

## **TRIPLO PLUS**

***“TRasporti e collegamenti Innovativi e  
sostenibili tra Porti e piattaforme  
LOgistiche - PLUS”***

***Prodotto T2.5.1 - "Rapport sur les  
évaluations de l'efficacité des actions de  
demonstration”***

***Édité par ILC CNR  
avec la contribution de Lucense***

## Résumé

### **1 Description de l'intervention et des activités dans la province de Lucques 3**

#### **1.1 Choix de l'intervention de démonstration locale 4**

#### **1.2 Installation des capteurs acoustiques 5**

#### **1.3 Description et exportation des données acoustiques recueillies avant et après l'intervention 6**

#### **1.4 Efficacité de l'intervention de démonstration et comparaison avec des initiatives similaires 8**

### **2 Description de l'intervention et des activités dans le port de Toulon 11**

### **3 Enquête de perception 18**

## 1. Description de l'intervention et des activités dans la province de Lucques

Comme déjà présenté dans les produits T2.3.1 - "Rapport de collecte de données physiques et perceptuelles ex ante" et 2.4.1 "Rapport de collecte de données physiques et perceptuelles ex post", TRIPLO PLUS vise à tester des solutions opérationnelles pour l'application de stratégies de confinement et d'atténuation de la pollution sonore dans les différents contextes représentés par les réalités territoriales des partenaires du projet.

En ce qui concerne l'intervention dans la zone de la province de Lucques, décrite dans le produit T2.3.1, plusieurs options ont été étudiées pour identifier la zone de démonstration la plus cohérente avec les objectifs du projet, qui déjà par son titre nous rappelle "Transport innovant et durable et connexions entre les ports et les plates-formes logistiques" l'importance du transport de marchandises.

Par conséquent, les principales contraintes qui ont été prises en considération sont les suivantes:

- la présence d'un flux important de trafic de poids lourds ;
- le fait que ce flux est lié à un processus de distribution d'un produit provenant du port de Livourne ;
- la présence d'un niveau important de nuisances sonores, signalées notamment par la population ;
- la présence de sites pertinents et de personnes exposées (récepteurs sensibles) ;

Les routes sélectionnées pour lancer l'étude sont toutes situées dans la municipalité de Capannori, car c'est là que se trouve le principal pôle papetier italien, en particulier pour la production de papier de soie. En effet, c'est là que se trouvent les destinataires d'une partie importante de la pâte à papier du port de Livourne (80 % de la production nationale de papier de soie se trouve à Lucques), ainsi que les destinataires du papier kraft pour la production de carton ondulé (40 % de la production nationale de carton ondulé se trouve à Lucques).



*Figure 1 Débarquement de pâte à papier et de papier kraft dans le port de Livorno (@courtesy Luigi Angelica)*

Le projet TRIPLO PLUS a exclu, pour les raisons décrites dans le produit T2.3.1, les principales artères de la zone de la Commune de Capannori et s'est concentré sur le trafic routier lourd qui est distribué dans un réseau de routes secondaires, composé de routes locales, qui désengage à la fois les transits et les accès. Le choix de Via di Carraia représente, pour une série de raisons rapportées dans le produit T2.3.1, l'identification d'un état de la route statistiquement répandu dans la plaine de Lucques, illustrant ainsi les problèmes que les mouvements de véhicules lourds causent à la population résidente.



*Figure 2 - Véhicule de transport de marchandises sur la Via di Carraia*

## 1.1 Choix de l'intervention de démonstration locale

Conformément aux indications du plan stratégique TRIPLO in TRIPLO PLUS, on a opté pour une intervention de démonstration locale sur l'une des composantes de la source de bruit représentée par le revêtement routier, car il s'agit d'une solution plus facile par rapport à des interventions de nature différente (par exemple, des actions sur la voie de propagation du bruit ou par des travaux d'amélioration acoustique au niveau du récepteur). L'administration provinciale, en accord avec la municipalité de Capannori, a ordonné la pose d'un revêtement insonorisant dans la Via di Carraia, sur environ 200 mètres devant l'école maternelle locale, au numéro 291.



*Figure 3 Via di Carraia, zone de démonstration pendant la pose de l'enrobé phonique.*



*Figure 4 - Via di Carràia, zone de démonstration après la pose de l'asphalte insonorisant. A droite sur la photo, l'emplacement de l'école principale bénéficiant de l'intervention.*

## 1.2 Installation du capteur acoustique

Le 10 janvier 2023, la campagne de collecte de données acoustiques a débuté par l'installation d'un capteur à l'école susmentionnée. Ce capteur a été placé à côté du bâtiment scolaire, à environ 15 mètres de la façade de la rue, à une hauteur de 4 mètres, de manière à ce que le paysage sonore du site de démonstration soit bien représenté et que des données sur les changements après la pose de

l'asphalte phono-absorbant puissent être collectées.



Figure 5 - Capteur acoustique à faible coût installé dans la Via di Carraia près de l'école

Le capteur acoustique bon marché présente de bonnes performances en termes de précision et de fiabilité, décrites dans le produit T2.3.1. Le capteur est connecté à une plateforme en nuage (appelée Noisemote <https://www.noisemote.com/it/noisemote>) qui permet de collecter et d'historiser les données, de les visualiser, de les traiter de différentes manières et de les télécharger.

