

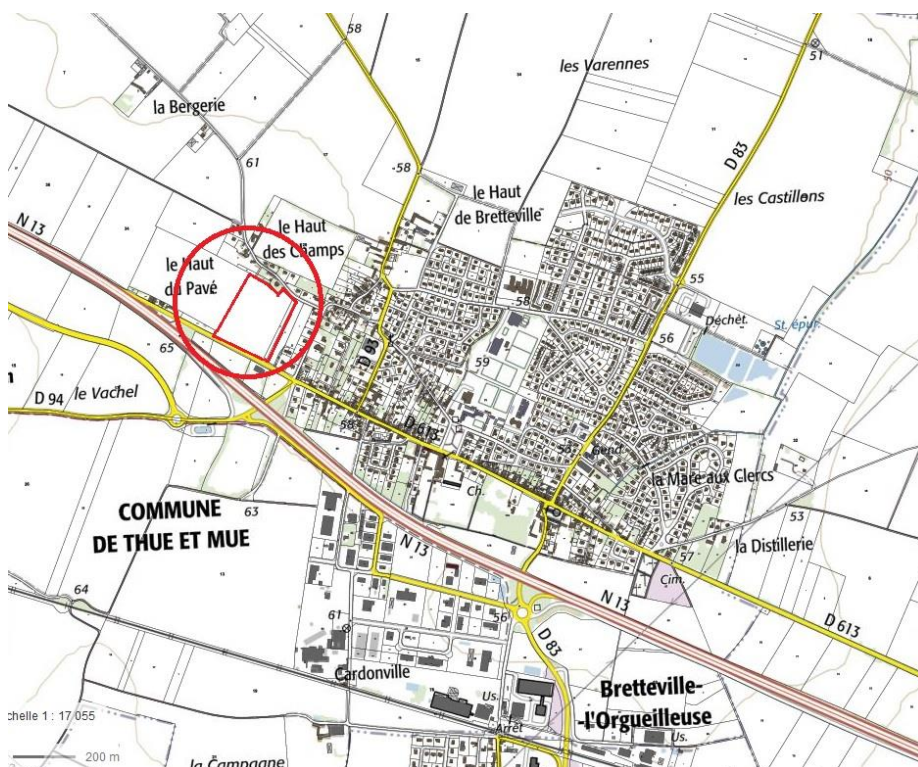
ACOUSTIBEL

BUREAU D'ÉTUDES EN ACOUSTIQUE

Etudes - Audits - Conseils

PROJET D'AMENAGEMENT D'UNE ZA A BRETTEVILLE-L'ORGUEILLEUSE (14)

ETUDE POUR LA MISE EN PLACE D'UN ECRAN



Destinataire

FONCIM

Référence : 20-017

YERVILLE, le 28 octobre 2020

Document rédigé par Corentin ANGO

Agence de RENNES et siège social

22 rue de Turgé
35310 CHAVAGNE
02.99.64.30.28
rennes@acoustibel.fr

Agence de ROUEN

114 rue du Moulin à Vent
76760 YERVILLE
02.35.16.68.44
rouen@acoustibel.fr
www.acoustibel.fr

Agence de CONCARNEAU

9, allée de Pen Avel
29900 CONCARNEAU
09.62.12.33.92
pc@acoustibel.fr

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	3
2	GLOSSAIRE DES TERMES EMPLOYES.....	4
3	MESURES DE CONSTAT SONORE INITIAL.....	6
3.1	Zone d'étude	6
3.2	Méthodologie de mesures.....	6
3.3	Localisation des points de mesures.....	7
3.4	Appareillage utilisé	8
3.5	Principe des mesures.....	8
3.6	Conditions de mesures	9
3.7	Conditions météorologiques	9
3.8	Résultats de mesures	10
3.8.1	Résultats de mesures courtes.....	10
3.8.2	Résultats de mesures de décroissance sonore avec la distance	10
3.9	Conclusions.....	11
4	CADRE REGLEMENTAIRE	13
4.1	Protection du bruit des infrastructures de transports terrestres.....	13
4.1.1	Décret du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres	13
4.1.2	Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières.....	13
4.1.3	Arrêté du 23 juillet 2013 modifiant l'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et isolement acoustique des bâtiments d'habitation à construire dans les secteurs affectés par le bruit	15
4.1.4	Arrêté du 6 octobre 1978 relatif à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation contre les bruits de l'espace extérieur	19
5	PROTECTIONS ENVISAGEES	20
5.1	Principe de traitement	20
5.2	Positionnement de l'écran.....	20
5.3	Méthodologie de calculs.....	21
5.4	Données de calculs retenues.....	22
5.4.1	Données liées à l'absorption et aux réflexions du site	22
5.4.2	Données topographiques et hauteurs relatives des sources-récepteurs	22
5.4.3	Données météorologiques	22
5.4.4	Autres données	22
5.4.5	Cartographies avant et après l'ajout de 2 dB(A)	22
5.5	Résultats de calculs	24
5.5.1	Etude de la hauteur de l'écran	24
5.5.2	Calculs d'un retour de l'écran dans la configuration 1	26
5.6	Conclusions.....	26
ANNEXES	28

1 INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de zone d'habitat à BRETEVILLE L'ORGUEUILLEUSE (14), un constat sonore initial est souhaité dans un premier temps.

Aussi, la société FONCIM, représentée par Sébastien JEAN au 2Bis Boulevard Georges POMPIDOU 14000 CAEN, a missionné la société ACOUSTIBEL, bureau d'études spécialisé en acoustique, afin de déterminer les dispositions à prendre, dans l'optique d'un **rapport efficacité / coût optimum** afin :

- d'effectuer le constat sonore initial en façade des habitations actuelles du site qui seront ou non impactées par le projet d'aménagement prévu afin de déterminer le niveau sonore actuel sur l'ensemble de la zone déjà urbanisée riveraine du projet,
- de réaliser un diagnostic acoustique du terrain envisagé pour l'implantation du projet de construction de logements sur l'ensemble de la zone pressentie pour cette opération en période diurne,
- de définir les impositions d'isolement acoustique de façade et les orientations à prendre en fonction des caractéristiques du site, du projet de création de logements neufs, notamment compte tenu de l'emprise de voies routières classées au sens de l'arrêté du 23 juillet 2013 modifiant l'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et d'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit (RN13 classée en catégories 1 et 2 et RD613 classée en catégorie 4),

2 GLOSSAIRE DES TERMES EMPLOYES

➤ **Atténuation**

Le bruit s'atténue naturellement en fonction de la distance entre la source et le récepteur. En milieu extérieur et pour une source ponctuelle, l'atténuation atteint 6 dB à chaque doublement de la distance à la source. Dans le cas d'une route (source rectiligne), cette atténuation n'est que de 3 dB par doublement de la distance à la source. Enfin, dans un local, l'atténuation dépend du temps de réverbération du local et varie avec la distance à la source.

➤ **Bruit**

Le bruit est une vibration de l'air qui se propage. Il varie en fonction du lieu et du moment de la journée. Il se caractérise par sa fréquence (grave ou aiguë) et par son niveau (faible ou fort).

La gamme des fréquences audibles pour l'homme va de 10 à 16 000 Hz environ et varie suivant l'âge de la personne. La plupart des bruits de l'environnement se situent entre 500 et 2000 Hz, tout comme les fréquences de la parole.

Définition normalisée :

- 1) Vibration acoustique erratique, intermittente ou statistiquement aléatoire.
- 2) Toute sensation auditive désagréable ou gênante.

➤ **Bruit ambiant**

Niveau sonore incluant l'ensemble des bruits environnants. Dans le cas d'une gêne liée à une source sonore particulière, le bruit ambiant est la somme du bruit résiduel et du bruit particulier émis par la source.

➤ **Bruit particulier**

Bruit produit par une source sonore générant une gêne dans l'environnement.

➤ **Bruit aérien**

Bruit qui se propage dans l'air.

➤ **Bruit solidien (bruit d'impact - bruit de choc)**

Bruit qui transite par des éléments solides tels que le sol, les structures d'un bâtiment...avant de rayonner telle la membrane d'un haut-parleur.

➤ **Bruit résiduel (bruit de fond)**

Niveau sonore en l'absence du bruit particulier que l'on veut caractériser. Exemple : lors de la caractérisation du bruit émis par une machine, le bruit résiduel est le niveau sonore mesuré lorsque la machine est à l'arrêt.

➤ **Bruit rose**

Type de bruit normalisé dont le niveau reste constant sur chaque bande de tiers d'octave. Il est utilisé pour qualifier la performance des systèmes isolants ou du bâti pour les bruits courants intérieurs.

➤ **Bruit route**

Un bruit route, ou bruit routier, est un bruit normalisé. Il est une référence pour le bruit des trafics routiers et ferroviaires. Son spectre est enrichi en basses fréquences et appauvri dans les aigües par rapport à un bruit rose.

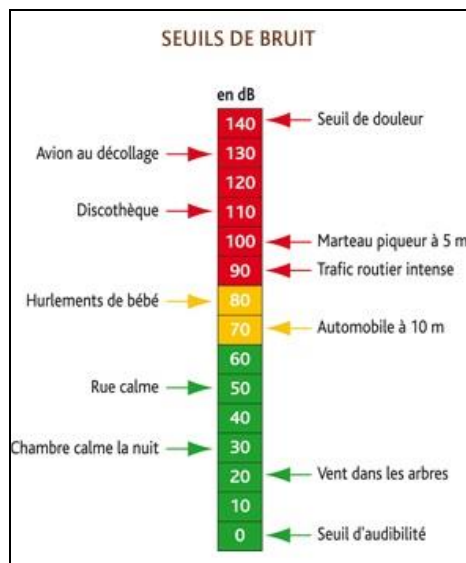
➤ **Décibel**

Le décibel est l'unité de mesure de l'intensité sonore. Le décibel est égal à un dixième de bel. Un doublement de l'énergie sonore correspond à une variation d'intensité sonore de 3 dB. La sensation auditive n'est pas linéaire mais varie de façon logarithmique. On distingue le décibel linéaire -dB lin- des décibels en mesure pondérée. Une pondération est nécessaire pour tenir compte de la courbe de sensibilité de l'oreille en fonction de la fréquence.

➤ **Décibel A (dB(A))**

La lettre A signifie que le décibel est pondéré pour tenir compte de la différence de sensibilité de l'oreille à chaque fréquence. Elle atténue les basses fréquences.

➤ **Echelle de bruit**



➤ **Emergence**

L'émergence est une modification temporelle du niveau ambiant induite par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier. La réglementation fixe, pour les installations classées, des niveaux sonores limites admissibles par le voisinage et un niveau maximal d'émergence du bruit des installations par rapport au bruit ambiant.

➤ **Fréquence**

La fréquence est une mesure du nombre de vibrations d'une molécule d'air par seconde. Etablie en Hz (hertz). Plus la valeur est basse, plus le son est grave. Plus la valeur est haute, plus le son est aigu. Les sons audibles s'étendent pour l'homme entre 20 et 20000 Hz.

➤ **Intervalle de mesurage**

Intervalle de temps au cours duquel la pression acoustique pondérée A est intégrée et moyennée.

➤ **Indice énergétique, niveau de bruit équivalent L_{eq} (en dB) ou L_{Aeq} (en dB(A))**

En considérant un bruit variable perçu pendant une durée T, le L_{eq} représente le niveau de bruit constant qui aurait été produit avec la même énergie que le bruit réellement perçu pendant cette durée.

➤ **Indices statistiques**

Lorsque le bruit n'est pas stable, il peut être caractérisé par :

- L_1 : niveau dépassé pendant 1 % du temps (bruit maximal)
- L_{10} : niveau dépassé pendant 10 % du temps (bruit crête)
- L_{50} : niveau dépassé pendant 50% du temps
- L_{90} : niveau dépassé pendant 90% du temps

➤ **Mesure acoustique**

Evaluation in situ du niveau sonore à l'aide d'un appareil de mesure tel qu'un sonomètre ou sonde intensimétrique).

➤ **Niveau de pression acoustique**

Mesure relative de la pression acoustique, notée L_p (pour, Level pressure, en anglais) et exprimée en décibels. C'est le rapport de la pression acoustique p sur la pression de référence p_0 , égale à $2 \cdot 10^{-5}$ Pascal : $L_p = 20 \log (p/p_0)$. Il est égal à vingt fois le logarithme décimal du rapport de la valeur de l'événement sonore et le seuil d'audibilité (pression acoustique de référence). $L_p = 20 \cdot \log(p/p_{e,min})$. Le niveau de pression acoustique le plus bas pouvant être entendu est 0 dB, appelé seuil d'audibilité. Le niveau le plus haut pouvant être toléré est appelé seuil de douleur, et se situe à environ 120 dB.

3 MESURES DE CONSTAT SONORE INITIAL

3.1 Zone d'étude

Le périmètre du projet d'aménagement de la ZA est représenté sur le plan suivant.

