

## PROJET REPORT

### “Bruit et Ports”

CUP E48B17001310007

### Produit T3.4.2

# Rapport de mise en œuvre

## Composant T3

### Activités T3.4

Date de livraison prévue: [compléter]

Date de livraison réelle: [compléter]

Organisation responsable de la composante: **UNIFI**

Niveau de diffusion		
<b>PU</b>	Publique	<b>X</b>
<b>CO</b>	Confidentiel, réservé aux partenaires	

<b>Nombre de documents à livrer:</b>	T3.4.2
<b>Responsable de la documentation à livrer:</b>	<b>ARPAT CSTB UNIGE</b>
<b>Composant:</b>	T3 - vérification et validation des modèles et scénarios développés

<b>Auteur(s) - par ordre alphabétique</b>		
<b>Prénom</b>	<b>Organisation</b>	<b>E-mail</b>
Matteo Bolognese	ARPAT	m.bolognese@arpat.toscna.it
Gaetano Licitra	ARPAT	g.licitra@arpat.toscna.it
Julien Maillard	CSTB	julien.maillard@cstb.fr
Corrado Schenone	UNIGE	corrado.schenone@unige.it

<b>Révision du document</b>			
<b>Version</b>	<b>Date</b>	<b>Changements</b>	
		<b>Type de changements</b>	<b>Modifié par</b>

<b>Résumé</b>
Rapport contenant les résultats relatifs à la faisabilité et l'identification de solutions pour l'application du modèle CNOSSOS aux zones portuaires et les vérifications et validations ultérieures par une approche transfrontalière.

## Index général

1 Introduction.....	4
2 Outil de modélisation des sources portuaires.....	4
3 Calcul de $L_{DEN}$ et $L_{Night}$ dans la zone portuaire.....	6
4 Carte des sources dominantes.....	8
5 Conclusion.....	9

## 1 Introduction

La Directive Européenne 49/2002/CE du 25/06/2002 "Environmental Noise Directive -END" définit en Annexe II les méthodes de calcul (communes à tous les Etats membres de l'Union Européenne) pour calculer la propagation sonore des différents types de source . Quant au bruit produit par l'activité portuaire, il n'est pas défini en termes spécifiques ; au contraire, il est assimilé au bruit industriel.

Au moment de la publication, la méthode de calcul choisie était la méthode de calcul ISO 9613-2 : « Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2; General method of calculation ». Par la suite, en 2015, la méthode CNOSSOS-EU est devenue la nouvelle méthode de calcul européenne basée sur une nouvelle directive de la Commission européenne (basée sur l'annexe II révisée de l'END). CNOSSOS-UE était censé être obligatoire pour tous les États membres de l'UE après le 31 décembre 2018. Mais un certain nombre de défis de mise en œuvre sont apparus, qui ont été résolus dans le contexte des développements actuels et potentiels de la politique de l'UE en matière de bruit et des perspectives d'avenir du CNOSSOS-UE pour devenir pleinement opérationnel dans les États membres de l'UE.

Un groupe de travail a commencé ses travaux en 2018 avec l'approbation de la Commission européenne. Ceci est en réponse à des recherches antérieures qui ont clairement montré que la méthode de calcul européenne appelée CNOSSOS-EU: 2015 contient des ambiguïtés et des erreurs. Les améliorations ont été définies et mises en œuvre dans les outils de calcul. Pour chaque point en question, le groupe de travail a expliqué pourquoi il le considérait comme un problème et a également préparé une proposition de motif d'amélioration.

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0023.pdf>

Les données de bruit (données d'entrée) adaptées à cette méthodologie peuvent être obtenues au moyen des techniques de détection prévues par l'ISO 8297:1994 "Acoustics - Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment - Engineering method", De l'EN ISO 3744: 1995 « Acoustics - Determination of sound power levels of noise using sound pressure - Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane » ou de l'EN ISO 3746: 1995 « Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using an enveloping measurement surface over a reflecting plane ».