### **1.3 Description et exportation des données acoustiques collectées avant et après l'intervention**

Le menu principal de la page d'accueil permet d'accéder aux sections suivantes :

- Données historiques pour visualiser les données historiques à partir de la date d'activation
- Statistiques pour visualiser les données agrégées selon les indicateurs européens
- Temps réel pour visualiser les données en temps réel

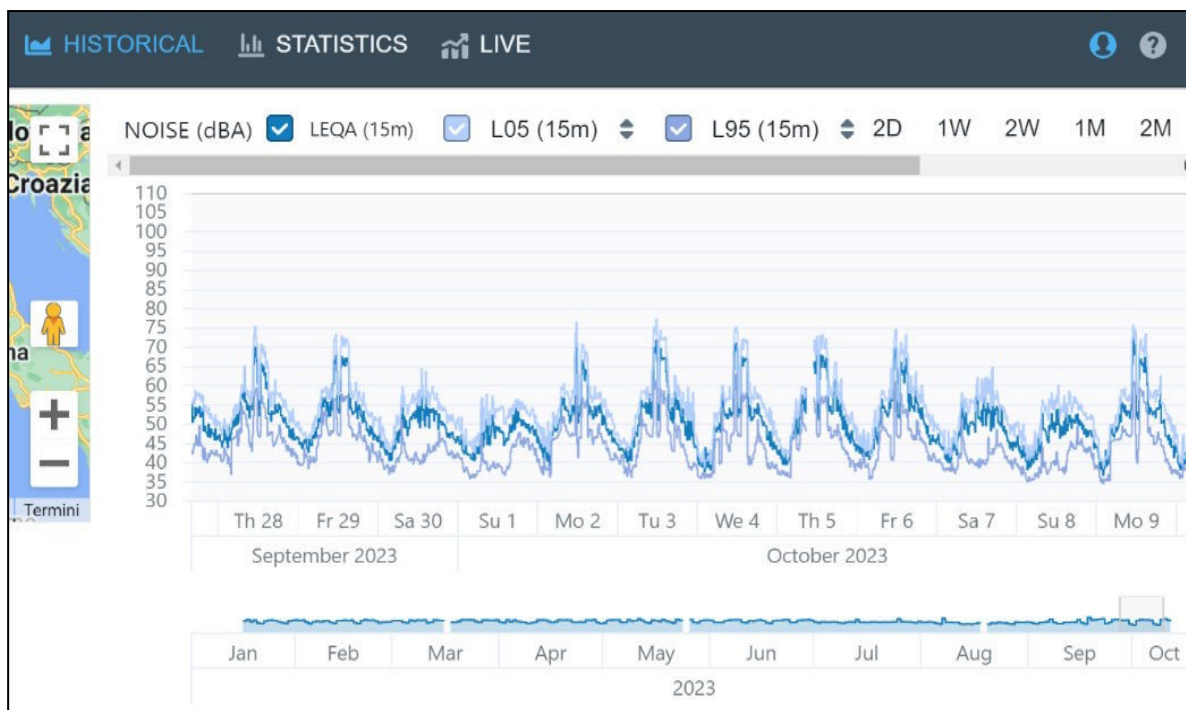


Figure 6- Affichage des données statistiques recueillies par le capteur acoustique dans la Via di Carraia entre le 28/9 et le 9/10/2023.

Les données collectées après le début des travaux d'asphaltage (21/9/2023) et le rétablissement des conditions normales de circulation des véhicules (28/9/2023) constituent la base de données ex post à laquelle les données ex ante ont été comparées.

Les images suivantes montrent les variations de bruit enregistrées à différents moments de la période de surveillance.

