

Avec le soutien de :



COLLOQUE GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Du 15 au 17 février 2023

à l'ENSEGID - Bordeaux INP

Forage thermal F4-Angiboust – Ville de Rochefort

Morgan LE LOUS^(1*) ; Julien BODINIET⁽¹⁾ ; Paulo AGUAS⁽²⁾ ; Guillaume MICHAUD⁽³⁾

(1) Antea Group, 61 rue Jean Briaud – CS 60054, 33692 MERIGNAC CEDEX

(2) Société thermale de Rochefort, 15 avenue Camille Pelletan, 17300 ROCHEFORT

(3) Ville de Rochefort, 119 rue Pierre Loti, BP 60030, 17300 ROCHEFORT



1 - Intervenants

• **Maître d'ouvrage** : *Ville de Rochefort*
Guillaume MICHAUD



• **Maître d'œuvre** : *Antea Group*
Morgan LE LOUS



• **Titulaire du marché** : *Forages Massé*
David BOURDON



• **Coordonnateur sécurité** : *Apave*
Christophe LARGE



Prestataires et sous-traitants

Diagraphies : *Hydro Invest*

Soudure tubages inox : *Hydro Assistance
Ingénierie*

Déviation et Liner Hanger : *Mustang Services*

Prélèvements de fond : *Leutert et Petro LS*

Analyses laboratoire : *PanTerra et Laboratory
Hydrology Environment*

Suivi acoustique : *Antea Group et SynAcoustique*

1 - Intervenants – Antea Group

Un des leaders français de l'ingénierie de l'eau



En France



110 M€

chiffre d'affaires 2021



850

collaborateurs

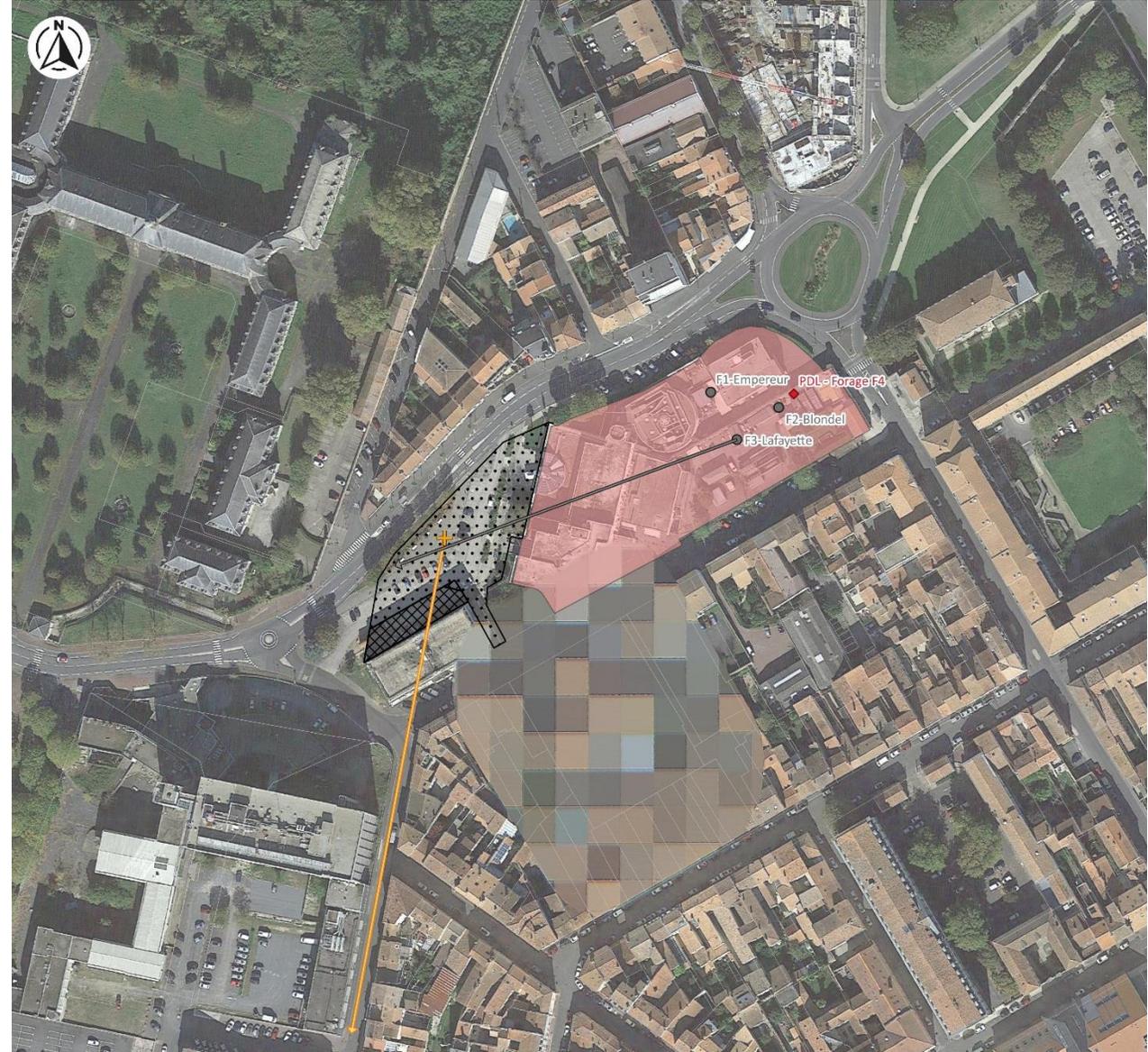


31

Implantations en France

2 - Objectif des travaux

- **Ressource actuelle des thermes (3 forages) :**
 - F1-Empereur : rebouché en 2009
 - F2-Blondel : non exploité depuis 2020
 - F3-Lafayette : débit de 50 m³/h
 - **Besoins des thermes :**
 - Débit de 100 m³/h assuré grâce à la capacité de stockage
 - Forage de secours en cas de défaillance
- ⇒ **Création d'un forage F4 permettant d'assurer dans un premier temps un secours au débit cible de 50 m³/h voire 65-70 m³/h**