De manière générale, la cartographie acoustique d'un port, réalisée selon la méthode CNOSSOS-EU conformément à la Directive Européenne 49/2002/CE, doit avoir les caractéristiques suivantes.

1. Une carte stratégique de bruit est une représentation de données relatives à l'un des aspects suivants :
  - A) une situation sonore existante, antérieure ou prévue en fonction d'un descripteur acoustique ;
  - B) dépassement d'une valeur limite ;
  - C) le nombre estimé de maisons, d'écoles et d'hôpitaux dans une zone donnée qui sont exposés à des valeurs spécifiques d'un descripteur acoustique ;
  - D) le nombre estimé de personnes se trouvant dans une zone exposée au bruit.
2. Les cartes stratégiques de bruit peuvent être présentées au public sous la forme de :
  - A) des graphiques ;
  - B) les données numériques sur les impressions ;
  - C) données numériques sous format électronique.
3. Les cartes stratégiques de bruit relatives aux agglomérations concernent notamment le mineur émis :
  - A) de la circulation automobile ;
  - B) du trafic ferroviaire ;
  - C) du trafic aéroportuaire ;
  - D) des sites d'activité industrielle, y compris les ports.
4. Les cartes stratégiques de bruit servent de base pour :
  - A) les données à transmettre à la Commission conformément à l'article 10, paragraphe 2, et à l'annexe VI ;
  - B) les informations à transmettre aux citoyens conformément à l'article 9 ;
  - C) plans d'action conformément à l'article 8.

Pour chacun de ces objectifs, un type distinct de carte stratégique du bruit est requis.
5. Les exigences minimales pour les cartes de bruit stratégiques relatives aux données à transmettre à la Commission sont énoncées à l'annexe VI, points 1.5, 1.6, 2.5, 2.6 et 2.7.
6. Pour l'information des citoyens conformément à l'article 9 et pour la préparation de plans d'action conformément à l'article 8, des informations supplémentaires et plus détaillées sont requises, telles que :
  - A) une représentation graphique ;
  - B) des cartes montrant le dépassement des valeurs limites ;
  - C) des cartes de comparaison, dans lesquelles la situation existante est comparée à diverses situations futures possibles ;
  - D) des cartes affichant la valeur d'un descripteur acoustique à une hauteur autre que 4 m, le cas

échéant.

Les États membres peuvent décider du type et du format des cartes de bruit.

7. Des cartes stratégiques de bruit à usage local ou national doivent être établies en utilisant une hauteur de mesure de 4 m et des plages de niveaux LDEN et Lnight de 5 dB comme défini à l'annexe VI.
8. Pour les agglomérations, des cartes de bruit stratégiques distinctes doivent être établies pour le bruit du trafic automobile, ferroviaire, aérien et industriel. Des cartes liées à d'autres sources de bruit peuvent être ajoutées.

En ce qui concerne les phases d'activité, dans l'élaboration de la cartographie acoustique, on peut procéder selon le schéma suivant :

- l'acquisition de cartes et d'éléments significatifs de la zone ;
- importer, corriger et ajouter les informations manquantes ;
- choix des paramètres de calcul et exécution des simulations ;
- calage du modèle à partir des flux de trafic traités ;
- simulation de la situation acoustique ;
- analyse des résultats obtenus ;
- édition sous forme de sortie graphique ;
- faciliter le partage des résultats en les rendant plus immédiatement compréhensibles ;
- partage de la population exposée.

## 2 Outil de modélisation des sources portuaires

L'outil de modélisation des sources portuaires proposé par le CSTB et mis en œuvre dans le logiciel MithraSIG repose sur un modèle de simulation acoustique spécifique aux zones portuaires. Ce modèle de simulation utilise les méthodes d'ingénierie standardisées pour le calcul de la propagation (e.g. ISO9613-2, NMPB2008, Harmonoise, Cnossos-EU) mais introduit une nouvelle technique de modélisation des objets et sources de bruit particulières que l'on peut trouver dans les ports.