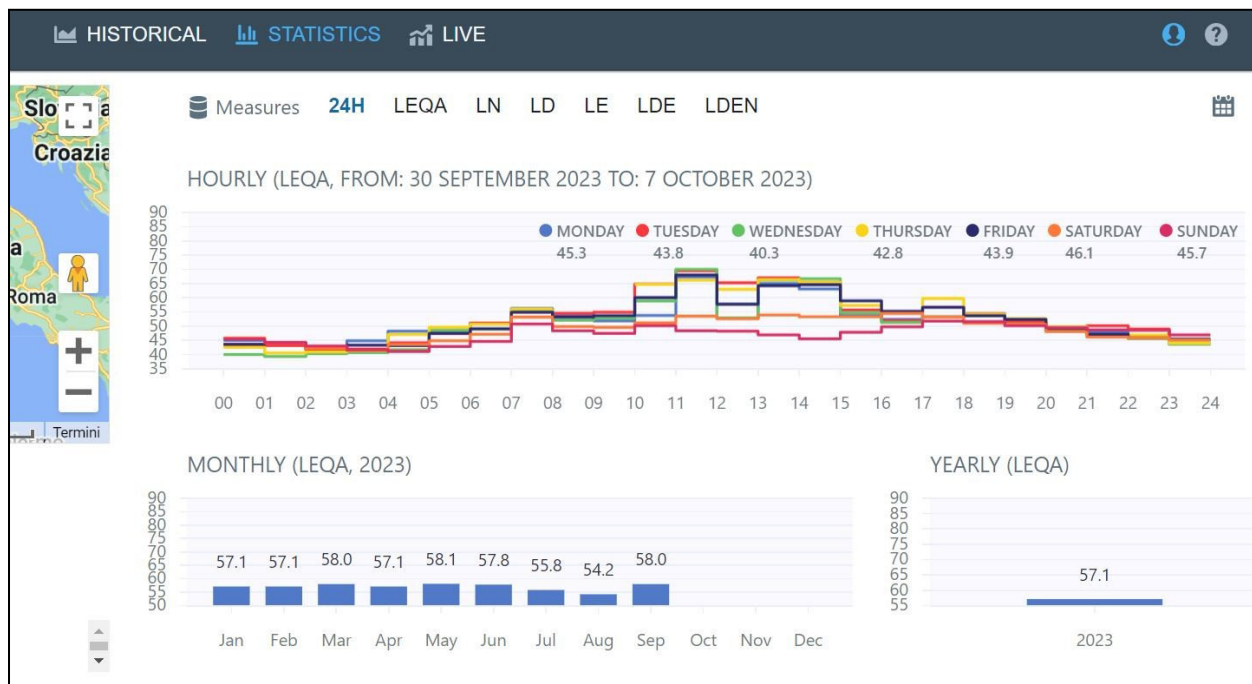


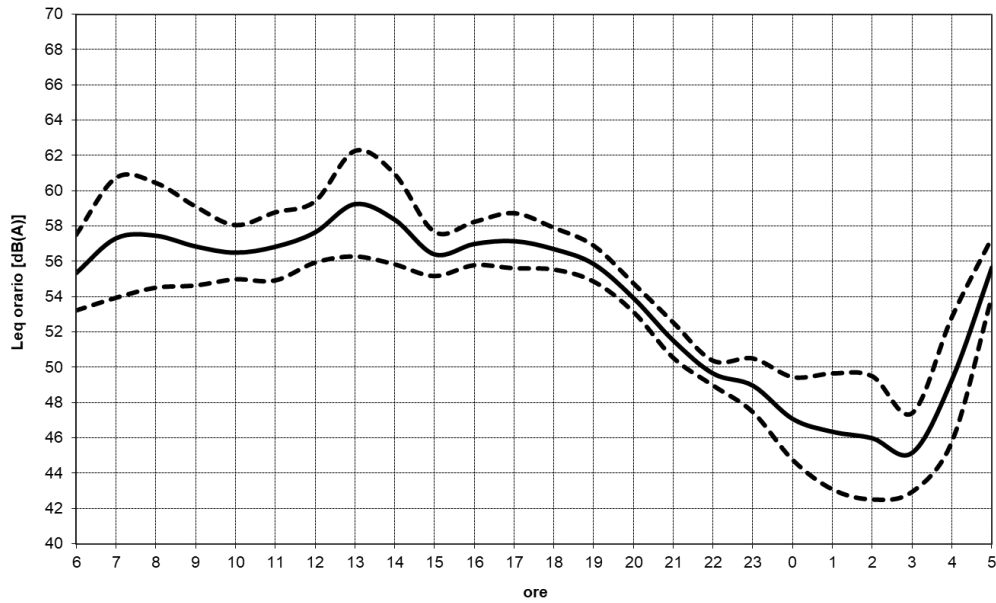
Figure 7 - Contrôle sur une semaine

Déduction faite de la contribution en termes de bruit produite par les enfants présents à l'extérieur du bâtiment scolaire, le bruit enregistré représente la composante dérivant du transit des véhicules sur la route, à une distance d'environ 15 mètres de la chaussée, et configure un niveau d'émission moyen conforme aux dispositions de la classification acoustique municipale. Il convient toutefois de noter que, dans les données enregistrées, il est facile de distinguer les pics de bruit causés par le transit des véhicules utilitaires lourds, qui représentent la composante critique du trafic dans la perception de la population qui y vit, ainsi que le long des routes ayant des caractéristiques similaires à celles de via di Carraia.

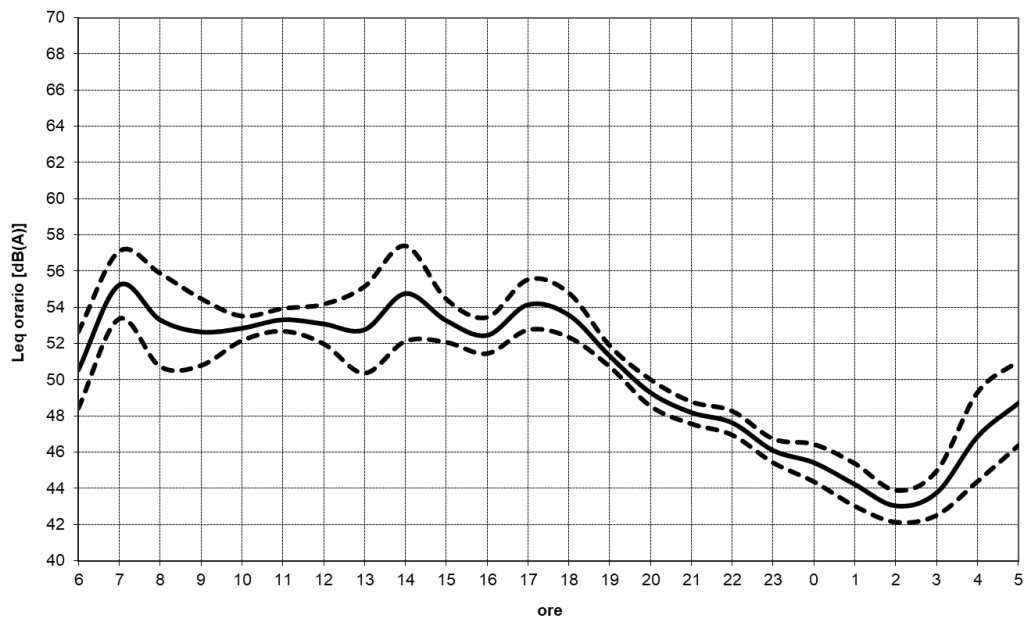
#### 1.4 Efficacité de l'intervention de démonstration et comparaison avec des initiatives similaires

Afin de résumer les données collectées au cours des journées de contrôle ex ante et ex post, quelques graphiques correspondant à une journée type de 24 heures sont présentés ci-dessous.