3 – Forage - Technique



Schéma d'un rotary de forage

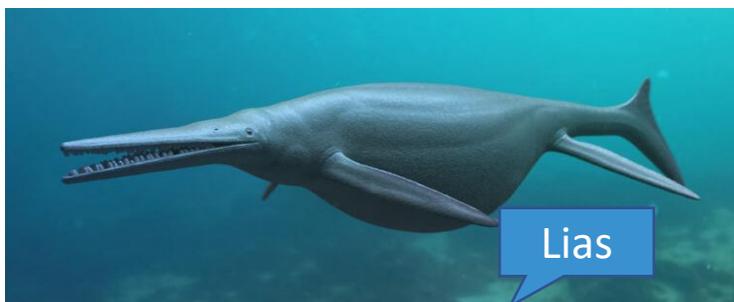
Principe du rotary à la boue:

- Un trépan broie la roche par un mouvement de rotation, transmis depuis la surface par l'intermédiaire d'un train de tiges
- La boue, injectée dans les tiges de forage, permet de remonter les déblais à la surface via l'espace annulaire ainsi que de consolider les parois du forage
- La boue, une fois les particules solides retirées par filtration, est injectée de nouveau dans les tiges (circulation fermée)

4 – Réservoir cible

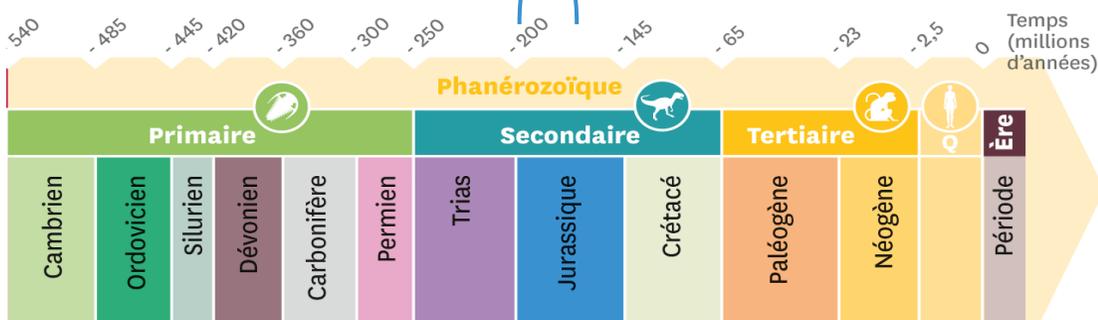
• Réservoir Infra Lias :

- approx. 200 Ma (Jurassique inférieur)
- Grés, calcaires, dolomies
- 4^e grande extinction massive (75% des espèces marines)

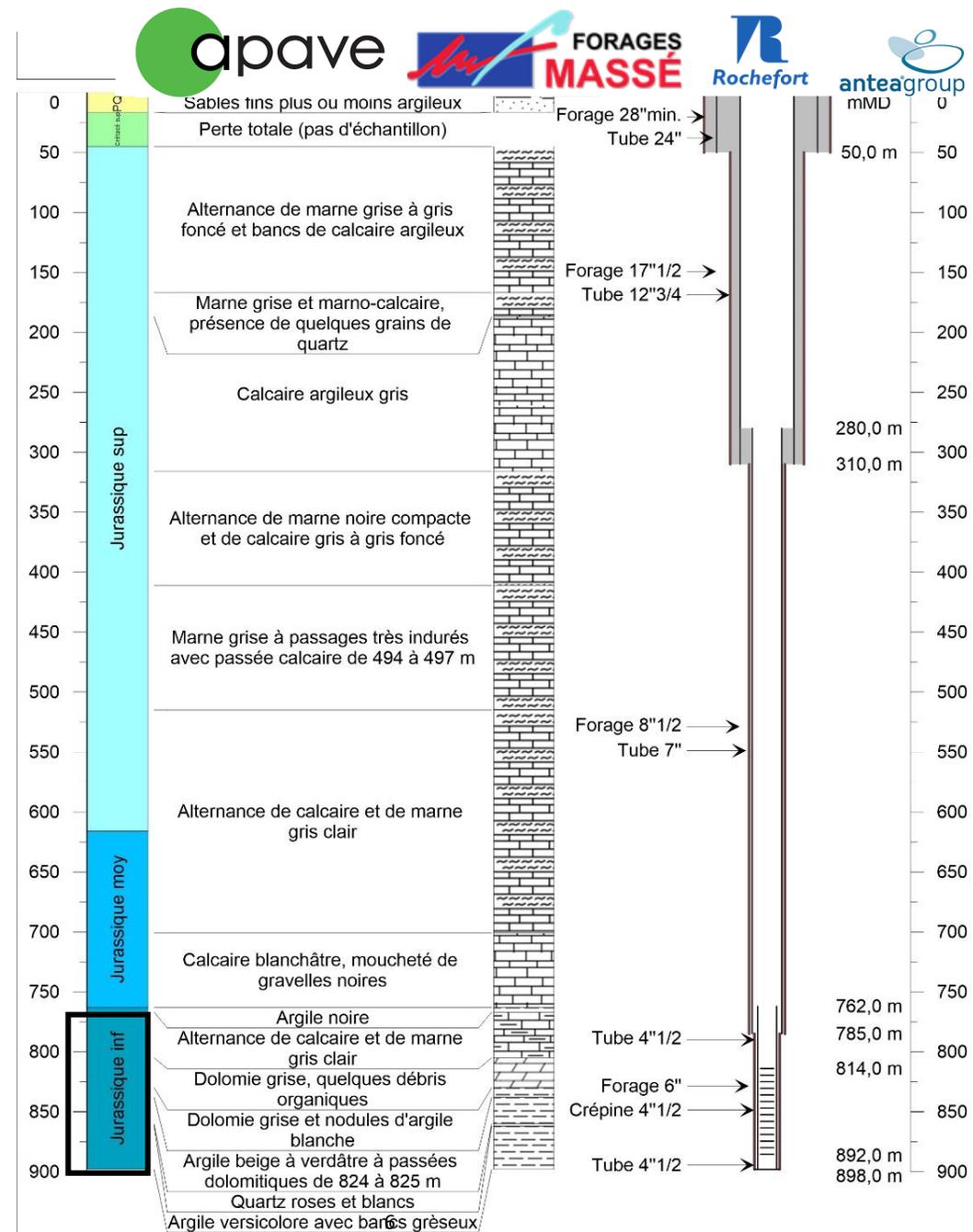


Ichtyosaure, le premier animal géant ayant vécu sur Terre :

- 17 m de long, 41 tonnes ;
- vertébrés tétrapodes,
- vivipares ;
- possédant des poumons.



