



VENATHEC RHONE-ALPES EST

4, avenue Doyen Louis Weil  
38000 GRENOBLE  
Tél. : +33 4 76 14 08 73

Projet d'aménagement immobilier  
à EVENOS (83)  
23-23-60-01206-02-A-YTI

Votre interlocuteur VENATHEC

Yann TISCHMACHER

[y.tischmacher@venathec.com](mailto:y.tischmacher@venathec.com)

04 76 14 08 73

CITADIA

Floriane LIRAUD

[fliraud@citadia.com](mailto:fliraud@citadia.com)

06 49 18 50 68

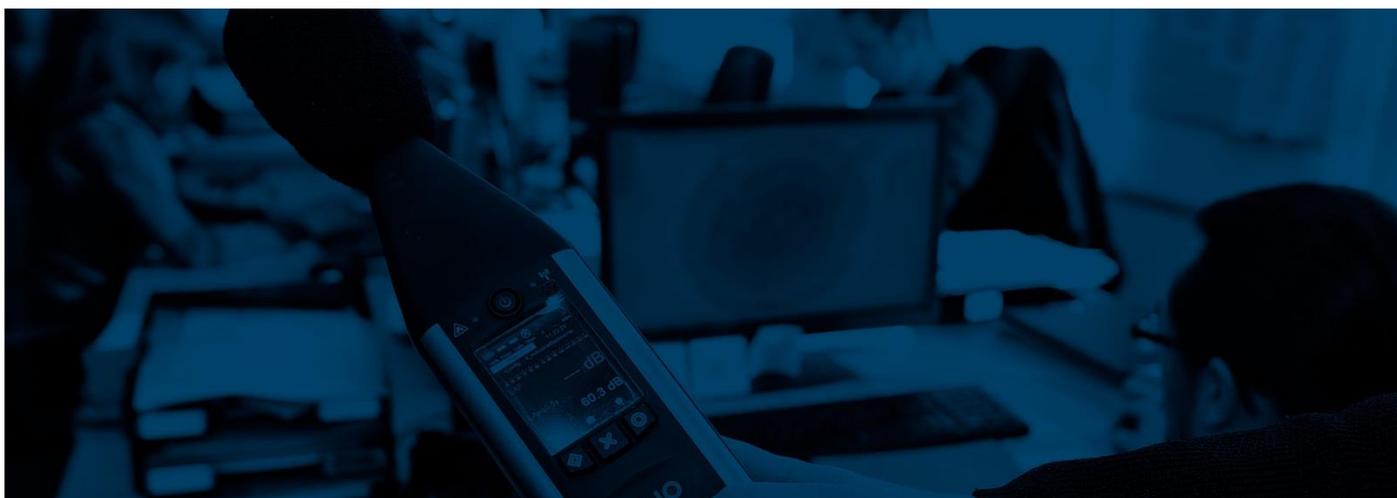
# RAPPORT D'ÉTUDE ACOUSTIQUE

Acoustique Environnementale

[venathec.com](http://venathec.com)



VENATHEC SAS au capital de 750 000 €  
Société enregistrée au RCS Nancy B sous le numéro 423 893 296 – APE 7112B  
N° TVA intracommunautaire FR 06 423 893 296



### Client

Raison Sociale	CITADIA
Interlocuteur	Floriane LIRAUD
Fonction	Cheffe de projet
Téléphone	06 49 18 50 68
Courriel	<a href="mailto:fliraud@citadia.com">fliraud@citadia.com</a>

### Diffusion

Version	A
Date	5 février 2024

**Rédacteur**  
**Yann TISCHMACHER**

**Relecteur**  
**Jérémie DONIAS**

La diffusion ou la reproduction de ce document n'est autorisée que sous la forme d'un fac-similé comprenant 43 pages. Rédigé par Yann TISCHMACHER, transmis le 05/02/2024.

# Table des matières

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>CONTEXTE REGLEMENTAIRE, NORMATIF ET PROGRAMMATIQUE .....</b>	<b>5</b>
2.1	Réglementation .....	5
2.2	Normes.....	6
2.3	Autres référentiels.....	6
<b>3</b>	<b>PRESENTATION DU PROJET.....</b>	<b>7</b>
3.1	Présentation du site et du projet.....	7
3.2	Contexte acoustique du projet et description de la réglementation applicable .....	8
<b>4</b>	<b>ETAT SONORE INITIAL.....</b>	<b>13</b>
4.1	Mesures acoustiques in situ .....	13
4.2	Modélisation acoustique de l'état existant .....	16
<b>5</b>	<b>ETUDE D'IMPACT ACOUSTIQUE DU PROJET.....</b>	<b>22</b>
5.1	Méthodologie.....	22
5.2	Hypothèses de calcul.....	22
5.3	Présentation du modèle 3D (situation future avec projet) .....	23
5.4	Impacts des nouvelles infrastructures sur les bâtiments existants .....	23
5.5	Comparaison des situations futures avec et sans projet .....	25
5.6	Niveaux sonores en façade des futurs bâtiments.....	26
5.7	Cartographies sonores de l'état futur .....	27
5.8	Généralités sur les protections acoustiques envisageables.....	29
<b>6</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>36</b>

# 1 INTRODUCTION

Le présent document s'inscrit dans le cadre des études d'impact du projet d'aménagement immobilier situé à Evenos (83).

Dans le cadre de ces études, CITADIA a missionné le bureau d'études en acoustique VENATHEC pour la réalisation de l'étude d'impact acoustique du projet sur l'environnement.

La prestation s'est déroulée comme suit :

- Etape 1 : Mesures acoustiques d'état initial ;
- Etape 2 : Analyse des résultats de mesures ;
- Etape 3 : Etude d'impact acoustique du projet ;
- Etape 4 : Proposition de principes de solution acoustique le cas échéant.



Localisation du secteur d'étude

## 2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE, NORMATIF ET PROGRAMMATIQUE

### 2.1 Réglementation

Dans le cadre du projet, les textes règlementaires suivants peuvent s'appliquer :

- **Loi du 31 décembre 1992** complétée par le décret d'application du 9 janvier 1995 et l'arrêté du 5 mai 1995
- **Code de l'environnement (livre V, titre VII) ordonnance n°2000-914 du 18 septembre 2000**, reprenant tous les textes relatifs au bruit
- **Directive européenne 2002/49/CE**, du 25 juin 2002, relative à l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement
- **Articles L571-9 et R571-44 à R571-52** du Code de l'Environnement
- **Décret n°2006-1110 du 11 août 2016** relatif à la modification des règles applicables à l'évaluation environnementale des projets, plans et programmes
- **Circulaire du 25 mai 2004** relative aux nouvelles instructions à suivre concernant le recensement des Points Noirs Bruit des transports terrestres et les opérations de résorptions de ces PNB
- **Circulaire du 12 juin 2001** relative à l'observatoire du bruit des transports terrestres et à la résorption des points noirs du bruit des transports terrestres
- **Décret n° 2002-867 du 3 mai 2002** (et l'arrêté de la même date), précisant les modalités de subventions accordées par l'Etat concernant les opérations d'isolation acoustique des Points Noirs Bruit des réseaux routiers et ferroviaires nationaux
- **Décret n°2006-1099** relatif à la lutte contre le bruit de voisinage du 31 août 2006
- **Arrêté du 5 décembre 2006** relatif aux modalités de mesurage des bruits de voisinage, modifié par l'**arrêté du 1<sup>er</sup> août 2013**
- **Décret 95-22 du 9 janvier 1995** relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres
- **Circulaire n° 97-110 du 12 décembre 1997** relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes du réseau national
- **Arrêté du 5 mai 1995** relatif au bruit des infrastructures routières

## 2.2 Normes

### 2.2.1 Matériel

- **Norme NF EN 61672-1** (2003) : Electroacoustique – Sonomètres – Partie 1 : spécifications
- **Norme NF EN 60942** (2003) : Electroacoustique – Calibreurs acoustiques

### 2.2.2 Mesurage

- **Norme NF S 31-010** : Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement
- **Norme NF S 31-110** : Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation
- **Norme NF S 31-120** : Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Influence du sol et des conditions météorologiques
- **Norme NF EN ISO 3741** (2012) : Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique
- **Norme NF S 31-085** : Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier

### 2.2.3 Calculs

- **Norme ISO 9613** : Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre
- **Norme NF S 31-131** : Descriptif technique des logiciels
- **Norme NF S 31-132** : Méthodes de prévision du bruit des infrastructures de transports terrestres en milieu extérieur
- **Norme NF S 31-133** : Bruit dans l'environnement – Calcul de niveaux sonores

## 2.3 Autres référentiels

- Note d'information n°77 du Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (Sétra) - *Calcul prévisionnel de bruit routier* – Avril 2007
- Guide Sétra/Certu – *Bruit et études routières – Manuel du chef de projet* – Octobre 2001



## 3.2 Contexte acoustique du projet et description de la réglementation applicable

Il est important de recenser les différentes sources de bruit futures qui seront présentes au sein du projet car le cadre réglementaire n'est pas le même selon la source de bruit concernée :

- Voies nouvellement créées ou modifiées : l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures de transport s'applique à cette étude ;
- Equipements techniques futurs : le décret n°2006-1099 relatif à la lutte contre le bruit de voisinage s'applique et il appartient aux propriétaires des équipements techniques de s'assurer du respect de cette réglementation.

Le but de la présente étude est donc d'étudier l'impact acoustique des voies nouvellement créées ou modifiées dans le cadre du projet sur les bâtiments d'habitations et les bâtiments sensibles existants à proximité du projet et de vérifier le respect des réglementations applicables.

De plus, une comparaison des niveaux sonores avec et sans le projet sera donnée afin d'une part d'étudier l'impact acoustique du projet sur son environnement et d'autre part, d'estimer les niveaux sonores dans le périmètre du projet et au niveau des façades des futurs bâtiments.

Concernant les équipements techniques futurs, ils ne seront pas étudiés dans la présente étude puisqu'à ce stade, ces éléments ne sont pas connus et il appartiendra à leurs propriétaires de se conformer aux réglementations applicables.

Concernant les bâtiments d'habitation à construire dans le cadre du projet, leurs permis de construire seront postérieurs aux démarches effectuées pour la création des infrastructures de transport : c'est donc à la Maîtrise d'Ouvrage en charge de la construction des futurs bâtiments de se conformer aux exigences réglementaires applicables et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit.

### 3.2.1 Description de la réglementation pour la création de nouvelles infrastructures routières

Des exigences réglementaires sont fixées pour chaque période réglementaire **diurne [6h-22h]** et **nocturne [22h-6h]**, en façade des bâtiments visés, à savoir les bâtiments voisins de l'infrastructure et antérieurs à celle-ci.

Ces exigences réglementaires dépendent de l'usage et de la nature des locaux visés ainsi que de la notion de zone d'ambiance sonore préexistante. Une zone est considérée en ambiance sonore modérée si le niveau de bruit ambiant existant à deux mètres en avant des façades des bâtiments visés avant la réalisation de l'aménagement projeté est tel que les deux conditions suivantes soient réunies :

- LAeq (6h-22h) < 65 dBA
- LAeq (22h-6h) < 60 dBA

Une zone peut être qualifiée en ambiance sonore modérée, modérée de nuit (si seul le critère nuit est vérifié) ou non modérée.

Les exigences réglementaires pour les voies nouvelles sont des niveaux maximums admissibles pour la contribution sonore des nouvelles voiries, qui sont les suivants :

Usage et nature des locaux	L <sub>Aeq</sub> (6h - 22h)	L <sub>Aeq</sub> (22h - 6h)
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale : <ul style="list-style-type: none"> <li>• salles de soins et salles réservées au séjour des malades ;</li> <li>• autres locaux</li> </ul>	57 dBA 60 dBA	55 dBA 55 dBA
Etablissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	60 dBA	Aucune obligation
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	60 dBA	55 dBA
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée de nuit	65 dBA	55 dBA
Autres logements	65 dBA	60 dBA
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	65 dBA	Aucune obligation

En outre, un bâtiment peut être considéré comme un Point Noir Bruit PNB s'il est exposé à plus de 70 dBA en façade en période diurne (6h-22h), ou à plus de 65 dBA en période nocturne (22h-6h) et construit antérieurement à la voie. La circulaire applicable du 25 mai 2004 recommande alors que le niveau sonore en façade des bâtiments de cette zone soit ramené à moins de 65 dBA pour la période diurne et 60 dBA pour la période nocturne, ou à son équivalent à l'intérieur du logement dans le cas d'une protection par isolation de façade.

**Il appartient au Maître d'Ouvrage d'une route nouvelle** de prendre toutes dispositions, lors de la conception ou de la réalisation, de nature à protéger les bâtiments qui existaient avant la voie pour éviter que leurs occupants ne subissent des nuisances sonores excessives et pour respecter les seuils applicables définis ci-avant.

La protection à la source (type écran acoustique) est recherchée en priorité mais le cas d'une protection par isolation de façade est également possible. Dans ce cas, on substitue l'objectif d'exposition sonore maximale en façade (Obj) par son équivalent à l'intérieur du logement. L'isolement requis ( $D_{nT,A,tr}$ ) est déterminé conformément à l'arrêté du 5 mai 1995 par la formule suivante :

$$D_{nT,A,tr} = L_{Aeq} - Obj + 25 \text{ dB (avec } D_{nT,A,tr} \geq 30 \text{ dB)}$$

avec :

- L<sub>Aeq</sub> : contribution sonore de l'infrastructure ;
- Obj : contribution sonore maximale admissible.

### 3.2.2 Description de la réglementation pour la modification non ponctuelle d'une infrastructure existante

Une modification est considérée comme significative si, à terme, l'aménagement induit une augmentation de la contribution sonore de la voie en façade des habitations riveraines supérieure à **2 dBA** par rapport à ce que serait cette contribution à terme en l'absence de la modification.

Dans le cas où la modification est considérée comme significative, les niveaux maximums admissibles pour la contribution sonore de l'infrastructure modifiée significativement sont fixés aux valeurs suivantes, selon les périodes réglementaires diurne [6h-22h] et nocturne [22h-6h] :

Période considérée	Niveau sonore ambiant initial (avant transformation)	Seuil à respecter pour la seule route après transformation
Diurne [6h-22h]	$L_{Aeq} [6h-22h] \leq 60 \text{ dBA}$	$L_{Aeq} [6h-22h] \leq 60 \text{ dBA}$
	$60 \text{ dBA} < L_{Aeq} [6h-22h] \leq 65 \text{ dBA}$	Valeur de la contribution actuelle de la route (avant transformation)
	$L_{Aeq} [6h-22h] > 65 \text{ dBA}$	$L_{Aeq} [6h-22h] \leq 65 \text{ dBA}$
Nocturne [22h-6h]	$L_{Aeq} [22h-6h] \leq 55 \text{ dBA}$	$L_{Aeq} [22h-6h] \leq 55 \text{ dBA}$
	$55 \text{ dBA} < L_{Aeq} [22h-6h] \leq 60 \text{ dBA}$	Valeur de la contribution actuelle de la route (avant transformation)
	$L_{Aeq} [22h-6h] > 60 \text{ dBA}$	$L_{Aeq} [22h-6h] \leq 60 \text{ dBA}$

### 3.2.3 Description de la réglementation pour les futurs équipements techniques

Les équipements techniques futurs ne seront pas étudiés dans la présente étude puisqu'à ce stade, ces éléments ne sont pas connus et il appartiendra à leurs propriétaires de se conformer aux réglementations applicables. La description de cette réglementation est donnée à titre indicatif.

Les différents équipements mis en place dans le cadre du projet devront respecter les réglementations acoustiques associées. Le maître d'ouvrage de chaque construction devra notamment s'assurer que le bruit généré par ses équipements respecte le décret n°2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage (modifiant le Code de la Santé Publique) et dont les principales exigences sont synthétisées ci-après.

Le décret n°2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage modifie le Code de la santé publique, et a été intégré dans ses articles R1336-4 à R1336-13.

#### Critères d'émergence en valeur globale

Le tableau ci-dessous rappelle les valeurs d'émergence sonore réglementaires, en valeur globale pondérée A, selon la période journalière et la durée cumulée d'apparition du bruit perturbateur :

Code de la santé publique Art. R.1336-7	Émergence maximale admissible [dBA] chez les tiers		Durée cumulée d'apparition du bruit particulier
	Jour (7h - 22h)	Nuit (22h - 7h)	
	5 dBA	3 dBA	Supérieure à 8 h
	6 dBA	4 dBA	Comprise entre 4 et 8 h
	7 dBA	5 dBA	Comprise entre 2 et 4 h
	8 dBA	6 dBA	Comprise entre 20 min et 2 h

#### Critères d'émergence en valeurs spectrales

Le tableau ci-dessous rappelle les valeurs d'émergence sonore réglementaires, en valeurs spectrales, mentionnées dans l'article R1336-8 du Code de la santé publique :

Émergence [dB] maximale admissible chez les tiers à l'intérieur des habitations	
Sur les bandes d'octave centrées sur 125 Hz et 250 Hz	7 dB
Sur les bandes d'octave centrées sur 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz	5 dB

Aucun terme correctif fonction de la durée cumulée du bruit particulier ne s'applique aux valeurs limites d'émergence spectrales.

Comme le mentionne l'article R1336-6 du Code de la santé publique, le critère d'émergence spectrale ne s'applique qu'à l'intérieur des pièces principales d'un logement d'habitation, fenêtres ouvertes ou fermées.

Selon cet article R1336-6, l'infraction n'est pas constituée lorsque le niveau de bruit ambiant mesuré, comportant le bruit particulier, est inférieur à 25 dBA, si la mesure est effectuée à l'intérieur des pièces principales d'un logement d'habitation, fenêtres ouvertes ou fermées, ou à 30 dBA dans les autres cas.

### 3.2.4 Lignes directrices de l'OMS vis-à-vis de l'exposition au bruit

Dans un rapport intitulé « Lignes directrices relatives au bruit dans l'environnement pour la région européenne » publié le 10 octobre 2018, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a défini des seuils d'exposition sonore pour différentes catégories de source sonore comme le bruit des infrastructures de transport (route, fer, ou avion). **Ces seuils ne constituent pas des contraintes réglementaires**, ils permettent plutôt d'évaluer à partir de quel niveau d'exposition sonore la santé humaine peut être impactée.

Pour définir ces objectifs, l'OMS se base sur les indicateurs européens  $L_{den}$  et  $L_n$  :

- L'indicateur  $L_n$  correspond à un niveau nocturne moyen sur la période 22h-6h, qui est égal au  $L_{Aeq}(22h-6h) - 3$  dBA dans le but de prendre en compte la réflexion du bruit sur la façade d'un bâtiment au niveau d'un point de calcul situé à 2m devant cette façade ;
- L'indicateur  $L_{den}$  représente un niveau de bruit qui tient compte d'une journée complète de 24h. Cette période de 24h est répartie sur 3 périodes (day/evening/night). Des termes correctifs sont appliqués sur chaque période afin de tenir compte de la sensibilité des personnes en fonction de la période considérée. Ainsi, le  $L_{den}$  se calcule selon la formule suivante :

$$L_{den} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{24} \left( 12 * 10^{\frac{L_{Aeq}(6h-18h)}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{Aeq}(18h-22h)+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{Aeq}(22h-6h)+10}{10}} \right) \right)$$

Les seuils d'exposition sonore d'une personne au bruit avant que ce bruit n'ait un impact sur leur santé selon l'OMS sont récapitulés dans le tableau ci-dessous par catégorie de bruit et par indicateur :

Type de source sonore	Seuils d'exposition OMS d'une personne [dBA]	
	$L_{den}$	$L_n$
Route	53 dBA	45 dBA
Fer	54 dBA	44 dBA
Avion	45 dBA	40 dBA

Dans la présente étude d'impact acoustique, il est difficile de comparer les résultats estimés et/ou mesurés à ces seuils pour les raisons suivantes :

- Les calculs sont effectués selon les indicateurs utilisés dans la réglementation Française  $L_{Aeq}(6h-22h)$  et  $L_{Aeq}(22h-6h)$  qui sont des niveaux continus équivalents sur les périodes jour (6h-22h) et nuit (22h-6h) ;
- Les calculs sont principalement effectués en façade des bâtiments et pour des points fixes contrairement aux seuils définis par l'OMS qui représentent les niveaux d'exposition sonore d'une personne qui est mobile tout au long de la journée (il s'agit d'une dose de bruit perçu par une personne, moyennée sur la journée).

#### Nota Bene

A l'intérieur d'un logement neuf, la réglementation acoustique applicable (arrêté du 30 juin 1999 relatif au confort acoustique dans les bâtiments d'habitation) impose un isolement vis-à-vis de l'extérieur  $D_{nTA,tr}$  d'au moins 30dB. Cela signifie à titre d'exemple qu'un niveau sonore de 75 dBA en façade d'un bâtiment induit un niveau sonore dans le logement de l'ordre de 45 dBA (fenêtres fermées), respectant ainsi le seuil d'exposition d'une personne au bruit routier selon l'indicateur  $L_{den}$ .

Aussi, les seuils d'exposition sonore maxima définis par l'OMS sont respectés à l'intérieur des logements (neufs) quand les niveaux de bruit en façade n'excèdent pas 75 dBA.

## 4 ETAT SONORE INITIAL

### 4.1 Mesures acoustiques in situ

#### 4.1.1 Contexte d'intervention

##### 4.1.1.1 Période d'intervention

Les mesures d'état initial ont été effectuées du 18 au 19 décembre 2023 par Mr GUILLOT, acousticien.

##### 4.1.1.2 Appareillage de mesures utilisé

Le tableau ci-dessous récapitule le matériel utilisé pour la réalisation des mesures.

Matériel	Type et marque	Numéro de série
Sonomètre	Solo de 01dB-ACOEM	60794
	Cube de 01dB-ACOEM	11002
	Duo de 01dB-ACOEM	11104
	Fusion de 01dB-ACOEM	14308
Caméras	M3037 de AXIS	B8A44F0B03DF B8A44FOBC4BO
Calibreur	CAL 21 de 01dB-ACOEM	34565095

Ce matériel est conforme aux normes NF EN 61672-1 et NF EN 60942.

Avant et après chaque série de mesurage, chaque chaîne de mesure a été calibrée à l'aide du calibreur. Aucune dérive supérieure à 0,5 dB n'a été constatée.

##### 4.1.1.3 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques rencontrées sur site doivent être identifiées selon les couples (U<sub>i</sub> ; T<sub>i</sub>) conformément à la norme NF S 31-085 : les méthodes de définition de ces couples sont explicitées en annexe du document.

#### Conditions météorologiques rencontrées sur site

Période d'observation	Vitesse de vent	Précipitation	Couverture nuageuse
Période diurne	Moyen	Nulle	Dégagé
Période nocturne	Moyen	Nulle	Dégagé

- En période diurne : U<sub>3</sub>/T<sub>2</sub> → Etat météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore
- En période nocturne : U<sub>3</sub>/T<sub>5</sub> → État météorologique conduisant à un renforcement faible du niveau sonore

#### Remarques

A noter que les conditions météorologiques décrites ci-dessus sont une simple constatation normative, présentées à titre indicatif.

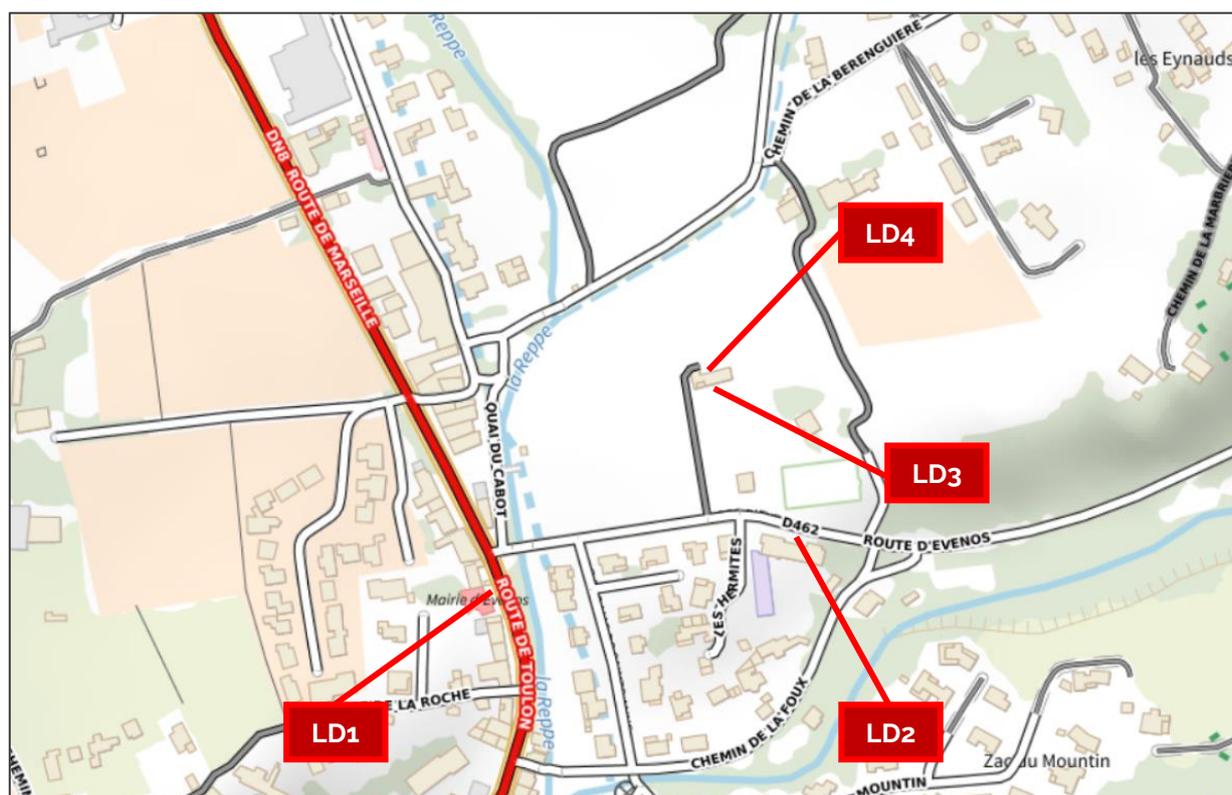
#### 4.1.2 Localisation des points de mesure

Les points de mesures effectuées sont localisés sur le plan ci-dessous.

Ils ont été positionnés comme suit :

- LD1 : en façade de la Mairie, afin de caractériser la contribution sonore de la DN8.
- LD2 : en façade de l'école, orienté vers la route d'Evenos afin de caractériser la contribution sonore de l'infrastructure.
- LD3 : en façade sud de l'habitation située au centre du projet, afin de caractériser l'ambiance sonore au cœur du projet.
- LD4 : en façade nord de l'habitation située au centre du projet, afin de caractériser l'ambiance sonore au cœur du projet et caractériser la contribution sonore du chemin de la Bérenquière

Les photos des points de mesures sont disponibles dans les fiches de mesure en annexe.



Localisation des points de mesure

### 4.1.3 Résultats de mesures

Les résultats de mesures détaillés sont explicités pour chacun des points dans des fiches de mesures en annexe du document.

Pour rappel, une zone est considérée en ambiance sonore modérée si le niveau de bruit ambiant existant est tel que les deux conditions suivantes sont réunies :

- LAeq (6h-22h) < 65 dBA
- LAeq (22h-6h) < 60 dBA

Une zone peut être qualifiée en ambiance sonore modérée, modérée de nuit (si seul le critère nuit est vérifié) ou non modérée.