*Figure 8 Moyenne horaire ± écart-type ante operam*



*Figure 9 Moyenne horaire ± écart-type post-opéram*

Les données enregistrées peuvent également être illustrées sous forme de tableau. Sur la base des données moyennes journalières, une diminution des niveaux de bruit d'environ 3,9 dB(A) est évidente.

	Ante operam [dB(A)]		Post operam [dB(A)]		Differenza post-ante operam [dB(A)]	
	(06-22)	(22-06)	(06-22)	(22-06)	(06-22)	(22-06)
<b>Lun</b>	54,2	49,5	52,0	45,2	-2,2	-4,3
<b>Mar</b>	53,8	49,0	51,2	46,8	-2,6	-2,2
<b>Mer</b>	57,1	49,5	53,0	46,1	-4,1	-3,4
<b>Gio</b>	57,3	51,7	54,1	46,1	-3,2	-5,6
<b>Ven</b>	58,3	50,1	52,5	46,9	-5,7	-3,2
<b>Sab</b>	57,8	50,4	52,9	45,9	-4,9	-4,5
<b>Dom</b>	57,2	49,4	53,7	45,4	-3,5	-4,0

*Tableau 1 Comparaison des moyennes journalières ante- et postoperam*

	Media ante operam [dB(A)]	Media post operam [dB(A)]	Differenza post-ante operam [dB(A)]
<b>Diurno</b>	56,8	52,9	-3,9
<b>Notturmo</b>	50,0	46,1	-3,9

*Tableau 2 Moyennes hebdomadaires comparées ante et post opératoire*

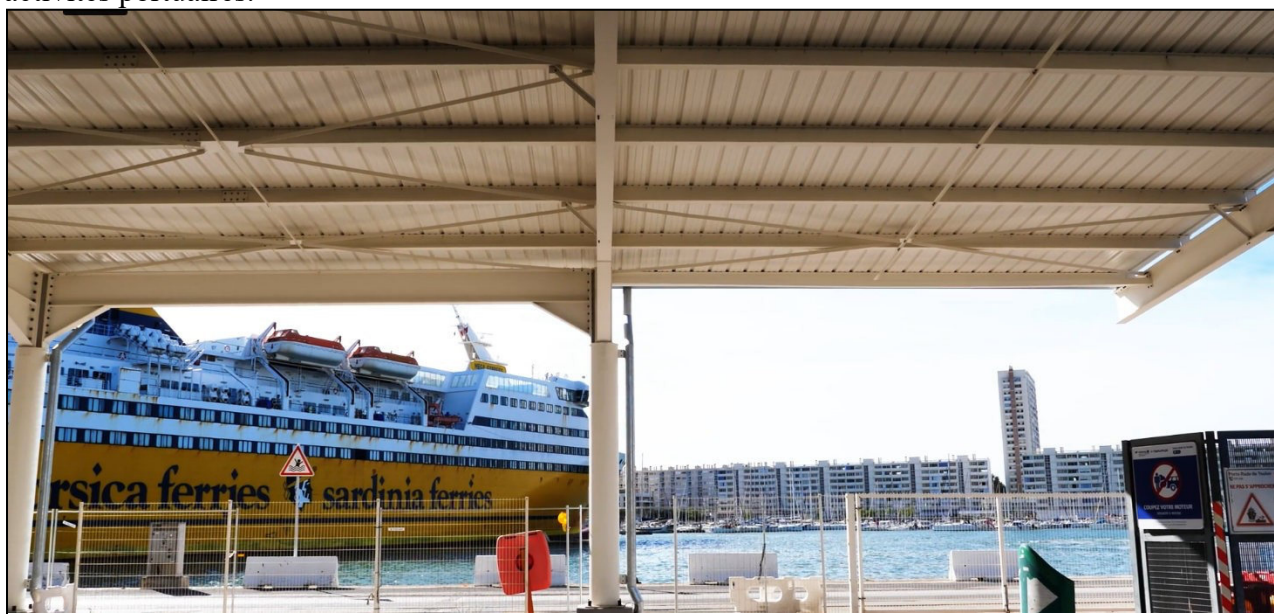
Compte tenu de la courte période pendant laquelle les enregistrements sonores ex post ont été effectués, la comparaison ex ante et ex post a été basée sur des données enregistrées pendant un nombre limité de jours (28/9/2023-12/10/2023 : 15 jours). Pour une meilleure précision du niveau de la différence ex ante/ex post, il aurait été nécessaire de disposer d'un plus grand nombre de semaines d'enregistrement après l'intervention afin de comparer avec d'autres dans le passé. Outre une plus grande disponibilité de jours d'enregistrement, d'autres facteurs susceptibles d'améliorer la qualité des données sont le recalibrage du capteur installé depuis près d'un an et un rééchantillonnage plus complet des données. Avec de telles opérations, les données pourraient être plus précises avec une différence de  $\pm 0,5$  dB(A). Par contre, la différence appréciée est néanmoins considérable et conforme aux attentes techniques avant l'opération d'asphaltage. En fait, les résultats obtenus au niveau international au cours des 20 dernières années montrent de manière assez cohérente que l'utilisation d'enrobés phoniques produit une réduction du bruit comprise entre -2 dB et -8 dB par rapport à d'autres revêtements conventionnels, conformément aux évaluations de la Commission européenne, élaborées dans le cadre du projet PHENOMENA : Assessment of Potential Health Benefits Of Noise Abatement Measure s et aux conclusions de divers projets de démonstration, par exemple LIFE MONZA , LIFE NEREIDE .