Echelle des temps géologiques



Coupe technique du forage

5 – Choix de l’emplacement

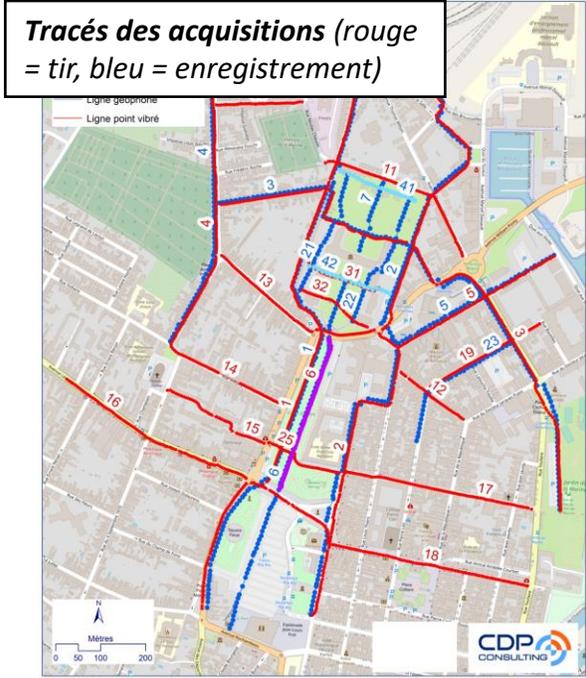
→ La campagne géophysique de 2019 a permis d’identifier les zones de plus fortes épaisseurs dans l’Infra Lias



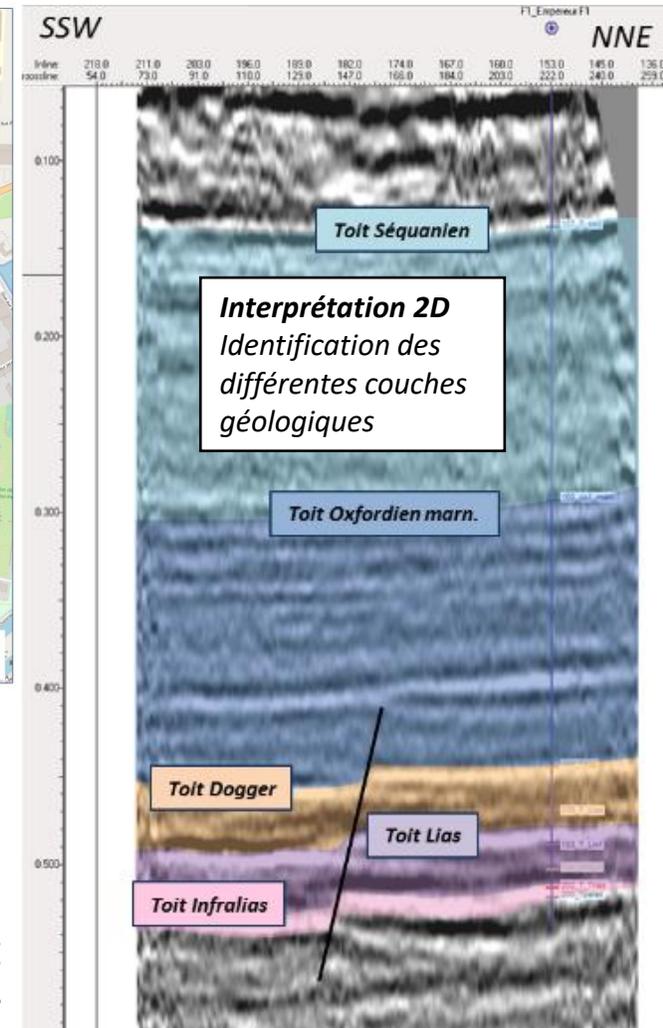
Alignement de géophones (sol tendre)

Boitier et géophone (sol dur)

Les boitiers, reliés à un géophone, enregistrent les tirs émis par un camion vibreur de 6 tonnes

