



E D E I S

C O N S T R U C T I O N D ' U N E C H A U F F E R I E C E N T R A L E À B O R D E A U X

Étude acoustique vis-à-vis du voisinage

Note de synthèse

Nos références : r1709001c-gc3

N° affaire : 2017-137a-gc3

Le 27 septembre 2017.

Nos agences

Angers
Fort de France
Garges-Lès-Gonesse
Labège
Marseille

Rodez
Saint-Denis
Toulouse
Villejust

Siège social

163 rue du Colombier
31670 LABEGE
Tél : +33 (0)5 62 24 36 76

SAS au capital de 320 520 €
Code APE 7112 B
SIRET 450 059 001 000 21

SOMMAIRE

1. PRÉAMBULE.....	3
2. RAPPEL DU CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE.....	4
3. OBJECTIFS.....	4
4. HYPOTHÈSES DE CALCUL.....	5
5. MODÉLISATION INFORMATIQUE.....	6
5.1. Logiciel utilisé.....	6
5.2. Simulation dans l'environnement.....	6
6. TRAITEMENTS ACOUSTIQUES.....	8
6.1. Toiture.....	8
6.2. Parois verticales.....	8
6.2.1. Parois verticales béton.....	8
6.2.2. Parois verticales acier.....	9
6.3. Portes d'accès extérieures.....	9
6.4. Entrées d'air du local chaudières gaz.....	9
6.5. Ventilation Haute et basse du local PAC.....	10
6.6. Ventilation Haute et basse du local pompage.....	10
7. OBJECTIFS ACOUSTIQUES COMPLÉMENTAIRES.....	11
7.1. Équipements supplémentaires local chaudières gaz.....	11
7.2. Cheminée gaz du local chaudières.....	11
7.3. Ventilation haute local Géothermie.....	11
7.4. Ventilation basse local Géothermie.....	11
7.5. Ventilation haute et basse local HT.....	11
8. NIVEAUX SONORES CALCULÉS.....	12
8.1. Niveau de bruit particulier.....	12
8.2. Niveau de bruit ambiant.....	13
9. CONCLUSION.....	13

1. Préambule

Le projet de construction d'une chaufferie centrale rue du commandant Cousteau à Bordeaux est en cours.

Le fonctionnement de la chaufferie centrale devra respecter les objectifs fixés par la réglementation, notamment l'arrêté du 23 janvier 1997 applicable en matière de bruit aérien émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement.

Ce texte réglementaire fixe des contraintes aux équipements techniques de la chaufferie en terme d'émission de bruit dans le voisinage. Le critère utilisé est l'émergence sonore. On appelle émergence sonore la différence entre le niveau sonore en période de fonctionnement des équipements et le niveau sonore qui existe lorsque ceux-ci ne fonctionnent pas. Ce dernier niveau sonore est appelé niveau de bruit résiduel.

La réalisation d'une campagne de mesures sur site durant le mois de juin 2017 a permis de déterminer les valeurs des niveaux de bruit résiduel représentatives du site (cf. rapport r1706004a-gc3 du 19 juin 2017).

Dans ce cadre, M. HUET (*edeis*) a missionné *GAMBA ACOUSTIQUE* afin de réaliser une étude des traitements acoustiques envisageables pour permettre le respect des attentes de l'arrêté du 23 janvier 1997 lors du fonctionnement de la chaufferie centrale.

Le présent rapport rend compte de la réalisation de notre étude et des principes de traitements acoustiques retenus.

Notre étude a été réalisée au début de la conception du projet aussi, nous avons basé nos calculs sur les données acoustiques et plans transmis par notre client à ce stade d'avancée du projet. Le détail des données acoustiques fournies par notre client est présenté dans le corps de ce rapport.

Les éventuelles modifications du projet jusqu'à la finalisation des phases de conception pourront avoir un impact acoustique notamment au niveau du voisinage. L'étude et le dimensionnement des éventuels traitements nécessaires suite à ces modifications ne fait pas parti de notre mission.

Par ailleurs, l'ensemble des traitements acoustiques présentés dans ce rapports pourront avoir un impact sur les aspects structure, thermique et aéraulique du projet. Ces aspects ne faisant pas parti de notre domaine de compétences, les traitements acoustiques présentés devront être validés par un organisme sachant.

2. Rappel du contexte réglementaire

Comme nous l'avons vu en préambule, la réglementation applicable au fonctionnement de la chaufferie centrale est l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement.

Un résumé de l'arrêté du 23 janvier 1997 est fourni en **annexe 2** (se reporter au texte réglementaire pour plus de précisions).

3. Objectifs

La réglementation acoustique en terme de bruit émis par une installation classée dans l'environnement distingue plusieurs périodes temporelles soumises à des contraintes différentes :

- la période diurne (7h à 22h),
- la période nocturne (22h à 7h),
- la période diurne (7h-22h) les dimanches et jours fériés.

Les valeurs des niveaux de bruit résiduel globales retenues pour les Zones à Emergence Réglementée (ZER) ont été déterminées à partir des résultats obtenus aux points de mesure 4 et 6 suite à la campagne de mesures réalisée sur site durant le mois de juin 2017 (cf. rapport r1706004a-gc3 du 19 juin 2017).