L'analyse des fonctionnalités existantes des outils destinés à la cartographie du bruit extérieur et aux études d'impact tels que MithraSIG, a mis en lumière la difficulté à modéliser l'émission acoustique des navires dans les ports. Du fait de leur taille, les navires ne peuvent être assimilés à une source ponctuelle fictive, comme c'est le cas par exemple pour les véhicules routiers ou les avions, et une modélisation géométrique plus détaillée est nécessaire afin de bien prendre en compte les effets de réflexion et de diffraction sur la propagation du bruit.

Le nouveau module de MithraSIG destiné aux sources portuaires permet de modéliser rapidement la géométrie d'un navire et de positionner les principales sources de bruit représentant l'émission acoustique du navire. L'utilisateur sélectionne un type de navire puis saisit ses principales dimensions caractéristiques. Dans un second temps, les sources dont les positions sont prédéfinies pour le type de navire sélectionné sont caractérisées en associant à chaque source des propriétés d'émission sous la forme d'un spectre de puissance acoustique et d'une directivité. Ces propriétés sont saisies manuellement ou bien sélectionnées à partir de la base de données sources du logiciel. Dans le cas d'une saisie manuelle, les valeurs sont généralement issues d'une caractérisation expérimentale à partir de mesurages réalisés in-situ.

A titre d'illustration, la Figure 1, ci-dessous, présente l'interface de saisie pour la spécification géométrique d'un navire de type porte-conteneurs.

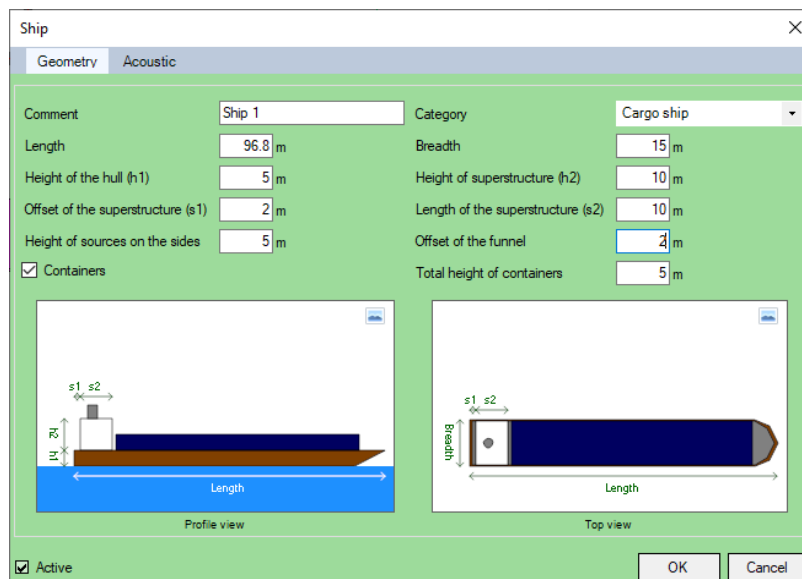


Figure 1: Spécification géométrique d'un navire.

La Figure 2 présente l'interface de saisie des propriétés d'émission acoustique du navire.

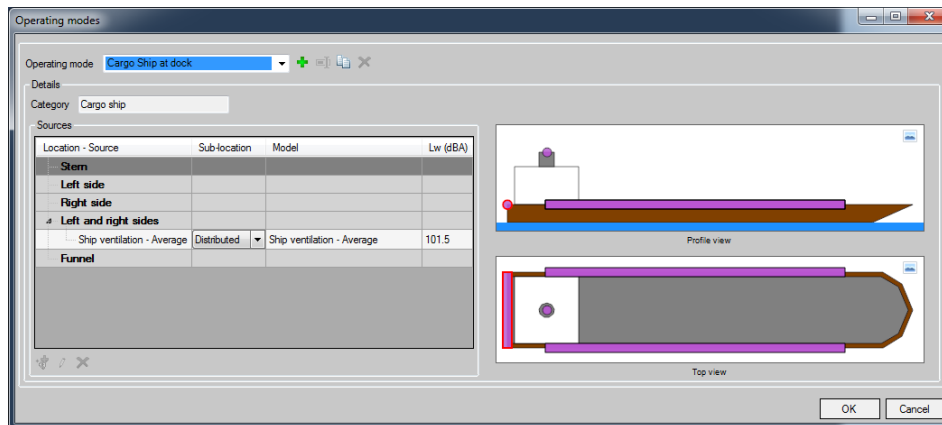


Figure 2: Specifications acoustiques d'un navire.