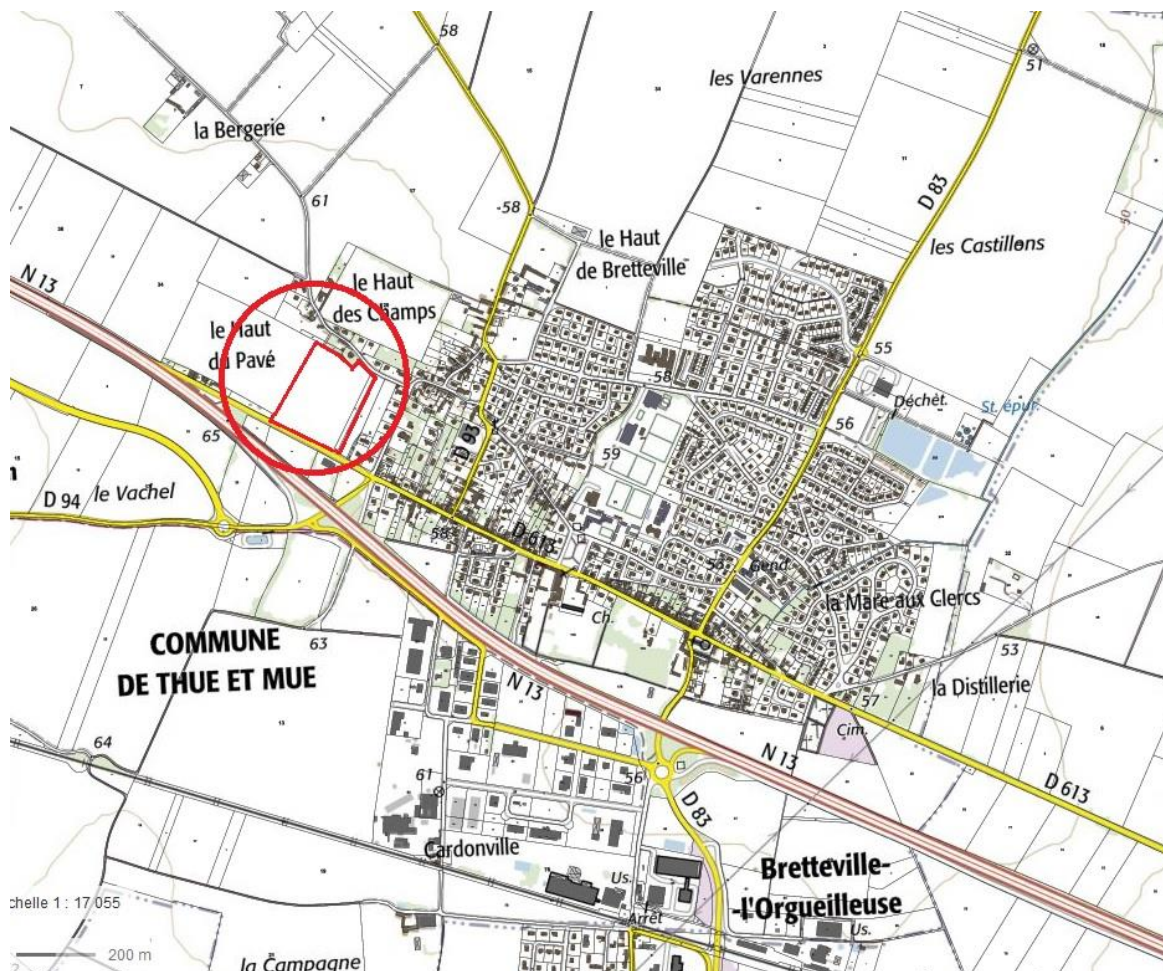


Figure 1 : Plan de situation de la zone d'aménagement de la ZA / Carte IGN annotée

3.2 Méthodologie de mesures

Afin d'appréhender le problème bruit dans le secteur de la zone d'aménagement de la ZA, nous avons adopté la démarche suivante.

Reconnaissance sur site

Cette phase de reconnaissance du terrain sur site a permis de déterminer :

- les zones sensibles du site,
- les points de mesures pour le constat sonore initial en fonction des sources sonores existantes ou des caractéristiques particulières du site,
- les aspects essentiels du site qui devront être retenus pour le choix des aménagements spécifiques de l'opération sur la commune de BRETTEVILLE-L'ORGUEILLEUSE.

Constat sonore initial

Une campagne de mesures sur l'ensemble du secteur prévu pour le projet d'aménagement de la ZA a été réalisée en semaine sur le site concerné.

Cette campagne réalisée de jour a permis de caractériser l'état initial par la mesure des niveaux sonores (en L_{eq} dB(A)) du bruit de fond existant avant les projets d'aménagement de l'opération. Ces valeurs pourront servir de base pour définir les objectifs à atteindre.

La campagne de mesures a été réalisée à partir de mesures par points mobiles au droit des zones à émergence réglementée en périphérie du futur périmètre de la ZA. La simultanéité des mesures permet par ailleurs que les conditions météorologiques n'influent pas sur la comparaison des résultats entre les points.

Le présent constat sonore initial a donc pour objet :

- d'évaluer le niveau sonore perçu actuellement en limite de propriété ou en façade des bâtiments riverains les plus proches.

3.3 Localisation des points de mesures

Nous avons sélectionné six points de mesures en façade ou en limite de propriété des habitations riveraines les plus proches de la zone d'aménagement (ZA) ; six points de mesures mobiles courtes, ainsi que deux axes de décroissance sonore avec la distance, à savoir :

Tableau 1 : Localisation des points de mesures

Point de mesures	Localisation
Z1	En limite de parcelle sud-est de la ZA
Z2	En limite de parcelle nord-est de la ZA, à proximité des propriétés au nord-est de la parcelle sur la rue de la Bergerie
Z3	En limite de parcelle nord-ouest de la ZA, à proximité des propriétés au nord-ouest de la parcelle sur la rue de la Bergerie
Z4	En limite de parcelle sud-ouest de la ZA, à proximité de la propriété au sud-ouest de la parcelle sur la RD613
Z5	En limite de parcelle ouest de la ZA, au milieu de la parcelle à environ 85 m de la RD613
Z6	En limite de parcelle est de la ZA, au milieu de la parcelle à environ 90 m de la RD613

Tableau 2 : Localisation des décroissances sonores avec la distance

Décroissance	Localisation
Décroissance D1	Décroissance de la RN13 et de la RD613 vers le nord-est - terrain au même niveau que la RD613 et RN13 légèrement en remblai vis-à-vis du terrain de la ZA
Décroissance D2	Décroissance de la RN13 et de la RD613 vers le nord-est à proximité de la parcelle « le Haut du Pavé » - terrain au même niveau / RD613 et RN13

❖ Justification du choix des points de mesures :

Ces points ont été choisis en fonction de la configuration du site et de son environnement. En effet, les points doivent être répartis de manière à être représentatifs de l'ensemble du site et des zones particulièrement sensibles :

- ⇒ Le point Z1 est représentatif des habitations riveraines le long de la RD613, situées au sud-est de la zone prévue pour le projet d'aménagement.
- ⇒ Le point Z2 est représentatif des habitations riveraines de la rue de la Bergerie, situées au nord-est de la zone prévue pour le projet d'aménagement.
- ⇒ Le point Z3 est représentatif des habitations riveraines de la rue de la Bergerie, situées au nord-ouest de la zone prévue pour le projet d'aménagement.
- ⇒ Le point Z4 est représentatif des habitations riveraines le long de la RD613, situées au sud-ouest de la zone prévue pour le projet d'aménagement.

Le positionnement des points de mesures et décroissances sonores est présenté sur le plan suivant.



Figure 2 : Positionnement des points de mesures / fond de carte source Géoportail

3.4 Appareillage utilisé

Tableau 3 : Appareillage utilisé

Matériel	Marque	Type	Nombre
Sonomètre	Bruel & Kjaer	2250	1
Sonomètre	Bruel & Kjaer	2238	4
Calibre	Bruel & Kjaer	4231	1
Logiciels	Bruel & Kjaer	Evaluator Type 7820	
		Measurement partner BZ 5503	

Les appareils de mesure (sonomètres intégrateurs) utilisés pour la campagne de mesures de constat sonore initial sont conformes à la norme NFS EN 61672-1.

3.5 Principe des mesures

Le but la campagne de constat sonore initial est de quantifier l'environnement sonore dans le secteur concerné par le projet d'aménagement de la ZA sur la période de jour.

Les mesures de constat sonore initial ont été effectuées en L_{eq} dB(A) aux points prévus le mercredi 20 mai 2020.

Les mesures ont été réalisées selon la norme NFS 31-010 relative aux mesures acoustiques dans l'environnement et la norme NFS 31-085 relative à la caractérisation et au mesurage du bruit dû au trafic routier.

Aux valeurs mesurées en L_{eq} (dB(A)) ont été associés des relevés de niveaux sonores en dB(A) correspondant aux niveaux sonores :

- L_{min} : niveau sonore minimum en dB(A) relevé pendant le temps de mesure
- L_{max} : niveau sonore maximum en dB(A) relevé pendant le temps de mesure
- L_{50} : niveau sonore atteint ou dépassé pendant 50% du temps de mesure
- L_{90} : niveau sonore atteint ou dépassé pendant 90% du temps de mesure

Les valeurs L_{min} et L_{max} correspondent respectivement à la connaissance du bruit de fond minimum et à celle d'événements sonores prépondérants de l'état actuel du site. Les indices fractiles L_{50} et L_{90} permettent de s'affranchir des bruits non représentatifs du niveau sonore moyen (pics dus au passage de voitures par exemple).

Généralement, lorsque la différence entre l'indice fractile L_{50} et le L_{eq} est supérieure à 5 dB(A) obtenus en limite de Z.E.R., c'est le L_{50} qui est le critère le plus représentatif de l'état actuel de l'environnement sonore. Sinon, c'est le niveau sonore en L_{eq} dB(A) qui est alors utilisé. Cependant, le choix de l'indice représentatif reste et doit rester l'apanage de l'opérateur.

La présence continue d'un acousticien pour les mesures réalisées sur une courte période ont permis d'analyser et de consigner plus précisément les sources sonores prépondérantes.

Pour chaque tranche horaire, la mesure est réalisée sur un intervalle suffisamment long pour que le niveau sonore affiché par le sonomètre se stabilise.

3.6 Conditions de mesures

Les mesures ont été effectuées en semaine, en dehors des périodes de vacances scolaires et de la période de confinement liée au Covid-19, c'est à dire dans des conditions représentatives de l'ambiance sonore normale de l'environnement du site.

Nous avons retiré du calcul les périodes de mesures dites aberrantes au sens de la norme NFS 31-085 où des événements non imputables au trafic routier sont apparus en période diurne.

3.7 Conditions météorologiques

Conformément à la norme NFS 31-085, les mesures ne doivent pas être réalisées « en cas de pluies abondantes » et « le niveau de pression acoustique dû aux effets du vent sur le microphone est inférieur d'au moins 10 dB au niveau de pression acoustique maximal (...) correspondant au passage d'un véhicule léger ».

Il est donc recommandé de ne pas dépasser les vitesses de vent suivantes à proximité du microphone :

- pour $L_{eq} \leq 60$ dB(A) : $V \leq 3$ m/sec
- pour 60 dB(A) $< L_{eq} \leq 70$ dB(A) : $V \leq 5$ m/sec
- pour 70 dB(A) $< L_{eq}$: $V \leq 7$ m/sec

De plus, les mesurages ne doivent pas être effectués en cas de chutes de pluies abondantes, ainsi qu'en cas de neige ou de verglas. En aucun cas les mesurages ne seront effectués par vent de direction opposée à la direction de la voie routière vers le microphone. Les conditions météorologiques de la campagne de mesures ont été les suivantes :

Tableau 4 : Conditions météorologiques

Date	Période	Température	Direction du vent	Vitesse du vent	Conditions générales
20/05/2020	Jour	18°C	Variable	5 à 10 km/h	Ciel ensoleillé

Les mesures ont donc été réalisées avec des conditions météorologiques conformes à celles préconisées par la norme NFS 31-085.

3.8 Résultats de mesures

Les résultats sont présentés sous la forme de fiches par point de mesures en Annexes, où sont présentés les photographies du point de mesures ainsi que les histogrammes des enregistrements correspondants.

Les résultats sont arrondis au ½ dB près conformément à la norme NFS 31-010.

3.8.1 Résultats de mesures courtes

Le tableau suivant résume les niveaux sonores moyens de bruit mesurés aux différents points de mesures courtes en période diurne.

Tableau 5 : Niveaux sonores relevés aux points de mesures mobiles courtes

Points de mesures	Période de mesures	L_{eq} [dB(A)]	L_{50} [dB(A)]	L_{90} [dB(A)]
Point Z1	20/05/2020 10h41-11h02	58.0	52.0	49.0
Point Z2	20/05/2020 12h28-12h49	45.5	43.5	40.5
Point Z3	20/05/2020 12h32-12h47	46.0	44.0	41.5
Point Z4	20/05/2020 11h46-12h07	57.0	52.5	48.5
Point Z5	20/05/2020 11h26-12h14	49.0	48.5	45.5
Point Z6	20/05/2020 10h32-11h10	48.0	46.0	43.0

3.8.2 Résultats de mesures de décroissance sonore avec la distance

Les mesures de décroissance sonore avec la distance ont été réalisées en période diurne perpendiculairement à la RD613 et à la RN13, ceci afin de quantifier l'impact sonore de ces voies sur les zones dégagées de la zone d'aménagement.

Nous avons recalé l'ensemble des mesures des axes considérés en prenant en compte la variation du trafic à partir d'une mesure de référence à 10 m de la voie.

Tableau 6 : Décroissances sonores par doublement de distance

Décroissance sonore	Période de mesures	Pente de décroissance sonore par doublement de distance (dB(A))
Décroissance D1	20/05/2020 10h41-11h02	- 2.9
Décroissance D2	20/05/2020 11h46-12h07	- 2.1

3.9 Conclusions

Les mesures de constat sonore effectuées le 20 mai 2020, par points de mesures courtes mobiles et par décroissance sonore, ont montré que :

- Les sources sonores prépondérantes sur site proviennent essentiellement de la circulation routière sur la RN13, elle semble constituée le bruit de fond minimum en chaque point de mesures, et sur la RD613 pour les points Z1 et Z4 essentiellement. Le chant des oiseaux pour l'ensemble des points de mesures, les bruits de voisinage (enfant, véhicules ...) et la circulation routière sur les axes secondaires pour les points Z2 et Z3 en particulier constituent les autres sources sonores audibles dans une moindre mesure.
- L'impact sonore lors d'un passage d'un avion est relativement faible (61.5 dB(A)) par rapport à d'autres mesures réalisées dans les mêmes conditions.
- Les niveaux sonores mesurés par échantillonnage en période de jour varient entre 45,5 et 58,0 dB(A) en L_{eq} .
- Les niveaux les plus faibles correspondent aux mesures réalisées au point Z2, à l'extrémité nord-est de la zone d'aménagement, à environ 310 m de la RN13.
- Les mesures sont représentatives d'un environnement péri-urbain à proximité d'une voie à fort trafic, avec des valeurs de niveaux sonores moyennes à proximité immédiate des axes routiers à fort trafic, variant de 57,0 à 58,0 dB(A) à 10 m de la RD613. La RN13 était quant à elle audible peu importe le positionnement sur le terrain.
- A titre informatif les niveaux sonores sont considérés comme léger entre 20 et 60 dB(A), et sont courants et confortables, sans danger pour la santé, jusqu'à 80 dB(A), au-delà de cette valeur on considère l'ambiance sonore comme inconfortable et pouvant être cause de danger pour la santé. Le niveau sonore d'une conversation normale oscille autour de 60 dB(A).
- Les mesures de décroissance sonore de la RN13 et de la RD613 ont été réalisées sur des portions du terrain actuellement libre, l'absence d'obstacles à la propagation sonore que constitue généralement la présence de bâtiments divers facilite la propagation sonore sur l'ensemble du terrain vis-à-vis de la circulation routière sur l'axe routier testé.
- La présence d'un bâtiment entre la RD613 et la RN13 limite que très légèrement l'impact sonore du trafic sur une partie de la ZA.
- Le bruit généré par le passage d'un véhicule sur la RD613 commence à se noyer dans le bruit de fond environnant (impact sonore du trafic de la RN13) à partir d'environ 85 m de la voie.
- La décroissance sonore théorique d'une voie routière en vue directe traversant linéairement une zone dégagée est de 3 dB(A) par doublement de distance, sans tenir compte de l'absorption acoustique du sol. Les valeurs de pente de décroissance sonore sont relativement proches de cette valeur.

Les courbes isophones, présentées en page suivante, ont été établies à partir des mesures réalisées au niveau proche de la rue de la Bergerie, ainsi qu'à partir des mesures de décroissance sonore réalisées vis-à-vis des axes routier RD613 et RN13, la décroissance sonore dépendant essentiellement du positionnement de la source sonore prédominante, des caractéristiques topographiques du terrain ; altimétrie du terrain prévu (déblai, terrain naturel ou remblai), ainsi que l'absence totale d'obstacles à la propagation sonore (terrain nu), et absorption acoustique du sol (terrain agricole absorbant).



Figure 3 : Courbes isophones / fond de carte source Géoportail

La zone comprenant les niveaux sonores **supérieurs à 50 dB(A)** ne nous paraît pas propice à l'implantation de bâtiments d'habitation. Il faudra idéalement prévoir l'implantation des bâtiments d'habitation à partir de 35 m de la RD613 à l'extrémité sud-est de la parcelle (décroissance D1) et à partir de 50 m de la RD613 à l'extrémité sud-ouest de la parcelle (décroissance D2), distance à partir de laquelle le niveau sonore est situé en dessous de 50 dB(A).

4 CADRE REGLEMENTAIRE

4.1 Protection du bruit des infrastructures de transports terrestres

4.1.1 Décret du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres

La conception, l'étude et la réalisation d'une infrastructure de transports terrestres nouvelle et la modification, ou la transformation, significative d'une infrastructure de transports terrestres existante sont accompagnées de mesures destinées à éviter que le fonctionnement de l'infrastructure ne crée des nuisances sonores excessives.

Le maître d'ouvrage de travaux de construction, de modification ou de transformation significative d'une infrastructure est tenu, sous réserve de l'intervention de certaines mesures, de prendre les dispositions nécessaires pour que les nuisances sonores affectant les populations voisines de cette infrastructure soient limitées, dans les conditions fixées par le présent décret, à des niveaux compatibles avec le mode d'occupation ou d'utilisation normale des bâtiments riverains ou des espaces traversés.

La modification ou la transformation d'une infrastructure existante est considérée comme significative au sens du décret du 9 janvier 1995 si elle respecte conjointement les deux conditions suivantes :

- Elle résulte d'une intervention ou de travaux successifs (à l'exclusion des travaux d'entretien, de réparation, d'électrification ou de renouvellement des infrastructures ferroviaires ; des travaux de renforcement des chaussées, d'entretien ou de réparation des voies routières ; des aménagements ponctuels des voies routières ou des carrefours non dénivelés)
- Elle engendre, à terme, une augmentation de plus de 2 dB(A) de la contribution sonore de la seule route par rapport à ce que serait cette contribution à terme en l'absence de la modification ou transformation (pour le réseau routier national, la circulaire du 12 décembre 1997 demande de réaliser cette comparaison à un horizon de 20 ans après la mise en service)

Le respect des niveaux sonores maximaux autorisés est obtenu par un traitement direct de l'infrastructure ou de ses abords immédiats ; toutefois si cette action à la source ne permet pas d'atteindre les objectifs de la réglementation dans des conditions satisfaisantes d'insertion dans l'environnement ou à des coûts de travaux raisonnables, tout ou partie des obligations est assuré par un traitement sur le bâti qui tient compte de l'usage effectif des pièces exposées au bruit.

4.1.2 Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières

L'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières fixe des contributions maximums à ne pas dépasser, en façade des bâtiments, en fonction du type de bâtiment et de la nature du projet (voie nouvelle ou modification d'une voie existante) et des niveaux sonores initiaux.

Les indicateurs de bruit routier sont le $L_{eq}(6h-22h)$ (valeur moyenne entre 06h00 et 22h00) et le $L_{eq}(22h-6h)$ (valeur moyenne entre 22h00 et 06h00). Ces niveaux sont évalués à deux mètres en avant de la façade des bâtiments, fenêtres fermées.

La réglementation (arrêté du 5 mai 1995) stipule que :

⇒ **Dans le cas d'une création de voie nouvelle**

Les niveaux sonores maximaux admissibles pour la contribution d'une infrastructure nouvelle sont fixés aux valeurs suivantes :

Tableau 7 : Objectifs de contribution sonore - création d'une voie nouvelle

Usage et nature des locaux	$L_{eq}(6h-22h)$ (*1)	$L_{eq}(22h-6h)$ (*1)
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale (*2)	60 dB(A)	55 dB(A)
Etablissements d'enseignement (sauf ateliers bruyants et locaux sportifs)	60 dB(A)	/
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée : $L_{eq}(6h-22h) \leq 65$ dB(A) et $L_{eq}(22h-6h) \leq 60$ dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)
Autres logements	65 dB(A)	60 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée : $L_{eq}(6h-22h) \leq 65$ dB(A) et $L_{eq}(22h-6h) \leq 60$ dB(A)	65 dB(A)	/

(*1) Ces valeurs sont supérieures de 3 dB (A) à celles qui seraient mesurées en champ libre ou en façade, dans le plan d'une fenêtre ouverte, dans les mêmes conditions de trafic, à un emplacement comparable. Il convient de tenir compte de cet écart pour toute comparaison avec d'autres réglementations qui sont basées sur des niveaux sonores maximaux admissibles en champ libre ou mesurés devant des fenêtres ouvertes.

(*2) Pour les salles de soins et les salles réservées au séjour des malades, ce niveau est abaissé à 57 dB(A)

⇒ **Dans le cas de la transformation significative d'une voie existante**

Lors d'une modification ou transformation significative d'une infrastructure existante, selon l'arrêté du 9 janvier 1995, si la contribution de la voie avant travaux est inférieure aux valeurs annoncées dans le cas d'une création d'une voie nouvelle (voir tableau 8), elle ne pourra excéder ces valeurs après travaux. Dans le cas contraire, la *contribution sonore* après travaux ne devra pas dépasser la valeur existant avant travaux (L_{eq} initial), sans pouvoir excéder 65 dB(A) en période diurne et 60 dB(A) en période nocturne. Si la modification n'est pas significative au sens de cette définition, aucune exigence n'est fixée.

Tableau 8 : Objectifs de contribution sonore - transformation significative d'une voie existante

Usage et nature des locaux	Contribution sonore de l'infrastructure avant travaux		Contribution sonore de l'infrastructure après travaux	
	$L_{eq}(6h-22h)$	$L_{eq}(22h-6h)$	$L_{eq}(6h-22h)$	$L_{eq}(22h-6h)$
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale	$L_{eq} \text{ initial} \leq 60$ dB(A)	≤ 55 dB(A)	≤ 60 dB(A)	≤ 55 dB(A)
	$60 \text{ dB(A)} < L_{eq} \text{ initial} \leq 65$ dB(A)	$55 \text{ dB(A)} < L_{eq} \text{ initial} \leq 60$ dB(A)	$\leq L_{eq} \text{ initial}$	$\leq L_{eq} \text{ initial}$
	$L_{eq} \text{ initial} > 65$ dB(A)	$L_{eq} \text{ initial} > 60$ dB(A)	≤ 65 dB(A)	≤ 60 dB(A)
Etablissements d'enseignement (sauf ateliers bruyants et locaux sportifs)	$L_{eq} \text{ initial} \leq 60$ dB(A)	/	≤ 60 dB(A)	/
	$60 \text{ dB(A)} < L_{eq} \text{ initial} \leq 65$ dB(A)	/	$\leq L_{eq} \text{ initial}$	/
	$L_{eq} \text{ initial} > 65$ dB(A)	/	≤ 65 dB(A)	/
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée : $L_{eq}(6h-22h) \leq 65$ dB(A) et $L_{eq}(22h-6h) \leq 60$ dB(A)	$L_{eq} \text{ initial} \leq 60$ dB(A)	≤ 55 dB(A)	≤ 60 dB(A)	≤ 55 dB(A)
	$60 \text{ dB(A)} < L_{eq} \text{ initial} \leq 65$ dB(A)	$55 \text{ dB(A)} < L_{eq} \text{ initial} \leq 60$ dB(A)	$\leq L_{eq} \text{ initial}$	$\leq L_{eq} \text{ initial}$
Autres logements	$L_{eq} \text{ initial} > 65$ dB(A)	$L_{eq} \text{ initial} > 60$ dB(A)	≤ 65 dB(A)	≤ 60 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée : $L_{eq}(6h-22h) \leq 65$ dB(A) et $L_{eq}(22h-6h) \leq 60$ dB(A)	$L_{eq} \text{ initial} \leq 65$ dB(A)	$L_{eq} \text{ initial} \leq 60$ dB(A)	≤ 65 dB(A)	≤ 60 dB(A)

En cas de dépassement des critères réglementaires, l'aménageur de la zone d'aménagement de logements devra protéger les habitations, soit par un recul suffisant de la voie par rapport aux façades, soit par la réalisation de protections afin de ramener ces niveaux sonores au-dessous de 60 dB(A) de jour, 55 dB(A) la nuit, soit par des travaux d'isolation de façade (traitement des ouvertures).

Le choix du revêtement de chaussée peut également contribuer à limiter l'influence des voies.

4.1.3 Arrêté du 23 juillet 2013 modifiant l'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et isolement acoustique des bâtiments d'habitation à construire dans les secteurs affectés par le bruit

L'arrêté du 23 juillet 2013 modifiant l'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et isolement acoustique des bâtiments d'habitation à construire dans les secteurs affectés par le bruit permet un classement des infrastructures de transports terrestres par le préfet.

Les dispositions de cet arrêté sont applicables à tout bâtiment d'habitation à construire ayant fait l'objet d'une demande de permis de construire déposée à compter du 1^{er} janvier 2014. Il est également applicable aux établissements scolaires selon l'arrêté 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement. **Cet arrêté est donc strictement applicable au projet.**

Le classement des infrastructures routières et des lignes ferroviaires ainsi que la largeur maximale des secteurs affectés par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure sont définis en fonction de niveaux sonores de référence en période diurne (06h00-22h00) et nocturne (22h00-06h00) :

Tableau 9 : Niveaux sonores de référence

Niveau sonore de référence Leq 6h-22h en dB(A)	Niveau sonore de référence Leq 22h-6h en dB(A)	Catégorie de l'infrastructure	Largeur maximale des secteurs affectés par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure
L>81	L>76	1	D=300 m
76<L<=81	71<L<=76	2	D=250 m
70<L<=76	65<L<=71	3	D=100 m
65<L<=70	60<L<=65	4	D=30 m
60<L<=65	55<L<=60	5	D=10 m

Selon la méthode forfaitaire, la valeur d'isolement acoustique minimal vis-à-vis des bruits de transports terrestres des pièces principales et cuisines des logements est déterminée de la façon suivante.

En tissu ouvert ou en rue en U, la valeur de l'isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,A,tr}$ minimal des pièces est donnée dans le tableau ci-dessous par catégorie d'infrastructure. Cette valeur est fonction de la distance horizontale entre la façade de la pièce correspondante du bâtiment à construire et le bord de la chaussée ou le rail de la voie classée le plus proche du bâtiment considéré.

Tableau 10 : Valeurs d'isolement acoustique de façade / catégorie infrastructure

Distance (m)	0-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-65	65-80	80-100	100-125	125-160	160-200	200-250	250-300
Catégorie	1	45	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33
	2	42	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
	3	38	38	37	36	35	34	33	32	31	30				
	4	35	33	32	31	30									
	5	30													

Ces valeurs peuvent être modifiées en fonction de la valeur de l'angle de vue α selon lequel on peut voir l'infrastructure depuis la façade de la pièce considérée. Cet angle de vue prend en compte à la fois l'orientation du bâtiment par rapport à l'infrastructure de transport et la présence d'obstacles tels que des bâtiments entre l'infrastructure et la pièce pour laquelle on cherche à déterminer l'isolement acoustique de façade.

Ces valeurs peuvent aussi être diminuées en cas de présence d'une protection acoustique en bordure de l'infrastructure, tel qu'un écran acoustique ou un merlon.

❖ Protection des façades du bâtiment considéré par des bâtiments

Les corrections à appliquer à la valeur d'isolement acoustique minimal en fonction de l'angle de vue sont les suivantes :

Tableau 11 : Valeurs de correction / angle de vue

ANGLE DE VUE α	CORRECTION
$\alpha > 135^\circ$	0 dB
$110^\circ < \alpha \leq 135^\circ$	- 1 dB
$90^\circ < \alpha \leq 110^\circ$	- 2 dB
$60^\circ < \alpha \leq 90^\circ$	- 3 dB
$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	- 4 dB
$15^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	- 5 dB
$0^\circ < \alpha \leq 15^\circ$	- 6 dB
$\alpha = 0^\circ$ (façade arrière)	- 9 dB

Pour chaque portion de façade, l'évaluation de l'angle de vue est faite en tenant compte du masquage en coupe par des bâtiments.

❖ Protection des façades du bâtiment considéré par des écrans acoustiques ou des merlons continus en bordure de l'infrastructure

Tout point récepteur de la façade d'une pièce duquel est vu le point d'émission conventionnel (au niveau du sol sur le bord de la chaussée) est considéré comme non protégé. La zone située sous l'horizontale tracée depuis le sommet de l'écran acoustique ou du merlon est considérée comme très protégée. La zone intermédiaire est considérée comme peu protégée.

Les corrections à appliquer à la valeur d'isolement acoustique minimal sont les suivantes :

Tableau 12 : Valeurs de correction / protection écran acoustique ou merlon

PROTECTION	CORRECTION
Pièce en zone de façade non protégée	0 dB
Pièce en zone de façade peu protégée	- 3 dB
Pièce en zone de façade très protégée	- 6 dB

En présence d'un écran ou d'un merlon en bordure d'une infrastructure et de bâtiments faisant éventuellement écran entre l'infrastructure et la façade du bâtiment étudié, on cumule les deux corrections, sauf si un des deux éléments faisant écran (bâtiment ou écran acoustique ou merlon) masque l'autre. Toutefois, la correction globale est limitée à - 9 dB.

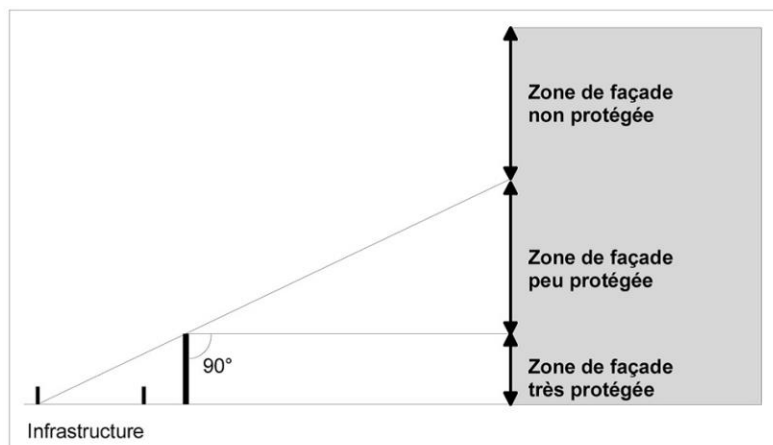


Figure 4 : Schéma de protection des façades du bâtiment considéré par des écrans acoustiques ou des merlons continus en bordure de l'infrastructure

❖ Exposition à plusieurs infrastructures de transports terrestres

Que le bâtiment à construire se situe dans une rue en U ou en tissu ouvert, lorsqu'une façade est située dans le secteur affecté par le bruit de plusieurs infrastructures, une valeur d'isolement est déterminée pour chaque infrastructure selon les modalités précédentes.

La valeur minimale de l'isolement acoustique à retenir est calculée de la façon suivante à partir de la série des valeurs ainsi déterminées. Les deux valeurs les plus faibles de la série sont comparées. La correction issue du tableau ci-dessous est ajoutée à la valeur la plus élevée des deux.

Tableau 13 : Valeurs de correction / cumul plusieurs infrastructures

ECART ENTRE DEUX VALEURS	CORRECTION
Ecart de 0 à 1 dB	+ 3 dB
Ecart de 2 à 3 dB	+ 2 dB
Ecart de 4 à 9 dB	+ 1 dB
Ecart > 9 dB	0 dB

Si le bruit ne provient que de deux infrastructures, la série ne comporte que deux valeurs et la valeur calculée à l'aide du tableau est l'isolement acoustique minimal. S'il y a plus de deux infrastructures, la valeur calculée à l'aide du tableau pour les deux plus faibles isollements est comparée de façon analogue à la plus faible des valeurs restantes. Le processus est réitéré jusqu'à ce que toutes les valeurs de la série aient été ainsi comparées.

La valeur obtenue après correction ne peut en aucun cas être inférieure à 30 dB. Tous les autres logements non directement soumis à l'influence d'une voie routière classée, devront disposer d'un isolement acoustique par rapport aux bruits de l'espace extérieur $D_{nT,A,tr}$ vis-à-vis d'un bruit routier de **30 dB minimum** dans les pièces principales et cuisines.

De plus, dans les zones définies par le plan d'exposition au bruit (PEB) des aérodrômes, l'isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,A,tr}$, minimum des locaux vis-à-vis de l'espace extérieur doit être le suivant :

Tableau 14 : Objectifs d'isolement acoustique de façade / aérodrômes

Zone	Isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,A,tr}$ en dB
Zone A	$D_{nT,A,tr} \geq 45$
Zone B	$D_{nT,A,tr} \geq 40$
Zone C	$D_{nT,A,tr} \geq 35$
Zone D	$D_{nT,A,tr} \geq 32$

Le projet est situé à proximité des voies suivantes classées au sens de l'arrêté du 23 juillet 2013 :

Tableau 15 : Voies classées à proximité du projet

Arrêté préfectoral	Nom de l'infrastructure	Catégorie de l'infrastructure	Largeur du secteur affecté par le bruit
Arrêté préfectoral du 15/05/2017	RN13	1	300 m
	RD613	4	30 m

Le plan présenté à la suite (figure 5) présente un extrait de la cartographie interactive du département de Calvados, avec l'emprise du projet indiquée, réalisée à partir de l'arrêté préfectoral du 15 mai 2017, présentant les voies classées et leur emprise.

Le projet est situé dans les 300 m d'emprise de la RN13 et dans l'emprise des 30 m de la RD613. Le projet n'est toutefois pas dans l'emprise du PEB de l'aéroport Caen-Carpiquet (voir figure 6 page suivante).

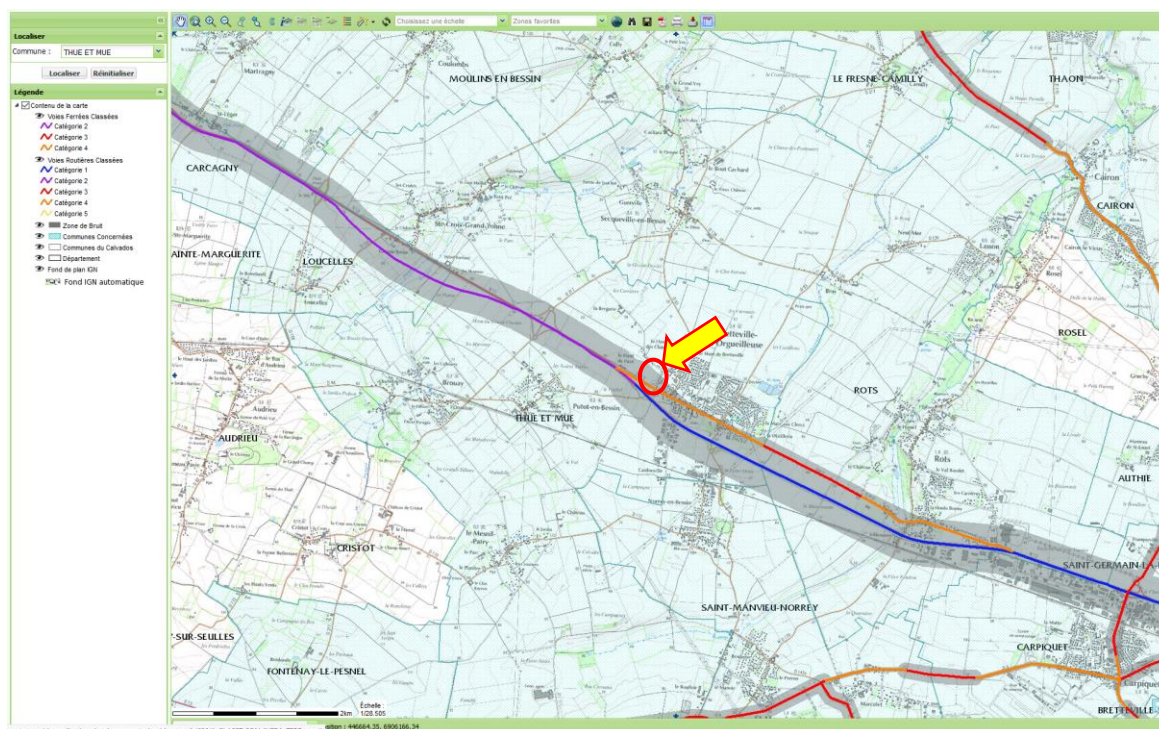


Figure 5 : Extrait du classement sonore des infrastructures de transports terrestres du Calvados avec le projet indiqué

La notion d'isolement acoustique de façade est à dissocier des performances des éléments de façade. Autrement dit, un isolement de 30 dB ne signifie pas nécessairement que les vitrages doivent présenter un indice d'affaiblissement de 30 dB.

Un isolement de façade dépend essentiellement des éléments constitutifs (vitrages, portes, nature des murs, entrée d'air, coffre de volet roulant, ...) et de la proportion de ces divers éléments, ainsi que de la géométrie de la pièce de réception. Les caractéristiques des vitrages (indice d'affaiblissement) dépendront donc de l'isolement à obtenir et de la surface vitrée. De la même manière, à isolements égaux, les baies vitrées d'un séjour très vitré devront être plus performantes qu'une fenêtre de 2 m² par exemple.

La constitution des façades (importance des parties vitrées) et les performances de ces parties vitrées devront donc être étudiées en fonction de la position du bâtiment vis-à-vis des voies environnantes et donc des isolements réglementaires à respecter.

La profondeur des salles de réception, le dimensionnement des vitrages et la présence d'éventuelles entrées d'air ou coffre de volets roulants modifient les isollements acoustiques de façade des locaux, aussi chaque isolement de façade devra être étudié en fonction de ces spécificités et des objectifs fixés.

4.1.4 Arrêté du 6 octobre 1978 relatif à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation contre les bruits de l'espace extérieur

Les normes d'isolation acoustique, dont le respect est exigé par les constructions qui seront autorisées dans les zones de bruit des aérodromes, résultent de l'arrêté du 6 octobre 1978 relatif à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation contre les bruits de l'espace extérieur, modifié par l'arrêté du 23 février 1983.

L'article 2 relatif au bruit des aérodromes, conçu sous l'empire de la directive d'aménagement national relative à la construction dans les zones de bruit des aérodromes de 1977-1981, n'impose que l'isolation des constructions à usage d'habitation exceptionnellement admises en zone de bruit C (norme d'isolation = 35 dB(A)). Cet article sera complété pour préciser les normes applicables pour chaque zone de bruit dans le cadre d'une modification plus large de l'arrêté du 6 octobre 1978.

Dans l'attente de ces modifications, le tableau qui suit présente les recommandations d'isolation acoustique qui ont aujourd'hui valeur de normes pour la zone de bruit C seulement. Ces normes et recommandations devront être portées à la connaissance des candidats constructeurs.

Tableau 16 : Valeurs d'isolement acoustique / zones de bruit

	ZONES DE BRUIT			
	A	B	C	Extérieur immédiat zone C
Constructions à usage d'habitation exceptionnellement admises	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
Locaux d'enseignement et de soins	47 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
Locaux à usage de bureaux ou recevant du public	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)

Le projet est toutefois situé en dehors des zones de bruit de l'aéroport Caen-Carpiquetoisins (voir figure 6 à la suite), il n'y a donc pas de contrainte particulière complémentaire aux objectifs fixés par l'arrêté du 30 mai 1996 concernant l'objectif d'isolement acoustique de façade des bâtiments concernés du projet.



Figure 6 : Plan d'Exposition au Bruit (PEB) avec indication du projet

5 PROTECTIONS ENVISAGEES

Les mesures ont montré qu'une partie du quartier n'était pas à même d'accueillir de l'habitat dans des conditions optimum. Dans ce chapitre, nous rechercherons si la mise en place d'un écran permettrait d'augmenter la zone habitable du projet.

5.1 Principe de traitement

La seule protection acoustique envisageable pour limiter l'impact acoustique d'infrastructures routières consiste à mettre en place un système d'écrans acoustiques.

Sous le vocable d'« écrans acoustiques », on considère aussi bien les écrans acoustiques spécifiques (absorbants ou non) et les merlons dont l'efficacité de perte par insertion est identique dans la mesure où les écrans acoustiques sont étanches, la perte par insertion dépendant essentiellement de la géométrie du problème (distance source-écran, distance écran-récepteur, hauteurs relatives de la source, de l'écran et du récepteur).

Un écran acoustique, pour être efficace, doit posséder les qualités suivantes :

- ses dimensions (longueur, hauteur) doivent permettre d'éviter tout chemin direct entre les sources sonores et la zone à protéger,
- l'environnement où il est placé doit être absorbant afin d'éviter les courts-circuits par les parois situées au-dessus ou sur les côtés de l'écran,
- sa constitution doit assurer un isolement minimum de 20 dB(A) vis-à-vis des sources en présence,
- il doit être ou non absorbant sur une ou deux faces selon l'environnement où il est placé pour ne pas pénaliser la réverbération de la zone qu'il crée.

Afin d'atténuer sensiblement l'impact acoustique des infrastructures routière sur les espaces extérieurs, le système d'écrans acoustiques devra permettre de limiter l'impact sonore des voies routières en dessous de 50 dB(A) sur la plus grande partie possible de la parcelle, tout en restant dans une faisabilité technique et financière..

5.2 Positionnement de l'écran

Pour effectuer les calculs de perte acoustique par insertion d'écrans acoustiques d'hauteurs différentes, nous avons simulé :

- Configuration 1 : La présence d'un écran de 175 m de long en continu situé en limite de la parcelle ZE n°21 et 23 parallèle à la RD613, (voir figure 7 à la suite).
- Configuration 2 : La présence d'un écran de 205 m de long en continu situé en limite de la parcelle ZE n°29 et 32 parallèle à la RN13, (voir figure 8 à la suite).

La hauteur devra être au minimum de 2,5 m, permettant de diminuer les impacts des infrastructures routières classées par l'arrêté du 23 juillet 2013. La RD613 étant en catégorie 4 et la RN13 étant en catégorie 1 (emprise sur 300 m).

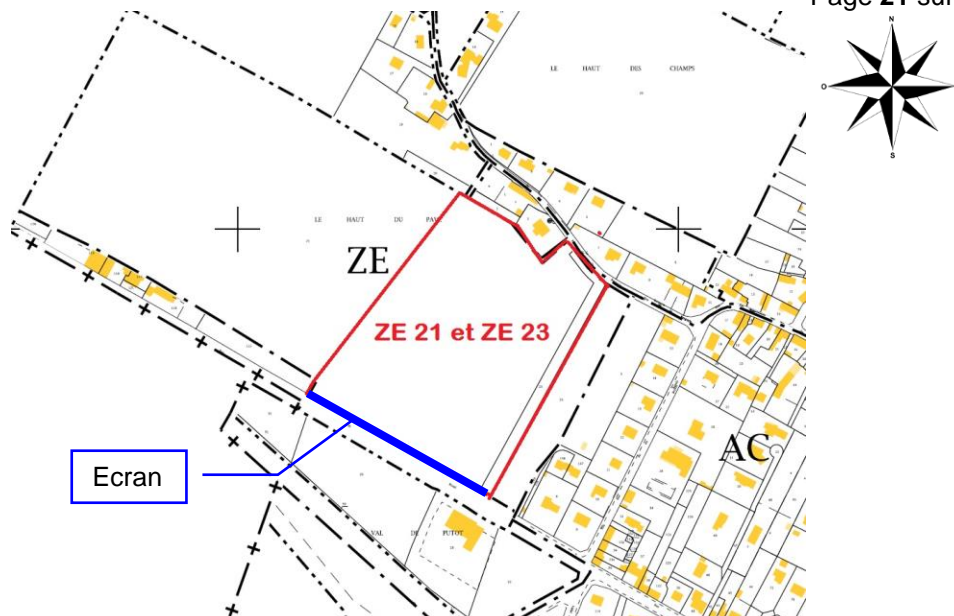


Figure 7 : Plan de positionnement de l'écran prévu dans la configuration 1

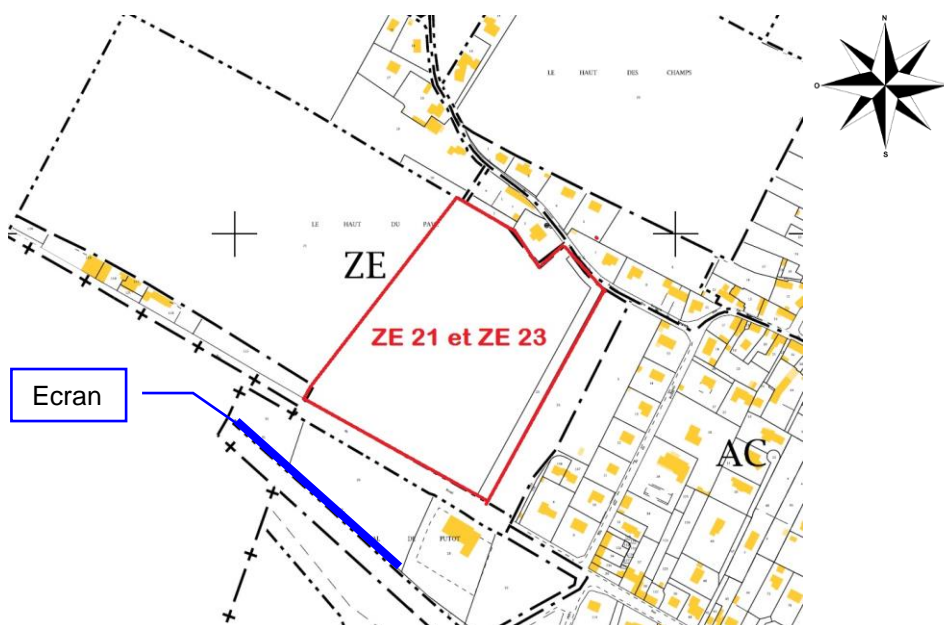


Figure 8 : Plan de positionnement de l'écran prévu dans la configuration 2

5.3 Méthodologie de calculs

Les résultats de calculs sont présentés sous la forme de cartographie sonore réalisée à l'aide du logiciel de prévision CadnaA / DATAKUSTIK qui permet une modélisation de la propagation acoustique dans l'environnement.

Les calculs sont basés sur la norme ISO 9613-2 relative à l'atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre – Partie 2 : méthode générale de calculs, ils sont réalisés en tenant compte de la présence des bâtiments, avec leur hauteur correspondante, de la topographie spécifique du terrain, de la présence éventuelle d'écrans, de la nature du sol et de la météorologie.

Hypothèse : Les mesures ont été effectuées après le confinement, le 20 mai 2020. Suite à une demande d'AMENAGEO, une nouvelle campagne de mesure est prévue. Afin d'avancer sur l'étude d'aménagement avant la réalisation de ces nouvelles mesures, nous avons simulé la mise en place d'un écran, mais en considérant une majoration des niveaux sonores mesurés.

Il faut savoir que le doublement du trafic n'entraînerait qu'une augmentation de + 3 dB(A) sur les valeurs mesurées et que la diminution de la vitesse des véhicules de 20 km/h (différence qui peut exister quand le trafic est plus faible et que les véhicules peuvent donc rouler plus vite) entraînerait une diminution de l'impact sonore de 1 dB(A). Donc **nous considérerons une augmentation de 2 dB(A) des niveaux sonores mesurés.**

5.4 Données de calculs retenues

5.4.1 Données liées à l'absorption et aux réflexions du site

Le sol a été considéré comme réfléchissant ($G = 0$) pour les routes et absorbant ($G = 1$) pour les champs.

Les habitations ont été considérés comme réfléchissants ($G = 0$).

5.4.2 Données topographiques et hauteurs relatives des sources-récepteurs

Les calculs ont été réalisés en considérant les récepteurs à 1,5 m de hauteur et la source considérée à environ 0,5 m.

Les calculs de perte acoustique par insertion ont été effectués pour une hauteur d'écran de 2,5 m et de 3,0 m. La hauteur relative de l'écran correspond à la hauteur vis-à-vis du terrain naturel (TN).

L'écart minimum entre l'altimétrie exacte des infrastructures routières et l'écran devra être constant et ne pas être inférieur à la hauteur minimale d'écran prescrite.

5.4.3 Données météorologiques

La température a été définie à 10°C, l'humidité à 70% et les conditions de vent à 100% favorable sur l'ensemble.

5.4.4 Autres données

La distance maximum de propagation a été définie à 2000 m et le nombre de réflexions maximum à 4.

5.4.5 Cartographies avant et après l'ajout de 2 dB(A)

De manière à pouvoir quantifier l'influence de l'implantation de l'écran acoustique, nous avons été amenés à retrouver le modèle mathématique de la propagation sonore du site actuel.

Ci-dessous, sont représentées les cartographies correspondantes aux mesures effectuées (figure 9) et avec l'ajout de 2 dB(A) sur les deux infrastructures routières (figure 10).

Les ronds noirs et blancs correspondent aux points de mesures effectués sur site.

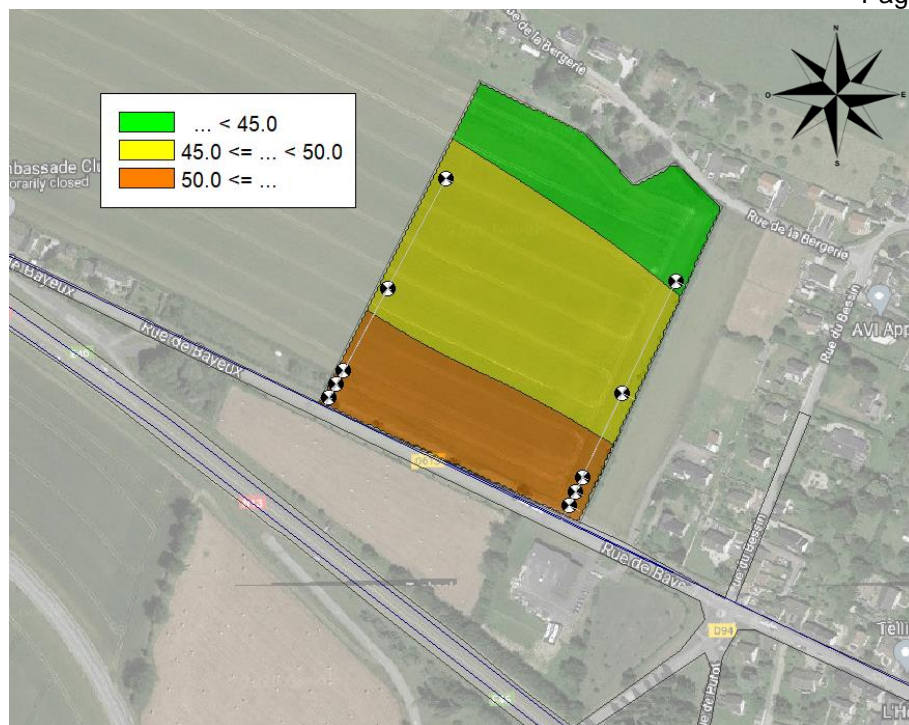


Figure 9 : Cartographie du site selon les mesures effectuées / CadnaA



Figure 10 : Cartographie du site avec l'ajout de 2 dB(A) / CadnaA

5.5 Résultats de calculs

5.5.1 Etude de la hauteur de l'écran

Pour les simulations de traitement, les calculs ont été réalisés selon 2 configurations différentes de positionnement d'écrans à savoir :

- ⇒ **Configuration 1** : positionnement d'un l'écran de 175 m de long sur les parcelles ZE n° 21 et 23 avec un écran de 2,5 m ou 3 m
- ⇒ **Configuration 2** : positionnement d'un l'écran de 205 m de long sur les parcelles ZE n° 29 et 32 avec un écran de 2,5 m ou 3 m



Figure 11 : Cartographie simulation **configuration 1 / écran 2,5 m**



Figure 12 : Cartographie simulation **configuration 2 / écran 2,5 m**



Figure 13 : Cartographie simulation **configuration 1** / écran 3m



Figure 14 : Cartographie simulation **configuration 2** / écran 3m

Les résultats amènent à plusieurs commentaires :

- La mise en œuvre d'un écran acoustique le long des parcelles n° 29 et 32 aura un impact négligeable sur les niveaux sonores de la parcelle.
- La mise en œuvre d'un écran acoustique le long des parcelles n°21 et 23, correspondant à la limite de la ZA, entraînera une diminution sensible de l'ensemble des niveaux sonores sur la parcelle, limitant la zone à des niveaux supérieurs à 50 dB(A).

- La mise en place d'un écran d'une hauteur de 3m paraît indispensable pour que le gain soit significatif.
- Pour permettre une limitation des niveaux sonores en dessous de 50 dB(A) sur l'ensemble de la parcelle, il nous paraît par contre indispensable de prévoir un retour des écrans, dont nous vous présentons les effets dans le chapitre suivant.

5.5.2 Calculs d'un retour de l'écran dans la configuration 1

Ci-dessous, est présentée la cartographie représentant deux retours de chaque côté de l'écran de la configuration 1.



Figure 15 : Cartographie simulation **configuration 1** / retour d'écran

Les résultats amènent à plusieurs commentaires :

- La mise en œuvre d'un écran acoustique de 3 m de haut et de 175 m de long, en limite des parcelles n°21 et 23 associés à deux retours (l'un de 63 m et l'autre de 34 m) le long de la parcelle mais perpendiculaire à la route, permettra de limiter les niveaux sonores à une valeur inférieure à 50 dB(A) sur l'ensemble de la parcelle.

5.6 Conclusions

Afin de limiter l'impact sonores des voies routières à 50 dB(A) au maximum et rendre ainsi l'ensemble de la parcelle aménageable pour du logement, la mise en place d'un écran acoustique de **3,0 m** de haut en limite des **parcelles n° 21 et 23** est indispensable. Il devra être prévu deux retours de cet écran de chaque côté, selon la figure 16 suivante.

Beaucoup de matériaux, à partir du moment où **la jonction des panneaux constitués est réellement étanche**, satisfont à un indice d'affaiblissement acoustique de 20 dB(A). Il est ainsi possible de constituer des écrans bois, vitrés, maçonnés, en pierre ou sous forme de buttes de terre (merlons) dont les pertes d'insertion seront identiques, l'efficacité de l'écran étant essentiellement dépendante de la diffraction sonore sur les bords de l'écran plutôt que de sa constitution ; la hauteur de l'écran étant alors un facteur essentiel du résultat acoustique attendu (cf. annexe III).

Il est aussi possible de constituer des écrans à partir de solutions mixtes : par exemple une butte de terre de 1 m (avec une pente de 45 ou de 60 degrés) et un écran bois ou un mur maçonné avec végétalisation intégrée par exemple, à la condition indispensable de soigner l'étanchéité entre les divers éléments.

Dans tous les cas, la mise en œuvre de l'écran acoustique devra être parfaitement réalisée afin d'éviter toute fuite au niveau des liaisons entre les différents panneaux.

Il est donc nécessaire d'assurer **une totale continuité et donc étanchéité du système d'écrans acoustiques**.

La figure 16, ci-dessous, représente la hauteur et la longueur de l'écran à prévoir sur la parcelle n° 21 et 23.

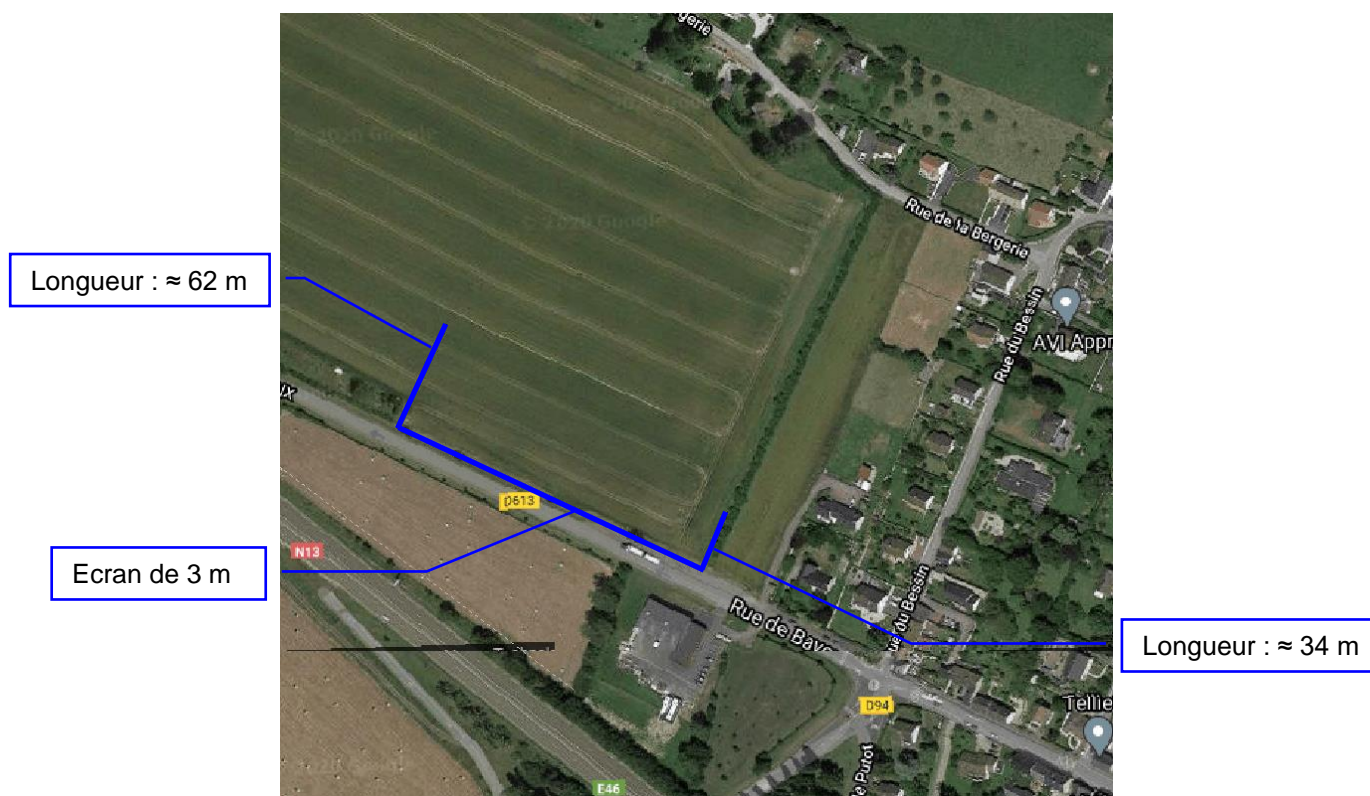


Figure 16 : Ecran final / fond de carte google maps

ANNEXES

Annexe I - Fiches de mesures courtes

Annexe II - Fiches de mesures de décroissances sonores avec la distance

Annexe III – Principe et constitutions d'écrans acoustiques

Annexe I - Fiches de mesures courtes

POINT Z1



Figure 17 : Photo du point de mesures Z1



Figure 18 : Photo de la vue du point de mesures Z1

	Niveaux sonores relevés [dB(A)]					
Période de jour le 20/05/2020 entre 10h41 et 11h02	L _{eq} = 58.0		L ₅₀ = 52.0		L ₉₀ = 49.0	
	L _{max} : 79.5 / L _{min} : 44.0					
Fréquences	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Passage d'un avion et d'une voiture à proximité du point	58.0	58.5	57.0	58.0	54.0	45.5
	L _{eq} = 61.5					
	L _{max} : 68.5 / L _{min} : 52.5					

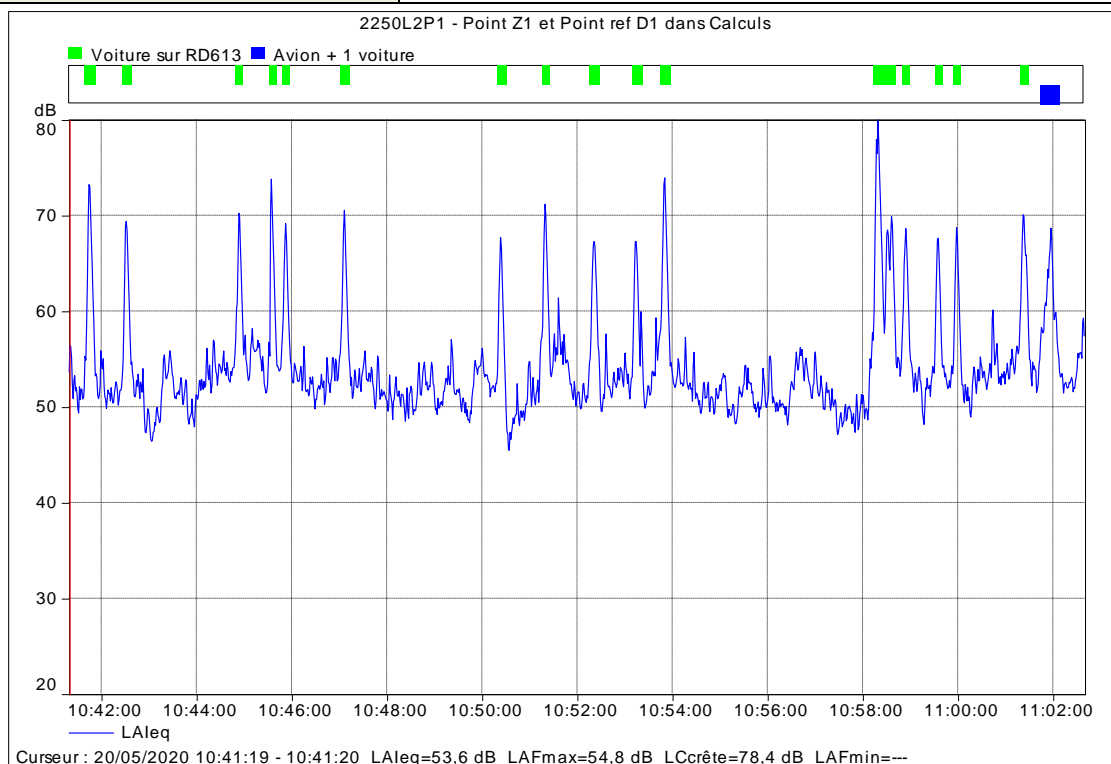


Figure 19 : Histogramme enregistrement point Z1

Observations

Les sources sonores prépondérantes proviennent essentiellement du trafic routier à proximité (RD613 et RN13). Le chant des oiseaux constitue également une source sonore ponctuelle complémentaire au point de mesures. Le passage d'un avion se dirigeant ou en partant vers l'aéroport de Caen-Carpiquet génère un niveau sonore moyen d'environ 61,5 dB(A) lors de son passage (durée audible du passage de 25 secondes) avec un pic à 68,5 dB(A), ce qui reste très faible pour un passage d'avion.

POINT Z2



Figure 20 : Photo du point de mesures Z2



Figure 21 : Photo de la vue du point de mesures Z2

Niveaux sonores relevés [dB(A)]			
Période de jour le 20/05/2020 entre 12h28 et 12h49	$L_{eq} = 45.5$	$L_{50} = 43.5$	$L_{90} = 40.5$
	$L_{max} : 64.5 / L_{min} : 34.0$		

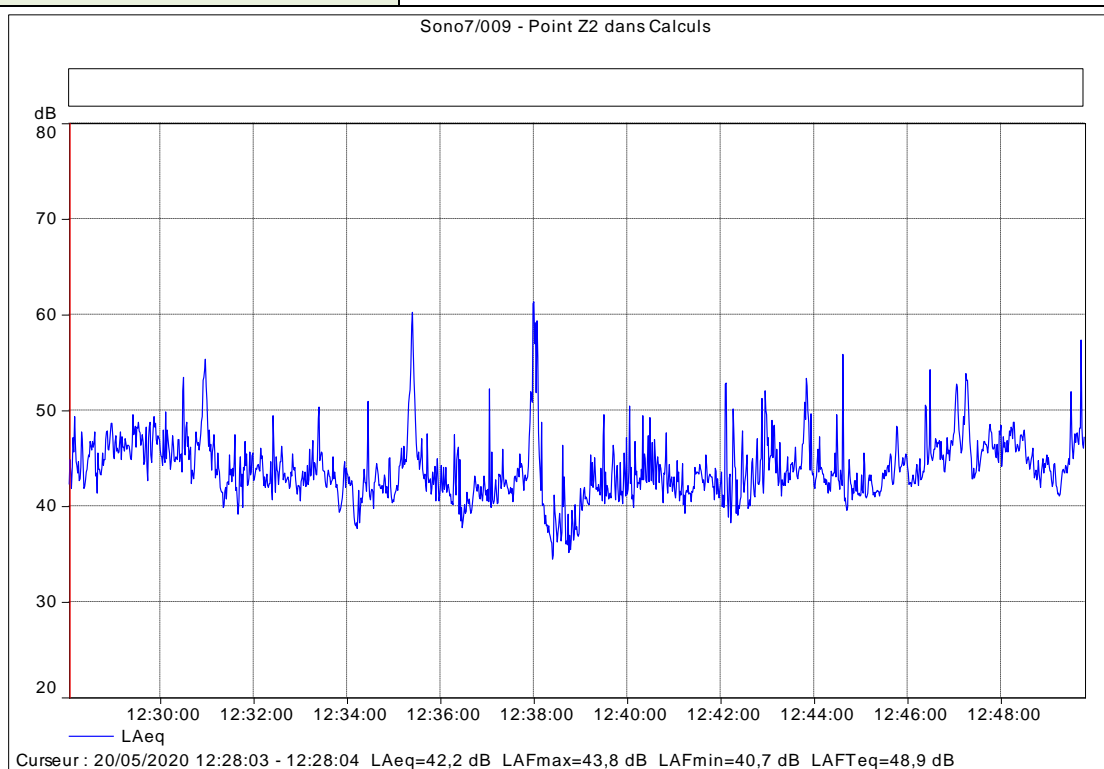


Figure 22 : Histogramme enregistrement point Z2

Observations

Les sources sonores prépondérantes proviennent essentiellement du trafic routier à proximité (RN13 et quelques passages sur la rue de la bergerie). La RD613 n'est pas audible à cette distance. Le chant des oiseaux et le bruit de voisinage constituent également des sources sonores ponctuelles complémentaires au point de mesures.

POINT Z3



Figure 23 : Photo du point de mesures Z3



Figure 24 : Photo de la vue du point de mesures Z3

Niveaux sonores relevés [dB(A)]			
Période de jour le 20/05/2020 entre 12h32 et 12h47	$L_{eq} = 46.0$	$L_{50} = 44.0$	$L_{90} = 41.5$
	$L_{max} : 66.5 / L_{min} : 34.5$		

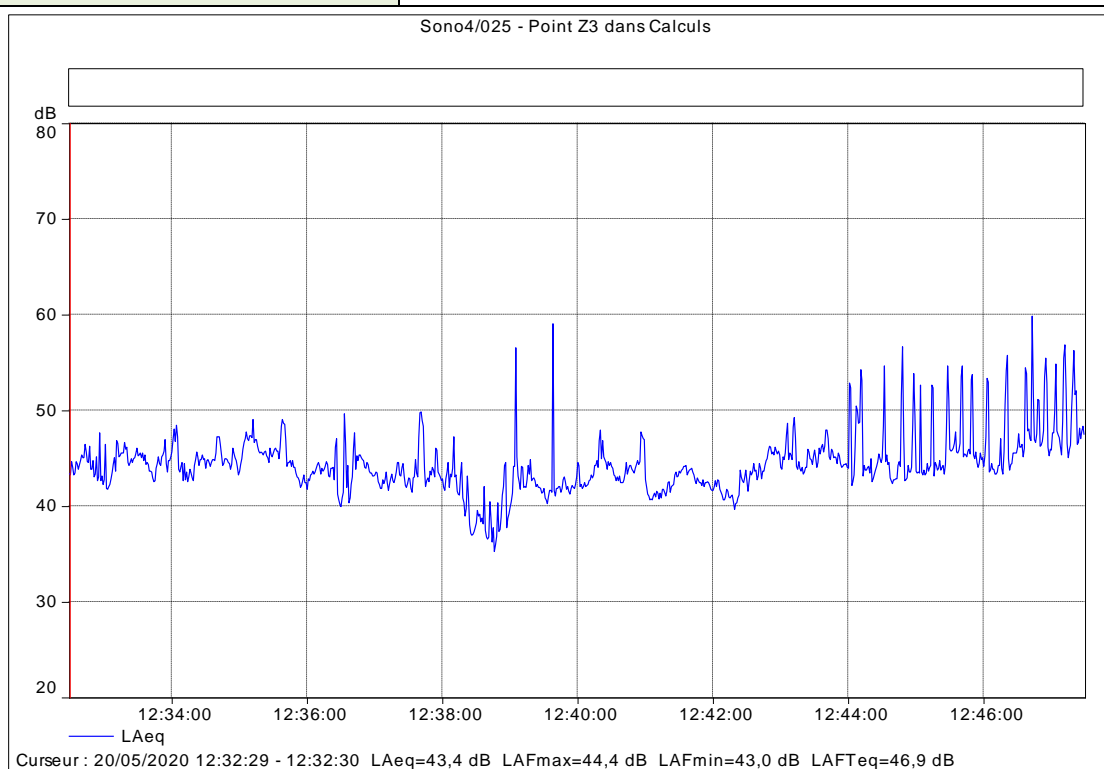


Figure 25 : Histogramme enregistrement point Z3

Observations

Les sources sonores prépondérantes proviennent essentiellement du trafic routier à proximité (RN13 et quelques passages sur la rue de la Bergerie). La RD613 n'est pas audible à cette distance. Le chant des oiseaux et le bruit de voisinage (notamment vers la fin de la mesure) constituent également des sources sonores ponctuelles complémentaires au point de mesures.

POINT Z4



Figure 26 : Photo du point de mesures Z4



Figure 27 : Photo de la vue du point de mesures Z4

Période de jour le 20/05/2020 entre 11h46 et 12h07	Niveaux sonores relevés [dB(A)]		
	$L_{eq} = 57.0$	$L_{50} = 52.5$	$L_{90} = 48.5$
	$L_{max} : 77.0 / L_{min} : 44.5$		

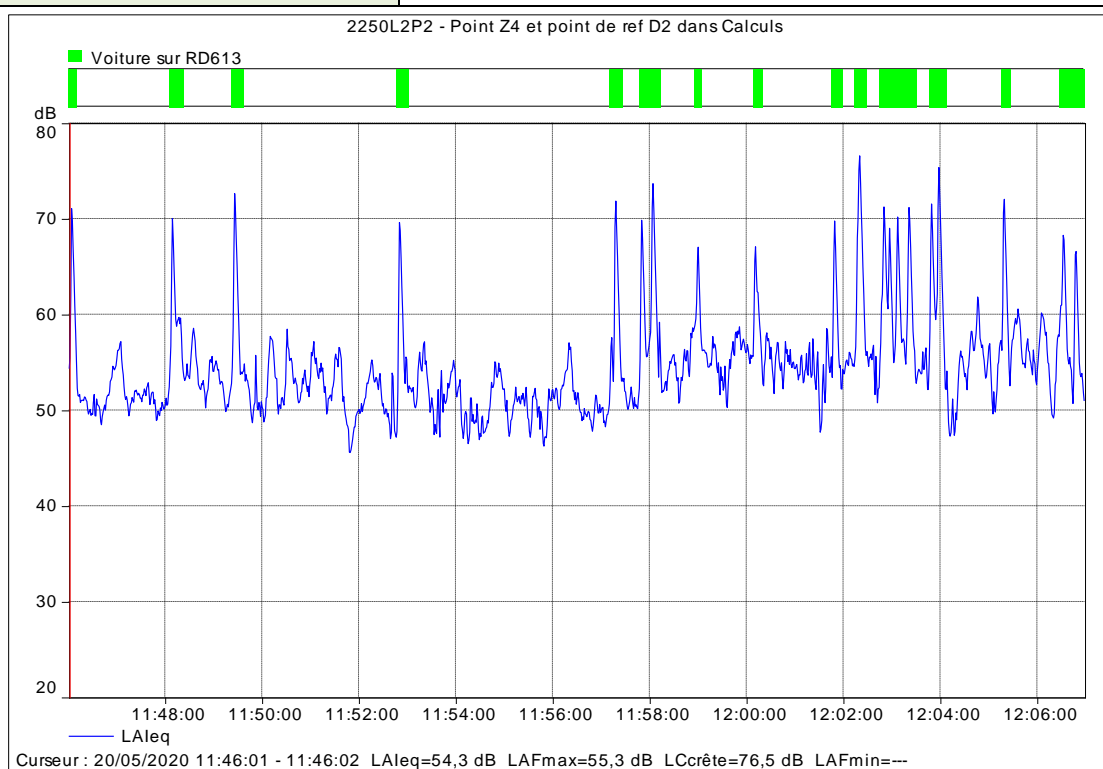


Figure 28 : Histogramme enregistrement point Z4

Observations

Les sources sonores prépondérantes proviennent essentiellement du trafic routier à proximité (RD613 et RN13). Le chant des oiseaux constitue également une source sonore ponctuelle complémentaire au point de mesures.

POINT Z5



Figure 29 : Vue de la référence sur la décroissance 2

	Niveaux sonores relevés [dB(A)]		
Période de jour le 20/05/2020 entre 11h26 et 12h14	$L_{eq} = 49.0$	$L_{50} = 48.5$	$L_{90} = 45.5$
	$L_{max} : 63.0 / L_{min} : 42.0$		

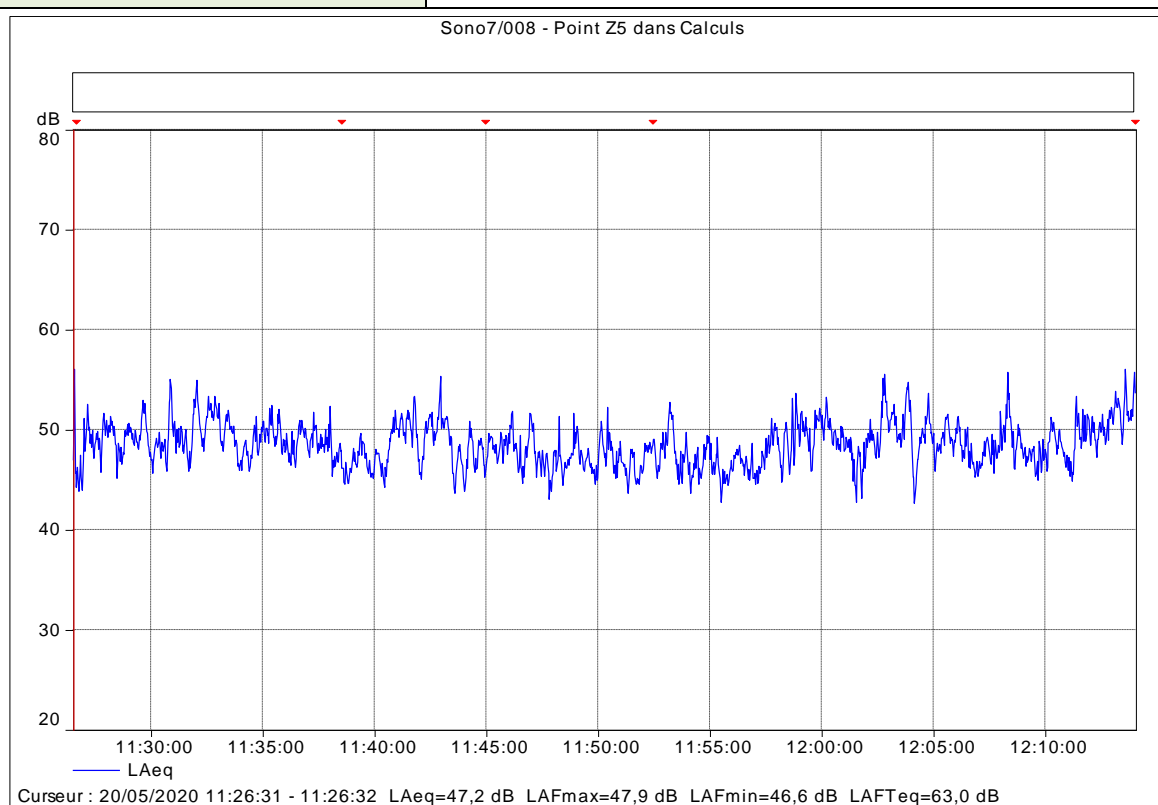


Figure 30 : Histogramme enregistrement point Z5

Observations

Les sources sonores prépondérantes proviennent essentiellement du trafic routier à proximité (RD613 qui est à peine audible et RN13). Le chant des oiseaux constitue également une source sonore ponctuelle complémentaire au point de mesures.

POINT Z6



Figure 31 : Vue de la référence sur la décroissance 1

	Niveaux sonores relevés [dB(A)]		
Période de jour le 20/05/2020 entre 10h32 et 11h10	$L_{eq} = 48.0$	$L_{50} = 46.0$	$L_{90} = 43.0$
	$L_{max} : 64.5 / L_{min} : 38.5$		

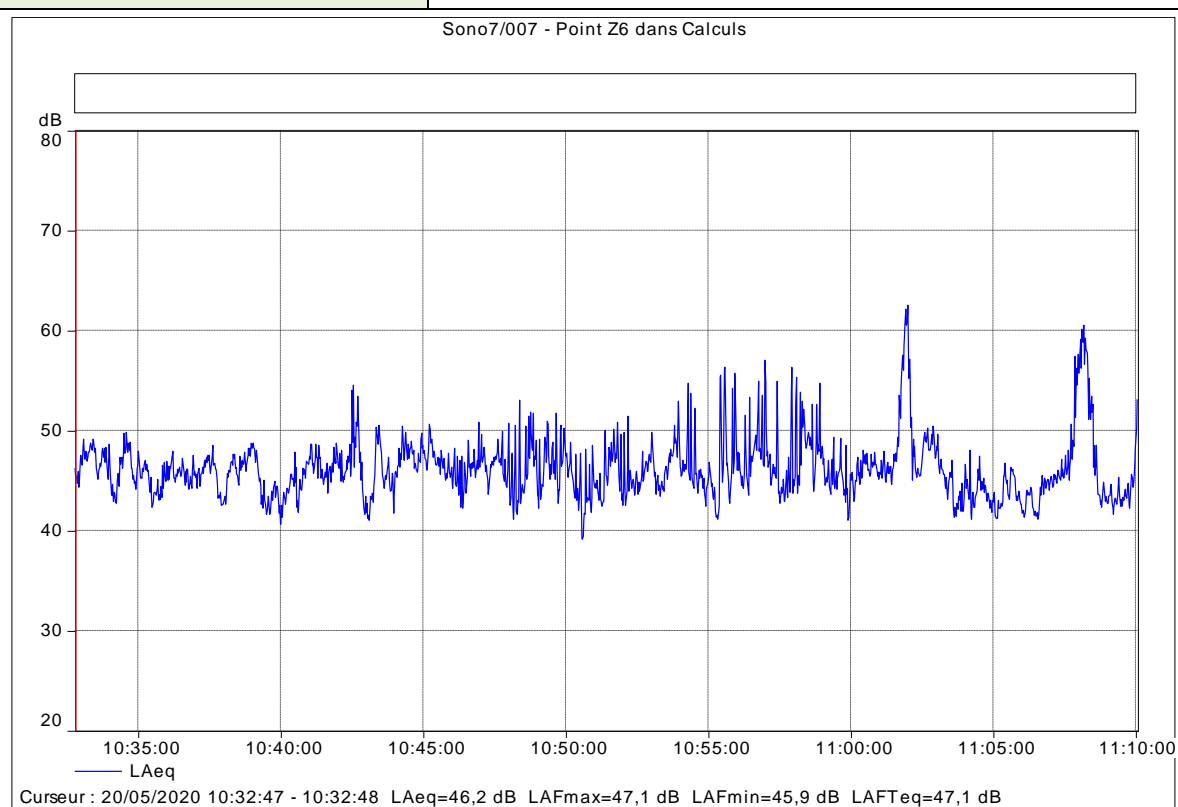


Figure 32 : Histogramme enregistrement point Z6

Observations

Les sources sonores prépondérantes proviennent essentiellement du trafic routier à proximité (RD613 qui est à peine audible et RN13). Le chant des oiseaux constitue également une source sonore ponctuelle complémentaire au point de mesures.

Annexe II - Fiches de mesures de décroissances sonores avec la distance

DECROISSANCE D1 / RN13 et RD613 - terrain naturel



Figure 33 : Photo point de référence à 10 m / RD613



Figure 34 : Photo de la décroissance 1

Distance / RD613	10 m	20 m	30 m	90 m	170 m
Lors d'un passage sur la RD613	64.7	55.0	52.3	47.7	45.2
Distance / RD613	10 m	20 m	30 m	90 m	170 m
Impact de la RN13	51.9	50.5	49.9	47.2	44.8
Distance / RD613	10 m	20 m	30 m	90 m	170 m
D1	57.8	51.8	50.4	47.3	44.9

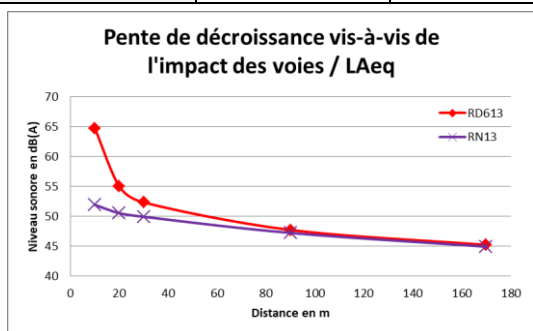


Figure 35 : Impact de la RN13 et de la RD613 aux points de mesures

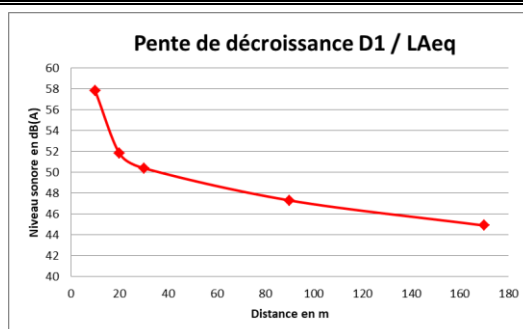


Figure 36 : Pente de décroissance D1

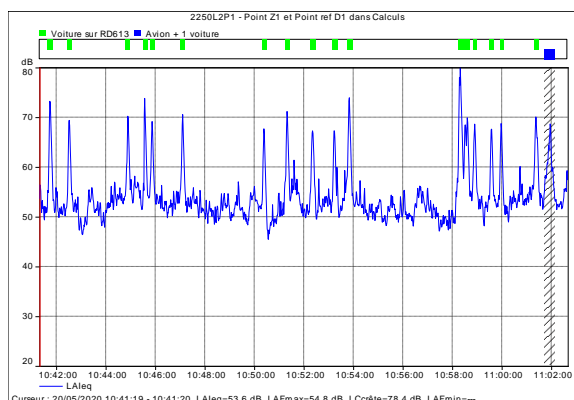


Figure 37 : Histogramme enregistrement point réf.

Pente de décroissance D1 : 2,9 dB(A) par doublement de distance

Remarques :

Le bruit généré par le passage d'un véhicule sur la RD613 commence à se noyer dans le bruit de fond environnant (impact sonore du trafic de la RN13) à partir de 90 m de la voie.

DECROISSANCE D2 / RN13 et RD613 - terrain naturel



Figure 38 : Photo point de référence à 5 m / RD613



Figure 39 : Photo de la décroissance 2

Distance / RD613	5 m	15 m	25 m	85 m	165 m
Lors d'un passage sur la RD613	62.3	55.4	53.2	49.6	46.4
Distance / RD613	5 m	15 m	25 m	85 m	165 m
Impact de la RN13	52.9	51.4	50.7	48.2	45.4
Distance / RD613	5 m	15 m	25 m	85 m	165 m
D1	57.1	52.6	51.3	48.5	45.6

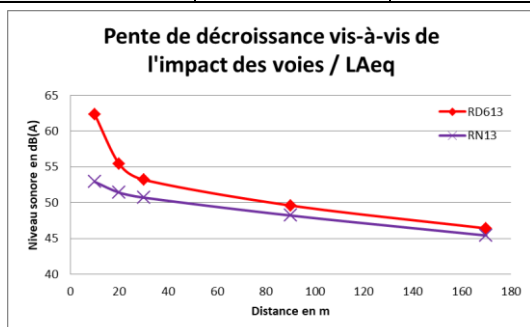


Figure 40 : Impact de la RN13 et de la RD613 aux points de mesures

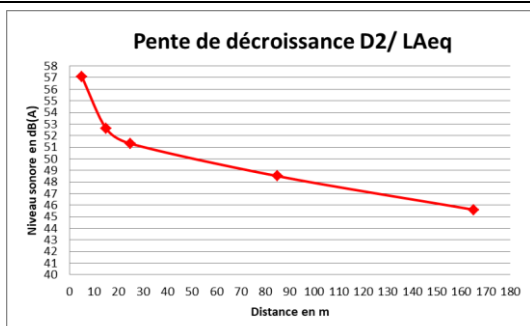


Figure 41 : Pente de décroissance D2

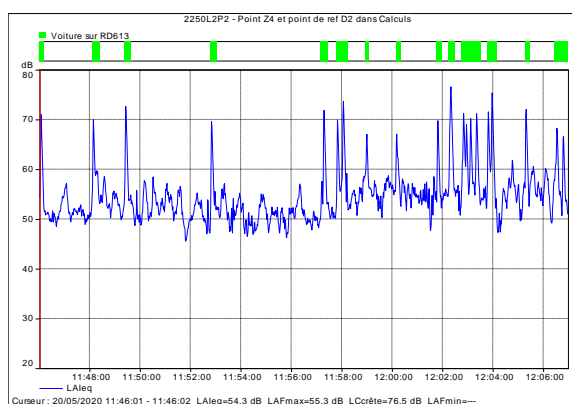


Figure 42 : Histogramme enregistrement point réf.

Pente de décroissance : **2,1 dB(A) par doublement de distance**

Remarques :

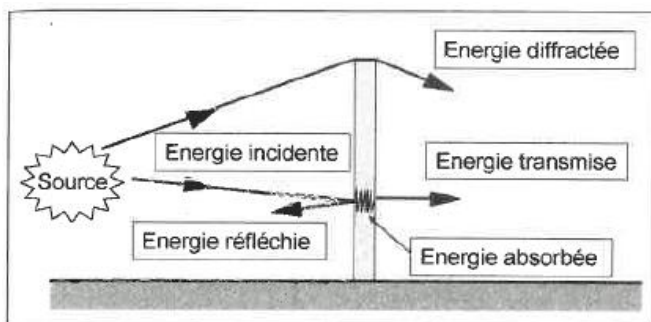
Le bruit généré par le passage d'un véhicule sur la RD613 commence à se noyer dans le bruit de fond environnant (trafic de la RN13) à partir de 85 m de la voie.

Annexe III – Principe et constitutions d'écrans acoustiques

Efficacité acoustique d'un écran

L'énergie acoustique produite par une source (S) se propage dans l'air avant d'atteindre un récepteur (R). En l'absence d'obstacle, elle se propage en suivant un chemin direct S-R.

Si on interpose un obstacle entre la source et le récepteur, la propagation du son est alors modifiée et on peut définir plusieurs trajets élémentaires simples.

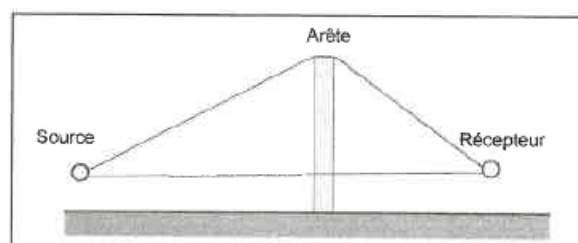


Le niveau sonore perçu derrière l'écran est donc dû à la somme de :

- l'onde transmise à travers l'écran
- l'onde diffractée au sommet de l'écran

Onde diffractée :

C'est elle qui caractérise l'efficacité principale d'un écran. Cette efficacité est directement liée à la hauteur de l'obstacle. L'atténuation due à la diffraction dépend de l'allongement de parcours de l'onde sonore entre une situation avec et une situation sans écran. L'écran sera donc d'autant plus efficace que sa hauteur est grande, que la source de bruit est proche de l'écran, et que le récepteur est proche de l'écran (cf schéma ci-dessous).



L'allongement de parcours est la différence SAR-SR

Onde transmise :

L'énergie transmise dépend des caractéristiques et de l'épaisseur des matériaux qui constituent l'écran. La masse surfacique de l'écran doit être telle qu'elle permette d'obtenir un affaiblissement en transmission suffisant, à condition qu'il n'y ait pas de fuite acoustique, au niveau des joints par exemple.

Niveau sonore perçu derrière écran

Le niveau sonore perçu derrière l'écran est la somme du niveau sonore perçu par transmission et du niveau sonore perçu par diffraction. Pour que l'écran soit efficace, il convient que le niveau sonore perçu par diffraction soit le plus faible possible, et que le niveau sonore perçu par transmission à travers l'écran soit totalement négligeable par rapport à celui perçu par diffraction. L'écart pour cela entre les deux doit être supérieur à 10 dB(A).

Cela veut dire que l'onde transmise doit être la plus faible possible, afin que la personne située derrière l'écran ne perçoive que le bruit provenant par-dessus l'écran.

Différentes constitutions d'écrans acoustiques et de merlons :

- Merlon

Un merlon est un talus de terre qui peut être végétalisé (planté d'arbres ou de végétation). C'est une solution peu coûteuse si l'on dispose de grande quantité de terre excédentaire mais il faut un espace suffisant pour l'assise du merlon qui doit être au minimum du double de la hauteur sans renforcements.

Avantages et inconvénients d'un merlon comme écran acoustique

Avantages d'un merlon	Inconvénients d'un merlon
<ul style="list-style-type: none"> ○ Solution peu coûteuse quand on dispose de grandes quantités de terre excédentaire ○ Aspect naturel qui peut être végétalisé ○ Durée de vie illimitée 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Exige beaucoup de place pour la base du merlon ○ Plus il est haut, moins il est efficace comparé à un écran acoustique mince, du fait de l'éloignement du récepteur au point haut du merlon (plus il est haut plus la base est large) ○ Exige un entretien régulier (fauchage, désherbage, ...) ○ Obstrue le champ de vision.

- Ecran acoustique métallique

Des écrans fabriqués en tôle d'acier ondulée ou profilée peuvent être utilisés comme écrans. Ils seront souvent composés d'une double peau pour avoir une efficacité sur l'onde transmise suffisamment importante.

L'âme centrale pourra être en laine de roche ou en sable par exemple.

Le remplacement d'une des peaux par une tôle perforée à au moins 25 % ou par une grille avec une âme centrale en laine de roche permet d'obtenir de bonnes performances d'absorption et ainsi limiter l'onde réfléchie.

Dans la configuration absorbante, le parement en tôle non perforé devra être d'au moins 1,5 mm (acier) ou 2 mm (aluminium).

Dans la configuration non absorbante, chaque parement en tôle non perforé devra faire au moins 0,75 mm (acier) ou 1 mm (aluminium).

Avantages et inconvénients d'un écran acoustique métallique

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ○ Matériau résistant ○ Pour les écrans absorbants, l'absorption acoustique est performante ○ Nombreux choix de couleur ○ Durée de vie pouvant atteindre 30 ans 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Nécessite un traitement contre la corrosion ○ Nécessite d'être repeint au cours de sa vie ○ Pour les écrans absorbants, le matériau absorbant doit être remplacé régulièrement même avec une feuille hydrofuge de protection ○ Peu de flexibilité sur le façonnage ○ Peu esthétique dans un paysage ○ Obstrue le champ de vision

- Ecran acoustique en béton

Les écrans fabriqués en béton se déclinent dans de nombreuses formes et dimension et offrent une grande liberté de façonnage.

Ils peuvent avoir une face absorbante en réalisant des motifs striés ou gaufrés devant des matériaux absorbants.

Un écran acoustique en béton devra être au minimum constitué d'un parpaing creux de 10 cm enduit une face pour avoir une performance acoustique à l'onde transmise suffisante.

Avantages et inconvénients d'un écran acoustique en béton

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ○ Matériau résistant ○ Peut être autoportant ○ Demande peu d'entretien ○ Pour les écrans absorbants, l'absorption acoustique reste performante ○ Grande flexibilité sur le plan architectural ○ Durée de vie pouvant atteindre 40 ans 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pour les écrans absorbants, les performances sont moindres que les écrans métalliques ou PVC absorbants ○ Peu de choix de couleur ○ Obstrue le champ de vision

- Ecran acoustique en bois

Les écrans acoustiques fabriqués en bois doivent subir un traitement spécifique pour les rendre imputrescibles.

Un écran acoustique en bois non absorbant devra avoir une épaisseur minimale de 27 mm pour avoir une performance acoustique à l'onde transmise suffisante.

Un écran acoustique en bois avec une face absorbante devra avoir une épaisseur minimale du parement plein de 18 mm pour avoir une performance acoustique à l'onde transmise suffisante.

Avantages et inconvénients d'un écran acoustique en bois

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ○ Apparence naturelle assurant une intégration facile dans le paysage ○ Peut être réalisé en version absorbante 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Durée de vie limitée (20 ans) ○ Obstrue le champ de vision

- Ecran acoustique transparent

Les écrans acoustiques peuvent être réalisés en verre ou en plastique transparent. Ils offrent l'avantage de ne pas obstruer la vue, mais leur qualité de transparence peut se dégrader dans le temps (saletés, poussières, condensations, dégradations).

Comme ils ne peuvent pas être absorbants ils ne sont utilisés que dans certaines situations particulières.

Un écran acoustique en verre devra avoir une épaisseur minimale de 6 mm pour avoir une performance acoustique à l'onde transmise suffisante.

Avantages et inconvénients d'un écran acoustique transparent

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ○ N'obstrue pas le champ de vision ○ Durée de vie importante pour le verre ○ Résistant aux rayons ultraviolets 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sensible au vandalisme ○ Non absorbants ○ Les écrans plastiques sont inflammables ○ Peuvent perdre leur transparence avec le temps s'ils ne sont pas entretenus ○ Les écrans en polycarbonate peuvent avoir une durée de vie limitée (sensible aux UV, moins résistant au vent, aux impacts, ...)

- Ecran acoustique en PVC non transparents

Les écrans acoustiques peuvent être réalisés en plastique non transparent (PVC).

Ils peuvent inclure une couche de laine de roche pour être absorbants et sont recyclables.

Un écran acoustique en PVC devra avoir une épaisseur minimale de 18 mm pour la partie pleine pour avoir une performance acoustique à l'onde transmise suffisante.

Avantages et inconvénients d'un écran acoustique en PVC

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ○ Pour les écrans absorbants, l'absorption acoustique est aussi performante que les écrans métalliques ○ Sont réalisés à partir de matériaux recyclés ○ Stabilité des couleurs et résistance aux UV assurant une durée de vie élevée 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Obstrue le champ de vision

- Ecran acoustique en pierre

Les écrans acoustiques peuvent être réalisés en gabion, à savoir sous la forme de casiers/cages métalliques remplis de pierre.

Ils peuvent inclure une quantité importante de sable afin de rendre étanche le complexe et le rendre partiellement absorbant.

Un écran acoustique en pierre type gabion devra avoir une épaisseur minimale d'1 m pour avoir une performance acoustique à l'onde transmise suffisante.

Avantages et inconvénients d'un écran acoustique en PVC

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ○ Matériau résistant ○ Demande peu d'entretien ○ Aspect naturel qui peut être végétalisé ○ Durée de vie importante 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Exige beaucoup de place pour respecter le minimum de performance exigée (largeur 1m) ○ Peu de choix de couleur ○ Obstrue le champ de vision