Le tableau ci-dessous présente les valeurs utilisées pour la réalisation de notre étude :

Période	Résiduel ZER
Diurne (7h-22h)	37.5 dB(A)
Nocturne (22h-7h)	36.5 dB(A)
Diurne (7h-22h) les dimanches et jours fériés	37 dB(A)

Tableau 3.a : valeurs des niveaux de bruit résiduel globales utilisées.

Le critère acoustique pris en compte par l'arrêté du 23 janvier 1997 est celui de l'émergence sonore.

L'émergence sonore est la différence entre le niveau sonore qui règne lors du fonctionnement de la chaufferie (bruit ambiant) et le niveau sonore qui règne pendant l'arrêt de la chaufferie durant la même période (bruit résiduel).

Lorsque la valeur limite de l'émergence est dépassée, le texte considère qu'il y a présomption de nuisance.

Selon l'arrêté du 23 janvier 1997, les émergences maximales admissibles sont de 6 dB(A) en période diurne (bruit ambiant prévisible supérieur à 35 dB(A) et inférieur à 45 dB(A)) et de 4 dB(A) en période nocturne (bruit ambiant prévisible supérieur à 35 dB(A) et inférieur à 45 dB(A)).

A partir des valeurs du niveau de bruit résiduel retenues, le tableau ci-après présente les objectifs réglementaires en terme d'émergence sonore et en terme de bruit ambiant maximum autorisé :

Période	Résiduel	Émergence réglementaire	Ambiant maximum autorisé
Diurne (7h-22h)	37.5 dB(A)	6 dB(A)	43.5 dB(A)
Nocturne (22h-7h)	36.5 dB(A)	4 dB(A)	40.5 dB(A)
Diurne (7h-22h) les dimanches et jours fériés	37 dB(A)	4 dB(A)	41 dB(A)

Tableau 3.b : objectifs réglementaires.

Ainsi, afin de respecter une émergence sonore globale maximale de 6 dB(A) en période diurne et de 4 dB(A) en période nocturne, le **niveau de bruit particulier** émis par les équipements techniques dans les ZER (Zones à Émergence Réglementée) ne devra pas dépasser les valeurs de :

- 42 dB(A) en période diurne (7h – 22h),
- 38 dB(A) en période nocturne (22h – 7h),
- 39 dB(A) en période diurne (7h – 22h) les dimanches et jours fériés.

La réglementation acoustique en terme de bruit émis par une installation classée dans l'environnement plafonne également les niveaux sonores limites admissibles en limite de propriété à 70 dB(A) en période diurne (7h-22h) et 60 dB(A) en période nocturne (22h-7h).

La chaufferie centrale fonctionnera de manière permanente sur l'ensemble des périodes réglementaires. Aussi, nous avons orienté le dimensionnement des traitements acoustiques en vue du respect de l'objectif le plus contraignant. Il s'agit de l'émergence sonore maximum autorisée durant la période nocturne en limite de propriété du site avec la future aire d'accueil des gens du voyage qui constitue la ZER la plus proche du projet (objectif de bruit particulier à 38 dB(A)).

4. Hypothèses de calcul

Toutes les données exposées dans ce chapitre ont servi de base dans nos calculs. Aussi, l'augmentation d'une ou plusieurs de ces valeurs imposera la reprise des calculs réalisés ainsi que le redimensionnement des principes de traitements acoustiques présentés dans ce rapport.

Les différents équipements techniques envisagés pour le fonctionnement de la chaufferie centrale sont les suivants :

- 6 pompes à chaleur (PAC) modèle 61 XWH ZE installées dans un local technique dédié (données acoustiques fournies par notre client),
- 12 pompes évaporateurs et condenseurs installées dans un local technique dédié (niveau de puissance sonore global indiqué par notre client),
- 4 brûleurs chaudières gaz modèle 13582 kW avec capots acoustiques installés dans le local technique chaudières gaz (données acoustiques fournies par notre client),
- Chaudières installées dans le local technique chaudières gaz (données acoustiques non fournies par notre client),

- Transformateurs installés dans un local technique dédiés (données acoustiques non fournies par notre client),
- Échangeurs géothermie installés dans un local technique dédiés (données acoustiques non fournies par notre client).

Les données acoustiques des équipements utilisées dans nos calculs sont celles qui nous ont été fournies par notre client.

Pour les équipements dont les données acoustiques n'ont pas pu nous être fournies, nous avons fixé des valeurs de niveau de pression sonore maximum à atteindre pour respecter les objectifs acoustiques fixés.

Les niveaux de puissances acoustiques des équipements techniques utilisés dans nos calculs sont répertoriés dans le tableau suivant :

Fréquence en Hz		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global en dB(A)
Équipements										
PAC 61 XWH ZE	Lw rayonné en dB	90,1	90,1	100,5	99,2	101	93	77	77	103,2
Pompes échangeurs et condenseurs	Lw rayonné en dB	47	54,5	65,5	69	71	68,5	65	65	75
Brûleurs chaudières gaz 13582 kW avec capotage acoustique	Lw rayonné en dB	88	83	74,5	88	82	80	79	76	88,5

Tableau 4.a : niveaux de puissance sonore utilisés.

