



Interreg



UNIONE EUROPEA



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TRIPLO

***“Trasporti e collegamenti Innovativi e sostenibili tra
Porti e piattaforme Logistiche”***

***Rapport sur la
planification conjointe des
systèmes ITS***

**Livrable T2.3.1
Novembre 2020**



Interreg



UNIONE EUROPEA



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Sommaire

1	Les activités préparatoires à la conception des systèmes	3
2	Les systèmes de gestion des transports terrestres visant à réduire la pollution sonore.....	7
2.1	Revue des meilleures pratiques "traditionnels" pour la réduction de la pollution sonore.....	7
2.1.1	Interventions sur la source sonore.....	8
2.1.2	Interventions sur le parcours de propagation sonore.....	12
2.1.3	Interventions au récepteur	14
2.2	Examen des systèmes ITS de gestion du trafic avec des répercussions positives en termes de réduction du bruit	15
2.2.1	Généralité	15
2.2.1	Les expériences développées dans la zone de Lucques-Pise et Livourne.....	18
	Contexte Lucques.....	18
	Contexte Pise -Livourne	24
3	Conclusions et éléments opérationnels	24



1 Les activités préparatoires à la conception des systèmes

Comme déjà souligné dans le livrable T1.1.1 TRIPLO a pour objectif de rechercher des solutions opérationnelles pour l'application de stratégies de confinement et d'atténuation du bruit dans les différents contextes représentés par les territoires des partenaires du projet ; cette recherche s'informe également des résultats de l'analyse de paramètres linguistiques spécifiques mesurées pour évaluer la perception du phénomène par la population exposée.

Les zones pilotes du projet sont représentées par la Vaste Zone de la Toscane (Lucques, Pise et Livourne), par la Sardaigne du Nord (Porto Torres et Sassari) et par le port de Toulon et Seyne sur Mer dans le département du VAR. Ces zones constituent, en raison de leurs caractéristiques intrinsèques, une étude de cas très différenciée qui enrichit les résultats du projet en relation avec des hypothèses d'intervention qui sont également particulières et liées aux problèmes spécifiques à affronter dans les différents contextes.

Ces problèmes se distinguent par les différentes configurations des flux de trafic qui relient les terminaux maritimes aux arrière-pays respectifs, par rapport aux zones urbanisées contiguës.

Le cas de la Vaste Zone de la Toscane se caractérise par le plus grand espacement entre le terminal maritime (Port de Livourne) et la plate-forme logistique (zone industrielle de Lucques) qui implique également des transits dans la zone urbaine de Pise.

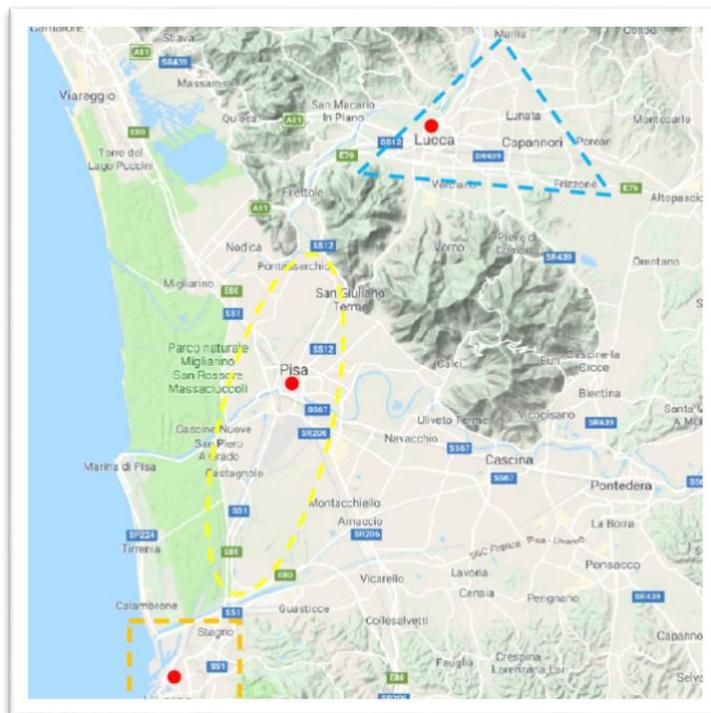


Figure 1 – Vaste zone de la Toscane (Lucques, Pise, Livourne)



Interreg



UNIONE EUROPEA



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Aux antipodes, a cet égard, se situe le cas de la Rade de Toulon (Département du Var), où la plateforme logistique et la zone de l'arrière-port résultent spatialement superposées immédiatement derrière le front de mer (waterfront) avec des impacts importants sur la ville.

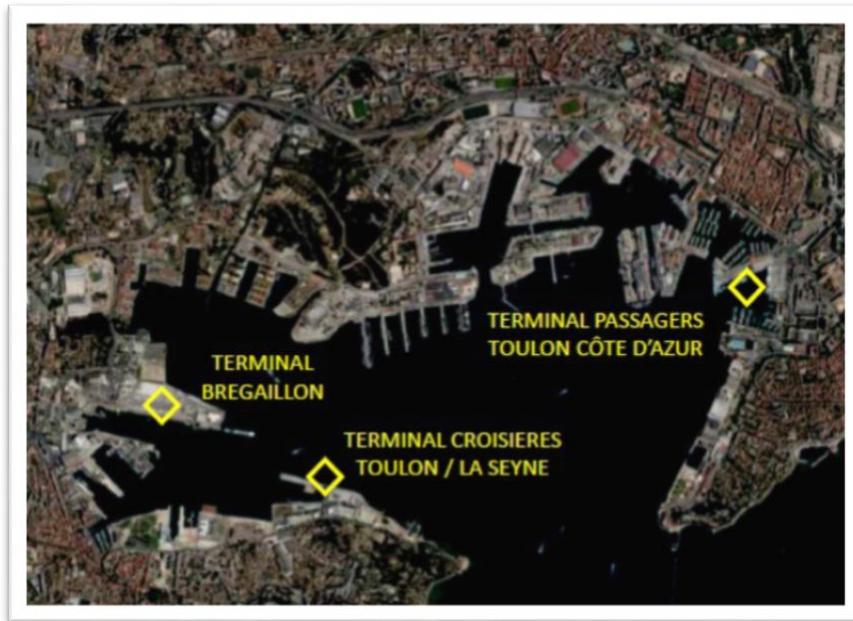


Figure 2- Port de commerce de la ville de Toulon (La Rade de Toulon)

Le contexte sarde est encore différent, relatif au terminal maritime de Porto Torres, caractérisé par des problèmes inhérents à la relation entre le trafic portuaire avec des perspectives d'expansion considérable et l'arrière-pays territorial selon les grandes lignes de circulation.