Les tableaux suivants récapitulent les résultats des mesures (valeurs arrondies à 0,5dBA près) :

Point de mesure	Localisation	Niveau de bruit LAeq mesuré en dBA		Ambiance sonore préexistante
		6h-22h	22h-6h	
LD1	Route de Toulon, en façade de la Mairie	64,5	54,0	Modérée
LD2	Route d'Evenos, en façade de l'école	57,5	48,5	Modérée
LD3	Cœur du projet	46,0	35,5	Modérée
LD4	Cœur du projet	45,0	35,5	Modérée

*Résultats aux points de mesure*

### Commentaires et analyse des résultats

Les niveaux sonores mesurés sont inférieurs à 65 dBA le jour et 60 dBA la nuit

Tous les points de mesure sont situés en zone d'ambiance sonore modérée.

## 4.2 Modélisation acoustique de l'état existant

### 4.2.1 Logiciel de simulation

L'objectif de cette étape est de recalibrer un modèle numérique en fonction des données de bruit, de trafic et des données géographiques de la zone étudiée afin de qualifier l'ambiance sonore initiale sur l'ensemble de la zone concernée par le projet.

Toutes les simulations numériques ont été réalisées sur le logiciel CADNAA de chez DATAKUSTIC, logiciel d'acoustique environnementale.

Les logiciels de propagation environnementale sont des logiciels d'acoustique prévisionnelle basés sur des modélisations des sources et des sites de propagation, et sont destinés à décrire quantitativement des répartitions sonores pour des classes de situations données.

Ils permettent de modéliser la propagation acoustique en extérieur de tout type de sources de bruit en tenant compte des paramètres les plus influents, tels que la topographie, le bâti, les écrans, la nature du sol ou encore les conditions météorologiques.



La modélisation est effectuée à partir de la norme NF S 31-133 « Acoustique – Bruit des infrastructures de transports terrestres – Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques », complétée par la méthode NMPB 2008 développée par le SETRA, en collaboration avec le CSTB.

### 4.2.2 Hypothèses de calcul

Nous considérons que les infrastructures de transport constituent les sources principales de bruit sur le périmètre de l'étude.

Pour le calcul, notre logiciel prend en compte les paramètres suivants :

- Topographie du site,
- Bâtiments,
- Conditions météorologiques,
- Trafic routier,
- Vitesse de circulation sur les différents secteurs du projet,
- Type de revêtement de chaussée, la granulométrie et l'année de réalisation.

#### 4.2.2.1 Paramètres généraux de calcul

Les paramètres généraux de calcul suivants ont été pris en compte dans le modèle :

- Paramètres météo correspondant aux données moyennes annuelles sur la région ;
- Absorption au sol : 0,5 ;
- Absorption des bâtiments : 0,21 ;
- Nombre de réflexions : 5 ;
- Cartographie acoustique : maillage de 5m x 5m, à une hauteur de 4m du sol ;
- Géométrie du modèle de calcul : données issues des BDTOPO et BDALTI de l'IGN.

#### 4.2.2.2 Données de trafic routier

Les données de trafics routiers utilisés pour le recalage du modèle sont issues de comptages réalisés par HORIZON CONSEIL du vendredi 8 au jeudi 14 décembre. Une fois le modèle de calcul recalé sur la base des comptages, les Trafics Moyens Journaliers Annuels (TMJA) déterminés pour l'année 2023 par HORIZON CONSEIL dans son étude de janvier 2024 sont utilisés pour modéliser la situation actuelle moyenne sur l'année.

La répartition du trafic journalier sur les périodes 6h-22h et 22h-6h correspond à celle qui a été relevé pendant les comptages in situ.

Ces trafics sont récapitulés dans les tableaux ci-dessous :

Axe routier	TMJ		Période 6h-22h		Période 22h-6h	
	Trafic TV	%PL	Trafic TV (véh/h)	%PL	Trafic TV (véh/h)	%PL
Route de Marseille	11696	0,6%	700	0,8%	62	0,5%
Route d'Evenos	1808	0,3%	108	0,6%	10	0,0%
Route de Toulon	14528	1,1%	870	1,3%	76	1,1%
Quai de Cabot + Chemin Berenguière	800	0,0%	48	0,0%	4	0,0%

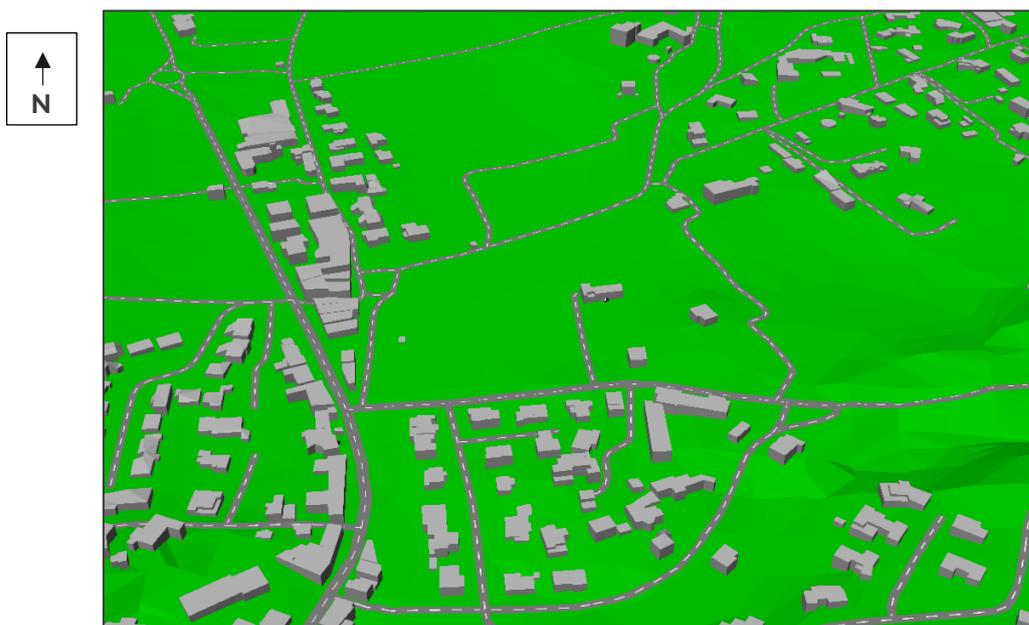
Trafics routiers relevés pendant la période des mesures de bruit, utilisés dans le recalage du modèle de calcul

Axe routier	TMJA		Période 6h-22h		Période 22h-6h	
	Trafic TV	%PL	Trafic TV (véh/h)	%PL	Trafic TV (véh/h)	%PL
Route de Marseille	12800	2,8%	768	3,3%	64	1,9%
Route d'Evenos	2000	1,0%	120	1,5%	10	0,0%
Route de Toulon	15600	2,8%	936	3,0%	78	2,5%
Quai de Cabot + Chemin Berenguière	900	0,5%	54	0,8%	5	0,0%

Trafics Moyens Journaliers Annuels (TMJA), utilisés dans le modèle de calcul de l'état initial

#### 4.2.3 Présentation du modèle 3D (situation actuelle sans projet)

Le modèle de calcul réalisé dans le cadre de cette étude est présenté ci-dessous en 3 dimensions, il permettra de calculer les niveaux sonores issus des axes routiers en situation initiale.



Vue 3D depuis le sud de la zone d'étude

#### 4.2.4 Recalage du modèle

Le tableau ci-dessous énonce les niveaux calculés via la modélisation et les niveaux mesurés in situ pour chacun des points de mesure réalisés. L'objectif de cette comparaison est de vérifier la cohérence du modèle de calcul vis-à-vis des résultats des mesures.

N° du point de mesure	LAeq (6h-22h) en dBA			LAeq (22h-6h) en dBA		
	Mesure	Calcul	Ecart	Mesure	Calcul	Ecart
LD1	64,5	66,0	1,5	54,0	55,5	1,5
LD2	57,5	58,0	0,5	48,5	47,5	-1,0
LD3	46,0	46,0	0,0	35,5	36,0	0,5
LD4	45,0	43,5	-1,5	35,5	33,5	-2,0

#### Commentaires

Les écarts entre les niveaux sonores mesurés et calculés sont inférieurs ou égaux à 2 dBA, le recalage du modèle numérique est donc considéré comme **valide** et peut être utilisé pour projeter la situation actuelle sur l'ensemble de la zone de l'étude.

#### 4.2.5 Résultats des calculs aux points récepteurs

Les niveaux sonores estimés par modélisation aux points retenus pour cette étude sont indiqués ci-après.

L'objectif est de déduire de ces niveaux estimés les ambiances sonores initiales pour l'ensemble des façades des habitations impactées par le projet.

Pour rappel, les différentes ambiances sonores sont classées selon le tableau ci-dessous.

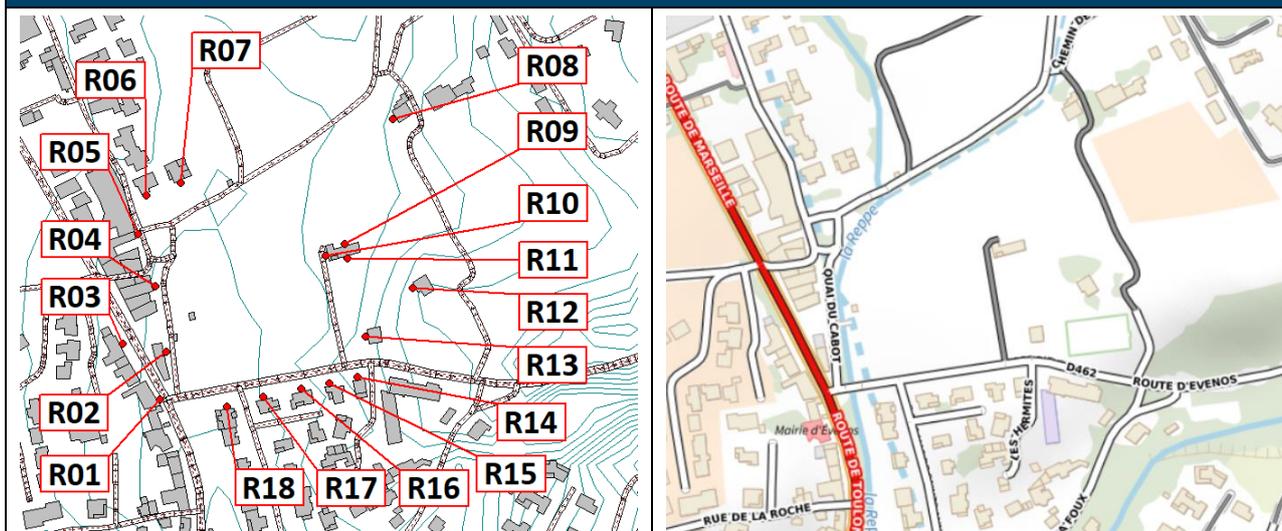
Niveaux LAeq en situation initiale [dBA]		Ambiance sonore préexistante
6h-22h	22h-6h	
< 65	< 60	Modérée
≥ 65	< 60	Modérée de nuit
≥ 65	≥ 60	Non modérée
≥ 70	ou ≥ 65	Point Noir Bruit

Les points de calcul se situent à 2 mètres en avant des façades, à une hauteur de 1,5m du sol pour les RdC, et à une hauteur de +3m par étage.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après avec le code couleur suivant :

Point Noir Bruit	Ambiance sonore non modérée
------------------	-----------------------------

## Niveaux sonores en façade des bâtiments en dBA - Situation actuelle



Point de calcul	Niveaux LAeq estimés [dBA]	
	6h-22h	22h-6h
R01 R+1	69,0	58,0
R02 R+1	59,5	49,0
R03 RdC	66,5	55,0
R04 R+1	57,5	47,5
R05 R+1	55,5	45,0
R06 R+1	53,0	42,5
R07 R+1	54,5	44,0
R08 RdC	49,5	39,0
R09 R+1	45,5	35,5
R10 R+1	51,0	40,0
R11 R+1	49,0	38,5
R12 R+1	51,0	40,0
R13 R+1	55,0	44,0
R14 R+1	58,5	47,5
R15 RdC	57,5	46,5
R16 RdC	57,5	46,5
R17 R+1	59,0	48,0
R18 R+1	60,0	48,5

