

PROJET REPORT

“Bruit et Ports”

CUP E48B17001310007

Produit T3.2.1

Modèle de simulation selon END

Composant T3

Activités T3.4

Date de livraison prévue: [compléter]

Date de livraison réelle: 10/2021

Organisation responsable de la composante: **UNIP**

Niveau de diffusion		
PU	Publique	X
CO	Confidentiel, réservé aux partenaires	

Nombre de documents à livrer:	T3.4.1
Responsable de la documentation à livrer:	ARPAT CSTB UNIGE
Composant:	T3 - vérification et validation des modèles et scénarios développés

Auteur(s) – par ordre alphabétique		
Prénom	Organisation	E-mail
Matteo Bolognese	ARPAT	m.bolognese@arpat.toscana.it
Gaetano Licitra	ARPAT	g.licitra@arpat.toscna.it
Corrado Schenone	UNIGE	corrado.schenone@unige.it

Révision du document			
Version	Date	Changements	
		Type de changements	Modifié par

Résumé
Dossier de projet du modèle de calcul avec la méthodologie européenne CNOSSOS pour cartographier une zone de test, dans le respect des obligations légales pour 2022.

Index général

1 Introduction.....	5
2 Cartographie de la zone portuaire du port de Livourne.....	6
2.1 Division en catégories.....	6
2.1.1 Port.....	7
2.1.2 Naval.....	7
2.1.3 Industriel.....	8
2.2 Caractérisation du territoire.....	8
2.3 Caractérisation des sources.....	8
2.3.1 Sources routières.....	8
2.3.2 Sources ferroviaires.....	9
2.3.3 Sources navales.....	10
2.3.4 Sources portuaires.....	10
2.3.5 Sources industrielles.....	11
3 Cartes de bruit.....	13
3.1 Cartes des sources prédominantes.....	14
4 Conclusion.....	16

1 Introduction (UNIGE)

La Directive Européenne "Directive Bruit Environnemental 2002/49/CE" (END) définit les concepts fondamentaux pour la détermination et la gestion du bruit environnemental à travers l'introduction de :

- Des descripteurs acoustiques communs à tous les États membres de l'UE ;
- Méthodologies dans la mise en œuvre des mesures du niveau sonore ;
- Méthodologies d'évaluation du bruit et de la gêne perçus par les personnes ;
- Critères de planification acoustique.

L'outil de planification utilisé pour la caractérisation acoustique est la cartographie acoustique stratégique, visant à déterminer l'exposition globale au bruit dans une certaine zone en raison de diverses sources de bruit. Si une seule source de bruit est considérée au sein d'une agglomération urbaine, par exemple une infrastructure portuaire, une cartographie acoustique est réalisée pour caractériser cette source, représentant les données relatives en fonction d'un descripteur acoustique qui indique le dépassement des valeurs limites en vigueur, le nombre de personnes exposées dans une certaine zone ou le nombre de maisons exposées à certaines valeurs d'un descripteur acoustique dans une certaine zone.

Selon l'END, l'évaluation et la maîtrise du bruit doivent se faire en suivant les actions indiquées ci-dessous dans l'ordre progressif :

- a) L'élaboration de la cartographie acoustique et des cartes stratégiques de bruit ;
- b) L'élaboration et l'adoption de plans d'action visant à éviter et à réduire le bruit ambiant si nécessaire, en particulier lorsque les niveaux d'exposition peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine, ainsi qu'à éviter les augmentations de bruit dans les zones calmes ;
- c) Assurer l'information et la participation du public sur le bruit environnemental et ses effets.

Dans le cadre des projets du programme INTERREG Maritime et notamment lors du Projet MON ACUMEN, des activités de cartographie acoustique ont été menées dans quatre zones portuaires. Dans un esprit de collaboration entre les projets promus par le programme, le projet REPORT recueille l'expérience acquise dans les autres projets pour valoriser les résultats obtenus. Par conséquent, afin d'illustrer une éventuelle adaptation de l'END à la zone portuaire, la création de la carte du port de Livourne est décrite. L'ensemble du processus qui a conduit à la création des cartes a été codifié au sein du projet à travers des documents spécifiques qui ont défini les procédures techniques et méthodologiques jugées nécessaires pour une cartographie correcte d'une infrastructure complexe telle que le port. Les produits de référence sont les suivants :

- Le produit T2.1.1 définit les méthodes de caractérisation des sources ;
- Le produit T2.2.1 établit les données à acquérir ;
- Le produit T2.3.3 établit comment regrouper les sources au sein du modèle ;
- Le produit T2.3.4 établit comment les résultats sont représentés.