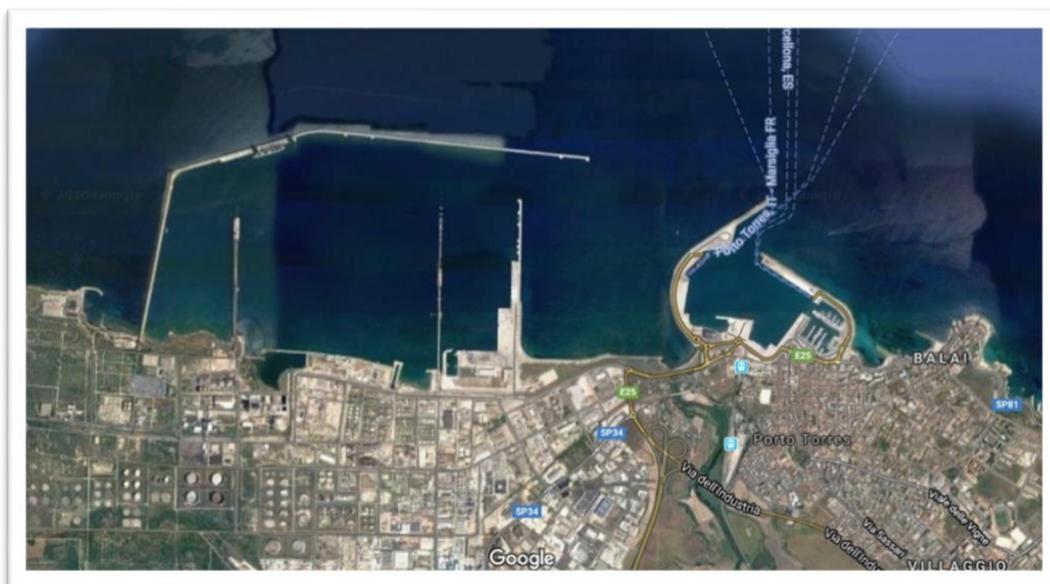


Figure 3 – Chorographie de Porto Torres



Interreg



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

A configurations différentes correspondent des impacts qualitatifs et quantitatifs également diversifiés sur les populations exposées aux niveaux de bruit générés par le trafic vers/pour les terminaux portuaires; au moins en ce qui concerne la Vaste Zone de la Toscane. Des Plans d'Action/Redressement peuvent être établies, sous une forme agrégée, les données de la population exposée au bruit provenant de trafic automobile.

Ces Plans d'Action/Redressement et ces plans acoustiques, qui sont adoptés en vertu de la loi par les autorités locales et les gestionnaires des infrastructures de transports, résultent finalisé à l'identification des criticités et des relatives mesures d'atténuation de la pollution sonore, à moyen et long terme, à mettre en œuvre sur les sources sonores, sur les rues de propagation ainsi que sur les récepteurs.

Le livrable T1.1.1 contient les résultats de la campagne de détection sonore menée dans le cadre des activités de projet dans les zones de coopération.

L'utilisation de sonomètres et d'enregistreurs numériques a permis d'obtenir des fichiers sonores des principaux paramètres acoustiques dont le traitement a permis le calcul des spectrogrammes relatifs à la période d'enregistrement, ainsi que l'extraction de certains événements spécifiques aux zones concernées. En particulier, on a procédé à la reprise de tous les enregistrements effectués et à l'extraction de portions spécifiques de signaux jugées significatives pour la suite de l'étude.

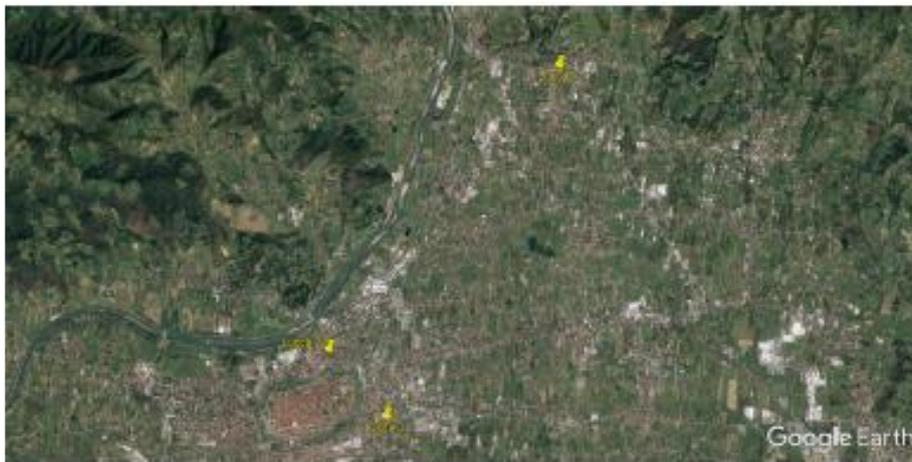


Figure 4 - Positions Lucques



Figure 5 - Lucques, positions 1, 2 et 3



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Post.	Posizione		Inizio rilievi		Fine rilievi	
	Lat.	Long.	Data	Ora	Data	Ora
1	43°53'33" N	10°33'19"E	04/12/2018	12:26	04/12/2018	12:31
2	43°51'05" N	10°30'32"E	04/12/2018	12:44	04/12/2018	12:49
3	43°50'29" N	10°31'13"E	04/12/2018	13:26	04/12/2018	13:31

