



## MAIRIE DE SAINT MALO

Médiathèque et Cinéma d'art et essais  
SAINT MALO (35)

**Gîte géothermique à basse température**  
**Dossier de demande d'autorisation de**  
**permis d'exploiter un champ de sondes**  
**geothermiques verticales et d'autorisation**  
**d'ouverture de travaux miniers**

Rapport RGTHLB0052-03

16/04/2012

Agence Loire Bretagne, 210 avenue du Saint Laurent – 44811 Saint Herblain Cedex  
Tél. 33 (0)2.40.38.67.06 – Fax 33 (0)2.40.85.68.50 – [agence.de.nantes@burgeap.fr](mailto:agence.de.nantes@burgeap.fr)












# MAIRIE DE SAINT MALO

Gîte géothermique à basse température

Dossier de demande d'autorisation de permis d'exploiter un champ de sondes géothermiques verticales et d'autorisation d'ouverture de travaux miniers.

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de .....

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport	16/04/2012	01	I.COSTAZ		P.WENG	P.O. 	D.COUELLE	P.O. 
Rapport final	16/04/2012	02	I.COSTAZ		P.WENG	P.O. 	D.COUELLE	P.O. 
Rapport modifié	16/04/2012	03	I.COSTAZ		P.WENG	P.O. 	D.COUELLE	P.O. 
		04						

Numéro de rapport :	RGTHLB0052-03
Numéro d'affaire :	A30434
N° de contrat :	CGTHLB111836
Domaine technique :	GH01
Mots clé du thésaurus	GEOthermie

BURGEAP AGENCE LOIRE BRETAGNE

210, avenue du Saint Laurent

44811 SAINT HERBLAIN CEDEX

Téléphone : 33(0)2.40.38.67.06 Télécopie : 33(0)2.40.85.68.50

e-mail : agence.de.nantes@burgeap.fr

RGTHLB0052-03/ CGTHLB111836	
ICo - PW - DCO	
16/04/2012	Page : 0

## **MAIRIE DE SAINT MALO**

DOSSIER D'AUTORISATION  
AU TITRE DES ARTICLES L.124-4 ET L.134-4  
DU CODE MINIER ET DES DECRETS N°78-498 et  
N°2006-649

## **PIECE 1 : DOSSIER ADMINISTRATIF ET TECHNIQUE**



## SOMMAIRE

<b>PIECE 1 : DOSSIER ADMINISTRATIF ET TECHNIQUE</b>	<b>1</b>
<b>1. Contexte</b>	<b>3</b>
<b>2. Identité du demandeur</b>	<b>4</b>
2.1 Le maître d'ouvrage	4
2.2 Le maître d'œuvre général du projet de construction de la médiathèque et du cinéma d'art et essais	4
2.3 Le maître d'œuvre en charge de la réalisation du champ de SGV	5
2.4 L'entreprise de forage et d'installation des sondes géothermiques	5
<b>3. Justification de la demande et du projet</b>	<b>5</b>
3.1 Description du projet	5
3.2 Objet de la demande	6
<b>4. Contexte global du projet de valorisation de la ressource</b>	<b>6</b>
4.1 Lieu d'implantation	6
4.2 Description du champ de sondes géothermiques verticales	8
<b>5. Planning et budget prévisionnel du projet</b>	<b>10</b>
5.1 Planning prévisionnel	10
5.2 Budget prévisionnel du projet	10
<b>6. Conclusion</b>	<b>10</b>

## TABLEAUX

Tableau 1 : budget prévisionnel	10
---------------------------------	----

## FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet (extrait de la carte topographique de l'IGN)	7
Figure 2 : Localisation détaillée du projet	7
Figure 3 : Plan d'implantation du champ de SGV (données ARCHITECTURE-STUDIO)	9

## 1. Contexte

Depuis plusieurs années, la ville de Saint-Malo a développé une politique volontariste en matière de développement durable. Celle-ci s'est traduite par une planification des actions décrites dans le Plan d'Aménagement et du Développement Durable (PADD) de la collectivité.

La construction de la Médiathèque et d'un Cinéma d'art et essais à Saint-Malo est l'une des actions concrètes de cette politique.

L'opération se distingue d'une construction conventionnelle car elle est réalisée dans le cadre de la démarche NF Haute Qualité Environnementale (HQE). Le bâtiment obtiendra le label Très Haute Performance Energétique avec intégration des énergies renouvelables THPE EnR, selon la Réglementation Thermique 2005.

C'est dans ce cadre que ce projet prévoit la mise en place d'un système de chauffage et refroidissement des bâtiments reposant sur l'exploitation d'un champ de sondes géothermiques verticales (SGV). Les besoins en chauffage seront couverts à 65% par ce champ de SGV et les 35% restants par une chaudière d'appoint à condensation. Les besoins en refroidissement seront, eux, couverts à 100 % par ce champ de SGV. Celui-ci sera composé de 24 sondes de 196 m de profondeur chacune espacées de 10 m chacune et réparties sur l'emprise du projet.

Ce projet d'exploitation fait partie des **gîtes géothermiques à basse température**. Il doit se conformer :

- à l'article L124-4 du Code Minier stipulant que « Nul ne peut entreprendre un forage en vue de la recherche de gîtes géothermiques à basse température sans une autorisation de recherches accordée par l'autorité administrative » ;
- à l'article L.134-4 du Code Minier stipulant que « Les gîtes géothermiques à basse température ne peuvent être exploités qu'en vertu d'un permis d'exploitation accordé par l'autorité administrative » ;
- au décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie ;
- au décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des travaux de stockages souterrains.

Compte-tenu des caractéristiques du champ de SGV : sondes de 196 m de profondeur exploitant 212 kW issus du sous-sol, ce projet ne peut pas être considéré comme un gîte de minime importance au regard de l'article 17 du décret n°78-498, il est donc soumis à un permis d'exploitation.

C'est dans le cadre de ce projet que le pétitionnaire et maître d'ouvrage de la future médiathèque et du cinéma d'art et essais demande **l'autorisation de permis d'exploiter le champ de sondes géothermiques verticales** décrit ci-dessus ainsi que **l'autorisation d'ouverture des travaux miniers associés** (cf. **annexe 1, pièce 6**).

Le présent dossier de demande d'autorisation de permis d'exploiter le champ de sondes géothermiques verticales est composé des 6 pièces suivantes :

- **Pièce 1 : dossier administratif et résumé non technique ;**
- Pièce 2 : notice descriptive du projet et demande d'autorisation ;
- Pièce 3 : descriptif des travaux prévus ;
- Pièce 4 : étude d'impacts ;
- Pièce 5 : notice d'hygiène et de sécurité ;
- Pièce 6 : figures et annexes.

## 2. Identité du demandeur

Le Maître d'ouvrage portant le projet de réalisation d'une médiathèque et d'un cinéma d'art et essais sur la commune de Saint-Malo et demandeur de l'autorisation de permis d'exploiter le champ de sondes géothermiques verticales est la Ville de Saint-Malo. L'équipe de maîtrise d'œuvre associée à ce projet est présentée dans les paragraphes suivants.

### 2.1 Le maître d'ouvrage

Identité : Mairie de Saint-Malo  
Adresse : L'Hôtel de Ville  
Place Chateaubriand  
35400 Saint-Malo  
Téléphone : 02-99-40-71-11  
Fax : 02-99-40-71-21  
Site internet : [www.ville-saint-malo.fr](http://www.ville-saint-malo.fr)  
Maire : M. René Couanau  
Service technique : Direction Architecture Urbanisme et Foncier

### 2.2 Le maître d'œuvre général du projet de construction de la médiathèque et du cinéma d'art et essais

Identité : AS. ARCHITECTURE STUDIO  
Adresse du siège social : 10, rue Lacuée  
75012 Paris  
Téléphone du siège social : 01-43-45-18-00  
Fax : 01-43-43-81-43  
Site internet : [www.architecture-studio.fr](http://www.architecture-studio.fr)  
N° SIRET : 337 849 657 000 16  
Code APE : 7111Z - Architecture

Le marché de maîtrise d'œuvre a été attribué à un groupement solidaire. Ce groupement se constitue d'un mandataire, Architecture-Studio, agence d'architecture, et de cotraitants, ARCOBA Bureau d'étude Structure et fluides, AVA Bureau d'étude Acoustique, ECO-CITES Bureau d'étude économiste et environnemental.

Le bureau d'études BURGEAP intervient en tant que sous-traitant du Bureau d'étude ARCOBA et est chargé de la réalisation du champ de sondes géothermiques verticales.

## 2.3 Le maître d'œuvre en charge de la réalisation du champ de SGV

Identité : BURGEAP  
Adresse du siège social : 27, rue de Vanves  
92772 Boulogne Billancourt  
Téléphone du siège social : 01-46-10-25-70  
Fax : 01-46-10-25-25  
N° SIRET : 682 008 222 00056  
Code APE : 742C – Ingénierie, études techniques

BURGEAP est un bureau d'études spécialisé en ingénierie de l'environnement qui développe une activité d'études et maîtrise d'œuvre de réalisation de projets géothermiques dans le cadre de son département « Infrastructure et bâtiment ». Elle est associée dans le cadre du projet de médiathèque et de cinéma d'art et essais de la Ville de Saint-Malo à sa filiale ICOBAT spécialisée dans le bâtiment.

## 2.4 L'entreprise de forage et d'installation des sondes géothermiques

L'entreprise en charge de la réalisation des forages et de la réalisation des sondes géothermiques verticales n'est pas connue à ce jour. L'appel d'offres est en cours.

Conformément aux termes de l'appel d'offres, elle devra être titulaire des qualifications QUALIFORAGE et QUALIBAT 1372 (forages capteurs géothermiques).

# 3. Justification de la demande et du projet

## 3.1 Description du projet

Depuis plusieurs années, la ville de Saint-Malo a développé une politique volontariste en matière de développement durable. Celle-ci s'est traduite par une planification des actions décrites dans le Plan d'Aménagement et du Développement Durable (PADD) de la collectivité.

La construction de la Médiathèque et d'un Cinéma d'art et essais à Saint-Malo est l'une des actions concrètes de cette politique.

L'opération se distingue d'une construction conventionnelle car elle est réalisée dans le cadre de la démarche NF Haute Qualité Environnementale (HQE). Le bâtiment obtiendra le label Très Haute Performance Energétique avec intégration des énergies renouvelables THPE EnR, selon la Réglementation Thermique 2005.

C'est dans ce cadre que ce projet prévoit la mise en place d'un système de chauffage et refroidissement des bâtiments reposant sur l'exploitation d'un champ de sondes géothermiques verticales (SGV). Les besoins en chauffage seront couverts à 65% par ce champ de SGV et les 35% restants par une chaudière d'appoint à condensation. Les besoins en refroidissement seront eux couverts à 100 % par ce champ de SGV. Celui-ci sera composé de 24 sondes de 196 m de profondeur espacées de 10 m chacune et réparties sur l'emprise du projet, soit une emprise au sol quasi rectangulaire de 10 160 m<sup>2</sup>.

Ce projet ne peut pas être considéré actuellement comme un gîte de minime importance au regard de l'article 17 du décret n°78-498, compte-tenu de la longueur de chaque sonde (196 m). La puissance calorifique exploitée et fournie par le sous-sol est de 212 kW. Les autres caractéristiques du système sont les suivantes :

- consommations énergétiques du chauffage : 401,2 MWh/an ;
- puissance frigorifique de la PAC : 165 kW ;
- consommations énergétiques de refroidissement : 11,2 MWh/an ;
- température entrée/sortie à l'évaporateur : 5/10°C ;
- régime de température au condensateur : 40/45°C ;
- débit de la PAC : 41.1 m<sup>3</sup>/h.

### 3.2 Objet de la demande

C'est dans le cadre de ce projet que le pétitionnaire et maître d'ouvrage de la future médiathèque et du cinéma d'art et essais demande l'autorisation de permis d'exploiter le champ de sondes géothermiques verticales décrit ci-dessus ainsi que l'autorisation d'ouverture des travaux miniers associés (cf. **annexe 1**, pièce 6).

Le projet d'exploitation du champ de SGV fait partie des gîtes géothermiques à basse température. La présente demande de permis d'exploiter ce champ de SGV est réalisée en vue de se conformer :

- à l'article L124-4 du Code Minier stipulant que « Nul ne peut entreprendre un forage en vue de la recherche de gîtes géothermiques à basse température sans une autorisation de recherches accordée par l'autorité administrative » ;
- à l'article L.134-4 du Code Minier stipulant que « Les gîtes géothermiques à basse température ne peuvent être exploités qu'en vertu d'un permis d'exploitation accordé par l'autorité administrative » ;
- au décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie ;
- au décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des travaux de stockages souterrains.

## 4. Contexte global du projet de valorisation de la ressource

### 4.1 Lieu d'implantation

Le champ de SGV objet de ce dossier réglementaire est réalisé sur l'emprise du projet de médiathèque et de cinéma d'art et essais de la Ville de Saint-Malo. Il est constitué d'une médiathèque et d'un cinéma d'art et essais. Il est situé dans le centre-ville au droit de l'ancienne gare terminus entre le rond-point des Talards et l'esplanade de la nouvelle gare SNCF (cf. **figures 1 et 2**).





Figure 1 : Localisation du projet (extrait de la carte topographique de l'IGN)

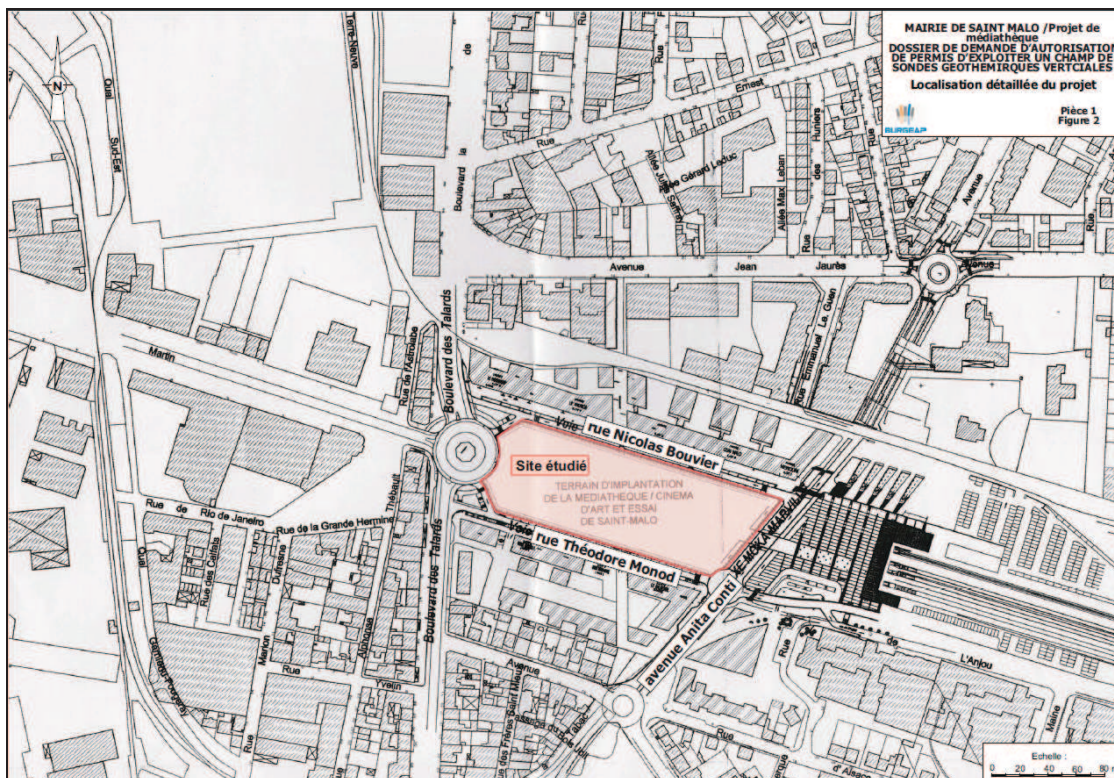


Figure 2 : Localisation détaillée du projet

## 4.2 Description du champ de sondes géothermiques verticales

Le recours à un champ de sondes géothermiques verticales (SGV) est dimensionné pour couvrir 65 % des besoins en chauffage du projet et 100 % des besoins en refroidissement. Les 35% de chauffage restants seront assurés par une chaudière d'appoint à gaz et à condensation. Des panneaux photovoltaïques seront mise en place sur le toit du bâtiment pour couvrir 75% des besoins de la pompe à chaleur permettant les échanges de calories entre le bâtiment et le réseau du champ de SGV.

Le champ de SGV est constitué de 24 sondes de 196 m de profondeur chacune réparties sous le bâtiment, comme détaillé sur la **figure 3**. Le dimensionnement a été réalisé sur la base des résultats d'un test de réponse thermique réalisé précédemment sur le site et par simulation numérique pour dimensionner un système pérenne.

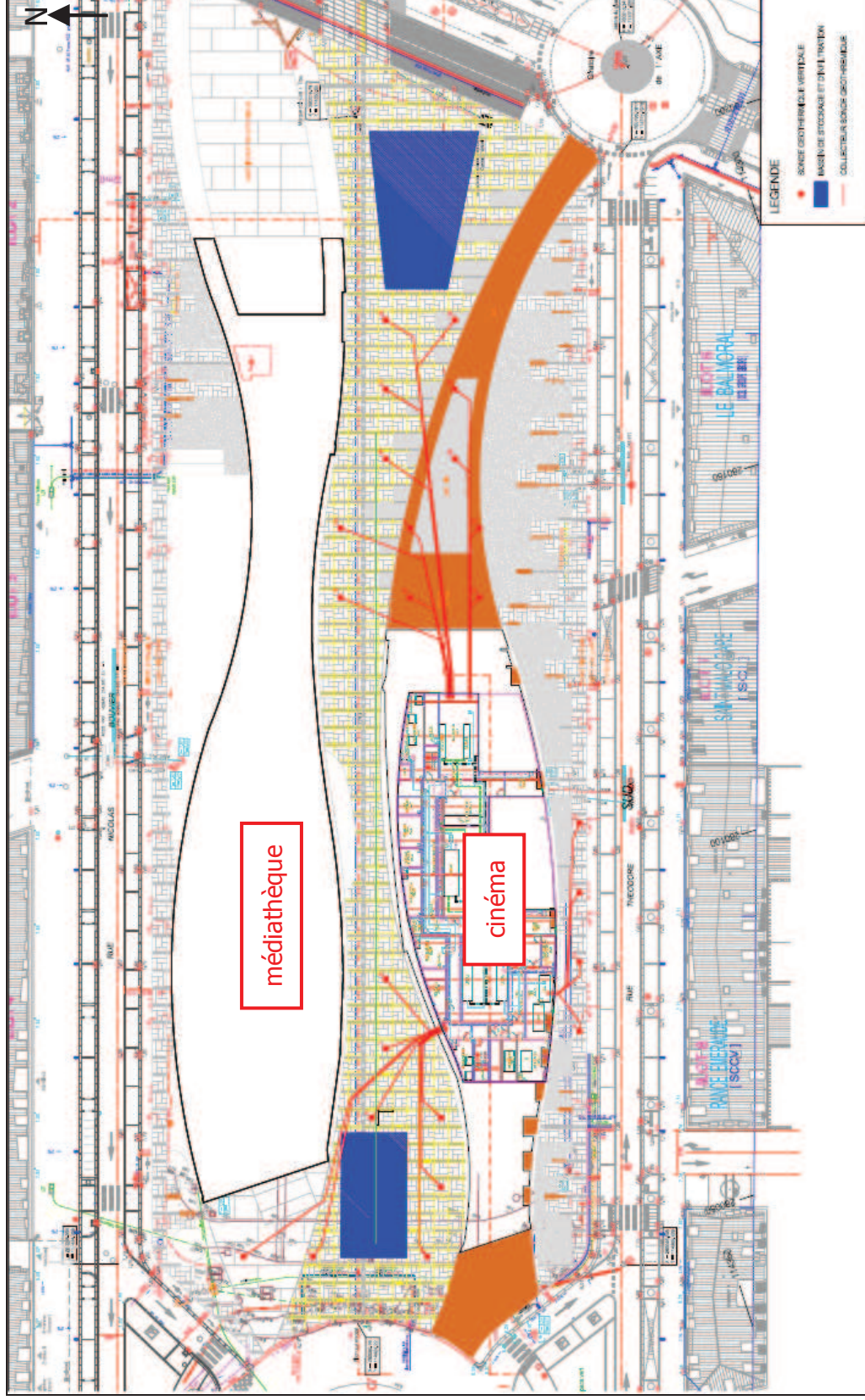


Figure 3 : Plan d'implantation du champ de SGV (données ARCHITECTURE-STUDIO)

(Sondes géothermiques en rouge)

## 5. Planning et budget prévisionnel du projet

### 5.1 Planning prévisionnel

La réalisation du champ de sondes, sur la base du cahier des charges établi, doit durer 3 mois.

Les travaux de connexions horizontales des sondes et réseau de distribution dureront 1 mois.

### 5.2 Budget prévisionnel du projet

Le budget prévisionnel est établi sur la base d'un champ de sondes de 24 sondes comprenant le réseau de liaisons horizontales jusqu'au local technique de chauffage. Il est estimé à 315 350 €HT selon détail dans tableau ci-après.

**Tableau 1 : budget prévisionnel**

Ref.	Désignation	Unité	Quantité	PU (€HT)	Montant (€HT)
1.	Implantation des sondes constituant le champ de sondes	U	1	1 500	1 500
2.	Forage, réalisation des 24 sondes de 196 m chacune, remise en état du chantier	F	1	294 000	294 000
3.	Mise en place du collecteur enterré, raccordement des 24 sondes	F	1	13 350	13 350
4.	Mise en service du champ de sondes	U	1	6 500	6 500
<b>TOTAL</b>					<b>315 350 €HT</b>

## 6. Conclusion

Compte-tenu du contexte réglementaire, la ressource extraite ayant une température inférieure à 150° C, cette opération géothermique constituée de 24 sondes géothermiques verticales de 196 mètres de profondeur chacune et d'une pompe à chaleur PAC eau-eau (212 kW chaud / 165 kW froid) relève des dispositions relatives aux « gîtes géothermiques à basse température » quant aux procédures permettant sa réalisation et son exploitation.

## MAIRIE DE SAINT MALO

---

DOSSIER D'AUTORISATION  
AU TITRE DES ARTICLES L.124-4 ET L.134-4  
DU CODE MINIER ET DES DECRETS N°78-498 et  
N°2006-649

## **PIECE 2 : NOTICE DESCRIPTIVE DU PROJET ET DEMANDE D'AUTORISATION**



# SOMMAIRE

<b>PIECE 2 : NOTICE DESCRIPTIVE DU PROJET ET DEMANDE D'AUTORISATION</b>	<b>1</b>
<b>1. Contexte</b>	<b>4</b>
<b>2. Périmètre de recherches et caractéristiques de la ressource exploitée</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Localisation géographique</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Contexte géologique</b>	<b>6</b>
2.2.1 Contexte géologique général	6
2.2.2 Coupe géologique	7
2.2.3 Caractéristiques du gîte géothermique	8
<b>2.3 Contexte hydrogéologique</b>	<b>8</b>
<b>2.4 Ressource visée et emprise du périmètre de recherches</b>	<b>9</b>
2.4.1 Durée sollicitée pour l'autorisation d'exploiter	9
2.4.2 Ressources visées	9
2.4.3 Sollicitation actuelle de la ressource visée	9
2.4.4 Emprise du périmètre du permis d'exploiter	10
<b>3. Description du permis d'exploiter envisagé</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Volume et périmètre d'exploitation</b>	<b>10</b>
3.1.1 Implantation du champ de sondes	10
3.1.2 Périmètre d'exploitation	10
3.1.3 Volume du gîte géothermique	11
<b>3.2 Paramètres d'exploitation</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Perspectives d'utilisation des thermies</b>	<b>11</b>
3.3.1 Besoins énergétiques du projet	11
3.3.2 Production de la chaleur et de froid	12
<b>4. Conditions d'arrêt de l'exploitation du gîte géothermique</b>	<b>12</b>
<b>4.1 Définition des conditions d'arrêt de l'exploitation</b>	<b>12</b>
<b>4.2 La procédure d'abandon des puits</b>	<b>12</b>
<b>4.3 Coûts estimatifs de l'abandon de l'exploitation du champ de sondes</b>	<b>13</b>

## TABLEAUX

Tableau 1 : Conductivité thermique (norme allemande VDI 4640)	8
Tableau 2 : Niveaux piézométriques	9
Tableau 3 : Coordonnées du permis d'exploiter sollicité	10
Tableau 4 : Besoins énergétiques considérés (données ARCOBA)	11
Tableau 5 : Caractéristiques de la PAC (données ARCOBA)	12

## FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet (extrait carte topographique de l'IGN)	5
Figure 2 : Localisation détaillée du projet	6
Figure 3 : Périmètre du projet et contexte géologique (extrait de la carte géologique BRGM n°60)	7

## 1. Contexte

Depuis plusieurs années, la ville de Saint-Malo a développé une politique volontariste en matière de développement durable. Celle-ci s'est traduite par une planification des actions décrites dans le Plan d'Aménagement et du Développement Durable (PADD) de la collectivité.