2 Cartographie de la zone portuaire du port de Livourne (ARPAT)

Description des stratégies de caractérisation des sources et de leur regroupement afin de permettre l'identification des responsabilités en discernant les contributions du trafic maritime, des activités industrielles, des activités portuaires, du trafic urbain et du trafic induit par le port.

La cartographie d'une zone portuaire présente diverses difficultés tant au niveau technique que conceptuel. Les difficultés techniques résident dans la grande variété de sources utilisées dans des activités très distinctes, et dans la coexistence de différentes infrastructures de transport, telles que les routes, les chemins de fer et parfois même le trafic aérien. Un exemple de difficulté méthodologique est la définition de la zone d'étude qui n'est pas évidente. Dans la littérature, il existe au moins deux approches différentes : s'arrêter aux frontières géographiques de la zone portuaire ; ou définir la zone d'étude sur la base d'une simulation préalable. On peut déjà dire que dans le cluster de projets bruit du programme INTERREG la seconde voie a été choisie suite aux recommandations du projet NoMePort. En particulier, pour la définition de la zone d'étude, une simulation préliminaire a été réalisée dans laquelle les effets sur la propagation causés par le bâtiment n'ont pas été pris en compte. A partir des courbes de niveau d'isolement, la zone portuaire a été définie comme l'ensemble des points dans lesquels au moins une des conditions suivantes a été vérifiée :

- $L_{DEN} > 55 \text{ dB(A)}$;
- $L_{Night} > 50 \text{ dB(A)}$.

La zone d'étude a ainsi été identifiée et construite au sein de laquelle l'impact du port en termes d'exposition des citoyens a été évalué.



Figure 1: Identification de la zone de calcul.

2.1 Division en catégories

Compte tenu de la complexité de la zone portuaire et de la présence de sources de bruit gérées par différents organismes et avec des responsabilités différentes, il a été nécessaire de diviser les

sources sonores au sein du modèle de calcul dès le départ. En particulier, les sources ont été regroupées en groupes correspondant aux classes de bruit suivantes :

- sources routières ;
- sources ferroviaires ;
- sources portuaires ;
- ressorts navals ;
- sources industrielles.

En cas de trafic routier et ferroviaire, il est important de considérer qu'en dehors de la zone portuaire, le trafic hors port et celui produit par l'activité portuaire se dirigent vers les mêmes infrastructures. Pour les deux cas, il est nécessaire de préparer trois sous-classes différentes de sources qui représentent cette réalité puis de réaliser des études spécifiques et/ou des modèles de prévision destinés à évaluer l'étendue des différentes composantes :

- trafic interne ;
- trafic externe imputable à l'activité portuaire ;
- trafic extérieur non imputable à l'activité portuaire.

Pour le trafic routier et ferroviaire, une seule carte de bruit doit être réalisée, incluant toutes les sources comprises dans les trois sous-classes. La présence des sous-classes est nécessaire pour déterminer les responsabilités des infrastructures individuelles en cas de criticités acoustiques.

2.1.1 Port

Cette catégorie comprend toutes les sources de bruit lorsqu'elles sont utilisées dans des activités purement portuaires telles que les véhicules et les machines de toutes sortes lorsqu'elles opèrent dans la zone portuaire et utilisées dans les opérations de :

- chargement/déchargement de trains de marchandises ;
- chargement/déchargement de navires ;
- opérations au service des navires.

À titre d'exemple, nous rapportons une série d'activités entrant dans la catégorie :

- acquisition de navires à passagers et/ou de marchandises ;
- chargement/déchargement de conteneurs ;
- phases de chargement et de déchargement des véhicules légers et lourds des bateaux Ro-Ro ;
- chargement/déchargement de conteneurs sur wagons de fret ;
- Ravitaillement.

Spécifiquement pour le chargement/déchargement de marchandises des bateaux, il est conseillé de modéliser les sources comme des "sources de zone" positionnées dans la partie du quai proche du navire, en réalisant des campagnes de mesures spécifiques pour évaluer la puissance acoustique.