Figure 6 - Récapitulatif collectes Lucques

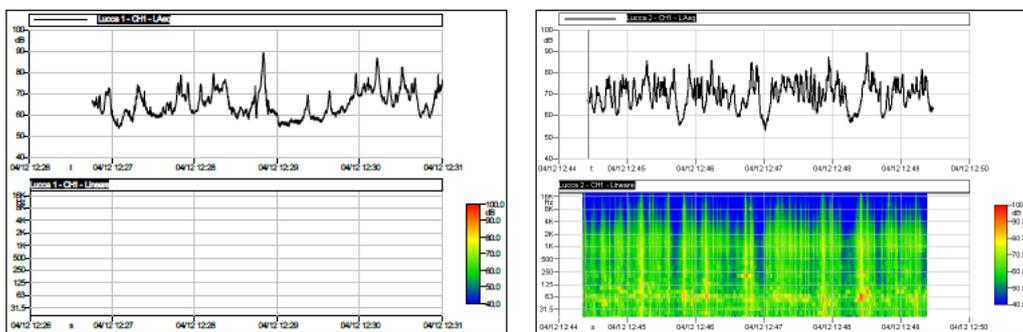


Figure 7 - Lucques, positions 1 et 2

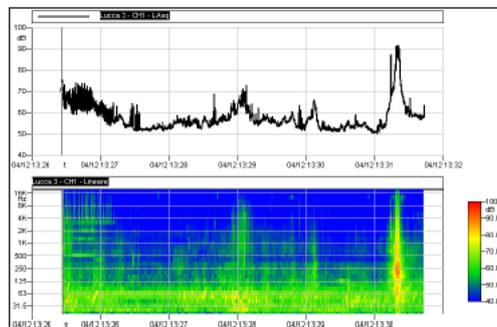


Figure 8- Lucques, position 3

Sur la base de ces activités d'analyse, ce livrable T2.3.1 développe des outils et des meilleures pratiques utilisables pour la définition d'actions opérationnelles d'atténuation, traditionnelles et innovantes (ITS).



Interreg



UNIONE EUROPEA



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

2 Les systèmes de gestion des transports terrestres visant à réduire la pollution sonore

2.1 Revue des meilleures pratiques "traditionnels" pour la réduction de la pollution sonore

Plusieurs projets européens centrés sur le bruit acoustique ont abordé le thème de la gestion et de la réduction du bruit en ce qui concerne le trafic à partir d'infrastructures linéaires et sont donc intéressants du point de vue des analyses menées dans le cadre du projet Interreg Triplo (domaine portuaire et arrière-port).

En plus des autres projets Interreg actifs à aujourd'hui (RUMBLE, REPORT, MONACUMEN, DECIBEL, LIST PORT) on peut citer également des projets antérieurs tels que NoMePorts et Sympic qui depuis 2006 ont mis en œuvre les outils de gestion du bruit prévus par la directive END 2002/49/CE (cartographie du bruit).

Le projet **Life Dynamap**, qui s'est conclu en 2019, suggère l'utilisation de systèmes ITS de gestion du trafic afin de réduire le bruit par l'utilisation d'un réseau de surveillance acoustique en temps réel connecté à un système qui produit des cartographies acoustiques et détermine les classes d'exposition au bruit de la population.

Le projet **Life Monza** coordonnée de ISPRA (Institut Supérieur pour la Protection et la Recherche en matière d'environnement), qui s'est conclu en 2020, a mis en œuvre la réalisation d'asphaltes absorbants acoustiques, en promouvant le concept de LEZ (Low Emission Zone) et de mobilité intelligente (PEDIBUS) en utilisant l'application dédiée connectée à un réseau intelligent de surveillance acoustique mis en œuvre dans une zone résidentielle de la municipalité de Monza.

On peut également mentionner le projet **Leopoldo** développé en Toscane et coordonnée par la Province de Lucques, finalisé à la "prédisposition des Lignes Guide pour la conception et le contrôle des pavements routiers pour la viabilité ordinaire", tourné à la caractérisation de performance des matériels d'emploi dans les infrastructures routières, ainsi qu'à la réalisation et à la vérification des modèles de propagation des nuisances sonores et vibratoires résultant de l'action du trafic routier.

On entend par actions d'atténuation acoustique toutes les actions dont la réalisation permet de réduire les niveaux de bruit chez les récepteurs. L'objectif est de respecter les limites légales si la source de bruit ne les respecte pas.

Les outils d'évaluation et de planification prévus par la législation en vigueur sont la cartographie du bruit et les plans d'action que les gestionnaires d'infrastructure doivent mettre à jour tous les cinq ans afin de permettre à l'autorité compétente de contrôler l'évolution de la qualité acoustique de l'environnement.

Les actions de réduction et de réduction du bruit ambiant doivent concerner, par ordre de priorité, les interventions sur la source, les interventions sur la rue de propagation et seulement en dernier ressort des interventions directes au récepteur. Le DM 29/11/2000 (art. 5, alinéa 3) régit les critères de priorité à suivre dans les



Interreg



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

interventions d'assainissement acoustique.

Les actions d'atténuation possibles sur les infrastructures de transport dépendent du type de source sonore et peuvent être différentes pour les sources de transport linéaires (routes et chemins de fer) et pour les aéroports.

Dans le domaine des réseaux de transport terrestres (routier et ferroviaire) les techniques d'atténuation du bruit sont donc généralement liées à l'un des trois types suivants :

1. réduction du bruit directement sur la source sonore, à préférer le cas échéant, étant la plus efficace ;
2. réduction du bruit le long du parcours de propagation sonore, en séparant la source sonore d'utilisations acoustiquement sensibles (par ex. en augmentant leur distance ou en interposant des obstacles, des écrans);
3. protection contre le bruit au récepteur, à appliquer lorsque les techniques précédentes ne sont pas suffisantes et/ou praticables.

L'ampleur du bruit est souvent telle qu'il faut utiliser simultanément différentes techniques d'atténuation du bruit pour atteindre les objectifs fixés. Des facteurs non acoustiques, par exemple, doivent également être pris en compte dans le processus de sélection des alternatives disponibles, tels que les incidences sur la population et l'environnement.

2.1.1 Interventions sur la source sonore

En ce qui concerne le bruit de roulement, ces mesures visent à réduire les émissions sonores du véhicule et du bruit de roulement généré par l'interaction pneumatique/chaussée ou roue/rail.

Véhicules

Dans le domaine routier l'émission sonores des véhicules, diversifiées par type, sont réglementées par des procédures normalisées, par exemple celle définie dans la norme ISO 362-1:2015. Le progrès technologique a permis d'obtenir des réductions significatives du bruit produit par les multiples sources sonores présentes dans un véhicule (moteur, transmission, gaz brûlés, etc.).

Ces améliorations, conjuguées à la diffusion croissante des véhicules à traction électrique et hybride, ont rendu ces derniers temps le bruit de roulement de plus en plus important.

Dans le domaine ferroviaire, les sources de bruit du véhicule sont généralement représentées par :

- moteur;
- systèmes de ventilation et de refroidissement;
- signaux d'avertissement sonores (sirènes de train);



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

- roulement par rail et glissement (pantographe);
- système de freinage.

Pneumatiques à faible bruit

Les prescriptions acoustiques pour les pneumatiques neufs sont définies par le Règlement CE 661/2009. Des réductions de bruit d'environ 6db ont été observées sur les pneumatiques à faible bruit.

Revêtements routiers

Les revêtements routiers ont une influence de plus en plus importante sur le bruit des véhicules qui les traversent. Leurs principales caractéristiques sont la rugosité, la porosité et l'élasticité. Ces facteurs sont influencés par la quantité et le type de liant utilisé (par ex. asphalte ou ciment), le mélange et le traitement de surface. Les revêtements les plus efficaces pour réduire le bruit de la route sont les revêtements poreux et les revêtements à couche mince.



Figure 9 Résonateurs de Helmholtz

Les revêtements routiers à couche mince sont plus adaptés aux zones urbaines car les pores peuvent être obstrués dans le temps par la poussière, ce qui réduit leur efficacité à réduire le bruit. Bien entendu, ces revêtements de sol sont de plus en plus efficaces lorsque le bruit de roulement augmente.

Interventions sur le système roue-rail

Dans le domaine ferroviaire, des mesures d'atténuation du bruit peuvent être prises sur la source sonore du type :

- matelas isolants sous des traverses des rails;

Le rail est immergé en matériaux souples (*embedded rail*) qui réduit le bruit de roulement de 1 à 3 dB(A)

a) b)

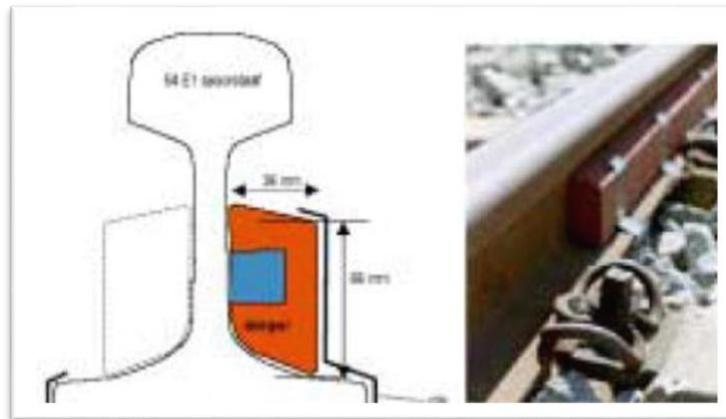


Figure 11 Exemples des amortisseurs au rail

- atténuation a la roue:

l'irrégularité de la surface des roues, provoquée par l'usure, est généralement causée par le système de freinage adopté: les freins à disque, à tambour ou magnétiques ne modifient pas le profil des roues, tandis que les semelles de frein rendent la surface plus rugueuse selon le matériau utilisé. En plus du bruit de roulement provoqué par des niveaux élevés de rugosité sur la roue et sur la voie, une autre cause de nuisance est le "bruit de choc", le "grincement" typique résultant du passage du matériel roulant en courbe dû à des pertes d'adhérence localisées et répétées de la roue à la surface du rail.

Parmi les actions qui peuvent être prises à la roue sont donnés ci-dessous des exemples utilisation de roues silencieuses



Figure 12 - Roues silencieuse avec matériel viscoélastiques



Figure 13 Roues silencieuse con assorbente di vibrazioni

Avec ces systèmes couplés à des opérations de reprofilage de la roue, on peut obtenir des réductions de bruit de roulement jusqu'à 10 dB(A), en fonction de la solution adoptée, du type de véhicule et de la vitesse de parcours.

2.1.2 Interventions sur le parcours de propagation sonore

Ces interventions ont pour but de faire obstacle à la propagation du bruit de l'infrastructure au récepteur. Plusieurs systèmes sont utilisés, distinguables en naturel (par ex. remblai) et artificiel. Ces derniers, réalisés avec des matériaux différents et dans différentes configurations, présentent des caractéristiques extrinsèques, c'est-à-dire qu'ils ne dépendent pas du seul système mais aussi de son installation spécifique et qu'ils ne dépendent que des propriétés du système et donc, déterminable en laboratoire indépendamment de son installation.

Typologiquement, tant pour le secteur routier que ferroviaire, ils peuvent être classés dans les typologies suivantes.



- barrières acoustiques: dispositifs, fréquemment utilisés, qui entravent la transmission directe du bruit de la route au récepteur. La déviation des ondes sonores du parcours direct source-récepteur produit une atténuation sonore exprimée en termes de “*insertion loss*”. Les barrières doivent avoir une isolation acoustique adéquate pour que le son transmis directement au récepteur à travers la barrière soit négligeable par rapport au son diffracté à son bord supérieur. La réduction sonore augmente lorsque l'épaisseur de la barrière augmente, de sorte que les terrasses, les bâtiments non résidentiels (garages, entrepôts, etc.) sont de bons écrans. La plus grande atténuation sonore est obtenue en plaçant la barrière à proximité de la route ou du récepteur. Un facteur important est également l'insertion environnementale de la barrière, qui doit avoir un impact visuel tel qu'elle soit acceptable pour l'utilisateur de la route et le récepteur protégé.



Figure 14 – Exemples des barrières acoustiques

éléments diffracteurs: ces éléments sont généralement installés sur le bord supérieur de la barrière pour réduire l'amplitude du son diffracté, augmentant ainsi la hauteur effective de la barrière aux fins de l'atténuation sonore.