La modélisation acoustique des activités portuaires doit tenir compte des différents modes opératoire tels que :

9. l'entrée et la sortie des navires dans port, y compris les manœuvres de mise à quai ;
10. l'attente du navire à quai entre deux traversées ;
11. les opérations de chargement et de déchargement.

On considère en particulier les sources de bruit d'un navire à quai, qu'il soit en simple attente entre deux missions ou en phase de chargement/déchargement. Puisque ce mode peut durer plusieurs heures, voire plusieurs jours, il génère un bruit d'exposition quasiment constant, à l'origine de gêne prolongée, en particulier pour les ports qui se situent proche ou intégrés dans des zones urbaines.

L'outil permet également de traiter les autres activités portuaires à l'origine de nuisances sonores, liées en particulier à la manipulation des marchandises. Ce type de source est modélisé en tant que source de bruit liée à une activité industrielle (au sens de la Directive Européenne). Le problème de la modélisation et de la gestion de ces activités a été étudié en détail à travers plusieurs projets Européens, comme IMAGINE et NoMePorts.

Dans sa version actuelle, **MithraSIG** intègre un module correspondant à ces besoins et qui permet notamment de modéliser des sources de bruit de type industriel à partir de deux bases de données intégrées dans l'outil :

12. La base de données IMAGINE ;
13. La base de données interne au logiciel, contenant les sources ajoutées par le CSTB et GEOMOD.

Enfin, la base de données interne au logiciel a été enrichie pour intégrer des modèles issus de mesures effectuées par le CSTB dans le cadre du projet DECIBEL.

D'autre part, il a été mis en avant que les conditions météorologiques au bord de la mer peuvent être significativement différentes de ce que l'on rencontre sur la terre ferme. En particulier, les conditions sont souvent caractérisées par des vents dominants, créant des conditions de propagation favorables du port vers certaines zones urbaines. Dans ces conditions, l'utilisation de valeurs par défaut peut induire des sous-estimations importantes du niveau d'exposition et des populations exposées au bruit.

Une méthodologie spécifique pour tenir compte de ces phénomènes a été proposée dans le projet Décibel. Ainsi, des roses d'occurrence de conditions de propagation favorable ont été déterminées à partir de données météorologiques locales au format METAR.

Pour les ports en bord de mer, et en particulier lorsqu'il s'agit d'évaluer la gêne sonore créée par des activités spécifiques et/ou intermittentes, se produisant à certaines périodes de l'année ou certaines heures de la journée, il convient de prendre en compte :

14. les effets saisonniers, par exemple le trafic généré par le tourisme l'été ;
15. les variations saisonnières des vents dominants ;
16. les effets thermiques jour/nuit, lever/coucher de soleil, par exemple pour l'évaluation du bruit des ferries qui desservent les ports à des heures fixes.

Afin de prendre en compte les spécificités des ports, un nouveau type de découpage périodique a été ajouté à MithraSIG: le découpage périodique non horaire.

Ce type de découpage périodique permet de définir plusieurs périodes qui peuvent correspondre à des configurations indépendantes de la journée, par exemple :

17. Période "Eté", Période "Hiver" ;
18. Période "Heure de pointe", Période "Heures creuses" ;
19. Période "Chargement", Période "A quai", Période "Déchargement" ;
20. Etc.

### 3 Calcul de $L_{DEN}$ et $L_{Night}$ dans la zone portuaire

Les outils de modélisation introduits dans l'outil **MithraSIG** tels que résumés dans la section précédente facilitent le calcul des niveaux d'exposition au bruit dans des configurations spécifiques.

Une telle modélisation est bien adaptée pour évaluer la gêne sonore liée à une configuration particulière, par exemple lors de l'instruction de plaintes, occasionnelles ou récurrentes, de la part de riverains. Elle permet également d'étudier les meilleurs moyens de réduction du bruit à l'origine des plaintes. Lors du calcul d'une telle configuration, on peut supposer que la géométrie de celle-ci reste invariable dans le temps puisqu'on s'intéresse en premier lieu au bruit produit pendant la période durant laquelle un navire particulier se trouve à quai, et l'on modélise en détail les différentes phases de déchargement et de chargement. La prise en compte des horaires d'arrivée et de départ des ferries permet d'apprécier plus finement la gêne sonore occasionnée en fonction de l'heure de la journée. Ainsi, un débarquement commençant avant 7 heures le matin ou un embarquement se terminant après 19h le soir sera source de plus de gêne que lorsque cette même activité a lieu en milieu de journée.

Toutefois, afin d'évaluer les effets du bruit sur la santé, la Directive Européenne préconise l'utilisation des indicateurs  $L_{DEN}$  (« level day evening night ») et  $L_{night}$  (« level night »), évalués en tant que valeurs moyennes sur une année représentative.

Il convient de remarquer que les activités portuaires sont, en ce sens, très différentes des autres sources de bruit visées par l'application de la Directive. Le trafic routier, ferroviaire et aérien, ainsi que la plupart des installations industrielles se caractérisent par un bruit plus ou moins stable dans le temps à l'échelle des périodes « jour », « soirée » et « nuit », bien que des variations de l'ordre de 3 à 6 dB peuvent se produire pour cause de modulation du trafic avec les heures de la journée, le jour de la semaine ou encore les aléas des conditions météorologiques.

De plus, la localisation de ces sources sonores ne varie peu ou pas du tout avec le temps. L'approche méthodologique compatible avec les exigences de la Directive consiste alors à considérer une journée représentative de 24 heures et utiliser comme données d'entrée les valeurs de débit et de vitesse en moyenne journalière. De la même façon, la propagation du son est modélisée en prenant des conditions météorologiques en moyenne annuelle, ou, dans le meilleur des cas, en moyenne saisonnière. Les niveaux sonores horaires sont ensuite combinés avec les pondérations adéquates afin d'obtenir une valeur  $L_{DEN}$  représentative pour l'année entière. De même, l'évaluation expérimentale des indicateurs long terme pour les sources de bruit visées par la Directive Européenne se basera en principe sur des mesures ponctuelles sur quelques heures ou quelques jours, avec éventuellement des corrections en fonction du trafic constaté pendant les mesures.

Dans les ports, la situation est toute autre. Les navires arrivent avec un certain rythme plus ou moins régulier, journalier (les ferries), mensuel, annuel... et restent à quai le temps nécessaire pour le transbordement des passagers et des marchandises (de quelques heures pour les ferries à plusieurs jours pour les cargos) avant de repartir pour des traversées plus ou moins longues.

Une approche pragmatique doit être recherchée afin de prendre en compte le fonctionnement réel des ports et de rendre compte de la variabilité temporelle des niveaux d'exposition dans le calcul de leur moyenne annuelle.

Il convient pour cela de distinguer deux modes de fonctionnement spécifiques : d'une part, le fonctionnement lié à un trafic journalier régulier comme celui induit par les ferries (avec un ou plusieurs passages par jour et une présence à quai de l'ordre de quelques heures) ; d'autre part, le fonctionnement des grands ports commerciaux recevant des navires long courrier (avec plusieurs passages par an et une présence à quai de plusieurs jours). Ces deux modes de fonctionnement doivent être simulés pour le calcul des moyennes annuelles des niveaux d'exposition.

Dans les versions antérieures de **MithraSIG** (5.4), il n'est pas possible d'indiquer qu'un navire est absent du port durant certaines heures de la journée. En effet, dès lors que le navire est présent dans le modèle, il l'est pour toutes les périodes de la journée. Même s'il est possible de désactiver les sources du navire sur une période donnée, le navire se comportera malgré tout comme un obstacle à la propagation du bruit sur cette période.

La version 5.5 du logiciel implémente une fonctionnalité permettant de calculer un indice  $L_{DEN}$  à partir de plusieurs calculs. Le principe général repose sur l'utilisation des variantes. Chaque variante est associée à une configuration du port pour laquelle un niveau d'exposition  $L_{Aeq}$  est calculé. Le  $L_{DEN}$  est obtenu ensuite en combinant les calculs des variantes. Plus précisément, le logiciel calcule la somme pondérée de chacun des  $L_{Aeq}$ . Le facteur de pondération est obtenu à partir du nombre d'heure de la journée durant laquelle la configuration est effective et de la pénalité correspondant à la période de la journée associée (0 dB le jour, 5 dB le soir, 10 dB la nuit). Notons que les calculs ainsi combinés doivent nécessairement utiliser les mêmes zones de récepteurs.

On donne ci-dessous un exemple de calcul suivant cette nouvelle fonctionnalité.

Un navire est présent dans le port de 7h à 18h.

On crée donc deux variantes ;



21. Une variante en plaçant le navire dans le port ;
22. Une variante sans le navire.

On calcule ensuite deux  $L_{Aeq}$  :

23. Un  $L_{Aeq}$  avec le navire dans le port :  $L_{AeqNav}$  ;
24. Un  $L_{Aeq}$  sans le navire :  $L_{AeqNoNav}$ .

On calcule enfin le  $L_{DEN}$  en utilisant la nouvelle fonctionnalité de somme pondérée :

$$Lden = 10 \log \left( \frac{11}{24} * \frac{10^{L_{AeqNav}}}{10} + \frac{1}{24} * \frac{10^{L_{AeqNoNav}}}{10} + \frac{4}{24} * \frac{10^{L_{AeqNoNav}+5}}{10} + \frac{8}{24} * \frac{10^{L_{AeqNoNav}+10}}{10} \right)$$

Cette fonctionnalité est disponible lors de la création d'étiquettes et d'opérations entre cartes comme le montre la Figure 3 et la Figure 4.

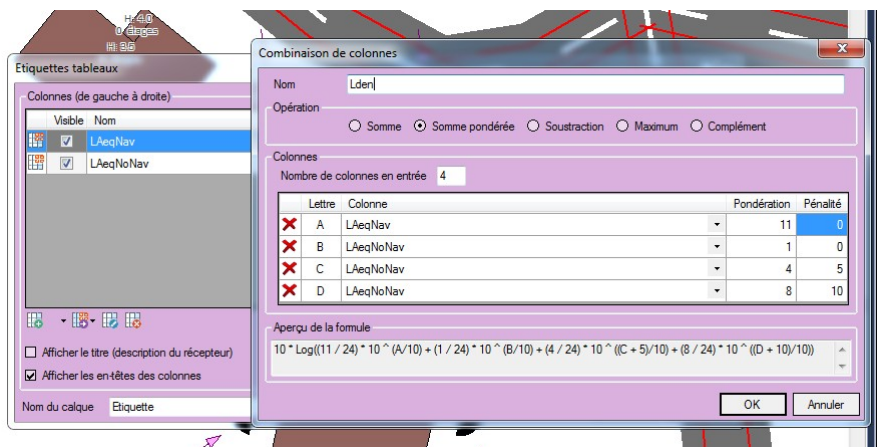


Figure 3: Calcul du  $L_{DEN}$  en utilisant les étiquettes.

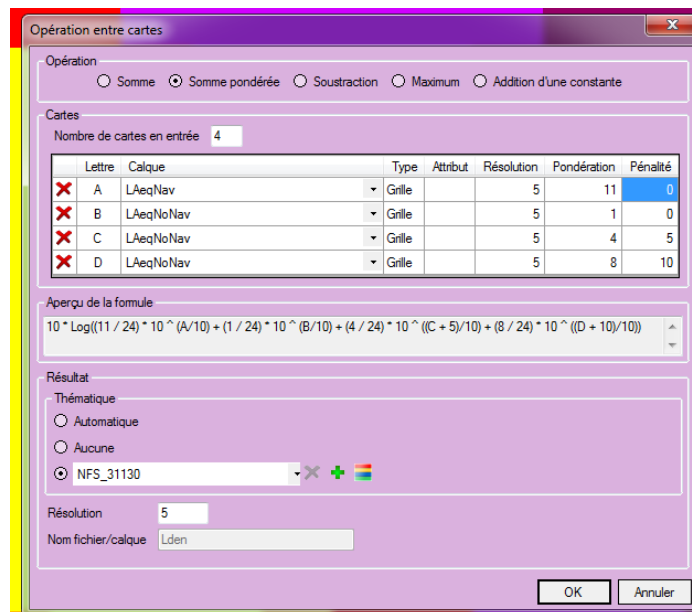


Figure 4: Calcul d'un  $L_{DEN}$  en utilisant les opérations entre cartes.

Notons que cette nouvelle fonctionnalité de calcul de somme pondérée permet également de calculer un niveau  $L_{Aeq}$  moyenné sur une année. On créera une variante pour chaque journée possible sur l'année, et on procédera à la somme pondérée des  $L_{Aeq}$  de chaque variante en appliquant en pondération le nombre de jours dans l'année durant lesquels la configuration est effective. La somme des pondérations devra être 365.



## 4 Carte des sources dominantes

Description des cartes des sources prédominantes en mettant l'accent sur les avantages en termes d'interprétabilité des résultats et d'efficacité communicative pour une meilleure communication aux citoyens et une identification plus immédiate des enjeux critiques aux fins de dépollution acoustique.

Au sein du cluster acoustique, notamment dans le cadre du projet MON ACUMEN, un nouveau type de carte de bruit appelé Carte des Sources Dominantes a été développé.

Cela se fait sur la base des cartes des différentes sources présentes dans la zone portuaire. En chaque point de la grille de calcul, le niveau de chaque source est calculé et s'il existe une source dont le niveau, par analogie avec ce qui est indiqué dans UNI 10855: 1999, est supérieur à la somme de celui de toutes les autres, il est associé au point un symbole spécifique ;

- 25. triangle pour le ressort naval ;
- 26. carré pour la source du port ;
- 27. croix pour ressort industriel ;
- 28. cercle pour la source routière ;
- 29. 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 cartes et donc distinguer les différentes contributions au bruit environnemental dans la zone portuaire, il est nécessaire de réaliser des cartes spécifiques pour les différentes sources présentes. Les critères qui sous-tendent la subdivision des sources et leur regroupement en groupes spécifiques au sein du modèle de calcul ont été définis dans des documents (y compris complémentaires) créés par le partenaire ARPAT au sein du document MON ACUMEN. En particulier, pour une description plus détaillée, il est fait référence aux Produits T2.2.1, T2.3.3 et T3.3.4. Les résultats sont plutôt présentés dans le Produit T2.3.2. La Figure 5 montre, à titre d'exemple, une carte des sources prédominantes du port de Cagliari.



Figure 5: Cagliari, Carte des sources prédominantes relatives à l'indicateur  $L_{night}$ .

La carte, appliquée ici dans le contexte portuaire, peut s'avérer être un outil important également dans d'autres contextes, comme dans le cas de la cartographie stratégique des agglomérations urbaines. Celles-ci, comme le port, voient de nombreuses sources de bruit persister sur un même territoire, notamment les routes, les voies ferrées, les industries, les aéroports, ainsi que le port lui-même. L'utilisation de la carte des sources prédominantes dans la représentation des résultats de la cartographie acoustique d'une agglomération urbaine permettrait d'identifier rapidement les zones les plus soumises à l'influence de sources spécifiques, facilitant l'analyse des résultats et le travail de les communiquer à la population. Plutôt que de consulter les cartes individuelles relatives aux différentes sources, la vision en une seule figure de toutes les sources concernées

profite grandement à la compréhension du citoyen, ainsi qu'au personnel technique spécialisé, qui pourra ensuite utiliser les cartes individuelles pour des considérations et des analyses plus approfondies.

La carte des sources prédominantes, appliquée dans le contexte portuaire comme dans le contexte urbain, ou dans tout scénario dans lequel le besoin de comparer l'impact de différentes sources se fait sentir, permet une identification plus rapide et immédiate des criticités à des fins de dépollution acoustique.

Enfin, la carte permet d'identifier les zones dans lesquelles il est possible d'effectuer un suivi acoustique, même à long terme, de sources de bruit spécifiques afin de suivre leur évolution dans le temps.

## 5 Conclusion

Aux fins de la modélisation du bruit portuaire, sans fournir de méthode spécifique pour les ports, la norme Cnossos-UE introduit des algorithmes et des critères pour les sources sonores et la propagation qui peuvent être appliqués efficacement à l'environnement portuaire. Dans le cadre des activités du projet Report, un module utilisant la norme Cnossos-EU a donc été mis en place pour modéliser le bruit provenant des ports, il représente à la connaissance des partenaires la première tentative faite dans ce sens.

Entre autres, le navire a été défini comme une source sonore spécifique, introduisant dans le logiciel une base de données capable de représenter différents types de bateaux. Le navire, ainsi défini comme une source acoustique, peut être caractérisé à la fois en termes de taille et de caractéristiques sonores. D'autres catégories de sources de bruit typiques de l'environnement portuaire ont donc été introduites dans le logiciel, telles que des grues de nature différente, des chantiers navals, des dispositifs de manutention de marchandises. Bien entendu, les modèles spécifiques préexistants ont été utilisés pour prendre en compte les sources routières et ferroviaires présentes à l'intérieur du port.

Un élément important qui a été travaillé est la détermination des indices d'évaluation du bruit introduits par la directive européenne END,  $L_{DEN}$  et  $L_{night}$ . Ces indices nécessitent en effet une pondération des niveaux sonores en fonction de leur distribution temporelle ; en d'autres termes, des pénalités sont appliquées pour les niveaux sonores relatifs à la période de soirée (de 19h à 22h) et à la période de nuit (de 22h à 6h). Cela implique l'attribution de niveaux sonores à une plage horaire précise. Du point de vue de la modélisation du bruit portuaire, il était nécessaire de définir un minutage précis des événements, comme le départ ou l'arrivée des navires ou leur stationnement sur le banc. A l'aide d'une technique introduite à cet effet, le modèle développé a combiné les algorithmes de la méthode Cnossos, avec une gestion des événements scrutés temporellement afin de permettre le calcul des indicateurs de bruit  $L_{DEN}$  et  $L_{night}$ .

Nous avons ensuite procédé à la vérification de la fonctionnalité du module numérique dédié à la caractérisation acoustique des ports en mettant en œuvre des cartes de bruit. Capitalisant la collaboration avec d'autres projets du « Pôle Bruit » du programme INTERREG IT-FR Maritime, la situation concernant les sources prédominantes a été analysée en particulier. L'activité réalisée a confirmé l'efficacité de la norme Cnossos-UE aux fins de la cartographie du bruit portuaire, ainsi que le fonctionnement du module numérique spécifiquement mis en œuvre. Cela représente un net pas en avant par rapport à l'état de l'art au début du projet, un pas en avant qui est un résultat significatif des activités menées dans le cadre du projet Report.

Devant évaluer les résultats du projet REPORT dans son ensemble, notamment en ce qui concerne la création d'un modèle numérique spécifique pour les ports qui prend en compte les évolutions réglementaires les plus récentes en Europe, on ne peut que conclure positivement. Le résultat obtenu est très satisfaisant, tant sur le plan qualitatif que pour les conséquences opérationnelles et pratiques qui peuvent en découler. En effet, un outil a été développé qui permet à tous les acteurs portuaires, et en particulier les Autorités Portuaires, les Collectivités Territoriales et aux Organismes de Contrôle, de procéder à l'analyse de l'impact acoustique des ports en termes quantitatifs avec une exactitude et une précision jusqu'alors impossibles.