## 2 Description de l'intervention et des activités dans le port de Toulon

Le port de Toulon est l'un des plus grands ports de commerce de France. Dans une rade protégée par un brise-lames de plus de 1,2 km, totalement récifal, se trouvent de nombreux postes à quai tels que : Darse Vieille, Darse du Mourillon, La Seyne sur Mer, Port Pin Rolland et Saint Mandrier sur Mer, ainsi que de nombreuses escales commerciales.

Les zones portuaires couvertes par TRIPLO PLUS sont celles liées au trafic de passagers vers et depuis la Corse, où accostent les ferries et où embarquent et débarquent les voitures.

Dans l'ensemble, le site de démonstration portuaire représente un type de cas très courant dans le contexte de la zone de coopération, où les ports sont souvent construits à côté de zones bâties et créent ainsi une situation où il y a de nombreux récepteurs résidentiels du bruit généré par les activités portuaires.

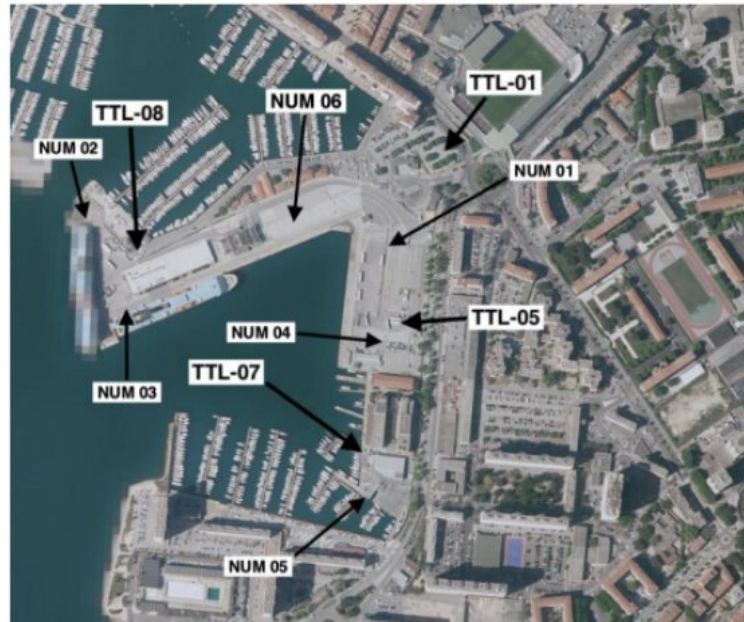


*Figure 10 - Port de Toulon*

Le port de Toulon est l'un des plus grands ports de commerce de France. Dans une rade protégée par un brise-lames de plus de 1,2 km, totalement récifal, se trouvent de nombreux postes à quai tels que : Darse Vieille, Darse du Mourillon, La Seyne sur Mer, Port Pin Rolland et Saint Mandrier sur Mer, ainsi que de nombreuses escales commerciales.

Les zones portuaires couvertes par TRIPLO PLUS sont celles liées au trafic de passagers vers et depuis la Corse, où accostent les ferries et où embarquent et débarquent les voitures.

Dans l'ensemble, le site de démonstration portuaire représente un type de cas très courant dans le contexte de la zone de coopération, où les ports sont souvent construits à côté de zones bâties et créent ainsi une situation où il y a de nombreux récepteurs résidentiels du bruit généré par les activités portuaires.



*Figure 11 - Localisation des points de mesure du bruit*

La figure 11 montre les points de mesure de la première étude dans le cadre du projet TRIPLO (2020) comme TTL, et les points inclus dans TRIPLO PLUS comme NUM.

Les études ont révélé la présence de trois sources de bruit pertinentes :

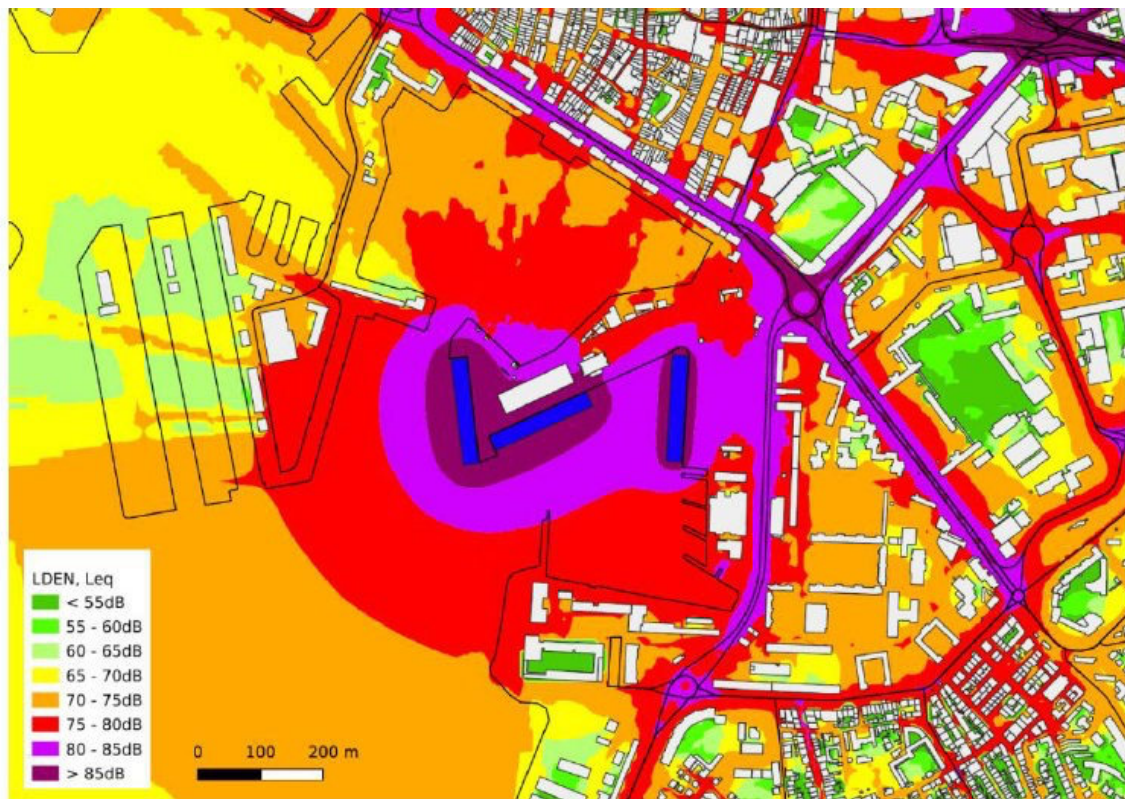
- la mise à l'eau de bateaux de plaisance ayant terminé leur carénage ;
- les annonces microphoniques (dont la contribution n'apparaît pas sur les cartes car elle est trop ponctuelle mais sur laquelle une amélioration technique serait très importante) ; le trafic routier dans la zone urbaine proche du port.