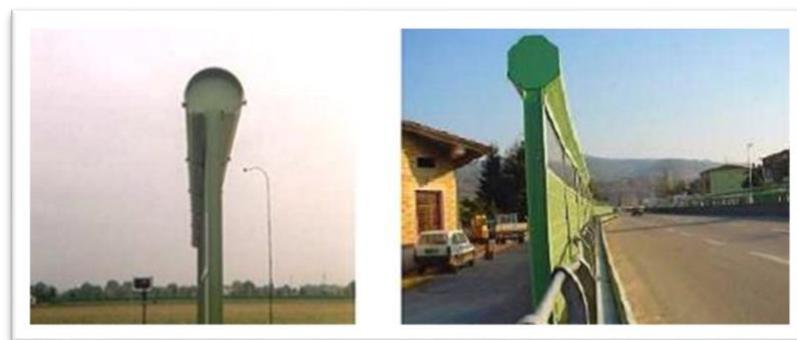


Figure 15 – Exemples des éléments diffracteurs



- **barrières innovantes (à cristaux soniques):** la propagation des ondes sonores entre éléments solides répartis dans l'air selon une configuration géométrique périodique (appelés aussi cristaux soniques) présente des particularités intéressantes. En effet, les cristaux soniques sont capables d'atténuer sensiblement (jusqu'à 25 dB) le bruit dans certaines bandes de fréquences. En même temps, ils permettent le passage de l'air et de la lumière, propriétés qui les rendent particulièrement appropriés dans les contextes urbains. Pour augmenter l'isolation acoustique sont utilisées de résonateurs et matériaux absorbant les bruits appliqués directement sur les cristaux soniques. Avec des configurations géométriques périodiques appropriées composées de quelques éléments, il est possible d'obtenir des atténuations sonores comparables avec les systèmes de blindage traditionnels



Figure 16 - Barrières à cristaux soniques

2.1.3 Interventions au récepteur

Ces interventions ne devraient être utilisées que lorsqu'il n'est pas possible de suivre l'atténuation acoustique requise avec les types d'intervention précédemment exposés. Parmi les interventions ciblées sur les récepteurs sont des recompositions constructives du type :

- configuration des façades et balcons:

une structure type de revêtement isolant peut être constituée par un mur en briques des panneaux enduit d'un système thermo isolant à manteau avec des panneaux en laine de roche. Des réductions de bruit allant jusqu'à 4÷5 dB(A) peuvent être obtenues.

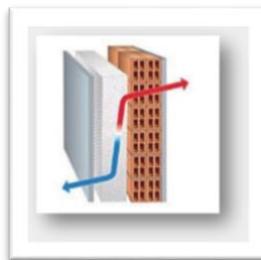


Figure 17 Augmentation de la capacité d'insolation sonore de la façade



Interreg



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

- fenêtres ventilées:

Au cours des dernières années, de nombreux prototypes de fenêtres antibruit ont été testés, notamment en ce qui concerne le type innovant de fenêtres ventilées, ainsi que plusieurs caissons de volets roulants dotés de propriétés d'isolation acoustique élevées. Les fenêtres ventilées antibruit se caractérisent par des performances élevées de capacité d'insolation sonore (-36÷42 dB), tout en assurant un renouvellement adéquat de l'air intérieur par des aérateurs insonorisés à ventilation naturelle ou forcée. Les vitrages isolants sont généralement formés de deux plaques de verre plat séparées par un espace rempli d'air déshydraté ou de gaz inerte (ex. Argon).

- fenêtres non ventilées:

fenêtres constituées d'un matériau en PVC et/ou aluminium à trois joints et munies, en outre, de vitres à épaisseur différenciée le tout pour obtenir une bonne étanchéité finalisée à un bon niveau d'isolation acoustique et thermique. Le joint médian et le joint de butée de la porte assurent une haute étanchéité des châssis, assurant ainsi l'isolation des bruits qui passent à travers les joints. Performances élevées en matière d'insolation sonore (-35 45 dB).

Aux interventions énumérées s'ajoute l'option de relocalisation des récepteurs qui est parfois la seule solution praticable. Dans ces circonstances, les bâtiments existants sont convertibles de l'usage résidentiel à des usages moins sensibles au bruit (par ex. entrepôts).

2.2 Examen des systèmes ITS de gestion du trafic avec des répercussions positives en termes de réduction du bruit

2.2.1 Généralité

Les systèmes de transport intelligents, basés sur l'interaction entre l'informatique, les télécommunications et l'utilisation combinée des médias, permettent de traiter de manière innovante les problèmes liés à la mobilité publique et privée, en développant de manière organique et fonctionnelle des solutions axées sur la sécurité, l'efficacité, l'efficacité, l'économie et le respect de l'environnement.

En réalité, l'évolution constante dans le domaine du développement technologique permet de gérer de façon "intelligente" le système de transport dans son ensemble et de répondre à toutes les exigences différentes des opérateurs et des usagers des transports publics et privés. Aujourd'hui, les systèmes ITS peuvent être considérés comme un outil incontournable pour la gestion de la mobilité dans les zones urbaines et métropolitaines.

La Commission européenne classe les systèmes ITS comme des systèmes pour :

- Gestion du trafic et de la mobilité
- Informations utilisateur



Interreg



UNIONE EUROPEA



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

- Gestion des transports publics
- Gestion de la flotte et du transport de marchandises
- Télépéage
- Contrôle avancé du véhicule pour la sécurité du transport
- Gestion des urgences et des accidents

Les systèmes de transport ITS, utilisés pour la planification, la conception, l'exploitation, la maintenance et l'exploitation des systèmes de transport, peuvent contribuer à réduire le bruit de la route en contrôlant le flux des véhicules, sa composition et sa vitesse.

La réduction de la vitesse est sans aucun doute utile pour l'atténuation du bruit, mais cette stratégie, lorsqu'elle est appliquée à grande échelle territoriale, a le principal inconvénient d'augmenter les temps de parcours, avec augmentation des coûts sociaux.

Outre l'ampleur du flux de véhicules, sa vitesse et sa composition, les facteurs d'intervention des systèmes ITS peuvent également concerner sa modulation aux différentes périodes de la journée et les zones à trafic limité. Le glissement régulier du flux véhiculaire doit être rendu aussi régulier que possible, en évitant les situations de congestion "stop-and-go" avec des accélérations fréquentes et des décélérations qui entraînent plus de bruit. Tel est notamment le cas des croisements dont le remplacement par des ronds-points est plus efficace que la synchronisation des feux qui tend à augmenter la vitesse de circulation.

En milieu urbain, le contrôle des performances et donc du bruit s'exerce par une gestion du réseau routier associant les différents modes de régulation (feux de circulation, accès, péages), d'intégration modale (priorité des transports publics, systèmes de transbordement synchronisés) et d'information aux utilisateurs.

