



# Demande d'examen au cas par cas préalable à la réalisation éventuelle d'une évaluation environnementale

## Article R. 122-3-1 du code de l'environnement

Ce formulaire sera publié sur le site internet de l'autorité chargée de l'examen au cas par cas.

Avant de remplir cette demande, lire attentivement la notice explicative.

Ce document est émis par le ministère en charge de l'écologie.

Ce formulaire peut se remplir facilement sur ordinateur. Si vous ne disposez pas du logiciel adapté, vous pouvez télécharger Adobe Acrobat Reader gratuitement [via ce lien](#)

Cadre réservé à l'autorité chargée de l'examen au cas par cas

Date de réception : 21/05/2024 /

Dossier complet le : 05/06/2024

N° d'enregistrement : F01124P0101

### 1 Intitulé du projet

Projet de géothermie profonde au Dogger au Kremlin-Bicêtre pour alimenter un réseau de chaleur en énergies renouvelables.

### 2 Identification du (ou des) maître(s) d'ouvrage ou du (ou des) pétitionnaire(s)

#### 2.1 Personne physique

Nom	Prénom(s)

#### 2.2 Personne morale

Dénomination	Raison sociale
SIPPEREC	SIPPEREC
N° SIRET	Type de société (SA, SCI...)
2 5 7 5 0 0 0 4 1 0 0 0 4 7	Syndicat mixte ouvert
Représentant de la personne morale : <input type="checkbox"/> Madame	<input checked="" type="checkbox"/> Monsieur
Nom	Prénom(s)
JP MARTIN	Jacques

### 3 Catégorie(s) applicable(s) du tableau des seuils et critères annexé à l'article R. 122-2 du code de l'environnement et dimensionnement correspondant du projet

N° de catégorie et sous-catégorie	Caractéristiques du projet au regard des seuils et critères de la catégorie (Préciser les éventuelles rubriques issues d'autres nomenclatures (ICPE, IOTA, etc.)
1b	rubrique 2921.1.a/b pour la puissance TAR déterminée dans la DAOTM à venir
27.d	rubrique 2910.A 1 ou 2. pour les puissances des chaudières (~ 40MW au total)
38	Deux forages pour l'exploration ou l'exploitation d'un gîte géothermique d'environ 2000m chacun. Le réseau de chaleur aura une longueur supérieure à 2km (~ 10 000m linéaire)

#### 3.1 Le projet fait-il l'objet d'un examen au cas par cas dans le cadre du dispositif prévu aux I et II de l'article R.122-2-1 du code de l'environnement ? (clause-filet) ?

Oui  Non

#### 3.2 Le projet fait-il l'objet d'une soumission volontaire à examen au cas par cas au titre du III de l'article R.122-2-1 ?

Oui  Non

### 4 Caractéristiques générales du projet

Doivent être annexées au présent formulaire les pièces énoncées à la rubrique 8.1 du formulaire.

#### 4.1 Nature du projet, y compris les éventuels travaux de démolition

Le projet de géothermie profonde consiste à réaliser deux forages profonds déviés à partir d'une plateforme bitumée et étanche à une profondeur d'environ 2000m. Ces 2 forages seront reliés à la future centrale géothermique et aux pompes à chaleur par l'intermédiaire d'une boucle géothermale. Le bâtiment géothermique abritera également au R+1 une chaufferie gaz pour assurer l'appoint du réseau en cas de forte consommation.

Actuellement le site est occupé par des bâtiments qui devront être démolis en amont des travaux de forage.

Le projet s'inscrit dans un spectre plus large de réhabilitation du site par la ville du Kremlin-Bicêtre.

#### 4.2 Objectifs du projet

Ce projet correspond à la réalisation d'une installation géothermique sur la ville du Kremlin-Bicêtre avec une exportation de chaleur possible vers les communes voisines.

Pour cela, l'objectif est de capter l'aquifère du Dogger en profondeur pour exploiter la chaleur issue de l'eau géothermale. La température de la nappe dans cette zone est estimée à 65°C (température estimée en fond de puits) et le débit de pompage maximal sera de 300 m<sup>3</sup>/h.

L'exploitation de cette nappe géothermale permettra d'alimenter en chaleur le futur réseau de la ville et de certaines communes limitrophes.

Par ailleurs, la géothermie va se substituer en partie aux solutions gaz existantes, ce qui diminuera considérablement l'impact environnemental du réseau et réduira les gaz à effet de serre. Après étude préalable, il apparaît que le projet permettrait de sauver 19 477 tCO<sub>2</sub>/an. Le taux de couverture EnR&R du projet est estimé à environ 70%.

## 4.3 Décrivez sommairement le projet

### 4.3.1 Dans sa phase travaux

#### Travaux sous-sol :

En amont des travaux de forage, une plateforme d'environ 6000m<sup>2</sup> sera construite afin d'accueillir l'appareil de forage. Deux puits déviés seront forés en plusieurs phases qui permettront d'assurer la stabilité du puits et à préserver les différents horizons géologiques traversés. Une fois la cible atteinte en profondeur, des tests seront effectués afin d'évaluer la production de l'installation géothermique (utilisation d'une tour aéroréfrigérante pour refroidir l'eau géothermale). Les travaux de forage dureront trois mois en continu 24h/24h, 7j/7 pour limiter l'intervention dans le temps et protéger les aquifères sensibles.

Les travaux de surface comprennent : la démolition des installations existantes qui occupent actuellement le site de la future plateforme, la construction de la centrale géothermique et de la chaufferie gaz au R+1 de ce même bâtiment sous réserve d'étude de MOA et MOE à lancer par le futur délégataire, le réseau de chaleur, la fourniture et l'installation des équipements hydrauliques, thermiques et électriques nécessaires à la mise en place de la centrale géothermique, la réhabilitation du site après les travaux.

Les travaux du futur réseau de chaleur ne nécessitent pas d'abattre des arbres. Les canalisations sont posées sous voirie au-dessous des voies de circulation en accord avec la ville. Les différentes étapes des travaux du réseau de chaleur sont : installation du chantier, piquetage des réseaux concessionnaires, sondages d'investigation, réalisation des tranchées (blindage et lit de pose), mise en place des canalisations, création des regards et du support technique, essais d'étanchéité et contrôles, raccordement au réseau, remblayage et compactage, nettoyage et établissement du DOE.

### 4.3.2 Dans sa phase d'exploitation et de démantèlement

Après les travaux de forages, une surface de maintenance autour des deux ouvrages sera conservée afin d'effectuer l'entretien des puits. La centrale permettra d'alimenter en chaleur le futur réseau par la géothermie. Le deuxième étage abritera une chaufferie gaz pour assurer l'appoint en période de forte consommation.

Un suivi technique de l'installation et de ses équipements est prévu afin de garantir leur bon fonctionnement. S'il est décidé d'arrêter l'exploitation du doublet, les puits seront abandonnés dans les règles de l'art. Après diagnostic et remédiation éventuelle des cimentations à l'extrados des cuvelages, les injections suivantes seront réalisées: des bouchons de ciment d'une hauteur minimale de 50 mètres entre les différents niveaux perméables à débit potentiel et un bouchon de ciment couvrant la série tertiaire jusqu'à environ 20 mètres de la surface.

L'abandon ultérieur de la plateforme fera l'objet d'une remise en état conformément à l'état initial. Cette remise en état s'accompagnera : du retrait des équipements d'exploitation, du dégroutage éventuel du bitume, du remodelage et de la végétalisation des terrains.

## 4.4 À quelle(s) procédure(s) administrative(s) d'autorisation le projet a-t-il été ou sera-t-il soumis ?

① La décision de l'autorité chargée de l'examen au cas par cas devra être jointe au(x) dossier(s) d'autorisation(s).

Le projet sera soumis à une demande d'autorisation de recherche de gîte géothermique et une demande d'ouverture de travaux miniers. Dans un second temps, une demande de permis d'exploitation sera également demandée.

#### 4.5 Dimensions et caractéristiques du projet et superficie globale de l'opération - préciser les unités de mesure utilisées

Grandeurs caractéristiques du projet	Valeurs
L'emprise de la surface des travaux	6000m <sup>2</sup>
L'emprise de la surface de maintenance	1600m <sup>2</sup>
L'emprise de la future centrale géothermique	800m <sup>2</sup>
La longueur du réseau de chaleur total en fonction des différents raccordements possibles	entre 9.7 km <sup>2</sup> et 14.3 km

#### 4.6 Localisation du projet

##### Adresse et commune d'implantation

Numéro :  Voie :

Lieu-dit :

Localité :

Code postal :  BP :    Cedex :

##### Coordonnées géographiques<sup>[1]</sup>

Long. :  °  ,  "  Lat. :  °  ,  "

Pour les catégories 5° a), 6° a), b) et c), 7°a), 9°a), 10°,11°a) b),12°,13°, 22°, 32°, 33°, 34°, 35°, 36°, 37°, 38°, 43° a), b) de l'annexe à l'article R. 122-2 du code de l'environnement

Point de départ : Long. :  °  ,  "  Lat. :  °  ,  "

Point de d'arrivée : Long. :  °  ,  "  Lat. :  °  ,  "

##### Communes traversées :

Le Kremlin-Bicêtre, Villejuif, Arcueil, Ivry-sur-Seine et Vitry-sur-Seine. Le tracé du futur réseau est disponible en annexe 8 (les coordonnées les plus au NE et au SO ont été renseignées ci-dessus)

Précisez le document d'urbanisme en vigueur et les zonages auxquels le projet est soumis :

PLU des villes traversées par le projet, la plateforme de forage est soumise au zonage UIL dans le PLU du Kremlin-Bicêtre.

 Joignez à votre demande les annexes n°2 à 6.

#### 4.7 S'agit-il d'une modification/extension d'une installation ou d'un ouvrage existant ?

Oui  Non

4.7.1 Si oui, cette installation ou cet ouvrage avait-il fait l'objet d'une évaluation environnementale ?

Oui  Non

[1] Pour l'outre-mer, voir notice explicative.

4.7.2 Si oui, décrivez sommairement les différentes composantes de votre projet et indiquez à quelle date il a été autorisé ? En cas de modification du projet, préciser les caractéristiques du projet « avant /après ».

## 5 Sensibilité environnementale de la zone d'implantation envisagée

① Afin de réunir les informations nécessaires pour remplir le tableau ci-dessous, vous pouvez vous rapprocher des services instructeurs, et vous référer notamment à l'outil de cartographie interactive Géo-IDE, disponible sur le site de chaque direction régionale.

Le site Internet du ministère de l'environnement vous propose, dans la rubrique concernant la demande de cas par cas, la liste des sites internet où trouver les données environnementales par région utiles pour remplir le formulaire.

Le projet se situe-t-il :	Oui	Non	Lequel/Laquelle ?
Dans une zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique de type I ou II (ZNIEFF) ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
En zone de montagne ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Dans une zone couverte par un arrêté de protection de biotope ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sur le territoire d'une commune littorale ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Dans un parc national, un parc naturel marin, une réserve naturelle (nationale ou régionale), une zone de conservation halieutique ou un parc naturel régional ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Le projet se situe-t-il :	Oui	Non	Lequel/Laquelle ?
Sur un territoire couvert par un plan de prévention du bruit, arrêté ou le cas échéant, en cours d'élaboration ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Plan de prévention du bruit dans l'environnement du département du Val-de-Marne (PPBE 2019-2023).
Dans un bien inscrit au patrimoine mondial ou sa zone tampon, un monument historique ou ses abords ou un site patrimonial remarquable ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Dans une zone humide ayant fait l'objet d'une délimitation ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Dans une commune couverte par un plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN) ou par un plan de prévention des risques technologiques (PPRT) ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Plan de Prévention des risques naturels des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols Le projet est localisé en zone B3 - zone verte faiblement exposée
Si oui, est-il prescrit ou approuvé ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Plan approuvé
Dans un site ou sur des sols pollués ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Absence de site BASOL au droit de la plateforme (1 site à proximité) Sites BASIAS au droit de la plateforme
Dans une zone de répartition des eaux ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Dans un périmètre de protection rapprochée d'un captage d'eau destiné à la consommation humaine ou d'eau minérale naturelle ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Dans un site inscrit ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Le projet se situe-t-il dans ou à proximité :	Oui	Non	Lequel et à quelle distance ?
D'un site Natura 2000 ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
D'un site classé ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

## 6 Caractéristiques de l'impact potentiel du projet sur l'environnement et la santé humaine au vu des informations disponibles

### 6.1 Le projet est-il susceptible d'avoir les incidences notables suivantes ?

Veillez compléter le tableau suivant :

Incidences potentielles		Oui	Non	De quelle nature ? De quelle importance ? Appréciez sommairement l'impact potentiel
<b>Ressources</b>	Engendre-t-il des prélèvements d'eau ? Si oui, dans quel milieu ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Impliquera-t-il des drainages/ou des modifications prévisibles des masses d'eau souterraines ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	La ressource valorisée correspond à l'eau géothermale du Dogger. Cette eau souterraine est amenée en surface où elle passe par un échangeur thermique. Elle est ensuite réinjectée dans son aquifère d'origine. Le système fonctionne en boucle fermée mais engendre un mouvement des masses d'eaux souterraines.
	Est-il excédentaire en matériaux ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Les boues de forage seront traitées en continu avec séparation des fractions solides et liquides. La fraction solide est évacuée vers une filière agréée.
	Est-il déficitaire en matériaux ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Les travaux de construction du réseau de chaleur et de la centrale nécessiteront un apport extérieur de matériaux.
	Si oui, utilise-t-il les ressources naturelles du sol ou du sous-sol ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Incidences potentielles		Oui	Non	De quelle nature ? De quelle importance ? Appréiez sommairement l'impact potentiel
Ressources	Est-il en adéquation avec les ressources disponibles, les équipements d'alimentation en eau potable/ assainissement ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Le chantier sera alimenté en eau par le biais du réseau AEP public.  Une convention de rejet temporaire sera établie avec l'organisme en charge des réseaux EP et EU comme c'est le cas pour les autres projets de géothermie en région parisienne.
Milieu naturel	Est-il susceptible d'entraîner des perturbations, des dégradations, des destructions de la biodiversité existante : faune, flore, habitats, continuités écologiques ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Aucune zone à enjeux n'est présente au droit du site de forage : absence de ZNIEFF, Natura 2000, ENS, EBC, parcs nationaux, PNR, RNN, RNR, APPB, ZICO...) La flore est inexistante sur le site de forage. Le lieu est a priori peu propice au développement d'une faune protégée.
	Si le projet est situé dans ou à proximité d'un site Natura 2000, est-il susceptible d'avoir un impact sur un habitat / une espèce inscrit(e) au Formulaire Standard de Données du site ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il la consommation d'espaces naturels, agricoles, forestiers, maritimes ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Risques	Est-il concerné par des risques technologiques ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Est-il concerné par des risques naturels ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Le projet est concernée par le PPRNmt du département du Val-de-Marne.  Néanmoins la zone de forage est classée en zone verte à exposition limitée. Aucune carrière n'est recensé au droit du projet.
	Engendre-t-il des risques sanitaires ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L'utilisation des TAR implique un risque lié à la légionellose. Des émanations d'H <sub>2</sub> S sont possibles lors des test. Les risques sont appréhendés et les mesures de protection nécessaires appliquées
	Est-il concerné par des risques sanitaires ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Incidences potentielles		Oui	Non	De quelle nature ? De quelle importance ? Appréciez sommairement l'impact potentiel
Nuisances	Engendre-t-il des déplacements/des trafics ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Les travaux de forage engendrent une circulation quotidienne d'environ 2 camions pendant les trois mois de travaux.  Lors de l'arrivée et du départ de l'appareil de forage, environ 50 poids lourds seront mobilisés.
	Est-il source de bruit ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Le projet est émetteur de bruit par le fonctionnement d'un chantier de forage (foreuse, pompes, génératrices éventuelles, circulation de camions).
	Est-il concerné par des nuisances sonores ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Le projet s'inscrit dans un environnement sonore bruyant.
	Engendre-t-il des odeurs ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L'odeur dégagée par l'eau du Dogger pourra être ressentie très localement. Elle sera limitée dans le temps (phases de tests et entretien des puits).
	Est-il concerné par des nuisances olfactives ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il des vibrations ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L'appareil de forage engendre des vibrations locales au cours de la foration.
	Est-il concerné par des vibrations ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il des émissions lumineuses ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Le projet engendre des émissions lumineuses limitées à la plateforme de forage le temps du chantier.
	Est-il concerné par des émissions lumineuses ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Le projet est localisé en zone urbaine, dans un environnement où la pollution lumineuse est importante.
	Émissions	Engendre-t-il des rejets dans l'air ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Engendre-t-il des rejets liquides ?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Eaux de ruissellement de la plateforme (dépend de la pluviométrie), Eaux de déshydratation des boues (environ 40 m3/j)
Si oui, dans quel milieu ?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ces rejets s'écouleront dans le réseau assainissement public (EP ou EU) après établissement d'une convention de rejet avec le gestionnaire du réseau.

Incidences potentielles		Oui	Non	De quelle nature ? De quelle importance ? Appréciez sommairement l'impact potentiel
Émissions	Engendre-t-il des effluents ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L'eau issue des phases de test des puits (4 à 5 jours par ouvrage pour maximum 1000m <sup>3</sup> /j). Ces eaux seront envoyées dans le réseau EU le plus proche après établissement d'une convention de rejet avec le gestionnaire du réseau.
	Engendre-t-il la production de déchets non dangereux, inertes, dangereux ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Le projet produit des déblais issus des boues de forages. Ces boues seront envoyées dans un centre de traitement agréé tous les jours.
Patrimoine/Cadre de vie/Population	Est-il susceptible de porter atteinte au patrimoine architectural, culturel, archéologique et paysager ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Le projet est localisé en dehors d'un périmètre de protection architectural, culturel, archéologique. L'impact visuel en phase travaux sera limité à la présence d'un mat de forage de 50m et d'une surface bitumée d'environ 6000m <sup>2</sup> . La construction de la centrale et des éventuelles chaufferies auront un impact sur le paysage mais seront intégrés à l'environnement urbain.
	Engendre-t-il des modifications sur les activités humaines (agriculture, sylviculture, urbanisme, aménagements), notamment l'usage du sol ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Les bâtiments qui occupent actuellement le site seront démolis pour accueillir les futurs ouvrages de géothermie. De plus, une centrale géothermique sera construite à proximité.

## 6.2 Les incidences du projet identifiées au 6.1 sont-elles susceptibles d'être cumulées avec d'autres projets existants ou approuvés ?

Oui  Non

Si oui, décrivez lesquelles :

Les projets de géothermies les plus proches sont ceux d'Ivry-sur-Seine, Villejuif et Arcueil-Gentilly. Le permis d'exploitation envisagé dans le cadre du projet du Kremlin-Bicêtre a été pensé de manière à ce que son impact soit le plus faible possible.

Les impacts sur ces projets peuvent être thermiques et hydrauliques. Une modélisation est en cours de réalisation pour évaluer ces impacts.

### 6.3 Les incidences du projet identifiées au 6.1 sont-elles susceptibles d'avoir des effets de nature transfrontière ?

Oui  Non

Si oui, décrivez lesquelles :

### 6.4 Description des principaux résultats disponibles issus des évaluations pertinentes des incidences sur l'environnement requises au titre d'autres législations applicables

Le projet est localisé en dehors des zones bruyantes identifiées par le Plan de Prévention du Bruit du département du Val-de-Marne.

Le projet est concernée par le Plan Prévention des Risques Naturels mouvements de terrain du département du Val-de-Marne. La zone de forage est classée en zone verte à exposition limitée.

### 6.5 Description, le cas échéant, des mesures et caractéristiques du projet susceptibles d'être retenues ou mises en œuvre pour éviter ou réduire les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine (en y incluant les scénarios alternatifs éventuellement étudiés) et permettant de s'assurer de l'absence d'impacts résiduels notables. Il convient de préciser et de détailler ces mesures (type de mesures, contenu, mise en œuvre, suivi, durée).

Un raccordement de l'appareil de forage à un transformateur électrique permettra d'éviter des rejets de gaz à effet de serre dans l'air. Ce raccordement permettrait de limiter l'émission d'environ 1200 tonnes de CO2 dans l'air.

En amont des travaux de forage, des diagnostics pollution et géotechnique viendront évaluer l'état des terrains.

Le respect des règles de l'art dans le cadre des travaux de forages permettra d'éviter tout risque de pollution des eaux superficielles, profondes, du sol et du sous-sol. Ces mesures sont les suivantes :

- Double tubage pour protéger les aquifères sensibles au regard de l'exploitation pour la consommation humaine
- Plateforme étanche et bitumée qui empêche les infiltrations dans le sol
- Utilisation de boue à eau au cours des travaux de forage
- Suivi réglementaire de contrôle pour garantir l'étanchéité des ouvrages et de la qualité de la ressource.

Afin de limiter l'émergence du bruit en phase travaux, des réductions acoustiques seront mises en place sur les éléments bruyants : capitonnage des pompes et des génératrices. Des murs antibruit seront positionnés afin de limiter l'impact du bruit en phase chantier. Une communication spécifique sera réalisée auprès des riverains pour les sensibiliser au bruit des travaux.

Concernant les nuisances olfactives, une communication sera également réalisée auprès du personnel concerné. Sur le chantier, le personnel portera en permanence un détecteur H2S.

La construction de la centrale géothermique et des éventuelles chaufferies d'appoint/secours seront pensées de manière à garantir leur insertion dans le paysage local et en respectant les normes d'urbanisme en vigueur.

## 7 Auto-évaluation (facultatif)

① Au regard du formulaire rempli, estimez-vous qu'il est nécessaire que votre projet fasse l'objet d'une évaluation environnementale ou qu'il devrait en être dispensé ? Expliquez pourquoi.

Au regard de l'analyse de l'état initial de l'environnement il apparaît que le projet :

- N'est pas soumis à un environnement climatique extrême ;
- Est localisé en dehors de zones naturelles ;
- Est en dehors de périmètres de protections aux abords de monuments historiques, sites classés et inscrits sites remarquables ;
- Est localisé dans le bassin de Paris, bien connu pour l'exploration et l'exploitation de la géothermie.

Pour ces raisons, il n'apparaît pas nécessaire que le projet fasse l'objet d'une évaluation environnementale.

## 8 Annexes

### 8.1 Annexes obligatoires

Objet		
1	Document CERFA n°14734 intitulé « informations nominatives relatives au maître d'ouvrage ou pétitionnaire » - <b>non publié.</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Si le projet fait l'objet d'un examen au cas par cas dans le cadre du dispositif prévu aux I et II de l'article R.122-2-1 du code de l'environnement (clause filet), la décision administrative soumettant le projet au cas par cas.	<input type="checkbox"/>
3	Un plan de situation au 1/25 000 ou, à défaut, à une échelle comprise entre 1/16 000 et 1/64 000 (il peut s'agir d'extraits cartographiques du document d'urbanisme s'il existe).	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Au minimum, 2 photographies datées de la zone d'implantation, avec une localisation cartographique des prises de vue, l'une devant permettre de situer le projet dans l'environnement proche et l'autre de le situer dans le paysage lointain.	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Un plan du projet ou, pour les travaux, ouvrages ou aménagements visés aux catégories 5° a), 6°a), b) et c), 7°a), 9°a), 10°, 11°a), b), 12°, 13°, 22°, 32°, 33°, 34°, 35°, 36, 37°, 38°, 43° a) et b) de l'annexe à l'article R. 122-2 du code de l'environnement un projet de tracé ou une enveloppe de tracé	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Sauf pour les travaux, ouvrages ou aménagements visés aux 5° a), 6°a), b) et c), 7° a), 9°a), 10°, 11°a), b), 12°, 13°, 22°, 32°, 33°, 34°, 35°, 36, 37°, 38°, 43° a) et b) de l'annexe à l'article R. 122-2 du code de l'environnement : plan des abords du projet (100 mètres au minimum) pouvant prendre la forme de photos aériennes datées et complétées si nécessaire selon les évolutions récentes, à une échelle comprise entre 1/2 000 et 1/5 000. Ce plan devra préciser l'affectation des constructions et terrains avoisinants ainsi que les canaux, plans d'eau et cours d'eau	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Si le projet est situé dans un site Natura 2000, un plan de situation détaillé du projet par rapport à ce site. Dans les autres cas, une carte permettant de localiser le projet par rapport aux sites Natura 2000 sur lesquels le projet est susceptible d'avoir des effets.	<input checked="" type="checkbox"/>

## 8.2 Autres annexes volontairement transmises par le maître d'ouvrage ou pétitionnaire

(i) Veuillez compléter le tableau ci-joint en indiquant les annexes jointes au présent formulaire d'évaluation, ainsi que les parties auxquelles elles se rattachent.

Objet		
1	Tracé du futur réseau de chaleur - Scénario 1	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Tracé du futur réseau de chaleur - Scénario 2	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Etude de faisabilité	<input checked="" type="checkbox"/>
4		<input type="checkbox"/>
5		<input type="checkbox"/>

## 9 Engagement et signature

Je certifie sur l'honneur avoir pris en compte les principaux résultats disponibles issus des évaluations pertinentes des incidences sur l'environnement requises au titre d'autres législations applicables

Je certifie sur l'honneur l'exactitude des renseignements ci-dessus

Nom MARTIN

Prénom Jacques JP

Qualité du signataire Président

À Paris

Fait le 2 9 / 0 5 / 2 0 2 4

Paris, le  
Le 29 mai 2024  
Le Président



Jacques J.P. MARTIN  
Maire de Nogent-sur-Marne  
1er Vice-Président du Territoire Paris Est Marne & Bois

Signature du (des) demandeur(s)



# Projet de géothermie au Dogger du Kremlin-Bicêtre (94)

Réalisation d'un doublet géothermique au Dogger pour le projet du Kremlin-Bicêtre (94)

*Demande d'examen au cas par cas préalable à la réalisation éventuelle d'une évaluation environnementale (cerfa n°14734\*04)*



# Annexes



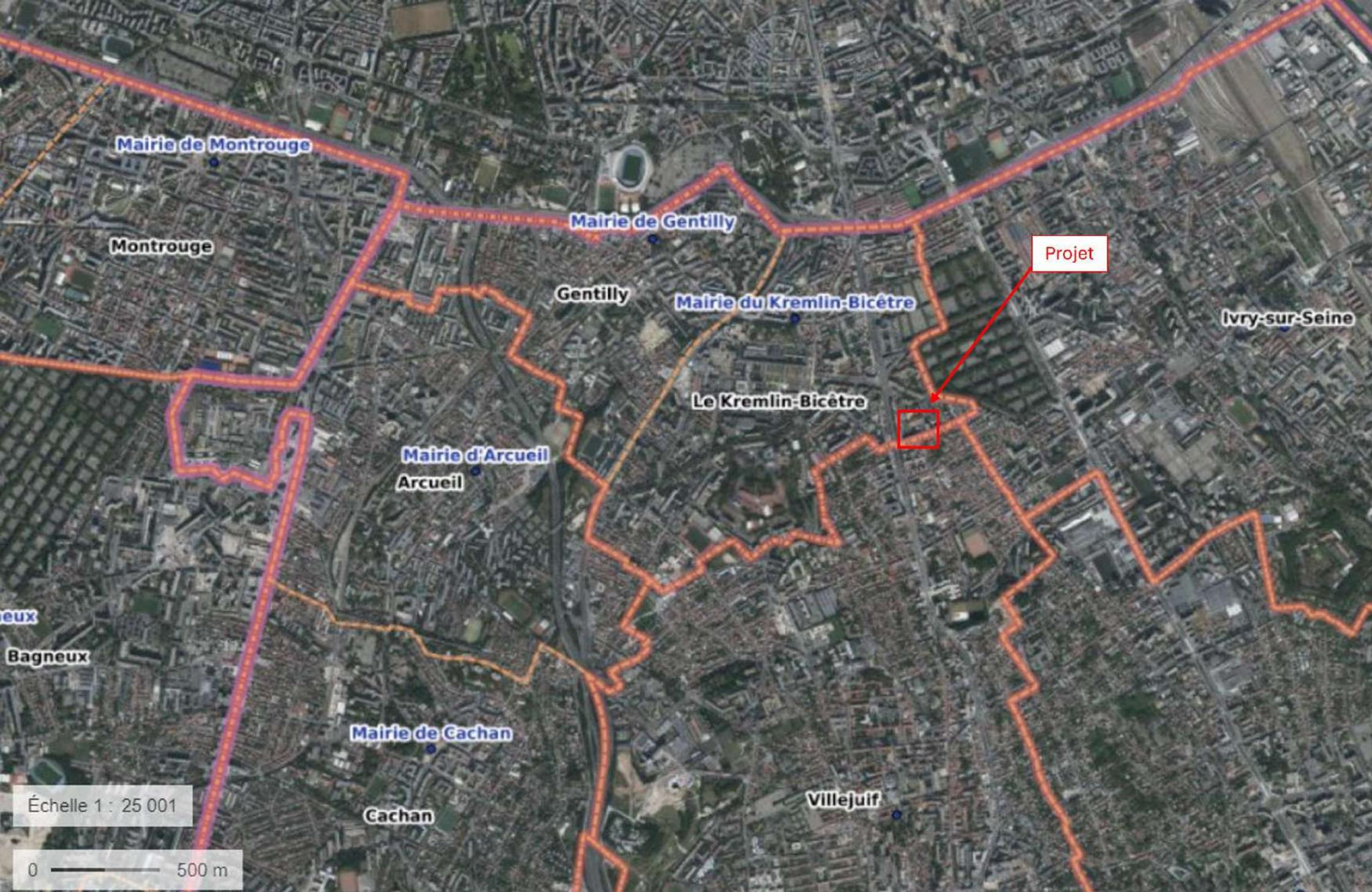
---

## Annexe 2 : Sans Objet



---

## Annexe 3 : Plan de situation au 1/25 000



Mairie de Montrouge

Montrouge

Mairie de Gentilly

Gentilly

Mairie du Kremlin-Bicêtre

Le Kremlin-Bicêtre

Projet

Ivry-sur-Seine

Mairie d'Arcueil  
Arcueil

Bagneux

Mairie de Cachan

Cachan

Villejuif

Échelle 1 : 25 001

0 ————— 500 m



---

## Annexe 4 : Photographies de la zone d'implantation









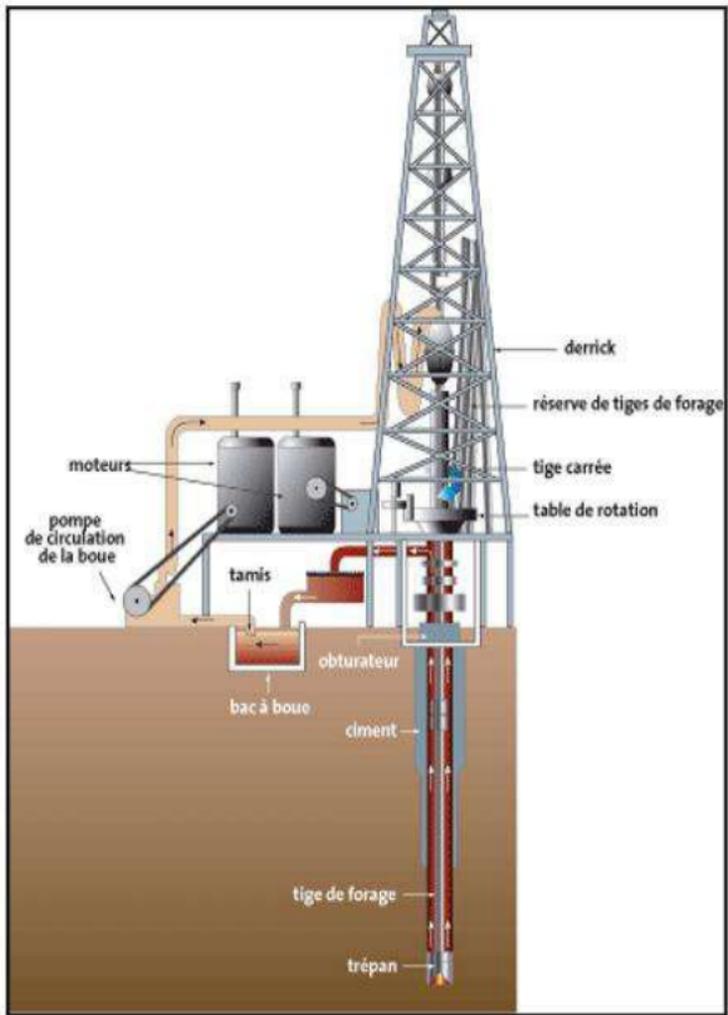
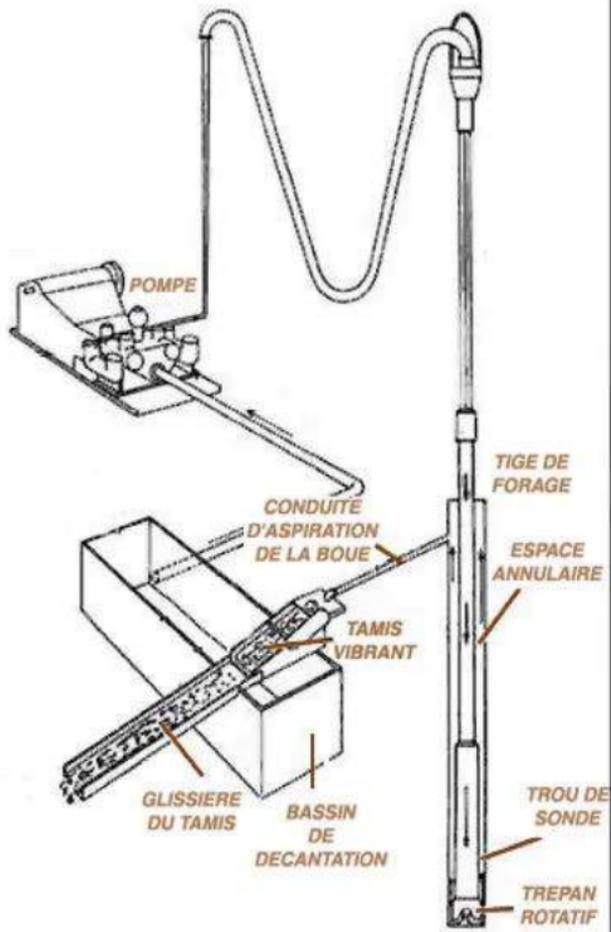
Rue Lech Wasch



---

## Annexe 5 : Plan du projet











---

## Annexe 6 : Plan aux abords du projet





---

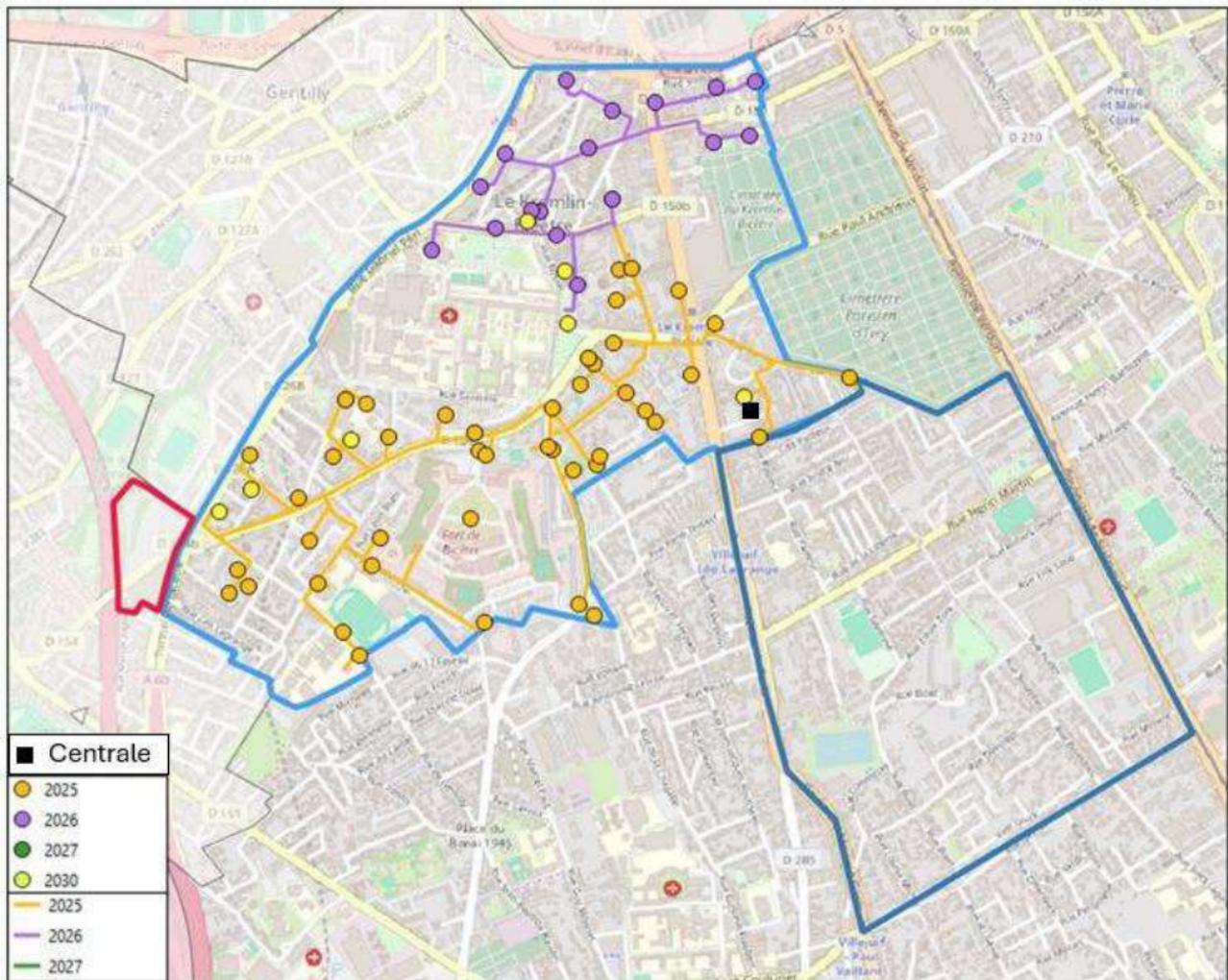
## Annexe 7 : Localisation du projet par rapport aux zones Natura 2000



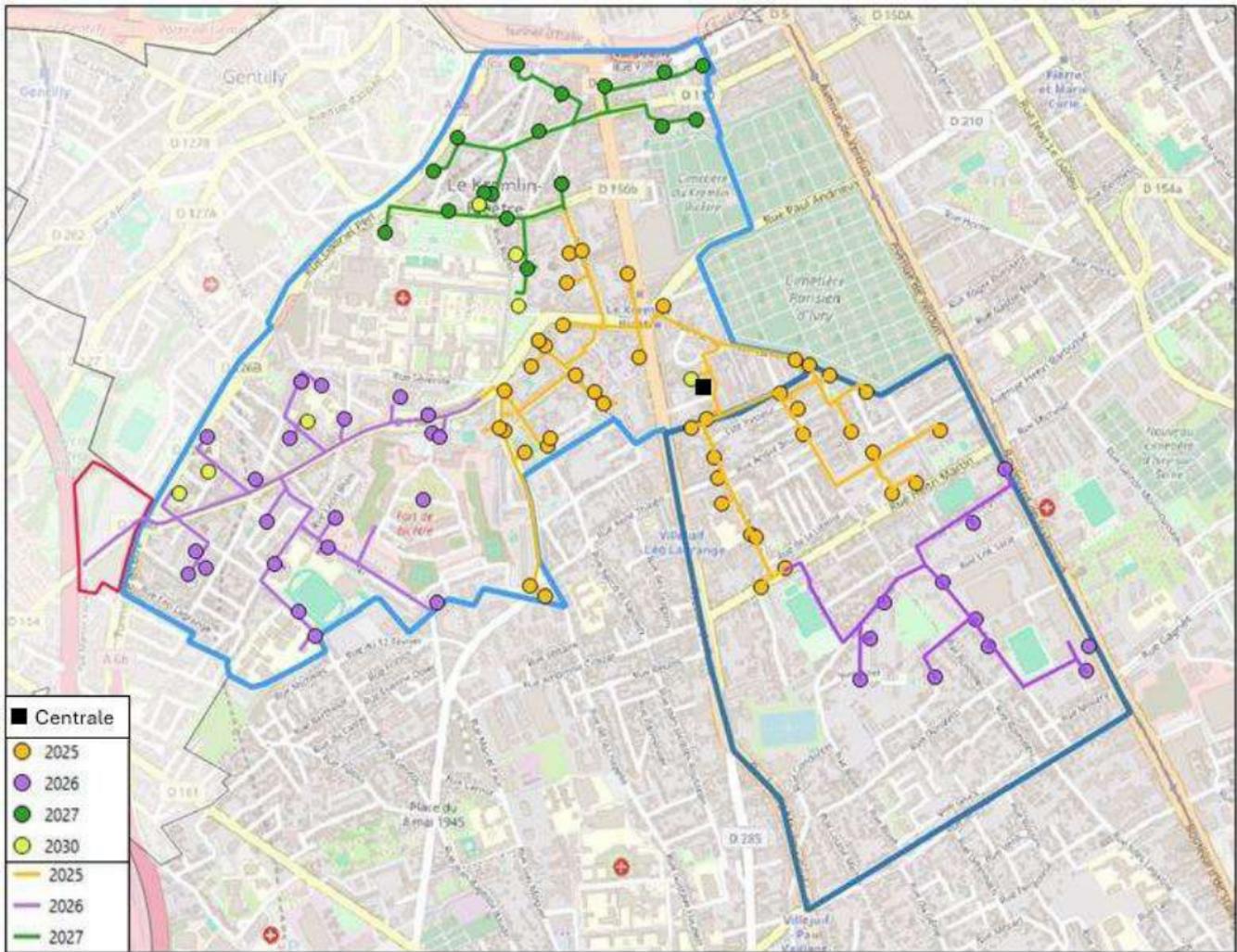
Sites de Seine-Saint-Denis

Projet

## Annexe 8.1 : Tracé du futur réseau de chaleur – Scenario 1



## Annexe 8.2 : Tracé du futur réseau de chaleur – Scenario 2





---

## Annexe 8.3 : Etude de faisabilité



Pôle Territoires

Rapport technique

22/03/2023

# Etude de faisabilité d'un réseau de chaleur sur la ville du Kremlin-Bicêtre (94)



# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>SYNTHESE DU DOCUMENT .....</b>	<b>8</b>
1.1	SYNTHESE TECHNIQUE DU PROJET ENVISAGE.....	9
1.2	SYNTHESE FINANCIERE DU PROJET ENVISAGE .....	10
<b>2</b>	<b>RENSEIGNEMENTS GENERAUX RELATIFS A L'ETUDE .....</b>	<b>12</b>
2.1	PRESENTATION DU COMITE DE SUIVI .....	12
2.2	LES INTERVENANTS OPERATIONNELS DE L'ETUDE .....	12
2.2.1	Maître d'Ouvrage .....	12
2.2.2	Assistant à Maîtrise d'ouvrage.....	13
2.2.3	Assistant à Maîtrise d'ouvrage sous-sol .....	13
2.3	METHODOLOGIE DE L'ETUDE .....	14
<b>3</b>	<b>POTENTIEL DES SOURCES D'ENR&amp;R DU TERRITOIRE .....</b>	<b>16</b>
3.1	DEMARCHE ENR'CHOIX .....	16
3.2	POSSIBILITES DE MUTUALISATION .....	18
3.2.1	Réseaux de chaleur à proximité .....	18
3.3	RECUPERATION DE CHALEUR FATALE .....	20
3.3.1	Usines d'Incinération des Déchets Non Dangereux (UIDND) .....	21
3.3.2	Datacenters .....	22
3.3.3	Eaux usées .....	23
3.3.4	Autres industries .....	24
3.4	RESSOURCE GEOTHERMALE .....	25
3.4.1	Présentation générale.....	25
3.4.2	Introduction à la géothermie basse énergie .....	26
3.4.3	Contexte géologique régional .....	29
3.4.4	Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du réservoir du Dogger.....	31
3.4.5	Principe du forage pétrolier .....	36
3.4.6	Architectures de puits.....	40
3.4.7	Débits exploitables selon plusieurs scénarii de transmissivité .....	45
3.4.8	Conclusions sur la ressource géothermale .....	49
3.5	SOLAIRE THERMIQUE .....	50
3.6	BIOMASSE .....	50
3.6.1	Méthanisation puis combustion de biogaz.....	50
3.6.2	Combustion directe de plaquettes de bois .....	50
3.7	CONCLUSION SUR LES GISEMENTS D'ENR&R .....	52
<b>4</b>	<b>RECENSEMENT PATRIMONIAL .....</b>	<b>54</b>
4.1	METHODE .....	54
4.2	TERRITOIRE DU PATRIMOINE RECENSE .....	55
4.3	CARTE DES BESOINS EN CHALEUR COLLECTIVE .....	56
4.3.1	Périmètre du Kremlin-Bicêtre .....	56

4.3.2	Potentiel complémentaire hors périmètre .....	58
<b>5</b>	<b>ETUDE DE FAISABILITE DU RESEAU DE CHALEUR .....</b>	<b>62</b>
<b>5.1</b>	<b>POTENTIELS ABONNES AU RESEAU .....</b>	<b>62</b>
5.1.1	Abonnés potentiels et besoins énergétiques .....	62
5.1.2	Puissance appelée et puissance souscrite .....	72
5.1.3	Sous stations à raccorder au réseau .....	73
<b>5.2</b>	<b>TRACE DU RESEAU DE CHALEUR .....</b>	<b>74</b>
5.2.1	Tracé du réseau .....	74
5.2.2	Technologie .....	78
5.2.3	Points de vigilance .....	78
<b>5.3</b>	<b>PRODUCTION DE CHALEUR .....</b>	<b>79</b>
5.3.1	À partir de la ressource géothermale .....	79
<b>5.4</b>	<b>BILAN ENERGETIQUE DE PRODUCTION .....</b>	<b>92</b>
5.4.1	Scénario 1 : Kremlin-Bicêtre et export prévisionnel .....	92
5.4.2	Scénario 2 : projet intercommunal .....	95
<b>5.5</b>	<b>BILAN ENVIRONNEMENTAL DU PROJET .....</b>	<b>97</b>
<b>6</b>	<b>ETUDE ECONOMIQUE DU RESEAU DE CHALEUR .....</b>	<b>100</b>
<b>6.1</b>	<b>PRIX DE CHALEUR CIBLE .....</b>	<b>100</b>
<b>6.2</b>	<b>INVESTISSEMENTS DE PREMIER ETABLISSEMENT .....</b>	<b>101</b>
6.2.1	Investissement moyen de production EnR&R .....	101
6.2.2	Appoint et secours .....	101
6.2.3	Réseau de chaleur et postes de livraison .....	102
6.2.4	Total des investissements .....	103
<b>6.3</b>	<b>COUTS D'EXPLOITATION .....</b>	<b>103</b>
6.3.1	Durée du projet .....	103
6.3.2	Charges énergies primaires P1 .....	103
6.3.3	Charges de conduite et d'entretien courant P2 .....	104
6.3.4	Charges de gros entretien et de renouvellement P3 .....	105
<b>6.4</b>	<b>MECANISMES DE FINANCEMENT MOBILISABLES .....</b>	<b>106</b>
6.4.1	Le Fonds chaleur .....	106
6.4.2	Estimation du montant des aides au projet du Kremlin-Bicêtre .....	107
<b>6.5</b>	<b>SYNTHESE TECHNICO-ECONOMIQUE .....</b>	<b>108</b>
6.5.1	Sensibilité aux subventions .....	109
<b>7</b>	<b>GOVERNANCE DU PROJET .....</b>	<b>109</b>
<b>7.1</b>	<b>MODES DE GESTION POSSIBLES .....</b>	<b>109</b>
<b>7.2</b>	<b>CHOIX DE GOUVERNANCE .....</b>	<b>110</b>
7.2.1	Concessions de service public .....	110
7.2.2	Focus sur la Société Locale de Production d'Energie .....	112
7.2.3	Modes de portage associés aux différents scénarios .....	113
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>116</b>
<b>9</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>117</b>

Annexe 1 : Tableau des prospects .....	117
Annexe 2 : Cartographie du réseau .....	117
Anexe 3.1 : Plan d'affaire Scénario 1.....	117
Anexe 3.2 : Plan d'affaire Scénario 2.....	117
<b>10 GLOSSAIRE.....</b>	<b>118</b>

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 - La démarche EnR'Choix (Source : Ademe) .....	17
Figure 2 - Plan de situation des réseaux de chaleur à proximité (Source : France Chaleur Urbaine) .	18
Figure 3 - Modalités de valorisation de chaleur fatale.....	20
Figure 4 - Caractéristique des différents types de chaleur fatale et classification. Source : Ademe. .	21
Figure 5 - Carte des UIDND en Ile-de-France 2019 (Source : Institut Paris Région).....	22
Figure 6 : Carte des Datacenters autours du Kremlin-Bicêtre .....	23
Figure 7 - Différents type de géothermie. Sources : Ademe et BRGM .....	25
Figure 8 – Principe de fonctionnement d’un doublet géothermique (source : ADEME/BRGM) .....	26
Figure 9 – Nombre de doublets au Dogger mis en service depuis 1969 (Source : BRGM) .....	27
Figure 10 – Doublets géothermiques au Dogger en Île-de-France (source : BRGM) .....	28
Figure 11 – Géologie simplifiée du bassin parisien (Source : Demars, 1994) .....	29
Figure 12 – Coupe géologique du bassin parisien – Localisation des aquifères (Source : ADEME BRGM) .....	30
Figure 13– Exploitabilité géothermique du Dogger en Île-de-France .....	31
Figure 14 – Carte de l’altimétrie du toit du Dogger dans le secteur d’étude.....	33
Figure 15 – Carte de la température du Dogger dans le secteur d'étude.....	34
Figure 16 – Carte de la transmissivité du Dogger dans le secteur d'étude .....	35
Figure 17 – Schémas de principe d’un forage de type pétrolier (Source : Ademe/BRGM) .....	37
Figure 18 – Exemples d’ateliers de forages géothermiques (Source : ADEME/BRGM) .....	38
Figure 19 – Principe de cimentation d’un tubage (Source : BRGM).....	39
Figure 20 – Ebauche de trajectoire nominale prévisionnelle du puits de production GKB1 .....	41
Figure 21 – Ebauche de coupe technique prévisionnelle du puits de production GKB1 .....	42
Figure 22 – Ebauche de trajectoire nominale prévisionnelle du puits d’injection GKB2.....	43
Figure 23 – Ebauche de coupe technique prévisionnelle du puits d’injection GKB2.....	44
Figure 24 – