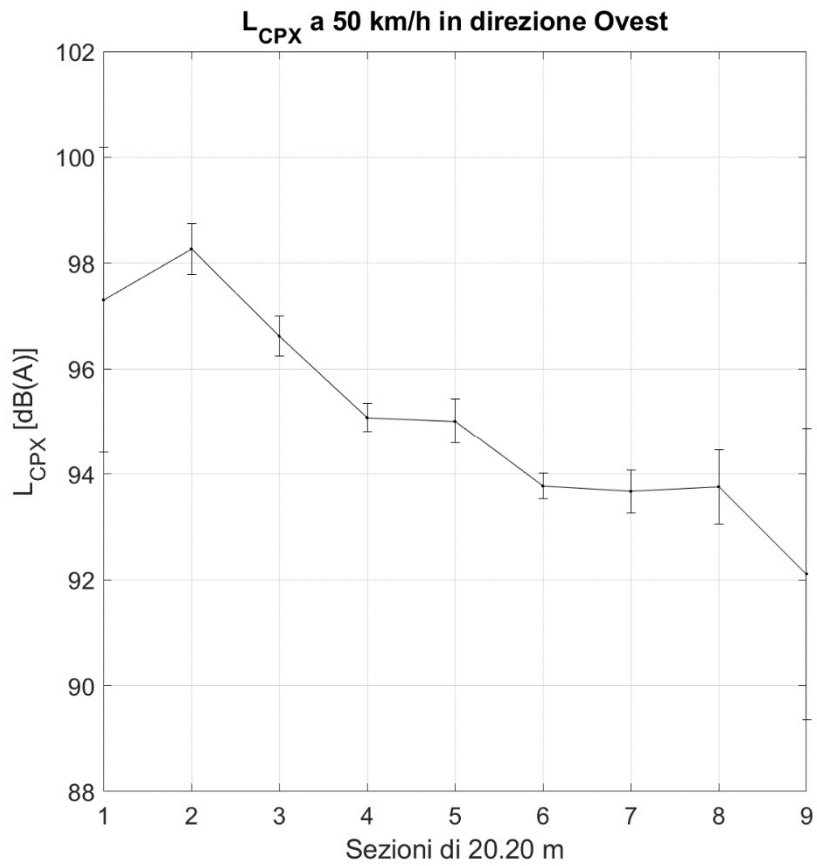


Figure21: Tronçon 3 Revêtement Low Noise - Niveaux L_{CPX} calculés sur les sections de 20 m en direction Ouest.

Résultats CPX selon le protocole avec sections de 6m

L'analyse des données relatives à la méthode CPX a également été réalisée à travers un deuxième protocole, qui prévoit la subdivision du tronçon de route en tronçons d'environ 6,18 m de long (et non 20 m) permettant un échantillonnage plus précis lequel, pour des tronçons de route particulièrement courts (moins de 20 mètres de longueur) garantissent une estimation plus robuste de la valeur moyenne.

Le Tableau 9 montre les valeurs moyennes spatiales de L_{CPX} , à 50 km/h, pour chaque revêtement étudié avec le protocole avec sections de 6.18 m.

Revêtement	Direction	L_{CPX} a 50 km/h [dB(A)]
Tronçon 1 Low Noise	Dir. Nord	90.3 ± 0.8
	Dir. Sud	90.6 ± 0.8
Tronçon 3 Low Noise	Dir. Ouest	n.d

Tableau 9: Niveaux L_{CPX} avec leur incertitude pour chaque tronçon, à 50 km/h.

Les figures 22 et 23 montrent les niveaux L_{CPX} en fonction de la section obtenus pour la vitesse de référence de 50 km/h, avec l'incertitude relative associée, pour les chaussées étudiées.

Pour le tronçon 3, à l'intérieur de la zone portuaire, comme pour l'analyse relative aux tronçons de 20 m de long, l'analyse menée sur les tronçons de 6,18 m n'a également pas permis d'identifier des tronçons de chaussée parcourus à vitesse constante. Par conséquent, les résultats ne sont pas significatifs et n'ont pas été reportés dans cette section.

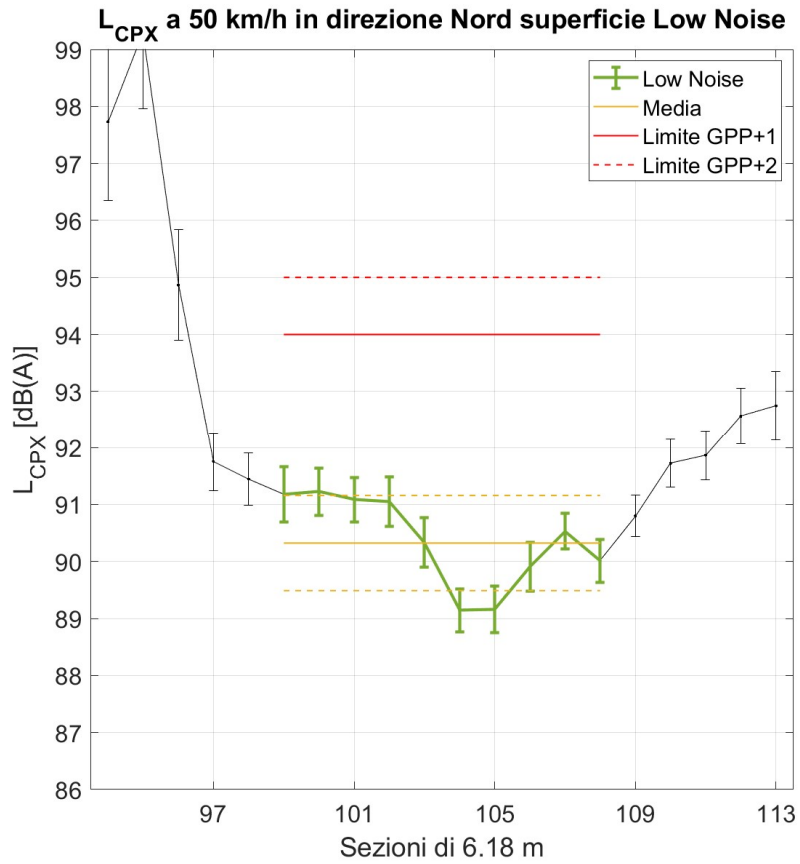


Figure22:Tronçon 1 Revêtement Low Noise - Niveaux L_{CPX} calcolés sur les sections de 6 m endirection Nord.

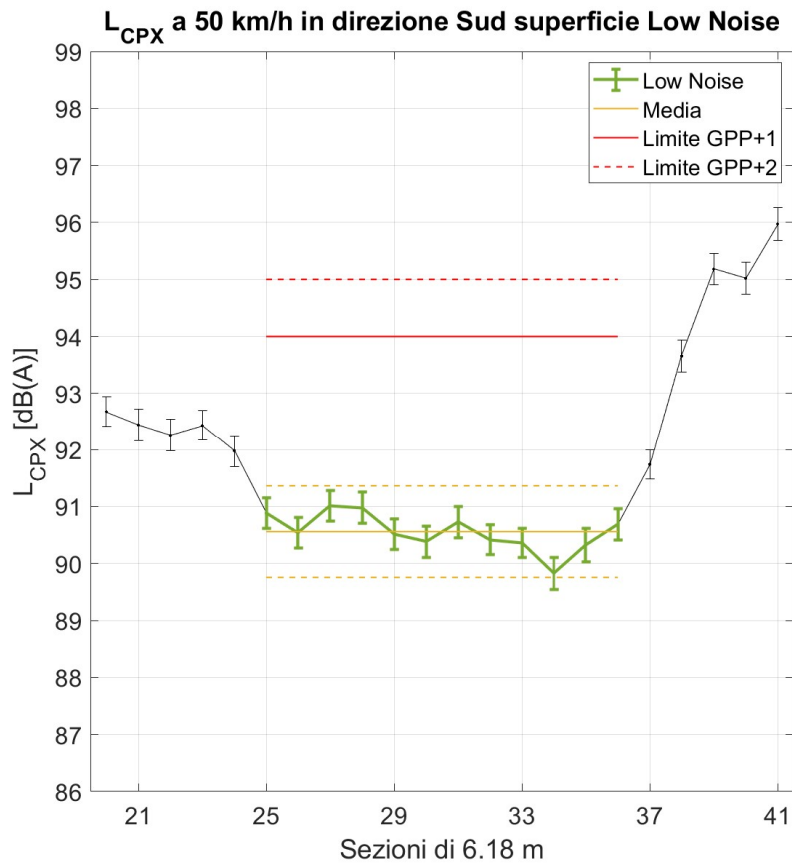


Figure 23: Tronçon 1 Revêtement Low Noise - Niveaux L_{CPX} calculés sur les sections de 6 en in direzione Sud.

Méthode Pass-by

Résultats

La séance de mesure avec la méthode CPB a été réalisée à l'aide d'un véhicule Mercedes Vito (propriété de la société soussignée) sur le tronçon 1 pour caractériser les revêtements Low Noise. Les mesures ont été effectuées en direction sud, en positionnant le microphone à une hauteur de 1,2 m et à 7,5 m du centre de la voie, comme le montre la figure 24.

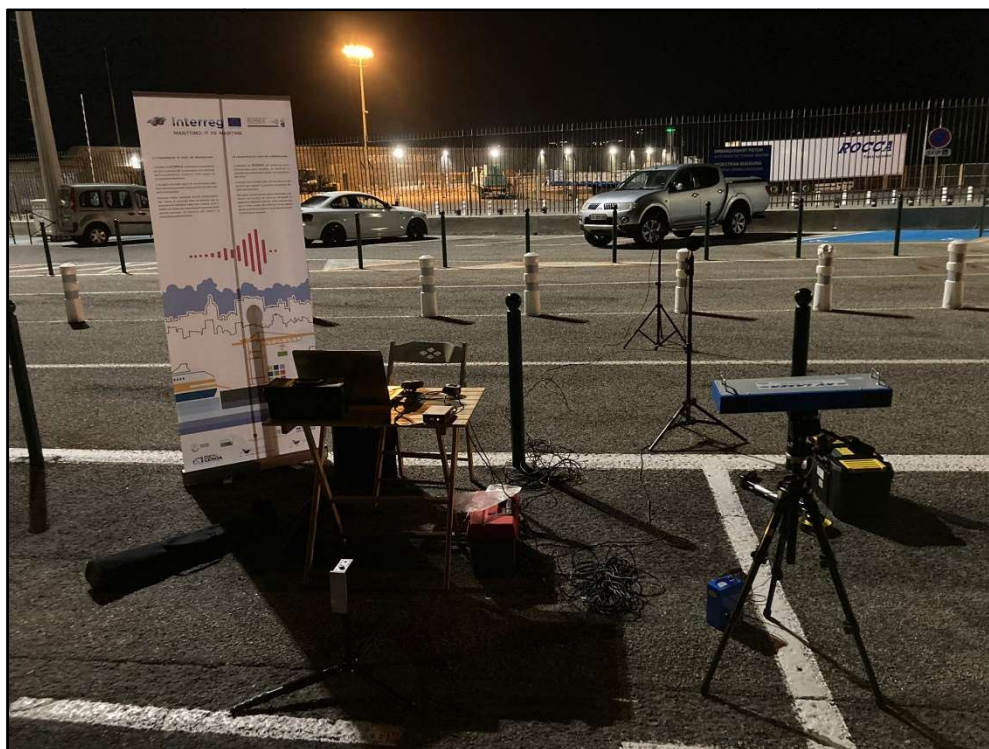


Figure24:Postation CPB en correspondance du tronçon 1

Le choix du positionnement des stations de mesure CPB a été fait après une inspection minutieuse des sites à investiguer. En vue de la comparaison des valeurs CPB obtenues pour les 2 différents revêtements, il est précisé que l'emplacement pour les mesures du revêtement Low Noise (tronçon 1) est acoustiquement défavorable par rapport à l'emplacement relatif au revêtement contigu Ante Operam(tronçon 2).