La construction de la Médiathèque et d'un Cinéma d'art et essais à Saint-Malo est l'une des actions concrètes de cette politique.

L'opération se distingue d'une construction conventionnelle car elle est réalisée dans le cadre de la démarche NF Haute Qualité Environnementale (HQE). Le bâtiment obtiendra le label Très Haute Performance Energétique avec intégration des énergies renouvelables THPE EnR, selon la Réglementation Thermique 2005.

C'est dans ce cadre que ce projet prévoit la mise en place d'un système de chauffage et refroidissement des bâtiments reposant sur l'exploitation d'un champ de sondes géothermiques verticales (SGV). Les besoins en chauffage seront couverts à 65% par ce champ de SGV et les 35% restants par une chaudière d'appoint à condensation. Les besoins en refroidissement seront eux couverts à 100 % par ce champ de SGV. Celui-ci sera composé de 24 sondes de 196 m de profondeur chacune espacées de 10 m chacune et réparties sur l'emprise du projet.

Ce projet d'exploitation fait partie des **gîtes géothermiques à basse température**. Il doit se conformer :

- à l'article L124-4 du Code Minier stipulant que « Nul ne peut entreprendre un forage en vue de la recherche de gîtes géothermiques à basse température sans une autorisation de recherches accordée par l'autorité administrative » ;
- à l'article L.134-4 du Code Minier stipulant que « Les gîtes géothermiques à basse température ne peuvent être exploités qu'en vertu d'un permis d'exploitation accordé par l'autorité administrative » ;
- au décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie ;
- au décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des travaux de stockages souterrains.

Compte-tenu des caractéristiques du champ de SGV : sondes de 196 m de profondeur exploitant 212 kW du sous-sol, ce projet ne peut pas être considéré comme un gîte de minime importance au regard de l'article 17 du décret n°78-498, il est donc soumis à un permis d'exploitation.

C'est dans le cadre de ce projet que le pétitionnaire et maître d'ouvrage de la future médiathèque et du cinéma d'art et essais demande **l'autorisation de permis d'exploiter le champ de sondes géothermiques verticales** décrit ci-dessus ainsi que **l'autorisation d'ouverture des travaux miniers associés** (cf. **annexe 1, pièce 6**).

Le présent dossier de demande d'autorisation de permis d'exploiter le champ de sondes géothermiques verticales est composé des 6 pièces suivantes :

- Pièce 1 : dossier administratif et résumé non technique ;
- **Pièce 2 : notice descriptive du projet et demande d'autorisation ;**
- Pièce 3 : descriptif des travaux prévus ;
- Pièce 4 : étude d'impacts ;
- Pièce 5 : notice d'hygiène et de sécurité ;
- Pièce 6 : figures et annexes.



## 2. Périmètre de recherches et caractéristiques de la ressource exploitée

### 2.1 Localisation géographique

Le projet de champ de sondes géothermiques verticales (SGV) est localisé dans le centre-ville de Saint-Malo au droit de l'ancienne gare terminus entre le rond-point des Talards et l'esplanade de la nouvelle gare SNCF et à proximité immédiate des bassins constituant le port de la ville (cf. **figures 1 et 2**).



Figure 1 : Localisation du projet (extrait carte topographique de l'IGN)

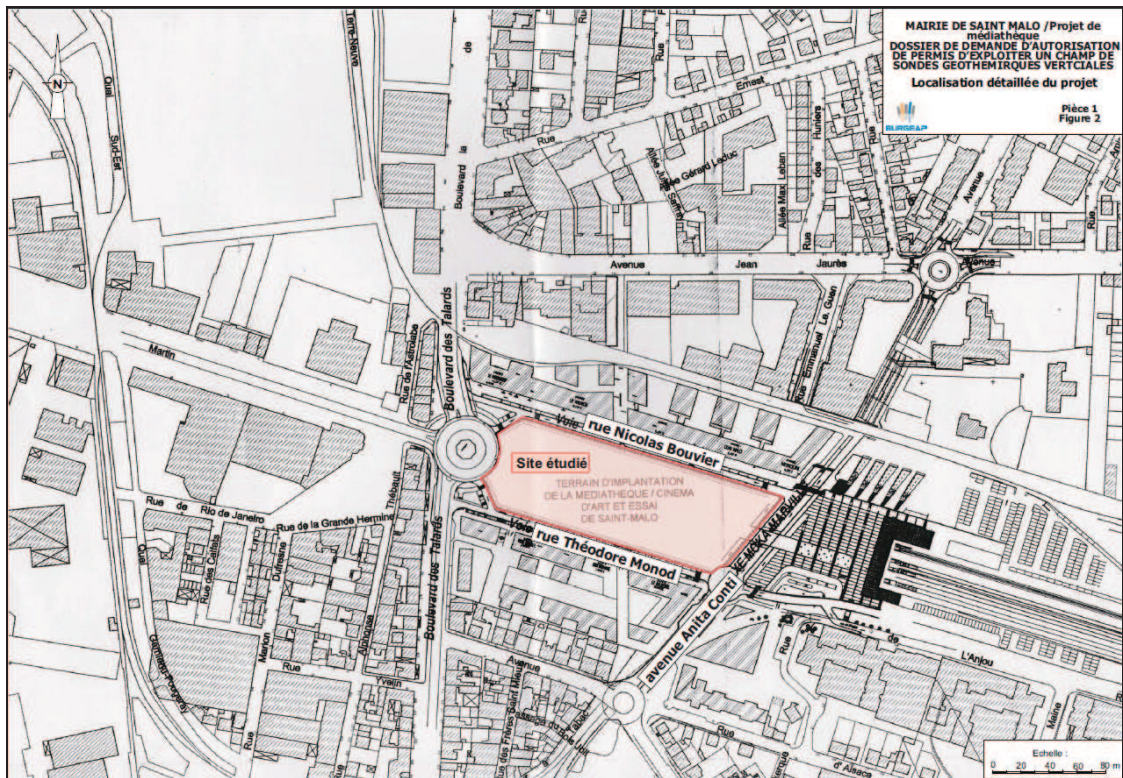


Figure 2 : Localisation détaillée du projet

## 2.2 Contexte géologique

### 2.2.1 Contexte géologique général

D'après la carte géologique n°60 de Dinan au 1/80 000<sup>ème</sup>, le site étudié est localisé, sous une éventuelle couche de remblais, sus-jacentes à des alluvions marines. Les alluvions marines surmontent des granulites feuilletées, qui surmontent eux-mêmes des micaschistes et des gneiss granulitiques. Ces formations sont traversées par des filons de Diabase (cf. **figure 3**).

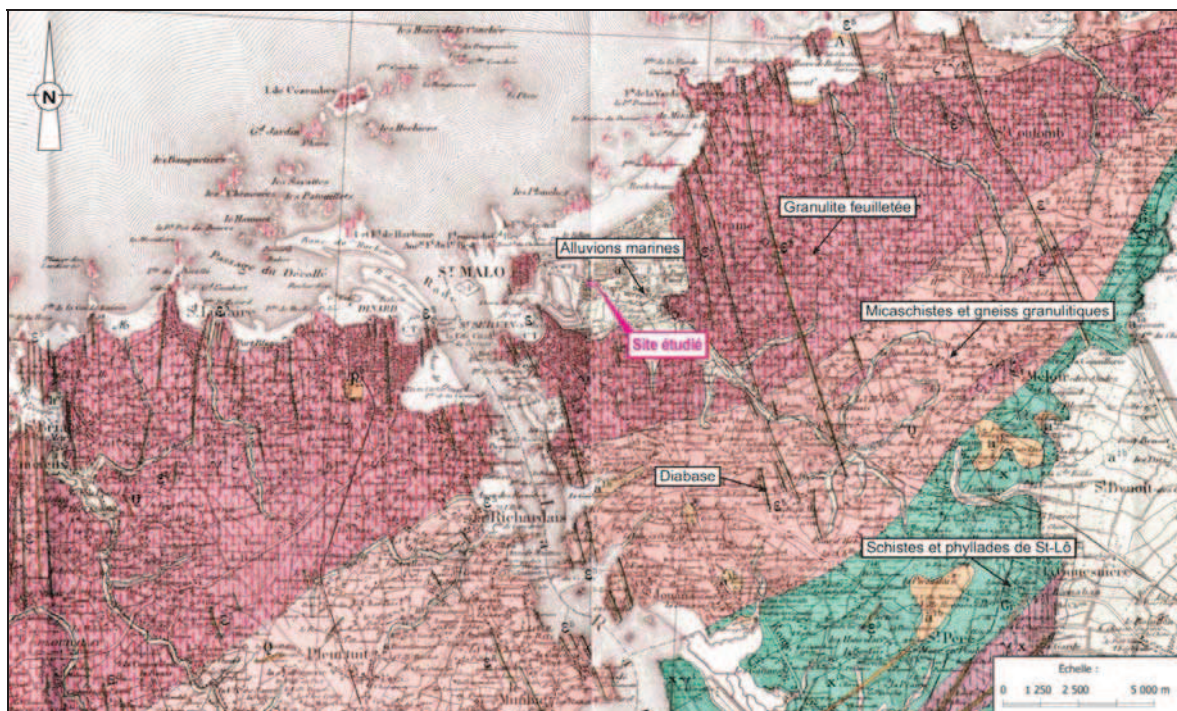


Figure 3 : Périmètre du projet et contexte géologique (extrait de la carte géologique BRGM n°60)

### 2.2.2 Coupe géologique

Aucun forage géologique n'a été recensé à proximité immédiate du site dans la base de données « Infoterre » du BRGM. Cependant, un forage géologique, référencé n° 02077X0170/F1 dans la base Infoterre, est identifié à 2,5 km au sud-est du site au droit de la même formation et confirme la géologie présumée. Le propriétaire serait les thermes marins de Saint Malo. Le profil des terrains rencontrés, est le suivant<sup>1</sup> :

- de 0 à 2 m : remblais limoneux ;
- de 2 à 7 m : sable dur (alluvions marines) ;
- de 7 à 12 m : arène granitique ;
- de 12 à 91 m : granulite gris clairs durs (granulites feuilletées) ;
- de 91 à 130 m : granulite feuilletée gris-noir (granulites feuilletées) ;
- de 130 à 195 m : granulite feuilletée gris-bleu (granulites feuilletées).

Plus localement, l'étude géotechnique effectuée par la société ECR environnement en avril 2010 au droit du projet (10 sondages destructifs de 15 mètres de profondeur) met en évidence les formations suivantes :

- de 0,7 à 2 m d'épaisseur : remblais sablo-graveleux marrons noirs ;
- de 3 à 4 m d'épaisseur : sables fins jaunes ;
- de 4,8 à 7 m d'épaisseur : argiles vasardes sableuses vertes ;
- de 4 à 5,8 m d'épaisseur : granites gris-verts résistants.

<sup>1</sup> Compte-tenu de la forte variabilité des épaisseurs des différentes couches, nous présentons ici les épaisseurs rencontrées et non les profondeurs.

Aucune arène granitique n'est identifiée d'après les coupes des sondages. Le toit du substratum granitique est rencontré entre 9,20 et 11 m de profondeur/TN soit entre les cotes -1,55 m NGF (est du projet) et -3,03 m NGF (ouest du projet).

Les coupes géologiques de la sonde géothermique pilote et des deux pieux réalisés en février 2011 pour le test de réponse thermique complètent ces éléments (cf. **annexe 2, pièce 6**) :

- de 0 à 0,4 m de profondeur : remblais ;
- de 0,4 à 10 m de profondeur : sables jaunâtres puis grisâtres ;
- de 10 à 14 m de profondeur : arènes granitiques ;
- de 14 à 100 m de profondeur : granite compact.

### 2.2.3 Caractéristiques du gîte géothermique

Pour l'exploitation envisagée du gîte géothermique au travers d'un champ de sondes, trois paramètres sont importants :

- la température du sous-sol à 10 m de profondeur ;
- le flux de chaleur géothermique ;
- la conductivité thermique.

La température du sous-sol a été mesurée lors des tests de réponse thermique sur la sonde géothermique pilote réalisée à cette occasion en février 2011. Elle est de 11°C environ.

Le flux de chaleur géothermique retenu (valeur bibliographique) est de 0,09 W/m<sup>2</sup>.

La conductivité thermique des terrains a également été mesurée sur site lors des tests de réponse effectués en février 2011 soit :

- 2,61 W/ml/K sur la sonde géothermique ;
- 2,11 W/ml/K sur le pieu.

Ces valeurs sont cohérentes avec les données bibliographiques issues de la norme allemande VDI 4640 en considérant la formation granitique présente au droit du site (2,1 à 4,1 W/ml/K).

**Tableau 1 : Conductivité thermique (norme allemande VDI 4640)**

Roche	Conductivité thermique (W/ml/K) min - <b>valeur typique</b> - max
sable sec	0.3 - <b>0.4</b> - 0.8
sable saturé d'eau	1.7 - <b>2.4</b> - 5.0
argile sèche	0.4 - <b>0.5</b> - 1.0
argile saturée en eau	0.9 - <b>1.7</b> - 2.3
granite	2.1 - <b>3.4</b> - 4.1

## 2.3 Contexte hydrogéologique

Les coupes géologiques disponibles ont montré la présence d'une couche de sables argileux en tête des arènes granitiques elles-mêmes de faible épaisseur (quelques mètres). Cette géologie est donc peu propice à une large ressource d'eau souterraine dans les terrains sous-jacents au substratum. Aucun essai d'infiltration permettant de connaître la perméabilité des terrains en place n'a été réalisée au droit du projet. En revanche, l'étude géotechnique de l'ilot 6 fait état de 8 essais d'infiltration de type Porchet et 12 essais d'infiltration de type Lefranc. Les perméabilités moyennes sont les suivantes :

- sables jaunes :  $2.10^{-5}$  m/s ;
- argiles sableuses :  $4.10^{-7}$  m/s.

Ces perméabilités peuvent être considérées comme bonnes pour les sables et faibles pour les argiles sableuses, elles sont donc peu propices à la présence d'une ressource d'eau souterraine importante ce qui est confirmé par l'absence de puits recensés. Par ailleurs, aucune information n'est donnée quant à la présence d'eau souterraine en provenance de fractures du substratum granitique.

La coupe géologique de la sonde géothermique pilote (cf. **annexe 2, pièce 6**) indique des arrivées d'eau vers 4 m, 24 m et 52 m. Ces débits sont faibles (environ  $2 \text{ m}^3/\text{h}$  à 52 m) et sont situés pour les deux plus profondes dans des fractures au sein du granite.

L'étude géotechnique réalisée par la société ECR Environnement sur le projet, celle réalisée par FONDOUEST sur un îlot voisin ainsi qu'une mesure ponctuelle réalisée lors de l'enquête de terrain sur les 2 piézomètres présents sur site (SP5+PZ et SP7+PZ) donnent les indications suivantes :

**Tableau 2 : Niveaux piézométriques**

Site / Etude	Date de la mesure	Profondeur du niveau piézométrique
Projet / ECR Environnement	25/03/2010	2,6 à 2,9 m
Projet / BURGEAP*	27/05/2010	2,82 et 3,05 m (SP5 et SP7)
Ilot 6 / FONDOUEST	21/09 au 02/10/2006	3 m environ

\* mesure réalisée lors de l'enquête de quartier

Ces niveaux sont cohérents. Ils se situent dans les sables voire dans les argiles sableuses sous-jacentes.

## 2.4 Ressource visée et emprise du périmètre de recherches

### 2.4.1 Durée sollicitée pour l'autorisation d'exploiter

Conformément à l'article L134-8 du code minier, **la durée d'exploitation sollicitée est de 30 ans**, soit la durée maximum autorisée.

### 2.4.2 Ressources visées

Le sous-sol au droit du projet ne recelant pas d'aquifère exploitable pour une exploitation des calories des eaux souterraines au moyen d'une pompe à chaleur (potentiel trop limité), la solution de champ de sondes a donc été retenue. Cette solution exploite la chaleur du sous-sol au moyen de forages équipés pour fonctionner comme des échangeurs de chaleur.

L'étude du sous-sol, effectuée à partir de données bibliographiques et des investigations réalisées sur site, permet d'envisager au droit du projet une température moyenne du gisement d'environ  $11^\circ\text{C}$ , un flux de chaleur géothermique de  $0,09 \text{ W/m}^2$  et une conduction thermique comprise entre  $2,11$  et  $2,61 \text{ W/ml/K}$ .

### 2.4.3 Sollicitation actuelle de la ressource visée

Actuellement, la ressource ciblée n'est pas exploitée et aucune demande de cette nature n'a été déposée à ce jour dans le périmètre du projet. Aucune installation géothermique, de forage à usage agricole, industriel, d'eau potable ou domestique n'est recensée dans un rayon de 750 m autour du projet (données « Infoterre »).

#### 2.4.4 Emprise du périmètre du permis d'exploiter

Le périmètre sur lequel est demandé le permis d'exploiter est assimilable à l'emprise du projet de médiathèque et de cinéma d'art et essais ce qui correspond à un polygone orienté est-ouest. Le secteur sur lequel porte cette demande figure sur :

- un fond de carte géologique au 1/80 000<sup>ème</sup> sur la **figure 1, pièce 6** ;
- un fond de carte topographique sur la **figure 2, pièce 6** ;
- une vue satellite au 1/1 500<sup>ème</sup> sur la **figure 3, pièce 6**.

La superficie du périmètre est estimée à 10 160 m<sup>2</sup> (cf. **figure 3, pièce 6**). Les longueurs des côtés du périmètre du permis d'exploiter sont indiquées sur la même figure.

Les coordonnées des angles du permis sollicités sont reportées dans le tableau suivant :

**Tableau 3 : Coordonnées du permis d'exploiter sollicité**

Coordonnées des angles du périmètre	Coordonnées Lambert II étendu	
	X (m)	Y (m)
1	279 906	2 414 264
2	280 105	2 414 214
3	280 059	2 414 169
4	279 906	2 414 229

La géométrie de ce périmètre a été définie en prenant en compte :

- l'emprise des bâtiments projetés ;
- l'impact de l'exploitation des calories du volume de sous-sol visé et les risques de recyclage thermique ;
- les contraintes de réseaux au droit du projet.

### 3. Description du permis d'exploiter envisagé

#### 3.1 Volume et périmètre d'exploitation

##### 3.1.1 Implantation du champ de sondes

Le champ de sondes géothermiques verticales (SGV) est constitué de 24 sondes de 196 m de profondeur chacune disposées sur l'emprise de la médiathèque et du cinéma d'art et essais comme illustré sur la **figure 4, pièce 6**. Ce dispositif a été défini en fonction des besoins en chauffage et en refroidissement, sur la base d'un test de réponse thermique, après simulation du champ de SGV, après étude économique et validation des emplacements en fonction des réseaux.

##### 3.1.2 Périmètre d'exploitation

Le périmètre d'exploitation du champ de sondes est défini comme correspondant à l'emprise du projet de médiathèque et du cinéma d'art et essais ce qui inclut le champ de sondes. Il est défini de manière à éviter le positionnement des sondes sous les bâtiments afin de permettre une exploitation tout en protégeant le

bâtiment d'éventuelles interférences avec ses fondations. Elles sont donc positionnées sous le parvis et les jardins.

### 3.1.3 Volume du gîte géothermique

L'épaisseur du gîte géothermique sollicité est définie par :

- la profondeur des sondes les plus profondes (196 m) ;
- une distance d'interaction de 10 mètres.

La profondeur prévue des sondes géothermiques étant de 196 m et la distance d'interaction étant de 10 m pour chaque sonde, l'épaisseur exploitée du gîte géothermique par conduction thermique s'établit donc à 206 m (196 + 10 m). Par ailleurs, en considérant l'enveloppe du permis sollicité, soit 10 160 m<sup>2</sup> (cf. **figure 3, pièce 6**), le volume du gîte géothermique concerné est de 2 092 960 m<sup>3</sup> de roche.

## 3.2 Paramètres d'exploitation

Les paramètres de fonctionnement sont les suivants :

- débit d'eau glycolée: 1,5 m<sup>3</sup>/h par forage ;
- température minimum d'injection: 8.1°C (année 1) à 1.5 °C (année 30) ;
- température maximum d'injection: 19.8°C (année 1) à 13.2 °C (année 30) ;
- puissance calorifique fournie par le sous-sol°: 212 kW ;
- énergie extraite annuellement au sous-sol°: 297 MWh/an ;
- énergie injectée annuellement dans le sous-sol°: 14 MWh/an.

## 3.3 Perspectives d'utilisation des thermies

Les calories prélevées au travers du champ de sondes seront destinées au chauffage du projet à hauteur de 65% des besoins et au refroidissement à hauteur de 100% des besoins et ce par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur eau-eau. Les 35% de besoins en chauffage restant seront couverts par une chaudière à gaz à condensation.

### 3.3.1 Besoins énergétiques du projet

Les besoins des bâtiments ont été déterminés dans le cadre du calcul thermique réglementaire de la RT 2005. Le tableau suivant résume ces calculs.

**Tableau 4 : Besoins énergétiques considérés (données ARCOBA)**

Bâtiment	Surface (m <sup>2</sup> )	Détail du bâti :			Besoins utiles (MWh)		
		Ubat	Cep projet (kWh/m <sup>2</sup> )	Cref (kWh/m <sup>2</sup> )	Chaud	Froid	ECS
Bâtiment	4 789 SU	0,506	197,4	349,7	619	11	4
	6 209 SHON						

Les besoins de chauffage sur une année complète ont été établis à 397 MWh et 14 MWh en refroidissement.

### 3.3.2 Production de la chaleur et de froid

Le système de chauffage et de refroidissement du projet fait appel à la géothermie au travers d'un champ de sondes dont l'énergie est valorisée par une pompe à chaleur réversible fonctionnant en production de chaleur l'hiver et en climatisation l'été. Les puissances nécessaires établies par le Bureau d'Etude Thermique ARCOBA sont de 212 kW de puissance calorifique (production de chaud) et 165 kW de puissance frigorifique (production de froid). En complément une chaudière à gaz et à condensation produit les 35% de chaleur complémentaire nécessaire en période de grands froids.

Les caractéristiques attendues de la PAC sont les suivantes.

**Tableau 5 : Caractéristiques de la PAC (données ARCOBA)**

USAGE	PAC		
	Puissance (kW)	COP* ou EER**	Type de fluide frigorigène utilisé
Chauffage	212	COP > 3,5	R410A (gaz HFC)
Refroidissement	165	EER	R410A (gaz HFC)

\* **COP** : Coefficient de Performance donné par le constructeur (rapport de puissances à un point de fonctionnement de la PAC)

\*\* **EER** : Energy Efficiency Ratio (Coefficient d'Efficacité Energétique) ou COP en mode froid

## 4. Conditions d'arrêt de l'exploitation du gîte géothermique

### 4.1 Définition des conditions d'arrêt de l'exploitation

L'exploitation du gîte géothermique pourrait être arrêtée dans le cas d'une chute importante de la température du fluide caloporteur circulant dans les sondes géothermiques. Si la température du fluide devenait négative, le fluide caloporteur pourrait engendrer un gel du sous-sol, ce qui aurait un impact important sur le projet et son voisinage.

### 4.2 La procédure d'abandon des puits

En cas d'arrêt définitif de l'exploitation du champ de sondes, le maître d'ouvrage adressera au Préfet à l'attention de ses services techniques instructeurs, une déclaration d'arrêt d'exploitation accompagnée d'une procédure d'abandon et de sécurisation des ouvrages. Cette déclaration sera accompagnée des éléments suivants :

- un résumé des conditions conduisant à la décision de fermeture du champ de sondes ;
- un plan de position des ouvrages concernés et leur coupe technique ;
- la procédure d'abandon appliquée pour chaque ouvrage ;
- les mesures de prévention des risques identifiés, notamment celles concernant la protection des aquifères superficiels.

L'abandon sera réalisé dans le respect des règles de l'art en matière d'abandon de puits et dans les conditions optimales de sécurité par rapport à la protection des aquifères en évitant par conséquent toutes connexions hydrauliques entre aquifères.





### 4.3 Coûts estimatifs de l'abandon de l'exploitation du champ de sondes

Les principaux travaux en vue de l'abandon du champ d'exploitation sont :

- le retrait du réseau de surface entre la/les pompe(s) à chaleur et les différentes sondes géothermiques ;
- la purge complète des sondes géothermiques et l'obstruction de tous les tubes de polyéthylène.

Les coûts ne sont pas estimés à ce stade du projet.

Le maître d'ouvrage, la ville de Saint Malo, s'engage à démanteler le champ de sondes objet de la présente demande d'autorisation de permis d'exploiter.



## MAIRIE DE SAINT MALO

---

DOSSIER D'AUTORISATION  
AU TITRE DES ARTICLES L.124-4 ET L.134-4  
DU CODE MINIER ET DES DECRETS N°78-498 et  
N°2006-649

## **PIECE 3 : DESCRIPTIF DES TRAVAUX PREVUS**



# SOMMAIRE

<b>PIECE 3 : DESCRIPTIF DES TRAVAUX PREVUS</b>	<b>1</b>
<b>1. Contexte</b>	<b>4</b>
<b>2. Descriptif de l'installation nécessitant par la suite des travaux de forage</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Sonde géothermique verticale pilote</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Test de réponse thermique</b>	<b>7</b>
2.2.1 Principe du test de réponse thermique	7
2.2.2 Déroulement du test de réponse thermique	8
2.2.3 Résultats du test de réponse thermique	8
2.2.3.1 Température moyenne initiale du terrain	8
2.2.3.2 Puissance d'injection	8
2.2.3.3 Conductivité thermique effective du terrain	8
2.2.3.4 Résistance thermique de la sonde	9
<b>2.3 Simulation dynamique du champ de sondes</b>	<b>9</b>
2.3.1 Simulation réalisée	9
2.3.2 Données énergétiques d'entrée	10
2.3.3 Données d'entrée caractéristiques du champ de sondes	10
<b>2.4 Solution retenue</b>	<b>11</b>
2.4.1 Champ de sondes géothermiques verticales (SGV)	11
2.4.2 Caractéristiques des sondes	12
<b>3. Programme des travaux</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Méthode de forage envisagée</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Programme des phases de forages</b>	<b>13</b>
<b>3.3 Programme d'échantillonnage</b>	<b>13</b>
<b>3.4 Gestion des déblais</b>	<b>13</b>
<b>3.5 Mise en place des tubes constituant les sondes</b>	<b>13</b>
<b>3.6 Programme de cimentation</b>	<b>13</b>
3.6.1 Le coulis géothermique	14
3.6.2 La technique d'injection du coulis géothermique	14
<b>3.7 Programme d'essais en pression</b>	<b>14</b>
<b>4. Planning et budget prévisionnels des travaux</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Planning prévisionnel</b>	<b>15</b>
<b>4.2 Budget prévisionnel</b>	<b>15</b>

## TABLEAUX

Tableau 1 : Budget prévisionnel	15
---------------------------------	----

## FIGURES

Figure 1 : Périmètre du permis d'exploiter sur fond de photographie aérienne	5
Figure 2 : Plan d'implantation du champ de SGV (données ARCHITECTURE-STUDIO)	6
Figure 3 : Evolution de la température du fluide caloporteur durant les 5 premières années	11
Figure 4 : Evolution de la température du fluide caloporteur durant 50 ans d'exploitation	12

## 1. Contexte

Depuis plusieurs années, la ville de Saint-Malo a développé une politique volontariste en matière de développement durable. Celle-ci s'est traduite par une planification des actions décrites dans le Plan d'Aménagement et du Développement Durable (PADD) de la collectivité.

La construction de la Médiathèque et d'un Cinéma d'art et essais à Saint-Malo est l'une des actions concrètes de cette politique.

L'opération se distingue d'une construction conventionnelle car elle est réalisée dans le cadre de la démarche NF Haute Qualité Environnementale (HQE). Le bâtiment obtiendra le label Très Haute Performance Energétique avec intégration des énergies renouvelables THPE EnR, selon la Réglementation Thermique 2005.

C'est dans ce cadre que ce projet prévoit la mise en place d'un système de chauffage et refroidissement des bâtiments reposant sur l'exploitation d'un champ de sondes géothermiques verticales (SGV). Les besoins en chauffage seront couverts à 65% par ce champ de SGV et les 35% restants par une chaudière d'appoint à condensation. Les besoins en refroidissement seront eux couverts à 100 % par ce champ de SGV. Celui-ci sera composé de 24 sondes de 196 m de profondeur chacune espacées de 10 m chacune et réparties sur l'emprise du projet.

Ce projet d'exploitation fait partie des **gîtes géothermiques à basse température**. Il doit se conformer :

- à l'article L124-4 du Code Minier stipulant que « Nul ne peut entreprendre un forage en vue de la recherche de gîtes géothermiques à basse température sans une autorisation de recherches accordée par l'autorité administrative » ;
- à l'article L.134-4 du Code Minier stipulant que « Les gîtes géothermiques à basse température ne peuvent être exploités qu'en vertu d'un permis d'exploitation accordé par l'autorité administrative » ;
- au décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie ;
- au décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des travaux de stockages souterrains.

Compte-tenu des caractéristiques du champ de SGV : sondes de 196 m de profondeur exploitant 212 kW du sous-sol, ce projet ne peut pas être considéré comme un gîte de minime importance au regard de l'article 17 du décret n°78-498, il est donc soumis à un permis d'exploitation.

C'est dans le cadre de ce projet que le pétitionnaire et maître d'ouvrage de la future médiathèque et du cinéma d'art et essais demande **l'autorisation de permis d'exploiter le champ de sondes géothermiques verticales** décrit ci-dessus ainsi que **l'autorisation d'ouverture des travaux miniers associés** (cf. **annexe 1, pièce 6**).

Le présent dossier de demande d'autorisation de permis d'exploiter le champ de sondes géothermiques verticales est composé des 6 pièces suivantes :

- Pièce 1 : dossier administratif et résumé non technique ;
- Pièce 2 : notice descriptive du projet et demande d'autorisation ;
- **Pièce 3 : descriptif des travaux prévus ;**
- Pièce 4 : étude d'impacts ;
- Pièce 5 : notice d'hygiène et de sécurité ;
- Pièce 6 : figures et annexes.

## 2. Descriptif de l'installation nécessitant par la suite des travaux de forage

Dans le cadre du projet de création d'une médiathèque et d'un cinéma d'art et essais à Saint-Malo, une pompe à chaleur exploitant les calories du sous-sol au travers d'un champ de sondes géothermiques verticales (SGV) est prévue pour assurer le chauffage et le refroidissement des bâtiments. Le périmètre du permis d'exploiter soumis à autorisation est présenté sur la figure suivante.

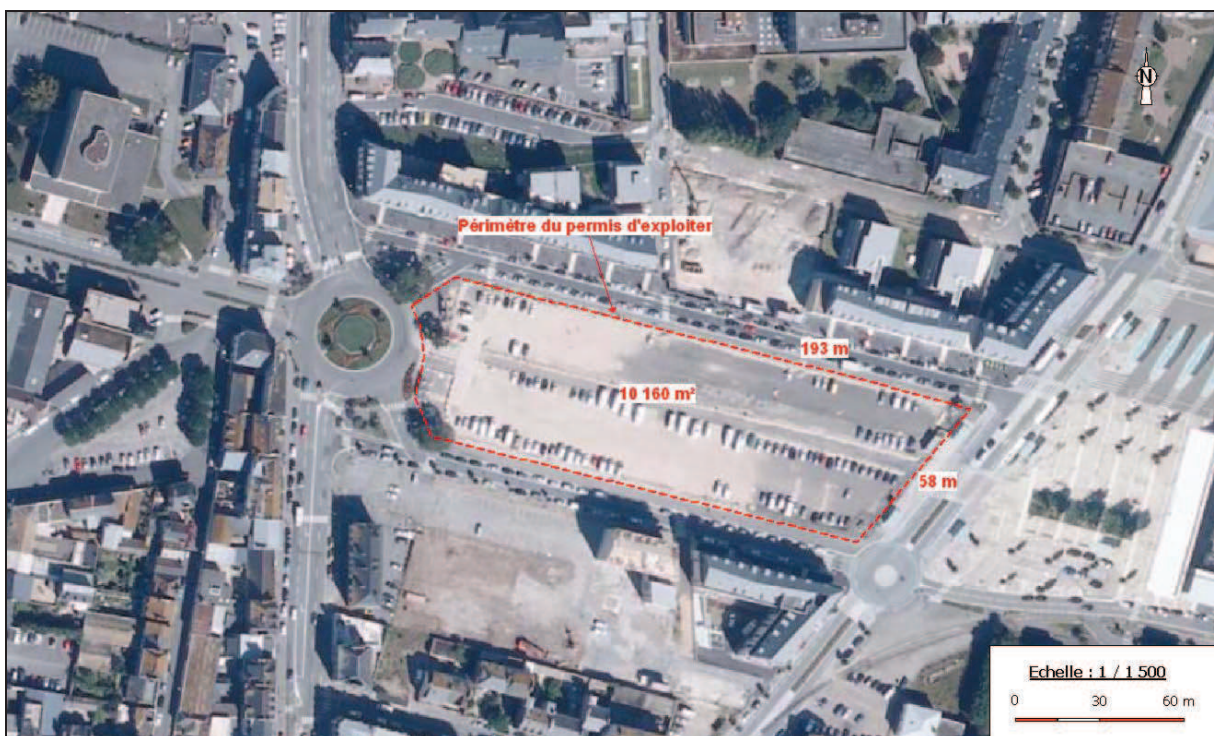


Figure 1 : Périmètre du permis d'exploiter sur fond de photographie aérienne  
(fond photographique : [www.geoportail.fr](http://www.geoportail.fr))

Le plan de localisation du champ de SGV est présenté sur la figure suivante.

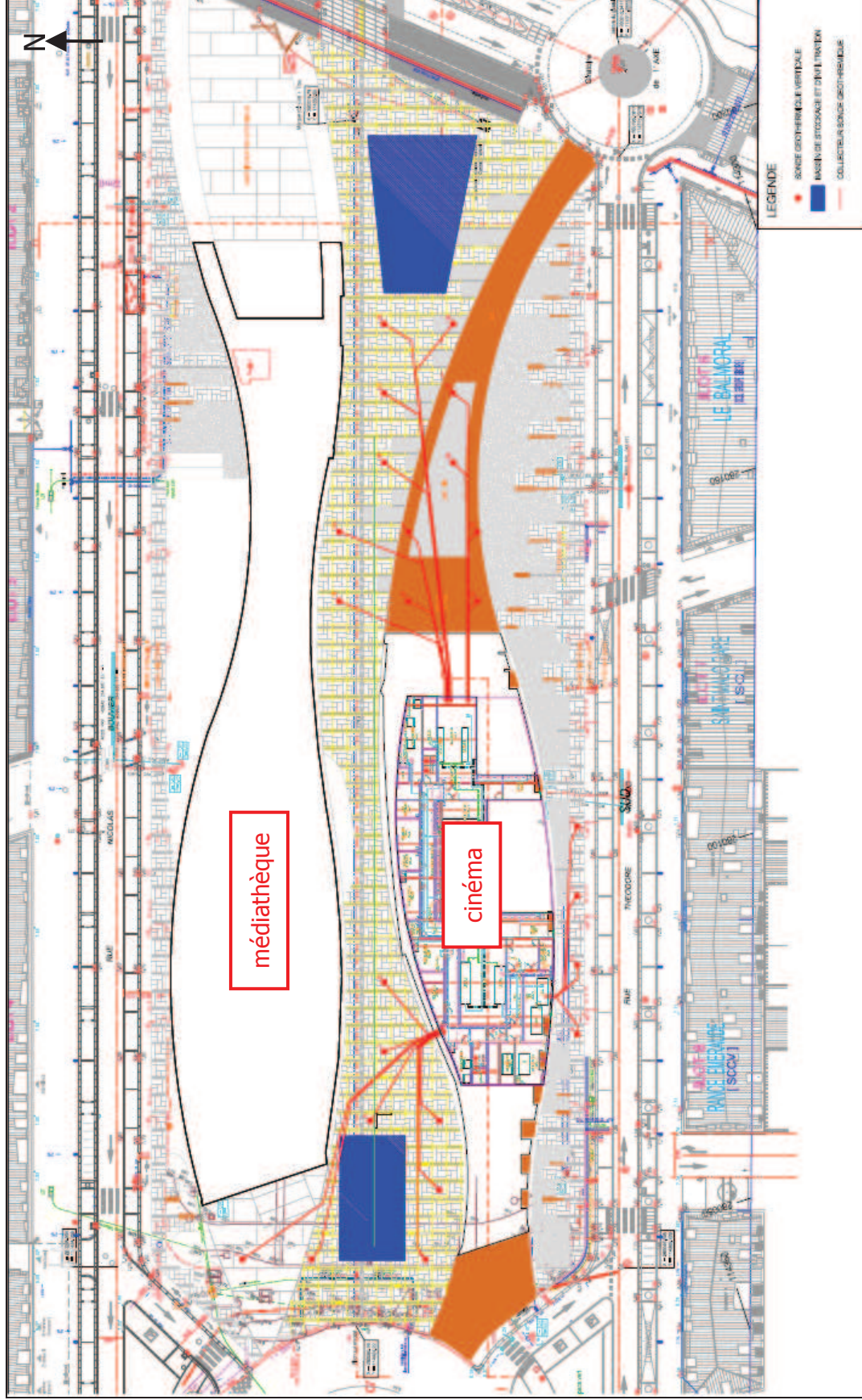


Figure 2 : Plan d'implantation du champ de SGV (données ARCHITECTURE-STUDIO)

(sondes géothermiques verticales en rouge)



Avant de réaliser ce champ de sondes et l'exploitation du gîte thermique sur lequel il repose, il est nécessaire de réaliser au préalable :

- une sonde géothermique verticale pilote permettant de réaliser un test de réponse thermique ;
- un test de réponse thermique permettant de définir les caractéristiques physiques du sous-sol en vue du dimensionnement du champ de sondes ;
- une simulation numérique permettant, sur la base des besoins énergétiques du projet et des caractéristiques du sous-sol, de définir la géométrie optimum du champ de sondes.

Au terme de ces phases, le champ de sondes est défini et les travaux de forage sont prêts à être définis précisément puis réalisés.

## 2.1 Sonde géothermique verticale pilote

Le forage a été réalisé en septembre 2010 jusqu'à une profondeur de 99 m sur l'emprise du projet. Une déclaration préalable de travaux a été effectuée avant les travaux (cf. **annexe 3, pièce 6**).

Les investigations ont respecté les règles de l'art (norme NF X 10-970).

Un avant-trou préalable au marteau fond de trou (MFT) à l'air en Ø 254 mm a été réalisé jusqu'aux limites du terrain stable (10 m de profondeur). Un tube PVC plein en Ø 168/180 mm (intérieur/extérieur) a ensuite été mis en place permettant de tenir le terrain non stable.

Par la suite, la foration au MFT à l'air a été réalisée en Ø 150 mm jusqu'à une profondeur de 99 m.

Une fois le forage terminé, la sonde géothermique de type double U (Ø ext. 32 mm x 2,9 mm d'épaisseur) a été poussée dans le sondage jusqu'au fond du forage, soit 99 m de profondeur, avec des distanceurs.

La sonde géothermique réalisée présente les caractéristiques suivantes (cf. **annexe 2, pièce 6**) :

- longueur de la sonde : 99 m ;
- sonde en double U (Ø extérieur de 32 mm) : la sonde en polyéthylène (PE) avec distanceurs ;
- le remplissage de l'espace annulaire entre les tubes de la sonde thermique (0-99 m) a été effectué par injection avec un mélange bentonite-ciment, injecté par le bas du forage (canne d'injection) ;
- le remplissage des tubes de la sonde (avant test) a été réalisé avec de l'eau claire afin d'annuler la poussée d'Archimède, pour faciliter la mise en place des sondes ;
- le forage a été nettoyé avant la cimentation afin d'éviter la présence de sable fin ou de copeaux de plastique à l'intérieur des tubes de la sonde ;
- une protection des tubes en PE de la sonde thermique a été mise en place prévenant les dégradations ou actes de vandalisme à la fin de l'équipement.

## 2.2 Test de réponse thermique

L'exploitation du gîte géothermique nécessite tout d'abord un test de réponse thermique qui permet de déterminer précisément la conductivité thermique effective du sous-sol, la température moyenne initiale du sol et la résistance thermique de la sonde.

### 2.2.1 Principe du test de réponse thermique

Le test est réalisé sur la sonde pilote mise en place et ce 3 semaines plus tard de manière à laisser le temps au terrain de retrouver son équilibre thermique. En effet, la prise du ciment comblant l'espace interannulaire de la sonde est une réaction exothermique.

Le test de réponse thermique se réalise ensuite sur une dizaine de jours. Durant toute cette période, de l'eau est injectée dans la sonde thermique. Les paramètres mesurés pour déterminer les caractéristiques thermiques du sous-sol sont les suivants :

- température du fluide aller ;
- température du fluide retour ;
- débit.

### 2.2.2 Déroulement du test de réponse thermique

Le test de réponse thermique a été réalisé sur la sonde pilote de 99 m en février 2011 par l'entreprise Bonnier forages. Il s'est déroulé de la manière suivante :

- installation et préparation du module de test de réponse thermique, module de type « banc d'essai de Pompe à Chaleur » ;
- étalonnage et test de différents composants ;
- raccordement de la sonde géothermique au module ;
- isolation des tubes des tuyaux extérieurs au module et à la sonde ;
- activation du système d'enregistrement des données ;
- arrêt du test ;
- démontage, nettoyage et rapatriement du module.

### 2.2.3 Résultats du test de réponse thermique

#### 2.2.3.1 Température moyenne initiale du terrain

Le test de détermination de la température initiale du sous-sol indique une température de 10,7°C en février 2011 dans les conditions du test (débit de 1 600 litres/heure).

#### 2.2.3.2 Puissance d'injection

Lors de la réalisation du test, nous avons injecté une puissance de l'ordre de 4,14 kW.

Le calcul de la puissance pouvant être soutirée par les ouvrages géothermiques dans la zone d'étude est, dans les conditions dans lesquelles l'essai a été réalisé, de l'ordre de :

- 31,6 W/ml à un débit moyen de 1600 l/h pour une sonde de 99 ml.

Cette valeur est usuelle dans le contexte géologique observé lors des travaux de forages. Elle intègre le phénomène de conduction thermique des matériaux et celui de convection (apport des calories par les arrivées d'eau).

#### 2.2.3.3 Conductivité thermique effective du terrain

La méthode de calcul est basée sur la théorie de la source linéaire de chaleur : le calcul de  $\lambda$  est obtenu par régression linéaire de la courbe expérimentale.

Cette estimation de la conductivité thermique du terrain  $\lambda$  (W/ml/K) est effectuée en prenant en compte la longueur de l'ouvrage géothermique, la puissance d'injection et l'évolution de la température du fluide circulant dans l'ouvrage.

D'après les éléments collectés, la conductivité thermique est estimée à :

- 2,61 W/ml/K dans la sonde.

Cette valeur de conductivité thermique est usuelle (la norme allemande VDI 4640 donne une plage allant de 2,1 à 4,1 W/ml/K pour ce matériau).

#### 2.2.3.4 Résistance thermique de la sonde

L'estimation de la résistance thermique effective d'une sonde géothermique  $R_b$  est calculée à partir de la puissance transférée par mètre de sonde, pour chaque degré d'écart entre le fluide et le terrain sur le pourtour de la sonde géothermique. Cette résistance est influencée principalement par les paramètres suivants :

- la longueur de la sonde ;
- la puissance d'injection (qui devrait rester la plus constante possible) ;
- la capacité thermique volumétrique du terrain ;
- le diamètre du forage ;
- la température initiale du terrain.

La résistance thermique est donnée par la formule suivante :

$$R_b = \left( \frac{T_e + T_s}{2} - T_{init} \right) \cdot \frac{H}{P}$$

avec :

- $T_e$  : température entrée (aller) en °C ;
- $T_s$  : température sortie (retour) en °C ;
- $T_{init}$  : température initiale en °C ;
- $H$  : longueur de la sonde en m ;
- $P$  : puissance moyenne injectée en W.

Il vient une résistance thermique effective de la sonde de 0,27 K/W/ml (valeur élevée).

### 2.3 Simulation dynamique du champ de sondes

Une fois les paramètres thermiques du sous-sol déterminés grâce au test de réponse thermique, il est alors possible de dimensionner correctement le champ de sondes contributeur au chauffage du projet. Le dimensionnement du champ de sondes est alors réalisé grâce au moyen d'une simulation dynamique sur une durée d'exploitation de 50 ans bien que la durée du permis d'exploitation sollicité soit limitée à 30 ans. Cette simulation nécessite également la connaissance précise des besoins thermiques, données fournies par le bureau d'étude fluides.

L'objectif est de vérifier le fonctionnement du champ de sondes intégré dans le système de chauffage par pompe à chaleur à court et long termes et ainsi de définir une configuration du champ de sondes assurant une exploitation sans gel du sous-sol ou du fluide caloporteur.

#### 2.3.1 Simulation réalisée

Le dimensionnement du champ de sondes géothermiques verticales (SGV) au droit du projet a été réalisé à l'aide des logiciels EED et PILESIM2.

Ces logiciels, après incorporation des données caractéristiques du projet, permettent d'évaluer le potentiel énergétique couvert par le champ de sondes géothermiques verticales dans le cadre d'un fonctionnement optimal en considérant les données d'entrées suivantes :

- conditions climatiques de Saint Malo (évolution de la température de l'air extérieur, heure par heure et le niveau d'ensoleillement verticale nord/sud sur une année calendaire, données Météonorm 6.1) sans hypothèse d'évolution du climat au cours de la durée de la simulation;

- formations géologiques présentes au droit du site, avec :
  - température moyenne du terrain ;
  - capacité thermique volumique des formations géologiques ;
  - gradient géothermique moyen au droit du site ;
  - conductivité thermique moyenne des formations géologiques ;
- architecture des sondes (diamètre, longueur) ;
- espace moyen entre les sondes ;
- nature du fluide caloporteur ;
- besoins de pointes et énergétiques souhaités (puissances et consommations de chauffage et de refroidissement) ;
- performances de la PAC en chauffage et en refroidissement (COP et EER) ;
- interface entre le sous-sol et le bâtiment (isolation).

Nous avons utilisé une période de simulation de 50 ans, avec une mise en service de l'ouvrage pour 12 mois par an. Le début de la mise en service a été placé de manière arbitraire au mois d'octobre.

Les logiciels utilisés ne tiennent pas compte de la dissipation de l'énergie dans le sol par l'écoulement de l'eau souterraine.

Au droit du site, des écoulements souterrains réduits sont supposés dans chaque aquifère. Les dimensionnements réalisés sont donc conservateurs.

### 2.3.2 Données énergétiques d'entrée

Les données utilisées ont été transmises par la société ARCOBA (BE thermique du projet). Nous avons considéré des consommations énergétiques de 401,2 MWh/an, soit 65% des consommations totales.

### 2.3.3 Données d'entrée caractéristiques du champ de sondes

Pour la réalisation du dimensionnement de cette solution, nous avons utilisé les données suivantes :

- propriétés du sous-sol au droit du site :
  - conductivité thermique : 2,6 W/ml/K ;
  - capacité thermique volumique : chaque formation géologique dispose d'une capacité thermique volumique qui lui est propre. En pondérant cette capacité thermique par l'épaisseur des formations traversées, on obtient : 2,65 MJ/m<sup>3</sup>/K ;
  - surface au sol disponible : estimation de 3000 m<sup>2</sup> ;
  - distance entre les sondes : 10 m ;
- Sondes et échangeur de chaleur :
  - diamètre des forages : 150 mm ;
  - type de sonde : en double U (Ø extérieur de 40 mm), en polyéthylène (PE) avec distanceurs ;
  - débit volumique par forage : 1,5 m<sup>3</sup>/h ;
  - conductivité thermique du remplissage : 1,4 W/ml/K (mélange de ciment et de bentonite).

## 2.4 Solution retenue

Au terme de l'étude des besoins émis par le Maître d'ouvrage et de l'équipe associée, la modélisation du champ de sonde a permis de définir le champ de sondes géothermiques verticales.

### 2.4.1 Champ de sondes géothermiques verticales (SGV)

Il est constitué de 24 sondes de 196 m de profondeur chacune réparties sous les parvis et jardins du projet d'aménagement. Aucune ne sera située directement sous les bâtiments. Le plan d'implantation est présenté sur la **figure 4, pièce 6**. Les sondes sont distantes de 10 m chacune afin d'éviter le recyclage thermique entre les ouvrages.

A l'échelle de l'année, l'évolution de la température du fluide caloporteur suivra l'évolution cyclique suivante :

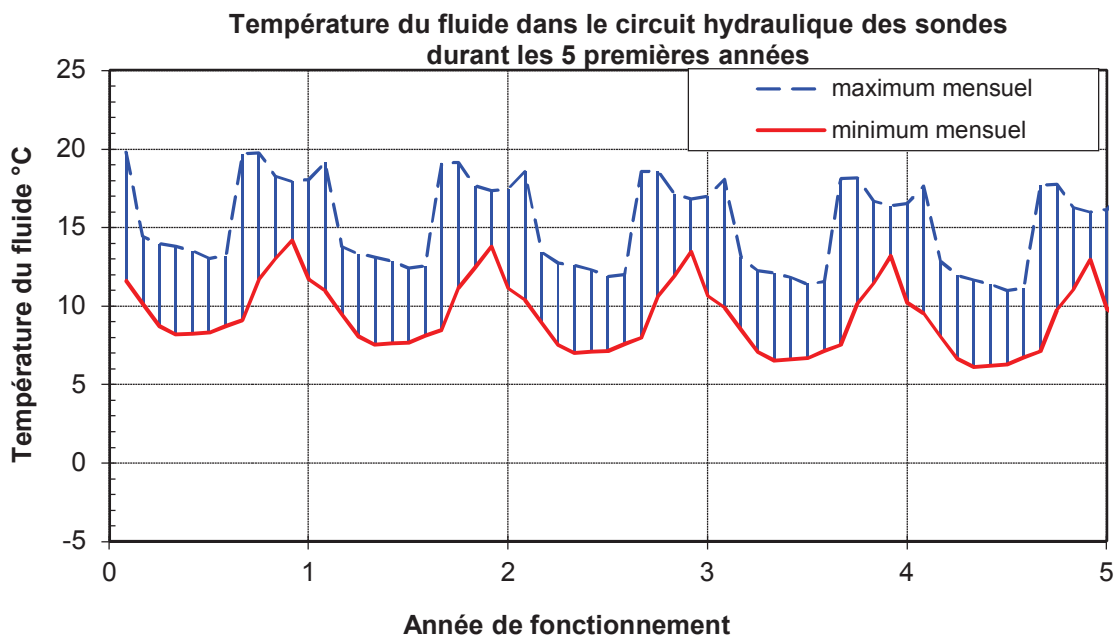


Figure 3 : Evolution de la température du fluide caloporteur durant les 5 premières années

En hiver, la température maximale du fluide correspond au fluide en sortie des sondes rechauffé par le sous-sol (extraction des calories) et la température minimum correspond au fluide en entrée des sondes après perte de ses calories dans l'échangeur thermique de la PAC (en vue du chauffage). En été, l'inverse se produit, la température maximum du fluide correspond au fluide en entrée des sondes après emmagasinement des calories émises suite à la climatisation des bâtiments, et la température minimum correspond au fluide en sortie des sondes après perte de ses calories vers le sous-sol.

Lors de la première année, du fait des caractéristiques de la PAC, des besoins des bâtiments en chauffage et en refroidissement et du dimensionnement, la température maximale atteinte du fluide sera de 19,8°C et la température minimale sera de 8,2°C.

L'exploitation du champ de SGV dans les conditions définies ci-dessus entraînera une diminution progressive de la température du fluide caloporteur utilisé en circuit fermé dans les sondes. En effet, les calories extraites seront plus importantes en hiver (chauffage) que les calories injectées en été (refroidissement), il n'y aura pas de recharge thermique totale du sous-sol. La courbe de température du fluide caloporteur sur une durée de 50 ans est la suivante :

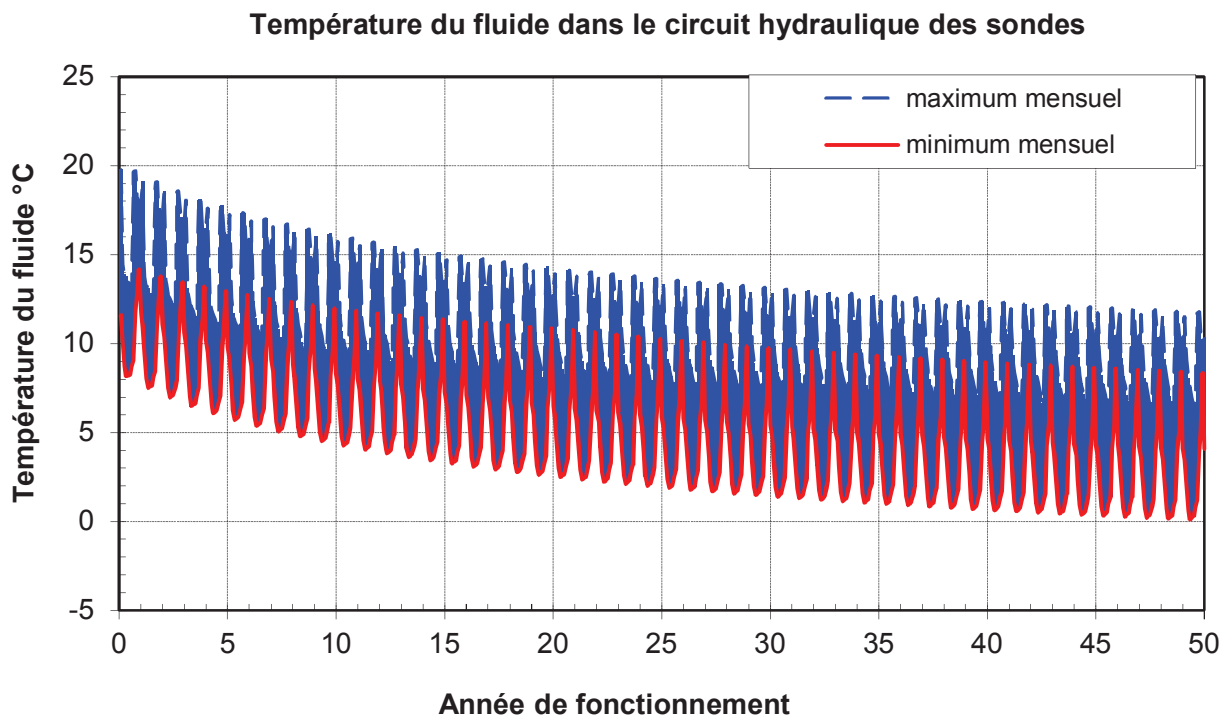


Figure 4 : Evolution de la température du fluide caloporteur durant 50 ans d'exploitation

Au terme des 30 ans du permis d'exploitation demandé, la température minimum du fluide sera de 1,5°C soit une valeur n'entraînant pas le gel du sous-sol. L'analyse du comportement de la température du fluide caloporteur indique une exploitation pérenne du dispositif de champ de SGV.

#### 2.4.2 Caractéristiques des sondes

Les sondes prévues seront constituées de deux tuyaux en U, soit un total de 4 tubes. Ces 4 tubes en PEHD de densité PE 100 ont un diamètre externe de 40 mm, une épaisseur de 2,9 mm (soit un diamètre intérieur de 34,2 mm) et sont normalisés pour une pression nominale adaptée à la profondeur atteinte soit PN16.

Les marques autorisées dans le cadre du marché sont : HAKA GERODUR, ou FRANCK, ou GEOTEC.

Chaque sonde sera munie des éléments suivants :

- un pied de sonde thermo-soudé en atelier ;
- un lest solidaire du pied de sonde, facilitant la descente de la sonde dans les forages tout en assurant une tension sur la sonde pendant la pause. Le lest ne doit en aucun cas constituer un risque d'endommagement de la tuyauterie : notamment l'installation d'un poids dans l'espace libre entre les 4 tuyaux en PEHD au-dessus du pied de sonde, est proscrite ;
- des écarteurs disposés tous les 2 m et ce sur toute la profondeur de la sonde. Ils permettent de maintenir un entraxe de 80 mm minimum entre les quatre tuyaux.

Un coulis géothermique sera injecté dans chaque forage afin de permettre la cimentation des sondes, un bon échange thermique entre le sous-sol et la sonde et de limiter les infiltrations de toute pollution accidentelle vers les eaux souterraines. Il sera de type ciment-bentonite avec une conductivité thermique de l'ordre de 1,4 W/m.K et un ratio en poids ciment/eau de 1,25.

Les sondes seront ensuite reliées au collecteur principal par un jeu de tuyauterie individuelle.

### 3. Programme des travaux

L'entreprise de forage retenue dans le cadre du marché de réalisation du champ de SGV sera titulaire des qualifications QUALIFORAGE et QUALIBAT 1372 (forages capteurs géothermiques).

#### 3.1 Méthode de forage envisagée

Les travaux de forage et de mise en place des SGV se feront conformément à la norme NF X 10-970.

La méthode de forage n'a pas été définie au stade du dossier de consultation des entreprises. Selon ce dossier, elle devra être adaptée à la nature géologique des terrains.

Compte-tenu de la nature des terrains, il s'agira vraisemblablement de la méthode du marteau fond de trou (forage à l'air) selon un diamètre de 254 mm avec mise en place de tubage d'acier à l'avancement 180/200 mm pour maintenir les formations en tête.

L'entreprise de forage retenue sera équipée d'une foreuse associée à un compresseur d'air.

L'effectif durant la phase de forage sera composé d'un chef foreur et d'un ou deux aides foreurs.

#### 3.2 Programme des phases de forages

La réalisation du champ de SGV se fera en une seule phase à moins que l'organisation générale du chantier ne le permette pas.

#### 3.3 Programme d'échantillonnage

Pendant la réalisation du forage de chacune des 24 sondes, des échantillons de déblais seront remontés afin de dresser la coupe lithologique de chaque forage.

Cette coupe lithologique permettra de confirmer la géologie du sous-sol au droit du projet et de compléter le dossier sous-sol du forage qui sera transmis au BRGM. Ce dossier alimentera la banque de données géologiques qui est consultable au travers du site internet du BRGM « Info Terre ».

#### 3.4 Gestion des déblais

L'entreprise de forage prévoit l'évacuation des déblais de forage en-dehors du site.

#### 3.5 Mise en place des tubes constituant les sondes

La descente des 4 tubes constituant la sonde dans chaque forage sera exécutée à l'aide d'un touret de manière gravitaire. Ils seront préalablement remplis de fluide (fluide caloporteur ou eau) afin de faciliter la descente. La présence du lest et le remplissage des tubes doivent suffire pour permettre la descente par gravité de la sonde.

Afin de s'assurer de l'entre-axe entre chaque tube, les écarteurs seront disposés soit au préalable en atelier soit au fur et à mesure de la descente de la sonde dans le forage.

#### 3.6 Programme de cimentation

Un scellement efficace de chaque forage est indispensable, non seulement pour prévenir toute pollution accidentelle des eaux souterraines, mais également pour assurer un bon contact thermique entre la sonde géothermique et le terrain. Ce scellement consiste à cimenter chaque forage avec un matériau dédié spécifiquement aux applications géothermiques, et ce sur toute la hauteur jusqu'au niveau correspondant au raccordement de la tête de sonde (à 1,5 m environ de profondeur par rapport au sol fini).

### 3.6.1 Le coulis géothermique

Le coulis géothermique utilisé pour cette cimentation sera mis en place par injection. Il sera choisi par l'entreprise de forage après vérification des caractéristiques chimiques des terrains en place afin de mesurer son agressivité et sa compatibilité avec les matériaux qu'elle doit mettre en œuvre.

Les caractéristiques précises de ce coulis seront fournies par l'entreprise de forage préalablement au démarrage des travaux. Elles devront répondre aux exigences suivantes :

- marque : EIDELBERG CEMENT ;
- type : ThermoCem ou Ciment Bentonite ;
- conductivité thermique : 0,8 W/m.K à 2 W / m.K ;
- ratio ciment/eau (en poids) du coulis : 1,25.

### 3.6.2 La technique d'injection du coulis géothermique

L'injection du coulis géothermique suivra la procédure suivante :

- les tuyaux constituant les sondes géothermiques seront complètement remplis avec de l'eau ou du fluide caloporteur, pour que les conduites ne se compressent pas lors du remblayage ;
- tuyauteries en U constituant chaque sonde ;
- le tuyau d'injection du coulis sera donc disposé au centre de la sonde, au travers des écarteurs, son extrémité se trouvant au pied de la sonde. La sonde et le tuyau d'injection seront descendus ensemble dans le puits de forage. Le tuyau d'injection sera remonté au fur et à mesure de l'injection ;
- la pression exercée lors de l'injection devra être adaptée à la profondeur du forage ;
- la cimentation sera alors réalisée sous pression, de bas en haut, à l'aide d'un tuyau d'injection de diamètre minimum DN25 qui sera disposé dans l'espace libre entre les tuyaux constituant la sonde et entre les écarteurs. Il devra plonger continuellement dans le coulis au cours de l'opération. Un remplissage par gravité (source de bulles d'air), et à la boue bentonitique est proscrit. Ce remplissage ne devra pas être trop rapide car il pourrait entraîner une mauvaise cimentation et donc un mauvais contact de la sonde et du terrain ;

La valeur finale de la résistance thermique de chacune des sondes dépend donc des différents critères énoncés ci-dessus et de la qualité des travaux exécutés. Cette valeur globale devrait atteindre les 0,10 K.m/W si les conditions d'optimisation sont remplies.

### 3.7 Programme d'essais en pression

Les sondes seront testées à trois reprises en plus du test initial réalisé à la sortie de l'usine.

Le premier test aura lieu sur le chantier avant leur mise en œuvre. L'entreprise de forage testera systématiquement chaque sonde. Elles seront mises en pression d'air sous 3 bars durant 30 minutes. Ce test avant installation est une vérification de l'étanchéité des sondes thermiques permettant de détecter un dégât lors du transport par exemple. Ce contrôle en amont limite le dérangement du chantier en cas de problème sur une sonde.

Le second test aura lieu après la mise en œuvre. L'entreprise de forage mettra en eau chaque sonde et les pressurise à 3 bars pendant 30 minutes.

Le troisième test aura lieu sur le circuit complet comprenant tous les circuits géothermiques, les vannes de réglage et d'isolement, la tuyauterie... Il sera réalisé sous 3 bars de pression pendant 2h30.



## 4. Planning et budget prévisionnels des travaux

### 4.1 Planning prévisionnel

La réalisation du champ de sondes sur la base du cahier des charges établi doit durer 3 mois.

Les travaux de connexion horizontales des sondes et réseau de distribution dureront 1 mois.

### 4.2 Budget prévisionnel

Le budget prévisionnel est établi sur la base d'un champ de sondes de 24 sondes comprenant le réseau de liaisons horizontales jusqu'au local technique de chauffage. Il est estimé à 315 350 €HT selon détail dans tableau ci-après.

**Tableau 1 : Budget prévisionnel**

Ref.	Désignation	Unité	Quantité	PU (€HT)	Montant (€HT)
1.	Implantation des sondes constituant le champ de sondes	U	1	1 500	1 500
2.	Forage, réalisation des 24 sondes de 196 m chacune, remise en état du chantier	F	1	294 000	294 000
3.	Mise en place du collecteur enterré, raccordement des 24 sondes	F	1	13 350	13 350
4.	Mise en service du champ de sondes	U	1	6 500	6 500
<b>TOTAL</b>					<b>315 350 €HT</b>



## MAIRIE DE SAINT MALO

---

DOSSIER D'AUTORISATION  
AU TITRE DES ARTICLES L.124-4 ET L.134-4  
DU CODE MINIER ET DES DECRETS N°78-498 et  
N°2006-649

## PIECE 4 : ETUDE D'IMPACTS



# SOMMAIRE

<b>PIECE 4 : ETUDE D'IMPACTS</b>	<b>1</b>
<b>1. Contexte</b>	<b>6</b>
<b>2. Justification du choix du projet</b>	<b>7</b>
2.1 Motivation environnementale	7
2.2 Gestion de l'énergie	7
2.3 Economies réalisées	7
2.4 Impact environnemental	8
<b>3. Analyse de l'état initial</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Contexte général</b>	<b>8</b>
3.1.1 Localisation	8
3.1.2 Situation cadastrale	9
3.1.3 Urbanisation	9
3.1.4 Infrastructures et réseaux existants	9
<b>3.2 Climatologie</b>	<b>9</b>
<b>3.3 Contexte hydrographique</b>	<b>11</b>
3.3.1 Réseau hydrographique	11
3.3.2 Qualité des eaux superficielles	12
<b>3.4 Contexte géologique et hydrogéologique</b>	<b>12</b>
3.4.1 Formations géologiques	12
3.4.2 Hydrogéologie	13
3.4.3 Etat des eaux souterraines	14
3.4.4 Usages	14
<b>3.5 Gestion de la ressource en eau – outils de gestion</b>	<b>14</b>
3.5.1 Le SDAGE Loire-Bretagne	14
3.5.2 Le SAGE « Rance, Frémur, Baie de Beausseis »	15
3.5.3 Contrats de milieu et projet de Parc Naturel Régional	16
<b>3.6 Milieux naturels</b>	<b>16</b>
3.6.1 Zones remarquables	16
3.6.2 Zones NATURA 2000	17
<b>3.7 Risques naturels</b>	<b>18</b>
3.7.1 Risques d'inondation	18
3.7.2 Risques d'inondation par remontée de nappe	19
3.7.3 Risques sismiques	19
3.7.4 Autres risques	19
<b>3.8 Milieu humain</b>	<b>20</b>
3.8.1 Qualité de l'air	20
3.8.2 Environnement sonore	20
<b>4. Impacts du projet et mesures correctives</b>	<b>21</b>

<b>4.1</b>	<b>Impacts quantitatifs sur les eaux superficielles</b>	<b>21</b>
<b>4.2</b>	<b>Impacts qualitatifs sur les eaux superficielles</b>	<b>21</b>
4.2.1	Incidences relatives aux matières en suspension	21
4.2.2	Incidences relatives aux hydrocarbures	22
4.2.2.1	Incidences	22
4.2.2.2	Mesures correctives	22
4.2.3	Incidences du fluide géothermique	22
4.2.3.1	Incidences	22
4.2.3.2	Mesures correctives	22
4.2.4	Incidences du fluide caloporteur	23
4.2.4.1	Incidences	23
4.2.4.2	Mesures correctives	23
4.2.5	Conclusion	23
<b>4.3</b>	<b>Impact quantitatif sur les eaux souterraines</b>	<b>23</b>
<b>4.4</b>	<b>Impacts qualitatifs sur les eaux souterraines</b>	<b>24</b>
4.4.1	Mise en contact de deux nappes superposées	24
4.4.1.1	Incidences	24
4.4.1.2	Mesures correctives	24
4.4.2	Incidences thermiques	24
4.4.3	Incidences relatives aux hydrocarbures	25
4.4.3.1	Incidences	25
4.4.3.2	Mesures correctives	25
4.4.4	Incidences du coulis géothermique	25
4.4.4.1	Incidences	25
4.4.4.2	Mesures correctives	25
4.4.5	Incidences par contamination des eaux souterraines par le fluide antigél	26
4.4.5.1	Incidences	26
4.4.5.2	Mesures correctives	26
4.4.6	Conclusion	26
<b>4.5</b>	<b>Impacts sur le sol</b>	<b>27</b>
4.5.1	Incidences qualitatives sur le sol	27
4.5.1.1	Incidences	27
4.5.1.2	Mesures correctives	27
4.5.2	Incidences thermiques sur le sol	27
4.5.2.1	Incidences	27
4.5.2.2	Mesures correctives	28
<b>4.6</b>	<b>Impact sur le milieu naturel</b>	<b>28</b>
4.6.1	Incidences sur le paysage	28
4.6.2	Incidences sur le climat	28
4.6.3	Incidences sur les milieux protégés	29
4.6.4	Incidences sur les sites NATURA 2000	29
<b>4.7</b>	<b>Impact sur les risques naturels</b>	<b>29</b>
4.7.1	Risque inondation	29
4.7.2	Risque inondation par remontée de nappe	29
4.7.3	Risque sismique	30

<b>4.8</b>	<b>Impact sur le milieu humain</b>	<b>30</b>
4.8.1	Impact sur les activités économiques	30
4.8.2	Impact sur la qualité de l'air	30
4.8.3	Impact sur le niveau sonore	31
4.8.3.1	Incidences	31
4.8.3.2	Mesures correctives	31
4.8.4	Impact sur la santé humaine	31
4.8.4.1	Incidences	31
4.8.4.2	Mesures correctives	31
4.8.5	Impact sur les biens matériels : vibration et micro sismicité	31
4.8.6	Impact sur la voirie	31
<b>4.9</b>	<b>Gestion des déchets</b>	<b>32</b>
<b>5.</b>	<b>Conformité au SDAGE et au SAGE</b>	<b>32</b>
<b>5.1</b>	<b>SDAGE Loire-Bretagne</b>	<b>32</b>
<b>5.2</b>	<b>SAGE « Rance, Frémur, Baie de Beaussais »</b>	<b>33</b>
<b>6.</b>	<b>Moyens de surveillance</b>	<b>33</b>
<b>7.</b>	<b>Mesure compensatoire</b>	<b>34</b>
<b>8.</b>	<b>Moyens mis en œuvre pour l'évaluation de l'étude d'impact et difficultés rencontrées</b>	<b>35</b>

## TABLEAUX

Tableau 1 : Niveaux piézométriques	13
Tableau 2 : Objectifs de qualité du SDAGE Loire-Bretagne	15
Tableau 3 : Objectifs qualitatifs du SAGE	15
Tableau 4 : Liste des zones naturelles protégées (source : CARMEN/DREAL Bretagne)	16
Tableau 5 : Arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturelles (source : Prim.net / MEDDTL)	20
Tableau 6 : Définition des catégories de niveau sonore des infrastructures de transport terrestre	21
Tableau 7 : Analyse des méthodes	35

## FIGURES

Figure 1 : Localisation du site (source : IGN)	8
Figure 2 : Etat du site en septembre 2010	9
Figure 3 : Répartition des pluies brutes à la station de Dinard	10
Figure 4 : Evolution des températures extérieures (source : ARCOBA/Météo-France)	10
Figure 5 : Rose des vents station de Dinard (source : Météo-France)	11
Figure 6 : Localisation des cours d'eau (extrait de la carte topographique de l'IGN)	11
Figure 7 : Risque de submersion marine (source : DDTM35)	18
Figure 8 : Risque de remontée de nappe de socle (source : <a href="http://www.inondationsnappes.fr">www.inondationsnappes.fr</a> )	19
Figure 9 : Evolution de la température du fluide caloporteur durant 30 ans d'exploitation	28

## 1. Contexte

Depuis plusieurs années, la ville de Saint-Malo a développé une politique volontariste en matière de développement durable. Celle-ci s'est traduite par une planification des actions décrites dans le Plan d'Aménagement et du Développement Durable (PADD) de la collectivité.

La construction de la Médiathèque et d'un Cinéma d'art et essais à Saint-Malo est l'une des actions concrètes de cette politique.

L'opération se distingue d'une construction conventionnelle car elle est réalisée dans le cadre de la démarche NF Haute Qualité Environnementale (HQE). Le bâtiment obtiendra le label Très Haute Performance Energétique avec intégration des énergies renouvelables THPE EnR, selon la Réglementation Thermique 2005.

C'est dans ce cadre que ce projet prévoit la mise en place d'un système de chauffage et refroidissement des bâtiments reposant sur l'exploitation d'un champ de sondes géothermiques verticales (SGV). Les besoins en chauffage seront couverts à 65% par ce champ de SGV et les 35% restants par une chaudière d'appoint à condensation. Les besoins en refroidissement seront eux couverts à 100 % par ce champ de SGV. Celui-ci sera composé de 24 sondes de 196 m de profondeur chacune espacées de 10 m chacune et réparties sur l'emprise du projet.

Ce projet d'exploitation fait partie des **gîtes géothermiques à basse température**. Il doit se conformer :

- à l'article L124-4 du Code Minier stipulant que « Nul ne peut entreprendre un forage en vue de la recherche de gîtes géothermiques à basse température sans une autorisation de recherches accordée par l'autorité administrative » ;
- à l'article L.134-4 du Code Minier stipulant que « Les gîtes géothermiques à basse température ne peuvent être exploités qu'en vertu d'un permis d'exploitation accordé par l'autorité administrative » ;
- au décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie ;
- au décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des travaux de stockages souterrains.

Compte-tenu des caractéristiques du champ de SGV : sondes de 196 m de profondeur exploitant 212 kW issus du sous-sol, ce projet ne peut pas être considéré comme un gîte de minime importance au regard de l'article 17 du décret n°78-498, il est donc soumis à un permis d'exploitation.

C'est dans le cadre de ce projet que le pétitionnaire et maître d'ouvrage de la future médiathèque et du cinéma d'art et essais demande **l'autorisation de permis d'exploiter le champ de sondes géothermiques verticales** décrit ci-dessus ainsi que **l'autorisation d'ouverture des travaux miniers associés** (cf. **annexe 1**, pièce 6).

Le présent dossier de demande d'autorisation de permis d'exploiter le champ de sondes géothermiques verticales est composé des 6 pièces suivantes :

- Pièce 1 : dossier administratif et résumé non technique ;
- Pièce 2 : notice descriptive du projet et demande d'autorisation ;
- Pièce 3 : descriptif des travaux prévus ;
- **Pièce 4 : étude d'impacts ;**
- Pièce 5 : notice d'hygiène et de sécurité ;
- Pièce 6 : figures et annexes.



## 2. Justification du choix du projet

### 2.1 Motivation environnementale

Comme décrit dans le paragraphe précédent, le projet de création d'un champ de SGV fait partie d'une démarche volontariste de la ville de Saint-Malo de développer concrètement le développement durable. Ce projet s'inscrit donc dans la mise en place d'un projet d'aménagement très performant énergétiquement faisant appel aux énergies renouvelables pour ses besoins en chauffage et en refroidissement et plus particulièrement à la géothermie basse température.

### 2.2 Gestion de l'énergie

Le projet a été mené afin d'optimiser les besoins énergétiques du bâtiment par le traitement de son enveloppe (isolation thermique, protection solaire) et le choix des équipements (éclairage, ventilation...) mais aussi le choix de la solution de chauffage et de refroidissement du bâtiment.

Il a donc été décidé de réduire la consommation d'énergie primaire et des pollutions associées par le choix d'une solution hybride de chauffage et de refroidissement.

Le choix énergétique s'est donc porté sur une solution hybride aux énergies renouvelables (solution dite 2c) adaptée spécifiquement aux besoins divers de l'équipement culturel (besoins en rafraîchissement des Cinémas, plancher chauffant Médiathèque...) ainsi qu'au contexte de desserte électrique de la Région Bretagne. Il s'agit de :

- d'un champ de SGV géothermique composé de 24 sondes de 196 m de profondeur couvrant 100% des besoins en refroidissement et 65% des besoins en chauffage ;
- d'une chaudière d'appoint à gaz et à condensation pour couvrir les 35% restants des besoins en chauffage ;
- d'un ruban photovoltaïque d'une puissance de 100kWc (790 m<sup>2</sup>) couvrant 75% des besoins en électricité de la pompe à chaleur utilisée avec le réseau géothermique, les 25% restant étant fournis par le réseau électrique conventionnel.

### 2.3 Economies réalisées

Le choix de cette solution hybride reposant sur l'exploitation de ce champ de SGV se traduirait par une consommation énergétique liée au chauffage et à la climatisation estimée à 342 872 kWh/an contre 655 653 kWh/an pour une solution reposant sur des énergies conventionnelles (gaz et électricité classique).

Les études comparatives réalisées ont montré que d'un point de vue purement économique :

- la solution retenue reviendrait à un investissement de 1 951 212 € et 20 000 €/an de coûts de maintenance ;
- la solution conventionnelle reviendrait à un investissement de 1 245 500 € et 9 000 €/an de coûts de maintenance.

D'après les données du Bureau d'Etude thermique ARCOBA, en considérant les coûts constants du gaz et de l'électricité, le coût total de la solution retenue (investissement, subventions, maintenance) sur 30 ans d'exploitation serait de 2 692 k€ contre 2 912 k€ pour la solution reposant uniquement sur des énergies conventionnelles. Par contre, en considérant une augmentation du prix du gaz de 6% et de l'électricité de 3%, la solution retenue coûterait 3 453 k€ contre 3 965 k€ pour la solution conventionnelle, soit une inversion de la rentabilité en faveur de la solution retenue à partir de la vingtième année d'exploitation. La solution retenue pourrait donc s'avérer économiquement intéressante. Selon les hypothèses les plus conservatrices, l'augmentation du prix du gaz sur 30 ans est plutôt de l'ordre de 30% pour le gaz et 40%

pour l'électricité. Si ces hypothèses sont prises en compte, l'inversion de rentabilité serait alors bien plus rapide.

## 2.4 Impact environnemental

Du point de vue des émissions de CO<sub>2</sub>, celles-ci seraient seulement de 54 tonnes contre 153 tonnes dans le cas d'une solution conventionnelle. Dans l'hypothèse de la mise en place d'une taxe carbone avec un coût moyen de 30 à 40 €/t CO<sub>2</sub>, le gain de la solution géothermique serait de 3 000 à 4 000 €/an soit 90 000 à 120 000 € sur 30 ans. Du point de vue de la qualité de l'air, cette solution limite les émissions de particules issues de la consommation de gaz.

Du point de vue paysager, le système est enterré et n'a donc aucune incidence visuelle sur le paysage.

## 3. Analyse de l'état initial

### 3.1 Contexte général

#### 3.1.1 Localisation

Le projet est localisé dans le centre-ville de Saint Malo au droit de l'ancienne gare terminus entre le rond-point des Talards et l'esplanade de la nouvelle gare SNCF et à proximité immédiate des darses constituant le port de la ville (cf. **figure 1**).



Figure 1 : Localisation du site (source : IGN)

La topographie du projet est relativement plane et se situe aux alentours de 8 m NGF. Le site est actuellement à l'état de friche recouvert de remblais et sert de parking.



Figure 2 : Etat du site en septembre 2010

### 3.1.2 Situation cadastrale

Le projet de champ de SGV et la sonde pilote sont situés sur la parcelle n°341 de la section AW. Ces parcelles sont la propriété du maître d'ouvrage. La **figure 5** de la **pièce 6** ci-dessous présente l'emprise du projet sur le plan cadastral.

### 3.1.3 Urbanisation

L'enquête de quartier réalisée le 27/05/2010 (cf. **annexe 4, pièce 6**), les visites de terrain et les cartes permettent de préciser le contexte urbain entourant le projet de la médiathèque et du cinéma d'art et essais. Le site est délimité :

- au nord par la rue Nicolas Bouvier puis de nouveaux immeubles ;
- à l'est par l'avenue Anita Conti puis la nouvelle gare SNCF ;
- au sud par la rue Théodore Monod puis des immeubles d'habitation ;
- à l'ouest par le boulevard des Talards puis des commerces, immeubles d'habitation et de bureau puis les darses du port au nord-ouest.

L'accès se fait par le boulevard des Talards.

### 3.1.4 Infrastructures et réseaux existants

Avant le début de la phase de forage de la sonde test, une Déclaration d'Intention de Commencement de travaux (D.I.C.T.) a été effectuée afin de renseigner les entreprises appelées à intervenir sur le terrain de l'existence de servitudes, de réseau et de canalisations. Les réseaux à proximité du projet sont situés sous les voiries des rues Nicolas Bouvier au nord et Théodore Monod au sud.

## 3.2 Climatologie

La station météorologique la plus proche du projet et en activité est située sur la commune de Pleurtuit sur l'aéroport de Dinard. Le climat est océanique et se caractérise par des hivers doux et pluvieux et des étés frais relativement humides. La répartition des pluies brutes est indiquée ci-après et se caractérise par des pluies plus abondantes en hiver diminuant au cours du printemps pour atteindre un minimum en juillet et août. La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 730 mm sur la base des 30 années de mesure.

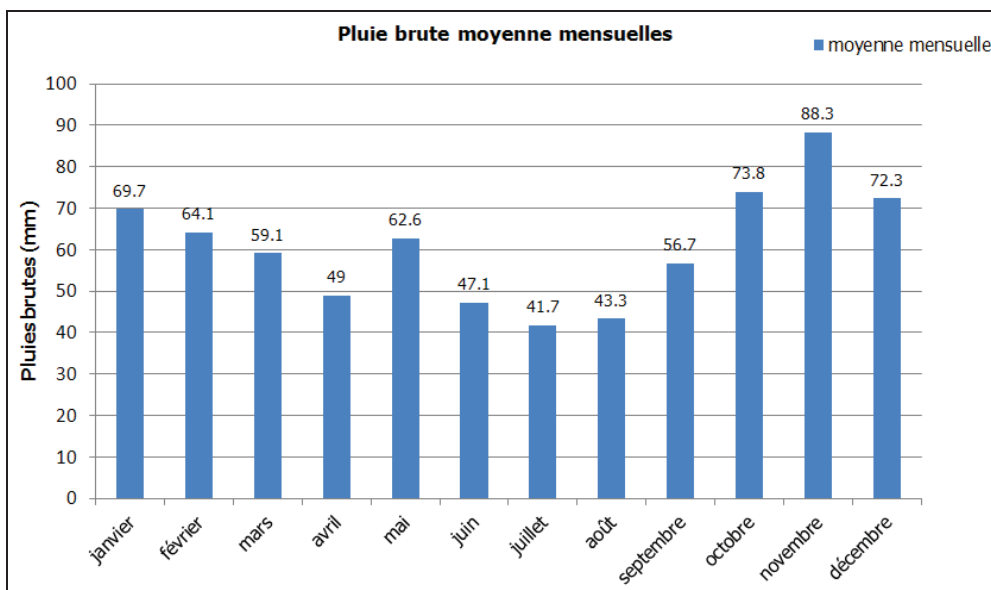


Figure 3 : Répartition des pluies brutes à la station de Dinard moyennes mensuelles de 1961 à 1990 (source : www.infoclimat.fr)

Les températures s'échelonnent de la façon suivante (moyenne sur 30 ans).

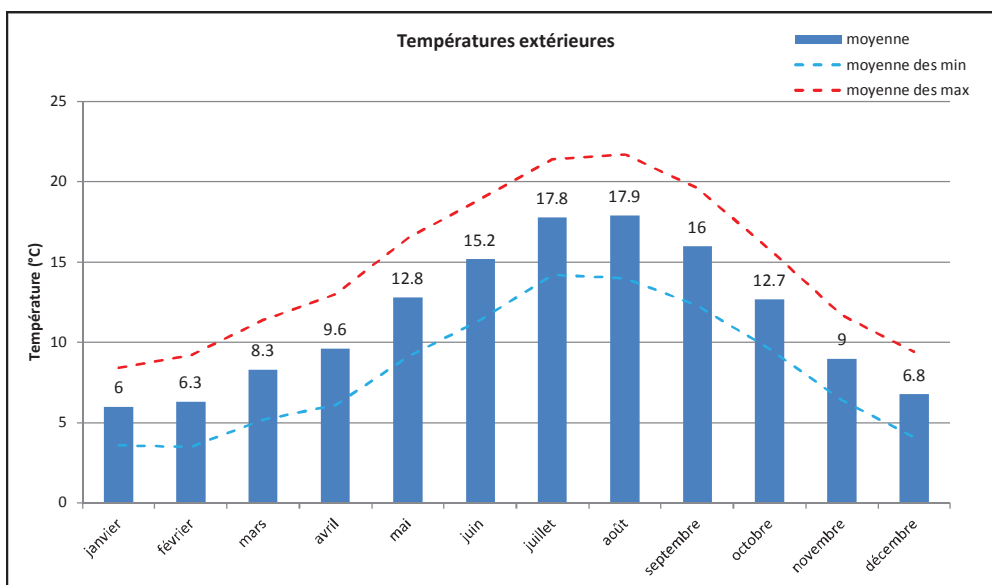


Figure 4 : Evolution des températures extérieures (source : ARCOBA/Météo-France)

La rose des vents (données 1999-2008) indique une prépondérance des vents de direction sud-ouest.

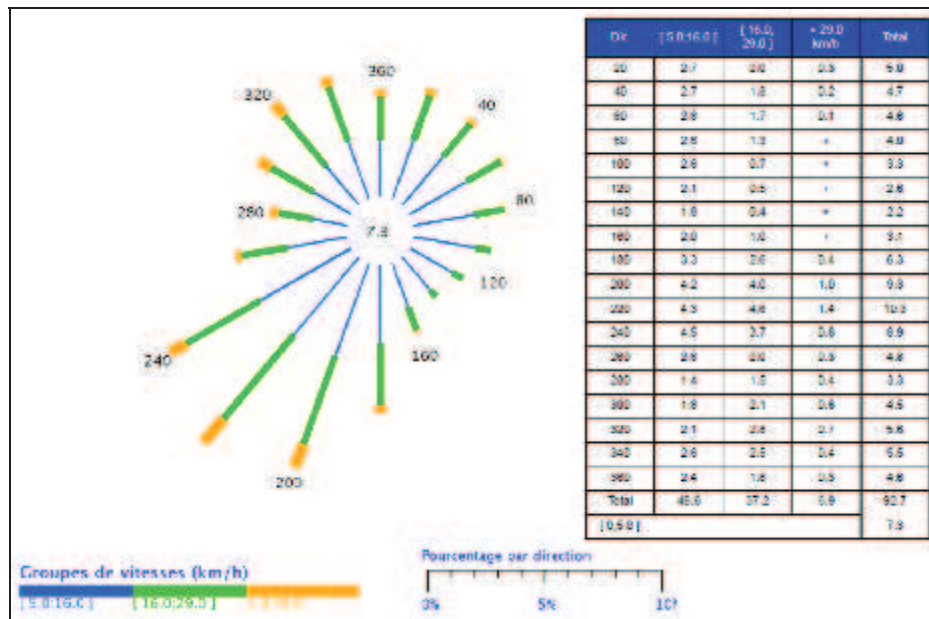


Figure 5 : Rose des vents station de Dinard (source : Météo-France)

### 3.3 Contexte hydrographique

#### 3.3.1 Réseau hydrographique

La Rance, dont l'estuaire sépare Saint-Malo à l'est et Dinard à l'ouest, est située à 2 km à l'ouest du projet. Le ruisseau du Routhouan s'écoule à 1.8 km au sud-est avant d'être canalisé sous le centre-ville de Saint-Malo. Les darses du port de la ville sont situées immédiatement au nord-ouest du projet.

Le bassin hydrographique ne fait pas partie d'une Zone de Répartition des Eaux (ZRE).



Figure 6 : Localisation des cours d'eau (extrait de la carte topographique de l'IGN)

Il n'existe donc aucun cours d'eau en contact direct avec le projet.

### 3.3.2 Qualité des eaux superficielles

Le projet de champ de SGV est situé dans le périmètre de la masse d'eau côtière FRGC03 « Rance - Fresnaye ». D'après le bilan provisoire produit par l'IFREMER basé sur les données disponibles au 31/12/2010 (cf. **annexe 5, pièce 6**), l'état écologique de cette masse d'eau est le suivant :

- état chimique : bon ;
- état écologique : médiocre dont
  - état biologique : médiocre ;
  - état hydromorphologique : très bon ;
  - état physico-chimique : très bon.

L'état écologique est déclassé par le paramètre des macroalgues.

### 3.4 Contexte géologique et hydrogéologique

#### 3.4.1 Formations géologiques

D'après la carte géologique n°60 de Dinan au 1/80 000<sup>ème</sup> (BRGM), le site étudié est localisé, sous une éventuelle couche de remblais, au niveau d'alluvions marines. Les alluvions marines surmontent des granulites feuilletées, qui surmontent eux-mêmes des micaschistes et des gneiss granulitiques. Ces formations sont traversées par des filons de Diabase (cf. **annexe 6, pièce 6**).

Aucun forage géologique n'a été recensé à proximité immédiate du site dans la base de données « Infoterre » du BRGM. Cependant, un forage géologique, référencé n° 02077X0170/F1 dans la base Infoterre, est identifié à 2,5 km au sud-est du site au droit de la même formation et confirme la géologie présumée. Le propriétaire serait les thermes marins de Saint Malo. Le profil des terrains rencontrés, est le suivant<sup>1</sup> :

- de 0 à 2 m : remblais limoneux ;
- de 2 à 7 m : sable dur (alluvions marines) ;
- de 7 à 12 m : arène granitique ;
- de 12 à 91 m : granulite gris clairs durs (granulites feuilletées) ;
- de 91 à 130 m : granulite feuilletée gris-noir (granulites feuilletées) ;
- de 130 à 195 m : granulite feuilletée gris-bleu (granulites feuilletées).

Par contre, l'étude géotechnique effectuée par la société ECR environnement en avril 2010 au droit du projet (10 sondages destructifs de 15 mètres de profondeur) met en évidence les formations suivantes :

- de 0,7 à 2 m d'épaisseur : remblais sablo-graveleux marrons noirs ;
- de 3 à 4 m d'épaisseur : sables fins jaunes ;
- de 4,8 à 7 m d'épaisseur : argiles vasardes sableuses vertes ;
- de 4 à 5,8 m d'épaisseur : granites gris-verts résistants.

Aucune arène granitique n'est identifiée d'après les coupes des sondages. Le toit du substratum granitique est rencontré entre 9,20 et 11 m de profondeur/TN soit entre les cotes -1,55 m NGF (est du projet) et -3,03 m NGF (ouest du projet).

<sup>1</sup> Compte-tenu de la forte variabilité des épaisseurs des différentes couches, nous présentons ici les épaisseurs rencontrées et non les profondeurs.

Les coupes géologiques de la sonde géothermique pilote et des deux pieux réalisés en février 2011 pour le test de réponse thermique complètent ces éléments (cf. **annexe 2, pièce 6**) :

- de 0 à 0,4 m de profondeur : remblais ;
- de 0,4 à 10 m de profondeur : sables jaunâtres puis grisâtres ;
- de 10 à 14 m de profondeur : arènes granitiques ;
- de 14 à 100 m de profondeur : granite compact.

### 3.4.2 Hydrogéologie

Les coupes géologiques disponibles ont montré la présence d'une couche de sables argileux en tête des arènes granitiques elles-mêmes de faible épaisseur (quelques mètres). Cette géologie est donc peu propice à une ressource d'eau souterraine présentant de forts débits exploitables dans les terrains reposant sur le substratum granitique. Aucun essai d'infiltration permettant de calculer la perméabilité des terrains en place n'a été réalisé au droit du projet. En revanche, l'étude géotechnique de l'ilot 6 fait état de 8 essais d'infiltration de type Porchet et 12 essais d'infiltration de type Lefranc. Les perméabilités moyennes sont les suivantes :

- sables jaunes :  $2.10^{-5}$  m/s ;
- argiles sableuses :  $4.10^{-7}$  m/s.

Ces perméabilités peuvent être considérées comme bonnes pour les sables et faibles pour les argiles sableuses, elles confirment donc l'absence d'une ressource souterraine exploitable de manière importante.

L'étude géotechnique réalisée par la société ECR Environnement sur le projet, celle réalisée par FONDOUEST sur l'ilot 6 ainsi qu'une mesure ponctuelle réalisée lors de l'enquête de terrain sur les 2 piézomètres présents sur site (SP5+PZ et SP7+PZ) donnent les indications suivantes :

**Tableau 1 : Niveaux piézométriques**

Site / Etude	Date de la mesure	Profondeur du niveau piézométrique
Projet / ECR Environnement	25/03/2010	2,6 à 2,9 m
Projet / BURGEAP*	27/05/2010	2,82 et 3,05 m (SP5 et SP7)
Ilot 6 / FONDOUEST	21/09 au 02/10/2006	3 m environ

\* mesure réalisée lors de l'enquête de quartier

Ces niveaux sont cohérents. Ils se situent dans les sables voire dans les argiles sableuses sous-jacentes.

En considérant les deux valeurs de perméabilités ci-dessus et le gradient hydraulique déterminé à partir des mesures du 27/05/2010, nous pouvons approcher la vitesse d'écoulement dans ces formations (sables puis argiles sableuses) et sous ces conditions. Cette vitesse moyenne de Darcy est inférieure au millimètre par jour, soit une vitesse d'écoulement extrêmement faible, mais cette valeur ne prend pas en compte les chemins préférentiels dans les fractures du socle dans lesquels les vitesses d'écoulement sont plus rapides.

La coupe géologique de la sonde géothermique pilote (cf. **annexe 6, pièce 6**) donne des indications sur la présence d'eau souterraine provenance de fractures du substratum granitique. Elle indique des arrivées d'eau vers 4 m, 24 m et 52 m. Les débits sont faibles (environ  $2 \text{ m}^3/\text{h}$  à 52 m) et sont situés pour les deux arrivées d'eau les plus profondes dans des fractures au sein du granite.

On peut donc considérer qu'il existe deux nappes d'eau souterraine au droit du projet de nature assez différente, la première étant continue et la seconde, nappe de socle, étant discontinue et dépendant de la densité de fracturation du granite. L'encaissant, le granitique fracturé, produit des débits qui sont susceptibles d'être exploités, la partie altérée et les sables sus-jacents jouent le rôle de réservoir peu perméable mais qui réalimente les fractures per descensum lors de pompages dans le granite sain. Les sondes géothermiques réalisées rencontreront donc des eaux souterraines.

La proximité du front de mer et des bassins du port influence les sens d'écoulement des eaux souterraines. En effet, les eaux souterraines et la mer sont en connexion hydraulique, les effets de la marée se font donc sentir dans les variations des niveaux d'eau souterrains. Le sens d'écoulement naturel des eaux souterraines en direction de la mer dans ce contexte de nappe de socle est donc vraisemblablement modifié.

Le système aquifère ne fait pas partie d'une Zone de Répartition des Eaux (ZRE).

La température du sous-sol a été mesurée lors de la mise en place de la sonde pilote et du test de réponse. Elle est de 12.7 °C en octobre 2010 et 10.7°C en février 2011, mesure sur toute la longueur de la sonde (99 m). Les eaux souterraines circulant dans ce milieu ont la même température.

### 3.4.3 Etat des eaux souterraines

Le projet de champ de SGV est situé dans le périmètre de la masse d'eau souterraine FRGG014 « Rance-Frémur ». D'après les données de l'agence de l'eau Loire-Bretagne (données 2007 à 2009) :

- l'état chimique 2009 est médiocre (niveau 3) du fait du paramètre « nitrate » déclassant (niveau médiocre) alors que l'état vis-à-vis des pesticides est bon (niveau 2) ;
- l'état quantitatif est jugé bon (niveau 2) ;

### 3.4.4 Usages

Aucune prise d'eau de surface ou de forage d'eau souterraine permettant l'alimentation en eau potable de la ville de Saint-Malo ne se situe sur la commune (données ADES). Ils sont situés sur l'autre rive de la Rance du côté de la ville de Dinard. Le projet n'est donc pas situé dans un périmètre de protection d'un captage en eau potable.

Les thermes de Saint-Malo sont situés sur le front de mer au nord-est du projet. Les eaux sont captées en mer au large de Saint-Malo. Le projet n'a pas de lien hydraulique direct avec ces thermes.

## 3.5 Gestion de la ressource en eau – outils de gestion

### 3.5.1 Le SDAGE Loire-Bretagne

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Loire-Bretagne (SDAGE) 2010-2015 a été approuvé le 18 novembre 2009. C'est un outil de planification qui a pour principale ambition de concilier les différents usages de l'eau avec la protection des milieux aquatiques. Dans cette démarche, il définit, pour une période de six ans (2010 – 2015), les grandes orientations pour une gestion équilibrée de la ressource en eau ainsi que les objectifs de qualité et de quantité des eaux à atteindre dans le bassin Loire-Bretagne. Il est établi en application de l'article L.212-1 du Code de l'Environnement. Le SDAGE est l'outil principal de mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) transposée en droit interne par la loi n°2004-338 du 21 avril 2004, qui fixe le BON ETAT des eaux pour 2015.

Ses objectifs fondamentaux sont :

- repenser les aménagements de cours d'eau ;
- réduire la pollution par les nitrates ;
- réduire la pollution organique ;
- maîtriser la pollution par les pesticides ;
- maîtriser les pollutions dues aux substances dangereuses ;
- protéger la santé en protégeant l'environnement ;
- maîtriser les prélèvements d'eau ;
- préserver les zones humides et la biodiversité ;



- rouvrir les rivières aux poissons migrateurs ;
- préserver le littoral ;
- préserver les têtes de bassin versant ;
- réduire le risque d'inondations par les cours d'eau ;
- renforcer la cohérence des territoires et des politiques publiques ;
- mettre en place des outils réglementaires et financiers ;
- informer, sensibiliser, favoriser les échanges.

Le SDAGE Loire Bretagne fixe un objectif global de bon état pour 2015. Celui-ci est ensuite décliné à l'échelle des masses d'eau souterraines et superficielles présentées précédemment.

Les objectifs d'atteinte du bon état de ces deux masses d'eau sont les suivants :

**Tableau 2 : Objectifs de qualité du SDAGE Loire-Bretagne**

Code de la masse d'eau	Nom	Type	Bon état écologique / quantitatif	Bon état chimique
FRGC03	Rance - Fresnaye	côtière	2015	atteint
FRGG014	Rance-Frémur	souterraine	2015	2021

### 3.5.2 Le SAGE « Rance, Frémur, Baie de Beausais »

Le projet de champ de SGV est localisé dans le bassin-versant de la Rance et dépend du SAGE « Rance, Frémur, Baie de Beausais » mis en œuvre par arrêté depuis le 05/04/2004. Il est à l'heure actuelle en cours de première révision et la date de mise en œuvre est fixée au 01/01/2013.

Les objectifs du SAGE sont principalement tournés vers les eaux superficielles. Les objectifs fixés sont :

- tendre vers le bon état physico-chimique de l'eau ;
- tendre vers le bon état biologique de l'eau ;
- tendre vers le bon état hydromorphologique de l'eau ;
- tendre vers le bon état chimique et quantitatif des eaux souterraines ;
- assurer l'alimentation en eau potable de qualité et en quantité ;
- s'appuyer sur une approche territoriale pour la mise en œuvre du SAGE ;
- privilégier une approche par flux et une bonne communication des données pour garantir un suivi-évaluation efficace.

D'après l'état des lieux, les forages assurent 20% en volume des besoins en eau potable.

L'objectif global du SAGE est que les cours d'eaux du bassin-versant atteignent une bonne qualité, conformément à la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) adoptée par le parlement européen. Les objectifs du SAGE définis en 2004 sont les suivants :

**Tableau 3 : Objectifs qualitatifs du SAGE**

Paramètre	Objectif du SAGE	Classement SEQEau
Nitrates	25 mg/l	passable
P total	0.2 mg/l	bonne qualité
COD	6 mg/l	bonne qualité
Pesticides totaux	1 µg/l	bonne qualité

L'animatrice du SAGE précise qu'il n'existe pas de prescriptions particulières pour les sondes géothermiques sèches. Par contre en cas de pompage et/ou rejet en nappe les prescriptions du SAGE s'appliquent.

### 3.5.3 Contrats de milieu et projet de Parc Naturel Régional

La ville de Saint-Malo fait partie du territoire géré par l'association CŒUR Emeraude (Comité Opérationnel des Elus et Usagers de la Rance) qui regroupe 66 communes. Cette association a permis la mise en place de programmes de reconquête de la qualité des milieux naturels. C'est dans ce cadre que deux contrats de milieux ont été mis en œuvre et sont achevés à l'heure actuelle.

Le premier, mis en œuvre en 1996 et clôturé en 1997, avait pour enjeux la pollution domestique et agricole, l'envasement et la qualité de l'eau. Le second, mis en œuvre en 1998 et clôturé en 2005, avait pour enjeu la définition et la mise en place de moyens de suivi innovants relatifs au problème de l'envasement.

La reconquête de la qualité de l'eau des milieux aquatiques portait et porte toujours à l'heure actuelle sur la maîtrise des usages de polluants phytosanitaires. L'envasement concerne l'estuaire de la Rance et remet en cause sa navigabilité et des rôles fonctionnels écologiques. Des travaux de désenvasement sont coordonnés par l'association. Le territoire est également caractérisé par sa valeur biologique au regard de la faune et de la flore présentes.

L'association a également mis en place un programme d'étude des haies bocagères qui participent à la limitation des transferts de polluants vers les cours d'eau, de l'érosion des sols, des écoulements de surface et de la formation des crues. Ce programme doit être mis en œuvre avant 2013.

A l'heure actuelle, l'association en charge de ces contrats de milieux œuvre pour la création du Parc Naturel Régional (PNR) Rance Côte d'Emeraude, démarche à laquelle participe la ville de Saint-Malo. Lancé en 2008, ce projet est en cours de finalisation après avoir obtenu un avis très favorable de la part du Préfet de Région.

## 3.6 Milieux naturels

### 3.6.1 Zones remarquables

Les zones naturelles remarquables les plus proches du projet sont recensées dans le tableau suivant. Le projet n'est inclus dans aucune d'entre elles.

**Tableau 4 : Liste des zones naturelles protégées  
(source : CARMEN/DREAL Bretagne)**

Référence	Nom du site	Distance entre ces zones et le site (km)
<b>Protections réglementaires</b>		
Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope (APB)		
<u>Sites classés (surfaciues)</u>		
1760618SCD01	ILES ET ILOTS (DIX)	2.7 km (nord-ouest) 5.9 km (nord-est)
1830530SCD01	COTE D'EMERAUDE	5.5 km (nord-est)
1570123SCA01	POINTE DU HAVRE DE ROTHENEUF A PARAMÉ	5.4 km (nord-est)
1950506SCD02	ESTUAIRE DE LA RANCE	2.7 km (sud-ouest)
1420917SCA01	FORT DE LA CITE, GLACIS ET ROCHER QUI LE SUPPORTE	1.9 km (sud-ouest)
<u>Sites classés (ponctuels)</u>		
1260713SCA01	ENSEMBLE URBAIN	800 m (nord-ouest) 1.4 km (ouest)

<b>Protections réglementaires</b>		
<u>Sites inscrits</u>		
1390526SIA01	DPM (TOUS LES TERRAINS FAISANT PARTIE DU)	960 m (ouest)
1420711SIA12	CASERNE DE LA VICTOIRE – TERRAIN SUR LEQUEL ELLE ETAIT EDIFIEE	1.4 km (nord-ouest)
1450805SIA02	ILE DU GRAND BE, DU PETIT BE ET DU FORT NATIONAL	1.4 km (nord-ouest)
1750801SIA02	FRONT DE MER DE PARAMÉ, ENTRE LE SILLON ET LA POINTE DE LA VARDE	880 m (nord et nord-est)
1460302SIA08	PARTIE DE LA CORNCHÉ DE ROTHÉNEUF	5 km (nord-est)
1460302SIA07	DUNES DE SAINT-VINCENT (PARTIE EST DE LA PARCELLE N°177 SECTION E)	5.1 km (nord-est)
1740121SIA01	ESTUAIRE DE LA RANCE (LITTORAL)	1.2 km (sud-ouest)
<b>Natura 2000</b>		
<u>Directive habitats (ZSC, SIC, pSIC)</u>		
FR5300012	BAIE DE LANCIEUX, BAIE DE L'ARGUENON, ARCHIPEL DE SAINT MALO ET DINARD	5.5 km (nord-ouest)
FR5300052	COTE DE CANCALE A PARAMÉ	3.8 km (nord-est)
FR5300061	ESTUAIRE DE LA RANCE	4 km (sud-ouest)
<b>Parcs et réserves naturelles</b>		
<u>Réserve nationale de chasse maritime</u>		
	LA GRANDE CONCHÉE-CEZEMBRE	3.8 km (nord-ouest)
	LE GRAND CHEVRET	5.9 km (nord-est)
<b>Inventaires patrimoniaux</b>		
<u>ZNIEFF de type 1 de seconde génération</u>		
00000019	ILOT DU GRAND CHEVRET	6.9 km (nord-est)
05250002	ANSE DE LA RICHARDAIS	4 km (sud-ouest)
00000703	ILE DE CEZEMBRE	5.7 km (nord-ouest)
00000335	HAVRE DE ROTHÉNEUF	5.1 km (nord-est)
<u>Znieff de type 2 de seconde génération</u>		
05250000	ESTUAIRE DE LA RANCE	1.3 km (ouest)
<u>Znieff de type 2 marine de seconde génération</u>		
05250000	BAIE DE SAINT-MALO DINARD	2.3 km (sud-ouest) 3.5 km (nord-ouest)
<u>Site géologique</u>		
35-25	VALLEE DE LA RANCE (pointe du moulinet)	3.2 km (ouest)

Ces espaces d'intérêt sont situés dans trois zones principales :

- en mer au nord du projet ;
- au sud-ouest du projet dans l'estuaire de la Rance ;
- au nord-est du projet en direction de Rothéneuf.

Les sites les plus proches (moins de 1 km) sont trois sites classés ou inscrits (cf. **annexe 7, pièce 6**).

### 3.6.2 Zones NATURA 2000

Les sites Natura 2000 sont situés à plusieurs kilomètres du projet et n'ont pas de connexion directe avec le projet. Les descriptions de ces zones sont présentées dans l'**annexe 8, pièce 6**.

Les menaces pour ces trois espaces sont les suivantes (données INPN) :

- baie de Lancieux :
  - piétinement des hautes de plage et des dunes ;
  - sur-fréquentation estivale à proximité des sites à chiroptères ;

- extraction de granulats marins ;
- absence d'entretien (fauche) des dépressions humides arrière-dunaires.
- la cote de Cancale à Paramé est soumise à la sur-fréquentation touristique des hauts de falaises, dunes, grottes littorales accessibles et landes rases sommitales ;
- estuaire de la Rance :
  - envasement du lit de la Rance ;
  - altération de la qualité de l'eau par des pollutions, notamment d'origine agricole ;
  - dérangement de l'avifaune nicheuse ou hivernante par la chasse et la navigation fluviale.

### 3.7 Risques naturels

#### 3.7.1 Risques d'inondation

D'après les bases de données existantes, la commune de Saint-Malo n'est pas concernée par un atlas des zones inondables (AZI). Par contre elle est soumise à un Plan de Prévention des risques Naturels « PPRn par submersion marine » (cf. **annexe 9, pièce 6**). Celui-ci a été prescrit par Arrêté Préfectoral le 8 avril 2010. Par ailleurs la commune doit faire l'objet d'un « PPR Littoraux » prioritaire en application de la circulaire « Post-Xynthia » du 07 avril 2010 et devant être approuvé d'ici 2014 (cf. **annexe 9, pièce 6**).

D'après la définition des zones exposées aux aléas dans le cadre d'un PPR (cf. **annexe 10, pièce 6**) et appliquée dans le cadre d'une étude de la DDTM35, le centre-ville de Saint-Malo et le projet sont situés dans la zone d'aléa fort par rapport au niveau marin centennal. La figure suivante montre l'extension de cette zone et le positionnement du projet qui se situe dans la zone d'aléa. Une fois approuvé, ce PPR deviendra une servitude d'utilité publique annexée au PLU et deviendra opposable. Le projet devant être terminé avant 2014, sa réalisation se fait donc dans la période transitoire.

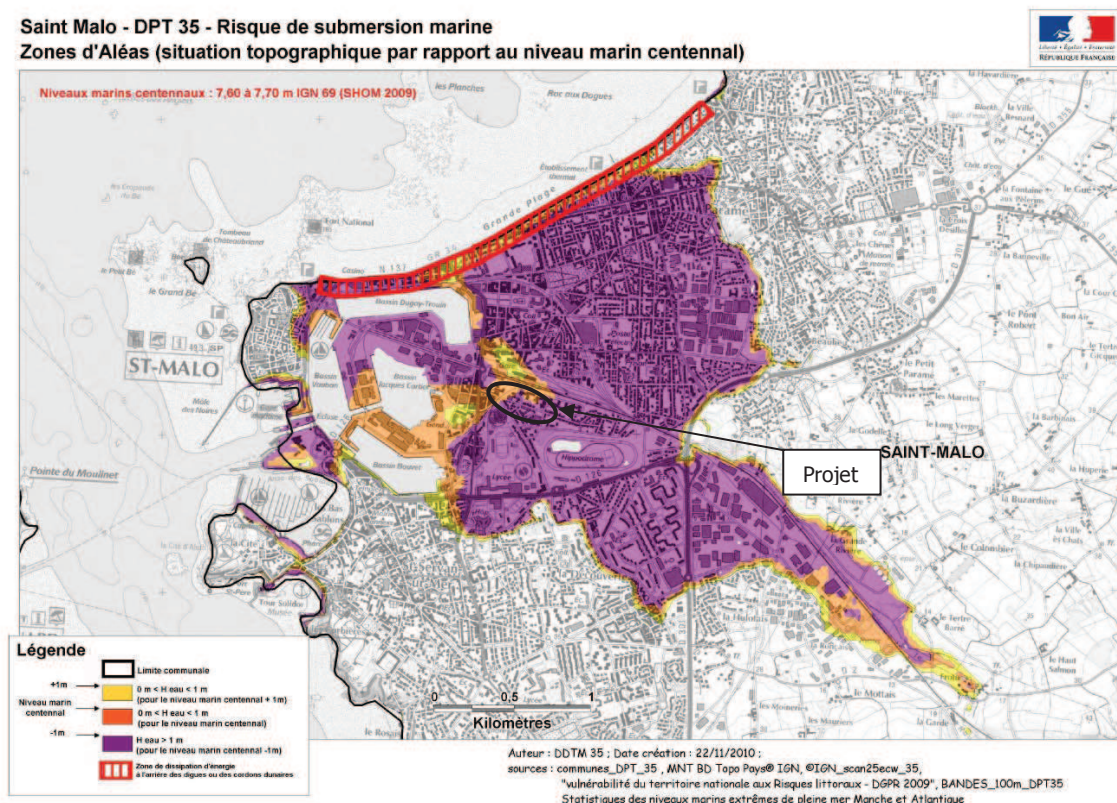


Figure 7 : Risque de submersion marine (source : DDTM35)

### 3.7.2 Risques d'inondation par remontée de nappe

La commune de Saint-Malo présente également une sensibilité vis-à-vis du risque de remontée de nappe du socle comme détaillé ci-dessous.

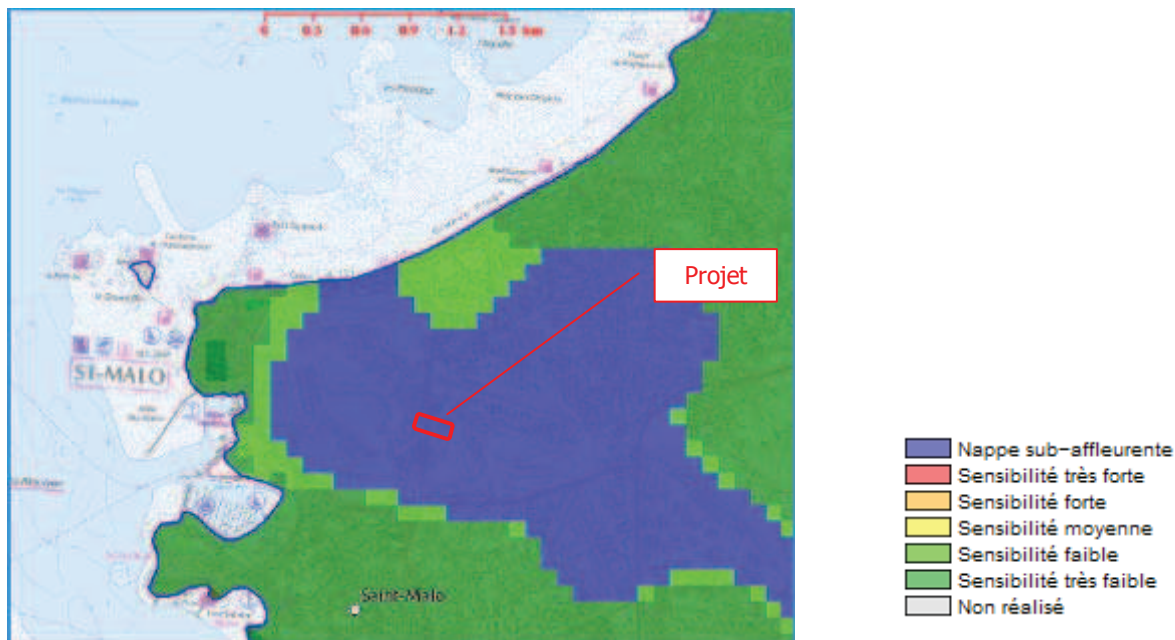


Figure 8 : Risque de remontée de nappe de socle (source : [www.inondationsnappes.fr](http://www.inondationsnappes.fr))

### 3.7.3 Risques sismiques

Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur provoquant la formation de failles dans le sous-sol et parfois en surface, et se traduisant par des vibrations du sol transmises aux bâtiments. La fréquence et la durée des vibrations ont une incidence fondamentale sur les effets en surface.

Le territoire français est divisé en cinq zones de sismicité par les articles R563-1 à R563-8 du code de l'environnement. La commune de Saint Malo et donc le projet sont classés en zone de sismicité 2 (faible). Le projet fait ainsi partie de la classe des bâtiments, équipements et installations dite « à risque normal » pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat.

Des mesures préventives, notamment des règles de construction, d'aménagement et d'exploitation parasismiques, sont appliquées aux bâtiments, aux équipements et aux installations de cette classe « à risque normal ». Elles ont pour objectif essentiel, pour les bâtiments courants, de protéger leurs occupants contre l'effondrement de la construction. Tous ces bâtiments sont désormais soumis à ces règles définies dans l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 19 juillet 2011.

### 3.7.4 Autres risques

Plusieurs arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle ont été déclarés sur la commune de Saint-Malo. Ils concernent des coulées de boue, des inondations, des chocs mécaniques et mouvements de terrain certains étant liés à l'action des vagues sur le front de mer. Ils sont recensés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 5 : Arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturelles  
(source : Prim.net / MEDDTL)**

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations et coulées de boue	14/10/1982	14/10/1982	24/12/1982	26/12/1982
Tempête	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987	24/10/1987
Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	27/02/1990	01/03/1990	24/07/1990	15/08/1990
Inondations et coulées de boue	27/02/1990	01/03/1990	24/07/1990	15/08/1990
Inondations et coulées de boue	17/01/1995	31/01/1995	06/02/1995	08/02/1995
Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	21/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/07/2003	30/09/2003	02/03/2006	11/03/2006
Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	07/08/2008	13/08/2008

Le projet est situé à environ 760 m au sud du front de mer et à 230 m au sud-ouest des bassins du port de Saint-Malo. Il n'est donc pas directement en zone de risque direct, mais reste à proximité.

## 3.8 Milieu humain

### 3.8.1 Qualité de l'air

L'association Air Breizh, organisme agréé par le ministère de l'environnement, effectue la surveillance de la qualité de l'air en Bretagne. Dans ce cadre, une station de mesure est située à Courtoisville à proximité de Saint-Malo et mesure les teneurs en ozone et oxydes d'azote dans l'air ambiant.

Le bilan d'activités 2010 à la station de Saint-Malo donne les éléments suivants :

- concentration moyenne annuelle en ozone  $O_3$  : 59  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour un objectif de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- concentration moyenne annuelle en oxydes d'azote  $NO_2$  : 13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour un objectif de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ;
- la station n'a mesuré aucun dépassement sur l'année des seuils d'information ou des valeurs réglementaires pour ces deux polluants.

La qualité de l'air de la commune et donc au droit du site est jugée bonne au regard de ces mesures.

### 3.8.2 Environnement sonore

La loi "bruit" n°92-1444 du 31 décembre 1992 définit les bases de la politique d'État dans le domaine de la lutte contre le bruit et de la préservation de la qualité sonore de l'environnement. Conformément au Code de l'environnement (articles L571-1 et suivants), il est nécessaire de tenir compte dans tous les aménagements urbains des principales sources de gêne liées aux transports aérien et terrestre, ainsi qu'aux activités de certaines entreprises.

La directive européenne n°2002/49/Ce du 25 juin 2002 relative à l'évolution et à la gestion du bruit dans l'environnement, transcrite dans le code de l'urbanisme par le décret n°2006-361 du 24 mars 2006 et ses arrêtés d'application des 3 et 4 avril 2006, a imposé la réalisation de cartes du bruit et de plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE) pour les grandes infrastructures de transports routières et ferroviaires, les principaux aéroports, ainsi que les agglomérations de plus de 100 000 habitants.

Le classement des infrastructures de transport terrestres est défini en 5 catégories :

**Tableau 6 : Définition des catégories de niveau sonore des infrastructures de transport terrestre**

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

L'arrêté préfectoral du 30/08/2001 a porté sur le classement sonore des infrastructures de transport terrestres sur la commune de Saint-Malo. La cartographie est présentée dans l'**annexe 11, pièce 6**. Des rues englobant le projet, seul le boulevard des Talards situé à l'ouest est classé (catégorie 4), les autres rues venant d'être créées (rue Nicolas bouvier au nord, rue Théodore Monod au sud, avenue Anita Conti à l'est) elles n'apparaissent pas sur les cartes et ne sont donc pas classées. Nous pouvons toutefois citer le classement des rues voisines :

- à l'ouest le boulevard de la république : catégorie 4 ;
- au nord l'avenue Jean Jaurès : catégorie 3 ;
- au sud la rue d'Alsace : catégorie 3.

Le projet est donc situé à proximité d'infrastructures moyennement bruyantes.

## 4. Impacts du projet et mesures correctives

### 4.1 Impacts quantitatifs sur les eaux superficielles

La capacité d'absorption du terrain, une fois le chantier de forage en activité, ne sera pas différente de celle de son état initial. Le surplus d'eaux pluviales issu du ruissellement en cas de fortes pluies sera toujours collecté par le réseau communal d'assainissement.

Il n'y a donc pas d'impact quantitatif du projet sur les eaux superficielles.

### 4.2 Impacts qualitatifs sur les eaux superficielles

L'impact du projet est temporaire car se limite à la durée des travaux de forage des sondes géothermiques. Une fois le champ de SGV réalisé, plus aucune sonde ne sera en contact avec les eaux superficielles.

Les eaux superficielles concernées par le projet se limitent aux eaux de ruissellement sur la surface du chantier car aucun cours d'eau n'est en contact direct avec le chantier.

#### 4.2.1 Incidences relatives aux matières en suspension

La réalisation du champ de SGV se traduira par l'ouverture d'un chantier de travaux. La présence d'engins de chantier entraînera le décapage localisé des terrains actuellement à l'état de friche. Ce décapage sera toutefois limité aux points de forage et à leur proximité immédiate. La présence de matières en suspension dans les eaux pluviales ruisselant sur ces terrains sera donc supérieure à celle dans l'état initial mais uniquement durant le temps du chantier. Ces eaux décanteront tout au long de leur cheminement jusqu'au



réseau communal limitant ainsi les apports de matières en suspension au réseau n'entraînant donc aucun risque particulier.

## 4.2.2 Incidences relatives aux hydrocarbures

### 4.2.2.1 Incidences

L'utilisation sur le site d'hydrocarbures liquides sera destinée à la production d'énergie motrice des engins de chantier et foreuses (carburants moteurs) et à l'entretien et à la maintenance des installations et des véhicules (huiles et lubrifiants). Les risques de déversement accidentels résulteront de la rupture des enveloppes de réservoir, de fuites sur des conduites d'adduction lors des opérations de remplissage ou encore par malveillance.

Ces opérations étant relativement courtes, l'incidence relative aux hydrocarbures sur les eaux superficielles devrait être fortement limitée.

### 4.2.2.2 Mesures correctives

La quantité d'hydrocarbures présente sur le chantier sera relativement limitée étant donné qu'aucune citerne de stockage à fuel ou à essence n'y sera installée à moins qu'elle ne soit placée sur un bac de rétention de capacité suffisante pour contenir le volume de la citerne. En fonction de l'organisation du chantier, l'approvisionnement pourra se faire quotidiennement pour ne stocker que le volume utile à la consommation journalière pour la machine de forage et le compresseur.

Par ailleurs le personnel responsable du bon fonctionnement des engins est formé aux consignes sécurité-incendie et susceptible d'intervenir de manière efficace et adaptée en cas de déversement accidentel ou sinistre.

Ces mesures permettront de prévenir toute pollution accidentelle des eaux de surface par les hydrocarbures présents sur le site.

## 4.2.3 Incidences du fluide géothermique

### 4.2.3.1 Incidences

Compte-tenu des terrains en place, l'installation des sondes géothermiques sera réalisée à l'air au marteau fond de trou, aucun fluide ne sera donc utilisé pour assurer la foration et la remontée des déblais.

Les eaux souterraines rencontrées lors de la foration seront remontées avec les déblais de forage à l'air et seront infiltrées si leur volume est limité, sinon elles seront stockées dans un bac collecteur avant leur rejet au réseau communal d'eaux pluviales.

Le seul fluide utilisé pour la réalisation des SGV sera le coulis géothermique utilisé pour remplir l'espace annulaire entre les tubes constituant les sondes et le terrain. Il est constitué d'un mortier sec mélangé à de l'eau. Il sera stocké sur le site sous forme de sacs et le mélange avec l'eau sera réalisé sur le chantier dans un malaxeur.

Les risques de déversement accidentels du coulis géothermique résulteront soit de la rupture des enveloppes de réservoir, soit de fuites sur les cannes d'injection utilisées.

Le risque que représente ce fluide géothermique vis-à-vis des eaux superficielles est faible compte-tenu du mode opératoire et de sa nature.

### 4.2.3.2 Mesures correctives

La quantité de coulis géothermique liquide stockée sur le site sera limitée aux besoins du chantier d'autant plus qu'il doit être utilisé rapidement pour éviter toute prise en-dehors de la sonde.





Le malaxeur utilisé pour réaliser le mélange et stocker le coulis liquide en vue de son injection permettra de limiter les risques de fuite.

Le personnel responsable du bon fonctionnement des engins est formé aux consignes sécurité-incendie et susceptible d'intervenir de manière efficace et proportionnée en cas de déversement accidentel ou de sinistre.

#### **4.2.4 Incidences du fluide caloporteur**

##### **4.2.4.1 Incidences**

Les sondes géothermiques seront parcourues d'un liquide caloporteur antigel constitué d'un mélange d'eau et de de monopropylène glycol dosé à 30% circulant en circuit fermé dans chacune des sondes. Aucun rejet, excepté en cas d'accident, n'est donc prévu.

Le risque de déversement accidentel de ce liquide dans les eaux superficielles provient d'une fuite éventuelle au niveau des sondes en PE avant introduction dans chaque forage (tubage percé), lors du remplissage de ces sondes par le liquide et lors de l'entretien du réseau du champ de SGV. Le volume nécessaire d'antigel sera d'environ 0.8 m<sup>3</sup> par sonde. Le remplissage d'un réseau de sondes sur la base de 24 sondes requiert donc une vingtaine de mètre cubes de ce mélange. La formulation de ce mélange est validée par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France comme fluide caloporteur dans les systèmes de production d'eau sanitaire à simple échange car il ne présente aucun risque notable pour la santé.

Le risque que présentent l'utilisation et la présence de ce fluide antigel vis-à-vis des eaux superficielles peut donc être considéré comme faible.

##### **4.2.4.2 Mesures correctives**

Les tuyaux constituant les sondes sont stockés sur des enrouleurs et déroulés pour leur mise en place, ce qui limite les risques de poinçonnement lors de leur stockage. Le remplissage avec le liquide antigel n'a lieu qu'une fois les sondes en cours de mise en place.

Pour se prémunir des risques de fuites, les sondes géothermiques sont éprouvées en usine, testées avant et après mise en œuvre par des essais de pression à 3 bars durant 30 minutes.

Des tests d'étanchéité des conduites seront réalisés régulièrement lors des séances d'entretien de la machine.

Le remplissage des sondes aura lieu de manière à limiter les risques de déversement et de débordement. Un bac de rétention pourra être utilisé.

Chaque sonde sera équipée d'une vanne de vidange et d'isolement qui seront disposées au-dessus d'un bac de récupération pour collecter le fluide caloporteur lors des phases de vidanges et d'entretien.

##### **4.2.5 Conclusion**

Dans un premier temps, les travaux de réalisation du champ de SGV pourront avoir des impacts sur les eaux superficielles mais ceux-ci seront très limités car principalement liés à des accidents/incidents lors des manipulations. Les modes opératoires et mesures correctives limiteront les impacts sur les eaux superficielles.

Dans un second temps, une fois le champ de SGV en place, les impacts ne concerneront plus les eaux superficielles car les installations seront situées dans le sous-sol.

#### **4.3 Impact quantitatif sur les eaux souterraines**

La ressource d'eau souterraine, comme détaillé dans l'état initial (cf. chapitre 1.4), est peu importante et se situe dans les terrains superficiels sableux ou argileux, mais des arrivées d'eau plus profondes dans le granite au gré des fractures sont également présentes.



Cette ressource en eau ne sera pas exploitée ni lors des travaux de forage ni une fois le champ de SGV mis en place. Il n'y aura donc aucun impact quantitatif sur les eaux souterraines.

#### 4.4 Impacts qualitatifs sur les eaux souterraines

Dans un premier temps, l'impact du projet sur les eaux souterraines sera temporaire car limité à la durée des travaux de forage des sondes géothermiques.

Par la suite, une fois les sondes mises en place dans le sous-sol, elles resteront en place plusieurs dizaines d'années en fonction de la durée de vie de la médiathèque et du cinéma d'art et essais. Les impacts seront donc à considérer sur cette durée d'exploitation.

##### 4.4.1 Mise en contact de deux nappes superposées

###### 4.4.1.1 Incidences

Compte tenu de la géologie rencontrée, les forages recouperont deux nappes d'eau souterraine : la première située dans les formations sableuses et argileuses de surface, la seconde dans le granite au gré de la densité de fracturation.

###### 4.4.1.2 Mesures correctives

Les forages seront réalisés à l'air au marteau fond de trou. Les formations sableuses et argileuses de surface seront retenues par un tubage provisoire. Maintenu en place jusqu'à la fin de la réalisation de chaque sonde y compris sa cimentation, ce tubage permettra d'éviter les contacts entre les deux nappes d'eau souterraines.

##### 4.4.2 Incidences thermiques

Le champ de SGV sera en contact avec le sous-sol, dont il exploitera les calories, et avec les eaux souterraines présentes et en contact avec ce dernier. L'exploitation du champ de SGV se traduira donc par une diminution de la température des eaux souterraines en hiver (exportation des calories pour le chauffage des bâtiments) et par une augmentation de leur température en été (injection des calories issues du refroidissement des bâtiments) bien que les calories injectées resteront très inférieures à celles extraites.

La température actuelle des eaux souterraines au droit du site est comprise entre 11°C (février) et 13°C (octobre). L'exploitation du champ de SGV portera la température du sous-sol entre 8,2°C et 1,5°C entre la première et la 30<sup>ème</sup> année d'exploitation. Les eaux souterraines en contact avec le sous-sol ainsi refroidi seront également refroidies car en contact et atteindront localement dans un rayon de 5 m autour de chaque sonde les mêmes températures. Au-delà, leur température ne sera pas influencée par le champ de SGV. La vitesse d'écoulement de ces eaux étant très faible (cf. paragraphe 3.4.2) les eaux réchauffées ou refroidies ne se propageront que très peu.

L'exploitation du champ de SGV se traduit par un refroidissement du sous-sol et des eaux souterraines contenus dans les formations aquifères. Cette variation de température n'a pas d'incidence négative en termes d'une éventuelle prolifération de bactéries, dans la mesure où elle refroidit ce milieu. A l'inverse un réchauffement trop important des eaux souterraines (communément fixé à 28°C) pourrait favoriser le développement bactérien (cas rencontré sur des systèmes géothermiques exploitant les calories des eaux souterraines par pompage et rejet en nappe).

La réinjection de calories en été grâce au fonctionnement en mode réversible du système, même si les calories en jeu ne représentent que 5% de celles exploitées en hiver, permet de réduire la vitesse de refroidissement du sous-sol.

Le refroidissement du sous-sol, sans atteindre le minimum de 0°C, température qui pourrait entraîner le gel du sous-sol et de possibles incidences sur les fondations des bâtiments présents, permet de conclure que



l'exploitation du champ de SGV ne sera pas source d'incidences thermiques négatives pour l'environnement souterrain.

#### 4.4.3 Incidences relatives aux hydrocarbures

##### 4.4.3.1 Incidences

Comme décrit précédemment au sujet des eaux superficielles, l'utilisation sur le site d'hydrocarbures liquides sera destinée à la production d'énergie motrice des engins de chantier et foreuses (carburants moteurs) et à l'entretien et à la maintenance des installations et des véhicules (huiles et lubrifiants). Les risques de déversements accidentels résulteront de la rupture des enveloppes de réservoir, de fuites sur des conduites d'adduction lors des opérations de remplissage ou encore par malveillance.

Ces opérations étant relativement courtes, l'incidence relative aux hydrocarbures sur les eaux souterraines devrait être fortement limitée.

##### 4.4.3.2 Mesures correctives

La quantité d'hydrocarbures présente sur le chantier sera relativement limitée étant donné qu'aucune citerne qu'aucune citerne de stockage à fuel ou à essence n'y sera installée à moins qu'elle ne soit placée sur un bac de rétention de capacité suffisante pour contenir le volume de la citerne. En fonction de l'organisation du chantier, l'approvisionnement pourra se faire quotidiennement pour ne stocker que le volume utile à la consommation journalière pour la machine de forage et le compresseur.

Par ailleurs le personnel responsable du bon fonctionnement des engins est formé aux consignes sécurité-incendie et susceptible d'intervenir de manière efficace et adaptée en cas de déversement accidentel ou sinistre.

Ces mesures permettront de prévenir toute pollution chronique ou accidentelle des eaux souterraines par les hydrocarbures présents sur le site.

#### 4.4.4 Incidences du coulis géothermique

##### 4.4.4.1 Incidences

Une cimentation mal maîtrisée des sondes géothermiques peut entraîner une mauvaise mise en œuvre de ces dernières et avoir une incidence sur les eaux souterraines. Cette opération sera donc réalisée avec un soin particulier et suivra le programme décrit dans la pièce 3 « Descriptif des travaux prévus ».

L'injection du coulis sera réalisée du bas vers le haut pour permettre une cimentation homogène de la sonde. Elle se fera sur tout le linéaire de chaque sonde y compris au niveau des couches géologiques aquifères. Lors de la mise en place de la sonde géothermique et des deux pieux pilotes, le volume de coulis injecté n'a pas présenté d'anomalie que ce soit dans les sables ou dans le granite sous-jacent. A moins qu'il n'y ait des zones de fractures très denses et bien développées dans le socle granitique, les pertes de coulis devraient être minimales lors des travaux de réalisation des sondes.

La cimentation des sondes géothermiques étant une étape clé, les moyens mis en œuvre permettront de s'assurer une bonne mise en œuvre de celles-ci et de protéger les eaux souterraines.

##### 4.4.4.2 Mesures correctives

L'entreprise en charge des travaux de réalisation des sondes suivra les volumes de coulis injectés pour chaque sonde. Cela permettra de vérifier la quantité de coulis injecté et de comparer avec le volume théorique. En cas de volume nettement supérieur et en tenant compte des données enregistrées lors du forage, nous pourrions conclure à la présence de zones de pertes type fractures. A l'inverse, en cas de volume nettement inférieur, nous pourrions identifier la présence éventuelle d'obstruction du forage et donc d'une possible diminution de l'efficacité d'échange de la sonde.



#### 4.4.5 Incidences par contamination des eaux souterraines par le fluide antigel

##### 4.4.5.1 Incidences

Les sondes géothermiques sont remplies d'un mélange d'eau et de liquide antigel à base de glycol circulant en circuit fermé dans chacune des sondes. La formulation du fluide caloporteur est validée par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France comme fluide caloporteur dans les systèmes de production d'eau sanitaire à simple échange car il ne présente aucun risque notable pour la santé.

Le risque de déversement accidentel de ce liquide provient d'une fuite éventuelle au niveau des sondes en PE introduites dans chaque forage (tubage percé) et lors du remplissage de ces sondes par le liquide.

##### 4.4.5.2 Mesures correctives

La nature des sondes et leur mode de fabrication permettent de limiter les risques de déversement dans le milieu souterrain une fois en place et constituent à ce titre des mesures de protection de l'environnement :

- les sondes sont en PEHD, un matériau inerte avec l'environnement, qui ne peut être endommagé par la corrosion ou des bactéries ;
- chaque sonde est testée en usine et enregistré sur un PV d'épreuve conformément à la norme DIN V4279-7. Elles sont généralement garanties 100 ans par les fournisseurs ;
- les sondes sont soudées en usine à l'aide de raccords électro-soudables conformément à la norme NF EN 13067.

Par ailleurs, sur le chantier et avant installation, les sondes seront soumises à un test pression d'air sous 3 bars durant 30 minutes permettant de vérifier leur étanchéité. Après cimentation, chaque SGV constituée de la sonde, du raccord en Y et de la tuyauterie de raccordement au collecteur enterré, sera à nouveau pressurisée à 3 bars pendant 30 minutes pour vérifier que l'étanchéité n'a pas été dégradée durant leur mise en œuvre dans le forage. Enfin, un troisième test aura lieu sur le circuit complet comprenant tous les circuits géothermiques, les vannes de réglage et d'isolement, la tuyauterie... Il sera réalisé sous 3 bars de pression pendant 2h30.

En phase d'exploitation, une vérification de l'étanchéité par pressurisation des sondes sera effectuée tous les cinq ans.

Les mesures décrites précédemment permettent de s'assurer que les sondes sont étanches et qu'elles ne se dégraderont pas dans le temps. Le risque de contamination des eaux souterraines par le fluide antigel circulant dans les sondes géothermiques est donc bien maîtrisé.

#### 4.4.6 Conclusion

Les incidences sur les eaux souterraines en termes de pollution physico-chimique seront très limitées lors de la phase de travaux. Les mesures correctives limiteront ces effets.

Dans un second temps, une fois le champ de SGV en place, les impacts seront également très limités du fait des caractéristiques de tenue dans le temps des matériaux et des mesures correctives mises en place. Enfin on notera l'absence d'utilisation des eaux souterraines à proximité de l'installation ce qui limitent considérablement la sensibilité de ce milieu.



## 4.5 Impacts sur le sol

### 4.5.1 Incidences qualitatives sur le sol

#### 4.5.1.1 Incidences

Lors du déroulement du forage des sondes géothermiques, les sols seront exposés à un certain nombre de risques de nuisances, en particulier en cas de déversement accidentel d'hydrocarbures liquides, de coulis géothermique et de fluide antigel.

#### 4.5.1.2 Mesures correctives

Les mesures détaillées précédemment aux paragraphes 3.2.2 et reprises au paragraphe 3.4.4 et d'écrivant les mesures correctives relatives aux hydrocarbures, coulis et fluide antigel s'appliquent ici.

### 4.5.2 Incidences thermiques sur le sol

#### 4.5.2.1 Incidences

##### Incidences temporaires

La prise du coulis géothermique étant une réaction exothermique, au voisinage direct des forages, la température du sol augmentera légèrement durant la phase de cimentation. Toutefois, les variations de température seront de l'ordre de quelques degrés et leur durée sera au maximum d'une dizaine de jours, le temps que la cimentation s'achève.

En phase de travaux, l'impact thermique sur le sous-sol sera donc très limité.

##### Incidences permanentes

En phase d'exploitation, la pompe à chaleur servant au chauffage du projet prélèvera en hiver (chauffage) les calories du sous-sol grâce au champ de SGV et les injectera en été (refroidissement). Le projet aura donc un impact permanent sur la température du sous-sol durant toute la durée de l'exploitation.

Le champ de SGV constituant le projet a été dimensionné en fonction du besoin thermique évalué par le bureau d'études ARCOBA. Le principal critère de dimensionnement est la température du liquide glycolé circulant dans les sondes. En effet, afin de ne pas entraîner un risque de gel du sous-sol, cette température doit rester positive durant toute la durée d'exploitation.

La simulation de l'évolution de la température du fluide circulant dans les sondes a été réalisée pour pré-dimensionner le champ de sondes (cf. paragraphe 2.4, pièce 3). Cette simulation a été réalisée avec le logiciel PILESIM2. Les résultats de cette simulation sont repris ci-dessous.

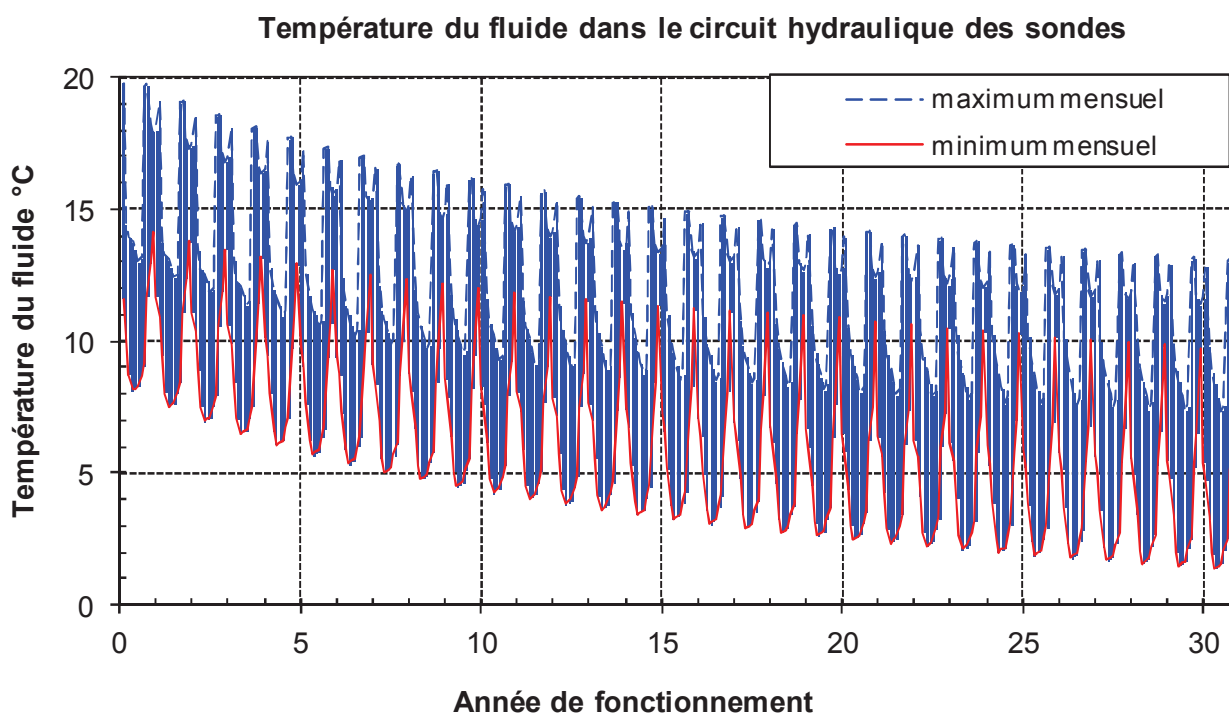


Figure 9 : Evolution de la température du fluide caloporteur durant 30 ans d'exploitation

Cette simulation montre les besoins thermiques annoncés sont couverts durant les 30 années d'exploitation du permis d'exploitation, tout en maintenant positive la température des sondes et du sol. La température minimum du fluide ainsi atteinte est de 1.4°C. Le gel du fluide et donc du sol ne sera donc pas atteint durant les 30 années d'exploitation de l'installation.

Par ailleurs chaque sonde présente un rayon d'influence de 5 m, distance dans laquelle la température du sol fluctue avant de reprendre sa température naturelle non influencée. Seuls les bâtiments constituant le projet de médiathèque et de cinéma d'art et essais et les trottoirs sont situés dans ce rayon d'influence.

Le projet aura donc un impact thermique permanent sur le sous-sol, durant toute la durée de l'exploitation. Le dimensionnement du champ de SGV permet toutefois de maintenir une température positive du fluide caloporteur sur toute la durée de l'exploitation.

#### 4.5.2.2 Mesures correctives

Le fonctionnement réversible du champ de SGV extrayant les calories en hiver puis les réinjectant en été est une mesure permettant de limiter, bien que très partiellement, la baisse de la température du sol.

## 4.6 Impact sur le milieu naturel

### 4.6.1 Incidences sur le paysage

Le champ de SGV est un système enterré, il n'a donc aucune incidence visuelle sur le paysage.

### 4.6.2 Incidences sur le climat

Il a été estimé que les éléments constituant le champ de SGV (sondes, pompe à chaleur, chaudière d'appoint à gaz et à condensation, panneaux photovoltaïques) et leur fonctionnement seront à l'origine de 54 tonnes d'émission de CO<sub>2</sub> à comparer aux 153 tonnes émises dans le cas d'une solution conventionnelle.



L'exploitation du champ de sondes sera donc à l'origine d'émissions ayant un effet limité sur le réchauffement climatique et nettement inférieur aux impacts de la solution conventionnelle.

#### 4.6.3 Incidences sur les milieux protégés

Les sites les plus proches (moins de 1 km) du projet sont trois sites classés ou inscrits (cf. **Tableau 4**).

Les milieux naturels d'intérêt sont, eux, situés en mer au nord du projet, au sud-ouest du projet dans l'estuaire de la Rance et au nord-est du projet en direction de Rothéneuf soit entre 1.2 et 6 km du projet.

Le projet de champ de SGV est constitué principalement de structures enterrées (24 sondes). La simulation a permis de montrer que les incidences thermiques concernaient le sol et les eaux souterraines et seront limitées géographiquement autour du projet.

Compte-tenu de la distance aux milieux protégés et de la nature de la connexion entre le projet avec ces derniers (eaux souterraines), les impacts sur les milieux naturels protégés sont considérés comme très faibles, voire inexistantes.

#### 4.6.4 Incidences sur les sites NATURA 2000

La surface du permis d'exploiter est de 10 160 m<sup>2</sup> soit une proportion très faible des sites Natura 2000 dont la surface est comprise entre 1 751 et 2 788 ha.

Les sites Natura 2000 les plus proches sont situés entre 3.8 et 5.5 km du projet de champ de SGV. Ils n'ont pas de connexion directe avec le projet et concernent principalement des eaux de surface.

La seule connexion possible se situe au niveau des eaux souterraines s'écoulant au droit du projet et qui peuvent être en relation avec les eaux de surface. Lors de l'exploitation géothermique, le sol et les eaux souterraines présentes seront refroidies en hiver puis réchauffées en été.

Cependant, compte-tenu de la distance de plusieurs kilomètres du projet aux milieux naturels et de leur position hydraulique latérale, de la faible perméabilité des terrains aquifères en place et donc de la très faible vitesse d'écoulement des eaux souterraines, de la réversibilité du système mis en place (baisse des températures en hiver mais reconstitution partielle de la température en été), la propagation géographique des incidences thermiques sur les eaux souterraines (réchauffement et refroidissement) sera très limitée et n'atteindra pas ces milieux naturels. Les impacts sur les sites NATURA 200 sont donc considérés comme très faibles, voire inexistantes.

### 4.7 Impact sur les risques naturels

#### 4.7.1 Risque inondation

Le projet est situé en milieu urbain. Le site était précédemment occupé par l'ancienne gare de Saint-Malo, il était donc déjà imperméabilisé. L'imperméabilisation du terrain une fois les bâtiments construits ne sera donc pas différente de l'état initial avec la gare.

L'éventuel surplus d'eaux pluviales issu du ruissellement sera toujours collecté par le réseau communal. Le projet n'accroît donc pas le risque d'inondation du secteur ni d'autres secteurs, en phase travaux comme en phase d'exploitation.

#### 4.7.2 Risque inondation par remontée de nappe

Les sondes constituant le champ géothermique n'exploiteront pas la nappe d'eau souterraine et elles ne participeront à aucune injection d'eau dans le milieu souterrain. Seule la quantité d'eau présente dans la sonde, uniquement en cas de rupture accidentelle et sous réserve qu'elle puisse traverser le coulis mis en place, pourrait se déverser dans le milieu souterrain.



Si cela devait se produire la quantité d'eau en jeu serait minime et ne serait pas de nature à entraîner une augmentation du niveau de la nappe à l'échelle du site. Le volume estimé est de 0.72 m<sup>3</sup>/sonde soit un total de 17.3 m<sup>3</sup> pour les 24 sondes ce qui représente une lame d'eau de 1.7 mm à l'échelle de la surface du site et de l'ordre de 17 mm en prenant en compte une porosité, ce qui est négligeable.

#### 4.7.3 Risque sismique

Comme décrit dans l'état initial (paragraphe 1.8.2), le projet est localisé en zone de sismicité 2 (faible).

Le projet ne génèrera pas de nuisance micro sismique en phase de travaux comme en phase d'exploitation. La réalisation de forage et la technique employée, même à 196 m de profondeur, n'est pas de nature à créer des instabilités sismiques.

### 4.8 Impact sur le milieu humain

#### 4.8.1 Impact sur les activités économiques

Le projet génèrera un impact positif permanent direct et indirect sur les activités économiques du secteur dans la mesure où l'exploitation d'un champ de sondes avec une pompe à chaleur devrait permettre à l'exploitant, la ville de Saint-Malo, de réduire les dépenses de fonctionnement liées au chauffage.

#### 4.8.2 Impact sur la qualité de l'air

Les principaux rejets atmosphériques susceptibles de porter préjudice à la qualité du milieu sont :

- les poussières ;
- les gaz d'échappement des engins de chantier.

#### Impact temporaire

Les poussières sont générées par la circulation des engins de chantiers sur les voies d'accès lors des travaux de forage. Ces envols de poussières sont tributaires des conditions météorologiques, un temps sec et venteux est plus défavorable qu'un temps calme et pluvieux. Le sens de propagation des poussières lors des vents peut amener une gêne pour les personnes à proximité du chantier.

Des poussières peuvent également être générées lors des forages. Cependant elles seront remontées avec l'eau souterraine présente ce qui limitera très fortement leur propagation à la surface.

Les principaux rejets concernant les gaz de combustion de carburants proviennent de la foreuse et du compresseur alimentant l'appareil de forage. Les gaz émis sont essentiellement le CO<sub>2</sub>, le CO, le NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et des poussières de suie de diesel. Les émissions et rejets gazeux restent toutefois négligeables par rapport aux émissions du réseau routier entourant le projet. Par ailleurs, il convient de signaler qu'aucun obstacle ne vient entraver la libre circulation de l'air au niveau des échappements et ne créera pas de phénomène d'atmosphère confinée.

L'impact temporaire du chantier sur la qualité de l'air sera donc négligeable.

#### Impact permanent

Le projet aura une incidence positive sur la qualité de l'air de façon durable puisque qu'il permet de s'affranchir de l'usage de combustion d'énergie fossile ou de biomasse pour le chauffage et le refroidissement des bâtiments constituant le projet.



### 4.8.3 Impact sur le niveau sonore

#### 4.8.3.1 Incidences

La nuisance sonore générée par le chantier est inhérente à l'utilisation de moteurs et compresseurs fonctionnant en continu, à la méthode même de foration le marteau fond de trou, au montage et démontage des tiges. Dans un contexte urbain à proximité d'habitations, l'environnement sonore doit donc faire l'objet d'une attention particulière. La population concernée est constitué des personnes habitant à proximité et le personnel travaillant sur le chantier de forage (exposition permanente au bruit).

La nuisance sonore du projet une fois le champ de SGV réalisé sera nulle, les sondes ne produisant aucun bruit.

#### 4.8.3.2 Mesures correctives

Le personnel travaillant sur le chantier de forage disposera de moyens de protection spécifiques (casque antibruit, bouchons d'oreille).

Les horaires du chantier seront fixés de manière à limiter les travaux les jours ouvrés pendant la journée.

Si ces mesures s'avèrent insuffisantes, le maître d'ouvrage pourra demander à l'entreprise de forage de mettre en place un caisson insonorisé sur le compresseur utilisé lors des forages.

### 4.8.4 Impact sur la santé humaine

#### 4.8.4.1 Incidences

Le personnel de l'entreprise de forage réalisant les sondes et les mettant en place sera en contact avec les hydrocarbures nécessaires au fonctionnement des engins, les coulis géothermique, le fluide caloporteur.

La formulation du fluide caloporteur est validée par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France comme fluide pouvant être utilisé dans les systèmes de production d'eau sanitaire à simple échange car il ne présente aucun risque notable pour la santé. Le contact avec ce dernier sera donc sans risque.

#### 4.8.4.2 Mesures correctives

Le contact avec les hydrocarbures sera limité au maximum et le personnel disposera de ces équipements de protection afin de limiter les expositions par contact et inhalation. Le risque sur la santé humaine sera donc très faible.

### 4.8.5 Impact sur les biens matériels : vibration et micro sismicité

Si micro sismicité induite il y a, elle s'inscrira dans le bruit de fond sismique naturel du secteur de Saint-Malo en terme de magnitude et ne représentera aucun risque de perturbation de la tranquillité du voisinage.

L'impact temporaire ou permanent du projet par le biais de vibrations mécaniques et micro-sismiques sera donc inexistant.

### 4.8.6 Impact sur la voirie

Le chantier sera directement desservi par le boulevard des Talards. Le trafic engendré par le chantier sera limité aux allers et venues des véhicules du personnel et des camions de livraison de matériel. La foreuse et le compresseur seront amenés et retirés sur le chantier par convoi. Les engins travailleront ensuite sur l'emprise du projet et donc en-dehors de la voirie publique.

L'activité routière ne sera donc que légèrement modifiée du fait du chantier.

## 4.9 Gestion des déchets

Le risque principal est inhérent aux déblais lors du forage des sondes géothermiques. Ils seront stockés au fur et mesure de l'avancée du forage puis évacués par l'entreprise en fin de chantier.

Les déchets autres produits lors du fonctionnement du chantier (bidons, sacs...) seront stockés dans des bennes à ordures. Les déchets ainsi accumulés seront régulièrement évacués vers la filière adéquate.

## 5. Conformité au SDAGE et au SAGE

### 5.1 SDAGE Loire-Bretagne

Les paragraphes suivants visent à vérifier la conformité du projet avec les exigences du SDAGE Loire-Bretagne, approuvé le 18 novembre 2009 et dont la description est rappelée dans le paragraphe 3.5.1.

#### Chapitre 5 – Maîtriser les pollutions liées aux substances dangereuses

→ **Le champ de SGV ne sera à l'origine d'aucune substance dangereuse pour l'environnement, il n'aura donc pas d'incidence.**

#### Chapitre 7 – Maîtriser les prélèvements d'eau

Les paragraphes 7A, 7B et 7C préconisent « d'assurer l'équilibre entre la ressource et les besoins », « d'économiser l'eau », « de gérer les prélèvements de manière collective dans les zones de répartition des eaux ».

→ **Le champ de SGV ne sera à l'origine d'aucun prélèvement d'eau de par son fonctionnement en circuit fermé et il ne se situe pas dans une zone de répartition des eaux, il n'aura donc pas d'incidence.**

#### Chapitre 8 – Préserver les zones humides et la biodiversité

Le paragraphe 8A intitulé « Préserver les zones humides » décrit que « *la préservation des zones humides nécessite d'agir à deux niveaux. Tout d'abord en maîtrisant les causes de leur disparition au travers d'une protection réglementaire limitant au maximum leur drainage ou leur comblement ou leur assèchement. En second lieu au travers des politiques de gestion de l'espace afin de favoriser et/ou de soutenir des types de valorisation compatibles avec les fonctionnalités des sites, que ce soit sur la ressource en eau ou sur la biodiversité. Ces deux types de mesures constituent un volet prioritaire des SAGE, notamment sur les secteurs situés en tête de bassin versant.* »

→ **Le champ de SGV n'est pas situé sur une zone humide (données de terrain et inventaires).**

#### Chapitre 10 – Préserver le littoral

Les paragraphes 10A à 10D préconisent de « limiter l'eutrophisation des eaux côtières et de transition », « limiter ou supprimer certains rejets en mer », « maintenir et/ou améliorer la qualité des eaux de baignade », « protéger la qualité microbiologique des eaux destinées à la conchyliculture ».

→ **Le champ de SGV ne sera à l'origine d'aucun rejet dans le milieu naturel pouvant nuire à la qualité des eaux du littoral, il n'aura donc pas d'incidence.**

## Chapitre 12 – Crues et inondation

Le paragraphe 12B préconise d'« arrêter l'extension de l'urbanisation des zones inondables ».

→ **Le champ de SGV est exclu de toute zone inondable, il n'aura donc pas d'incidence.**

Les caractéristiques du projet et les mesures correctives prévues le rendent compatible avec le SDAGE.

**Le projet est conforme aux préconisations du SDAGE du bassin Loire-Bretagne, adopté par arrêté le 18 novembre 2009.**

### 5.2 SAGE « Rance, Frémur, Baie de Beausais »

Le projet est inclus dans le SAGE « Rance, Frémur, Baie de Beausais » dont la description est rappelée dans le paragraphe 3.5.2.

Les objectifs du SAGE sont principalement tournés vers les eaux superficielles. Les objectifs fixés sont :

- tendre vers le bon état physico-chimique de l'eau ;
- tendre vers le bon état biologique de l'eau ;
- tendre vers le bon état hydromorphologique de l'eau ;
- tendre vers le bon état chimique et quantitatif des eaux souterraines ;
- assurer l'alimentation en eau potable de qualité et en quantité ;
- s'appuyer sur une approche territoriale pour la mise en œuvre du SAGE ;
- privilégier une approche par flux et une bonne communication des données pour garantir un suivi-évaluation efficace.

La nature du champ de SGV et son fonctionnement ne sont pas de nature à porter atteinte aux objectifs fixés par le SAGE.

**Les caractéristiques du projet et les mesures correctives prises le rendent compatible avec le SAGE.**

## 6. Moyens de surveillance

L'entretien régulier des ouvrages de régulations du réseau constituant le champ de SGV est essentiel pour en assurer le bon fonctionnement et éviter toute incidence sur l'environnement. Il sera nécessaire de réaliser des contrôles de l'ensemble du réseau du champ de SGV : fonctionnement des vannes, vidanges éventuelles... Ce programme de suivi devra être défini avec le fournisseur de matériel.

Par ailleurs, dans le cadre de l'obtention d'aides financières de l'ADEME sur ce projet (Fonds Chaleur), celui-ci devrait être équipé des éléments suivants :

- un système de comptage énergétique précis et télé-relevable à distance de l'installation mise en place. Ce système de comptage réversible de l'énergie devra permettre de mesurer la production produite par l'installation géothermique, la production utile de la PAC, les consommations des auxiliaires, les consommations d'énergie d'appoint.
- un dispositif de recueil de ces données permettant le calcul de la performance de l'installation incluant la PAC. Ces données de production de chaleur devront être transmises chaque année à l'ADEME et sur pendant une durée de 10 ans.



Ce suivi pourrait comprendre par exemple la mesure et l'enregistrement des paramètres suivants :

- l'énergie thermique de chauffage produite en sortie de PAC, par l'appoint d'énergie ;
- l'énergie thermique consommée par le compresseur de la PAC, par les pompes, par l'appoint d'énergie ;
- la température du fluide en entrée et en sortie du condenseur et de l'évaporateur constituant la PAC ;
- l'énergie thermique prélevée à l'évaporateur (mode chauffage) ;
- l'énergie thermique délivrée par le condensateur (mode refroidissement) ;
- l'énergie électrique consommée par les pompes ;
- les températures ambiantes et extérieures ;
- la pression du réseau en entrée et en sortie du champ de SGV et de chaque sonde.

La fréquence d'enregistrement pourrait être journalière voire inférieure.

Un rapport annuel de suivi permettrait de connaître l'efficacité de la pompe à chaleur, les consommations annuelles en chauffage et refroidissement et plus largement l'efficacité du système, d'en suivre l'évolution et de réparer toute anomalie.

Ce suivi pourrait être mis en œuvre, financé partiellement et suivi dans le cadre d'un partenariat avec l'ADEME, EDF et le CSTB sur l'exemple de la Cité du Design à Saint-Etienne afin d'étudier l'efficacité de cette opération.

Ce programme de mesures et de surveillance pourra être précisé avec l'ADEME au regard des leurs connaissances sur ces sujets.

## 7. Mesure compensatoire

Compte-tenu de la nature du projet, des mesures correctives prévues, de l'absence d'impact irréversible, nous estimons qu'il n'est pas nécessaire de prévoir la mise en place de mesure compensatoire.

## 8. Moyens mis en œuvre pour l'évaluation de l'étude d'impact et difficultés rencontrées

La présente étude d'impact comprend l'ensemble des éléments demandés par la réglementation en vigueur à la date de la rédaction de ce dossier. Elle est basée sur plusieurs visites du site et de ses environs et sur la collecte d'informations dont les sources sont détaillées dans le tableau suivant.

**Tableau 7 : Analyse des méthodes**

Thématique	Source
Milieu physique	<p>Geoportail (situation géographique et topographie).</p> <p>Carte topographique de l'IGN<sup>(1)</sup> à l'échelle 1/25 000.</p> <p>Plan cadastral du site <a href="http://www.cadastre.gouv.fr">www.cadastre.gouv.fr</a>.</p> <p>Données climatologiques du site <a href="http://www.infoclimat.fr">www.infoclimat.fr</a> de la station de Dinard pour la période 1961-1990. Données Météo-France.</p> <p>Infoterre, carte géologique à l'échelle 1/80 000 du BRGM<sup>(2)</sup> (géologie et hydrogéologie).</p> <p>Site <a href="http://www.adeseaufrance.fr">www.adeseaufrance.fr</a> (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines).</p> <p>Site <a href="http://www.prim.net">www.prim.net</a> (risques naturels).</p> <p>Site <a href="http://www.inondationsnappes.fr">www.inondationsnappes.fr</a> (remontée de nappe d'eau souterraine).</p> <p>Observations sur site lors de plusieurs visites du site et des environs.</p>
Milieu naturel	<p>Les zonages réglementaires ont été analysés à partir des données fournies par la DDTM35<sup>(3)</sup>.</p> <p><b>L'analyse de l'état initial du site a été effectuée à partir de :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· La collecte des données existantes : cartes, documents réglementaires et études antérieures.</li> <li>· La consultation des services administratifs ou techniques détenteurs d'informations publiques : Agence de l'eau, BRGM, DDTM, mairie de Saint Malo.</li> <li>· Consultation des sites internet de Ministère en charge de l'environnement, de l'IFREMER, du SAGE<sup>(4)</sup> « Rance, Frémur, Baie de Beausais », du SDAGE<sup>(5)</sup> Loire-Bretagne.</li> <li>· Observations sur site lors des visites.</li> </ul>

Thématique	Source
Environnement socio-économique	Données statistiques de la mairie de Saint-Malo.  Données de qualité de l'air de l'association Air Breizh.  DDTM35.
Evaluation des impacts	Résultats de l'étude de pré-faisabilité réalisée par le bureau d'études BURGEAP.  Retour d'expérience sur des projets similaires réalisés en France.

- (1) IGN : Institut Géographique National  
 (2) BRGM : Bureau des Ressources Géologiques et Minières  
 (3) DDTM : Direction Départementale du Territoire et de la Mer  
 (4) SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux  
 (5) SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

En plus de ces informations, les documents suivants ont été consultés :

- étude ECR Environnement ;
- dossier DCE du projet de réalisation du champ de SGV ;
- rapport du CSTB sur la méthodologie de suivi des performances de pompes à chaleur.

Aucune difficulté particulière n'a été rencontrée.

## MAIRIE DE SAINT MALO

---

DOSSIER D'AUTORISATION  
AU TITRE DES ARTICLES L.124-4 ET L.134-4  
DU CODE MINIER ET DES DECRETS N°78-498 et  
N°2006-649

# PIECE 5 : NOTICE D'HYGIENE ET DE DE SECURITE



## **SOMMAIRE**

<b>PIECE 5 : NOTICE D'HYGIENE ET DE DE SECURITE</b>	<b>1</b>
<b>1. Contexte</b>	<b>3</b>
<b>2. Renseignements généraux</b>	<b>4</b>
2.1 Travaux à exécuter	4
2.2 Effectifs d'intervention	4
2.3 Horaires de travail	4
<b>3. Analyse des risques et mesures de prévention</b>	<b>4</b>
3.1 Risques propres à la réalisation de tout chantier	4
3.2 Risques générés par l'activité de l'entreprise sur les salariés des autres entreprises	6
3.3 Risques générés par l'activité sur ses propres employés	7
3.4 Mesures globales relatives à l'organisation du chantier dans son ensemble	8
3.4.1 Installations de chantier	8
3.4.2 Accès au chantier	8
3.4.3 Règles de sécurité	8
3.4.4 Affichage du chantier	8
3.4.5 Secours	8
3.4.6 Mesures de prévention spécifiques	8
3.4.7 Sécurité publique	9
<b>4. Application des mesures d'hygiène et de sécurité</b>	<b>9</b>



## 1. Contexte

Depuis plusieurs années, la ville de Saint-Malo a développé une politique volontariste en matière de développement durable. Celle-ci s'est traduite par une planification des actions décrites dans le Plan d'Aménagement et du Développement Durable (PADD) de la collectivité.

La construction de la Médiathèque et d'un Cinéma d'art et essais à Saint-Malo est l'une des actions concrètes de cette politique.

L'opération se distingue d'une construction conventionnelle car elle est réalisée dans le cadre de la démarche NF Haute Qualité Environnementale (HQE). Le bâtiment obtiendra le label Très Haute Performance Energétique avec intégration des énergies renouvelables THPE EnR, selon la Réglementation Thermique 2005.

C'est dans ce cadre que ce projet prévoit la mise en place d'un système de chauffage et refroidissement des bâtiments reposant sur l'exploitation d'un champ de sondes géothermiques verticales (SGV). Les besoins en chauffage seront couverts à 65% par ce champ de SGV et les 35% restants par une chaudière d'appoint à condensation. Les besoins en refroidissement seront eux couverts à 100 % par ce champ de SGV. Celui-ci sera composé de 24 sondes de 196 m de profondeur chacune espacées de 10 m chacune et réparties sur l'emprise du projet.

Ce projet d'exploitation fait partie des **gîtes géothermiques à basse température**. Il doit se conformer :

- à l'article L124-4 du Code Minier stipulant que « Nul ne peut entreprendre un forage en vue de la recherche de gîtes géothermiques à basse température sans une autorisation de recherches accordée par l'autorité administrative » ;
- à l'article L.134-4 du Code Minier stipulant que « Les gîtes géothermiques à basse température ne peuvent être exploités qu'en vertu d'un permis d'exploitation accordé par l'autorité administrative » ;
- au décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie ;
- au décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des travaux de stockages souterrains.

Compte-tenu des caractéristiques du champ de SGV : sondes de 196 m de profondeur exploitant 212 kW du sous-sol, ce projet ne peut pas être considéré comme un gîte de minime importance au regard de l'article 17 du décret n°78-498, il est donc soumis à un permis d'exploitation.

C'est dans le cadre de ce projet que le pétitionnaire et maître d'ouvrage de la future médiathèque et du cinéma d'art et essais demande **l'autorisation de permis d'exploiter le champ de sondes géothermiques verticales** décrit ci-dessus ainsi que **l'autorisation d'ouverture des travaux miniers associés** (cf. **annexe 1, pièce 6**).

Le présent dossier de demande d'autorisation de permis d'exploiter le champ de sondes géothermiques verticales est composé des 6 pièces suivantes :

- Pièce 1 : dossier administratif et résumé non technique ;
- Pièce 2 : notice descriptive du projet et demande d'autorisation ;
- Pièce 3 : descriptif des travaux prévus ;
- Pièce 4 : étude d'impacts ;
- **Pièce 5 : notice d'hygiène et de sécurité ;**
- Pièce 6 : figures et annexes.

## 2. Renseignements généraux

### 2.1 Travaux à exécuter

La réalisation du champ de sondes géothermiques verticales (SGV) consiste à réaliser 24 sondes de 196 m de profondeur chacune. Cela inclut le forage, la mise en place de 4 tubes constituant chaque sonde remplie de fluide antigél, l'injection du coulis géothermique la mise en place des raccords et des tuyauteries constituant l'ensemble du réseau depuis chaque sonde et jusqu'à la pompe à chaleur.

Une entreprise de forage, en cours de sélection, sera en charge de la réalisation de ces travaux. En fonction du planning de réalisation de la médiathèque et du cinéma d'art et essais, ces travaux pourront être réalisés en parallèle d'autres travaux (terrassment, génie civil...).

### 2.2 Effectifs d'intervention

Pour la réalisation du champ de sondes, l'effectif devrait être en général inférieur à 4 personnes présentes simultanément sur le site :

- forages et mise en œuvre des sondes, maximum de 4 personnes présentes simultanément sur le site ;
- réalisation du réseau horizontal, 4 personnes maximum.

### 2.3 Horaires de travail

Durant les travaux, il est envisagé un fonctionnement du chantier de jour, du lundi au vendredi.

## 3. Analyse des risques et mesures de prévention

L'analyse des risques porte sur le chantier de réalisation du champ de sondes géothermiques verticales (SGV).

### 3.1 Risques propres à la réalisation de tout chantier

Les risques spécifiques aux travaux de réalisation du champ de SGV ainsi que les mesures de protection retenues sont détaillés ci-après.

Les travaux s'intégrant dans le chantier global des travaux de réalisation des bâtiments, l'entreprise de forage sera en charge de faire appliquer les mesures de sécurité définies par le coordinateur sécurité du chantier dans son ensemble.

Phases	Risques identifiés	Mesures retenues
Accès au chantier	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accident de circulation</li> <li>- Chute de personne</li> <li>- Obstacles au sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accueil et formation à la sécurité du personnel dispensé sur le chantier</li> <li>- Destinataires :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- tout le personnel de l'entreprise de forage</li> <li>- tout salarié d'une entreprise extérieure</li> <li>- tout salarié intérimaire</li> </ul> </li> <li>- Formateur : Conducteur de travaux et/ou chef de chantier</li> <li>- Port des chaussures de sécurité conseillé (visiteurs)</li> <li>- Port des chaussures de sécurité obligatoire (salariés)</li> <li>- Port du casque obligatoire (salariés + visiteurs)</li> </ul>
Circulation sur le chantier	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renversement de personne par un engin en circulation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dissocier la circulation des engins et du personnel</li> <li>- Port du gilet fluorescent</li> <li>- Balisage des voies de circulation</li> <li>- Maintien des voies de circulation dégagées</li> </ul>
Circulation sur la plate-forme de travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chute d'objet en cours de levage</li> <li>- Risque de trébucher matériaux au sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S'écarter des charges en manutention</li> <li>- Maintien de la plate-forme de travail dans un état de propreté et rangement propice à la bonne organisation des équipes</li> </ul>

### 3.2 Risques générés par l'activité de l'entreprise sur les salariés des autres entreprises

Les travaux s'intégrant dans le chantier global des travaux de réalisation des bâtiments, l'intervention de l'entreprise de forage pourra se faire en même temps que d'autres corps de métiers. Elle devra appliquer les mesures de sécurité définies par le coordinateur sécurité du chantier dans son ensemble.

Travaux à exécuter	Moyens / outils	Risques	Moyens de prévention
Forage	Foreuse + Benne + Compresseur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Écrasement</li> <li>- Heurt de personnel</li> <li>- Heurt de tiers</li> <li>- Bruit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Signalisation sonore sur les engins</li> <li>- Port de gilet fluorescent</li> <li>- Balisage des accès de chantier et mise en place d'une clôture rigide délimitant l'emprise des travaux</li> <li>- Port des EPI anti-bruit</li> </ul>
Mise en place des sondes	Cannes d'injection du coulis  Malaxeur de coulis  Rouleaux de sondes  Fluide antigel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecrasement</li> <li>- Eclaboussures / ingestion de fluide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Port des EPI</li> <li>- Balisage des accès de chantier et mise en place d'une clôture rigide délimitant l'emprise des travaux</li> </ul>

### 3.3 Risques générés par l'activité sur ses propres employés

Travaux à exécuter	Moyens / outils	Risques	Moyens de prévention
Forage	Foreuse Compresseur	- Heurts  - Chutes	- Port des EPI  - Bon état de propreté du chantier  - Planification des interventions
Mise en place des sondes	Cannes d'injection du coulis  Malaxeur de coulis  Rouleaux de sondes  Fluide antigel	- Ecrasement  - Chute d'objet  - Eclaboussure / ingestion de fluide	- Port des EPI  - Vérification de l'attache des objets à manipuler (cannes, rouleaux)  - Dégagement de la zone de manipulation des cannes et des sondes  - Balisage des accès de chantier et mise en place d'une clôture rigide délimitant l'emprise des travaux
Manutention et stockage des matériaux sur le chantier	Élingues  Divers matériaux	- Écrasement  - Chute de matériaux  - Renversement de matériaux	- Port des EPI  - Rangement de la zone de stockage  - Maintien du bon état du chantier
Encombrement du chantier	Aires de stockage	- Chutes  - Heurts	- Rangement  - Planification des interventions  - Dégagement des zones de travail  - Port des EPI

### **3.4 Mesures globales relatives à l'organisation du chantier dans son ensemble**

Les travaux de réalisation du champ de SGV s'intégrant dans le chantier global des travaux de réalisation des bâtiments, nous définissons, dans les paragraphes suivants, les mesures relatives au chantier dans son ensemble et qui s'appliqueront à l'entreprise de forage.

#### **3.4.1 Installations de chantier**

L'ensemble du personnel bénéficiera des installations communes présentes sur le chantier : vestiaires, sanitaires, cantine, bureaux.

Le responsable des opérations sur le chantier disposera d'un téléphone mobile afin de joindre à tout moment le responsable du chantier dans son ensemble.

#### **3.4.2 Accès au chantier**

Le chantier sera délimité et interdit à toute personne non autorisée.

L'accès au chantier sera autorisé à condition que la personne soit équipée des protections individuelles de base :

- casque de protection ;
- chaussures de sécurité ;
- gants en cas de manutention ;
- lunettes ou masques de protection en cas de risques de projection de fluides et particules diverses ;
- protections antibruit le cas échéant.

#### **3.4.3 Règles de sécurité**

Une information (devant se dérouler pendant les horaires normaux de travail) sur les règles de sécurité du chantier sera dispensée par le responsable du chantier dans son ensemble pour tout le personnel présent sur le site.

#### **3.4.4 Affichage du chantier**

Les numéros de téléphone des secours d'urgence et de tous les événements permettant de localiser et d'identifier le chantier seront affichés sur les lieux des travaux.

Les fiches de données de sécurité concernant les produits disponibles sur le chantier (risque d'utilisation, préventions, premiers soins...) seront à la disposition des employés et des secours.

#### **3.4.5 Secours**

Le chantier sera muni d'une trousse de premiers secours. Pour l'organisation des secours, un plan d'accès au chantier sera fourni aux organismes locaux figurant sur la liste affichée sur le chantier.

#### **3.4.6 Mesures de prévention spécifiques**

Seul le personnel habilité à intervenir sur les installations électrique pourra y intervenir.

Les consignes à respecter en cas d'incendie seront affichées sur le chantier. Le chantier disposera d'extincteurs.

### 3.4.7 Sécurité publique

Lors du déroulement des travaux, le public pourra être exposé à des risques liés principalement à une augmentation du trafic routier plus particulièrement due aux véhicules lourds accédant au chantier, c'est pourquoi :

- des panneaux routiers informeront les usagers de la route de la sortie de camions ou d'engins de chantier ;
- le stationnement des véhicules aux abords du chantier sera contrôlé de manière à ne pas créer d'entrave à la circulation sur les voies d'accès ;
- un trafic de véhicules légers sera induit par l'arrivée et le départ du personnel intervenant sur site.

En journée, le public sera soumis à une augmentation du niveau sonore inhérent aux travaux d'aménagement de génie civil.

## 4. Application des mesures d'hygiène et de sécurité

Un coordinateur sécurité du chantier sera nommé pendant les travaux.

Les responsables de la sécurité des entreprises sous-traitantes seront chargés à leur niveau, chacun en ce qui le concerne, de transmettre et de commenter les informations et consignes contenues dans le PPSPS en vigueur au moment de leur intervention à tous les intervenants dépendant de leur entreprise et de veiller à leur stricte application.