Les zones à circulation limitée (ZTL), délimitées par des points de passage pour la détection des véhicules autorisés à l'entrée, réduisent la congestion des véhicules, la pollution sonore et de l'air. La restriction d'accès peut être ponctuelle, étendue à une vaste zone d'accès, réglée par le paiement d'un péage (par ex. London Congestion Charge) éventuellement déterminé en fonction de la distance parcourue ou du temps de séjour dans la zone.

Le "Low Emission Zones (LEZ)", sont zones urbaines dans lesquelles seuls les véhicules dont les émissions polluantes sont plus faibles au sens large du terme sont autorisés, étant donné qu'ils respectent des critères et/ou des normes environnementales spécifiques. Dans certains pays européens, les LEZ sont réglées par une législation nationale, mais il n'existe pas encore une Directive européenne à ce sujet. Les effets et les avantages en termes d'atténuation du bruit n'ont pas encore été étudiés de manière systématique et le bruit n'est généralement pas pris en compte dans la mise en œuvre des LEZ. Des travaux d'approfondissement et des projets d'introduction et de gestion de "Noise LEZ" sont en cours.



L'Info mobilità il permet de régler le flux de trafic (et donc ses impacts acoustiques) en communiquant avec les usagers de la route qui, même pendant les déplacements, peuvent être atteints par des informations utiles au choix des itinéraires les moins encombrés véhiculés par des supports numériques.

Le système est basé sur des processus en « *Real time monitoring* » qui impliquent une organisation organisationnelle à titre indicatif composé :

- a) dispositifs périphériques (capteurs de détection du trafic);
- b) modules centraux du Centre de Contrôle (CC) (Salle des opérations, modules logiciels de gestion, de traitement, de stockage et de communication de données entre unités périphériques et CC);
- c) services d'information aux utilisateurs (SMS, MMS, WEB, bulletins radio, messages PMV, App).

Le schema D'ensemble du *realtime monitoring* ressort :

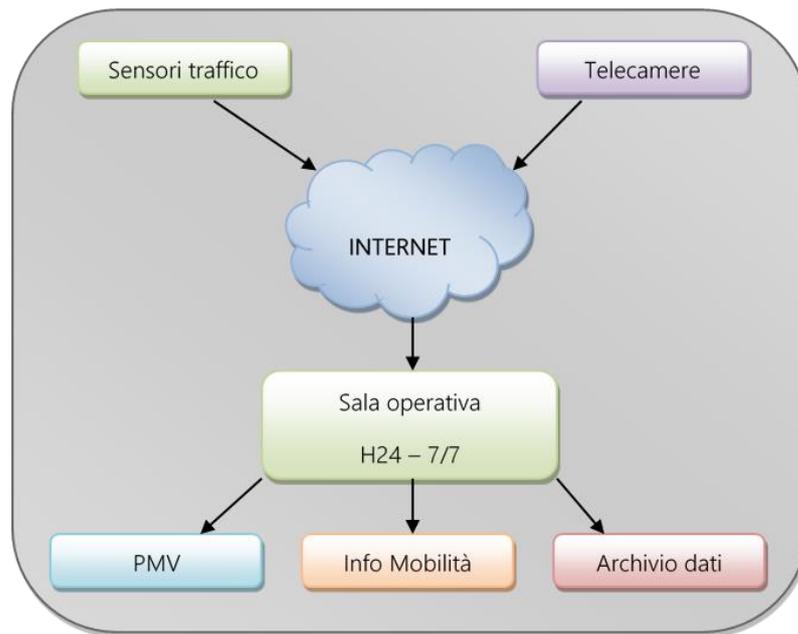


Figure 18 real time monitoring



2.2.1 Les expériences développées dans la zone de Lucques-Pise et Livourne

Contexte Lucques

A) Info-mobilité

Le réseau de surveillance

La composante fixe des capteurs compteurs de trafic que l'Administration provinciale a en cours de réalisation le long de la route d'Intérêt Provincial (IP) permet la collecte en continu de données sur l'intensité du flux véhiculaire sur les différentes voies routières d'articulation du réseau.

Disposés dans les positions soulignées par la chorographie ci-dessous, les capteurs sont en mesure de fournir des informations susceptibles d'être traduites en messages publiables sur les PMV eux-mêmes installés le long du réseau routier dans des positions favorables à la diffusion de messages d'info mobilité.

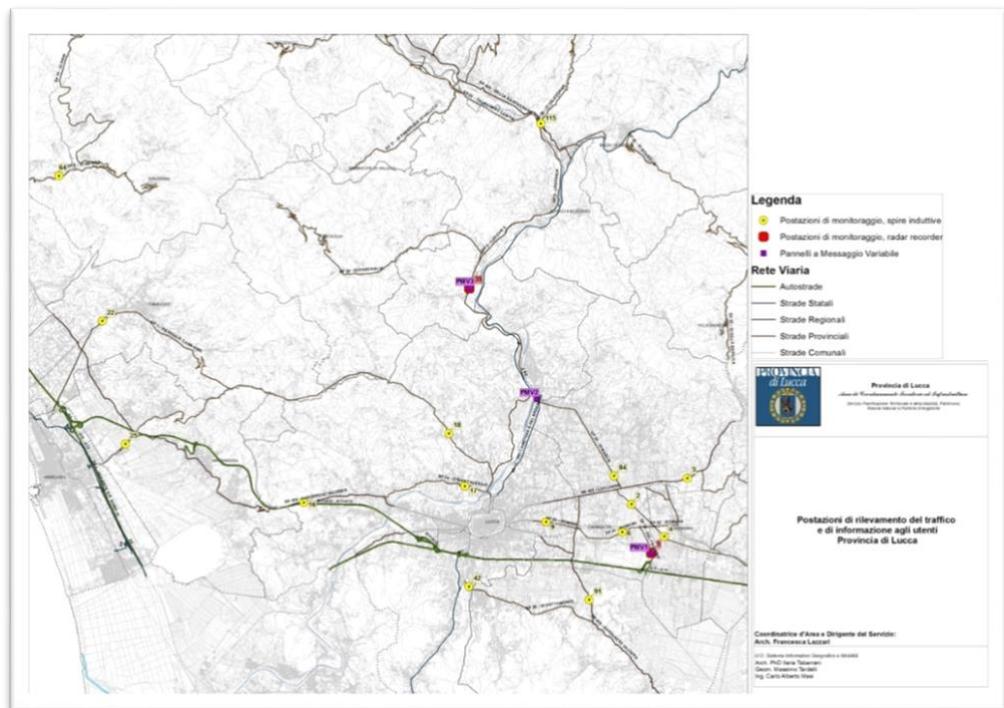


Figure 199 Chorographie localisation capteurs sensori compteurs de trafic et PMV



Interreg



UNIONE EUROPEA



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Les corrélations entre capteurs et PMV

Le positionnement de PMV et des capteurs compteur de trafic permet de sélectionner les sous-ensembles de ces derniers qui peuvent être mis en relation avec les différents PMV.