Ceci est dû aux caractéristiques du tronçon 1, caractérisé par la présence d'un mur latéral/obstacle le long du chemin qui entraîne une réflexion du son émis et une prévisible augmentation des niveaux détectés par le système de mesure CPB.

Les régressions linéaires entre le niveau sonore maximal et la vitesse obtenues pour le véhicule Mercedes Vito sont présentées en figure 25. Le Tableau 10 suivante présente les niveaux de CPB estimés à 50 km/h pour les deux tronçons investigués.

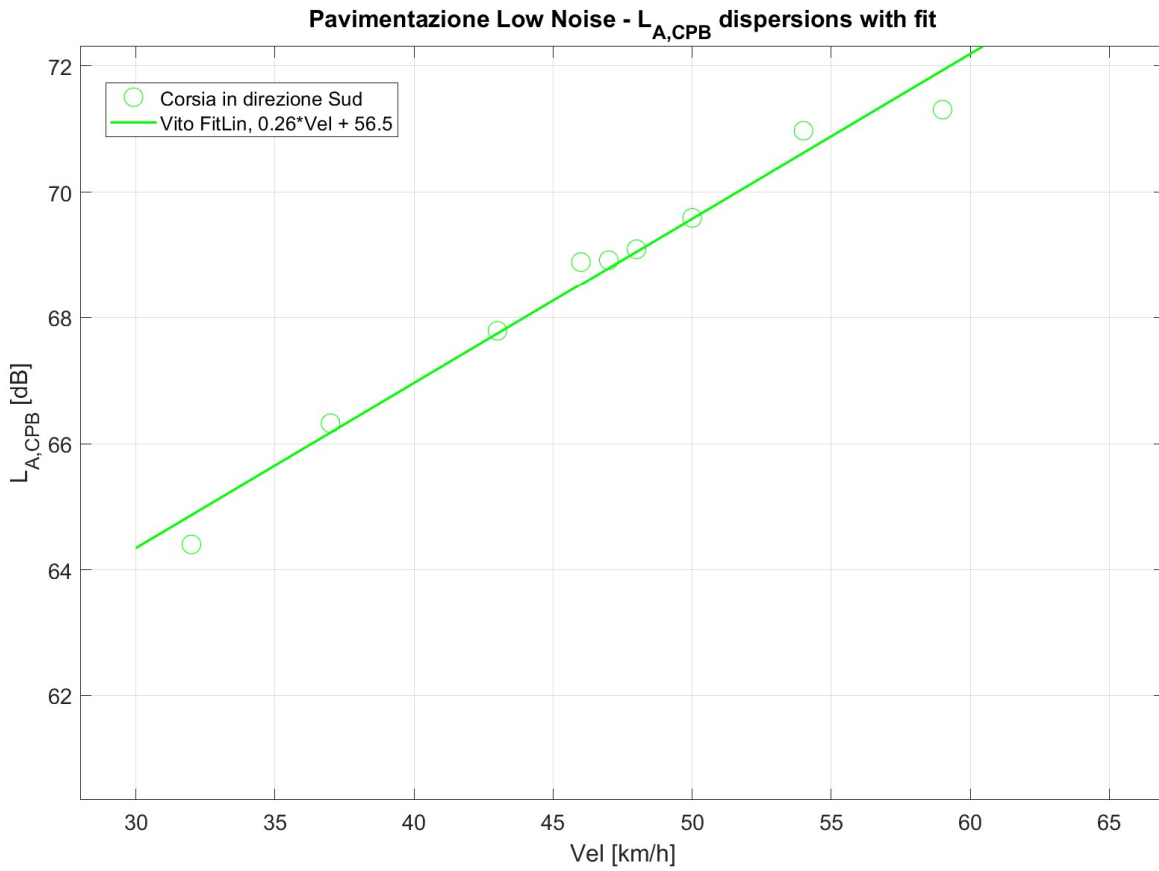


Figure 25: Tronçon 1 - Régression linéaire entre le niveau sonore maximum et la vitesse de déplacement du véhicule Mercedes Vito sur la chaussée Low Noise en direction sud

PAVIMENTAZIONE	L_{CPB} [dB(A)]	
Low Noise	Dir. Sud	69.5 ± 0.9

Tableau 10: Niveaux CPB reportés à 50 km/h par régression linéaire pour le véhicule Mercedes Vito

Conclusions

Ce rapport présente les résultats d'une campagne de mesures de travaux de mitigation acoustique réalisés au Port de l'île Rousse (Corse) dans le cadre du projet RUMBLE.

L'intervention de mitigation acoustique a consisté en l'installation d'un revêtement à basse émission sonore (appelé Low Noise) dans la zone portuaire et le long d'un tronçon de la voie publique à double sens qui relie le centre-ville au Port et à l'île.

Pour la section de revêtement à basse émission à l'intérieur de la zone portuaire, caractérisée par une faible longueur et des contraintes physiques pour la réalisation des mesures, les résultats obtenus ne sont pas significatifs. Cependant, il est plausible d'associer à ce revêtement de sol les performances acoustiques obtenues à partir du même type de revêtement de sol posé le long de la voie publique à l'extérieur du port.

Pour effectuer l'analyse conformément au protocole GPP (Green Public Procurement), les limites relatives à la vérification de la durée des prestations ont été prises en compte, en considération de la date de fin des travaux par rapport à la date de mesure.

L'analyse des données montre comment le revêtement de sol Low Noise est caractérisé par des valeurs moyennes L_{CPX} inférieures aux limites requises par le GPP, en particulier la valeur L_{CPX} moyenne à 50 km/h du revêtement de sol se trouve à **$90,5 \pm 0,6$ dB (A)**, significativement inférieure à la limite (GPP), dans ce cas égale à **93 ± 1 dB (A)**.

Port de Gênes-Prà

Introduction

Le présent document rapporte les résultats d'une campagne de mesures effectuées après la réalisation de l'ouvrage d'atténuation, la "duna", dans la zone environnante du port commercial de Genova Prà et a pour objectif la réalisation, en trois points représentatifs, le suivi de la pollution sonore des infrastructures portuaires.

À cet effet, le suivi utilisé est un suivi localisé, c'est-à-dire un type de monitoring permettant d'obtenir des informations ponctuelles sur les niveaux de pression acoustique sur certains sites considérés comme significatifs. Telle activité consiste dans de mettre à système toutes les informations nécessaires pour une correcte contextualisation des données de pollution sonore produite par l'ensemble de toutes les sources sonores (donc pas seulement des infrastructures portuaires) dans les zones situées à intérieur et à extérieur du port ; il peut également être intéressant d'évaluer le niveau de bruit associé uniquement aux activités portuaires sans la contribution du bruit provenant d'autres sources. Dans ce dernier cas, le mode d'acquisition et de traitement des données pour la campagne de suivi et le choix des paramètres considérés sont différents. En effet, le bruit dans une station de suivi, qu'elle soit proche ou éloignée de la zone portuaire, peut être décrit à l'aide de l'indicateur du niveau équivalent (L_{aeq}) qui ne nécessitent pas, en soi, de corrélation avec les événements découlant des activités ou des infrastructures portuaires, bien que l'emplacement des stations de mesure soit déterminé par la présence de différents facteurs de pollution. Dans ce contexte, la détection d'un paramètre décrivant le bruit de toutes les sources présentes, et pas seulement celui produit par le port, constitue le "bruit environnemental". Il est évident qu'une mesure de bruit environnemental ne peut être considérée comme une mesure de bruit portuaire, pour laquelle il est nécessaire de discriminer de manière correcte, fiable et prouvée, la contribution due aux activités portuaires par rapport au bruit provenant d'autres sources.

Le système de surveillance

Les systèmes de surveillance acoustique sont généralement des stations fixes, généralement constitués d'un boîtier pour extérieur étanche, contenant l'instrumentation phonométrique, et d'équipements de détection des données météorologiques étroitement interconnectés, ils peuvent recueillir de manière systématique et organique les données acoustiques et les informations utiles pour les évaluations de la pollution sonore. L'appareillage de détection acoustique est choisi conformément aux indications de l'Art. 2 du D.M. 16/03/1998 et, en particulier, répond aux spécifications de la classe 1 de la norme CEI EN 61672, les filtres et microphones utilisés pour ces mesures sont conformes, respectivement, aux normes CEI EN 61260 et CEI EN 61094, les calibreurs sont également conformes à la norme CEI EN 60942 pour la classe 1. Ces stations sont utilisés pour effectuer des mesures à long terme et nécessitent un raccordement au réseau électrique pour l'alimentation et des dispositifs spéciaux d'installation (poteau de soutien du box).

Points de mesure et description des sources sonores

Le Terminal Conteneur de Gênes est une structure située sur un remplissage à mer réalisé face à Prà, quartier du Ouest de Gênes, à une distance de quelques centaines de mètres des premières habitations.

L'aire du Terminal a un quai de la longueur de 1600 mètres et est subdivisée en 6 colonnes : les premières deux colonnes côté Ouest et la troisième et la quatrième colonne au centre sont aptes à recevoir des bateaux grands (bateaux avec longueur supérieure à 300 mètres) si unies entre eux en couple, les deux dernières colonnes côté Est abritent des navires de petite taille. Le nombre total de navires pouvant accoster sur le quai peuvent atteindre un

nombre de 4 (figure 26). La longueur du quai est également signalée par les berth marks, placés les uns sur les autres tous les 30 mètres : le premier berth mark est situé à l'ouest, le dernier, le 55ème, à l'est. Entre la zone du Terminal et la zone habitée se dressent un canal faisant partie de la soi-disant " fascia de respect", le chemin de fer Gênes - Vintimille et un tronçon citadin de la route nationale Aurelia. Le village commence en amont de la route nationale de l'Aurelia, se développant sensiblement le long de la ligne de côte et partiellement sur les collines adjacentes à cette ligne. La conformation du territoire et la présence des infrastructures font que les émissions sonores des activités du Terminal soient souvent plus perceptibles sur les habitations placées en colline plutôt que sur celles le long de la côte, en général plus touchées par le bruit véhiculaire. Du point de vue de l'impact acoustique des activités qui se déroulent dans le Terminal Conteneur de Voltri sur l'habité limitrophe, les sources sonores, qui jusqu'à présent ont été signalées de quelques citoyens aux Organismes compétents comme source plus gênantes, sont constituées en premier lieu de :

- systèmes d'alimentation pour les navires à quai (groupes électrogènes, moteurs, par exemple); le bruit produit par ces sources est de type stationnaire et pratiquement continu pendant la période d'amarrage
- manutention des conteneurs sur les navires (impact conteneur - surface métallique du bateau) et sur la place (impact sur la surface d'appui des camions); le bruit produit par ces sources varie de manière aléatoire car il dépend de l'impact pendant l'assistance (variable en fonction de facteurs impondérables tels que l'expertise de l'opérateur, les conditions météorologiques, etc.);
- sirènes des grues pour la manutention des conteneurs (par ailleurs, ces sirènes jouent un rôle important pour la sécurité des travailleurs); les bruits qu'ils émettent sont discontinus dans le temps;
- trafic des camions et tout comportement incorrect des conducteurs sur un même engin (klaxon).



Figure 26 Terminal Conteneur (port Gênes Prà)

La réalisation de travaux d'atténuation se divise en deux lots, comme le montre l'image ci-dessous (figure 27): le premier lot sur le côté Est de 500m et le second sur le côté Ouest de 250m.