Les valeurs indiquées en rouge dans le tableau ci-dessus correspondent à des hypothèses de niveaux sonores que nous avons défini lorsque le niveau de puissance sonore des équipements n'était que partiellement renseigné.

5. Modélisation informatique

5.1. Logiciel utilisé

Les calculs prévisionnels de propagation des ondes acoustiques dans l'environnement proche de la chaufferie centrale ont été effectués à partir du logiciel *AcouS PROPA*® développé par *GAMBA ACOUSTIQUE*. Ce logiciel permet de réaliser une modélisation informatique en trois dimensions de la géométrie du site. En y incluant les propriétés acoustiques des matériaux entrant en jeu (absorption, indice d'affaiblissement) ainsi que la position, le niveau de puissance et la directivité des sources de bruit, le logiciel permet de calculer le niveau sonore en n'importe quel point du site étudié.

5.2. Simulation dans l'environnement

Nous avons réalisé une modélisation de la chaufferie centrale et de son voisinage proche. Cette modélisation nous a permis de calculer le niveau du bruit particulier émis par le fonctionnement de la chaufferie dans le voisinage et de comparer ces niveaux sonores aux objectifs de bruit particulier fixés.

Après avoir réalisé cette modélisation informatique du site existant, nous avons calculé le niveau sonore obtenu en différents points de réception positionnés dans le voisinage.

Voici une des vues 3D du site ainsi modélisée sous *AcouS PROPA*® :

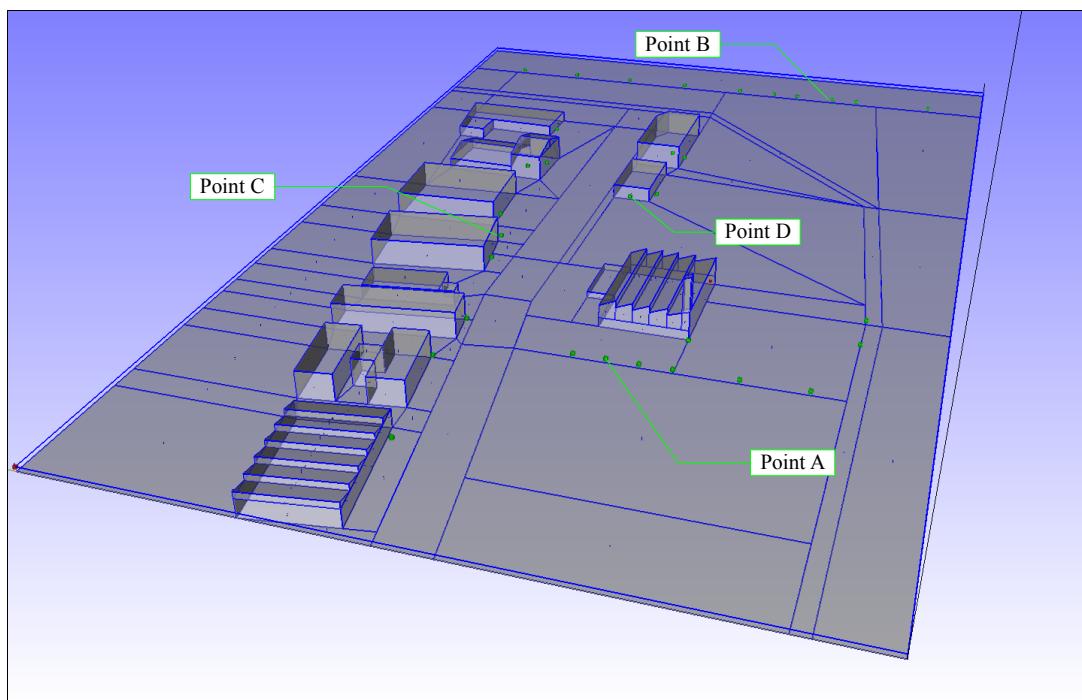


Image 5.2.a. : Vue en 3D de la modélisation dans le logiciel AcouS PROPA®

On représente les points de calcul du niveau sonore (points de réception) d'un cube vert. Ces points sont positionnés en limite de propriété du site, à proximité des ZER (zone à émergence réglementée au sens de l'arrêté du 23 janvier 1997) et en façade des bâtiments riverains.

En chacun des points de réception nous avons calculé le niveau de bruit particulier engendré par le fonctionnement de la chaufferie centrale. Parmi ces points, nous avons retenus quatre points critiques de part leur exposition aux sources sonores du projet. Ces points critiques sont repérés par leurs appellations sur la vue 3D ci-avant, les points A et B sont situés au niveau des ZER les plus proches du projet.

Le point A est situé en limite de propriété du site avec la future aire d'accueil des gens du voyage qui constitue la ZER la plus proche du projet. Ce point correspond à la zone de mesure représentée par le point 4 lors de la campagne réalisée sur site avant travaux (cf. rapport r1706004a-gc3 du 19 juin 2017).

