

PROJET DECIBEL

LIVRABLE T1.1.1 cahier des charges méthodologie transfrontalière de l'étude



La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée

Tache 1.1 : étude de la pollution sonore

Définition d'une méthodologie conjointe, partagée et innovante

A. Eléments préliminaires à la constitution de la méthodologie

Les ports insulaires : des zones d'interface

La question de l'exposition au bruit dans les ports urbains insulaires est soulevée dans le cadre du projet DECIBEL avec comme objectif final l'amélioration de la pollution sonore par la mise en place de plan d'actions.

Pour évaluer et quantifier les scenarii et les pistes de solutions possibles, il est nécessaire de disposer d'une méthodologie d'analyse de la pollution sonore et de quantification de l'impact d'actions, ce afin d'obtenir des données objectives pour orienter le choix des solutions à mettre en œuvre. Les ports urbains insulaires sont cependant des zones **d'interface** et sont de ce fait particulièrement complexes à analyser. En effet, les ports insulaires sont notamment à l'interface entre :

les milieux : terre et mer

les moyens de transport : bateaux (cargos et ferrys), véhicules (légers, lourds et remorques), modes doux (vélos et piétons)

les activités : logistiques et industrielles d'une part, activités urbaines d'autre part

les acteurs : collectivités locales, concession portuaire, compagnies maritimes, clients de compagnies (entreprises et particuliers), riverains des zones portuaires

Ce positionnement d'interface engendre notamment que les parties prenantes autour des questions de bruit en provenance des ports insulaires sont nombreuses et l'analyse complexe. Ceci implique que la méthodologie d'analyse doit travailler par **étapes successives**, et ce afin de cadrer le plus possible le champ de l'étude de la pollution sonore.

Nécessité de définir les échelles spatiales et temporelles

Le positionnement particulier des ports insulaires en tant que zones d'interface nécessite de bien définir le niveau de détail et les échelles d'analyse de la pollution sonore d'un point de vue **spatial** mais aussi **temporel**.

En effet, les zones géographiques d'influence d'un port ou de ses activités peuvent recouvrir des zones très distinctes, allant du domaine public portuaire uniquement, jusqu'à l'ensemble des autres ports pour lesquels il existe des liaisons régulières, ou encore la zone géographique desservie par les activités de logistique ou l'étendue de la commune en contact avec le port. Chacune de ces zones est impactée par les activités du port, et les nuisances sonores provoquées par celles-ci doivent être mises en regard du bénéfice socio-économique des activités. Il est donc nécessaire de bien définir la zone d'analyse dans l'étude de la pollution sonore, et cela relève du demandeur de l'étude, en fonction de ces objectifs.

L'échelle temporelle d'analyse est aussi un point fondamental dans l'étude de la pollution sonore. En effet, les activités et les nuisances qu'elles induisent peuvent se manifester à la fois **sur l'exposition chronique de long terme**, par exemple via une augmentation du trafic routier quotidienne due à l'activité du port, mais aussi par des **émissions sonores impulsives et sur une courte durée**, par exemple lors des activités de déchargement de cargo, qui se produisent lors de créneaux horaires spécifiques. Pour conserver suffisamment de finesse dans l'analyse pour conserver une trace de tous ces phénomènes tout en rendant l'analyse accessible à l'ingénierie, **l'échelle horaire** semble bien adaptée, puisqu'elle permet de rendre compte des activités spécifiques du port tout en ayant accès aux effets chroniques liés à l'exposition moyenne. Cette analyse nécessite cependant de connaître à l'échelle horaire les scénarios d'activation des sources de bruit, ce qui nécessite de produire des données d'entrée particulières.

Enfin, les ports insulaires urbains ont généralement une variation importante de leur activité en fonction de la **saison** (basse et haute), et il paraît donc nécessaire de mener une analyse différenciée en fonction de celles-ci.

Rappel de la réglementation applicable

Comme rappelé dans les objectifs du projet DECIBEL, la directive européenne 2002/49/EC dite « Environmental Noise Directive » (END) vise à harmoniser les pratiques pour la lutte contre la pollution sonore et à rendre disponible au public l'information de l'exposition sonore. Elle demande également aux états membres de proposer des plans d'actions pour lutter contre la pollution sonore lorsque celle-ci représente un danger sanitaire. Les ports insulaires urbains rentrent à ce titre dans le

cadre de la directive en tant que zone potentiellement génératrice de nuisances sonores qui impactent une zone urbaine. A ce titre, il semble intéressant de s'intéresser aux indicateurs de bruit moyen mis en avant dans la directive que sont le L_{den} et le L_n .

Parallèlement, en France et en Italie, les activités portuaires génératrices de bruit non soumises à classement (au sens des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) peuvent rentrer dans le cadre des **bruits de voisinage**. Dans ce cas, il est exigé que l'**émergence** (c'est-à-dire le dépassement de niveau dû à une source particulière par rapport au bruit ambiant) des activités, mesurée en limite de propriété d'un riverain, reste en-dessous d'un certain seuil, la journée et la nuit, en fonction de la durée d'apparition (pour la France, cela est spécifié dans l'article R1336-6 du code sa Santé Publique, et pour l'Italie dans la loi 447 de 1995 et l'article 844 du code civil). Le seuil de base au-delà de laquelle une infraction est constituée est par exemple de 5 dB(A) le jour et 3 dB(A) la nuit en France (pour une source active pendant 8 heures).

Phases de diagnostic et de plan d'actions

On propose de travailler selon deux grandes phases :

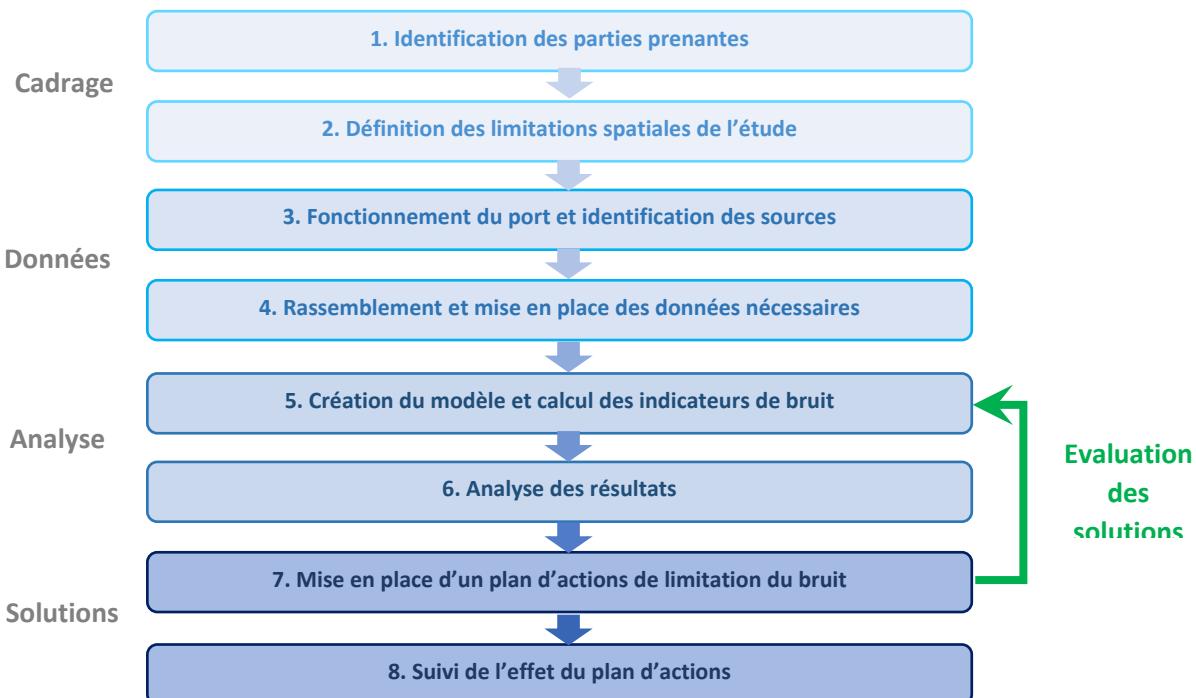
La phase de diagnostic, qui consiste à identifier les éléments existants participant à la pollution sonore et à quantifier les impacts

La phase de plan d'actions, qui consiste à proposer une solution d'amélioration et à l'évaluer

Les étapes proposées s'intégreront dans ces deux phases.

B. Méthodologie par étapes

La méthodologie que nous proposons est composée de 8 étapes, elles-mêmes regroupées en 4 thématiques (cadrage, données, analyse, solutions), que l'on peut résumer par le diagramme suivant :



On peut décrire les étapes de 1 à 6 comme étant la phase de **diagnostic**, et les étapes 7 et 8 comme la phase de **plan d'actions**.

Bien que ces étapes aient vocation à être appliquées l'une après l'autre, certaines étapes pourront être répétées (on pourra notamment réutiliser le modèle créé à l'étape 5 pour évaluer les propositions de plan d'actions à l'étape 7). Ces différentes étapes sont détaillées dans les paragraphes suivants.

On peut citer que cette méthodologie s'inspire en partie des résultats du projet NoMEPorts [1] financé dans le cadre du programme européen LIFE05.

Phase de diagnostic

La phase de diagnostic est constituée de 6 étapes.

1. Identification des parties prenantes

Au vu du positionnement unique des ports insulaires urbaines comme zones d'interface, il paraît nécessaire en tout premier lieu de l'analyse d'identifier les **parties prenantes** des activités du port, et ce afin de mettre en regard le bénéfice socio-économique des activités portuaires vis-à-vis de potentielles nuisances sonores générées, ainsi que les éventuelles **responsabilités** de chaque partie prenante quant à la génération de pollution sonore. Une liste (non exhaustive) de potentielles parties prenantes est fournie en annexe A. Les parties prenantes sont à adapter en fonction du cas de chaque port étudié.

De plus, afin d'orienter le diagnostic au plus près des problématiques majeures en termes de pollution sonore, il paraît nécessaire d'identifier si **des plaintes**, formelles ou informelles, ont été émises par les riverains de la zone portuaire. En effet, cela permet d'orienter l'analyse sur les sources de bruit les plus problématiques, ce qui est indispensable au vu du nombre important des sources de bruit existantes dans une zone portuaire.

2. Définition des limitations spatiales de l'étude

Il s'agit de définir deux zones géographiques sur plan masse : **la zone géographique d'émission sonore** dans laquelle les sources sonores sont considérées comme émanant de l'activité portuaire et **la zone géographique d'impact sonore** où ces bruits peuvent causer une gêne sonore.

La **zone géographique d'émission sonore** est constituée :

- de tout ou partie du port lui-même, au sens légal,
- de segment de voies de transport maritime, routier et ferroviaire, situés en-dehors du port mais dont l'activité est considérée comme faisant partie de l'ensemble du bruit généré par l'activité portuaire,
- de tout autre élément bruyant situé en-dehors du port mais considéré comme faisant partie de l'ensemble du bruit généré par l'activité portuaire.

La **zone géographique d'impact sonore** doit comprendre :

- l'ensemble des points ou des aires de réception pour lesquels on désire évaluer ou mesurer l'impact sonore du port, d'une activité particulière du port ou d'une solution de réduction du bruit,
- la zone d'influence de la propagation sonore, c'est-à-dire (généralement à dire d'expert) l'ensemble des éléments topographiques et bâtis permettant de prévoir, avec suffisamment de précision, la propagation du bruit entre tous les éléments sources d'intérêt et tous les points et aires récepteurs.

Une bonne définition, dès le départ, de ces zones permettra de limiter un trop grand nombre de données géographiques (terrain, routes, bâtiments...) n'ayant quasiment aucune influence sur les calculs prévisionnels, ainsi que d'optimiser les temps de simulation.

3. Fonctionnement du port et identification des sources

Les ports urbains insulaires présentent une grande variété d'activités et donc de sources sonores dont les conditions de fonctionnement sont également très variables. Il est donc indispensable de lister et documenter non seulement les **sources de bruit principales**(à prendre en compte dans la zone géographique d'émission sonore), mais aussi le **scenario d'utilisation de chaque source** dans le temps.

Pour chaque source, il convient donc de définir les points suivants (ces informations peuvent être synthétisées sous forme d'un tableau) :

Le **type** de sources (voir la proposition de liste ci-dessous)

Les **périodes de variabilité annuelle**, représentatives de fonctionnement suffisamment différencié, typiquement **les saisons d'activité** (basse, moyenne et haute) ou encore la distinction entre jour de semaine et weekend

Le **scenario journalier d'activation**, spécifiant soit le pourcentage de temps d'activation de la source, soit le nombre et la durée d'activation moyens de la source, **par heure de la journée**, pour chaque période annuelle représentative (par exemple le nombre d'embarquement et débarquement)

Une **explication sommaire** sur la source (qu'est-ce qui émet le bruit ? quelles sont les conditions d'activation éventuelles ?)

Le cas échéant, on peut décrire les sources comme ayant un scenario d'utilisation très simple, par exemple « continu ». Ce serait le cas pour le trafic routier sur les voies communales par exemple, que l'on décrit uniquement par une donnée journalière moyenne, comme par exemple le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA).

A titre informatif, on propose la **liste des types de sources** suivante, mais en fonction des situations des ports, on pourra tout à fait la modifier ou la compléter :

Navires en navigation : sources de bruit actives sur les navires lors des arrivées et départs du port (ex. : turbines, ventilation)

Navires à quai : sources de bruit des navires à quai (ex. : générateurs, ventilation)

Manutention horizontale (Roll on Roll off) : circulation des engins de manutention horizontale (ex. : engins de type Douglas)

Manutention verticale(ex. : grues)

Montée/descentedes véhicules **sur les rampes**(basculements des sifflets)

Trafic routier supplémentairegénéré par les embarquements/débarquements

Equipements industriels (ex. : cimenterie)

Autres

4. Rassembler les données nécessaires

Une fois les sources principales identifiées et définies, il convient de rassembler toutes les données nécessaires à la constitution du modèle qui servira à la réalisation des calculs prédictifs, et ce dans les zones spatiales définies en partie 2. Les données nécessaires sont listées ci-dessous.

Données géographiques (géoréférencées)

Topographie / terrain (lignes de terrain ou grille de points d'altitude)

Bâtiments : définis par la trace au sol et la hauteur(objets de type polygone avec attribut de hauteur) ou par des volumes simples, avec si possible un attribut d'utilisation (habitation, tertiaire, etc.)

Occupation du sol : étendues d'eau, parcs, parkings, etc. (objets de types polygones)

Tronçons de **routes**(objet de type lignes) si possible classées par infrastructure (ex. : Viale Pascal Lota ou route territoriale 11), comprenant également le **type d'enrobé**

Tronçons de **lignes ferroviaires**(objet de type lignes)

Limite terre/mer et limite administrative du port(objet de type ligne)

Ces données seront de préférence fournies en format SIG (par exemple format SHP) et géoréférencées. Concernant les bâtiments, on peut mentionner que les containers ou les remorques doivent a priori être modélisées comme des bâtiments, du moment que leur taille est significative.

Données de trafic terrestre

Trafic routier: données de volume de trafic (TMJA ou trafic moyen par période journalière) et pourcentage de véhicules lourds, associés aux tronçons de route (si possible sous forme d'attributs liés aux objets de tronçons)

Trafic ferroviaire : données de nombres de passage par heure et type de convois ferroviaires, associés aux tronçons de route (si possible sous forme d'attributs liés aux objets de tronçons)

Concernant le pourcentage de véhicules lourds, à défaut de données plus précises, on pourra définir un pourcentage unique pour l'ensemble du réseau routier (par exemple 10%).

Trafic maritime

- > **Trajectoire, lieu et position d'amarrage dans le port et horaires d'arrivée / départ des navires,** par période annuelle d'intérêt et par heure de la journée
- > **Description géométrique des navires**(longueur, hauteur hors d'eau, largeur)

Ces données peuvent être demandées à l'autorité de gestion du port à l'étude, ou à défaut aux compagnies opérant des voies maritimes depuis et vers le port à l'étude.

Données de niveaux de puissances des sources de bruit (hors trafic « normal »)

Niveaux de puissance : par bande de fréquences (tiers d'octave ou octave), a minima de 100 à 5000 Hz, voire au-delà si la source présente un contenu fréquentiel important hors de ces valeurs

Directivité, que l'on peut supposer par défaut **omnidirectionnelle** pour les sources ponctuels, et **hémisphérique** pour les sources proches du sol ou accolées à un objet volumineux (comme un navire ou un bâtiment)

Ces données nécessitent dans la plupart des cas une campagne de mesure spécifique. On pourra par exemple effectuer un ensemble de mesurages de niveau de pression L_p proches des sources à caractériser (typiquement moins de 10 m) et revenir à un niveau de puissance L_w par bande de fréquence en utilisant les relations suivantes (r étant la distance entre la source et le point de mesurage) :

- $L_w = L_p + 10 \log (4\pi r^2)$, dans le cas d'une source sans obstacle de grande taille à proximité (source omnidirectionnelle en champ libre)
- $L_w = L_p + 10 \log (2\pi r^2)$, dans le cas d'une source proche d'un objet volumineux ou du sol, (source hémisphérique)

Ces relations sont approchées et ne sont valides que lorsque le microphone de mesure est suffisamment loin d'un objet réfléchissant

De plus, dans la mesure du possible, il est également conseillé d'utiliser l'enregistrement audio et vidéo des séquences mesurées afin de faciliter la compréhension a posteriori des fonctionnements des sources qui ont été caractérisées.

Données météorologiques

Données météorologiques sur une année, par heure et classifiée en jour/nuit, comprenant :

- **la vitesse moyenne du vent** mesurée à une certaine hauteur du sol (par exemple à 10 m),
- **la direction moyenne du vent** (d'où vient le vent par rapport au nord), en degrés
- **la nébulosité** (mesurée par exemple en octa, de 0 à 8)

Ces données peuvent être issues d'une station de mesure opérée par un organisme national (Meteo France ou MeteoAM) ou régional, même si celle-ci est à plusieurs kilomètres du port. Les données météorologiques doivent ensuite être traitées pour établir une rose d'occurrence de conditions favorables, en fonction de la direction du vent et de la période (voir l'étape 5).

Certaines données peuvent être difficiles à acquérir, notamment les données topographiques précises ou encore les données météorologiques. Dans ce cas, il est recommandé à l'équipe en charge de la réalisation de l'étude d'utiliser le plus possible les **bases de données ouvertes**, par exemple :

[OpenStreetMap](#) pour les données géographiques générales (bâtiments, routes, etc.)

les données [SRTM](#) pour la topographie

la base de données de sources sonores issue du projet Imagine (accessible par exemple via l'outil [SourceDB](#))

On peut mentionner que le logiciel [MithraSIG v5](#) développé par Geomod et le CSTB possède plusieurs fonctionnalités qui facilitent l'intégration depuis ces bases de données ouvertes.

Concernant les données météorologiques, on se rapportera au paragraphe dédié dans l'étape 5.

5. Création du modèle et calcul des indicateurs de bruit

Une fois les données rassemblées, il convient d'utiliser un logiciel d'étude d'impact acoustique qui permet la création d'un **modèle** de calcul, que l'on pourra ensuite utiliser pour quantifier la pollution sonore. Le processus à suivre pour intégrer toutes les données dans le modèle est spécifique à chaque outil, et donc on se rapportera au manuel d'utilisation du logiciel choisi. On précise cependant dans cette partie quelques points importants pour définir les paramètres de calcul, en partie la **méthode de calcul** (CNOSSOS-EU) et la manière de représenter les **effets météorologiques**.

Méthode de calcul CNOSSOS-EU

Nous proposons d'adopter comme méthode prévisionnelle CNOSSOS-EU qui est la nouvelle méthode d'évaluation pour les indicateurs de bruit de la directive (UE) 2015/996. Cette dernière fait suite à la Directive END en modifiant notamment l'Annexe 2 où sont spécifiés les méthodes de prévisions pour y introduire un modèle d'ingénierie unifié CNOSSOS-EU obligatoire pour toutes les cartographies stratégiques du bruit (CSB) après le 1er janvier 2019. La partie de propagation acoustique de CNOSSOS-EU est très proche de la méthode française détaillée dans la norme NF S31-133 [2] (méthode de calcul française dite « NMPB'08 ») et donc parfaitement adaptée à notre problématique de bruit issus des zones portuaires ou les phénomènes de diffraction par des obstacles, réflexion/absorption et multi-réflexions par des surfaces et des bâtiments, effets de sols, ainsi que les effets météorologiques moyens agissant sur la réfraction des ondes sonores à grande distance, sont modélisés avec suffisamment de précision mais sans un besoin de données inutiles pour le résultat recherché.

Dans CNOSSOS-EU, les sources sonores peuvent être décrites comme ponctuelles, linéaires, surfaciques voire volumiques, avec prise en compte d'une directivité spatiale possible. Pour la caractérisation du bruit des ports insulaires telle qu'étudiée dans le projet DECIBEL, la description des sources sonores pertinentes pourra être faite selon deux procédures : soit en considérant qu'il s'agit du bruit de trafic routier ou ferroviaire classique auquel cas les formules « sources » de la méthode CNOSSOS-EU pourront être appliquée, soit en considérant qu'il s'agit d'un bruit particulier (cheminée, ventilation, manutention, déchargement...) auquel cas un modèle sera créé à partir d'une ou plusieurs sources ponctuelle et/ou linéaire, à déterminer à partir de mesures in situ ou de résultats de la littérature.

Prise en compte des conditions météorologiques locales

Il s'agit de déterminer les roses d'occurrence météorologiques de conditions favorables à la propagation du son. Ces roses sont ensuite implémentées dans le logiciel de prévision de bruit de l'environnement MithraSIG (ou tout autre logiciel utilisant CNOSSOS-EU) afin de prendre en compte les spécificités locales de la météorologie.

Dans CNOSSOS-EU, la grandeur physique évaluée est niveau sonore de long terme L_{LT} . Ce calcul s'effectue tout d'abord pour chaque trajet sonore i (soit $L_{LT,i}$) et le niveau sonore total au récepteur est finalement obtenu par cumul des différents niveaux de long terme propre à chaque trajet.

Le niveau $L_{LT,i}$ est calculé pour une période jour (6h-18h pour la France), soirée (18h-22h) et une période nuit (22h-6h). Il prend en compte l'ensemble des conditions météorologiques rencontrées sur le site et est calculé en faisant la somme énergétique du niveau sonore en conditions favorables à la propagation $L_{F,i}$ et le niveau en conditions homogènes ou non-favorables $L_{H,i}$, pondérés par les occurrences respectives des conditions favorables p et des autres conditions (1-p), soit :

$$L_{LT,i} = 10 \log_{10} \left(p \frac{L_{F,i}}{10^10} + (1-p) \frac{L_{H,i}}{10^10} \right)$$

Dans l'équation précédente, il est important de noter que p est fonction de trois paramètres : le lieu étudié (par exemple Bastia), la période d'étude (jour, soirée, nuit) et la direction moyenne du trajet sonore (par exemple, du nord-ouest vers le sud-est).

La détermination des conditions de propagation du son s'effectue à partir de la connaissance de la structure thermique et aérodynamique de l'atmosphère dans ses basses couches. Plusieurs études ont été menées sur ce thème [3-6].

	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	
T_1	—	—	-	-		
T_2	—	-	-	Z	+	
T_3	-	-	Z	+	+	
T_4	-	Z	+	+	++	
T_5		+	+	++		

Conditions aérodynamiques :

U_1 : vent fort contraire
 U_2 : vent moyen contreire ou fort peu contraire
 U_3 : vent nul ou vent moyen peu contraire ou vent moyen peu portant
 U_4 : vent moyen portant ou vent peu portant
 U_5 : vent fort portant

Conditions thermiques :

T_1 : jour et fort rayonnement et surface sèche et peu de vent
 T_2 : mêmes conditions que T_1 mais au mois une est non vérifiée
 T_3 : lever ou coucher du soleil ou (temps couvert et venteux et surface pas trop humide)
 T_4 : nuit et (nuageux ou vent)
 T_5 : nuit et ciel dégagé et vent faible

Figure 1 : grille qualitative Uti de Zouboff

Une classification effectuée à l'aide de la grille de Zouboff (Figure 1) permet de déterminer le mode de propagation **favorable** (cases + et ++), **homogène** (cases Z) ou **défavorable** (cases – et —) du son. Pour être utilisée, cette grille à deux entrées nécessite une connaissance de certains descripteurs thermiques et aérodynamiques déterminés sur une période de long terme, soit au minimum 1 an pour

notre propos. La rose d'occurrence est déterminée à partir de données météorologiques (voir partie 4).

Les précipitations ne sont pas prises en compte dans cette approche simplifiée et l'on considère que, statistiquement, elles sont équitablement réparties entre périodes de type « favorables » et les autres.

On considère une « classe 1 » de rugosité du sol (c'est-à-dire un terrain ouvert avec des obstacles peu nombreux et peu élevés, et des distances importantes entre eux) sur une échelle comptant six classes (de 0 à 5) correspondant à une valeur de rugosité de 0,007 m. En stations météorologiques, la vitesse du vent est généralement mesurée à 10 m au-dessus du sol (notée V_{10} ci-après). Cependant, les critères utilisés dans la NMPB'08 (et donc CNOSSOS-EU) font appel à une vitesse de vent à 2 m de hauteur (notée V_2). Cette dernière doit ainsi être déterminée, pour les 18 directions de propagation, à partir de V_{10} en utilisant l'équation suivante [4] : $V_2 = V_{10} \times (0,2)^{\alpha}$, où α est un coefficient dépendant de la classe de rugosité du terrain, ici égal à 0,14.

Ces calculs permettent de classer chaque événement horaire dans une des trois catégories de vitesse de vent : vent fort pour V_2 compris entre 5 et 3 m/s, vent moyen pour V_2 compris entre 1 et 3 m/s et vent nul pour $V_2 < 1$ m/s. On ne prend pas en compte les évènements où $V_2 > 5$ m/s.

La terminologie relative à la direction du vent utilisée dans la NMPB'08 est donnée en figure 2. Le classement des évènements horaires selon la classe Ui peut alors être effectué.

Figure 2 : définition des critères de direction du vent

La classification thermique est quant à elle plus ardue à effectuer car en période diurne, l'observation de la couche nuageuse couplée à l'heure et la date, ne suffisent pas à déterminer le type de stratification thermique dans les basses couches de l'atmosphère ; la connaissance de la classe Ui est nécessaire (par exemple, un fort vent a tendance à détruire cette stratification). On distingue sur 24 heures trois périodes : le jour, la nuit et les lever et coucher du soleil, définis comme suit : « lever » un intervalle de temps d'une heure suivant le lever du soleil, et « coucher » un intervalle de temps d'une heure précédent le coucher du soleil.

En période nocturne, correspondant aux classes thermiques **T4** et **T5**, la connaissance de la nébulosité suffit. Si cette dernière est supérieure ou égale à 5/8, le ciel est considéré comme couvert. Dans le cas contraire, on dira que le ciel est dégagé.

En période diurne, la détermination des classes **T1** et **T2** est faite, notamment, à partir de la connaissance du type de rayonnement solaire à la surface de la terre [4,7], soit :

- « rayonnement fort » si l'irradiation horaire globale au sol **G** dépasse la valeur **G_{seuil}**(en J/cm²) correspondant au moment où le rayonnement solaire global est égal à la moitié de sa valeur maximum observée au cours de l'année,
- « rayonnement faible » si **G** est inférieur ou égal à **G_{seuil}**.

Le type de rayonnement solaire est déterminé à partir d'un tableau à deux entrées : premièrement la période horaire du jour et la période saisonnière, deuxièmement la nébulosité. De ce tableau, on tire la valeur de **G/G₀**, où **G₀** est l'irradiation horaire globale sur une surface horizontale à la limite supérieure de l'atmosphère à la verticale de la station, valeur facilement calculable pour un site donné, une heure déterminée et un jour de l'année en fonction de paramètres astronomiques connus. Ainsi, pour chaque événement horaire, connaissant **G₀** et la nébulosité, on en déduit la valeur de **G** que l'on compare à **G_{seuil}** pour connaître le type de rayonnement, puis déterminer la classe **T_i**.

Après avoir effectué la classification **UiTi** à partir de la grille de Zouboff, on détermine la valeur de l'occurrence **p** en sommant les occurrences élémentaires **p(UiTi)** des classes **UiTi** appropriées. La valeur de **p** se calcule selon l'expression suivante :

$$p = p(U2T5) + p(U3T4) + p(U3T5) + p(U4T3) + p(U4T4) + p(U4T5) + \\ p(U5T2) + p(U5T3) + p(U5T4) + \frac{1}{2}[p(U2T4) + p(U4T2)]$$

Ce calcul est réalisé pour chacune des 18 directions source-récepteur et pour les périodes jour, soirée et nuit. Les valeurs obtenues permettent de dresser les roses d'occurrences des conditions favorables à la propagation du son.

Il peut être difficile d'obtenir les données météorologiques nécessaires à la création de la rose d'occurrence de conditions favorables. Dans les cas où ces données ne seraient pas accessibles, on pourra adopter une **approche forfaitaire**, qui par essence se veut être une approche conservatrice, c'est-à-dire qu'elle cherche à ne pas sous-estimer les niveaux, quitte à les surestimer. On pourra par exemple supposer 100% (soit **p=1**) de conditions favorables la nuit et 50% (**p=0,5**) le jour, et ce pour toutes les directions de vent, comme suggéré dans la méthode de calcul française [2].

Autres recommandations pour la réalisation des calculs

Concernant les **sources sonores**, il est nécessaire dans le modèle :

- d'introduire les sources spécifiques à l'activité portuaire et leur scenario d'utilisation, en tant que sources ponctuelles, linéaires et surfaciques
- de porter un intérêt particulier à la modélisation des navires qui peuvent être considérés, vu de l'extérieur, comme un bâtiment avec des sources sonores à ses limites,
- de pouvoir sauvegarder la contribution sonore de chaque source pour la phase d'analyse.

Concernant les paramètres de **propagation sonore**, on considère que :

- les surfaces d'eau et les bâtiments sont acoustiquement réfléchissantes,
- les**containers** sont modélisés comme des bâtiments réfléchissants dont les dimensions (Lxlxh) sont à préciser,
- les**jetées**, notamment celles comportant des murs ou des brise-lames, doivent être modélisés avec précision.

De plus, on recommande de considérer au moins 3 réflexions dans le calcul, cette recommandation étant à adapter en fonction de la taille de la zone d'étude et de la puissance de calcul disponible.

Définition des zones de récepteurs

Une fois tous les paramètres du modèle rentrés, il convient de définir quelles sont les zones géographiques pour lesquelles on souhaite évaluer et étudier la pollution sonore. On pourra utiliser plusieurs types de zones en fonction de la problématique :

- **En façade des bâtiments d'habitation**, ce qui est généralement utilisé dans les approches réglementaires
- **Sur un domaine horizontal** qui définit un **espace public particulier**, comme une place à proximité du port, à 1,5m de hauteur (soit à hauteur d'oreille humaine)
- **Points récepteurs particuliers**, par exemple en limite de parcelle dans le cas d'une plainte

Définition des indicateurs pertinents

Plusieurs types d'indicateurs pourront être évalués aux récepteurs, selon la problématique étudiée :

- Le L_{Aeq} , niveau sonore moyen (ou niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A), que l'on peut évaluer par heure, ou par plage horaire spécifique, par exemple 6h-8h, 18h-20h, jour (6h-18h), soir (18h-22h) et nuit (22h-6h)
- Le L_{den} et le L_n , indicateurs d'exposition de long terme retenus dans la directive END
- Le ΔL , l'émergence sonore (ou différence de niveaux sonores moyens),
- Le L_{Amax} , niveau sonore maximum (pondéré A), que l'on peut définir comme la valeur maximale du niveau de pression par intégration « slow » (intégration exponentielle sur 1 s), soit le $L_{pAs,max}$

Nous proposons que l'activité générale du port soit évaluée par le biais du L_{Aeq} horaire, ceci pour toutes les heures, soit 24 valeurs. D'autres plages horaires, pertinentes vis-à-vis du fonctionnement du port, pourront être proposées et obtenues par agrégation des résultats horaires (par exemple, la période 6h-8h). Comme précisé dans la partie 3, les calculs devront être effectués pour chacune des périodes de variabilité annuelle. On recommande également de sauvegarder dans les calculs les contributions de chaque type de source, et ce afin de faciliter l'analyse. On pourra ainsi afficher le niveau sonore en réception issus d'un seul type de source en fonctionnement, par exemple le bruit généré par le déchargement d'un navire de 6h à 8h.

Le cas échéant, on pourra évaluer l'impact de tout ou partie de l'activité du port par le ΔL , différence du niveau sonore avec et sans activité (« on/off » en d'autres termes). Dans ce cas, le bruit résiduel (bruit de fond) au niveau de la zone de réception peut être évalué par le bruit issu de tous les types de sources autres que celui étudié.

Uniquement dans certains cas très particuliers de bruits impulsifs ou bruits de forte intensité mais restant très ponctuels, et donc uniquement pour la caractérisation en réception de ces sources particulières, on pourra utiliser le L_{Amax} avec comme donnée d'entrée au niveau de la source impulsionale dans le modèle prévisionnel, un niveau de puissance sonore maximum.

6. Analyse des résultats

A partir des résultats de calcul, il convient de mener une analyse fine des résultats en fonction des sources retenues et des indicateurs pertinents identifiés. Cette analyse est fortement dépendante des problématiques et des indicateurs retenus, mais on peut mentionner que l'on pourra s'intéresser aux aspects suivants :

Mise en perspective des résultats vis-à-vis de la **réglementation locale** du port

Proposition de valeurs seuils traduisant des valeurs excessives de bruit, variables en fonction des indicateurs

Identification des zones spatiales et des périodes temporelles à enjeu (dans lesquelles un ou plusieurs indicateurs dépassent les seuils)

Analyse comparative de la contribution des différents types de source au niveau de bruit, ce qui permettra de comprendre les sources principales pour la pollution sonore en un endroit donné

Mode d'affichage des résultats : zones horizontales de dépassement de seuil pour un indicateur, coloration des bâtiments dont un point en façade dépasse un seuil, comparaison des sources et conclusion sur les sources prépondérantes sur lequel travailler

Concernant les valeurs seuils pertinentes, il est a priori de la responsabilité du demandeur de l'étude de les définir, en s'appuyant par exemple sur la réglementation française ou italienne, ou des recommandations comme celles de l'OMS pour le bruit environnemental en Europe [8-10]. Voici à titre indicatif quelques **exemples** possibles de seuils de pollution sonore (les valeurs seuils devant être modifiées en fonction de la problématique) :

- $L_{den} > 68 \text{ dB(A)}$ > identification d'un point noir bruit routier en France
- $L_{Aeq,6h-22h} > 60 \text{ dB(A)}$ > seuils les plus pénalisant pour une nouvelle route en France
 $L_{Aeq,22h-6h} > 55 \text{ dB(A)}$
- $\Delta L > 5 \text{ dB(A)}$ > infraction au bruit de voisinage le jour (en Italie)
- $L_{Amax} > 80 \text{ dB(A)}$ > limitation de la gêne instantanée (seuil proposé à dire d'expert)

Cette étape doit se conclure par une description **précise des zones et des périodes horaires à enjeu** (où les indicateurs sont dépassés), ainsi que **l'identification des sources principales** qui sont la cause de la pollution sonore dans ces zones. Ceci est nécessaire pour lancer le plan d'actions.

Phase de plan d'actions

Cette phase comporte deux étapes, numérotées 7 et 8.

7. Mise en place d'un plan d'actions de limitation du bruit

Une fois le diagnostic effectué, et donc l'identification des sources de bruit principales (c'est-à-dire les causes principales de la pollution sonore) et des zones et périodes à enjeu faite, un plan d'actions peut être envisagé.

Les actions possibles pour réduire la pollution sonore sont très dépendantes de la source concernée et aussi du niveau réduction que l'on cherche à atteindre. On se contentera donc ici d'établir quelques principes généraux qu'il semble judicieux de suivre, et de donner quelques exemples.

Principes d'établissement du plan d'actions

- Rassembler les parties prenantes, leur présenter les conclusions du diagnostic, et établir avec elles un **cadre des actions possibles** (en effet, en fonction des intérêts et des possibilités techniques et financières, il est clair que toutes les actions ne seront pas envisageables)
- A partir de l'analyse et du cadre des actions possibles, proposer des **objectifs qualitatifs d'ambition différenciée** (diminution modérée, moyenne ou forte) et si possible associer des éléments de **coûts**
- Traduire **chaque objectif qualitatif en objectif quantitatif dans les zones à enjeu**, en reprenant le(s) même(s) indicateur(s) que celui/ceux par lequel la pollution sonore a été établi (typiquement, on pourra fixer comme objectif que l'indicateur utilisée dans la zone à enjeu retombe en dessous de la valeur seuil fixée dans l'analyse)
- En réutilisant le modèle de calcul, établir **l'objectif de réduction de la source principale** pour atteindre l'objectif de réduction dans les zones à enjeu, par exemple en identifiant la réduction nécessaire du niveau de puissance ou encore la modification nécessaire du scenario journalier d'activation de la source principale concernée
- Identifier **les possibilités et les contraintes** (techniques, administratives, financières, etc.) pour atteindre l'objectif de réduction de la source **avec les parties prenantes concernées** : est-il possible de changer le matériel ? de rajouter une protection sonore (capotage, écran, etc.) ? de modifier les conditions d'opération (changement de vitesse, diminution de la cadence, etc.) ?
- Identifier **une ou plusieurs stratégies possibles par objectif qualitatif**, en fonction des contraintes
- Rassembler toutes les parties prenantes une nouvelle fois, leur proposer les stratégies identifiées, et **conclure sur l'action à mener**

Exemples de stratégies de réduction

Pour le bruit de trafic routier ou de manutention horizontale : former les opérateurs pour limiter les émissions sonores, limiter la vitesse de circulation, limiter l'utilisation de véhicules bruyants, changer le revêtement de chaussée, installer un ouvrage antibruit, ...

Pour le bruit issu des navires : limiter l'utilisation de sources bruyantes en approche ou à quai, décaler les horaires d'opération, étendre les périodes de chargement/déchargement, remplacer un élément bruyant d'un navire, installer un dispositif sur les quais, ...

Pour les bruits d'équipements industriels : modifier les conditions d'opération pour qu'elles soient moins gênantes, installer un capotage, ...

Une autre approche serait de ne pas traiter la source mais de mettre en place une action dans **les zones à enjeu**, par exemple par le remplacement des fenêtres dans le cas d'un bâtiment isolé où il y a gêne, due à une activité prolongée.

8. Suivi de l'effet du plan d'actions

Enfin, une fois l'action mise en œuvre, il paraît nécessaire de suivre son effet, et ce pour deux raisons : **vérifier** que l'objectif a été atteint, et **suivre dans le temps** la situation de pollution sonore que l'on a cherché à traiter. A nouveau, la manière de mener ce suivi sera très dépendante de l'action choisie.

Vérification de l'effet

Pour vérifier l'effet de l'action, il conviendra de mener si possible **deux campagnes de mesure in situ** : **une avant** mise en œuvre de l'action, et **une après**. On précisera les points de mesurage ainsi que les indicateurs mesurés, mais on tâchera dans la mesure du possible de conserver les mêmes points, les mêmes périodes et les mêmes indicateurs entre les deux campagnes.

On peut adopter deux approches :

- **Vérifier l'objectif de réduction de la pollution sonore dans la zone à enjeu** : dans ce cas, on définira plusieurs points de mesurage dans la zone à enjeu ainsi que les périodes temporelles (saison et moment de la journée) concernées, et on vérifiera que les indicateurs et les seuils définis dans la phase d'analyse sont respectés.
- **Vérifier l'objectif de réduction au niveau de la source** : dans ce cas, on pourra utiliser la méthode de caractérisation du niveau de puissance de la source défini à l'étape 4, ou encore constater la modification des changements des conditions d'opération.

Dans le cas où une seule campagne de mesure uniquement est possible, on la mènera **après mise en œuvre de l'action** et dans ce cas on cherchera à vérifier le respect de l'objectif fixé, préféablement **au niveau de la source** (vérification de la diminution du niveau de puissance ou des nouvelles conditions d'opération).

Suivi dans le temps

En fonction de l'action, il peut être nécessaire de vérifier aussi sur le long terme son effet de réduction de la pollution sonore. Cette pratique est particulièrement recommandée dans le cas où l'action consiste en la mise en place d'une solution technique qui peut potentiellement s'endommager avec le temps. Ce serait le cas par exemple pour un revêtement de chaussée ou encore une modification technique sur une source de bruit.

Dans ce cas, il conviendra de proposer au moment de la mise en place du plan d'actions une **méthode de suivi**, ainsi qu'une **périodicité du suivi** (par exemple, tous les ans). La méthode peut être de plusieurs types en fonction de la solution et de la périodicité : vérification visuelle, mesure acoustique dans une zone à enjeu, mesure de caractérisation d'une source, voire même remplacement de la solution. Ceci sera à définir en fonction des actions et des capacités des parties prenantes concernées.

Annexe A : liste non-exhaustive de potentielles parties prenantes du bruit des activités portuaires

Acteurs concernés par le bruit

- > **Riverains du domaine public portuaire** : les personnes a priori le plus exposées aux nuisances sonores éventuelles
- > **Commune** (ex. : commune de Bastia) : entité publique récipiendaire des éventuelles plaintes formelles déposées par les riverains sur les questions de nuisances sonores
- > **Communauté d'agglomération ou métropole** (ex. : communauté d'agglomération de Bastia) : entité administrative locale compétentes vis-à-vis de l'organisation des transports et des questions environnementales, notamment le bruit
- > **Propriétaires des installations portuaires** (ex. : état dans le cas d'une concession) : maître d'ouvrage et décideur sur de possibles aménagements au sein de la zone portuaire
- > **Gestionnaire/concessionnaire des installations portuaires** (ex. : CCI2B) : en charge de l'organisation des activités portuaires, et récipiendaire des plaintes informelles liées au bruit

Gestionnaires des infrastructures ou des activités potentiellement bruyantes

- > **Gestionnaire/concessionnaire des installations portuaires** : en charge des installations portuaires
- > **Gestionnaires des infrastructures routières** : commune (pour les voies communales) ou département/collectivité (pour les voies départementales)
- > **Compagnies / opérateurs de voies maritimes** : opérateurs de transport maritime et propriétaire des navires

Usagers des ports

- > **Passagers** des ferrys
- > **Entreprises de logistique** / branches logistiques des entreprises (clients des compagnies)
- > **Prestataires des compagnies** en charge des opérations de manutention horizontale ou verticale (entreprises prestataires des compagnies)

Acteurs portuaires

- > Capitainerie, agents maritimes, dockers, exploitants portuaires, ...

Acteurs du transport maritime

> **Armateurs** (constructeurs des navires)

Annexe B : Références

- [1] Livrables du projet [NoMePORTS](#) (programme LIFE05), en particulier le « [Good Practise Guide on Port Area Noise Mapping and Management](#) », 2008
- [2] Norme NF S31-133 :2011, « Acoustique – Bruit dans l'environnement – calcul des niveaux sonores » AFNOR, 2011
- [3] ZOUBOFF V., BRUNET Y., SECHET E., BERTRAND J., Validation d'une méthode qualitative d'estimation de l'influence de la météorologie sur le bruit. Journal de Physique IV, Colloque C5, supplément au journal de Physique III, vol. 4, mai 1994, pp. C5-813 – C5- 816.
- [4] DELAUNAY D, ZOUBOFF V., Cartographie pour la France des conditions météorologiques favorables à la propagation du bruit. Rapport de CSTB EN-CLI95.13 C. 1995.
- [5] Guide NMPB-Routes-96, Bruit des infrastructure routière - méthode de calcul incluant les effets météorologiques. CERTU, CSTB, LCPC, SETRA, 1997.
- [6] ZOUBOFF V., LAPORTE J. C., BRUNET Y., Prise en compte des conditions météorologiques dans la propagation du bruit. Approche pratique. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n°- 210. 1997, pp.105-119.
- [7] JAN J., Rayonnement solaire: aspects géométriques et astronomiques. Cours et Manuels, n°2, Ministère des Transports. Direction de la Météorologie, 1983.
- [8] [World Health Organization \(WHO\), Environmental Noise Guidelines for the European Region, 2018](#)
- [9] [World Health Organization \(WHO\) – JRC, Burden of Disease from Environmental Noise, 2011](#)
- [10] [European Environment Agency \(EEA\), Good practice guide on noise exposure and potential health effects, 2010](#)

PROGETTO DECIBEL

Deliverable T1.1.1 Specifiche metodologiche dello studio transfrontaliero



Compito 1.1: indagine sull'inquinamento acustico

Definizione di una metodologia congiunta, condivisa e innovativa

A. Elementi preliminari per la costituzione della metodologia

Porti insulari: aree di interfaccia

Il problema dell'esposizione al rumore nei porti urbani insulari viene sollevato nell'ambito del progetto DECIBEL con l'obiettivo finale di migliorare l'inquinamento acustico attraverso l'attuazione di piani d'azione.

Per valutare e quantificare gli scenari e le possibili soluzioni, è necessario disporre di una metodologia di analisi dell'inquinamento acustico e di quantificazione dell'impatto delle azioni, al fine di ottenere dati oggettivi per orientare la scelta delle soluzioni da implementare. Tuttavia, i porti urbani insulari sono aree **di interfaccia** e sono quindi particolarmente complessi da analizzare. Infatti, i porti insulari si trovano in particolare all'interfaccia tra :

ambienti: terra e mare

mezzi di trasporto: navi (cargo e traghetti), veicoli (leggeri, pesanti e rimorchi), modalità morbide (biciclette e pedoni)

attività: logistica e industria da un lato, attività urbane dall'altro.

Stakeholder: autorità locali, concessione portuale, compagnie di navigazione, clienti delle compagnie (aziende e privati), residenti nelle aree portuali.

Questa posizione di interfaccia significa che le parti interessate ai problemi di inquinamento acustico dei porti insulari sono numerose e l'analisi è complessa. Ciò implica che la metodologia di analisi deve lavorare per **fasi successive**, al fine di inquadrare il più possibile l'ambito dello studio sull'inquinamento acustico.

Necessità di definire le scale spaziali e temporali

Il particolare posizionamento dei porti insulari come zone di interfaccia richiede una chiara definizione del livello di dettaglio e delle scale di analisi dell'inquinamento acustico da un punto di vista **spaziale e temporale**.

Le aree geografiche di influenza di un porto o delle sue attività possono coprire zone molto diverse, che vanno dal solo ambito portuale pubblico, a tutti gli altri porti con collegamenti regolari, all'area geografica servita dalle attività logistiche o all'estensione del comune in contatto con il porto.

Ognuna di queste aree subisce l'impatto delle attività portuali e l'inquinamento acustico causato da queste attività deve essere soppesato rispetto ai benefici socio-economici delle attività. Ognuna di queste aree è impattata dalle attività portuali e l'inquinamento acustico causato da queste attività deve essere soppesato rispetto al beneficio socio-economico delle attività. È quindi necessario definire l'area di analisi nello studio sull'inquinamento acustico, e questo è responsabilità del richiedente dello studio, in base a questi obiettivi.

Anche la scala temporale di analisi è un punto fondamentale nello studio dell'inquinamento acustico. Infatti, le attività e i disturbi che esse inducono possono manifestarsi sia a **livello di esposizione cronica a lungo termine**, ad esempio attraverso l'aumento del traffico stradale giornaliero dovuto all'attività portuale, ma anche attraverso **emissioni acustiche impulsive e a breve termine**, ad esempio durante le attività di scarico delle merci, che si verificano in specifiche fasce orarie. Per mantenere nell'analisi un livello di dettaglio sufficiente a tenere traccia di tutti questi fenomeni, rendendo al contempo l'analisi accessibile all'ingegneria, **la scala oraria** sembra essere adatta, in quanto consente di tenere conto delle attività specifiche del porto pur avendo accesso agli effetti cronici legati all'esposizione media. Tuttavia, questa analisi richiede la conoscenza degli scenari di attivazione oraria delle sorgenti di rumore, il che richiede la produzione di dati di input specifici.

Infine, i porti urbani insulari presentano generalmente una variazione significativa della loro attività in base alla **stagione** (bassa e alta), e sembra quindi necessario effettuare un'analisi differenziata in base a queste.

Promemoria delle norme applicabili

Come indicato negli obiettivi del progetto DECIBEL, la direttiva europea 2002/49/CE, nota come "Direttiva sul rumore ambientale" (END), mira ad armonizzare le pratiche di lotta all'inquinamento acustico e a rendere disponibili al pubblico informazioni sull'esposizione al rumore. La direttiva prevede inoltre che gli Stati membri propongano piani d'azione per combattere l'inquinamento acustico quando questo rappresenta un pericolo per la salute. I porti insulari urbani rientrano

nell'ambito di applicazione della direttiva in quanto aree che potenzialmente generano inquinamento acustico che ha un impatto su un'area urbana. A questo proposito, sembra interessante esaminare i descrittori acustici medi proposti dalla direttiva, ovvero L_{den} e L_n .

Allo stesso tempo, in Francia e in Italia, le attività portuali che generano rumore e che non sono soggette a classificazione (nel senso di impianti classificati per la protezione dell'ambiente) possono rientrare nel quadro del **rumore di vicinato**. In questo caso, è necessario che l'**emergenza** (cioè il livello in eccesso dovuto a una particolare sorgente rispetto al rumore ambientale) delle attività, misurata al limite della proprietà di un vicino, rimanga al di sotto di una certa soglia, sia di giorno che di notte, a seconda della durata della manifestazione (per la Francia, questo è specificato nell'articolo R1336-6 del Codice di Sanità Pubblica, e per l'Italia nella legge 447 del 1995 e nell'articolo 844 del Codice Civile). La soglia di base oltre la quale si configura un'infrazione è, ad esempio, 5 dB(A) di giorno e 3 dB(A) di notte in Francia (per una sorgente attiva per 8 ore).

Fasi di diagnosi e piano d'azione

Si propone di lavorare in due fasi principali:

La fase diagnostica, che consiste nell'individuare gli elementi esistenti che contribuiscono all'inquinamento acustico e nel quantificare gli impatti

La fase del piano d'azione, che consiste nel proporre una soluzione di miglioramento e nel valutarla.

Le fasi proposte si inseriscono in queste due fasi.

B. Metodologia graduale

La metodologia che proponiamo è composta da 8 fasi, a loro volta raggruppate in 4 temi (scoping, dati, analisi, soluzioni), che possono essere riassunti nel seguente diagramma:



Le fasi da 1 a 6 possono essere descritte come la fase **diagnostica**, mentre le fasi 7 e 8 come la fase **del piano d'azione**.

Sebbene queste fasi siano destinate a essere applicate una dopo l'altra, alcune possono essere ripetute (ad esempio, il modello creato nella fase 5 può essere riutilizzato per valutare le proposte del piano d'azione nella fase 7). Le diverse fasi sono descritte in dettaglio nei paragrafi seguenti.

Questa metodologia si basa in parte sui risultati del progetto NoMEPorts [1] finanziato dal programma europeo LIFE05.

Fase diagnostica

La fase diagnostica consiste in 6 passaggi.

1. Identificazione delle parti interessate

In considerazione del posizionamento unico dei porti urbani insulari come zone di interfaccia, sembra necessario, all'inizio dell'analisi, identificare i **soggetti interessati dalle** attività portuali, al fine di confrontare i benefici socio-economici delle attività portuali rispetto al potenziale inquinamento acustico generato, nonché le possibili **responsabilità** di ciascun soggetto interessato rispetto alla generazione di inquinamento acustico. Un elenco (non esaustivo) delle potenziali parti interessate è riportato nell'Allegato A. Le parti interessate devono essere adattate al caso di ciascun porto studiato.

Inoltre, per orientare la diagnosi il più possibile verso i principali problemi in termini di inquinamento acustico, sembra necessario identificare se i residenti dell'area portuale hanno presentato **reclami** formali o informali. Ciò consentirebbe di concentrare l'analisi sulle fonti di rumore più problematiche, il che è essenziale dato l'elevato numero di fonti di rumore in un'area portuale.

2. Definizione dei limiti spaziali dello studio

Ciò comporta la definizione di due aree geografiche in pianta: **l'area geografica di emissione del rumore** in cui si ritiene che le sorgenti di rumore provengano dall'attività portuale e **l'area geografica di impatto acustico** in cui questi rumori possono causare un disturbo.

L'area geografica di emissione del rumore è costituita da :

- tutto o parte del porto stesso, in senso giuridico,
- segmenti di vie di trasporto marittime, stradali e ferroviarie, situati al di fuori del porto ma la cui attività è considerata parte del rumore complessivo generato dall'attività portuale,
- qualsiasi altro elemento rumoroso situato all'esterno del porto ma considerato come parte del rumore complessivo generato dall'attività portuale.

L'area geografica dell'impatto acustico dovrebbe includere :

- tutti i punti o le aree di ricezione per i quali si desidera valutare o misurare l'impatto acustico del porto, di una particolare attività portuale o di una soluzione di abbattimento del rumore,
- la zona di influenza della propagazione del rumore, cioè (generalmente in base a un giudizio esperto) tutte le caratteristiche topografiche e costruttive che consentono di prevedere con sufficiente accuratezza la propagazione del rumore tra tutte le sorgenti di interesse e tutti i punti e le aree recettoriali.

Una buona definizione di queste zone fin dall'inizio limiterà il numero di dati geografici (terreno, strade, edifici, ecc.) che non hanno quasi alcuna influenza sui calcoli di previsione e ottimizzerà i tempi di simulazione.

3. Funzionamento della porta e identificazione della fonte

I porti urbani insulari sono caratterizzati da un'ampia varietà di attività e quindi da un'ampia varietà di sorgenti di rumore, le cui condizioni operative sono anch'esse molto variabili. È quindi essenziale elencare e documentare non solo le **principali sorgenti di rumore** (da considerare nell'area geografica di emissione del rumore), ma anche lo **scenario di utilizzo di ciascuna sorgente nel tempo**.

Per ogni fonte, occorre quindi definire i seguenti punti (queste informazioni possono essere riassunte in una tabella):

Il tipo di fonti (si veda l'elenco proposto di seguito)

Periodi di variabilità annuale, rappresentativi di un funzionamento sufficientemente differenziato, tipicamente **le stagioni di attività** (bassa, media e alta) o la distinzione tra giorni feriali e fine settimana.

Lo **scenario di attivazione giornaliero**, che specifica la percentuale di tempo in cui la sorgente è attivata, o il numero e la durata medi di attivazione della sorgente, **per ora del giorno**, per ogni periodo annuale rappresentativo (ad esempio, il numero di imbarchi e sbarchi).

Una **breve spiegazione** della fonte (cosa emette il rumore? quali sono le possibili condizioni di attivazione?)

Se necessario, le fonti possono essere descritte come aventi uno scenario di utilizzo molto semplice, ad esempio "continuo". È il caso, ad esempio, del traffico stradale sulle strade locali, che è descritto solo da un dato medio giornaliero, come il traffico giornaliero medio annuo (AADT).

A titolo informativo, viene proposto il seguente **elenco di tipi di sorgenti**, ma a seconda della situazione delle porte, può essere modificato o completato:

Navi in navigazione: sorgenti di rumore attivo sulle navi in arrivo e in partenza dal porto (ad es. turbine, ventilazione).

Navi all'ormeggio: fonti di rumore provenienti dalle navi all'ormeggio (ad es. generatori, ventilazione).

Movimentazione orizzontale (Roll on Roll off): circolazione di macchine per la movimentazione orizzontale (ad es. macchine tipo Douglas)

Movimentazione verticale (ad es. gru)

Salita e discesa dalle rampe (ribaltamento dei fischiotti)

Traffico stradale aggiuntivo generato da imbarchi/sbarchi

Attrezzature industriali (ad es. cementificio)

Altro

4. Raccogliere i dati necessari

Una volta identificate e definite le fonti principali, è necessario raccogliere tutti i dati necessari per costruire il modello che verrà utilizzato per i calcoli predittivi, nelle aree spaziali definite nella parte 2. I dati necessari sono elencati di seguito.

Dati geografici (georeferenziati)

Topografia / terreno (linee del terreno o griglia di punti di elevazione)

Edifici: definiti dall'impronta e dall'altezza (oggetti di tipo poligonale con attributo altezza) o da volumi semplici, se possibile con un attributo di utilizzo (residenziale, commerciale, ecc.).

Uso del suolo: corpi idrici, parchi, parcheggi, ecc. (oggetti poligonali)

Tratti **stradali** (oggetto tipo linea) se possibile classificati per infrastruttura (es. Viale Pascal Lota o strada territoriale 11), includendo anche il **tipo di asfalto**

Tratti di **linea ferroviaria** (oggetto di tipo linea)

Confine terra/mare e confine amministrativo del porto (oggetto linea)

Questi dati dovrebbero essere forniti preferibilmente in formato GIS (ad esempio, formato SHP) e georeferenziati. Per quanto riguarda gli edifici, si può dire che i container o i rimorchi dovrebbero essere modellati a priori come edifici, purché le loro dimensioni siano significative.

Dati sul traffico terrestre

Traffico stradale: dati sul volume di traffico (AADT o traffico medio giornaliero) e percentuale di veicoli pesanti, associati alle sezioni stradali (se possibile come attributi collegati agli oggetti sezione)

Traffico ferroviario: dati sul numero di passaggi all'ora e sul tipo di convogli ferroviari, associati alle sezioni stradali (se possibile come attributi collegati agli oggetti sezione)

Per la percentuale di veicoli pesanti, in assenza di dati più precisi, si può definire una percentuale unica per l'intera rete stradale (ad esempio, il 10%).

Traffico marittimo

- > **Traiettoria, ubicazione e posizione degli ormeggi nel porto e orari di arrivo/partenza delle navi,** per periodo annuale di interesse e ora del giorno
- > **Descrizione geometrica** delle **imbarcazioni** (lunghezza, altezza sopra l'acqua, larghezza)

Questi dati possono essere richiesti all'autorità di gestione del porto in esame o, in alternativa, alle compagnie che gestiscono le rotte marittime da e verso il porto in esame.

Dati sui livelli di potenza delle sorgenti di rumore (escluso il traffico "normale")

Livelli di potenza: per banda di frequenza (terzo d'ottava o ottava), almeno da 100 a 5000 Hz, o anche oltre se la sorgente ha un contenuto di frequenza significativo al di fuori di questi valori

La direttività, che per impostazione predefinita può essere assunta **omnidirezionale** per le sorgenti puntiformi ed **emisferica** per le sorgenti vicine al suolo o attaccate a un oggetto di grandi dimensioni (come una nave o un edificio).

Nella maggior parte dei casi, questi dati richiedono una campagna di misura specifica. Ad esempio, una serie di misure del livello di pressione L_p può essere effettuata in prossimità delle sorgenti da caratterizzare (in genere meno di 10 m) e riportata a un livello di potenza L_w per banda di frequenza utilizzando le seguenti relazioni (r è la distanza tra la sorgente e il punto di misura):

- $L_w = L_p + 10 \log (4\pi r^2)$, nel caso di una sorgente senza grandi ostacoli nelle sue vicinanze (sorgente omnidirezionale in campo libero)
- $L_w = L_p + 10 \log (2\pi r^2)$, nel caso di una sorgente vicina a un grande oggetto o al suolo, (sorgente emisferica)

Queste relazioni sono approssimative e sono valide solo quando il microfono di misura è sufficientemente lontano dall'oggetto riflettente.

Inoltre, ove possibile, è consigliabile utilizzare registrazioni audio e video delle sequenze misurate per facilitare la comprensione a posteriori del funzionamento delle sorgenti caratterizzate.

Dati meteo

Dati meteo di un anno, suddivisi per ora e classificati in giorno/notte, tra cui :

- **la velocità media del vento misurata** a una certa altezza dal suolo (ad esempio 10 m),
- **la direzione media del vento** (da dove proviene il vento rispetto al nord), in gradi
- **nuvolosità** (misurata ad esempio in ottavi, da 0 a 8)

I dati meteorologici devono poi essere elaborati per stabilire una rosa di condizioni favorevoli, in base alla direzione del vento e al periodo (vedi fase 5).

Alcuni dati possono essere difficili da acquisire, come i dati topografici precisi o i dati meteorologici. In questo caso, si raccomanda al team di studio di utilizzare al massimo le banche dati **aperte, ad esempio :**

[OpenStreetMap](#) per i dati geografici generali (edifici, strade, ecc.)

Dati [SRTM](#) per la topografia

il database delle fonti sonore del progetto Imagine (accessibile ad esempio tramite lo strumento [SourceDB](#))

Si può dire che il software [MithraSIG v5](#), sviluppato da Geomod e dal CSTB, ha diverse funzionalità che facilitano l'integrazione di questi database aperti.

Per quanto riguarda i dati meteorologici, si rimanda al paragrafo dedicato al punto 5.

5. Creazione del modello e calcolo dei descrittori acustici

Una volta raccolti i dati, è necessario utilizzare un software di valutazione dell'impatto acustico che consenta la creazione di un **modello di calcolo**, da utilizzare poi per quantificare l'inquinamento

acustico. Il processo da seguire per integrare tutti i dati nel modello è specifico per ogni strumento e pertanto si rimanda al manuale d'uso del software scelto. Tuttavia, in questa sezione vengono specificati alcuni punti importanti per la definizione dei parametri di calcolo, in parte il **metodo di calcolo** (CNOSSOS-EU) e il modo di rappresentare gli **effetti meteorologici**.

Metodo di calcolo CNOSSOS-EU

Proponiamo di adottare come metodo di previsione il CNOSSOS-EU, che è il nuovo metodo di valutazione dei descrittori acustici previsto dalla Direttiva (UE) 2015/996. Quest'ultima segue la direttiva END modificando l'allegato 2, dove sono specificati i metodi di previsione, per introdurre un modello ingegneristico unificato CNOSSOS-EU obbligatorio per tutte le mappature acustiche strategiche (SNM) dopo il 1° gennaio 2019. La parte di propagazione acustica di CNOSSOS-EU è molto vicina al metodo francese dettagliato nella norma NF S31-133 [2] (metodo di calcolo francese chiamato "NMPB'08") e quindi perfettamente adattato alla nostra problematica del rumore proveniente da aree portuali o da fenomeni di diffrazione da parte di ostacoli, la riflessione/assorbimento e la multiriflettenza da parte di superfici ed edifici, gli effetti del suolo, nonché gli effetti meteorologici medi che agiscono sulla rifrazione delle onde sonore a lunga distanza, sono modellati con sufficiente accuratezza ma senza la necessità di dati inutili per il risultato desiderato.

In CNOSSOS-EU, le sorgenti sonore possono essere descritte come sorgenti puntiformi, lineari, superficiali o anche volumetriche, tenendo conto della possibile direttività spaziale. Per la caratterizzazione del rumore nei porti insulari, come studiato nel progetto DECIBEL, la descrizione delle sorgenti sonore rilevanti può essere effettuata secondo due procedure: o considerando che si tratta del classico rumore del traffico stradale o ferroviario, nel qual caso si possono applicare le formule "sorgente" del metodo CNOSSOS-EU, oppure considerando che si tratta di un rumore particolare (ciminiera, ventilazione, movimentazione, scarico, ecc.), nel qual caso si creerà un modello a partire da una o più sorgenti puntiformi e/o lineari, da determinare a partire da misurazioni in situ o da risultati di letteratura

Considerazione delle condizioni meteorologiche locali

L'obiettivo è quello di determinare le rose meteorologiche di condizioni favorevoli alla propagazione del suono. Queste rose vengono poi implementate nel software di previsione del rumore ambientale MithraSIG (o in qualsiasi altro software che utilizzi CNOSSOS-EU) per tenere conto delle specificità meteorologiche locali.

In CNOSSOS-EU, la grandezza fisica valutata è il livello sonoro a lungo termine L_{LT} . Questo calcolo viene effettuato prima per ogni percorso sonoro i (cioè $L_{LT,i}$) e il livello sonoro totale al recettore si ottiene infine cumulando i diversi livelli a lungo termine per ogni percorso.

Il livello $L_{LT,i}$ è calcolato per un periodo diurno (6:00-18:00 per la Francia), un periodo serale (18:00-22:00) e un periodo notturno (22:00-6:00). Tiene conto di tutte le condizioni meteorologiche riscontrate

nel sito ed è calcolato facendo la somma energetica del livello sonoro in condizioni favorevoli alla propagazione $L_{F,i}$ e del livello in condizioni omogenee o sfavorevoli $L_{H,i}$, ponderato per le rispettive occorrenze delle condizioni favorevoli p e delle altre condizioni ($1-p$), cioè :

$$L_{LT,i} = 10 \log_{10} \left(p 10^{\frac{L_{F,i}}{10}} + (1-p) 10^{\frac{L_{H,i}}{10}} \right)$$

Nell'equazione sopra riportata, è importante notare che p è funzione di tre parametri: la località studiata (ad esempio, Bastia), il periodo di studio (giorno, sera, notte) e la direzione media del percorso sonoro (ad esempio, da nord-ovest a sud-est).

La determinazione delle condizioni di propagazione del suono si basa sulla conoscenza della struttura termica e aerodinamica dell'atmosfera nei suoi strati inferiori. Su questo argomento sono stati condotti diversi studi [3-6].

	U₁	U₂	U₃	U₄	U₅	
T₁	--	-	-			<i>Conditions aérodynamiques :</i>
T₂	--	-	-	Z	+	U₁: vent fort contraire
T₃	-	-	Z	+	+	U₂: vent moyen contraire ou fort peu contraire
T₄	-	Z	+	+	++	U₃: vent nul ou vent moyen peu contraire ou vent moyen peu portant
T₅		+	+	++		U₄: vent moyen portant ou vent peu portant
						U₅: vent fort portant

<i>Conditions thermiques :</i>
T ₁ : jour et fort rayonnement et surface sèche et peu de vent
T ₂ : mêmes conditions que T ₁ mais au mois une est non vérifiée
T ₃ : lever ou coucher du soleil ou (temps couvert et venteux et surface pas trop humide)
T ₄ : nuit et (nuageux ou vent)
T ₅ : nuit et ciel dégagé et vent faible

Figura 1: Griglia qualitativa UiT di Zouboff

Una classificazione effettuata utilizzando la griglia di Zouboff (Figura 1) consente di determinare la modalità di propagazione del suono **favorevole** (caselle + e ++), **omogenea** (caselle Z) o **sfavorevole** (caselle - e --). Per essere utilizzata, questa griglia a due entrate richiede la conoscenza di alcuni descrittori termici e aerodinamici determinati su un periodo di tempo lungo, cioè almeno 1 anno per i nostri scopi. La rosa delle occorrenze è determinata dai dati meteorologici (si veda la sezione 4).