La zone surveillée, objet du présent projet, correspond à une partie de la côte à l'est citadin. Avant de commencer avec la collecte des données, une descente préliminaire sur le site a révélé pour chacune des trois positions, les aspects suivants :

- Emplacement "demi-mobile" (code : GE0101) : Zone résidentielle, colline traversée par la voie locale avec un petit parking collectif. Le climat acoustique semble être influencé principalement par le bruit global de l'activité

portuaire et du transit aérien, par des événements de caractère local et pour la plupart sporadiques (ex : parking fermé, arrêt de bus) qui est particulièrement persistante dans la période journalière. Le poste de mesure est dans un parking en copropriété vers la mer (Via Ungaretti);

- Emplacement "canal de calme" (code : GE0201) : Chantier Bicchi près du canal de calme, zone ouverte entre le chemin de fer Gênes-Vintimille et la structure portuaire. Dans la période journalière la contribution acoustique la plus importante est celle provenant du travail dans le chantier naval et du moteur des petits bateaux et par les tôles qui, déplacées par l'eau et le vent, se heurtent entre elles. Pendant les heures de pause du chantier, le climat sonore est influencé par le bruit des moteurs des navires/avertisseurs/grues/camions dans la zone opérationnelle et par le trafic ferroviaire et transit aérien ;
- Emplacement "Scarpanto" (code : GE0301) : voie de moyenne colline avec villas et bâtiments résidentiels. La contribution acoustique produite par la manutention des conteneurs n'est pas particulièrement évidente dans la période journalière, qui semble principalement influencée par le bruit de la zone, y compris le bruit du trafic local, arrêt de bus, faune (mouettes, etc..), transit aérien, et le chien du B&B qui aboie. La station de mesure est dans le jardin du B&B exposé vers la mer. (Via Ungaretti);

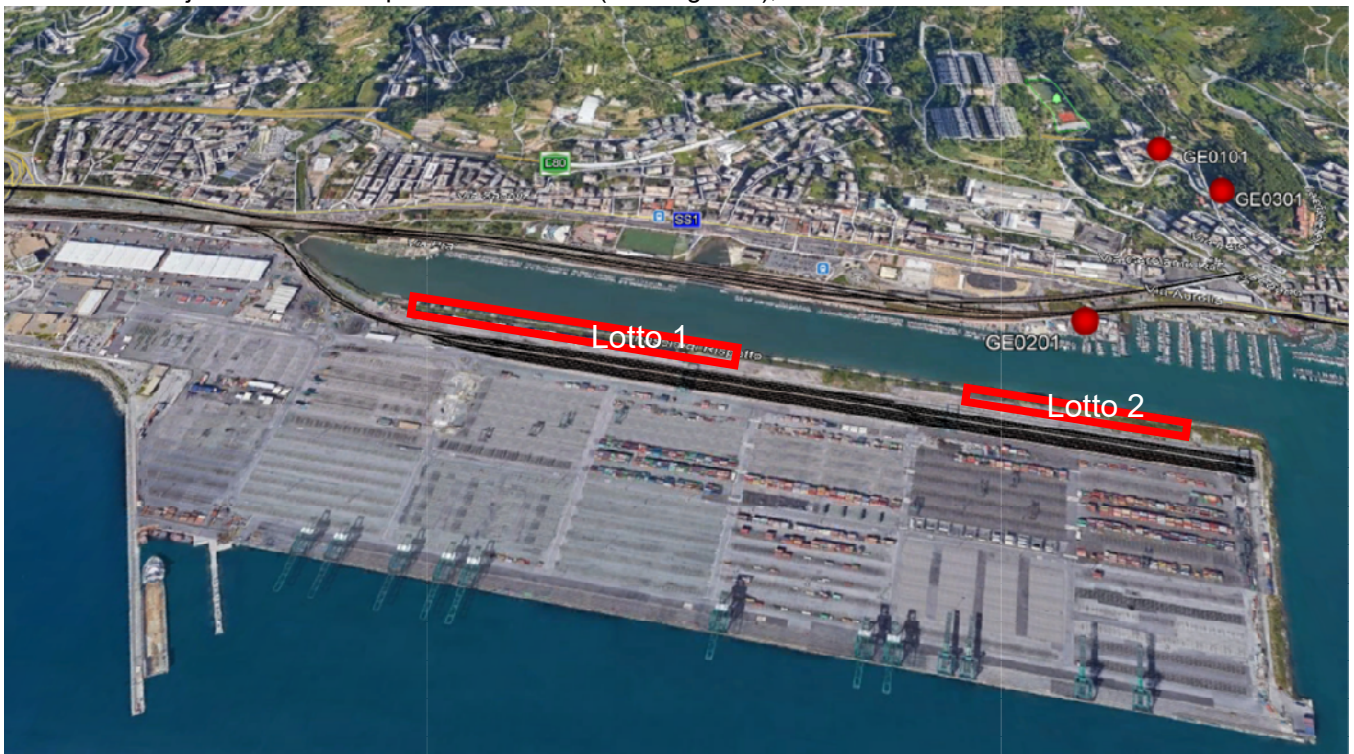


Figure 27 Zone d'enquête et points de mesure

Le tableau 11 montre les distances des différents emplacements par rapport au point Lotto le plus proche (travaux d'atténuation).

Tableau 11 : distances entre les emplacements et Duna Lotto2

point of measurement	distance (m)	uncertainty about the distance (m)
GE0201	250	± 5
GE0301	700	± 10
GE0101	810	± 10

Méthodologie

Il convient de souligner que pour les bruits complexes tels que ceux produits par les infrastructures portuaires, bien que les conditions de propagation et/ou d'émission varient fortement entre les différentes saisons, les différentes configurations et conditions opératives au cours de l'année, il est donc nécessaire d'effectuer des mesures à long terme pour obtenir une faible incertitude de mesure, ou une mesure représentative des phénomènes. Les mesures acoustiques doivent donc être effectuées de manière à inclure soient les conditions d'émission et que de propagation, donc la durée et la période avec laquelle les mesures sont effectuées doivent être adéquates pour évaluer (à travers une analyse significative) la variabilité aléatoire (événements sporadiques) et déterministiques (événements périodiques) du bruit, liés à l'activité portuaire considérée et au contexte de la localité dans laquelle il se situe. Généralement, Il n'est donc pas nécessaire d'effectuer des mesures sur une courte durée, au contraire cela risque d'être une campagne inutile, surtout si elle n'est pas orientée vers l'évaluation des seules sources prédéfinies/reconnues ou le type de source à l'étude.

La campagne de surveillance du bruit post operam réalisée dans ce rapport s'étend de mi-avril 2021 à mi-juin 2021 et est intégrée dans activités phonométriques.

Les paramètres acoustiques qui ont été retenus importants pour la description des niveaux sonores à chaque point de surveillance sont :

- Leq, 1s (acquis avec constante de temps Fast) à partir duquel le Leq est obtenu sur une base horaire : son but est de pouvoir caractériser un niveau variable avec une seule donnée de mesure, dans un intervalle de temps prédéterminé, voire très long ;
- Lp_{icco}, 1s (adoptée par la nouvelle directive européenne sur le bruit 2003/10/CE entrée en vigueur le 15 février 2006, qui remplace la directive 86/188/CEE dont est issu le décret législatif 277/91) il est très important dans l'évaluation du bruit impulsif et est le niveau de pression crête atteint par le phénomène en question exprimé en dB (C) ;
- Les niveaux statistiques L_n, principalement L₁, L₁₀, L₉₀, L₉₅ et L₉₉ éventuellement associés à l'analyse de l'Historique temporel, permettent d'avoir des descripteurs permettant d'identifier qualitativement des situations anormales (ex : augmentation du bruit de fond, présence d'épisodes de forte intensité et courte durée) et permettent d'obtenir des informations sur la contribution produite par toute autre source présente ;
- L_{max}, L_{min} : pour mieux décrire les fluctuations du bruit ;
- le spectre 1/3 d'octave (acquis avec la constante de temps Fast) : afin de connaître les bandes de fréquences les plus importantes ;
- multispectre en bandes de 1/3 d'octave et pondération linéaire sur 1 s, sous forme de sonagramme;
- le fichier audio échantillonné à 51,2 KHz au format Wav (cela a permis d'écouter avec précision tous les phénomènes sonores enregistrés par les sonomètres) ;

Ces enquêtes ont été réalisées conformément aux dispositions de l'arrêté ministériel 16/03/1998, qui prévoit que les mesures acoustiques doivent être effectuées dans le respect des conditions suivantes :

- absence de précipitations atmosphériques ;
- absence de brouillard et/ou de neige ;
- vitesse du vent inférieure 5 m/s ;
- microphone équipé d'une capuche coupe-vent ;
- compatibilité entre les conditions météorologiques lors des mesures et les spécifications du système de mesure visées à la classe 1 de la norme CEI 61672-1.

Campagne de mesure

Pour vérifier les caractéristiques du phénomène sonore "navires amarrés", il a été pris en considération trois journées avec des configurations différentes de navires à quai : une journée avec un seul navire, avec deux navires et avec trois navires amarrés à quai.

La période de permanence des navires à quai a été considérée comme le période de référence, bien que ce temps de référence ait des intervalles allant de 6 heures à 3/4 jours, dans ce rapport des intervalles horaires de plus ou moins une heure sont pris en compte (les temps d'évaluation sont indiqués par le format hh:mm:ss).

En particulier, les jours suivants sont présentés :

- le jour 28/05/2021 (nous avons considéré l'intervalle de temps pendant lequel deux navires ont été amarrés à quai) ;
- le jour 30/05/2021 (nous avons considéré l'intervalle de temps pendant lequel un seul navire a été amarré) ;
- le jour 01/06/2021 (nous avons considéré l'intervalle de temps pendant lequel trois navires ont été amarrés);

Analyses préliminaires : journée du 28/05/2021

Dans cette première phase d'analyse, il s'agit simplement de mettre en évidence qu'à une certaine heure de la journée les bruits enregistrés par les sites de suivi provient de nombreuses autres sources d'origine non portuaire qui "masquent" le bruit produit par les activités portuaires. En fait, ce phénomène se produit principalement dans la période journalière (06:00:00 ÷ 22:00:00), par souci de simplicité, le tableau 12 présente les valeurs à moins d'une heure des niveaux : Leq, Lmax, Lmin, L1, L10, L90, L95, L99 en pondération A et LIN qui représente la synthèse du climat acoustique majoritairement induit par la présence des composantes aléatoires. De plus, à titre d'exemple, la figure 28 montre la synthèse du multispectre en bande 1/3 d'octave de plus de 1 s en pondération linéaire (dB), de l'évolution du signal audio et de l'évolution temporelle des niveaux Leq sur 1 si Leq progressif en pondération A (dBA) enregistrés entre 13h00 et 14h00 (heure où l'on suppose qu'il n'y a pas beaucoup d'activités en cours). A partir des données collectées par les trois stations de mesure, on peut observer, à travers l'évolution temporelle des niveaux de LAeq, que les valeurs maximales relatives ont des intervalles totalement différents ou ne sont pas liées à une répartition spatiale du bruit de port (phénomènes bien mis en évidence sur les multispectres en bande 1/3 d'octave), cela signifie que la variabilité de l'événement du bruit mesuré dans les périodes journalières est mis dans le contexte territorial d'intérêt (variabilité aléatoire). Pour identifier les causes de cette altération et décider de la validité des données recueillies, il convenait de disposer d'enregistrements audio qui nous ont permis de mettre en évidence les phénomènes suivants (figure 28) :

- Le site GE0101 est partiellement affecté par le bruit émis par la manutention des conteneurs et par les buzzers des grues ; de plus, des phénomènes de basse fréquence sont détectés (bande 1/3 d'octave) liés aux systèmes actifs des navires amarrés. Le climat acoustique est fortement influencé par les engins de nettoyage urbain, par les passages de véhicules, par les avions en transit, par l'arrivée du bus à l'arrêt, par le chien du propriétaire qui héberge le site, par les oiseaux et par la fermeture des portes de voiture dans le petit parking en copropriété ci-dessous.
- Site GE0201 : la contribution acoustique des émissions sonores est dominée par les travaux effectués au chantier naval de Mostes, par le moteur des petits bateaux amarrés ou en transit dans le canal de calma et par les mouettes. De plus, les bruits du transport ferroviaire et aérien sont également notés. A cet endroit, le bruit dérivant des activités portuaires est presque dominé par les phénomènes énumérés.
- Site GE0301 : le bruit détecté dans ce site est similaire au premier site (GE0101), c'est-à-dire en étant sur une route commune, les bruits émis par un certain nombre de source (passage de véhicule de nettoyage urbain, passages de véhicules, avion en transit, arrivée bus à l'arrêt, chien du propriétaire qui héberge le site, oiseaux) sont souvent enregistrés par les deux sites. Cependant, étant situé sur une colline de petites villas, à une hauteur moyenne, il est moins influencé par le bruit émis par la manutention des conteneurs et par les buzzers des grues ; là aussi il existe des phénomènes à basses fréquences peu variables (bande 1/3 d'octave) liés aux systèmes actifs des navires amarrés.