Le point B est situé de l'autre côté de la rue des Queyries par rapport à la chaufferie centrale à proximité de la ZER de logements existants. Ce point correspond à la zone de mesure représentée par le point 6 lors de la campagne réalisée sur site avant travaux (cf. rapport r1706004a-gc3 du 19 juin 2017).

Les points C et D sont situés en façade des bâtiments tertiaires les plus proches de la chaufferie centrale aussi, ces points ne sont pas soumis au respect de l'objectif attendu pour les ZER.

Sans dimensionnement de traitements adaptés, le niveau sonore global engendré par le fonctionnement de l'ensemble des équipements techniques du projet ne permet pas de respecter les objectifs réglementaires attendus. Le niveau sonore global particulier calculé est de 75,5 dB(A) au point A en l'absence de traitements sur les entrées d'air du local chaufferie gaz.

6. Traitements acoustiques

Ce chapitre présente les traitements acoustiques envisagés afin de respecter la réglementation lors du fonctionnement de la chaufferie centrale.

6.1. Toiture

La toiture du bâtiment devra présenter un indice d'affaiblissement acoustique R_A 34 et $R \geq 16$ dB à 125Hz.

De plus, les coefficients d'absorption de la face intérieure de la toiture seront supérieurs ou égaux aux valeurs présentées dans le tableau suivant :

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Coefficient d'absorption acoustique α_{Sabine}	0,4	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7

Tableau 6.1.a. : coefficients d'absorption de la toiture face intérieure.

A titre d'exemple, ces performances pourront être atteintes avec un complexe double peaux acier composé d'un premier parement côté intérieur en tôle acier perforée d'épaisseur 0,75 mm, d'une laine minérale d'épaisseur 30 mm, d'un feutre tendu d'épaisseur 80 mm et d'un deuxième parement côté extérieur en tôle acier pleine d'épaisseur 1,25 mm. Il pourra s'agir d'un système toiture GLOBALROOF CN 125 P de chez *Arval* ou équivalent.

Par ailleurs, un apport de lumière naturelle à l'intérieur des locaux techniques du projet est envisagée en toiture (descriptif avant projet de la maîtrise d'œuvre). La surface transparente devra se limiter aux parties verticales de la toiture shed envisagée. Le complexe mis en œuvre sur cette surface devra présenter un indice d'affaiblissement acoustique R_A 27 et $R \geq 14,5$ dB à 125Hz.

A titre d'exemple, ces performances pourront être atteintes avec un complexe du type DANPALON 16 mm / Lame d'air 40 mm / DANPALON 16 mm de chez *EVERLITE* ou équivalent.

6.2. Parois verticales

6.2.1. Parois verticales béton

Les parois verticales du bâtiment envisagées en béton (jusqu'à 3,5 m de hauteur) devront présenter un indice d'affaiblissement acoustique R_A 53 et $R \geq 41$ dB à 125Hz.

A titre d'exemple, ces performances pourront être atteintes avec des parois verticales en parpaing creux enduit au ciment sur au moins une face ou en béton armé d'épaisseur minimum 180 mm.

Par ailleurs, la totalité de la surface des parois verticales béton, y compris les séparatifs intérieurs, sera revêtue d'un matériau absorbant. Les performances de ce matériau seront supérieures ou égales aux valeurs présentées dans le tableau suivant :

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Coefficient d'absorption acoustique α_{Sabine}	0,4	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8

Tableau 6.2.1.a. : coefficients d'absorption des parois verticales béton.

A titre d'exemple, cette performance peut être atteinte avec un matelas de laine minérale

d'épaisseur minimale 100 mm protégé par une couche de fibre de bois d'épaisseur 10 mm de type Fibraroc A2 FM Clarté de marque *Knauf*, ou équivalent.

6.2.2. Parois verticales acier

Les parois verticales du bâtiment envisagées en acier (à partir de 3,5 m de hauteur jusqu'au point haut du bâtiment) devront présenter un indice d'affaiblissement acoustique R_A 43 et $R \geq 24$ dB à 125Hz.

De plus, les coefficients d'absorption de la face intérieure des parois seront supérieurs ou égaux aux valeurs présentées dans le tableau suivant :

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Coefficient d'absorption acoustique α_{Sabine}	0,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8

Tableau 6.2.2.a. : coefficients d'absorption des parois verticales acier face intérieure.

A titre d'exemple, ces performances pourront être atteintes avec un complexe double peaux acier composé d'un premier parement côté intérieur en tôle acier perforée d'épaisseur 0,75 mm, d'une laine minérale d'épaisseur 75 mm, d'un feutre tendu d'épaisseur 100 mm et d'un deuxième parement côté extérieur en tôle acier pleine d'épaisseur 1,25 mm. Il pourra s'agir d'un système bardage GLOBALWALL CIN 323 L « P » de chez *Arval* ou équivalent.

6.3. Portes d'accès extérieures

Les bloc-portes extérieurs d'accès aux locaux techniques devront présenter un indice d'affaiblissement acoustique R_A 40 dB et $R \geq 25$ dB à 125Hz. Ces bloc-portes pourront être, par exemple, de type M601LS de chez *MALERBA*, ou équivalent.