2.1.2 Naval

Tous les bateaux commerciaux et à passagers sont inclus dans la classe «sources navales», parmi lesquelles nous rapportons à titre d'exemple :

- bateaux de croisière ;
- bateaux rouliers ;
- porte-conteneurs ;
- pétroliers ;
- chimiquiers.

Non inclus :

- les bateaux de plaisance, qui ont fait l'objet d'une étude spéciale ;
- bateaux de pêche ;
- bateaux des forces de l'ordre.

Des sources spécifiques doivent être incluses dans le modèle afin de représenter le navire pendant les phases de transit et de stationnement, avec une attention particulière à la modélisation de

sources spécifiques à l'intérieur du navire telles que les cheminées et les ouvertures de ventilation. En particulier, la hauteur importante à laquelle est positionnée la cheminée favorise la propagation à longue distance du bruit généré.

2.1.3 Industriel

Cette catégorie comprend toutes les sources de bruit lorsqu'elles sont utilisées dans des activités purement industrielles et non liées au trafic maritime. En particulier :

- machines et véhicules pour les activités industrielles à l'extérieur ou à l'intérieur des entrepôts ;
- les activités de chargement/déchargement liées aux activités industrielles.

A titre d'exemple, on peut citer des machines telles que : des reach stackers, des grues, des tracteurs, des chariots élévateurs, des pompes, des compresseurs, des générateurs, mais aussi des systèmes de hangars internes, qui produisent du bruit à l'extérieur par les ouvertures de ceux-ci.

2.2 Caractérisation du territoire

La caractérisation du territoire a nécessité la collecte des informations cartographiques suivantes :

- shape file du réseau d'infrastructures (routes, voies ferrées) ;
- construit ;
- points d'élévation et lignes d'élévation ;
- l'utilisation des terres (Corine Land Cover) ;
- plan de classification acoustique municipal, visible à la Figure 2.

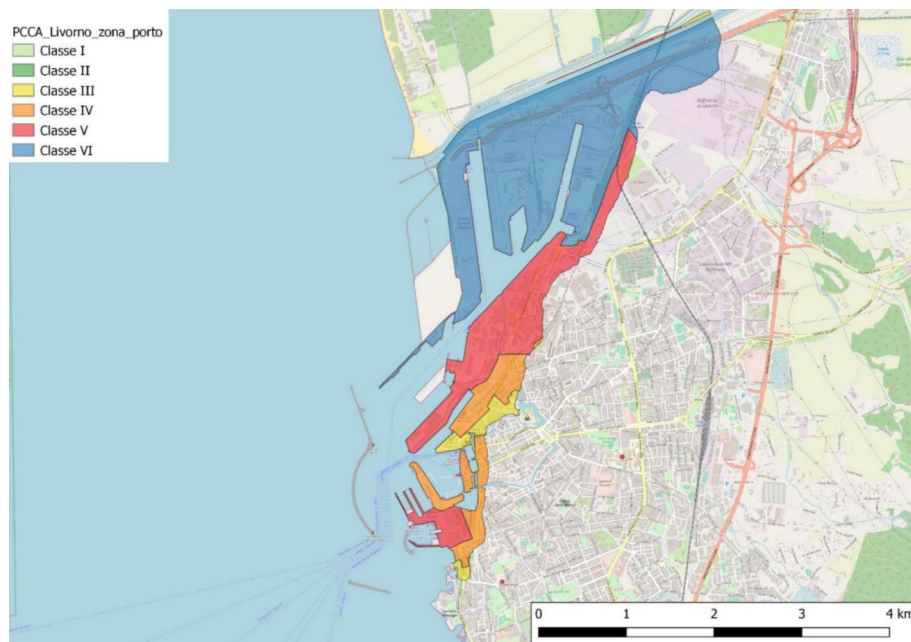


Figure 2: Classification acoustique de la zone portuaire selon le PCCA de la municipalité de Livourne.

2.3 Caractérisation des sources

2.3.1 Sources routières

Le calcul des émissions de l'infrastructure routière a été réalisé à la fois à travers le modèle NMPB 2008 et selon le CNOSSOS. La caractérisation des sources routières s'est appuyée sur un modèle de trafic pour propager le trafic au sein du réseau routier, sur des mesures de flux de trafic aux portes du port fournies par l'autorité portuaire et sur la base d'enquêtes de trafic réalisées par l'ARPAT dans le passé. et des enquêtes menées spécifiquement. Sur la base de ces données, il a été possible de procéder à la subdivision requise en différents types de trafic routier.

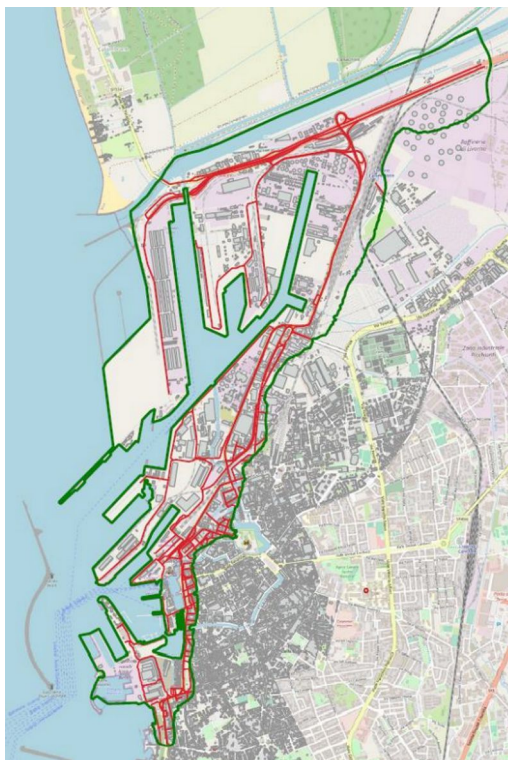


Figure 3: Réseau routier à l'intérieur de la zone de calcul.

2.3.2 Sources ferroviaires

Dans la caractérisation du trafic ferroviaire, il n'a pas été possible de bénéficier de la collaboration de l'organisme gestionnaire des sections ferroviaires présent pour fournir les données de trafic, nous nous sommes donc limités au trafic exclusivement ferroviaire (d'ailleurs dominant dans la zone de calcul) pour la caractérisation duquel les informations fournies par l'autorité portuaire a été utilisé.

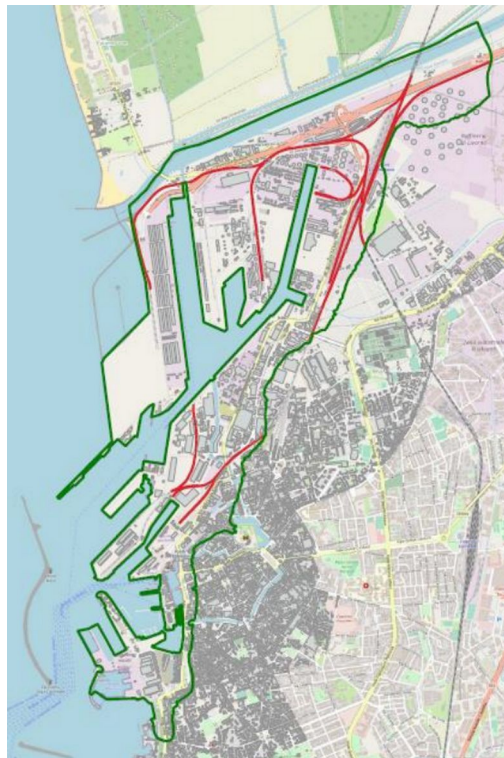


Figure 4: Lignes de chemin de fer à l'intérieur de la zone de calcul.

2.3.3 Sources navales

Les opérations d'amarrage / désamarrage n'ont pas été envisagées dans les ressorts navals. Celles-ci étaient en effet négligeables par rapport aux autres phases consécutives à des campagnes de mesures spécifiques. Les catégories de bateaux requises par le projet sont :

- bateaux de croisière ;
- Bateaux Ro-Ro ;
- les porte-conteneurs ;
- chimiquiers ;
- navires-citernes ;
- bacs.

Les petits bateaux tels que les bateaux de plaisance, les bateaux de pêche et les bateaux des forces de l'ordre, en plus des pétroliers, ont été exclus de toutes les sources navales car, pour des raisons liées à la sécurité des usines pétrochimiques, il n'a pas été possible de caractériser ces bateaux. Pour caractériser les bateaux en mouvement, une campagne de caractérisation particulière a été réalisée selon une méthode similaire au Pass-by.

Les flux de bateaux-pilotes et de remorqueurs ont été calculés sur la base des informations fournies par le corps des pilotes du port.

2.3.4 Sources portuaires

Cette catégorie comprend toutes les sources de bruit industriel lorsqu'elles sont utilisées dans des activités purement portuaires, telles que les véhicules et les machines de toutes sortes opérant dans la zone portuaire et utilisés dans les opérations de :

- chargement/déchargement des trains de marchandises ;
- chargement/déchargement des navires ;
- opérations au service des navires.

La puissance acoustique associée à chaque source a été obtenue selon les méthodes suivantes par

ordre de priorité d'utilisation :

- l'utilisation de la documentation spécifique fournie par les activités, en particulier l'évaluation de l'impact acoustique ;
- utilisation des données trouvées dans la littérature ;
- la réalisation de séances de mesures spécifiques visant à la caractérisation acoustique.

Les machines présentes sont les suivantes :

- Expédier à terre ;
- RTG ;
- gerbeur à portée de main ;
- relevage avant ;
- chariot élévateur ;
- tracteur portuaire ;
- grattoir ;
- grue de quai.

Pour chacune des sources énumérées ci-dessus, le type d'opération a été évalué afin de caractériser l'émission sonore à travers deux approches possibles : la définition d'une source ponctuelle statique ou mobile. La nécessité de cette subdivision découle du fait que les opérations de déplacement sont considérées comme des sources sonores mobiles, tandis que les opérations effectuées par le véhicule en stationnement ont été modélisées par la mise en œuvre d'une source ponctuelle.

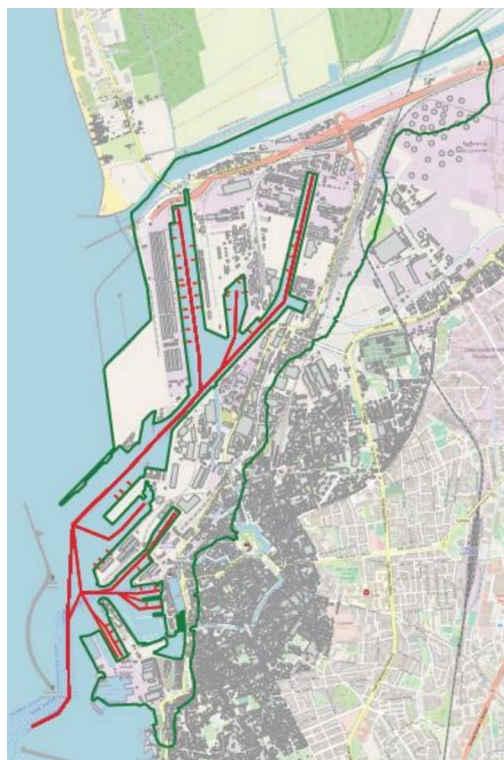


Figure 5: Localisation des sources navales dans la zone de calcul

2.3.5 Sources industrielles

Les sources acoustiques des sources industrielles sont les mêmes que celles rapportées parmi les sources portuaires, mais elles sont comptabilisées parmi les sources industrielles si elles sont utilisées dans des activités purement industrielles et non liées au trafic maritime. En particulier :

- machines et véhicules pour les activités industrielles à l'extérieur ou à l'intérieur des entrepôts ;
- les activités de chargement/déchargement liées aux activités industrielles.

La position des sources industrielles a été définie à partir des informations fournies par les entreprises responsables des activités réalisées par les machines, en variante les informations présentes dans les études d'impact acoustique ont été utilisées.

3 Cartes de bruit

Les cartes des sources individuelles et les cartes globales ont été calculées avec les paramètres indiqués dans le Tableau 1.

Tableau 1: Paramètres de calcul.

Paramètres de calcul.	
Ordre de réflexion	1
Rayon de réflexion max [m]	500
Distance maximale des réflexions du récepteur [m]	500
Distance max des réflexions de la source [m]	100
Espacement de la grille [m]	10
Points récepteurs pour le calcul du niveau de façade (FNM)	1 au centre de chaque façade
Distance de la façade pour FNM [m]	1,0
Hauteur pour FNM [m]	1,5
Hauteur des étages supérieurs pour FNM [m]	3,0
dB pondéré	dB(A)
Norme de bruit industriel	ISO9513-2:1996
Norme de bruit de la route	NMPB2008, CNOSSOS

La Figure 6 montre à titre d'exemple la carte relative au groupe de sources navales selon l'indicateur L_{DEN} .

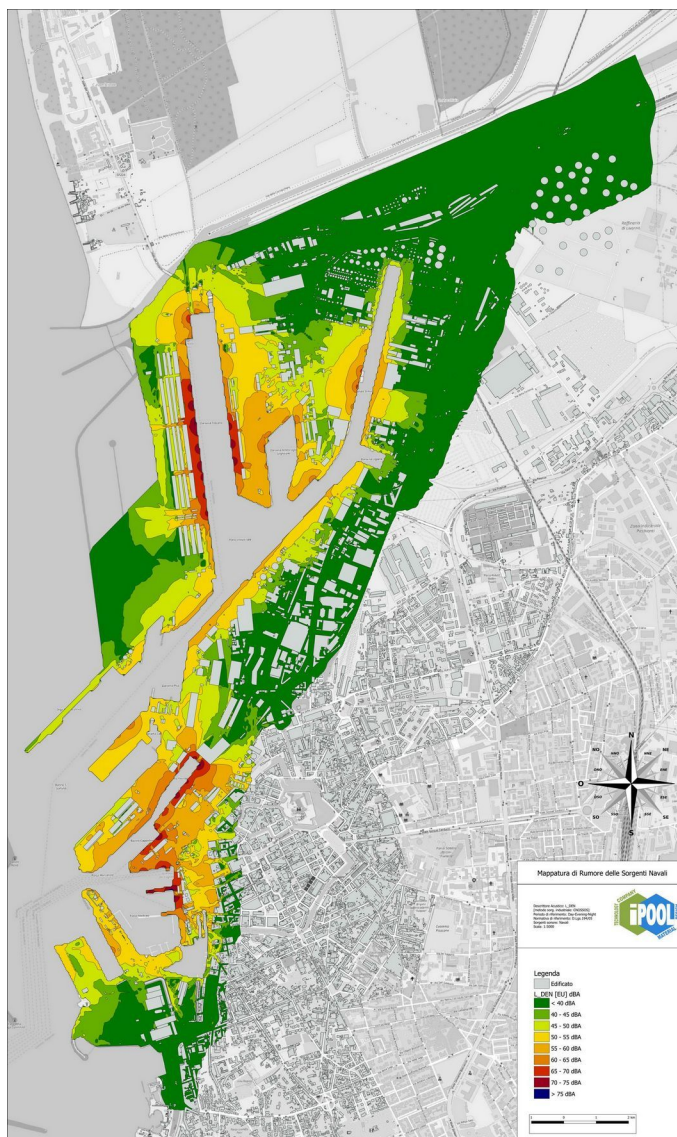


Figure 6: Carte des sources navales au regard de l'indicateur LDEN et de la méthode de calcul CNOSSOS.

3.1 Cartes des sources prédominantes

En utilisant les résultats des cartes des sources individuelles, il a été possible de créer un nouveau type de carte, la carte des sources prédominantes. Pour y parvenir, le niveau de chaque source est examiné en chaque point de la grille de calcul et, s'il existe une source dont le niveau, par analogie avec ce qui est indiqué dans la norme UNI 10855: 1999, est supérieur à la somme de celui de tous les d'autres, au point est associé à un symbole spécifique :

- triangle pour le ressort naval ;
- carré pour la source du port ;
- croix pour la source industrielle ;
- cercle pour la source routière ;
- rugissement de la source ferroviaire.

L'intérieur du symbole est ensuite coloré sur la base du niveau sonore total présent selon l'échelle de couleurs définie par la législation européenne. S'il n'y a pas de source dont le niveau est supérieur à la somme de toutes les autres, un cercle blanc est associé au point.

Ces cartes ont pour but de mettre en évidence les zones où l'un des groupes de sources prévaut sur

les autres.

Pour réaliser ces cartographies et donc distinguer les différentes contributions au bruit environnemental dans la zone portuaire, il est donc indispensable de réaliser des cartographies spécifiques aux différentes sources présentes, telles que réalisées. La Figure 7 montre un exemple de titre de carte des sources prédominantes du port de Livourne selon l'indicateur L_{day} .



Figure 7: Carte des sources prédominantes selon l'indicateur L_{DEN} et la méthode de calcul CNOSSOS.

4 Conclusion

Les expériences développées au sein du projet MONACUMEN et documentées dans ce rapport technique, ainsi que les activités menées dans les autres différents projets du Pôle Bruit du Programme Maritime INTERREG IT-FR (DECIBEL LIST.PORT, REPORT, TRIPLE), ont permis d'évaluer l'applicabilité des méthodes actuelles de Cartographie Acoustique Stratégique, et en particulier de la méthode de calcul CNOSSOS-EU, à la zone portuaire.

En particulier, les développements menés dans le cadre du projet REPORT y ont contribué, en relation avec les forces et faiblesses, ainsi que les obstacles et possibilités, typiques des méthodes de calcul actuelles des bruits portuaires et navals.

Au terme de cette activité on peut affirmer qu'il est certainement possible de développer avec les simulateurs actuellement disponibles une évaluation du bruit généré au sein des zones portuaires par les différentes sources qui y sont présentes (navires, grues, chantiers, véhicules de transport routier, transport ferroviaire de véhicules, etc.). Tant l'indicateur L_{DEN} que l'indicateur L_{night} peuvent être significativement cartographiés, contribuant ainsi à la définition de l'extension des zones affectées par les différentes gammes de niveaux sonores identifiées par le END, ainsi qu'au décompte du nombre de citoyens exposés pour chacune des bandes de bruit.

Cela dit, il convient également de souligner que les progrès réalisés lors du développement du projet REPORT ouvrent la voie à des mises à jour et des évolutions dans les méthodes de calcul. En particulier, alors que les algorithmes relatifs à la propagation du son dans l'environnement extérieur étaient substantiellement adéquats, deux éléments ont indiqué la nécessité d'améliorations, en partie récemment déjà mises en œuvre dans les méthodes de calcul.

Un premier élément est la caractérisation acoustique des navires et des grues, qui jouent évidemment un rôle prépondérant parmi les différentes catégories de sources présentes dans les ports. Des progrès importants ont été réalisés sur ce point, qui permettent désormais de mieux définir et de mieux définir ces sources de bruit en termes de spectre de puissance acoustique, ou plutôt de spectres, puisque chacune d'entre elles peut être considérée comme une somme de sources différentes.

Un autre aspect pertinent concerne la répartition temporelle des émissions par rapport à l'exploitation des navires sur 24 heures. En fait, l'évaluation de L_{DEN} et de L_{night} ne peut ignorer l'analyse de l'histoire temporelle des niveaux sonores. Cet aspect a également fait l'objet d'études, au point d'aboutir à des solutions convaincantes.

En résumé, il est possible, en aval du développement du projet REPORT, de créer des cartes acoustiques stratégiques des zones portuaires conformément à la directive END. Des améliorations supplémentaires des méthodes de calcul, également possibles à la lumière des activités menées, rendront la modélisation numérique plus précise et efficace.

Annexes

Les cartes de bruit au format Shapefile sont disponibles dans l'annexe du produit. Ceux-ci sont regroupés selon le schéma suivant :

- Annexe_1_T3.4.1: Carte de Bruit **globale** L_{DEN} et L_{night} ;
- Annexe_2_T3.4.1: Cartes d'exposition **globale** L_{DEN} et L_{night} ;
- Annexe_3_T3.4.1: Cartes de bruit et cartes d'exposition des sources **routières** L_{DEN} et L_{night} ;
- Annexe_4_T3.4.1: Cartes de bruit et cartes d'exposition des sources **ferroviaires** L_{DEN} et L_{night} ;
- Annexe_5_T3.4.1: Cartes de bruit et cartes d'exposition des sources **industrielles** L_{DEN} et L_{night} ;
- Annexe_6_T3.4.1: Cartes de bruit et cartes d'exposition des sources **portuaires** L_{DEN} et L_{night} ;
- Annexe_7_T3.4.1: Cartes de bruit et cartes d'exposition des sources **navales** L_{DEN} et L_{night} ;
- Annexe_8_T3.4.1: Cartes des sources prédominantes L_{DEN} , L_{day} et L_{night} (format .jpg);
- Annexe_9_T3.4.1: Instruments:
 - Zone de calcul ;
 - Construit ;
 - Point de mesure.