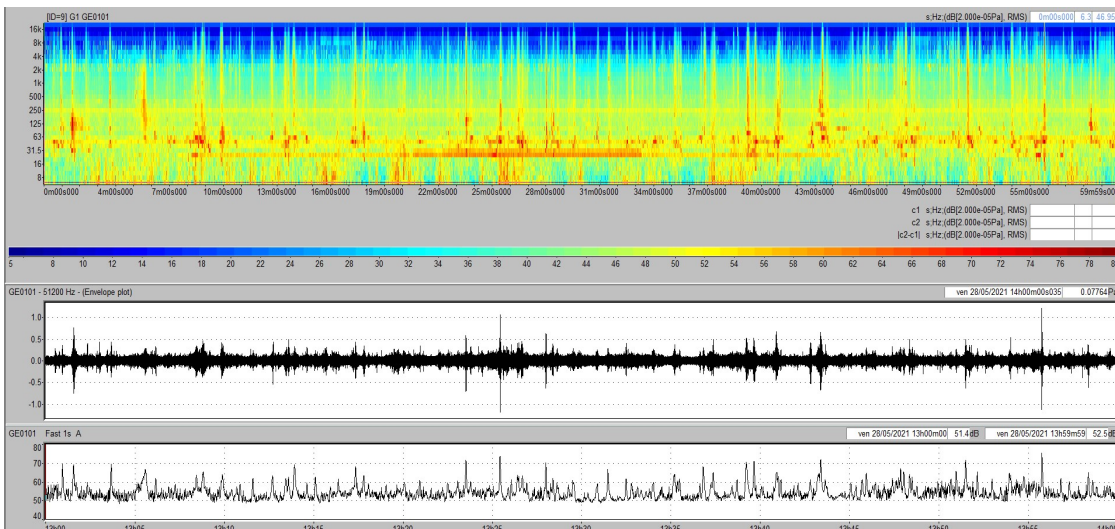
Tableau 2: valeurs horaires de Leq, Lmax, Lmin, L1, L10, L90, L95, L99 pondéré A et LIN

sites	Type de données	Pesée	Unit	Leq	Lmin	Lmax	L1	L10	L90	L95	L99
GE0101	Fast	A	dB	56,6	48,3	75,2	66,5	58,6	50,4	49,9	49,1
GE0101	Fast	LIN	dB	67,3	52,9	88,8	78,0	69,3	58,0	57,1	55,5

GE0201	Fast	A	dB	52,2	39,8	69,1	66,7	49	41,7	41,1	40,5
GE0201	Fast	LIN	dB	68,0	50,2	90,6	78,8	70,3	57,4	56,1	53,8
GE0301	Fast	A	dB	56,5	42,3	83,8	65,6	55,9	45,2	44,6	43,7
GE0301	Fast	LIN	dB	69,8	48,2	95,8	82,4	68,9	54,0	52,9	51,1

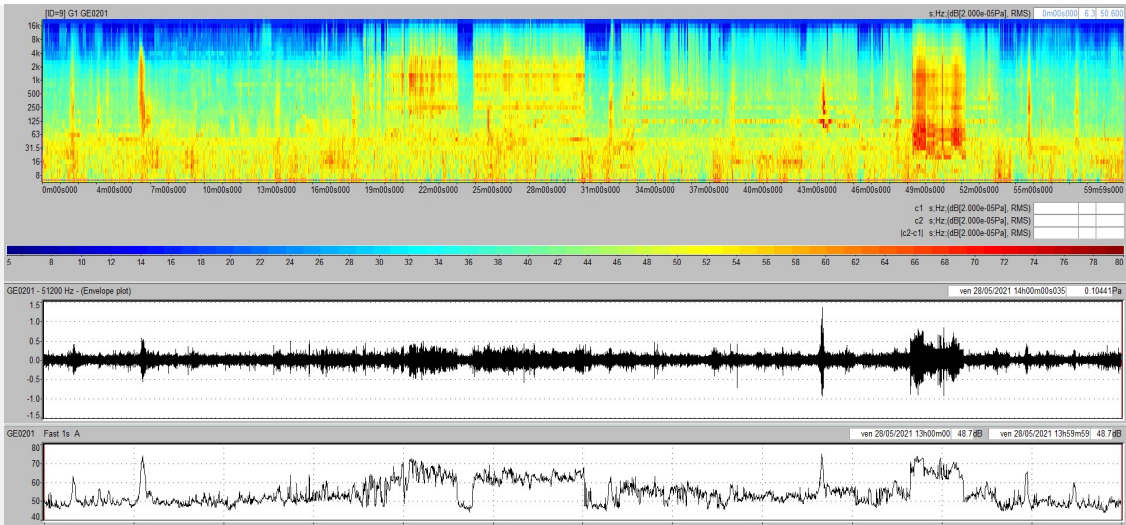
Toujours en écoutant des fichiers audios, il est apparu que les effets de sources sonores aléatoires à proximité des stations de micros ne sont pas seulement détectés dans la période journalière, mais aussi dans la première matinée (de 4h30 à 7h20) sur les trois sites, ces phénomènes sont caractérisés par les cris d'oiseaux. Par brièveté, la figure 29 représente l'évolution multispectre en bande 1/3 d'octave de sur 1s et l'évolution temporelle des niveaux LAeq, rapporté au site GE0301 dans l'intervalle 04:30:00 à 05:30:00. Il convient de noter que les bruits impulsifs (le bruit produit par les manutentions des conteneurs, sirènes) sont surmontés par celui produit par la faune aux hautes fréquences : il convient de préciser que ces phénomènes ont été observés en début de matinée et se sont produits tout au long de la période de surveillance. Ils s'intensifient approximativement dans l'intervalle 04:40:00 à 05:50:00 aux bandes de fréquences 1/3 d'octave (à 2 à 3,15 KHz) mises en évidence avec la ligne rouge dans la figure 29. On relève également quelques passages véhiculaires de courte durée et qui affectent une large gamme de fréquences (ligne violette) et des chocs du conteneur bruits impulsifs qui affectent une large gamme de fréquences (ligne brune) lorsque le phénomène mentionné ci-dessus n'est pas assez significatif, contrairement aux abois du chien bande de

GE0101



fréquence 1/3 octave 63Hz à 2 KHz (ligne verte) à proximité du site

GE0201



GE0301

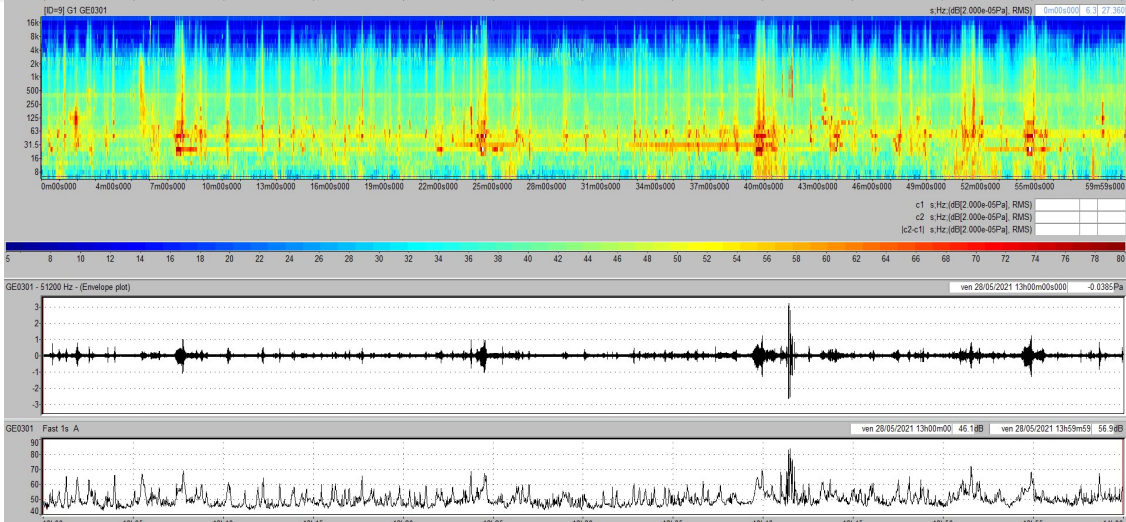


Figure 28: la synthèse du multispectre en bande 1/3 d'octave de sur 1 s en pondération linéaire (dB), de l'évolution du signal audio et de l'évolution temporelle des niveaux Leq sur 1s

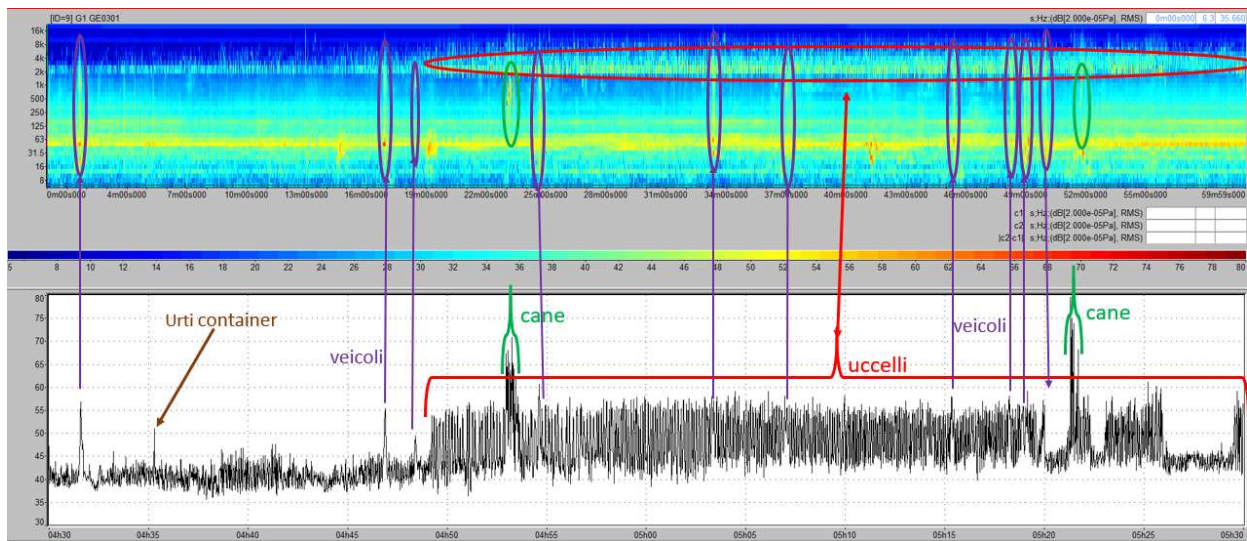


Figure 29: évolution multispectre dans la bande 1/3 d'octave de sur 1s et évolution temporelle des niveaux LAeq, avec identification du bruit

Analyse des données propre

Pour évaluer principalement le bruit produit par les activités portuaire comme le chargement et le déchargement des bateaux à quai, la manutention des marchandises à l'intérieur de la zone portuaire et toutes les autres activités liées au port, il a été approprié via audio (fichier Wav) indiquer la période dans lequel le bruit d'origine non portuaire était moins présente : telles conditions ont été vérifiées dans la période nocturne (23:00:00-04:00:00). Après tel passage il a été isolé, en gros en excluant toute l'émission due au sources indésirées (composant aléatoire)

Ensuite, il a été rapporté pour chaque configuration (nombres de bateaux amarrés en quai) pour le jour retenu le plus bruyant :

- ✓ 30/05/2021 intervalle horaire 02:00:00-03:00:00 dans cette période juste un bateau était stationné dans le quai
- ✓ 02/06/2021 intervalle horaire 01:00:00-02:00:00 dans cette période juste deux bateaux était stationnés dans le quai
- ✓ 01/06/2021 intervalle horaire 02:00:00-03:00:00 dans cette période juste trois bateaux était stationnés dans le quai

Pour démontrer qu'il faut une analyse sur la long période, il est reportée aussi une évaluation faite dans la journée du 07/06/2021 intervalle horaire 02:00:00-03:00:00 avec trois bateaux à quai configurées comme celles du 01/06 (même position, longueur semblable).

Journée du 30/05/2021

Le bateau considéré comme source de bruit a une longueur de 300 mètres et occupe la troisième et la quatrième colonne entre le 21° et le 31° berth mark comme illustré à la figure 30. La figure 31 montre le multispectre en bande 1/3 d'octave de sur 1 s en pondération linéaire (dB) et les évolutions temporelles des niveaux LAeq et Lpicto sur 1 s d'une durée d'une heure, elles représentent les évolutions du climat acoustique dans les trois positions de mesure.

En observant les multispectres, on remarque des niveaux de bruit presque constantes à les basses fréquences avec une valeur de Leq (dB) égale à : pour le poste GE0101: 46 dB dans les bandes de fréquences 50 Hz et 160 Hz, et 44 dB dans la bande de fréquences 125 Hz, ces bandes sont également observées dans le site GE0301 mais avec des valeurs de base d'environ 1.5/3 dB, tandis que dans le poste GE0201 se répète la Leq à 50Hz, on observe des

variations de Leq (entre 48 et 45 dB) dans les bandes plus basses, celles-ci sont dues aux morsures de l'eau et du vent qui font bouger les petits bateaux à proximité du canal.



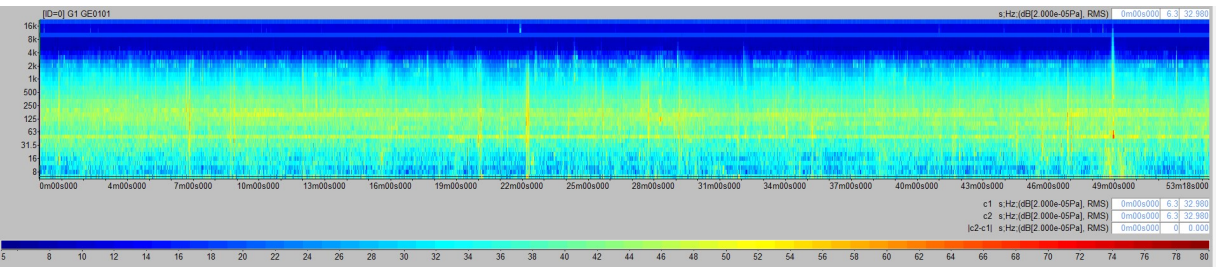
Figure 30 quai avec un seul navire

Le tableau 13 ci-dessous donne les valeurs horaire des niveaux : Leq , L_{max} , L_{min} , $L1$, $L10$, $L90$, $L95$, $L99$ en pondération A et LIN. D'après les données présentées, si l'on se réfère aux valeurs en pondération A, on note que le site GE0101 par rapport aux autres est celui présente des valeurs plus élevées, ceci est dû à la position du navire à quai parce qu'étant au centre du quai, ou bien un peu à l'ouest, il frappe davantage en ligne d'air le poste GE0101 qui se trouve légèrement à l'ouest que les deux autres postes, en outre se trouvant en colline, même si est loin de la zone portuaire, il est bien exposé à recevoir les émissions provenant de ce dernier. Alors que les valeurs de pondération LIN indiquent des valeurs élevées pour le GE0201, L_{max} , $L1$ et $L10$, cela est dû à la variation des niveaux observés à la très basse fréquence.

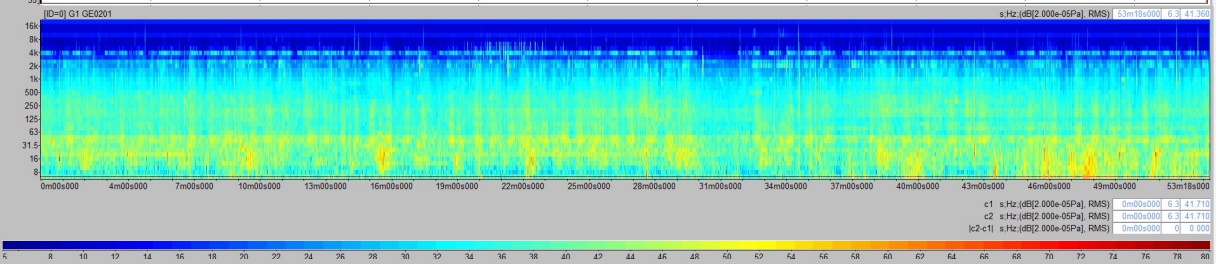
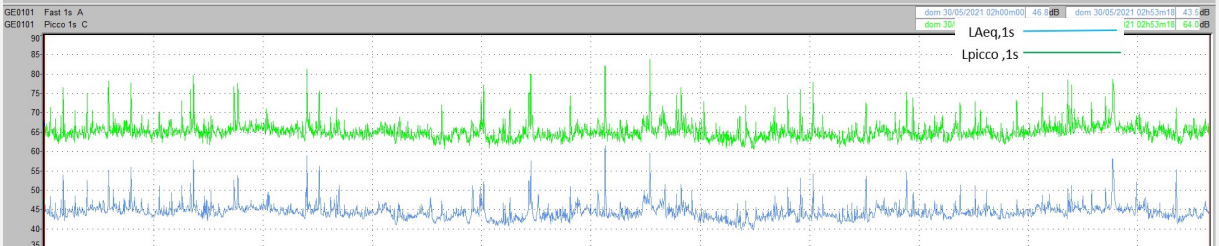
La figure 32 compare les évolutions temporelles des niveaux $LA_{eq,1s}$ et fait observer que les niveaux les plus élevés ont été dans le GE0101. En ce qui concerne les événements impulsifs liés aux chocs de conteneurs, sirènes grues, etc..., on observe une variabilité d'intensité entre les postes en fonction de la position et de l'origine du bruit.

Tableau 13: valeurs horaires en présence d'un seul navire de Leq , L_{max} , L_{min} , $L1$, $L10$, $L90$, $L95$, $L99$ pondéré A et LIN

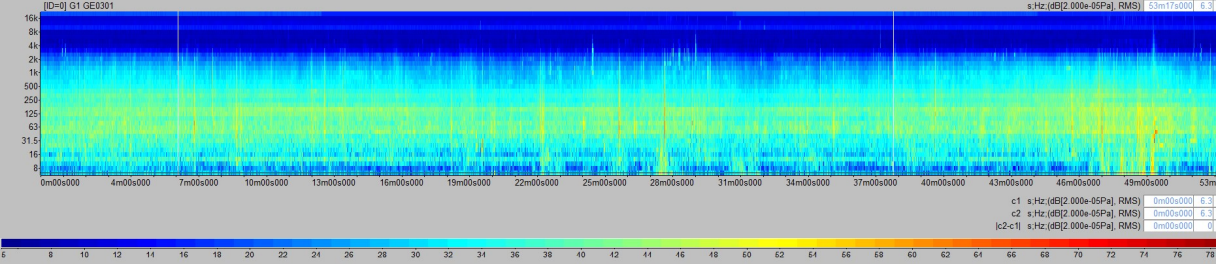
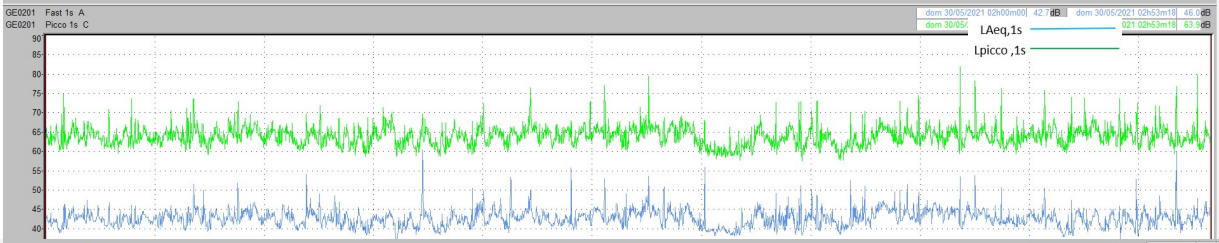
sites	Type de données	Pesée	Unit	Leq	L_{min}	L_{max}	$L1$	$L10$	$L90$	$L95$	$L99$
GE0101	Fast	A	dB	45,1	39,5	61,4	51,9	46,1	42,3	41,8	40,8
GE0201	Fast	A	dB	43,4	36,1	60,2	49,7	45	39,8	39,2	38,2
GE0301	Fast	A	dB	41,3	35,4	54,2	47,4	43,3	37,9	37,3	36
GE0101	Fast	LIN	dB	55,1	46,0	75,1	62,5	56,9	50,4	49,6	48,1
GE0201	Fast	LIN	dB	56,8	42,6	79,1	65,8	59,4	49,0	47,8	45,8
GE0301	Fast	LIN	dB	53,5	42,3	74,6	61,5	55,3	47,7	46,8	45,1



GE0101



GE0201



GE0301

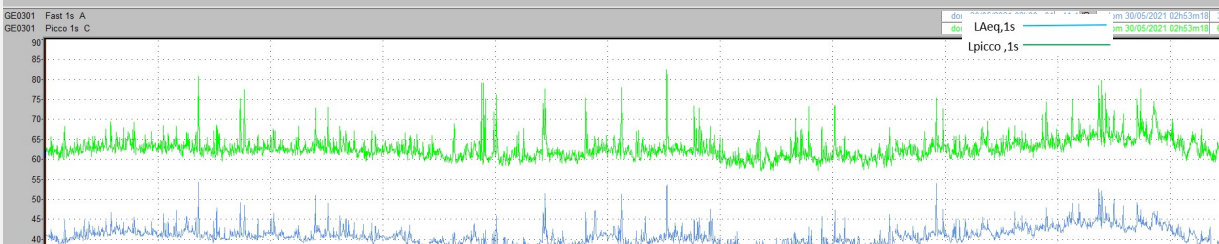


Figure 31: sonogrammes du Leq sur 1s (pondération linéaire, dB), niveau de Leq sur 1s (pondération A, dBA) et pic sur 1s (pondération C, dBC) pour la configuration d'un seul navire amarré

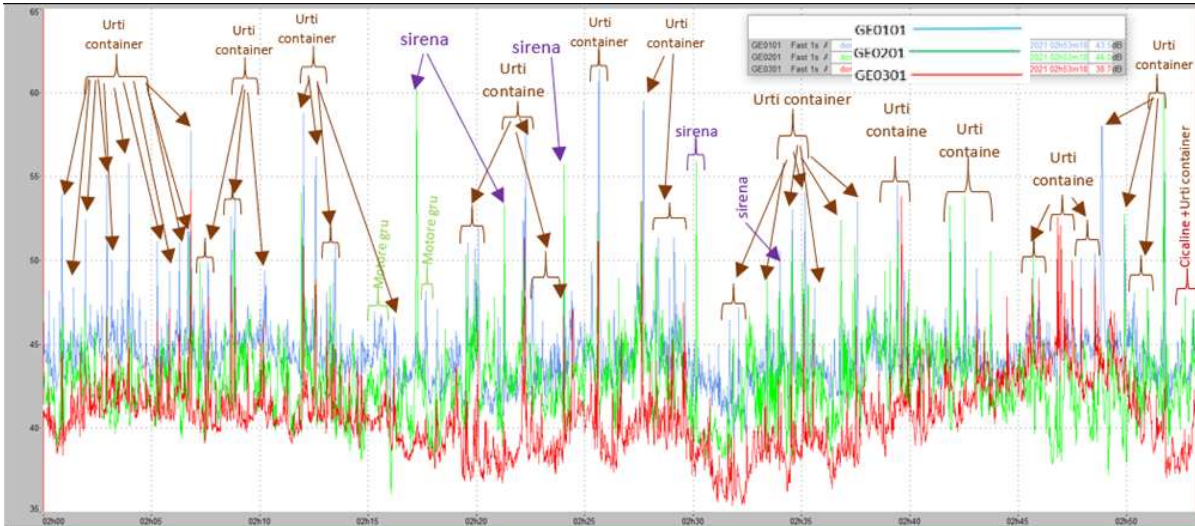


Figure 32: comparaison des tendances temporelles des niveaux de LAeq,1s

Journée du 02/06/2021

Les bateaux sources de bruit ont (Fig.33) :

- la 1^o a une longueur de 335 mètres et occupe la troisième et la quatrième colonne entre le 20.5° et le 32e berth mark
- la 2e est longue de 335 mètres et occupe les deux dernières colonnes côté levant entre 35.5° et 47° berth mark.



Figure 33 quai avec deux navires

La figure 34 montre le multispectre en bande 1/3 d'octave de sur 1 s en pondération linéaire (dB) et les évolutions temporelles des niveaux LAeq et Lpicto sur 1 s qui représentent les évolutions du climat acoustique sur les trois positions en considérant l'intervalle d'une heure.

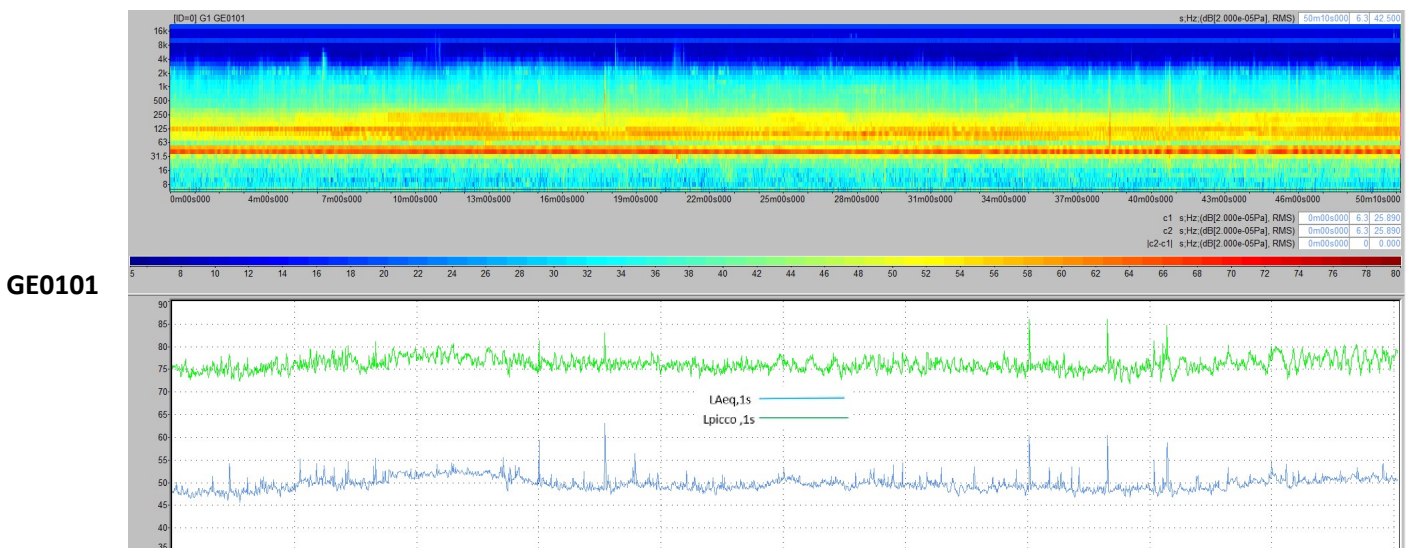
Dans cette configuration, on peut noter aux basses fréquences les effets principaux de la contribution sonore quasi continue, imputables aux installations actives des navires amarrés. C'est-à-dire, pour le poste le plus proche de la zone portuaire (GE0201), on observe des bandes de fréquence 1/3 d'octave les plus élevées (Leq>50 dB) à 31,5 Hz, 40 Hz, 50 Hz, 80 Hz, 100 Hz, 125 Hz, 160 Hz, 200 Hz, 250 Hz et 315Hz, une partie de ces bandes sont imputables aux moteurs des engins liés aux activités portuaires au moment du chargement ou du déchargement des conteneurs et sur le site collinaire (GE0101), les bandes de fréquences 1/3 d'octave les plus marquées sont à 40 Hz, 50 Hz, 80 Hz, 100 Hz, 125 Hz, 160 Hz, 200 Hz et 250 Hz, et sur le site GE0301 à 40 Hz, 50 Hz, 80 Hz, 100 Hz et 125 Hz.

Le tableau 14 donne les valeurs dans l'arc d'une heure des niveaux Leq, Lmax, Lmin, L1, L10, L90, L95, L99 pondérés A et LIN; contrairement à la configuration avec un seul navire qui était situé au centre du quai, on observe que cette configuration, avec un des navires les plus déplacés vers le côté est, émet sur le poste GE0201 des valeurs élevées tant en pondération A que en pondération LIN par rapport aux deux autres postes.

Dans la figure 35, les tendances temporelles des niveaux LAeq,1s sont indiquées pour comparer les niveaux de bruit relevés par les trois stations (répartition spatiale); comme on peut le constater, il n'y a pas de parfaite symétrie entre les variations des niveaux car ceux-ci dépendent de la dislocation des activités portuaires, c'est-à-dire qu'il y a des sources presque homogènes qui se déplacent en fonction des activités (par exemple le moteur des grues sur quai).

Tableau 14 valeurs horaires en présence de deux navires de Leq, Lmax, Lmin, L1, L10, L90, L95, L99 en pondération A et LIN

sites	Type de données	Pesée	Unit	Leq	Lmin	Lmax	L1	L10	L90	L95	L99
GE0101	Fast	A	dB	50	45,6	63	53,5	51,6	47,9	47,5	46,8
GE0201	Fast	A	dB	54	49,5	60,3	56,9	55,7	51,8	51,3	50,5
GE0301	Fast	A	dB	45,5	42,6	56,2	48,4	46,7	43,7	43,4	42,9
GE0101	Fast	LIN	dB	67,7	58,7	77,0	71,5	69,8	64,2	63,3	61,4
GE0201	Fast	LIN	dB	72,1	61,1	78,4	76,1	74,5	67,4	66,1	63,8
GE0301	Fast	LIN	dB	66,4	51,4	75,0	71,2	69,6	59,7	57,9	55,2



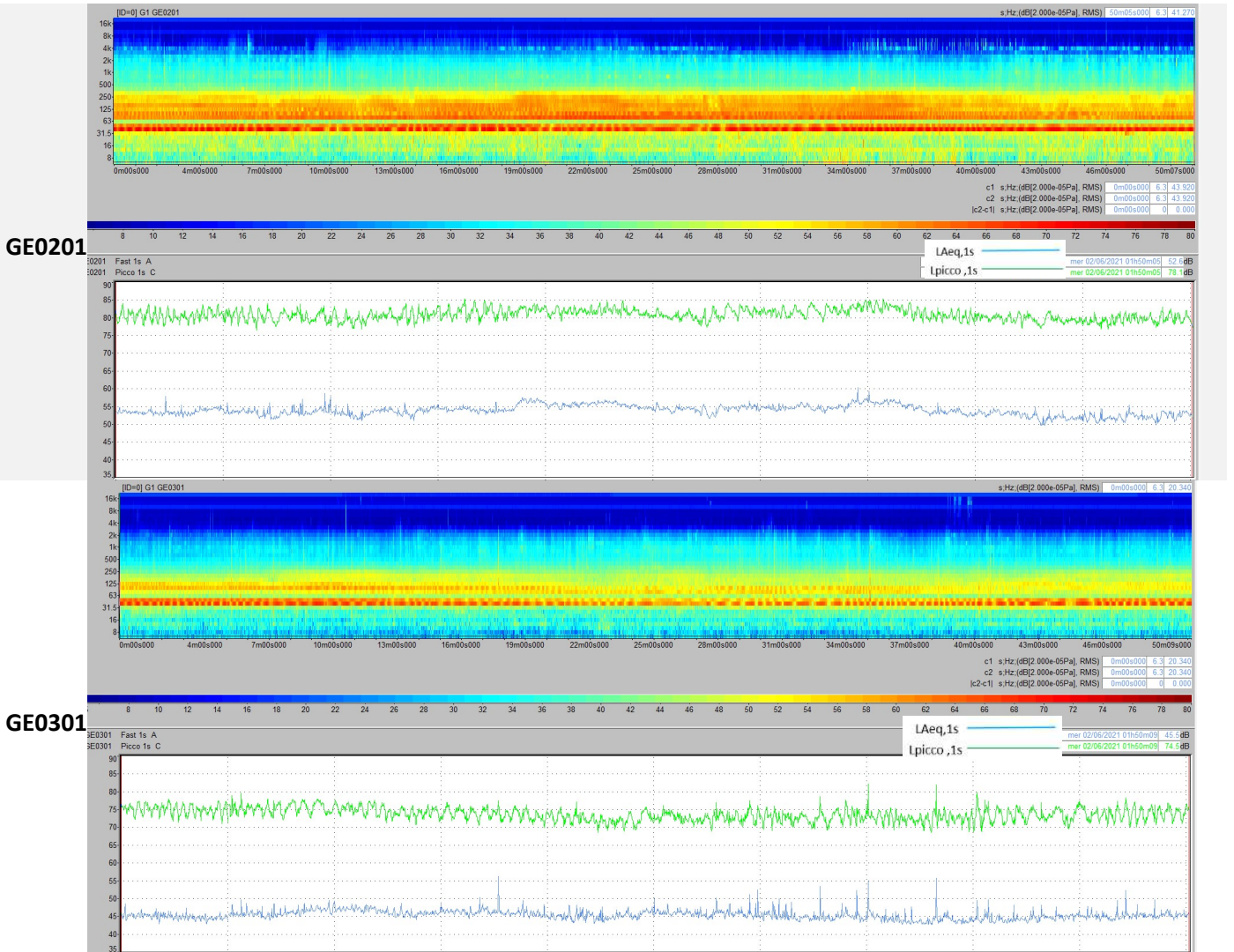


Figure 34: sonogrammes du Leq sur 1s (pondération linéaire, dB), niveau de Leq sur 1s (pondération A, dBA) et pic sur 1s (pondération C, dBC) pour la configuration de deux navires amarrés

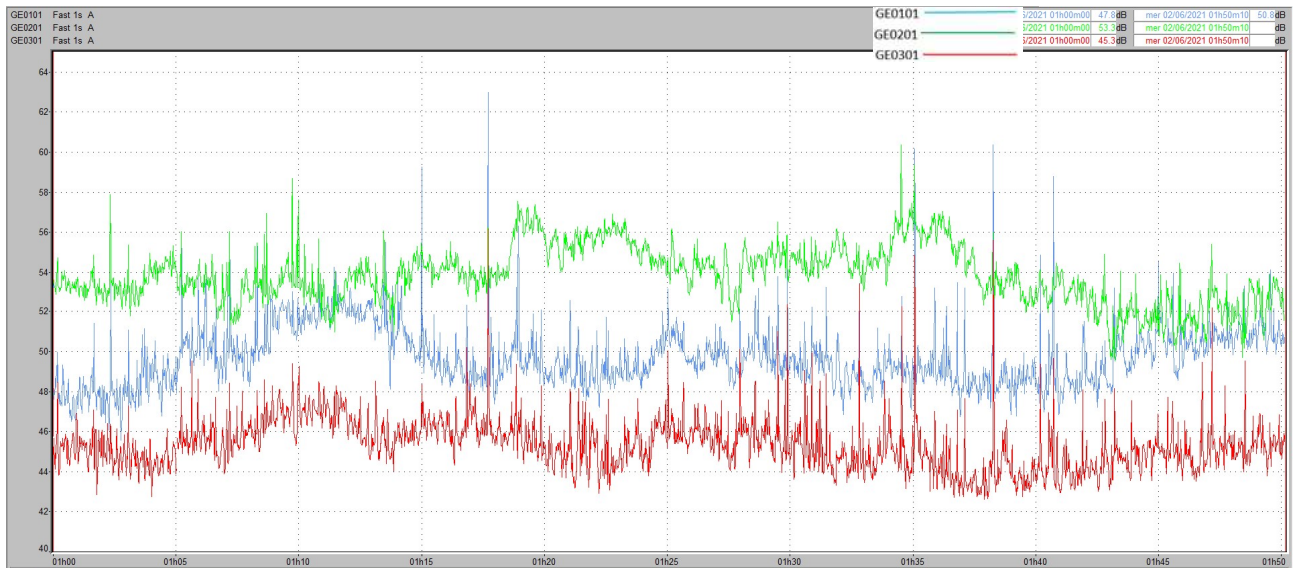


Figure 35 comparaison des tendances temporelles des niveaux LAeq,1s avec deux navires à quai des trois positions

Journée du 01/06/2021

Les bateaux-sources ont (Fig.36) :

- la première a une longueur de 369 mètres et occupe les deux premières colonnes côté ouest entre le 7° et le 19.5° berth mark;
- la deuxième longueur est de 335 mètres et occupe les troisième et quatrième colonnes entre le 20.5° et le 32° berth mark;
- la troisième est longue de 335 mètres et occupe les deux dernières colonnes côté levant entre 35.5° et 47° berth mark.

La figure 37 montre le multispectre en bande 1/3 d'octave de sur 1 s en pondération linéaire (dB) et les évolutions temporelles des niveaux LAeq et Lpicco sur 1 s représentant les évolutions du climat acoustique sur deux positions (ce jour précis, le poste GE0301 a été interrompu), la durée représentative est d'une heure

Dans cette configuration on peut identifier les effets principaux de la contribution sonore peu variables aux basses fréquences, imputables aux installations actives des bateaux amarrés et aux machines pour les activités portuaires. pour le poste le plus proche de la zone portuaire (GE0201), on note des bandes de fréquence 1/3 d'octave les plus marquées (Leq>50 dB) à 25Hz, 31.5 Hz, 40 Hz, 50 Hz, 63.5Hz, 80 Hz, 100 Hz, 125 Hz, 160 Hz, 200 Hz, 250 Hz et 315Hz, celui-ci enregistre mieux le bruit des moteurs des engins présents dans la zone portuaire ; sur le site vallonné (GE0101), les bandes de fréquence 1/3 d'octave les plus marquées sont à 31.5 Hz, 40 Hz, 50 Hz, 80 Hz, 100 Hz, 125 Hz, 160 Hz, 200 Hz et 250 Hz.

Le tableau 15 donne les valeurs de l'arc d'une heure des niveaux Leq, Lmax, Lmin, L1, L10, L90, L95, L99 pondérés A et LIN. Il est très intéressant, dans cette configuration où les trois navires occupent tout le quai, de noter une différence très significative des valeurs numériques de Leq et du bruit de fond (L90, L95, L99 mis en évidence en vert) pour les deux postes. Si l'on se limitait aux observations précédentes, on s'attendrait à ce que le poste GE0101 ait des valeurs plus élevées, tant en pondération A qu'en pondération LIN, par rapport au poste GE0201, étant donné que, outre le navire au centre du quai, il y en a un autre à l'ouest, tandis que le second souffre davantage du bruit des activités liées au chargement-déchargement des navires. À l'inverse, avec la même configuration, lorsque les activités

sont moins intenses, le poste GE0101 enregistre des valeurs plus élevées dues aux navires amarrés (paragraphe "jour du 07/06/2021).

Il est à noter encore que, le 2 juin 2006, l'un des trois navires à quai, le plus grand, a quitté et que deux sont restés amarrés, ce qui laisse supposer que les niveaux de bruit de fond ont baissé, ce qui n'est pas le cas. Au contraire, les valeurs de bruit de fond au poste GE0101, tant en pondération A que LIN, sont plus élevées que la veille avec trois navires (tableau 16). Cette observation s'explique par ce qui précède, à savoir la contribution prépondérante du bruit produit par les activités portuaires.



Figure 36 quai avec trois bateaux

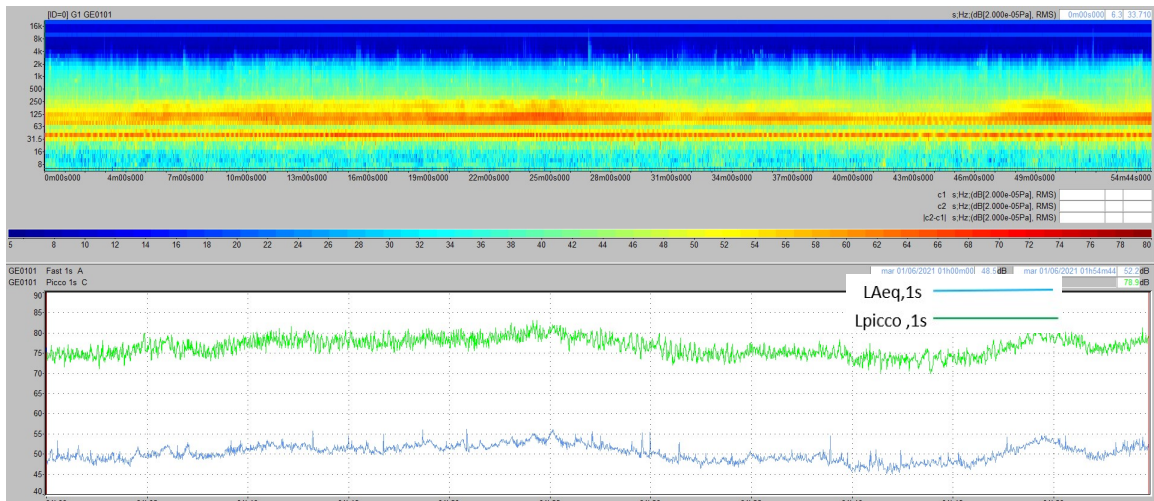
Tableau 15 valeurs horaires en présence de trois navires de Leq, Lmax, Lmin, L1, L10, L90, L95, L99 en pondération A et LIN

sites	Type de données	Pesée	Unit	Leq	Lmin	Lmax	L1	L10	L90	L95	L99
GE0101	Fast	A	dB	50,7	45,0	56,3	54,6	52,7	47,5	46,9	46,0
GE0201	Fast	A	dB	55,3	48,7	62,5	59	57,3	52,3	51,6	50,3
GE0301	Fast	A	dB								
GE0101	Fast	LIN	dB	67,4	55,5	74,7	72,1	69,9	62,4	61,1	58,8
GE0201	Fast	LIN	dB	73,4	65,8	85,0	79,9	75,1	69,9	69,2	67,9
GE0301	Fast	LIN	dB								

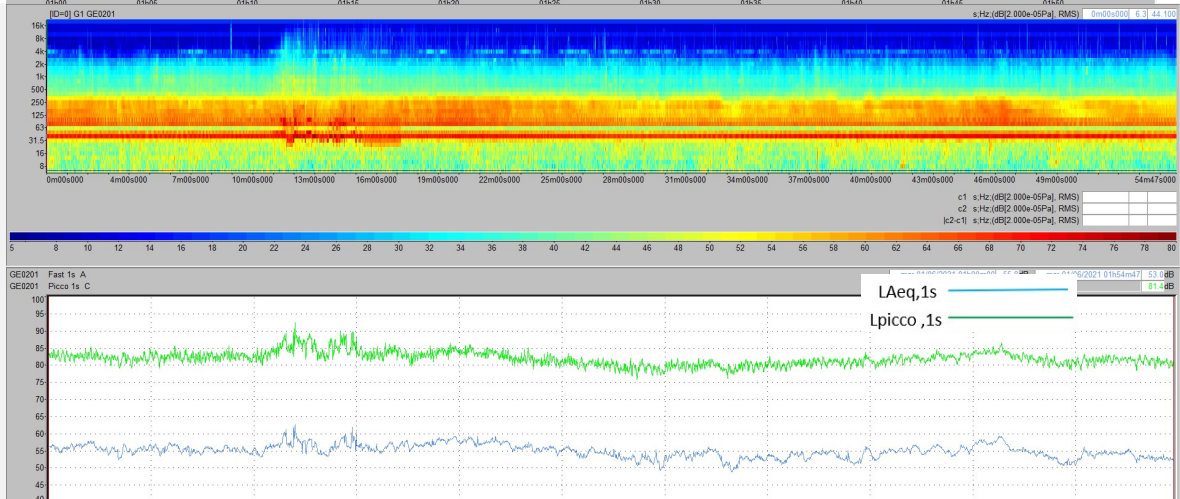
Tableau 16 Comparaison des valeurs horaires en présence de deux et trois navires de Lmin, L90, L95, L99 en pondération A et LIN (site GE0101)

sites	Conf.	jour	Type de données	Pesée	Unit	Lmin	L90	L95	L99
GE0101	tre navi	01/06/2021	Fast	A	dB	45,0	47,5	46,9	46,0
GE0101	due navi	02/06/2021	Fast	A	dB	45,6	47,9	47,5	46,8
GE0101	tre navi	01/06/2021	Fast	LIN	dB	55,5	62,4	61,1	58,8
GE0101	due navi	02/06/2021	Fast	LIN	dB	58,7	64,2	63,3	61,4

GE0101



GE0201



GE0301



**Interruptions
 dans les
 acquisitions
 phonométriques**

Figure 37 : sonogrammes du Leq sur 1s (pondération linéaire, dB), niveau de Leq sur 1s (pondération A, dBA) et pic sur 1s (pondération C, dBC) pour la configuration de trois navires amarrés

Dans la figure 38, les tendances temporelles des niveaux LAeq,1s sont indiquées pour comparer les niveaux de bruit relevés par les deux stations (répartition spatiale); comme vous pouvez le constater, le poste GE0201 a les valeurs les plus élevées sur toute la période considérée, mais dans l'intervalle 01h47 à 01h49, elles sont dépassées par celles du poste GE0101 parce que les activités ont subi une brève réduction. De plus, de 01h25 à 01h30, les deux tendances sont très proches.



Figure 38. Comparaison des tendances temporelles des niveaux LAeq,1s avec trois navires à quai

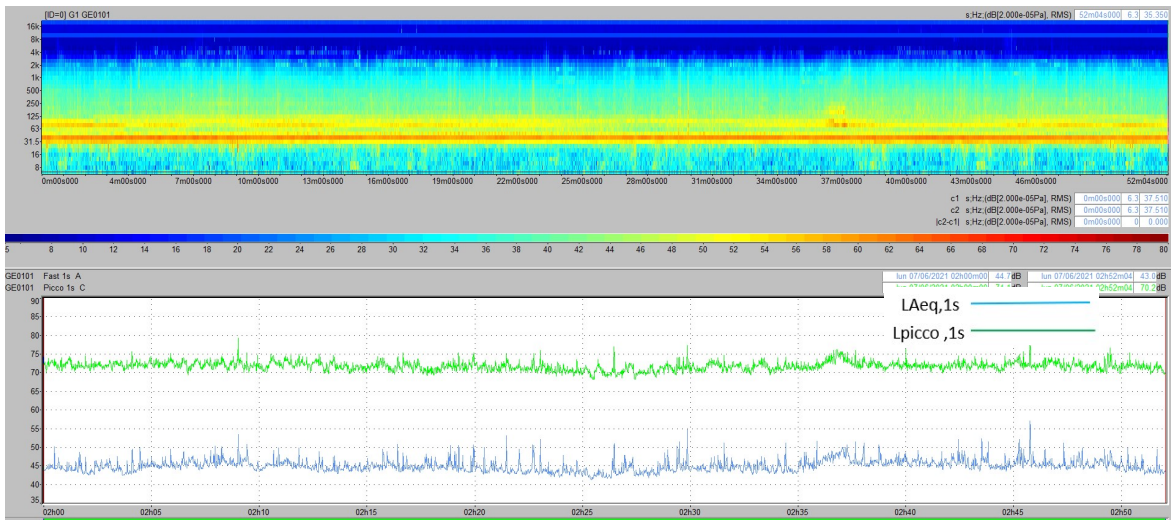
Journée du 07/06/2021

Dans la figure 39, la configuration apparaît très similaire à celle décrite ci-dessus (fig.36), mais les données, ne serait-ce qu'à une observation rapide du sonogramme et de l'évolution de la Leq (fig.40), s'avèrent être différentes, c'est-à-dire moins élevées, comme on peut le voir dans le tableau 17 (valeurs mises en évidence). Ces conditions de changement du climat acoustique se produisent également avec les autres configurations qui n'ont pas été rapportées ici (deux navires et un navire), ceci est des motifs pour lequel il convient de faire un suivi à long terme, pour avoir une analyse concrète sur le climat acoustique dans les zone portuaire.

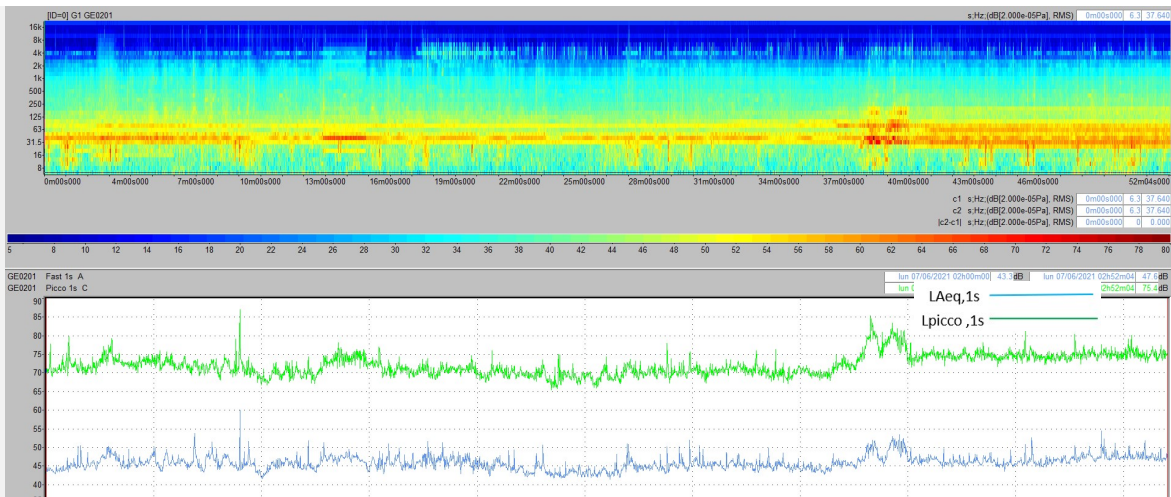


Figure 39 quai avec trois bateaux

GE0101



GE0201



GE0301

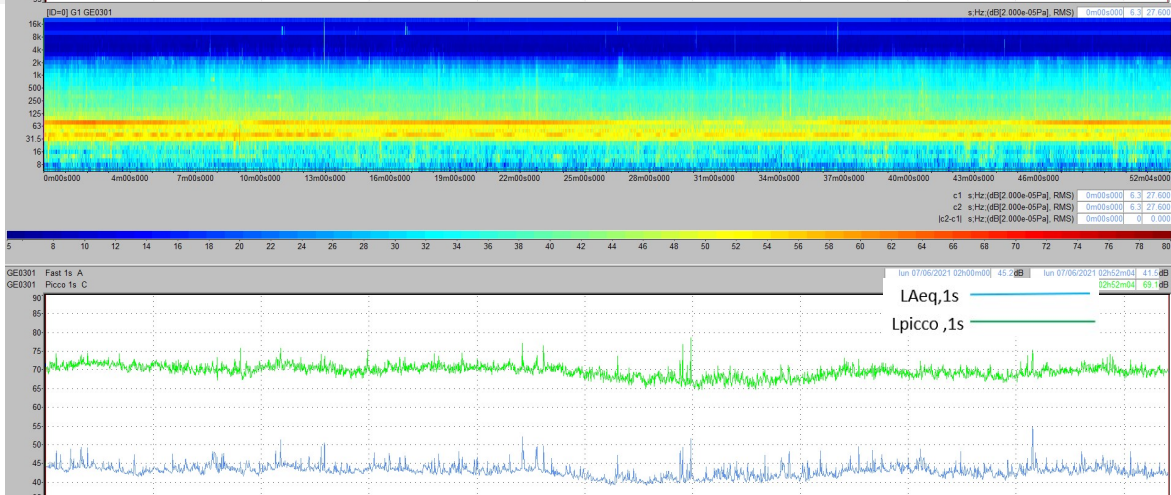


Figure 40 sonogrammes du Leq sur 1s (pondération linéaire, dB), niveau de Leq sur 1s (pondération A, dBA) et pic sur 1s (pondération C, dBC) pour la configuration de trois navires amarrés

Tableau 17 valeurs horaires en présence de trois navires de Leq, Lmax, Lmin, L1, L10, L90, L95, L99 en pondération A et LIN

sites	Type de données	Pesée	Unit	Leq	Lmin	Lmax	L1	L10	L90	L95	L99
GE0101	Fast	A	dB	45,3	41,2	57	50,3	46,8	43	42,7	41,9
GE0201	Fast	A	dB	46,2	41,4	60	51,3	47,8	43,5	42,9	42
GE0301	Fast	A	dB	43,2	39	54,6	48	44,5	40,8	40,2	39,6
GE0101	Fast	LIN	dB	63,4	58,0	72,9	67,3	65,1	60,9	60,4	59,6
GE0201	Fast	LIN	dB	65,0	52,7	83,0	73,9	67,5	58,1	57,1	55,2
GE0301	Fast	LIN	dB	61,3	50,3	71,1	66,4	63,7	56,2	55,1	53,4

Dans la figure 41, les tendances temporelles des niveaux LAeq,1s sont indiquées pour comparer les niveaux de bruit relevés par les trois stations (répartition spatiale);

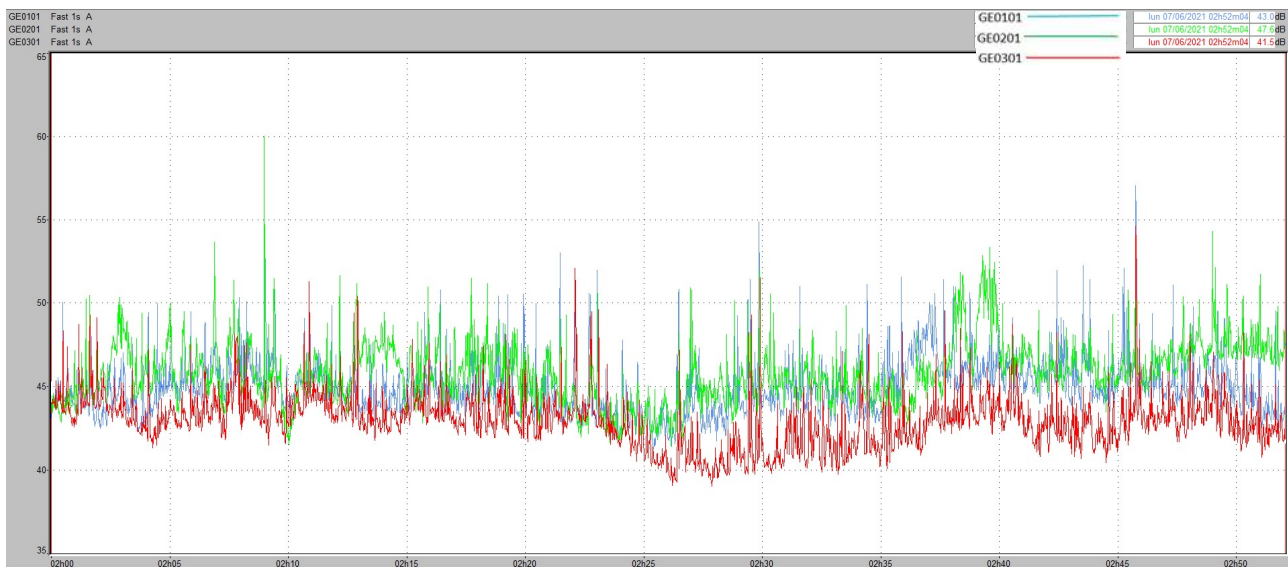


Figure 41 Comparaison des tendances temporelles des niveaux LAeq,1s avec trois navires à quai

Conclusion

Dans le cadre de ces travaux, les analyses des données des trois stations de mesure ont montré que:

- Dans la période journalière, le bruit du port n'est pas prédominant ;
- Au petit matin (h 4÷7.30), la contribution sonore qui s'avère être la plus importante est celle donnée par la faune, en particulier par le cri des oiseaux qui couvre le bruit qui vient du port ;
- Pendant la période nocturne durant laquelle les mesures tamisées ont été prises en compte, c'est-à-dire considérer uniquement le bruit produit par les activités portuaires ; des bruits impulsifs provoqués par des chocs de conteneurs et par plusieurs sirènes ont été détectés ;
- Dans les trois configurations considérées (avec un navire amarré, deux ou trois), l'impact sur le poste proche au port et sur le poste de collines varie en fonction du nombre de navires, de leur position mais surtout des activités portuaires connexes. ;
- Comme il a été exposé précédemment, aux jours 01/06 et 07/06/2021 les configurations sont égales mais l'impact sur les différents postes diverge parce que le poste GE0101 en colline rapporte des valeurs plus réduites que le GE0201 le premier jour et plus élevées le second parce que les machines opérant au port sont moins ;

- Au jour 02/06/2021, bien que soit partie le plus grand bateau des trois navires amarrés, le poste GE0101 présente des valeurs plus élevées que celles du 01/06/2021 (avec les mêmes navires, tous trois à quai) car les activités portuaires s'avèrent plus intenses.

En fin de compte, il convient de procéder à des mesures à long terme afin d'analyser avec précision les différentes contributions sonores provenant de la zone portuaire et de son environnement.