6.4. Entrées d'air du local chaudières gaz

Les quatre entrées d'air de la façade nord-ouest du local chaudières gaz seront traitées par mise en œuvre de silencieux rectangulaires à baffles parallèles. Le débit d'air considéré pour chaque entrée d'air est de 59 913 m³/h.

Ce principe de mise en œuvre de silencieux sur les entrées d'air du local chaudières gaz, devra impérativement être validé par un organisme sachant dans le domaine thermique et aéraulique. En effet, la mise en œuvre des silencieux est susceptible de dégrader la ventilation du local.

L'atténuation acoustique de chaque silencieux devra être supérieure ou égale aux valeurs présentées dans le tableau suivant :

Fréquence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atténuation acoustique (dB)	6	17	36	41	44	36	23	18

Tableau 6.4.a : atténuation acoustique des silencieux.

A titre d'exemple, cette performance peut être atteinte avec la mise en œuvre de silencieux ayant les caractéristiques suivantes :

1. Largeur : 4100 mm, hauteur : 3000 mm, longueur : 1500 mm.
2. Épaisseur des baffles : 200 mm, épaisseur des voies d'air : 73 mm (15 baffles).
3. Perte de charges : 13 Pa à 59 913 m³/h, vitesse de passage d'air dans les voies

d'air : 5,07 m/s.

4. Masse : environ 1320 kg.

De plus le niveau de puissance du bruit régénéré par chaque silencieux ne devra pas dépasser les valeurs présentées dans le tableau suivant :

Fréquence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lw bruit régénéré par le silencieux (dB)	55	55	45	35	30	30	25	25

Tableau 6.4.c : bruit maximum régénéré par chaque silencieux.

L'ensemble de ces performances acoustiques devront être garanties par le fournisseur.

Pour garantir l'efficacité acoustique des silencieux mis en œuvre sur les entrées d'air du local chaudières gaz, la partie des silencieux située à l'intérieur du local technique en vue des équipements devra être encoffrée.

Le coffrage mis en œuvre autour des silencieux à l'intérieur du local technique (rejet d'air et arrivée d'air neuf) devra présenter un indice d'affaiblissement acoustique $R_A \geq 50$ dB et $R \geq 41$ dB à 125Hz. Cette performance pourra être obtenue avec un coffrage en béton armé d'épaisseur 120 mm minimum. S'il est envisagé la mise en œuvre de parpaings, ils devront obligatoirement être enduit au ciment sur une face.

6.5. Ventilation Haute et basse du local PAC

En considération de surfaces maximum de 1,5 m² pour les deux ouvertures de ventilation (haute et basse) du local PAC, celles-ci devront être traitées par mise en œuvre de grilles acoustiques présentant au minimum les atténuations suivantes :

Fréquence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atténuation acoustique (dB)	4	5	7	10	14	18	14	13

Tableau 6.5.a : atténuation acoustique des grilles.

A titre d'exemple ces performances pourront être atteintes avec des grilles acoustiques du type LD-300 de chez *Boët StopSon* ou équivalent.

6.6. Ventilation Haute et basse du local pompage

En considération de surfaces maximum de 1,5 m² pour les deux ouvertures de ventilation (haute et basse) du local pompage, celles-ci devront être traitées par mise en œuvre de grilles acoustiques présentant au minimum les atténuations suivantes :

Fréquence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atténuation acoustique (dB)	4	5	7	10	14	18	14	13

Tableau 6.6.a : atténuation acoustique des grilles.

A titre d'exemple ces performances pourront être atteintes avec des grilles acoustiques du type LD-300 de chez *Boët StopSon* ou équivalent.

7. Objectifs acoustiques complémentaires

Certains équipements techniques, non pris en compte dans notre étude car non sélectionnés à ce stade du projet, pourront avoir une contribution sonore dans le voisinage. Aussi, nous indiquons ci-après des objectifs acoustiques complémentaires dans le but de respecter le cadre sonore réglementaire.

7.1. Équipements supplémentaires local chaudières gaz

En dehors des quatre brûleurs pris en compte dans notre étude, le niveau de pression sonore engendré par l'ensemble des autres équipements techniques présents dans le local chaudières gaz ne devra pas dépasser 62 dB(A).

7.2. Cheminée gaz du local chaudières

Le niveau de pression sonore engendré lors du fonctionnement des chaudières à 1m de la bouche de sortie du conduit d'évacuation gaz ne devra pas dépasser 65 dB(A).

7.3. Ventilation haute local Géothermie

Le niveau de pression sonore engendré lors du fonctionnement des équipements du local Géothermie à 1m de la grille de ventilation haute du local ne devra pas dépasser 55 dB(A).

7.4. Ventilation basse local Géothermie

Le niveau de pression sonore engendré lors du fonctionnement des équipements du local Géothermie à 1m de la grille de ventilation basse du local ne devra pas dépasser 60 dB(A).

7.5. Ventilation haute et basse local HT

Le niveau de pression sonore engendré lors du fonctionnement des équipements du local haute tension à 1m des grilles de ventilation haute et basse du local ne devra pas dépasser 60 dB(A).

8. Niveaux sonores calculés

8.1. Niveau de bruit particulier

Le tableau ci-dessous présente le niveau de bruit particulier calculé à l'issue de notre étude aux quatre points critiques présentés au paragraphe 5.2.

Fréquence en Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global dB(A)
Point A (ZER)	57,9	42,1	35,2	30,7	25,4	28,3	29,4	32,5	38,2
Point B (ZER)	40,4	28,8	28,3	21,7	18,1	18	14,7	14,7	26,2
Point C	52	40,2	40,8	34,9	32,2	28,2	26	28,9	38,7
Point D	50,3	39,3	37,8	31,4	29,1	30,4	28,9	31,9	38

Tableau 8.1.a : bruit particulier calculé aux points critiques.

Avec la mise en œuvre des traitements présentés, le niveau sonore engendré par le fonctionnement des équipements techniques de la chaufferie permet de respecter l'ensemble des objectifs réglementaires au niveau des ZER à proximité du projet.

La vue 3D ci-après permet de visualiser l'impact sonore lors du fonctionnement de la chaufferie par l'intermédiaire d'un code couleur :

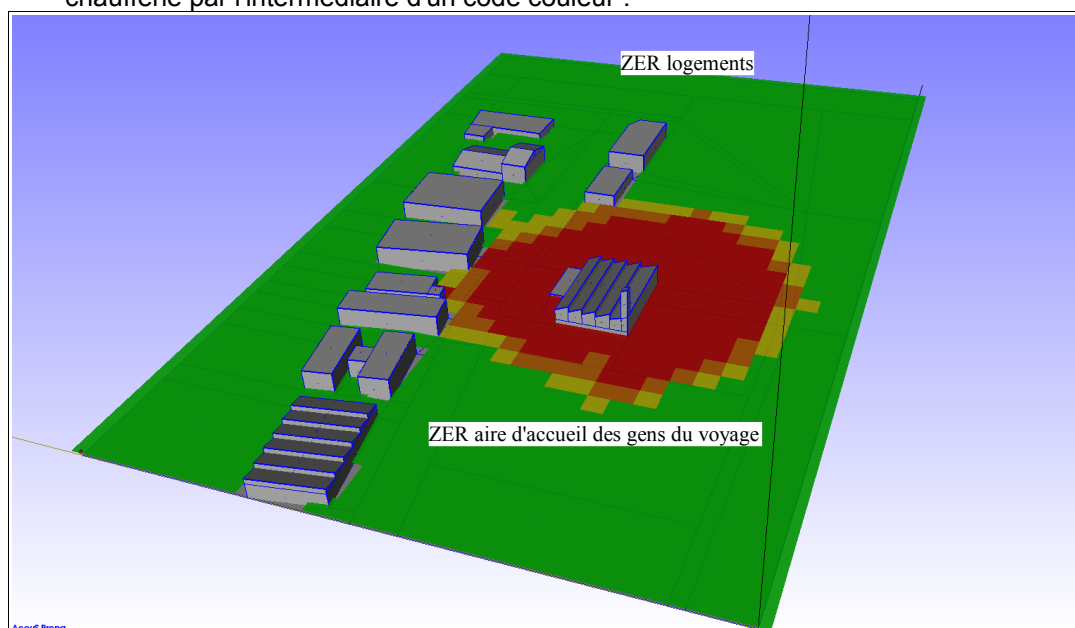


Image 8.1.b. : carte couleur du bruit particulier calculé.

Les différentes couleurs visibles sur la vue 3D ci-dessus correspondent aux niveaux de bruit particulier suivants :

- **ROUGE** : valeurs du niveau de bruit particulier calculées supérieures ou égales à 38 dB(A) (objectif nocturne fixé pour les ZER),
- **ORANGE** : valeurs du niveau de bruit particulier calculées comprises entre 37 dB(A) et 38 dB(A),
- **JAUNE** : valeurs du niveau de bruit particulier calculées comprises entre 36 dB(A) et 37 dB(A),
- **VERT** : valeurs du niveau de bruit particulier calculées inférieures à 36 dB(A).

8.2. Niveau de bruit ambiant

Le tableau ci-dessous présente le niveau de bruit ambiant calculé à l'issue de notre étude aux quatre points critiques présentés au paragraphe 5.2. Ce niveau sonore ambiant est calculé à partir des valeurs du niveau de bruit résiduel retenues (cf. tableau 3.a page 4) et du niveau de bruit particulier calculé (cf. tableau 8. a page 12).

Fréquence en Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global dB(A)
Point A (ZER)	58,2	43,6	38,6	34,7	31,3	29,6	30,1	32,5	40,5
Point B (ZER)	46,7	38,9	36,7	32,8	30,3	24,6	22,7	17,1	36,9
Point C	52,9	42,5	42	36,9	34,2	29,5	27,5	29	40,8
Point D	51,5	41,9	40	35	32,6	31,2	29,7	31,9	40,4

Tableau 8.2.a : bruit ambiant calculé aux points critiques.

Avec la mise en œuvre des traitements présentés, le niveau sonore engendré par le fonctionnement des équipements techniques de la chaufferie permet de respecter l'ensemble des objectifs réglementaires au niveau des ZER à proximité du projet.