Le critère de corrélation tient compte des directions de circulation des véhicules qui "rencontrent" les panneaux et de leurs itinéraires et destinations potentiels.

Les capteurs de trafic situés "en aval" des panneaux, le long de la suite de ces itinéraires potentiels, peuvent générer des informations relatives au degré de praticabilité des routes concernées dépendant des conditions de trafic.

Sur la base de ce critère et compte tenu du positionnement de chaque PMV et des compteurs de trafic repris dans la chorographie précédente, les corrélations suivantes ont été identifiées :

- PMV 1 - SP 74 du Frizzone (direction nord) associé aux capteurs. 2, 3, 4, 6, 9, 35, 84, 115;
- PMV 2 - SP 2 Lodovica (direction nord) associé aux capteurs n. 115;
- PMV 3 - SP 2 Lodovica (direction sud) associé aux capteurs n. 2, 3, 4, 5, 6, 9, 84.

Intensité du flux véhiculaire et types de messages

Pour les tronçons routiers concernés par les capteurs trafic en question, dans des études précédentes, les valeurs seuils des flux véhiculaires correspondant aux différents niveaux de service (Los, méthodologie HCM 2000) prises en référence à la réglementation (DM 5/11/2001) ont été calculées pour la description des différentes conditions d'exploitation des infrastructures routières en ce qui concerne leur fonction de dégagement de trafic.

S'agissant, en l'espèce, de la voirie appartenant entièrement à la classification "extra-urbaine secondaire", les niveaux de service (LoS) C et D ont été retenus.

Dans le premier cas, parce que pour la voirie extra-urbaine secondaire le LoS C représente, selon la réglementation précitée, la condition de fonctionnement ordinaire de la route; dans le second parce que le LoS D correspond à des conditions de pré-congestion des conditions d'écoulement véhiculaire.

L'enregistrement par les capteurs (et notamment leur dépassement) des valeurs d'intensité de trafic calculées pour les LoS C et D de chaque tronçon routier permet de générer les types suivants de messages publiables sur les PMV :

- Dépassement de la valeur de flux relatif au LoS C ---> TRAFIC INTENSE
- Dépassement de la valeur de flux relatif au LoS D ---> RALENTISSEMENT ET POSSIBLES FILES D'ATTENTE



Dans la vue d'ensemble suivant, les corrélations entre les variables décrites sont résumées.

PMV	Capteurs associés	Intensité du trafic Valeurs limites LoS (v/h)	Types de message	Localisation événement
N 1 - SP 74 del Frizzone	n. 2	> 1.000 (LoS C) > 1.700 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Variante di Porcari Nord
	n. 3	> 1.000 (LoS C) > 1.600 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Via Pesciatina Est
	n. 4	> 1.000 (LoS C) > 1.700 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Variante di Porcari Sud
	n. 6	> 1.000 (LoS C) > 1.800 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Via Romana
	n. 9	> 900 (LoS C) > 1.600 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Via Romana Ovest
	n.35	> 1.000 (LoS C) > 1.700 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Via Lodovica – bv. Valdottavo
	n. 84	> 1.000 (LoS C) > 1.800 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Marlia - V.le Europa
	n. 115	> 900 (LoS C) > 1.600 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	SR 445 - Fornoli Nord
N 2 - SP 2 Lodovica (Pte Dalla Chiesa)	n. 115	> 900 (LoS C) > 1.600 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	SR 445 - Fornoli Nord
N 3 - SP 2 Lodovica (loc. bv. Valdottavo)	n. 2	> 1.000 (LoS C) > 1.700 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Variante di Porcari Nord
	n. 3	> 1.000 (LoS C) > 1.600 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Via Pesciatina Est
	n. 4	> 1.000 (LoS C) > 1.700 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Variante di Porcari Sud
	n. 5	> 1.000 (LoS C) > 1.700 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Via del Frizzone
	n. 6	> 1.000 (LoS C) > 1.800 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Via Romana
	n. 9	> 900 (LoS C) > 1.600 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Via Romana Ovest
	n. 84	> 1.000 (LoS C) > 1.800 (LoS D)	Trafic Intense Ralentissement et possibles files d'attente	Marlia - V.le Europa

Tableau 1- Vue d'ensemble

B) Le *gate* informatisée du Centre intermodale Capannori Porcari

Le système utilisé au *gate* informatisée du Centre Intermodale Capannori Porcari est basé sur des technologies innovantes (RFID - *Radio Frequency Identification et Cloud Computing*).

Le système gère une base de données de 3000 véhicules et 200 entreprises. Ce système appelé iTPass a été initialement mis en œuvre en 2013 dans le projet européen **MED.I.T.A** (*Mediterranean Information Traffic Application*).



Interreg



UNIONE EUROPEA



TRIPLO

MARITTIMO-IT F R- MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Successivement les solutions technologiques de l'iTpass ont été adoptées même dans le projet Européen **PLISS** (Plate-forme Logistique Complétée de Je développe Sustainable).

Le système associe à chaque véhicule une *tag* RFID qui l'identifie de manière unique, et en permet la communication avec le *hardware* de l'infrastructure. Le système reconnaît également les scellés basés sur la technologie RFID utilisés pour vérifier l'intégrité de la charge lors des phases d'entrée/de sortie. Les véhicules passent sans autre formalité, ce qui améliore l'efficacité de l'infrastructure.