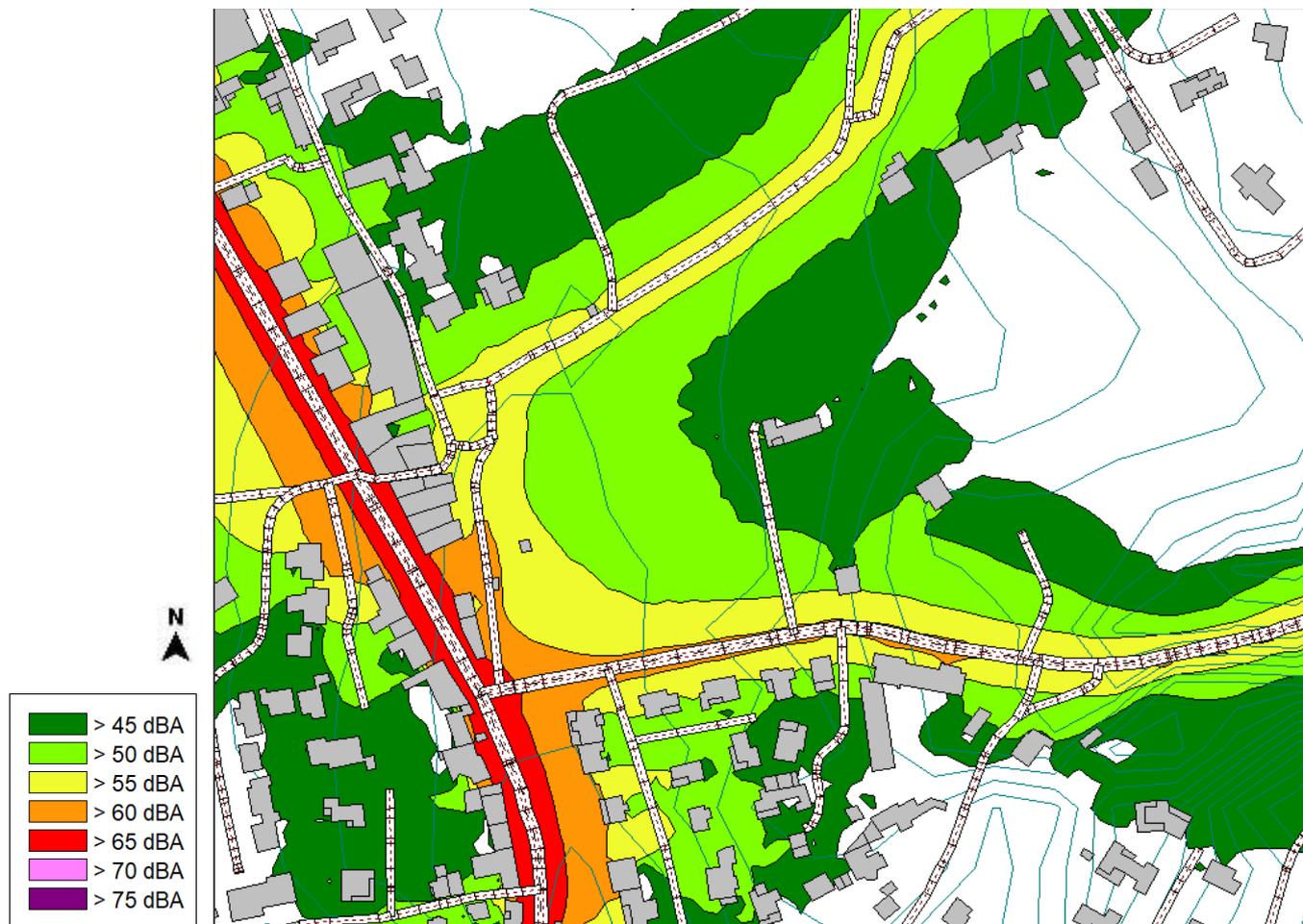
### Commentaires

Au plus proche des routes de Marseille et de Toulon (DN8), l'ambiance sonore préexistante est non modérée de jour (modérée de nuit).

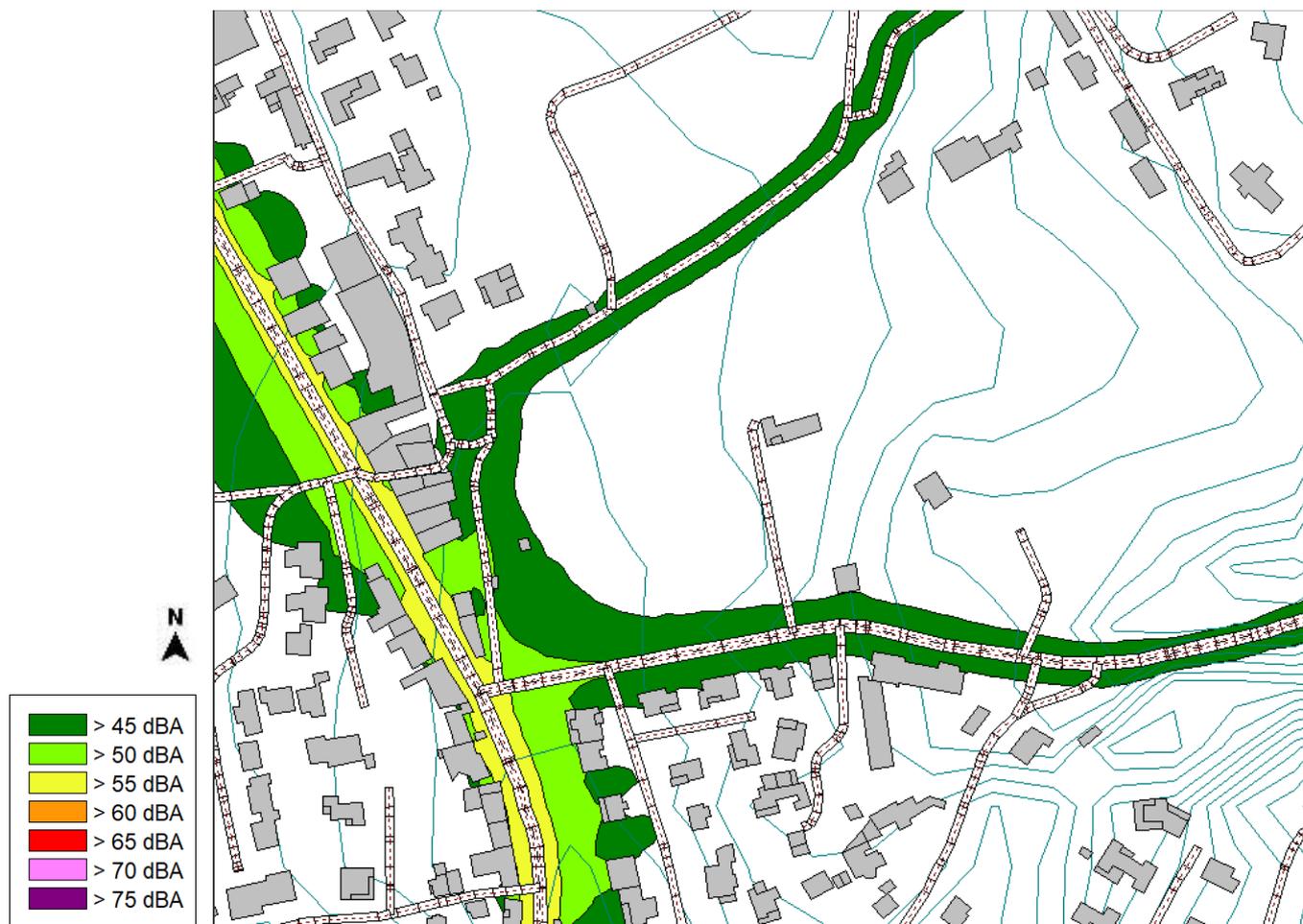
Ailleurs sur le secteur d'étude, les niveaux de bruit calculés sont caractéristiques d'une ambiance sonore préexistante modérée.

## 4.2.6 Cartographies de l'état sonore initial

Les cartographies de bruit de l'état initial sont présentées ci-après et permettent d'évaluer l'ambiance sonore pour chacune des périodes diurne (6-22h) et nocturne (22-6h) sur l'ensemble du périmètre de l'étude, elles sont réalisées à une hauteur de 4m au-dessus du sol.



Cartographie sonore en dBA à 4m au-dessus du sol - **Etat initial** - Période 6h-22h



Cartographie sonore en dBA à 4m au-dessus du sol - *Etat initial* - Période 22h-6h

## 5 ETUDE D'IMPACT ACOUSTIQUE DU PROJET

### 5.1 Méthodologie

L'objectif de ce chapitre est de déterminer l'impact acoustique du projet. Les analyses ci-dessous seront développées :

- L'impact acoustique des nouvelles infrastructures seules sur les bâtiments existants et comparaison aux seuils réglementaires admissibles (dépendant de la zone d'ambiance sonore préexistante).
- La comparaison des niveaux sonores entre les situations futures avec et sans projet afin de présenter l'impact de l'implantation du projet dans son environnement.
- La détermination du niveau sonore en façade des nouveaux bâtiments titre indicatif.

### 5.2 Hypothèses de calcul

Les hypothèses retenues pour la modélisation de l'impact acoustique du projet sont identiques à celles utilisées pour la modélisation de l'état existant.

Dans la situation future avec projet, les nouvelles infrastructures routières et les nouveaux bâtiments construits dans le cadre du projet ont été importés au modèle de calcul à partir des éléments transmis par la maîtrise d'œuvre.

La répartition du trafic journalier sur les périodes (6h-22h) et (22h-6h) correspond à celle qui a été relevé pendant les comptages in situ.

Ces trafics sont récapitulés dans les tableaux ci-dessous :

Axe routier	TMJ		Période 6h-22h		Période 22h-6h	
	Trafic TV	%PL	Trafic TV (véh/h)	%PL	Trafic TV (véh/h)	%PL
Route de Marseille	13950	2,8%	837	3,3%	70	1,9%
Route d'Evenos	2200	1,0%	132	1,5%	11	0,0%
Route de Toulon	17000	2,8%	1020	3,0%	85	2,5%
Quai de Cabot + Chemin Berenguière	1000	0,5%	60	0,8%	5	0,0%

*Trafics utilisés dans le modèle de calcul de l'état futur **sans projet** (horizon 2048)*

Axe routier	TMJA		Période 6h-22h		Période 22h-6h	
	Trafic TV	%PL	Trafic TV (véh/h)	%PL	Trafic TV (véh/h)	%PL
Route de Marseille	14250	2,8%	855	3,3%	71	1,9%
Route d'Evenos	2850	1,0%	171	1,5%	14	0,0%
Route de Toulon	17400	2,8%	1044	3,0%	87	2,5%
Quai de Cabot + Chemin Berenguière	1050	0,5%	63	0,8%	5	0,0%
Voies Nouvelles	250	0,0%	15	0,0%	1	0,0%

*Trafics utilisés dans le modèle de calcul de l'état futur **avec projet** (horizon 2048)*

### 5.3 Présentation du modèle 3D (situation future avec projet)

Le modèle de calcul réalisé dans le cadre de cette étude est présenté ci-dessous en 3 dimensions. Les nouveaux bâtiments construits dans le cadre du projet sont représentés en bleu.

Ce modèle de calcul permettra de calculer les niveaux sonores issus des axes routiers en situation future.



Vue 3D depuis le sud de la zone d'étude

### 5.4 Impacts des nouvelles infrastructures sur les bâtiments existants

Les niveaux sonores estimés par modélisation aux points retenus pour cette étude sont indiqués ci-après.

L'objectif est de déduire de ces niveaux estimés si la contribution sonore des nouvelles infrastructures routières créées dans le cadre du projet est conforme à la réglementation pour l'ensemble des façades des habitations impactées par le projet. Pour rappel, les seuils de contribution sonore maximums admissibles des nouvelles voiries en situation future sont définis en fonction des ambiances sonores calculées en situation initiale.

Niveaux $L_{Aeq}$ en situation initiale [dBA]		Ambiance sonore préexistante	Seuil réglementaire de contribution sonore max du projet seul en situation future [dBA]	
6h-22h	22h-6h		6h-22h	22h-6h
< 65	< 60	Modérée	60	55
≥ 65	< 60	Modérée de nuit	65	55
≥ 65	≥ 60	Non modérée	65	60
≥ 70	ou ≥ 65	Point Noir Bruit	65	60

Objectifs de contribution sonore des nouvelles infrastructures routières en façade des habitations

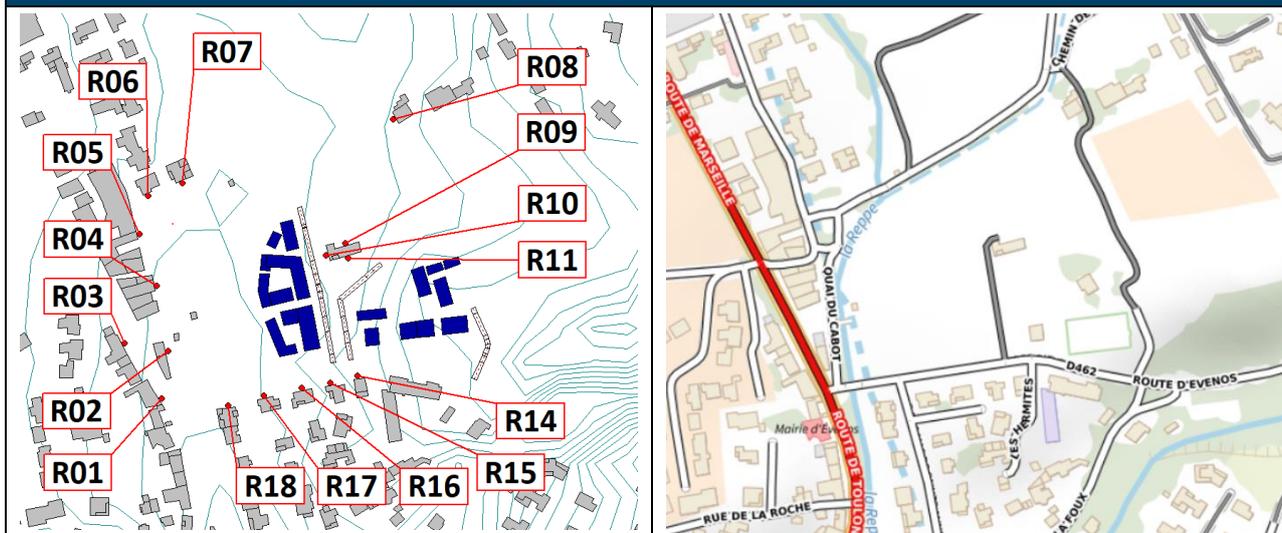
Les points de calcul se situent à 2 mètres en avant des façades, à une hauteur de 1,5m du sol pour les RdC, et à une hauteur de +3m par étage.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après avec le code couleur suivant :

Point Noir Bruit

Ambiance sonore non modérée

## Niveaux sonores en façade des bâtiments en dBA Contribution sonore des nouvelles infrastructures routières - Situation future



Point de calcul	Niveaux $L_{Aeq}$ estimés [dBA]			
	Etat Initial		Voies Nouvelles	
	6h-22h	22h-6h	6h-22h	22h-6h
R01 R+1	69,0	58,0	24,0	12,5
R02 R+1	59,5	49,0	26,0	15,0
R03 RdC	66,5	55,0	21,0	10,5
R04 R+1	57,5	47,5	22,5	12,0
R05 R+1	55,5	45,0	24,0	13,0
R06 R+1	53,0	42,5	25,5	14,0
R07 R+1	54,5	44,0	25,5	14,0
R08 RdC	49,5	39,0	25,0	14,0
R09 R+1	45,5	35,5	35,0	23,5
R10 R+1	51,0	40,0	46,0	34,0
R11 R+1	49,0	38,5	43,5	31,5
R14 R+1	58,5	47,5	41,5	29,5
R15 RdC	57,5	46,5	35,0	23,0
R16 RdC	57,5	46,5	31,5	20,0
R17 R+1	59,0	48,0	30,0	18,0
R18 R+1	60,0	48,5	26,5	15,0

### Commentaires

La contribution sonore des infrastructures routières créées dans le cadre du projet est inférieure à 60 dBA en période diurne et 55 dBA en période nocturne en façade des bâtiments existants, respectant ainsi les objectifs réglementaires fixés en fonction des niveaux sonores de l'état initial.