9. Conclusion

Le présent rapport rend compte de la réalisation de notre étude et des principes de traitements acoustiques retenus.

Les traitements acoustiques présentés dans ce rapport vont permettre de respecter les objectifs de niveau sonore ambiant de 70 dB(A) en période diurne (7h-22h) et 60 dB(A) en période nocturne (22h-7h) en limite de propriété du site ainsi que les objectifs d'émergence de 6 dB(A) en période diurne et de 4 dB(A) en période nocturne dans les ZER à proximité du projet.

Ainsi, les objectifs de l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif au bruit aérien émis par les installations classées seront respectés lors du fonctionnement de la chaufferie centrale.

G. COUVERCELLE

ANNEXE 1 : DÉFINITIONS ET INCERTITUDES

A. Niveau sonore

Schématiquement, on peut dire qu'une vibration émise dans l'air par une source de bruit provoque au niveau de l'oreille d'un auditeur une variation de pression. L'auditeur perçoit l'intensité de cette variation de pression et les fréquences qui la composent (grave, aigu). L'intensité minimale perceptible est de 10^{-12} W/m², l'intensité maximale est de 1W/m².

Du fait de l'écart gigantesque entre les valeurs minimales et maximales, l'échelle représentative de cette variation est très mal commode. On fait donc appel à une échelle plus pratique, celle, logarithmique, du décibel (dB). On calcule ainsi le niveau sonore :

$$L_{dB} = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

L_{dB} est le niveau sonore en dB dû à l'intensité sonore I . I_0 est le seuil d'audibilité (10^{-12} W/m²).

B. Le dB(A)

En présence d'un bruit un auditeur perçoit l'intensité et la représentation en fréquence (grave, aigu) de ce bruit. En principe à chaque fréquence est associée un niveau sonore. Pour parfaitement décrire un bruit, il faudrait donc connaître son niveau pour chacune de ses fréquences. Une telle description est bien entendue lourde. Pour simplifier la description, on calcule donc une valeur qui est la somme des valeurs des intensités à chaque fréquence pondérées par un terme représentatif de la sensibilité de l'appareil auditif humain à chaque fréquence. A partir de cette valeur d'intensité, on calcule un niveau sonore qui est le niveau exprimé en dB(A).

C. Niveau sonore continu équivalent, L_{A50} et L_{A90}

Le niveau sonore continu équivalent est le niveau sonore pondéré A d'un bruit continu stable qui au cours de la même période produirait la même énergie que le bruit analysé.

C'est donc, sur la période considérée, le niveau sonore associé à la moyenne des intensités instantanées. On le note L_{eq} .

Les sonomètres stockeurs (tel que le SIP95 par exemple), sont munis d'un système intégrateur qui calcule les L_{eq} successifs sur une durée minimum de base (pour les mesures présentées dans ce document, la durée minimum est de 1s).

$$L_{eqi} = 10 \log \left(\int_0^{T_0} \left(\frac{I(t)}{I_0} \right) dt \right) , \text{ ici } T_0 \text{ vaut } 1s. I(t) \text{ est l'intensité sonore à l'instant } t.$$

Ces L_{eqi} sont stockés en mémoire au fur et à mesure de leur arrivée, et l'affichage de leur valeur permet de construire les évolutions temporelles telles que celles présentées dans ce document.

La moyenne des intensités associées à ces L_{eqi} sur la durée de mesure, permet le calcul du L_{eq} sur la durée totale de la mesure.

$$L_{eq,T} = 10 \log \left(\sum_{i=T_0}^{T_0} \left(\frac{T_i}{T} \right) 10^{\frac{L_{eqi}}{10}} \right)$$

ici T_0 est la durée d'intégration de base: 1 s.

T est la durée de mesure : par exemple 9 h (entre 7 et 22 h). L_{eqi} est le ième L_{eq} , donc celui qui a été intégré à la date $(i-1)T_0$ après le début de la mesure et significatif des événements survenus entre la date $(i-1)T_0$ et iT_0 après le début de la mesure.

Le LA50 est le niveau sonore dépassé pendant 50% du temps qu'a duré la mesure de L_{eq} . Ce niveau est donc significatif du bruit moyen.

Le LA90 est le niveau sonore dépassé pendant 90% du temps qu'a duré la mesure de L_{eq} . Ce niveau est donc significatif du bruit de fond.

D. Émergence sonore, bruit particulier, bruit ambiant, bruit résiduel

On appelle émergence sonore la différence arithmétique entre le niveau sonore qui règne lors du fonctionnement d'une installation donnée telle qu'un bar, une discothèque, un équipement technique, ... (bruit ambiant) et le niveau sonore qui règne normalement les autres jours durant la même période ou qui régnerait si l'équipement n'était pas utilisé (bruit résiduel).

Par définition, le bruit ambiant est la somme logarithmique entre le bruit résiduel et le bruit propre de l'installation considérée que l'on appelle bruit particulier.

E. Indice d'affaiblissement acoustique

L'indice d'affaiblissement acoustique d'un ouvrage (mur, plancher, fenêtre) est la grandeur qui caractérise son aptitude à atténuer la transmission du bruit. Cet indice est mesuré en laboratoire en l'absence de toutes transmissions latérales. Il est noté R.