Les conclusions de cette première phase de mesure confirment les résultats d'une précédente étude commandée par la CCI VAR à la société Bluewave en 2020 dans le cadre du projet TRIPLO et affinent certaines réflexions qui avaient déjà émergé à l'époque concernant la qualification des bruits émis dans la zone portuaire, en particulier la pertinence de la transmission des bruits à basse fréquence.

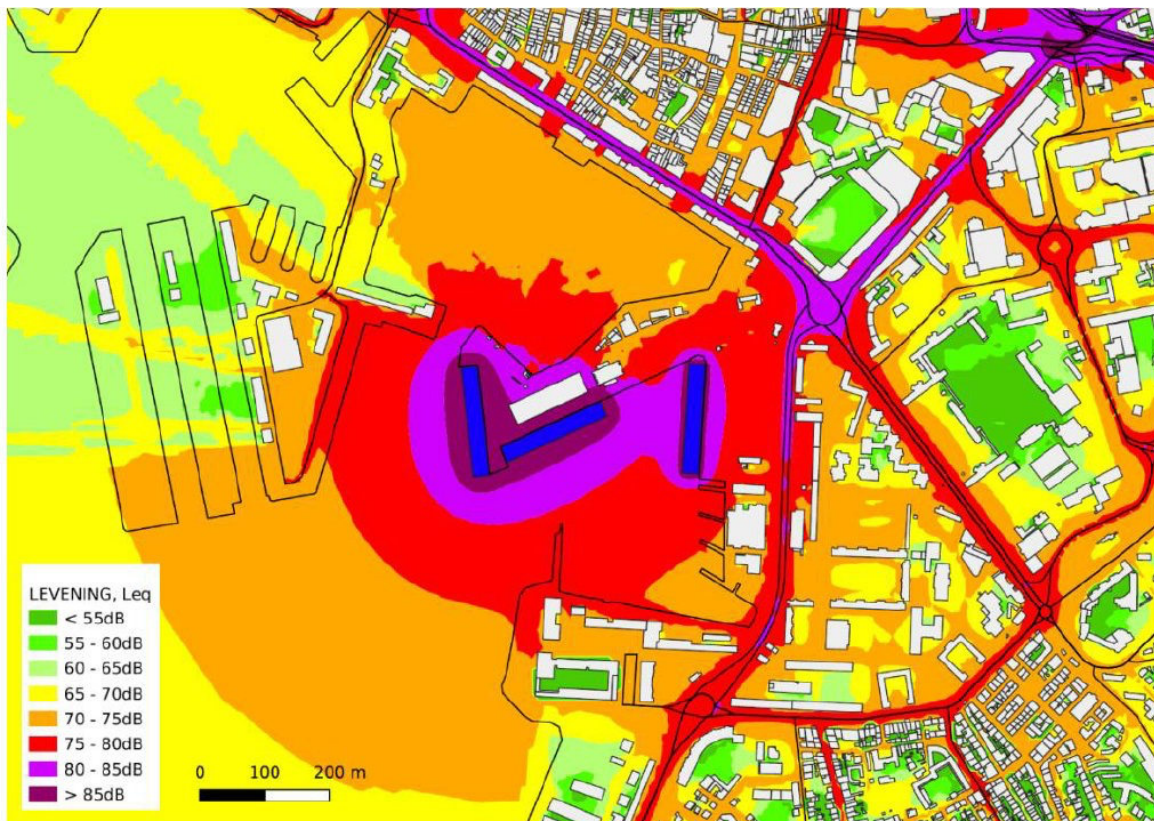
La seconde campagne de mesures réalisée en juillet a permis à CCI VAR de confirmer l'identification des sources de bruit les plus pertinentes produites dans le port et de représenter avec une grande précision les différents bruits produits par le port en pleine activité. Les mesures effectuées au cours de l'étude montrent que le bruit généré par les grands axes routiers autour de la zone portuaire a également joué un rôle dans la nuisance sonore globale subie par les résidents, et il est généralement confirmé que les personnes vivant le plus près de l'installation portuaire sont effectivement soumises à des niveaux de bruit élevés tout au long de l'année. Le bruit des moteurs auxiliaires des ferries y a également contribué par le passé. Toutefois, l'atténuation de ce bruit a fait l'objet d'un investissement progressif dans un système de repassage à froid qui fournit de l'électricité aux navires à quai pour leur permettre d'arrêter tous les moteurs à bord. Il s'agit d'un système complexe qui comprend l'infrastructure électrique dans les ports, l'infrastructure électrique à bord des navires et des solutions pour assurer le transfert sûr et ininterrompu de l'électricité..

En fait, la modélisation montre - à l'échelle annuelle - que les contributions des activités portuaires aux niveaux de bruit dans les zones non portuaires sont relativement faibles. Cependant, il faut garder à l'esprit que toutes les cartographies sont des moyennes. Elles ne permettent pas de représenter fidèlement le bruit généré par les sources portuaires (microphones, balises acoustiques de mise à l'eau des bateaux de plaisance) qui sont beaucoup plus occasionnelles et sur une courte durée d'émission.

Ces sources peuvent générer des nuisances sonores importantes pour les habitants sans pour autant apparaître clairement sur les cartes produites selon la réglementation en vigueur. Il est donc important d'identifier ces sources ponctuelles et de travailler à leur atténuation.



*Figure 12 Carte de bruit LDEN en dB - Toute source*



*Figure 13 Carte sonore de LEVENING en dB - Toute source*

La principale intervention réalisée dans le cadre du projet TRIPLO PLUS visait en fait à atténuer la source de bruit due aux voitures stationnées en attendant l'embarquement, afin d'inciter à l'arrêt du moteur. Le port de Toulon a en effet aménagé une vaste zone avec une structure d'ombrage dans laquelle les voitures peuvent s'arrêter avant l'embarquement.



*Figure 14 Auvent avec voitures en attente d'embarquement (détail 1)*

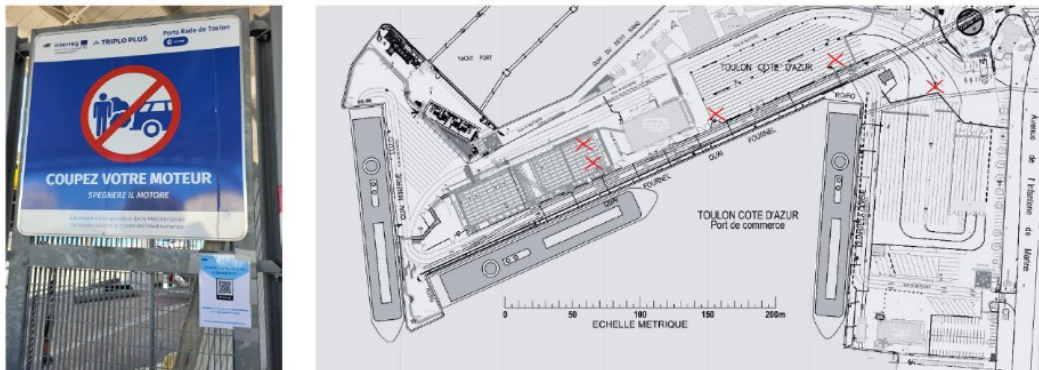


*Figure 15 Auvent avec voitures en attente d'embarquement (détail 2)*



*Figure 16 Auvent avec voitures en attente d'embarquement (détail 3)*

Les mesures TRIPLO PLUS ont permis de financer la construction de quelques panneaux d'information invitant les passagers à éteindre le moteur de leur voiture.



*Figure 17 - Emplacement des panneaux indiquant de couper le moteur*

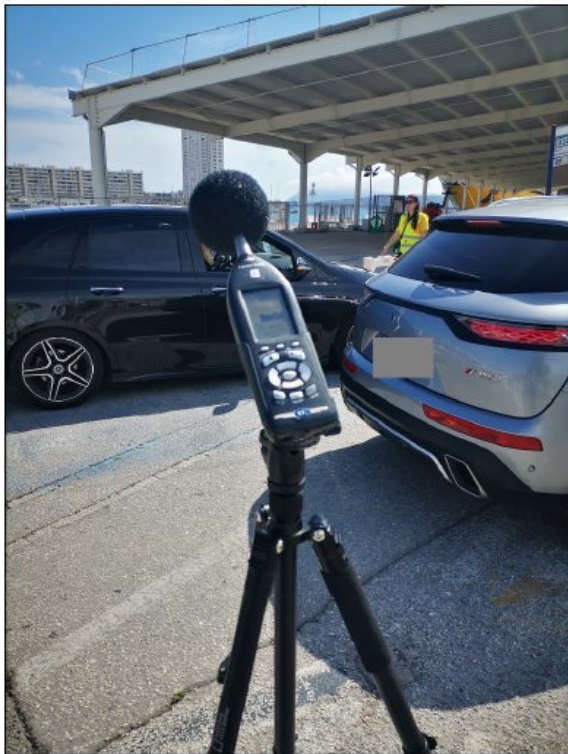


*Figure 18 - Panneau indiquant de couper les moteurs*

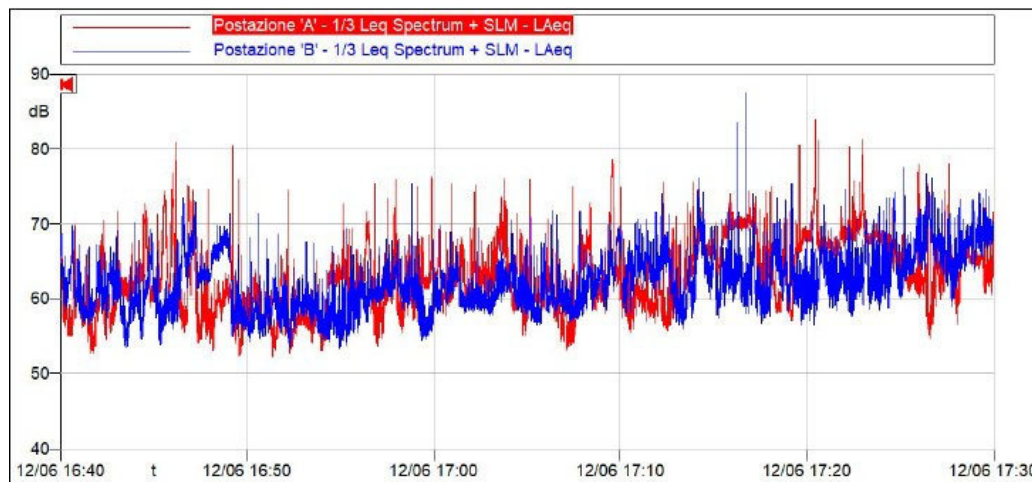
Cette conclusion de l'étude commandée par la Chambre confirme la validité du choix de TRIPLO PLUS de travailler à la réduction du bruit des voitures présentes à l'embarquement.

Pour cette infrastructure, une campagne de mesures avec des sonomètres a été réalisée pour le compte de l'Institut de linguistique informatique "A. Zampolli" du Conseil national de la recherche par la société ACCON Italia S.r.l..





*Figure 19 - Sonomètres pour l'étude des toiles d'ombrage*



*Figure 20- Tracé temporel dB(A) des sonomètres*

L'image de la figure montre le spectrogramme de la station A et le spectrogramme de la station B. La comparaison des deux diagrammes montre que les niveaux de bruit sont plus élevés à la station A qu'à la station B.

L'analyse des données acquises a montré des niveaux de bruit plus faibles à l'endroit situé sous la

canopée qu'à l'endroit exposé au soleil. La différence entre les deux niveaux était de 1,3 dBA sur l'ensemble de la période couverte par les mesures.

Enfin, il convient de mentionner qu'en ce qui concerne l'autre bruit indiqué comme l'un des plus gênants pour la population locale, à savoir le bruit causé par les haut-parleurs, TRIPLO PLUS a lancé une première étude sur les positions des haut-parleurs et a défini quelques recommandations concernant l'installation des futurs haut-parleurs en termes de position, d'orientation et d'intensité sonore.

## 2 Détection perceptive

Il est important de souligner que la perception du bruit est influencée par un certain nombre de facteurs, notamment subjectifs et contextuels. Par exemple, le confort climatique peut contribuer à une prédisposition positive à l'égard du paysage sonore environnant, mais ce n'est qu'un des nombreux éléments qui contribuent à façonner la perception du bruit dans un contexte donné. En fait, même si le confort climatique peut jouer un rôle positif dans la perception du paysage sonore, d'autres facteurs tels que la qualité de l'environnement sonore, la présence de mesures d'atténuation du bruit et la sensibilité individuelle spécifique jouent un rôle important dans l'élaboration de la perception acoustique globale. En ce qui concerne le confort climatique, dans des conditions défavorables, les sens humains, y compris l'ouïe, ont tendance à être plus sensibles et réactifs. À l'inverse, une température agréable et l'absence de facteurs environnementaux défavorables peuvent contribuer à réduire le niveau global de stress physiologique. Cet état de confort physique peut augmenter le seuil de tolérance au bruit et influencer la perception subjective de l'environnement acoustique. En outre, dans un contexte de confort climatique, les gens ont tendance à être plus détendus et plus prédisposés à une perception positive de leur environnement, car cet état d'esprit favorise une plus grande ouverture d'esprit pour percevoir le bruit d'une manière moins invasive et moins gênante. C'est dans ce cadre que s'inscrivent les résultats des questionnaires réalisés dans le port de Toulon, d'où il ressort que 70% des automobilistes en attente d'embarquement ont suivi avec diligence l'instruction d'éteindre le moteur de leur véhicule, comme le demandait le questionnaire et comme le suggéraient les panneaux d'information placés à l'embarquement (comme le montre la Fig. 17). L'analyse des réponses concernant la perception du bruit, avec l'utilisation d'adjectifs tels que "régulier", "constant" et "acceptable", suggère que l'installation des panneaux d'ombrage a contribué positivement à l'amélioration de la perception de l'environnement acoustique dans les zones d'attente. Ces adjectifs indiquent une perception du bruit comme étant constant et uniforme, ce qui pourrait être attribué à l'efficacité de ces panneaux. Ainsi, la propension de la majorité des conducteurs à respecter l'instruction de couper le moteur pourrait être interprétée comme un signe d'appréciation par les passagers de la mesure d'atténuation des sources de bruit mise en place par le VAR. Toutefois, pour obtenir une évaluation plus complète de l'efficacité des mesures de réduction du bruit mises en œuvre, il serait souhaitable de mener d'autres enquêtes ou entretiens afin de recueillir des commentaires supplémentaires de la part des passagers. Cette approche permettrait de mieux comprendre l'expérience générale des passagers et d'évaluer plus précisément l'efficacité des mesures antibruit mises en œuvre. Cette collecte de données supplémentaires pourrait fournir des informations complémentaires sur la perception acoustique et le confort des passagers dans le port de Toulon.

### **Références techniques**

Réalisation de campagnes de mesures, modélisation et analyse du bruit sur le terminal passagers du port de Toulon, rapport technique réalisé par Numtech en 2023 pour le compte de la CCI VAR (TRIPLO PLUS)

Mesures ponctuelles sur le port de Toulon, étude technique réalisée par ACCON Italia pour le compte de l'ILC - CNR (TRIPLO PLUS)

Cartographie du bruit, rapport technique réalisé par Bluewave en 2021 pour la CCI VAR (TRIPLE)