## 5.5 Comparaison des situations futures avec et sans projet

Les niveaux sonores estimés par modélisation aux points retenus pour cette étude sont indiqués ci-après.

Cette comparaison a pour but de présenter l'impact de l'implantation du projet dans son environnement, Elle n'est soumise à aucun critère réglementaire, elle n'est donnée qu'à titre informatif.

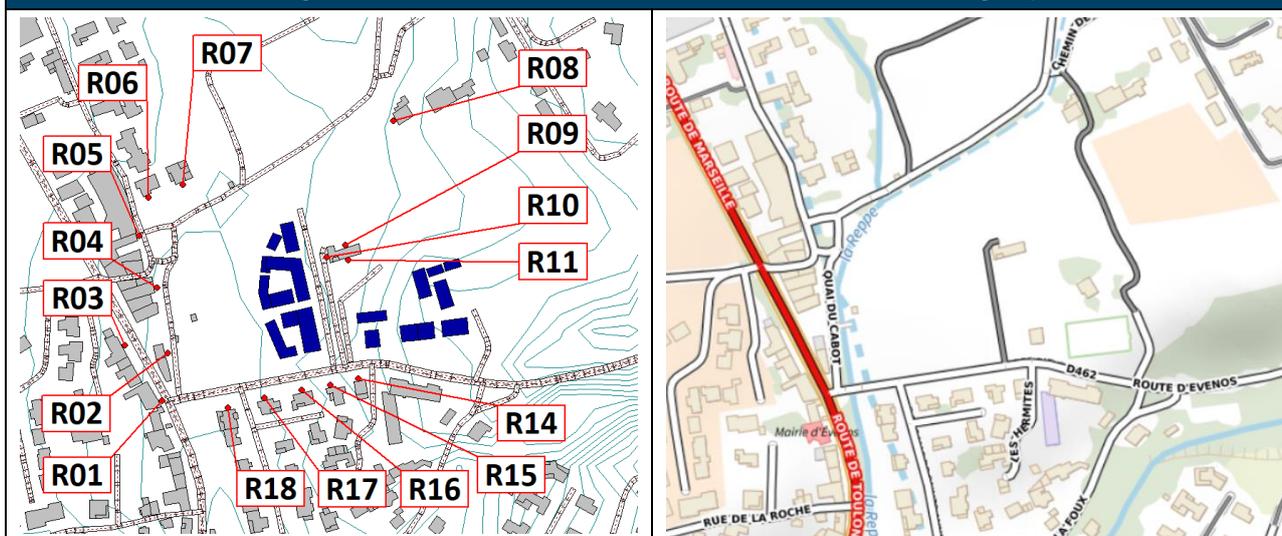
Les points de calcul se situent à 2 mètres en avant des façades, à une hauteur de 1,5m du sol pour les RdC, et à une hauteur de +3m par étage.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après avec le code couleur suivant :

Point Noir Bruit

Ambiance sonore non modérée

### Niveaux sonores en façade des bâtiments en dBA Comparaison des situations futures avec et sans projet



Point de calcul	Niveaux $L_{Aeq}$ estimés [dBA]					
	Sans projet		Avec projet		Ecart	
	6h-22h	22h-6h	6h-22h	22h-6h	6h-22h	22h-6h
R01 R+1	69,5	58,5	69,5	58,5	0,0	0,0
R02 R+1	60,0	49,0	60,5	49,5	0,5	0,5
R03 RdC	67,0	55,5	67,0	55,5	0,0	0,0
R04 R+1	58,5	47,5	59,0	47,5	0,5	0,0
R05 R+1	56,5	45,5	57,0	45,5	0,5	0,0
R06 R+1	53,5	43,0	54,0	43,0	0,5	0,0
R07 R+1	55,0	44,0	55,5	44,5	0,5	0,5
R08 RdC	50,0	39,0	50,0	39,0	0,0	0,0
R09 R+1	46,5	35,5	46,0	35,0	-0,5	-0,5
R10 R+1	51,5	40,5	50,0	39,0	-1,5	-1,5
R11 R+1	49,5	39,0	48,5	37,5	-1,0	-1,5
R14 R+1	59,0	47,5	60,0	49,0	1,0	1,5
R15 RdC	58,0	46,5	59,0	48,0	1,0	1,5
R16 RdC	58,0	47,0	59,0	48,0	1,0	1,0
R17 R+1	59,5	48,0	60,5	49,0	1,0	1,0
R18 R+1	60,5	49,0	61,0	50,0	0,5	1,0

#### Commentaires

Les écarts calculés entre les situations futures avec et sans projet sont de l'ordre de -1,5 dBA à +1,0 dBA. Ces écarts proviennent des évolutions du trafic routier liées à la mise en place du projet, et des éventuels effets masquants ou réfléchissants que peuvent générer les nouveaux bâtiments pour les bâtiments existants vis-à-vis des infrastructures routières.

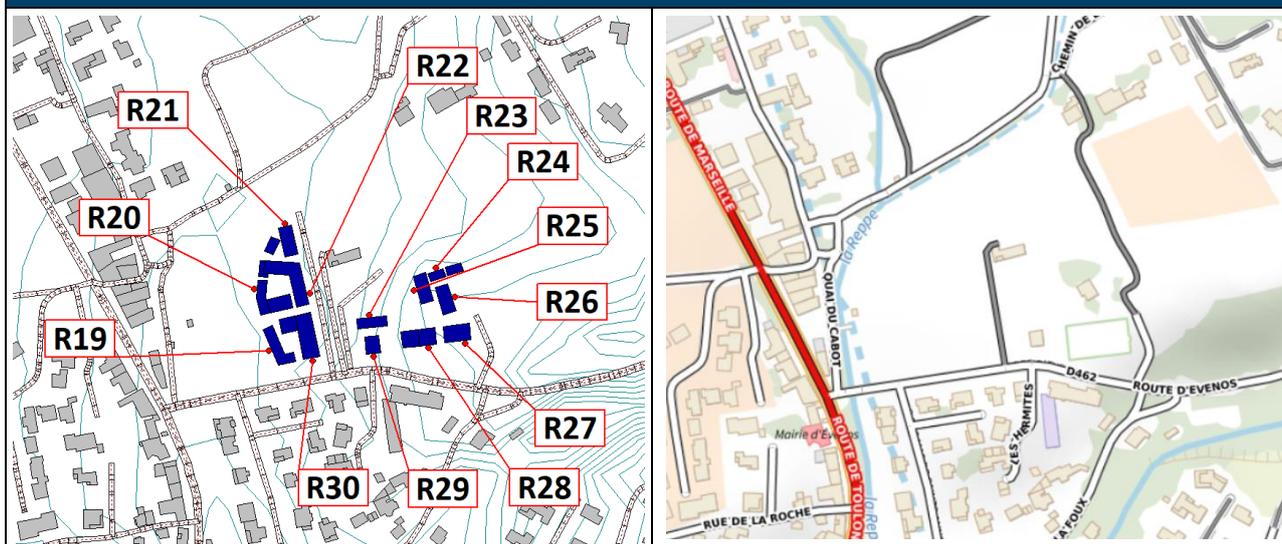
## 5.6 Niveaux sonores en façade des futurs bâtiments

Les niveaux sonores estimés par modélisation aux points retenus pour cette étude en façade des bâtiments construits dans le cadre du projet sont indiqués ci-après.

Ces niveaux sonores ne sont soumis à aucun critère réglementaire et sont donnés à titre informatif.

Les points de calcul se situent à 2 mètres en avant des façades, à une hauteur de 1,5m du sol pour les RdC, et à une hauteur de +3m par étage.

### Niveaux sonores en façade des nouveaux bâtiments en dBA



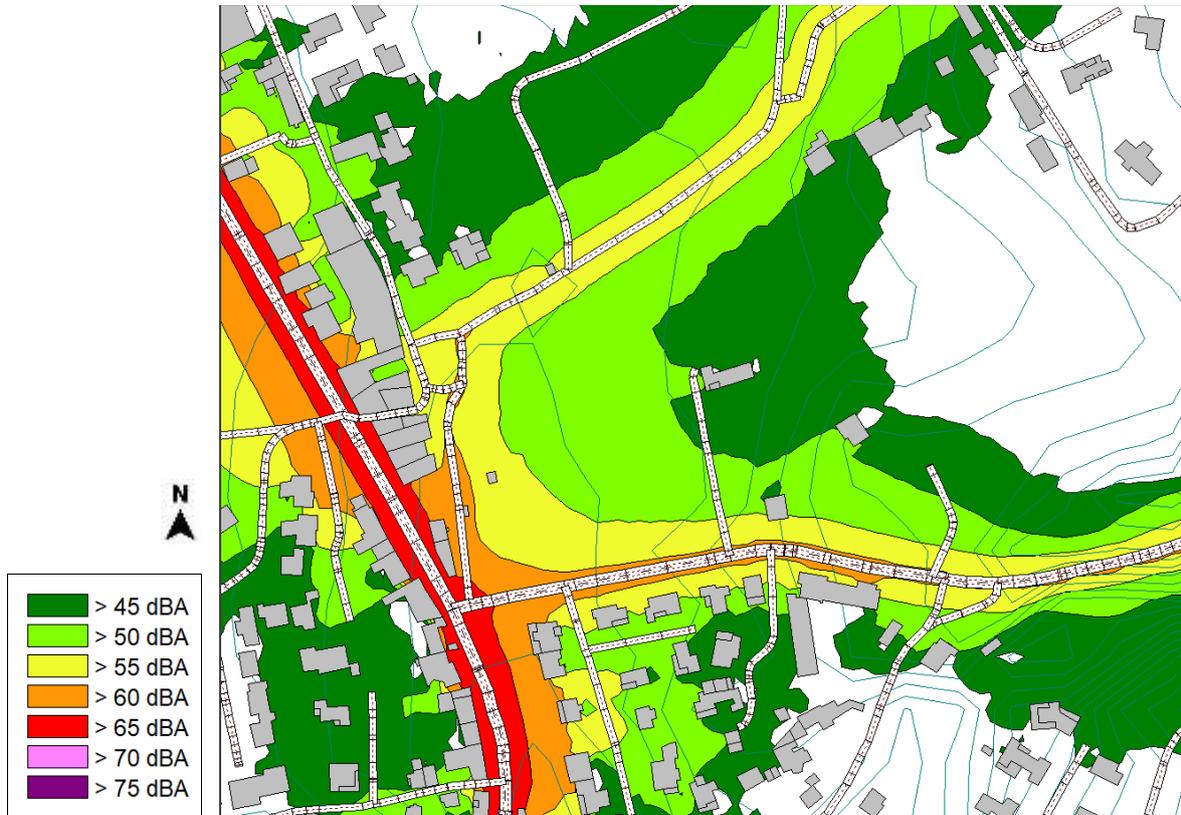
Point de calcul	Niveaux LAeq estimés [dBA]		Point de calcul	Niveaux LAeq estimés [dBA]	
	6h-22h	22h-6h		6h-22h	22h-6h
R19 RdC	54,5	43,0	R26 RdC	39,5	29,0
R20 RdC	50,5	39,5	R26 R+1	41,5	30,0
R21 RdC	49,0	37,5	R27 RdC	52,5	41,5
R21 R+1	51,0	40,0	R27 R+1	55,0	43,5
R22 RdC	49,0	37,5	R28 RdC	55,0	43,5
R22 R+1	50,5	39,0	R28 R+1	57,0	45,5
R23 RdC	46,0	35,0	R29 RdC	58,0	47,0
R24 RdC	43,5	33,0	R29 R+1	60,0	48,5
R25 RdC	48,0	37,0	R30 RdC	56,0	45,0
R25 R+1	50,0	39,0	R30 R+1	59,5	48,5

#### Commentaires

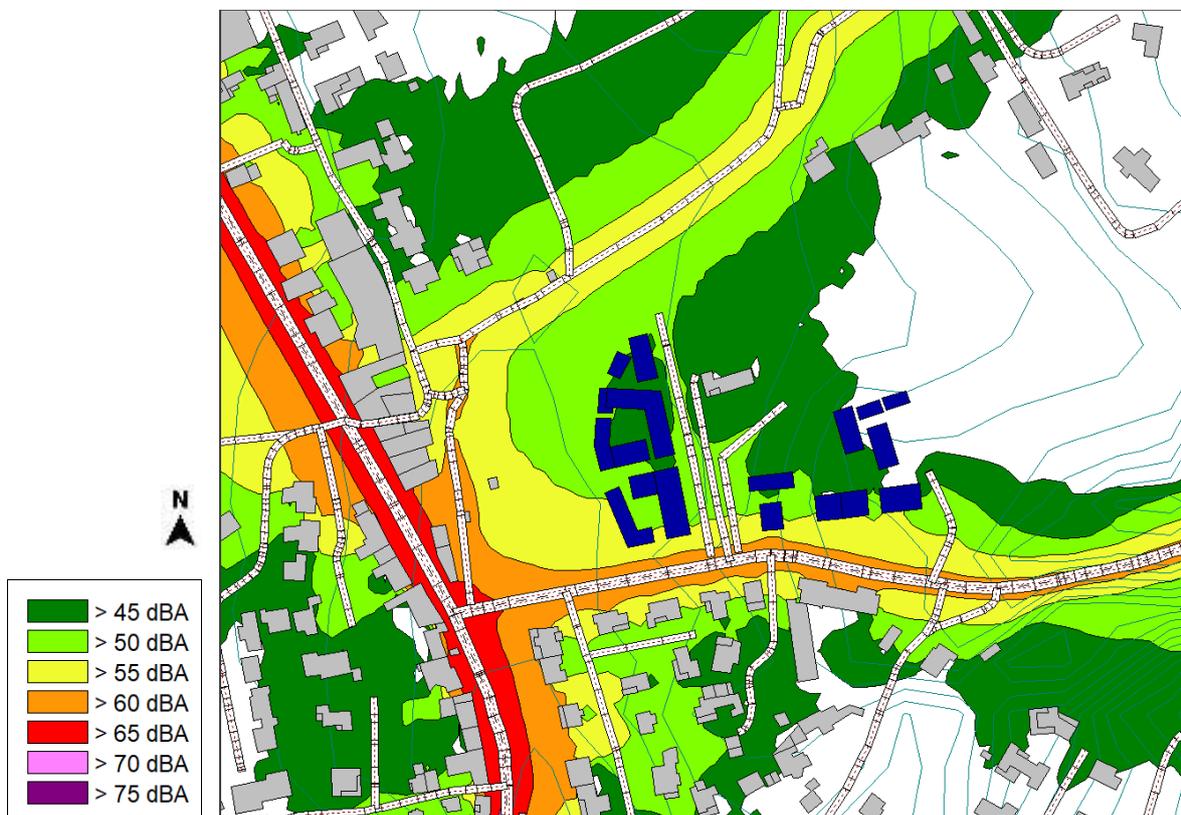
En façade des nouveaux bâtiments, les niveaux sonores calculés sont inférieurs à 65 dBA en période diurne et à 60 dBA en période nocturne, ils sont caractéristiques d'une zone d'ambiance sonore modérée.

## 5.7 Cartographies sonores de l'état futur

Les cartographies de bruit de l'état futur sont présentées ci-après et permettent d'évaluer l'ambiance sonore pour chacune des périodes diurne (6-22h) et nocturne (22-6h) sur l'ensemble du périmètre de l'étude. Les cartographies de bruit sont réalisées à une hauteur de 4m au-dessus du sol.



Cartographie sonore en dBA à 4m au-dessus du sol - **Etat Futur sans projet** - Période 6h-22h



Cartographie sonore en dBA à 4m au-dessus du sol - **Etat Futur avec projet** - Période 6h-22h



Cartographie sonore en dBA à 4m au-dessus du sol - Etat Futur sans projet - Période 22h-6h



Cartographie sonore en dBA à 4m au-dessus du sol - Etat Futur avec projet - Période 22h-6h

## 5.8 Généralités sur les protections acoustiques envisageables

Il existe plusieurs solutions acoustiques pour traiter les bâtiments impactés par des infrastructures de transports bruyantes qu'il convient de réunir en deux catégories :

- Traitements acoustiques à la source,
- Traitements acoustiques sur le bâtiment.

**Aucune protection n'est à prévoir pour ce projet dans un contexte réglementaire.** Toutefois, des généralités sur les optimisations acoustiques envisageables sur ce type de projet sont développées dans ce chapitre.

### 5.8.1 Mise en œuvre d'un merlon ou butte de terre

Les avantages de ce type de protection sont les suivants :

- Protection « économique » si l'emprise est disponible et si l'on dispose d'un excédent de terre (suite au chantier par exemple) ;
- Surface relativement absorbante par rapport aux écrans qui sont susceptibles de réfléchir le son ;
- Meilleure insertion paysagère du projet routier.

Les inconvénients principaux sont de deux ordres :

- L'emprise d'un merlon requiert une consommation importante d'espace : par exemple pour un merlon d'une hauteur de 3m, avec une pente de 2/1, l'emprise atteint 12m à la base ;
- Une arête plus éloignée de la voie qu'un écran nécessite, pour une efficacité acoustique comparable, une hauteur plus importante (Cf Schéma ci-dessous)

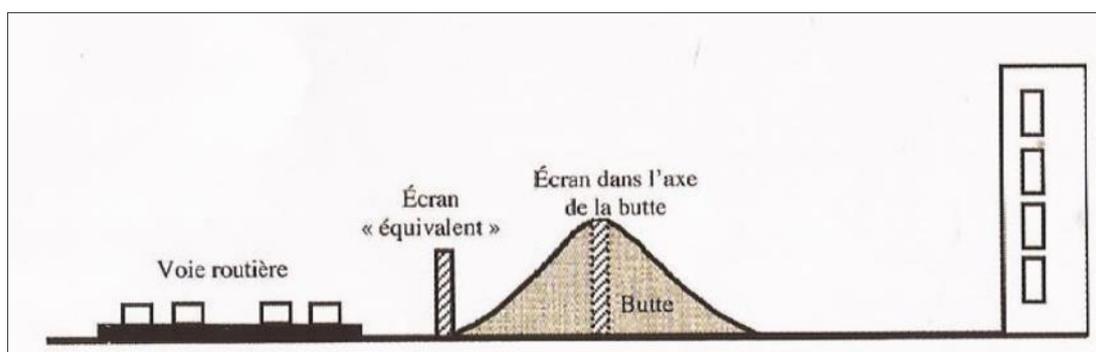


Schéma : équivalence Ecran / Merlon de terre

### 5.8.2 Mise en œuvre d'un écran acoustique

Les écrans constituent une solution privilégiée notamment lorsque l'emprise au sol est faible.

Leur fonction première est de protéger le riverain de la transmission directe du son, la propagation sonore s'effectuant ensuite derrière l'écran par diffraction sur les arêtes et les extrémités de l'écran.

#### 5.8.2.1 Type d'écran envisageable

Les écrans acoustiques peuvent être :

- Hors ouvrage ou sur ouvrage,
- Simple ou avec diffracteur,
- Vertical ou incliné,
- Réfléchissant, absorbant simple face, absorbant double face,
- En béton, béton bois, bois, métal, végétalisé, etc...

### 5.8.2.2 Exemples d'écrans acoustiques



*Ecran végétalisé avec mur béton*



*Ecran translucide*



*Ecran en béton bois*



*Ecran en gabions*



*Ecrans métalliques*



*Ecrans en bois sur GBA*

### 5.8.2.3 Performance en isolation de l'écran (transmission)

D'ordinaire, on considère que si le bruit transmis à travers l'écran est inférieur de 10 dB aux bruits réfléchis, diffractés et absorbés, ce premier peut être considéré comme négligeable.

En réalité, les fabricants fournissent à peu près tous des écrans dotés de performances isolantes  $D_{LR} \geq 25$  dB, ce qui est suffisant pour négliger le phénomène de transmission.

### 5.8.2.4 Performance en absorption de l'écran

Si nécessaire, l'écran préconisé peut être constitué de matériaux ou de formes géométriques permettant de lui administrer des performances d'absorption acoustique importantes. Cette caractéristique permet d'éviter une réflexion du son sur l'écran et le renvoi de celui-ci de l'autre côté de la voie.

### 5.8.2.5 Type de fondation

Les écrans sur GBA élargie ne nécessitent pas de fondations spécifiques, ces dernières étant réalisées à partir de semelles en béton. Le dimensionnement de la semelle en béton pourra cependant évoluer selon la hauteur de l'écran.

Pour le cas des écrans qui ne sont pas disposés sur GBA, les fondations peuvent être assez profondes et une étude de faisabilité par un bureau d'études compétent est nécessaire afin de connaître précisément les dimensions et le type de fondations en fonction des contraintes du site et des écrans.

### 5.8.2.6 Intégration paysagère de l'écran

La mise en place d'un écran acoustique le long d'une infrastructure de transport répond à la fonction principale d'atténuer le bruit de la circulation.

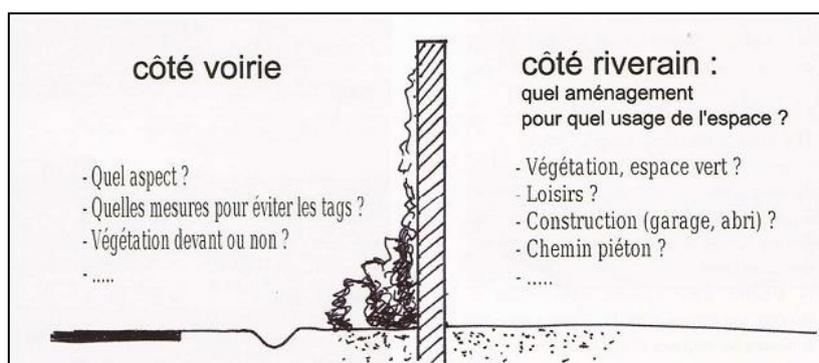
Pour autant, les dispositifs de protection acoustique doivent être conçus en tenant compte du contexte, du territoire, de la morphologie projetée des lieux.

Ces protections phoniques sont susceptibles d'engendrer des impacts visuels et paysagers non négligeables : fermeture visuelle du paysage, effet de coupure, arrière inesthétique de l'écran, etc...

Pour le confort des riverains de cette zone d'aménagement, l'objectif est double : assurer une protection vis-à-vis des nuisances sonores tout en assurant une qualité visuelle et paysagère.

De ce constat, découle la nécessité de travailler en relation avec l'équipe de concepteurs et notamment l'équipe en charge de l'aménagement paysager.

En effet, une bonne collaboration entre l'acousticien et le paysagiste permettra de trouver un compromis entre efficacité acoustique et qualité paysagère : le paysagiste pourra travailler sur les formes, les plantations, la végétation, les couleurs alors que l'acousticien va travailler sur le positionnement, la hauteur, la longueur ou les caractéristiques en affaiblissement acoustique et en absorption.



Croquis issu du document « Les écrans acoustiques – Guide de conception et de réalisation » - Certu

### 5.8.2.7 Nota Bene

Outre les qualités d'isolation acoustique, le choix du type d'écran pourra également porter sur des aspects autres qu'acoustiques :

- Entretien, facilité de réparation,
- Nettoyage des graffitis,
- Transparence,
- Résistance au vent et aux intempéries,
- Dépollution.

Pour chaque écran, seront demandés des tests de résistances aux chocs, au vent et aux intempéries.

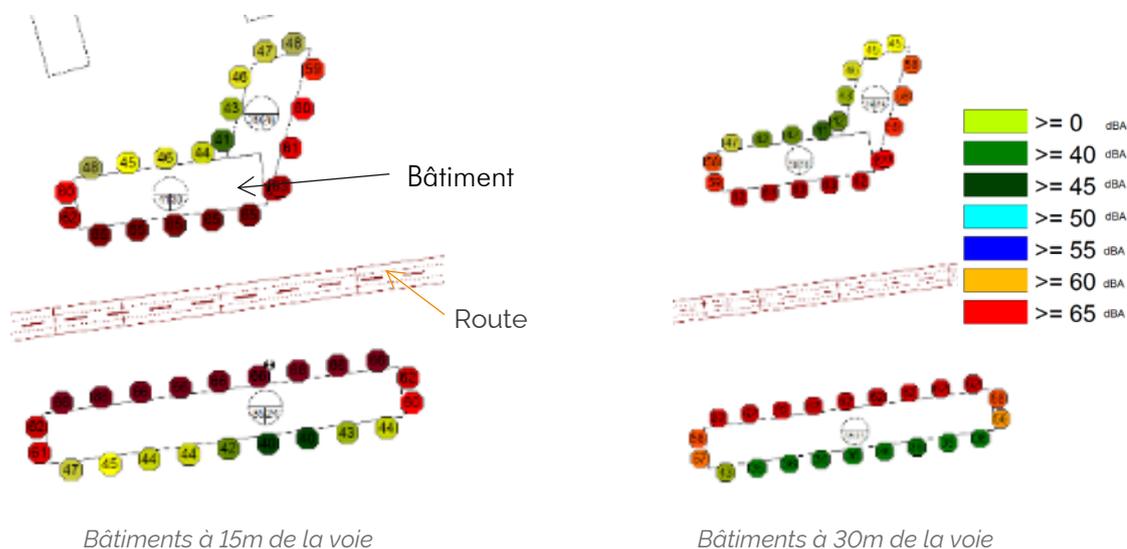
## 5.8.3 Dispositions à prendre lors de la conception des bâtiments

### 5.8.3.1 Éloignement par rapport aux voies

Au plus les bâtiments sont éloignés de la voie, au moins ils seront impactés acoustiquement.

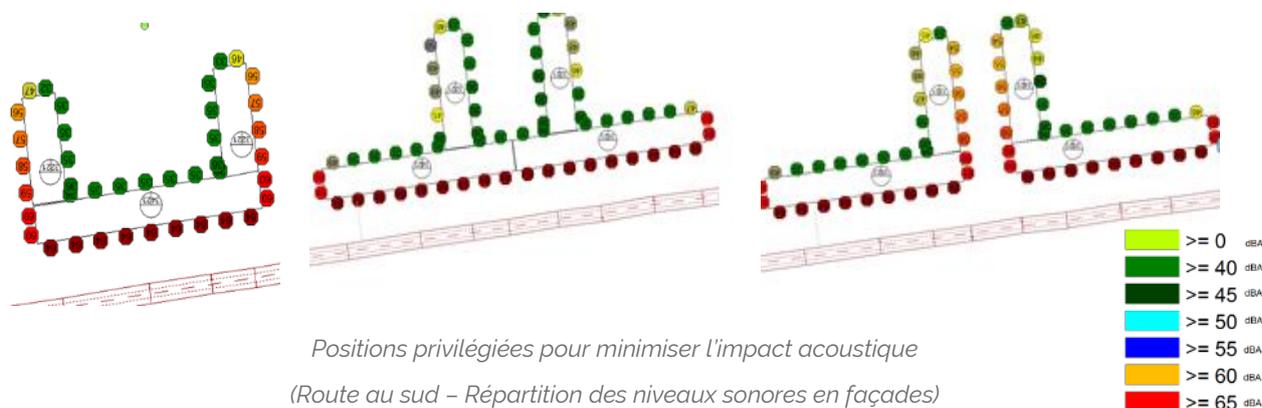
En doublant la distance par rapport à la voie (par exemple : distance initiale de 15 mètres, distance finale de 30 mètres), le gain acoustique est de l'ordre de 3 dBA.

Ci-après la modélisation de cet exemple avec l'incidence sur les niveaux sonores en façade.



### 5.8.3.2 Forme et orientation des bâtiments par rapport aux voies

Indépendamment des considérations thermiques qui influent généralement sur la position des chambres dans le cas de projet de logements, trois positions sont à privilégier à proximité d'une voie afin de limiter l'impact acoustique sur les façades :



Ces trois positions de bâtiment ont l'avantage de présenter, dans le cas de **logements traversants**, des zones plus calmes à l'arrière (contrairement aux bâtiments perpendiculaires à la voie).

Sur ces zones calmes on positionnera plutôt les chambres des logements dans le but d'améliorer le confort des usagers dans les pièces de vie.

On favorisera également la mise en place des parties extérieures aux logements (jardins, terrasses, balcons...) du côté opposé aux routes principales.

Sur la façade la plus exposée, les pièces moins sensibles aux nuisances sonores pourront être positionnées : cuisine, salles d'eau, ...

De plus, la construction de bâtiments perpendiculaires, derrière un bâtiment parallèle à la voie, permet la création de « cour intérieure » où le bruit ne s'engouffre pas.

Si les contraintes imposent une disposition des bâtiments en peigne le long de la voie (forme inversée par rapport aux schémas précédents), il convient d'étudier la possibilité de mise en place d'écrans acoustiques entre les bâtiments de manière à limiter la propagation vers les bâtiments en 2<sup>nd</sup> rideau.



*Projet Nutheschlange (Postdam – Allemagne) avec création d'écrans translucides entre les bâtiments*

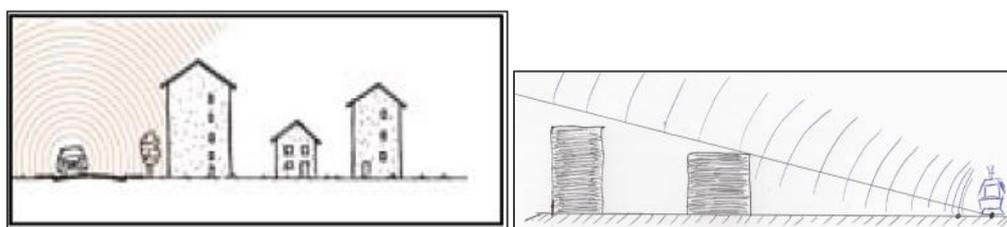
En effet, il conviendra d'éviter les espaces entre bâtiments afin de ne pas laisser le bruit entrer dans la zone calme.



*Problème de front de bâtiments non continu en bordure de voie*

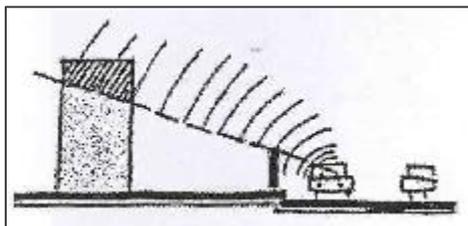
### 5.8.3.3 Gabarit du bâtiment par rapport aux voies et aux protections acoustiques

Lorsque plusieurs rangées de bâtiments sont prévues, la première rangée sera utilisée comme barrière sonore pour les autres bâtiments. En fonction de l'éloignement avec les voies, les bâtiments dotés d'un gabarit plus important pourront être positionnés en second plan et bénéficier de la protection de la première rangée.



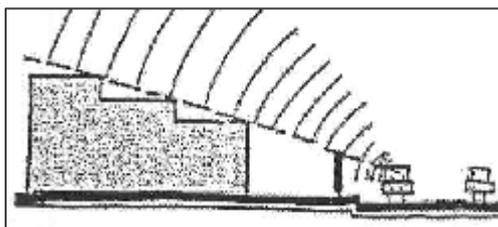
*Principe du bâtiment écran*

Dans le cas de mise en place d'une protection acoustique le long d'une voie, la hauteur des bâtiments à proximité devra être limitée. Si une protection acoustique (type écran anti bruit) est mise en place, l'objectif sera de concevoir des bâtiments bénéficiant de la protection sur toute leur hauteur.



*Écran anti-bruit ne protégeant pas toute la hauteur du bâtiment*

Particulièrement dans le cas de protections acoustiques, les bâtiments en terrasses peuvent constituer une solution satisfaisante en matière de réduction du niveau de bruit :



*Toiture terrasse conciliant gabarit du bâtiment et protection acoustique*

#### 5.8.4 Description des dispositifs de renforcement de façade

La mise en œuvre de protections individuelles consiste à améliorer l'isolement acoustique des façades impactées. Dans la majorité des cas, cela passe par l'amélioration des performances acoustiques des éléments faibles des façades exposées à la voie nouvellement créée, c'est-à-dire bien souvent les fenêtres et/ou portes donnant directement sur l'infrastructure ainsi que les entrées d'air présentes sur les façades.

Les pistes de solutions ci-dessous permettent d'améliorer l'isolement de façade d'un bâtiment :

- Mise en place de doubles-vitrages acoustiques, ou feuilletés acoustiques pour les objectifs les plus élevés ;
- Mise en place d'entrées d'air acoustiques sur les menuiseries pour des objectifs d'isolement modérés ;
- Mise en place d'entrées d'air en maçonnerie ou sur les coffres de volets roulants pour des objectifs plus importants ;

Néanmoins, cette solution correspond à des protections individuelles et ne protège pas des impacts acoustiques dans les espaces ouverts (jardins, parcs...) ainsi que dans les habitations où les fenêtres sont ouvertes.

Cette solution est à privilégier pour les bâtiments isolés et pour les bâtiments comprenant de nombreux niveaux qui ne peuvent pas être protégés par des écrans acoustiques.

## 6 CONCLUSION

Dans le cadre des études d'impact du projet d'aménagement immobilier situé à Evenos (83), la société CITADIA a missionné le bureau d'études VENATHEC afin de réaliser l'étude d'impact acoustique du projet.

Quatre mesures de bruit ont été effectuées du 18 au 19 décembre 2023 afin de déterminer l'ambiance sonore actuelle du site et de recalibrer le modèle de calcul utilisé dans le cadre de cette étude.

Les modélisations des différentes configurations du site ont permis de déterminer que :

### En situation actuelle

Au plus proche des routes de Marseille et de Toulon (DN8), l'ambiance sonore préexistante est non modérée de jour (modérée de nuit).

Ailleurs sur le secteur d'étude, les niveaux de bruit calculés sont caractéristiques d'une ambiance sonore préexistante modérée.

### En situation future

La contribution sonore des infrastructures routières créées et modifiées dans le cadre du projet est inférieure à 60 dBA en période diurne et 55 dBA en période nocturne en façade des bâtiments existants, respectant ainsi les objectifs réglementaires fixés en fonction des niveaux sonores de l'état initial.

Les écarts calculés entre les situations futures avec et sans projet sont de l'ordre de -1,5 dBA à +1,0 dBA. Ces écarts proviennent des évolutions du trafic routier liées à la mise en place du projet, et des éventuels effets masquants ou réfléchissants que peuvent générer les nouveaux bâtiments pour les bâtiments existants vis-à-vis des infrastructures routières.

En façade des nouveaux bâtiments, les niveaux sonores calculés sont inférieurs à 65 dBA en période diurne et à 60 dBA en période nocturne, ils sont caractéristiques d'une zone d'ambiance sonore modérée.

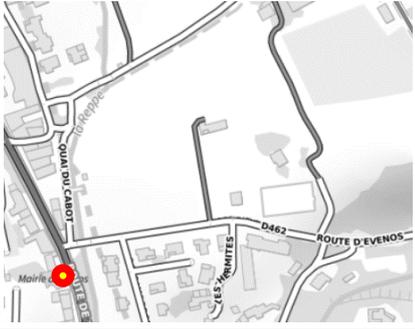
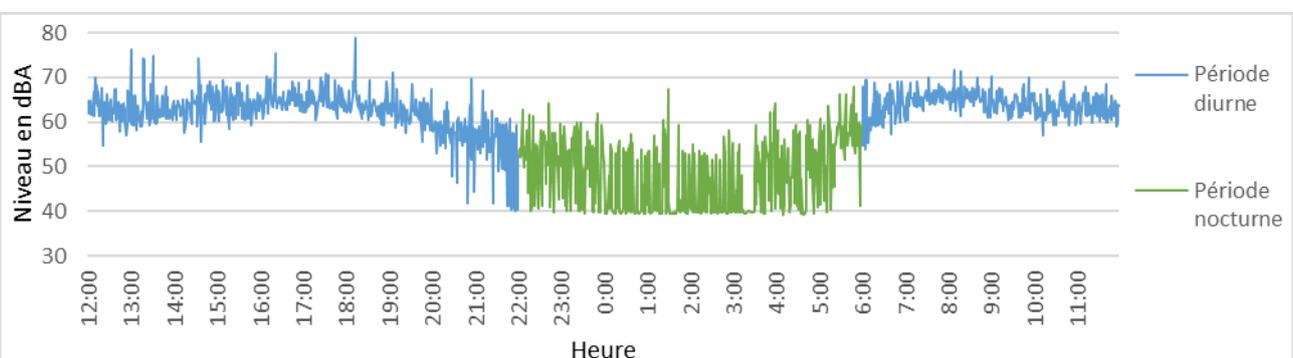
**Aucune protection acoustique n'est à prévoir pour ce projet dans un contexte réglementaire.** Toutefois, des généralités sur les optimisations acoustiques envisageables sur ce type de projet ont été développées dans le corps du rapport. Ces optimisations acoustiques se divisent en deux catégories :

- Traitements acoustiques à la source,
- Traitements acoustiques sur les bâtiments.

## 7 Annexes

ANNEXE A – FICHES DE MESURE .....	37
ANNEXE B - CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES .....	41
ANNEXE C - GLOSSAIRE .....	42

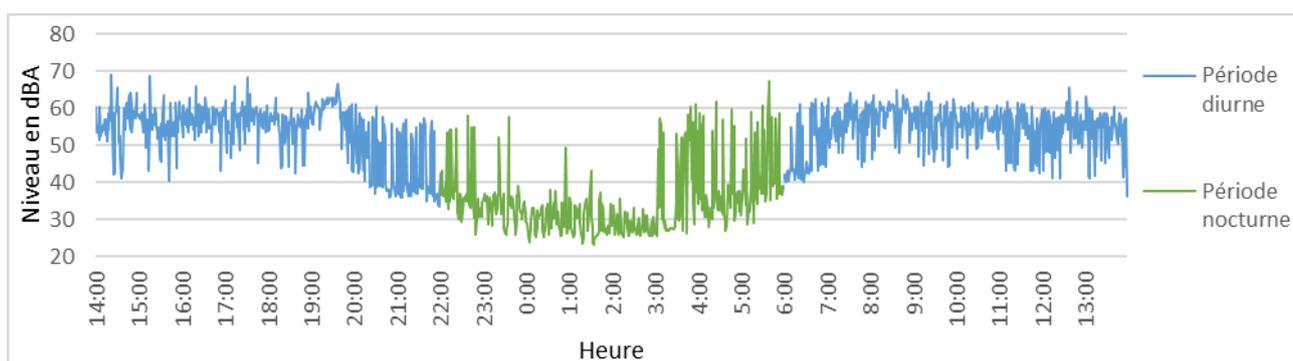
## ANNEXE A – FICHES DE MESURE

LD1						
Localisation du point de mesure	Photo depuis le point de mesure	Photo du point de mesure				
						
Evolution temporelle						
						
Résultats (en dBA)						
Date	Durée	Etage Façade	LAeq en dBA		L50 en dBA	
			6h-22h	22h-6h	6h-22h	22h-6h
18/12/2023 à 12h00	24:00	R+1 Est	64,5	54,0	61,0	40,5
Observations						
<p><b>En période diurne :</b></p> <p>Ambiance sonore modérée (LAeq&lt;65dBA)</p> <p>Conditions météorologiques U3/T2 → Atténuation forte du niveau sonore</p> <p><b>En période nocturne :</b></p> <p>Ambiance sonore modérée (LAeq&lt;60dBA)</p> <p>Conditions météorologiques U3/T5 → Renforcement faible du niveau sonore</p>						

## LD2



## Evolution temporelle



## Résultats (en dBA)

Date	Durée	Etage Façade	LAeq en dBA		L50 en dBA	
			6h-22h	22h-6h	6h-22h	22h-6h
18/12/2023 à 14h00	24:00	RdC Nord	57,5	48,5	47,5	31,0

## Observations

**En période diurne :**

Ambiance sonore modérée (LAeq<65dBA)

Conditions météorologiques U3/T2 → Atténuation forte du niveau sonore

**En période nocturne :**

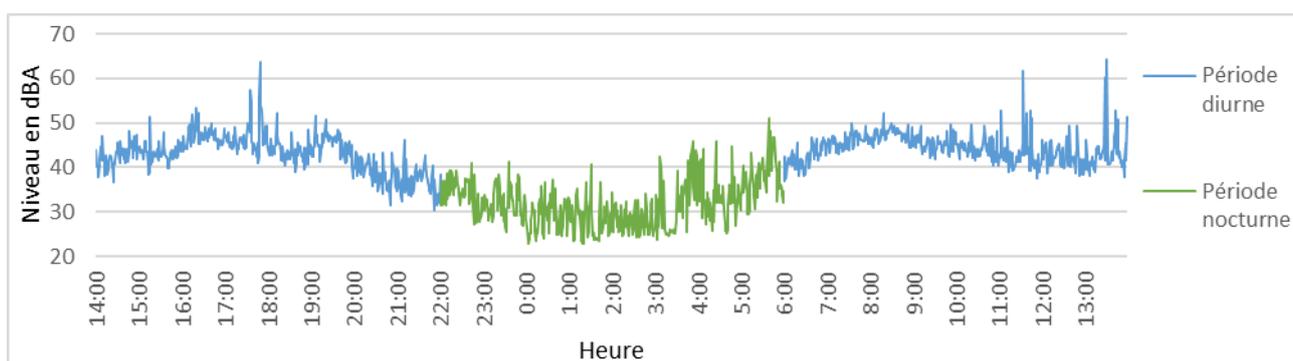
Ambiance sonore modérée (LAeq<60dBA)

Conditions météorologiques U3/T5 → Renforcement faible du niveau sonore

## LD3



## Evolution temporelle



## Résultats (en dBA)

Date	Durée	Etage Façade	LAeq en dBA		L50 en dBA	
			6h-22h	22h-6h	6h-22h	22h-6h
18/12/2023 à 14h00	24:00	RdC Sud	46,0	35,5	43,0	29,5

## Observations

**En période diurne :**

Ambiance sonore modérée (LAeq<65dBA)

Conditions météorologiques U3/T2 → Atténuation forte du niveau sonore

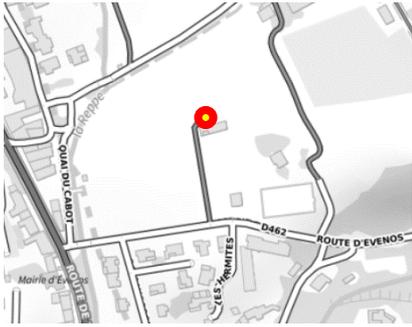
**En période nocturne :**

Ambiance sonore modérée (LAeq<60dBA)

Conditions météorologiques U3/T5 → Renforcement faible du niveau sonore

## LD4

## Localisation du point de mesure



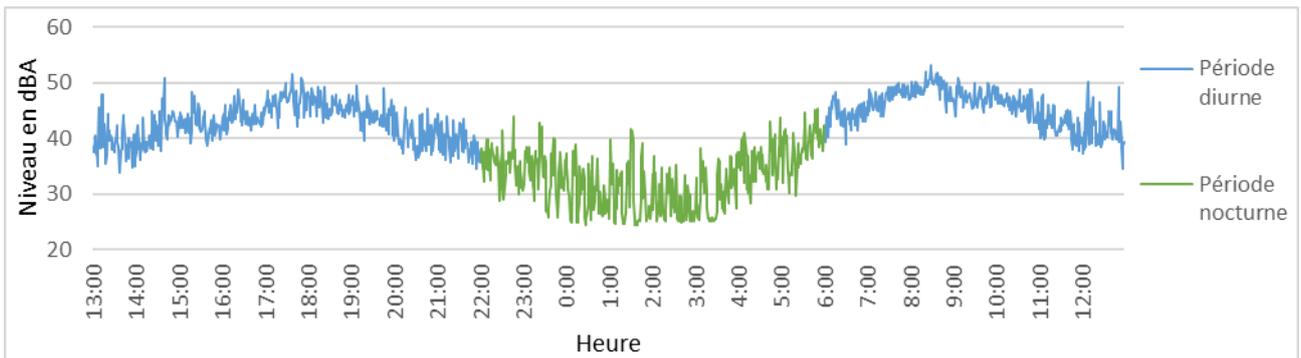
## Photo depuis le point de mesure



## Photo du point de mesure



## Evolution temporelle



## Résultats (en dBA)

Date	Durée	Etage Façade	LAeq en dBA		L50 en dBA	
			6h-22h	22h-6h	6h-22h	22h-6h
18/12/2023 à 13h00	24:00	RdC Nord	45,0	35,5	43,0	31,0

## Observations

**En période diurne :**

Ambiance sonore modérée (LAeq<65dBA)

Conditions météorologiques U3/T2 → Atténuation forte du niveau sonore

**En période nocturne :**

Ambiance sonore modérée (LAeq<60dBA)

Conditions météorologiques U3/T5 → Renforcement faible du niveau sonore

## ANNEXE B - CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Les conditions météorologiques peuvent influencer sur le résultat de deux manières :

- par perturbation du mesurage, en particulier par action sur le microphone, il convient donc de ne pas faire de mesurage quand la vitesse du vent est supérieure à  $5 \text{ m.s}^{-1}$ , ou en cas de pluie marquée ;
- lorsque la (les) source(s) de bruit est (sont) éloignée(s), le niveau de pression acoustique mesuré est fonction des conditions de propagation liées à la météorologie. Cette influence est d'autant plus importante que l'on s'éloigne de la source.

Il faut donc tenir compte de deux zones d'éloignement :

- la distance source/récepteur est inférieure à 40 m : il est juste nécessaire de vérifier que la vitesse du vent est faible, qu'il n'y a pas de pluie marquée. Dans le cas contraire, il n'est pas possible de procéder au mesurage ;
- la distance source/récepteur est supérieure à 40 m : procéder aux mêmes vérifications que ci-dessus. Il est nécessaire en complément d'indiquer les conditions de vent et de température, appréciées sans mesure, par simple observation, selon le codage ci-après.

Les conditions météorologiques doivent être identifiées conformément aux indications du tableau ci-après.

<b>U1</b> : vent fort (3 m/s à 5 m/s) contraire au sens source - récepteur	<b>T1</b> : jour <b>et</b> fort ensoleillement <b>et</b> surface sèche <b>et</b> peu de vent
<b>U2</b> : vent moyen à faible (1 m/s à 3 m/s) contraire <b>ou</b> vent fort, peu contraire	<b>T2</b> : mêmes conditions que T1 mais au moins une est non vérifiée
<b>U3</b> : vent nul <b>ou</b> vent quelconque de travers	<b>T3</b> : lever du soleil <b>ou</b> coucher du soleil <b>ou</b> (temps couvert <b>et</b> venteux <b>et</b> surface pas trop humide)
<b>U4</b> : vent moyen à faible portant <b>ou</b> vent fort peu portant ( $\pm 45^\circ$ )	<b>T4</b> : nuit <b>et</b> (nuageux <b>ou</b> vent)
<b>U5</b> : vent fort portant	<b>T5</b> : nuit <b>et</b> ciel dégagé <b>et</b> vent faible

Il est nécessaire de s'assurer de la stabilité des conditions météorologiques pendant toute la durée de l'intervalle de mesurage. L'estimation qualitative de l'influence des conditions météorologiques se fait par l'intermédiaire de la grille ci-dessous :

- - État météorologique conduisant à une atténuation très forte du niveau sonore ;
- État météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore ;
- Z Effets météorologiques nuls ou négligeables ;
- + État météorologique conduisant à un renforcement faible du niveau sonore ;
- + + État météorologique conduisant à un renforcement moyen du niveau sonore.

	U1	U2	U3	U4	U5
T1		- -	-	-	
T2	- -	-	-	Z	+
T3	-	-	Z	+	+
T4	-	Z	+	+	++
T5		+	+	++	

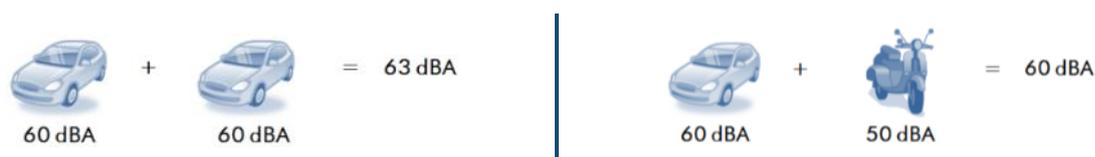
## ANNEXE C - GLOSSAIRE

### Décibel (dB)

Le son est une sensation auditive produite par une variation rapide de la pression de l'air. Dans la pratique, l'échelle de perception de l'oreille humaine étant très vaste, on utilise une échelle logarithmique, plus adaptée pour caractériser le niveau sonore. Cette échelle réduite s'exprime en décibel (dB).

On ne peut donc pas ajouter arithmétiquement les décibels de deux bruits pour arriver au niveau sonore global. À noter 2 règles simples :

- $60 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 63 \text{ dBA}$  ;
- $60 \text{ dB} + 50 \text{ dB} \approx 60 \text{ dBA}$ .



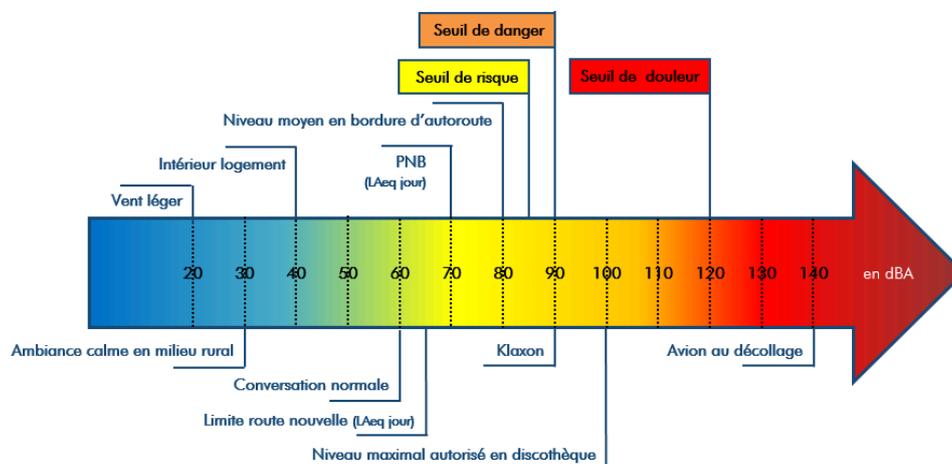
### Décibel pondéré A (dBA)

La forme de l'oreille humaine influençant directement le niveau sonore perçu par l'être humain, on applique généralement au niveau sonore mesuré, une pondération dite de type A pour prendre en compte cette influence. On parle alors de niveau sonore pondéré A, exprimé en dBA.

À noter 2 règles simples :

- L'oreille humaine fait une distinction entre deux niveaux sonores à partir d'un écart de 3 dBA ;
- Une augmentation du niveau sonore de 10 dBA est perçue par l'oreille comme un doublement de la puissance sonore.

### Echelle sonore



### Fréquence / Octave / Tiers d'octave

La fréquence d'un son correspond au nombre de variations d'oscillations identiques que réalise chaque molécule d'air par seconde. Elle s'exprime en Hertz (Hz).

Pour l'être humain, plus la fréquence d'un son sera élevée, plus le son sera perçu comme aigu. A l'inverse, plus la fréquence d'un son sera faible, plus le son sera perçu comme grave.

En pratique, pour caractériser un son, on utilise des intervalles de fréquence.

Chaque intervalle de fréquence est caractérisé par ses 2 bornes dont la plus haute fréquence ( $f_2$ ) est le double de la plus basse ( $f_1$ ) pour une octave, et la racine cubique de 2 pour le tiers d'octave.

L'analyse en fréquence par bande de tiers d'octave correspond à la résolution fréquentielle de l'oreille humaine.

1/1 octave	1/3 octave	
$f_2 = 2 * f_1$	$f_2 = \sqrt[3]{2} * f_1$	$f_c$ : fréquence centrale
$f_c = \sqrt{2} * f_1$	$\Delta f / f_c = 23\%$	$\Delta f = f_2 - f_1$
$\Delta f / f_c = 71\%$		

### Niveau sonore équivalent $L_{eq,T}$

Niveau sonore en dB intégré sur une période de mesure T. L'intégration est définie par une succession de niveaux sonores intermédiaires mesurés selon un intervalle d'intégration. Généralement dans l'environnement, l'intervalle d'intégration est fixé à 1 seconde (appelé  $L_{eq}$  court). Le niveau global équivalent se note  $L_{eq,T}$ , il s'exprime en dB. Lorsque les niveaux sont pondérés selon la pondération A, on obtient un indicateur noté  $L_{Aeq,T}$ .

### Niveau de puissance acoustique

Ce niveau caractérise l'énergie acoustique d'une source sonore. Elle est exprimée en dBA et permet d'évaluer le niveau de bruit émis par un équipement indépendamment de son environnement.

### Niveau résiduel ( $L_{res}$ )

Le niveau résiduel caractérise le niveau de bruit obtenu dans les conditions environnementales initiales du site, c'est-à-dire en l'absence du bruit généré par l'établissement.

### Niveau particulier ( $L_{part}$ )

Le niveau particulier caractérise le niveau de bruit généré par l'activité de l'établissement.

### Niveau ambiant ( $L_{amb}$ )

Le niveau ambiant caractérise le niveau de bruit obtenu en considérant l'ensemble des sources présentes dans l'environnement du site. En l'occurrence, ce niveau sera la somme logarithmique du bruit résiduel et du bruit particulier de l'établissement.

### Emergence acoustique (E)

L'émergence acoustique est fondée sur la différence entre le niveau de bruit équivalent pondéré A du bruit ambiant (comportant le bruit particulier de l'établissement en fonctionnement) et celui du résiduel.

$$E = L_{eq} \text{ ambiant} - L_{eq} \text{ résiduel}$$

$$E = L_{eq} \text{ établissement en fonctionnement} - L_{eq} \text{ établissement à l'arrêt}$$

### Niveau fractile ( $L_n$ )

Le niveau fractile  $L_n$  représente le niveau sonore qui a été dépassé pendant n% du temps du mesurage. L'utilisation des niveaux fractiles permet dans certains cas de s'affranchir du bruit provenant d'événements perturbateurs et non représentatifs.