Il est mesuré pour différentes bandes de fréquence puis est calculé en dB(A) pour un spectre d'émission donné (bruit rose par ex.).

F. Incertitude

En général, sous réserve d'une contre précision dans le corps du texte, tous les résultats affichés dans le présent rapport le sont avec les incertitudes suivantes :

- Isolement : ± 3 dB(A) et par bandes de fréquences :

63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
± 8 dB	± 6 dB	± 5 dB	± 4 dB	± 3 dB	$\pm 2,5$ dB	$\pm 2,5$ dB

- Niveaux sonores : ± 3 dB(A) et par bandes de fréquences :

63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
± 8 dB	± 6 dB	± 5 dB	± 4 dB	± 3 dB	$\pm 2,5$ dB	$\pm 2,5$ dB

- Durée de réverbération : ± 15 %
- Critères acoustiques de salles (D50, C80, Rasti,...) incertitudes inconnues : il s'agit de critères qui n'ont pas vocation à être mesurés mais qui sont une aide à l'orientation des choix de traitements acoustiques.

ANNEXE 2 : RÉSUMÉ DE L'ARRÊTÉ DU 23 JANVIER 1997

L'arrêté du 23 janvier 1997 relatif aux bruits aériens émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation détermine la méthodologie à mettre en oeuvre pour l'évaluation des effets sur l'environnement des bruits aériens émis par une ou plusieurs sources sonores appartenant à une installation classée pour la protection de l'environnement.

Cet arrêté considère qu'il y a présomption de nuisance acoustique lorsqu'une des conditions ci-dessous est vérifiée :

- Les niveaux limites admissibles¹ (L_{limite}) en limite de propriété de l'installation indiqués dans l'arrêté préfectoral d'autorisation, déterminés comme indiqué ci-après, sont dépassés ;
- L'émergence (e) dans la zone à émergence réglementée, par rapport au niveau de bruit résiduel (L_r) dépasse une certaine valeur dépendant de la période considérée et du niveau de bruit ambiant comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée (incluant le bruit de l'établissement)	EMERGENCE admissible pour la période diurne allant de 7h à 22 h sauf dimanches et jours fériés	EMERGENCE admissible pour la période nocturne allant de 22 h à 7 h ainsi que les dimanches et jours fériés
Supérieur à 35 dB(A) et inférieur à 45 dB(A)	6 dB(A)	4 dB(A)
Supérieur à 45 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Tableau A.2.a : émergence.

Les zones à émergence réglementée figurent dans l'arrêté préfectoral d'autorisation.

La méthodologie d'évaluation de gêne consiste à :

- **Définir une période de référence** qui englobe la phase la plus bruyante, et soit représentative des cycles de fonctionnement de l'installation incriminée,
- **Définir le niveau limite ambiant** par mesure du niveau continu équivalent $L_{Aeq(t1,t2)}$ pendant la période de référence lors du fonctionnement de l'installation incriminée en limite de propriété,
- **Évaluer le niveau de bruit résiduel L_r** , par mesure du bruit lorsque l'installation est à l'arrêt durant la période de référence,
- **Évaluer le niveau de bruit ambiant L_a** par mesure du niveau continu équivalent $L_{Aeq(t1,t2)}$ pendant la période de référence lors du fonctionnement de l'installation incriminée,
- **Définir l'émergence e^2 :**

$$e = L_a - L_r$$

¹ Les niveaux limites admissibles en limites de propriété sont déterminés dans l'arrêté préfectoral d'autorisation de manière à respecter l'émergence dans les zones à émergence réglementée. Néanmoins, ils sont plafonnés et ne peuvent excéder 70 dB(A) en période diurne et 60 dB(A) en période nocturne sauf si le niveau de bruit résiduel est supérieur à cette limite pour la période considérée

² Dans le cas où la différence $L_{Aeq} - L_{50}$ est supérieure à 5 dB(A), on utilise comme indicateur d'émergence la différence entre les indices fractiles L_{50} calculés sur le bruit ambiant et le bruit résiduel. L'indice fractile L_{50} représente le niveau sonore dépassé pendant 50 % du temps d'observation.

- **Évaluer** si le bruit particulier de l'installation comporte des sons à **tonalité marquée**.

La tonalité marquée est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octave quand la différence de niveau entre la bande de tiers d'octave considérée et les quatre bandes de tiers d'octave les plus proches (les deux bandes immédiatement inférieures et les deux bandes immédiatement supérieures) atteint ou dépasse les niveaux indiqués dans le tableau ci-après :

Cette analyse se fera à partir d'une acquisition minimale de 10 secondes		
50 Hz à 315 Hz	400 Hz à 1250 Hz	1600 Hz à 8000 Hz
10 dB	5 dB	5 dB

Tableau A.2.b : tonalité marquée.

En cas de présence de sons purs, la durée totale d'apparition ce dernier ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne et nocturne.

Nota : il peut y avoir présomption de gêne même lorsque l'installation respecte le critère d'émergence dans les zones à émergence réglementée (Z.E.R.).