Le precipitazioni non sono prese in considerazione in questo approccio semplificato e sono considerate statisticamente distribuite in modo uniforme tra periodi "buoni" e "cattivi".

Una "classe 1" di rugosità del terreno (cioè un terreno aperto con pochi e bassi ostacoli e grandi distanze tra di loro) è considerata su una scala di sei classi (da 0 a 5) che corrisponde a un valore di rugosità di 0,007 m. Nelle stazioni metrologiche, la velocità del vento viene solitamente misurata a 10 m dal suolo (si veda il successivo punto V₁₀). Tuttavia, i criteri utilizzati nell'NMPB'08 (e quindi nel CNOSSOS-EU) richiedono una velocità del vento a 2 m di altezza (nota V₂). Quest'ultima deve quindi essere determinata, per le 18 direzioni di propagazione, da V₁₀ utilizzando la seguente equazione [4]:

$V_2 = V_{10} \times (0,2)^\alpha$ dove α è un coefficiente che dipende dalla classe di rugosità del terreno, qui pari a 0,14.

Questi calcoli permettono di classificare ogni evento orario in una delle tre categorie di velocità del vento: vento forte per V_2 tra 5 e 3 m/s, vento medio per V_2 tra 1 e 3 m/s e assenza di vento per $V_2 < 1$ m/s. Gli eventi con $V_2 > 5$ m/s non vengono presi in considerazione.

La terminologia relativa alla direzione del vento utilizzata nell'NMPB'08 è riportata nella Figura 2. Si può quindi procedere alla classificazione degli eventi orari in base alla classe U_i .

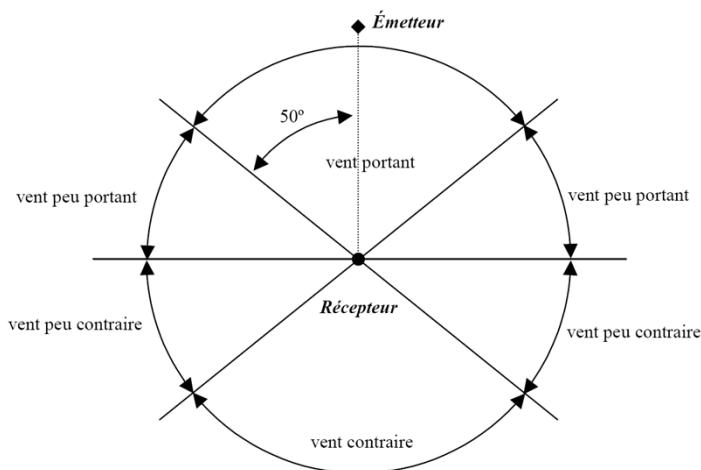


Figura 2 Definizione dei criteri di direzione del vento

La classificazione termica è più difficile da effettuare perché durante il giorno l'osservazione dello strato nuvoloso unita all'ora e alla data non sono sufficienti a determinare il tipo di stratificazione termica negli strati inferiori dell'atmosfera; è necessaria la conoscenza della classe U_i (ad esempio, un forte vento tende a distruggere questa stratificazione). Nell'arco delle 24 ore si distinguono tre periodi: giorno, notte e alba e tramonto, definiti come segue: Nell'arco delle 24 ore si distinguono tre periodi: il giorno, la notte, l'alba e il tramonto, definiti come segue: "alba" un intervallo di tempo di un'ora successivo al sorgere del sole e "tramonto" un intervallo di tempo di un'ora precedente il tramonto.

Di notte, in corrispondenza delle classi termiche **T4** e **T5**, è sufficiente conoscere la copertura nuvolosa. Se la nuvolosità è maggiore o uguale a 5/8, il cielo è considerato coperto. Altrimenti, il cielo è sereno.

Durante il giorno, la determinazione delle classi **T1** e **T2** si basa, in particolare, sulla conoscenza del tipo di radiazione solare alla superficie terrestre [4,7], cioè :

- Si parla di "forte radiazione" se l'irradiazione oraria globale al livello del suolo **G** supera il valore **G_{seuil}** (in J/cm²) corrispondente al momento in cui la radiazione solare globale è pari alla metà del suo valore massimo osservato durante l'anno,
- Si parla di "bassa radiazione" quando **G** è inferiore o uguale a **G_{seuil}**.

Il tipo di radiazione solare è determinato da una tabella con due voci: in primo luogo il periodo orario del giorno e il periodo stagionale, in secondo luogo la copertura nuvolosa. Da questa tabella si ricava il valore di G/G_0 , dove G_0 è l'irradiazione globale oraria su una superficie orizzontale al limite superiore dell'atmosfera sulla verticale della stazione, un valore che può essere facilmente calcolato per un dato sito, una data ora e un giorno dell'anno in base ai parametri astronomici noti. Così, per ogni evento orario, conoscendo G_0 e la copertura nuvolosa, si deduce il valore di G che si confronta con G_{seuil} per conoscere il tipo di radiazione, quindi si determina la classe **Tila**

Dopo aver eseguito la classificazione UiTi dalla griglia di Zouboff, il valore dell'occorrenza p viene determinato sommando le occorrenze elementari $p(UiT)$ delle classi UiTi appropriate. Il valore di p è calcolato secondo la seguente espressione:

$$p = p(U2T5) + p(U3T4) + p(U3T5) + p(U4T3) + p(U4T4) + p(U4T5) + \\ p(U5T2) + p(U5T3) + p(U5T4) + \frac{1}{2}[p(U2T4) + p(U4T2)]$$

Questo calcolo viene effettuato per ciascuna delle 18 direzioni sorgente-ricevitore e per i periodi di giorno, sera e notte. I valori ottenuti vengono utilizzati per elaborare le rose di occorrenza per le condizioni favorevoli alla propagazione del suono.

Può essere difficile ottenere i dati meteorologici necessari per creare la rosa di occorrenza per le condizioni favorevoli. Nei casi in cui tali dati non siano disponibili, si può adottare un **approccio forfettario**, che è essenzialmente un approccio conservativo, cioè cerca di non sottostimare i livelli, anche se ciò significa sovrastimarli. Ad esempio, si potrebbe ipotizzare il 100% (cioè p=1) di condizioni favorevoli di notte e il 50% (p=0,5) di giorno, per tutte le direzioni del vento, come suggerito dal metodo di calcolo francese [2].

Altre raccomandazioni per l'esecuzione dei calcoli

Per quanto riguarda le **sorgenti sonore**, nel modello è necessario :

- introdurre le sorgenti specifiche dell'attività portuale e il loro scenario di utilizzo, come sorgenti puntiformi, lineari e areali
- prestare particolare attenzione alla modellazione delle navi che possono essere viste, dall'esterno, come un edificio con fonti sonore ai suoi confini,
- per poter salvare il contributo sonoro di ciascuna sorgente per la fase di analisi.

Per quanto riguarda i parametri di **propagazione del suono**, si considera che :

- Le superfici d'acqua e gli edifici sono acusticamente riflettenti,
- **I container** sono modellati come edifici riflettenti con dimensioni (LxLxH) da specificare,
- i **moli**, soprattutto quelli con pareti o frangiflutti, devono essere modellati con precisione.

Inoltre, si raccomanda di considerare almeno 3 riflessioni nel calcolo, adattando questa raccomandazione in base alle dimensioni dell'area di studio e alla potenza di calcolo disponibile.

Definizione di aree recettoriali

Una volta inseriti tutti i parametri del modello, è necessario definire le aree geografiche per le quali si desidera valutare e studiare l'inquinamento acustico. A seconda del problema, si possono utilizzare diversi tipi di aree:

- **Sulla facciata degli edifici residenziali**, generalmente utilizzata negli approcci normativi.
- **Su un'area orizzontale** che delimita un particolare spazio pubblico, come una piazza vicino al porto, a 1,5 m di altezza (cioè all'altezza dell'orecchio umano)
- **Punti di ricezione particolari**, ad esempio ai margini di un appezzamento in caso di reclamo

Definizione degli indicatori rilevanti

I recettori possono essere valutati in base a diversi tipi di indicatori, a seconda del tema in esame:

- **L_{Aeq}** , il livello sonoro medio (o il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A), che può essere valutato per ora o per una specifica fascia oraria, ad esempio dalle 6.00 alle 8.00, dalle 18.00 alle 20.00, di giorno (6.00-18.00), di sera (18.00-22.00) e di notte (22.00-6.00).
- **L_{den} e L_n** , indicatori di esposizione a lungo termine nelle NED
- Il **ΔL** , l'emergenza sonora (o differenza dei livelli sonori medi),
- **L_{Amax}** , il livello sonoro massimo (ponderato A), che può essere definito come il valore massimo del livello di pressione per integrazione lenta (integrazione esponenziale su 1 s), cioè $L_{pAs,max}$

Proponiamo che l'attività generale del porto sia valutata attraverso il sito L_{Aeq} ogni ora, per tutte le ore, cioè 24 valori. Altri periodi di tempo, rilevanti per l'attività del porto, potrebbero essere proposti e ottenuti aggregando i risultati orari (ad esempio, il periodo 6-8 del mattino). Come indicato nella sezione 3, i calcoli dovrebbero essere eseguiti per ciascuno dei periodi di variabilità annuale. Si raccomanda inoltre di memorizzare nei calcoli i contributi di ciascun tipo di sorgente per facilitare l'analisi. Ciò consentirà di visualizzare il livello di rumore del ricevitore di un tipo di sorgente in funzione, ad esempio il rumore generato dallo scarico di una nave dalle 6 alle 8 del mattino.

Se necessario, l'impatto di tutta o parte dell'attività portuale può essere valutato attraverso il ΔL , la differenza del livello di rumore con e senza attività ("on/off" in altre parole). In questo caso, il rumore residuo (rumore di fondo) nell'area ricevente può essere valutato dal rumore proveniente da tutti i tipi di sorgenti diverse da quella oggetto di studio.

Solo in alcuni casi molto particolari di rumore impulsivo o di rumore di elevata intensità ma che rimane molto puntuale, e quindi solo per la caratterizzazione di queste particolari sorgenti alla ricezione, è possibile utilizzare L_{Amax} con un livello di potenza sonora massima come dato di ingresso al livello della sorgente impulsiva nel modello predittivo.

6. Analisi dei risultati

Sulla base dei risultati dei calcoli, è necessario effettuare un'analisi dettagliata dei risultati in base alle fonti selezionate e agli indicatori rilevanti individuati. Questa analisi dipende in larga misura dai temi e dagli indicatori selezionati, ma si può dire che i seguenti aspetti possono essere di interesse

Mettere in prospettiva i risultati rispetto alle **normative locali**

Valori di soglia proposti per i valori di rumore eccessivo, che variano in base agli indicatori

Identificazione di aree spaziali e periodi di tempo preoccupanti (dove uno o più indicatori superano le soglie)

Analisi comparativa del contributo di diversi tipi di sorgenti al livello di rumore, che aiuterà a capire quali sono le principali fonti di inquinamento acustico in un determinato luogo

Visualizzazione dei risultati: zone orizzontali di superamento della soglia per un indicatore, colorazione degli edifici in cui un punto della facciata supera una soglia, confronto delle fonti e conclusione sulle fonti predominanti su cui lavorare

Per quanto riguarda i valori soglia pertinenti, è a priori responsabilità del richiedente dello studio definirli, basandosi ad esempio sulle normative francesi o italiane, o su raccomandazioni come quelle dell'OMS per il rumore ambientale in Europa [8-10]. Ecco alcuni possibili **esempi di soglie** di inquinamento acustico (i valori di soglia devono essere modificati in base al problema):

- $L_{den} > 68 \text{ dB(A)}$ > *identificazione di un punto nero del rumore stradale in Francia*
- $L_{Aeq,6h-22h} > 60 \text{ dB(A)}$ > *Le soglie più penalizzanti per una nuova strada in Francia*
 $L_{Aeq,22h-6h} > 55 \text{ dB(A)}$
- $\Delta L > 5 \text{ dB(A)}$ > *Infrazione al rumore di vicinato durante il giorno (in Italia)*
- $L_{Amax} > 80 \text{ dB(A)}$ > *Limitazione del fastidio istantaneo (soglia proposta dal parere di esperti)*

Questa fase dovrebbe concludersi con una descrizione **precisa delle aree e dei periodi problematici** (in cui gli indicatori vengono superati), nonché con l'**identificazione delle principali fonti** che causano l'inquinamento acustico in queste aree. Ciò è necessario per avviare il piano d'azione.

Fase del piano d'azione

Questa fase si compone di due passaggi, numerati 7 e 8.

7. Implementazione di un piano d'azione per la riduzione del rumore.

Una volta effettuata la diagnosi e quindi individuate le principali fonti di rumore (cioè le principali cause di inquinamento acustico) e le aree e i periodi a rischio, si può pensare a un piano d'azione.

Le possibili azioni per ridurre l'inquinamento acustico dipendono molto dalla fonte interessata e anche dal livello di riduzione che si vuole raggiungere. Ci limiteremo quindi a stabilire alcuni principi generali che sembra opportuno seguire e a fornire alcuni esempi.

Principi per la stesura del piano d'azione

- Riunire le parti interessate, presentare loro le conclusioni della diagnosi e stabilire con loro un **quadro di possibili azioni** (infatti, a seconda degli interessi e delle possibilità tecniche e finanziarie, è chiaro che non tutte le azioni saranno possibili)
- Sulla base dell'analisi e del quadro delle possibili azioni, proporre **obiettivi qualitativi di diverso grado di ambizione** (riduzione moderata, media o forte) e, se possibile, associare elementi di **costo**.
- Tradurre **ogni obiettivo qualitativo in un obiettivo quantitativo nelle aree problematiche**, utilizzando lo stesso indicatore o gli stessi indicatori con cui è stato stabilito l'inquinamento acustico (tipicamente, l'obiettivo potrebbe essere che l'indicatore utilizzato nell'area problematica scenda al di sotto del valore soglia stabilito nell'analisi)
- Riutilizzando il modello di calcolo, **stabilire l'obiettivo di riduzione della sorgente principale** per raggiungere l'obiettivo di riduzione nelle aree problematiche, ad esempio identificando la necessaria riduzione del livello di potenza o la necessaria modifica dello scenario di attivazione giornaliera della sorgente principale interessata.
- Identificare **le possibilità e i vincoli** (tecnici, amministrativi, finanziari, ecc.) per raggiungere l'obiettivo di riduzione della fonte **con le parti interessate**: è possibile cambiare l'apparecchiatura? Aggiungere una protezione contro il rumore (cofano, schermo, ecc.)? Modificare le condizioni operative (cambio di velocità, riduzione della potenza, ecc.)?
- **Identificare una o più strategie possibili per ogni obiettivo di qualità**, a seconda dei vincoli.
- Riunire nuovamente tutte le parti interessate, proporre le strategie individuate e **concludere le azioni da intraprendere**.

Esempi di strategie di riduzione

Per il rumore del traffico stradale o della movimentazione orizzontale: gli operatori ferroviari devono limitare le emissioni acustiche, limitare la velocità del traffico, limitare l'uso di veicoli rumorosi, modificare il manto stradale, installare una barriera antirumore, ecc.

Per il rumore delle navi: limitare l'uso di fonti rumorose in avvicinamento o in banchina, spostare gli orari di funzionamento, prolungare i periodi di carico/scarico, sostituire un elemento rumoroso della nave, installare un dispositivo in banchina, ecc.

Per il rumore delle apparecchiature industriali: modificare le condizioni di funzionamento per renderle meno fastidiose, installare una cuffia, ecc.

Un altro approccio potrebbe essere quello di non trattare la fonte, ma di intervenire nelle **aree problematiche**, ad esempio sostituendo le finestre nel caso di un edificio isolato in cui il disagio è dovuto a un'attività prolungata.

8. Monitoraggio degli effetti del piano d'azione

Infine, una volta attuata l'azione, sembra necessario monitorarne l'effetto, per due motivi: **verificare** che l'obiettivo sia stato raggiunto e **controllare nel tempo** la situazione di inquinamento acustico che si è cercato di trattare. Ancora una volta, il modo in cui questo monitoraggio viene effettuato dipenderà dall'azione scelta.

Verifica dell'effetto

Per verificare l'effetto dell'azione, è necessario effettuare **due campagne di misurazione in situ**, se possibile: **una prima dell'attuazione dell'azione e una dopo**. I punti di misurazione e gli indicatori misurati devono essere specificati, ma per quanto possibile devono essere mantenuti gli stessi punti, periodi e indicatori tra le due campagne.

Si possono adottare due approcci:

- **Verifica dell'obiettivo di riduzione dell'inquinamento acustico nell'area interessata:** in questo caso, si definiranno diversi punti di misurazione nell'area interessata, nonché i periodi di tempo (stagione e ora del giorno) interessati, e si verificherà che gli indicatori e le soglie definiti nella fase di analisi siano rispettati.
- **Verificare l'obiettivo di riduzione alla sorgente:** in questo caso, si può utilizzare il metodo di caratterizzazione del livello di potenza della sorgente definito al punto 4, oppure osservare la variazione delle condizioni operative.

Se è possibile effettuare una sola campagna di misura, questa dovrebbe essere effettuata **dopo l'attuazione dell'azione**, e in questo caso lo scopo dovrebbe essere quello di verificare la conformità con l'obiettivo stabilito, preferibilmente a **livello di sorgente** (verifica della riduzione del livello di potenza o delle nuove condizioni operative).

Monitoraggio nel tempo

A seconda dell'intervento, può essere necessario verificare l'effetto di riduzione del rumore a lungo termine. Questa pratica è particolarmente consigliata nei casi in cui l'azione consiste nell'implementazione di una soluzione tecnica che può essere potenzialmente danneggiata nel tempo. È il caso, ad esempio, di un manto stradale o di una modifica tecnica a una sorgente di rumore.

In questo caso, al momento della definizione del piano d'azione, è necessario proporre un **metodo di monitoraggio** e una **frequenza di controllo** (ad esempio, ogni anno). Il metodo può essere di diversi tipi, a seconda della soluzione e della periodicità: verifica visiva, misurazione acustica in un'area interessata, misurazione per caratterizzare una sorgente o addirittura sostituzione della soluzione. Il metodo sarà definito in base alle azioni e alle capacità delle parti interessate.

Allegato A: Elenco non esaustivo dei potenziali soggetti interessati dal rumore delle attività portuali

Soggetti interessati dal rumore

- > **I residenti del demanio portuale pubblico:** i più esposti al possibile inquinamento acustico
- > **Comune** (ad esempio: comune di Bastia): ente pubblico che riceve le denunce formali presentate dai residenti locali in materia di inquinamento acustico.
- > **Communauté d'agglomération o métropole** (ad esempio, communauté d'agglomération de Bastia): entità amministrativa locale competente per l'organizzazione dei trasporti e delle questioni ambientali, compreso il rumore.
- > **Proprietari delle strutture portuali** (ad esempio, lo Stato nel caso di una concessione): proprietari del progetto e decisori di eventuali sviluppi all'interno dell'area portuale.
- > **Gestore della struttura portuale/concessionario** (ad es. CCI2B): responsabile dell'organizzazione delle attività portuali e destinatario di denunce informali di rumore

Gestori di infrastrutture o attività potenzialmente rumorose

- > **Gestore delle strutture portuali/Concessionario:** responsabile delle strutture portuali
- > **Gestori delle infrastrutture stradali:** comune (per le strade comunali) o dipartimento/comunità (per le strade dipartimentali)
- > **Compagnie di navigazione/operatori:** operatori marittimi e proprietari di navi

Utenti del porto

- > **Passeggeri del traghetto**
- > **Aziende di logistica / filiali logistiche di aziende (clienti aziendali)**
- > **Imprese appaltatrici** incaricate di operazioni di movimentazione orizzontale o verticale (imprese appaltatrici)

Attori del porto

- > Capitaneria di porto, agenti marittimi, portuali, operatori portuali, ...

Attori del trasporto marittimo

- > **Armatori** (costruttori navali)

Allegato B: Riferimenti

- [1] Prodotti del progetto [NoMePORTS](#) (programma LIFE05), in particolare la "[Good Practise Guide on Port Area Noise Mapping and Management](#)", 2008.
- [2] Norma NF S31-133:2011, "Acustica - Rumore ambientale - Calcolo dei livelli sonori" AFNOR, 2011
- [3] ZOUBOFF V., BRUNET Y., SECHET E., BERTRAND J., Validazione di un metodo qualitativo per stimare l'influenza della meteorologia sul rumore. Journal de Physique IV, Colloquium C5, supplemento alla rivista de Physique III, vol. 4, maggio 1994, pp. C5-813 - C5- 816.
- [4] DELAUNAY D, ZOUBOFF V., Cartographie pour la France des conditions météorologiques favorables à la propagation du bruit. Rapporto CSTB EN-CLI95.13 C. 1995.
- [5] Guida NMPB-Routes-96, Rumore delle infrastrutture stradali - Metodo di calcolo che include gli effetti meteorologici. CERTU, CSTB, LCPC, SETRA, 1997.
- [6] ZOUBOFF V., LAPORTE J. C., BRUNET Y., Prise en compte des conditions météorologiques dans la propagation du bruit. Approccio pratico. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n°- 210. 1997, pp.105-119.
- [7] JAN J., Rayonnement solaire: aspects géométriques et astronomiques. Corsi e manuali, n°2, Ministero dei Trasporti. Direction de la Météorologie, 1983.
- [8] [Organizzazione Mondiale della Sanità \(OMS\), Linee guida sul rumore ambientale per la regione europea, 2018.](#)
- [9] [Organizzazione Mondiale della Sanità \(OMS\) - JRC, Burden of Disease from Environmental Noise, 2011.](#)
- [10] [Agenzia europea dell'ambiente \(AEA\), Guida alle buone pratiche sull'esposizione al rumore e sui potenziali effetti sulla salute, 2010.](#)