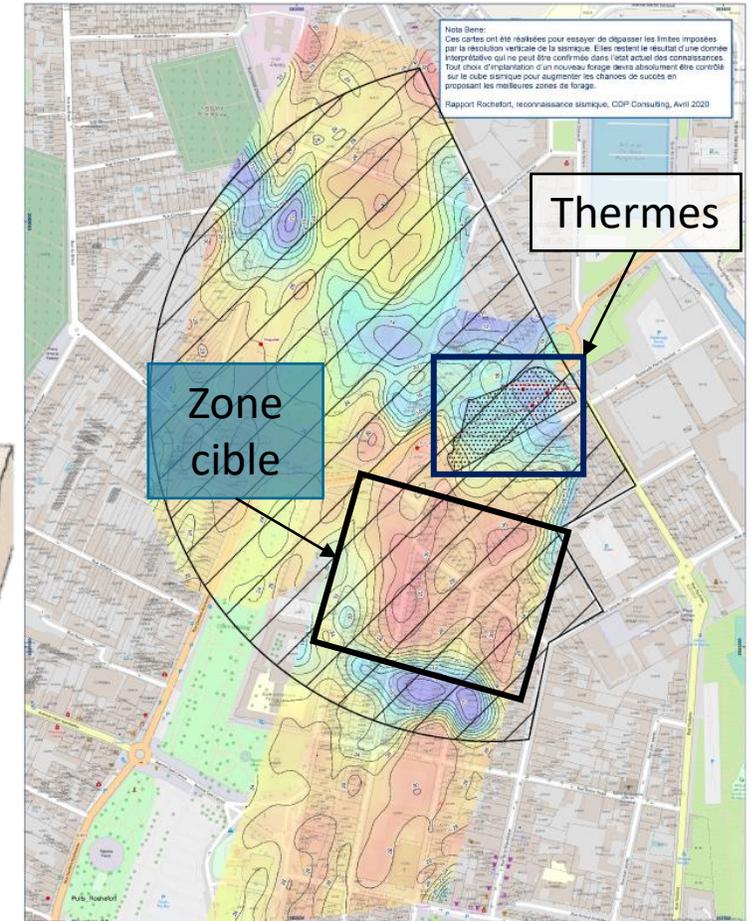
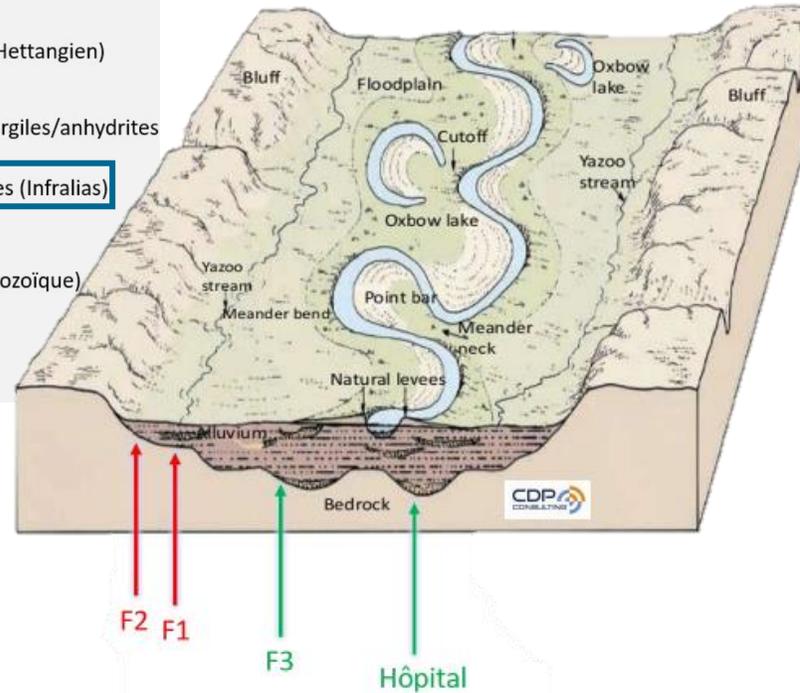
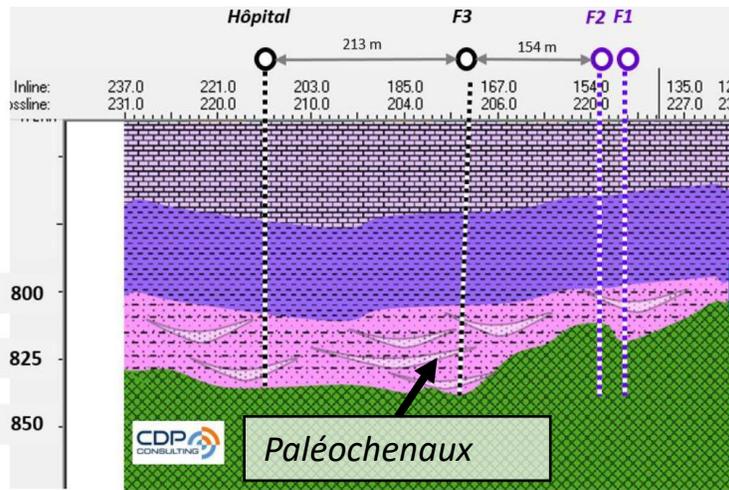


L’interprétation 2D permet d’obtenir une carte d’altitude et d’épaisseur du réservoir



5 – Choix de l’emplacement

- **Nappe de faible épaisseur (8 - 33 m) située dans les grès et argiles de l’infra-Lias**
- **Zones de plus grandes épaisseurs au sein de paléochenaux**



Zone de forage ciblée : zone de plus forte épaisseur

6 - Chiffres clés

• Architecture prévue du forage :

- Longueur forée : 900 m
- Profondeur totale : 850 m
- Déport horizontal : 210 m en plan
- Diamètre des équipements :
 - en tête : 61 cm
 - en pied : 11 cm

• Montant estimé des travaux :

1 835 348 € HT
(+ 1 M € pour les équipements)

• Subventions :

- CD17 : 456 460 €
- Région NA : 350 000 €
- Prêt CDC : 1 M €

• Forage :

- Volume de déblais : 50 m³
- Masse d'inox : 43 tonnes
- Masse de ciment : 54 tonnes
- Volume d'eau : 300 m³

• Durée de chantier estimée : 7 mois (dont 5 mois de forage ; 1 mois de travaux de réception ; 1 mois d'attente et opérations diverses)

• Essais : 1 an environ

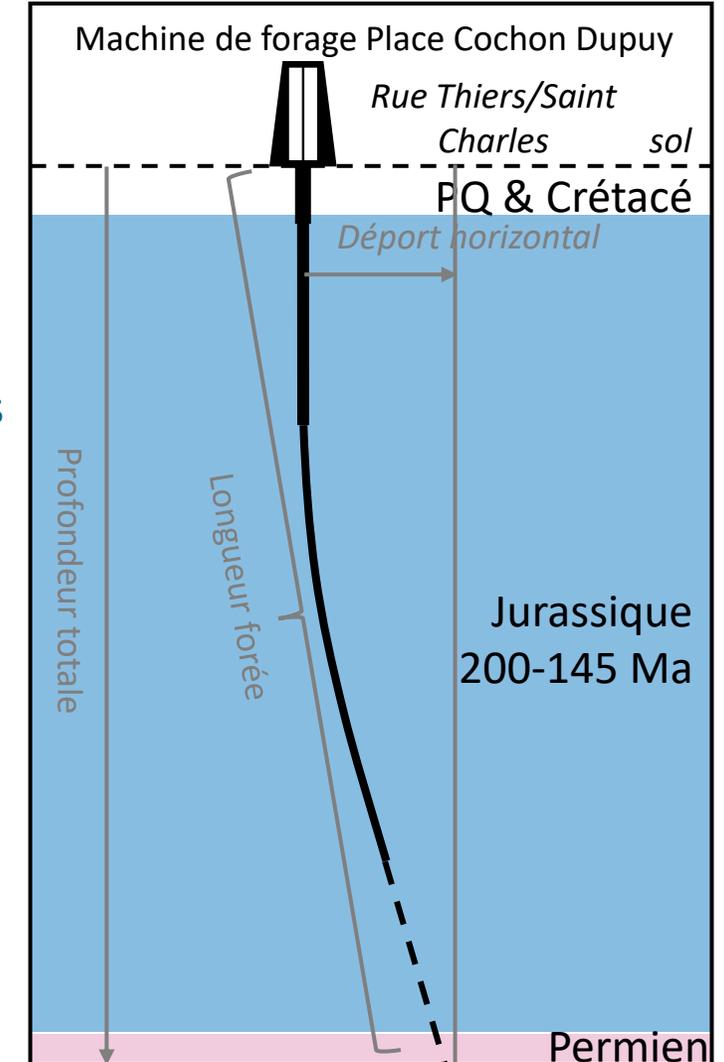


Schéma simplifié de la coupe de forage

7 – Déroulé des travaux

Mise en place et avant trou
octobre 2022

Foration et équipement chambre pompage
novembre-janvier 2022

Foration déviée et équipement
janvier-février 2023

Traitement et réception
mars-avril 2023

← Horaire de travail
lundi au vendredi
7h30 – 19h30 →

Horaire de travail
lundi au samedi
24/24 h

Horaire de travail
7h30 – 19h30
lundi au vendredi

Coordination travaux de démolition lourde
Chantier Saint-Charles

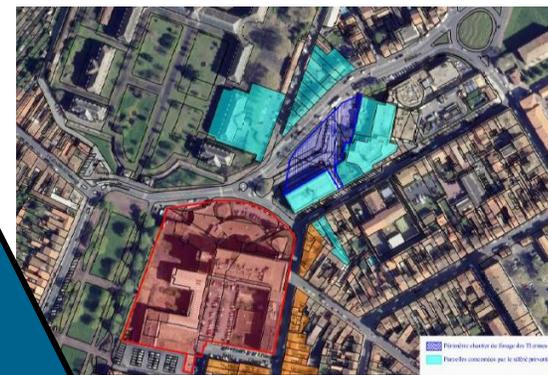
8 - Impact sur les riverains

Origine des nuisances

- Livraisons quotidiennes
- Camions d'évacuation des boues de forage
- Manutention sur site
- Machine de forage et moteurs
- Groupes électrogènes
- Eclairage du chantier 24h/24 (en période de 3 x 8 h)
- Possible odeur de sulfure d'hydrogène lors de la foration du réservoir ou des tests de pompage
- Stationnement interdit sur le parking durant la durée des travaux

Préventions

- Pas de livraison la nuit
- Limiter la manutention nocturne
- Insonorisation à la source des équipements bruyants
- Protections anti-bruit en périphérie du chantier
- Suivi continu du niveau de bruit en limite de chantier
- Eclairage adapté, orienté, centré sur le chantier
- Limiter la durée de l'essai de pompage
- Confiner les effluents
- Aménagement d'un nouveau parking (130 places)
- Maintien de la circulation piétonne au voisinage du chantier
- Référés préventifs permettant de constater l'état des bâtiments par un expert judiciaire
- Sensibilisation des riverains par la ville de Rochefort (réunion publique, rencontres)



Référés préventifs



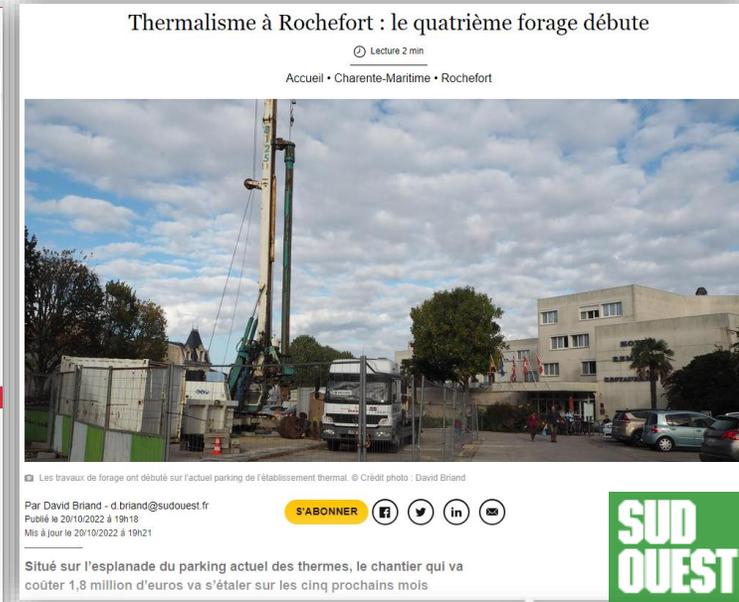
Mesures du niveau de bruit



Emplacements de stationnement à proximité

8 – Rayonnement du projet

- **Radio** : Demoiselle FM du 20 novembre 22 (3 min)
- **TV** : JT 19-20 Atlantique du lundi 21 nov. (2 min)
- **Presse papier** : Sud-Ouest du 20 octobre 2022
- **Internet** : Multiples posts LinkedIn
- **Présentation des travaux de forage aux journées techniques de l'Association Française des Techniques Hydrothermale** le 16 novembre 22
- **Projet de montages supplémentaires par Imagine Créations** : pour la ville de Rochefort, Forages Massé, Antea Group et Eurothermes



Forage thermal F4-Angiboust – Ville de Rochefort



Qualité de l'eau attendue

- Très minéralisée (résidu sec à 180°C compris entre 5,80 et 5,95 g/L)
- Propension à déposer du gypse en quantité
- pH neutre (7,0 -7,4)
- Réductrice
- Sulfatée, sodique, chlorurée, calcique, magnésienne et fluorée
- Légèrement sulfurée, riche en fer, en bore, strontium
- Température comprise entre 42,0 et 43,6 °C
- Légère quantité de gaz ($\frac{V_{gaz}}{V_{liquide}} < 1/1000$):
 - N2 : 92,0 %
 - **CO2 : 2,0-3,0 %**
 - O2 : 1,0 %
 - CH4 : 0,2 %
- Détection H₂S par l'odeur
- Point de bulle 1,9 - 2,0 bara (à 40 °C)
- Pureté bactériologique

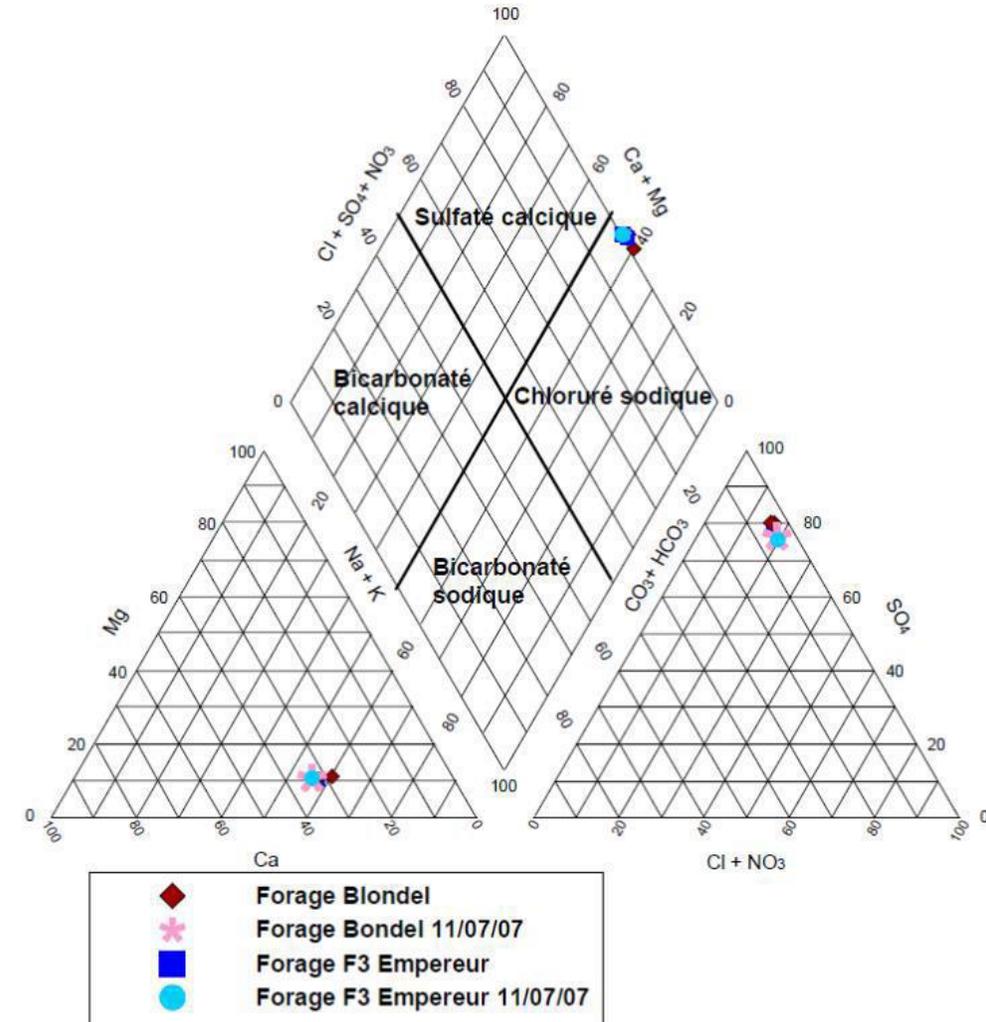


Diagramme de Piper des ions majeurs

Pompage d'homologation

Arrêté du 5 mars 2007 :

- 2 analyses complètes (C) : 6 mois d'intervalle
- 10 analyses simplifiées (S) : mensuelles sur une période d'un an (en alternance avec les analyses complètes)

Avantages :

- Continuité des conditions d'essai

Inconvénients :

Volume annuel trop important pour la ressource thermique (impact de l'exploitation des thermes)

Avantages :

- Faisabilité technique
- Acceptabilité réglementaire

Inconvénients :

- Renouvellement épisodique de l'eau
- Montée mensuelle en température du puits

2^{ème} solution : Mise en place d'une pompe avec variation du débit

- Prélèvement de **258 000 m³**
- Prélèvement continu au débit de **25 m³/h** pour le renouvellement de l'eau située dans le puits
- Prélèvement intermittent (3 j/mois) au débit de **70 m³/h** pour la montée en température du puits

- Prélèvement de **108 000 m³**
- Prélèvement continu au débit de **3 à 6 m³/h** (pompe auxiliaire) pour le renouvellement de l'eau située dans le puits
- Prélèvement intermittent (3 j/mois) au débit de **70 m³/h** (pompe principale) pour la montée en température du puits

3^{ème} solution : Mise en place de 2 pompes

- ### Avantages :
- Continuité des conditions d'essai

Inconvénients :

Encombrement de la chambre de pompage

- Prélèvement annuel de **613 200 m³**
- Prélèvement continu de **70 m³/h**

1^{ère} solution : Pompage continu de 12 mois

Avantages :

- Règle de l'art en matière réglementaire
- Continuité des conditions d'essai

Inconvénients :

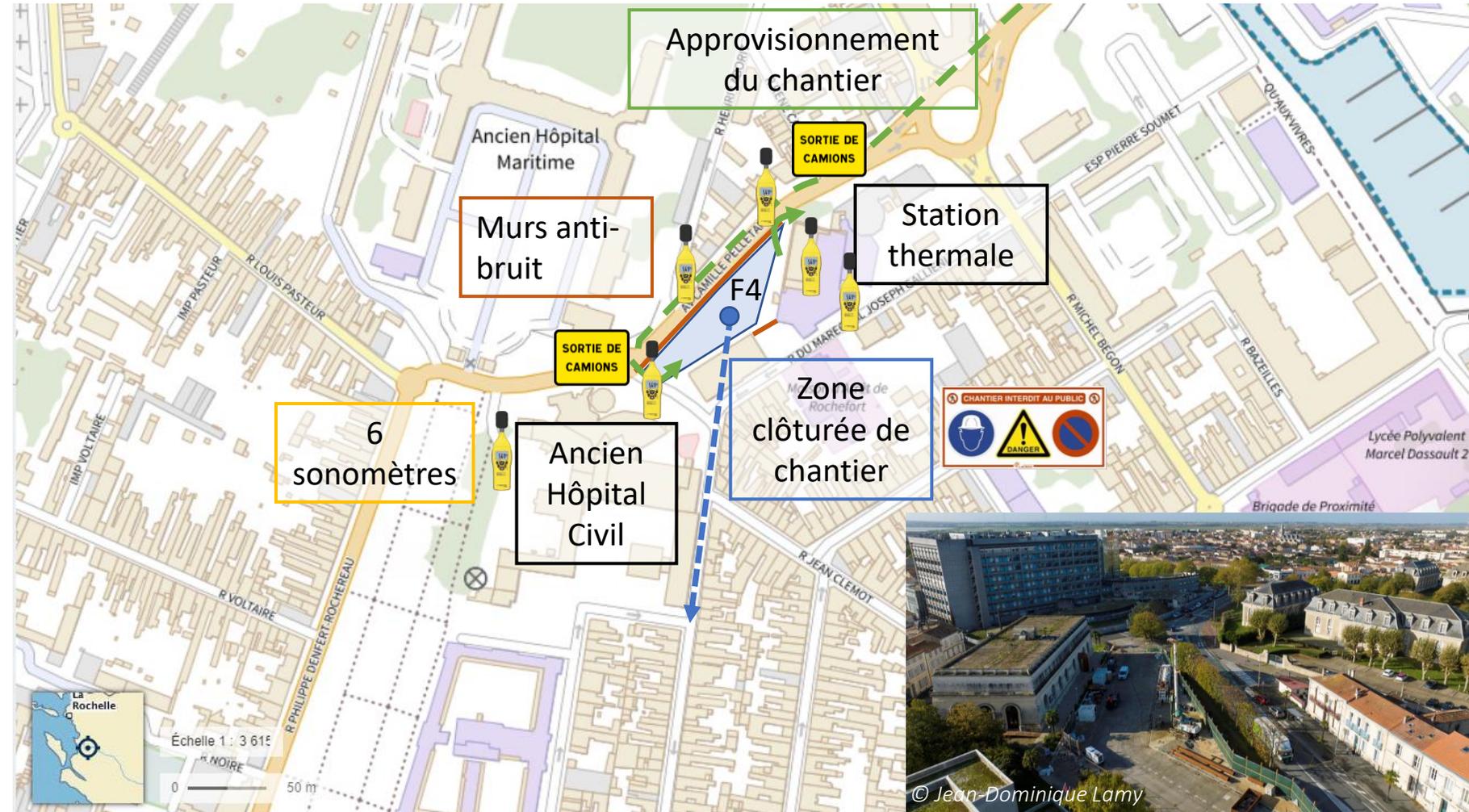
- Impact sur le rabattement de F3-Lafayette en cours d'exploitation (dénoyage de la pompe)
- Impact sur la ressource à l'Infra-Lias à Rochefort

4^{ème} solution : Mise en place d'une seule pompe

- Prélèvement de **48 000 m³**
- Prélèvement intermittent (3 j/mois) au débit de **70 m³/h**

Environnement chantier

- **Chantier** : place Cochon Dupuy, Rochefort
- **Approvisionnement** : route départementale Camille Pelletan
- **Sonomètres** : 6 appareils
- **Mur anti-bruit** : le long de l'av. Camille Pelletan et entre l'hôtel et l'ancien réservoir
- **Plateforme clôturée**,
- **Panneautage** et maintien circulation douce



Carte IGN de la zone de forage - Photographie de la zone de chantier

Gestion du bruit

Chantier en poste long

Observatoire environnemental - Chantier de forage thermal à Rochefort

Bilan de la semaine 51-2022

Période mesurée	Du lundi 19 décembre 2022 au dimanche 25 décembre 2022
-----------------	---

Pierre HOUDOT-BROCHARD - ANTEA- 06 46 68 57 97
Didier BLANCHARD- SYNACOUSTIQUE : 06 21 63 00 86

6 points de mesures acoustiques

Période diurne de 07:00 - 22:00
Période nocturne de 22:00 - 07:00

- Arrêt chantier (samedi – dimanche)

- LAeq jour : 65 – 70 dB
- LAeq nuit : 59 – 63 dB

- Fonctionnement chantier (lundi – vendredi)

- LAeq jour : 71 – 73 dB (+ 6 dB min ; + 3 dB max)

	lundi 19 déc 2022	mardi 20 déc 2022	mercredi 21 déc 2022	jeudi 22 déc 2022	vendredi 23 déc 2022	samedi 24 déc 2022	dimanche 25 déc 2022
Point 1 - LAeq jour 7h-22h	63.8 dB(A)	63.2 dB(A)	61.2 dB(A)	64.5 dB(A)	56.0 dB(A)	51.6 dB(A)	49.7 dB(A)
Point 1 - LAeq nuit 22h-7h	42.8 dB(A)	43.6 dB(A)	44.8 dB(A)	46.6 dB(A)	46.3 dB(A)	46.1 dB(A)	43.5 dB(A)
Point 2 - LAeq jour 7h-22h	70.9 dB(A)	71.3 dB(A)	72.1 dB(A)	72.7 dB(A)	72.3 dB(A)	69.6 dB(A)	67.2 dB(A)
Point 2 - LAeq nuit 22h-7h	60.1 dB(A)	60.1 dB(A)	62.0 dB(A)	61.7 dB(A)	61.9 dB(A)	62.9 dB(A)	60.9 dB(A)
Point 3 - LAeq jour 7h-22h	71.0 dB(A)	71.2 dB(A)	71.2 dB(A)	72.5 dB(A)	70.9 dB(A)	68.1 dB(A)	65.3 dB(A)
Point 3 - LAeq nuit 22h-7h	58.0 dB(A)	58.4 dB(A)	60.1 dB(A)	60.0 dB(A)	60.4 dB(A)	62.1 dB(A)	58.8 dB(A)
Point 4 - LAeq jour 7h-22h	63.4 dB(A)	64.8 dB(A)	64.4 dB(A)	65.5 dB(A)	63.9 dB(A)	59.8 dB(A)	58.0 dB(A)
Point 4 - LAeq nuit 22h-7h	51.2 dB(A)	51.1 dB(A)	52.6 dB(A)	56.3 dB(A)	53.4 dB(A)	52.6 dB(A)	50.4 dB(A)
Point 5 - LAeq jour 7h-22h	55.8 dB(A)	55.9 dB(A)	56.8 dB(A)	58.4 dB(A)	61.5 dB(A)	51.1 dB(A)	49.9 dB(A)
Point 5 - LAeq nuit 22h-7h	43.2 dB(A)	44.9 dB(A)	48.8 dB(A)	53.2 dB(A)	47.3 dB(A)	46.6 dB(A)	43.8 dB(A)
Point 6 - LAeq jour 7h-22h	59.4 dB(A)	59.6 dB(A)	61.7 dB(A)	62.3 dB(A)	62.0 dB(A)	58.9 dB(A)	56.9 dB(A)
Point 6 - LAeq nuit 22h-7h	50.0 dB(A)	51.4 dB(A)	51.9 dB(A)	53.1 dB(A)	52.6 dB(A)	52.7 dB(A)	51.4 dB(A)

Chantier en continu

Période mesurée	Du lundi 23 janvier 2023 au dimanche 29 janvier 2023
-----------------	---

Pierre HOUDOT-BROCHARD - ANTEA- 06 46 68 57 97
Didier BLANCHARD- SYNACOUSTIQUE : 06 21 63 00 86

6 points de mesures acoustiques

Période diurne de 07:00 - 22:00
Période nocturne de 22:00 - 07:00

- Arrêt chantier (dimanche)

- LAeq jour : 67 – 69 dB
- LAeq nuit : 62 dB

- Fonctionnement chantier (lundi – samedi)

- LAeq jour : 69 – 72 dB (+ 2 dB min ; + 3 dB max)
- LAeq nuit : 60 – 68 dB (+ 2 dB min ; + 6 dB max)

	lundi 23 janv 2023	mardi 24 janv 2023	mercredi 25 janv 2023	jeudi 26 janv 2023	vendredi 27 janv 2023	samedi 28 janv 2023	dimanche 29 janv 2023
Point 1 - LAeq jour 7h-22h	57,8 dB(A)	58,7 dB(A)	61,0 dB(A)	61,0 dB(A)	61,3 dB(A)	61,4 dB(A)	50,8 dB(A)
Point 1 - LAeq nuit 22h-7h	45,0 dB(A)	59,3 dB(A)	60,7 dB(A)	60,7 dB(A)	59,1 dB(A)	60,0 dB(A)	51,9 dB(A)
Point 2 - LAeq jour 7h-22h	70,8 dB(A)	71,0 dB(A)	71,3 dB(A)	71,4 dB(A)	71,7 dB(A)	71,5 dB(A)	68,6 dB(A)
Point 2 - LAeq nuit 22h-7h	61,5 dB(A)	65,4 dB(A)	65,5 dB(A)	66,0 dB(A)	65,9 dB(A)	66,4 dB(A)	62,4 dB(A)
Point 3 - LAeq jour 7h-22h	69,3 dB(A)	70,3 dB(A)	70,9 dB(A)	70,7 dB(A)	71,2 dB(A)	71,0 dB(A)	66,6 dB(A)
Point 3 - LAeq nuit 22h-7h	59,4 dB(A)	67,7 dB(A)	67,8 dB(A)	67,9 dB(A)	67,3 dB(A)	67,9 dB(A)	61,7 dB(A)
Point 4 - LAeq jour 7h-22h	63,7 dB(A)	64,0 dB(A)	64,3 dB(A)	64,8 dB(A)	65,0 dB(A)	64,5 dB(A)	59,8 dB(A)
Point 4 - LAeq nuit 22h-7h	52,0 dB(A)	60,0 dB(A)	60,0 dB(A)	62,1 dB(A)	61,6 dB(A)	61,9 dB(A)	54,5 dB(A)
Point 5 - LAeq jour 7h-22h	56,1 dB(A)	55,3 dB(A)	55,9 dB(A)	56,1 dB(A)	56,1 dB(A)	54,9 dB(A)	49,9 dB(A)
Point 5 - LAeq nuit 22h-7h	44,9 dB(A)	53,0 dB(A)	52,4 dB(A)	53,5 dB(A)	52,7 dB(A)	52,7 dB(A)	46,5 dB(A)
Point 6 - LAeq jour 7h-22h	60,2 dB(A)	59,9 dB(A)	59,9 dB(A)	59,9 dB(A)	60,3 dB(A)	59,3 dB(A)	57,6 dB(A)
Point 6 - LAeq nuit 22h-7h	51,9 dB(A)	51,3 dB(A)	51,7 dB(A)	52,1 dB(A)	52,1 dB(A)	51,8 dB(A)	50,7 dB(A)

sans donnée	< 55 dB(A)	55-60 dB(A)	60 - 62.4 dB(A)	62.5 - 64.9 dB(A)	65 - 67.4 dB(A)	67.5 - 69.9 dB(A)	70 - 72.4 dB(A)	72.5 - 74.9 dB(A)	75 - 77.4 dB(A)	77.5 - 79.9 dB(A)	80 - 82.4 dB(A)	82.5 - 84.9 dB(A)	≥ 85 dB(A)
-------------	------------	-------------	-----------------	-------------------	-----------------	-------------------	-----------------	-------------------	-----------------	-------------------	-----------------	-------------------	------------