Le système permet également la réservation/programmation des arrivées et des départs. Grâce à la plate-forme web, on peut contrôler les transits des véhicules et donc l'arrivée et le départ des marchandises. Le système permet ainsi de programmer et de gérer efficacement les transports depuis/vers le centre intermodal avec des retombées positives sur la régularité du trafic lourd et sur ses impacts environnementaux et acoustiques



Figure 20 - Le gate informatisée du Centre Intermodale Capannori Porcari



C) Études acoustiques au Quartiere S. Concordio (LU)

Les études développées ont eu pour but de tester une méthodologie d'évaluation de la contribution du trafic routier au climat sonore du quartier. La carte acoustique des itinéraires principaux parcourus par les véhicules et des routes avoisinantes a donc été réalisée.

La répartition des niveaux acoustiques ainsi obtenue permet l'estimation des niveaux d'exposition au bruit de la population du quartier et l'évaluation du bénéfice acoustique obtenu par d'éventuelles interventions de régulation visant à la réduction des niveaux de flux véhicules et/ou de leur vitesse, notamment par l'utilisation de systèmes ITS.

La méthodologie appliquée pour réaliser la carte acoustique exige la disponibilité des données géographiques relatives au graphe routier et à l'édifié (Source : portail Geoscopio Région Toscane).

Les rues du quartier ont été divisées en 4 catégories, définies par le *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*, rédigé par le groupe de travail *Assessment of Exposure to Noise* de la Commission européenne (WG-AEN) :

- *Dead end roads* – rues à fond fermé
- *Service roads* – rues de quartier, à usage exclusivement résidentiel
- *Collecting roads* – routes reliant les rues de quartier et les rues urbaines à plus grande circulation
- *Small main roads* – rues urbaines à plus grande circulation, caractérisées par un trafic non seulement résidentiel.

La figure 21 ci-après montre le graphe routier de la zone couverte par la cartographie acoustique, avec la mise en évidence de la subdivision dans ces 4 catégories.



Figure 21: Visualisation des informations du réseau routier, et répartition des routes dans les catégories acoustiques, présente dans la zone étudiée



Les bâtiments ont été divisés en fonction de leur utilisation principale figurant sur la couche d'information publiée par Geoscopio. En particulier, les bâtiments à usage résidentiel ont été utilisés comme récepteurs auprès desquels calculer les niveaux acoustiques en façade. Alors que le bâtiment dans son ensemble a été utilisé pour définir les obstacles à la propagation, dont il est nécessaire de tenir compte pour l'évaluation de la contribution directe et de la contribution diffractée de la source vers le récepteur.

En utilisant les données du recensement ISTAT 2011, un nombre d'habitants a été associé à chaque bâtiment résidentiel, estimé par redistribution statistique de la population résidant dans les différentes sections du recensement, au moyen d'algorithmes basés sur les volumétries des bâtiments.

En ce qui concerne les données acoustiques, la seule source considérée est le trafic routier c'est-à-dire les volumes et les vitesses de parcours de cinq catégories de véhicules. Les volumes de trafic ont été relevés sur le terrain le long des principaux itinéraires du quartier (via Formica, via Consani et via Guidiccioni).

Des données supplémentaires de trafic ont été tirées des relevés effectués par Anas au sein de l'étude de la viabilité propédeutique au projet du Système Tangentiel Est de Lucques et sur la base d'autres données détectables dans les instruments urbanistiques de la Commune de Lucques, le PUMS et le PGTU.

La figure 22 ci-après donne un aperçu détaillé d'une petite portion de territoire, avec toutes les caractéristiques géographiques considérées et la mise en évidence des points récepteurs.



Figure 22 : un aperçu détaillé d'une petite portion de territoire autour de via Formica avec la mise en évidence des points récepteurs

Pour le calcul des niveaux acoustiques, la procédure prévoit les étapes suivantes :

- pour chaque rue est calculé la puissance émissive à partir des données de trafic et des caractéristiques de la rue (pente et pavage) ;
- chaque rue est divisée en points d'émission aussi éloignés que la moitié de la distance minimale entre le point de réception et la rue ;



Interreg



UNIONE EUROPEA



TRIPLO

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

- un rayon est tracé entre chaque point d'émission et chaque point récepteur;
- le niveau de bruit est calculé comme la somme énergétique de tous les rayons émetteurs-récepteurs atteignant le point récepteur, corrigés en fonction de la divergence géométrique, de l'absorption atmosphérique et des diffractions autour des obstacles.

À la fin du calcul, la procédure permet d'associer à chaque point récepteur un niveau sonore pour chaque période de référence.

Contexte Pise -Livourne

En ce qui concerne les domaines de Pise et de Livourne, les projets développées avec le support du programme Interreg Maritime Italie-France ont concerné principalement l'accessibilité et le transport en commun local.

3 Conclusions et éléments opérationnels

L'examen effectué dans le présent Livrable, tant en ce qui concerne les systèmes soi-disant "ordinaires" que "innovants" (ITS), a permis d'approfondir les caractéristiques d'un large éventail de stratégies et d'interventions, adoptables et en cours d'expérimentation, visant à limiter les impacts acoustiques de la mobilité terrestre des personnes et des marchandises.

L'ampleur de la revue analysée, tant dans le domaine routier que ferroviaire, se prête bien à la définition de mesures orientées à la poursuite des objectifs de TRIPLO dans des contextes aussi diversifiés que ceux de son partenariat, mais néanmoins relatifs aux relations entre terminaux maritimes et plateformes logistiques de référence.

Les *best practice* prises en compte vont des stratégies de rééquilibrage du *modal split* des déplacements, au contrôle et à la régulation du trafic routier, y compris Systèmes de Transport Intelligents (ITS); des interventions sur les sources émissives (véhicules, sols routiers, voies ferrées) à celles sur les parcours de propagation, (barrières acoustiques absorbantes, diffracteurs) et aux mesures de protection des récepteurs, jusqu'à la mise en place de cartographies acoustiques *real time* et/ou dynamiques utilisables, tant pour la simulation des effets attendus par rapport aux mesures envisageables que pour l'information à l'égard de la population.

Le travail accompli ici constitue donc la base cognitive de référence pour la définition des contenus du Livrable T2.4 (Plan Stratégique Conjoint) dans lequel, pour chacun des contextes partenaires, des combinaisons d'actions évaluées comme étant optimales seront proposées aux décideurs en vue d'une participation appropriée pour atteindre les objectifs du projet.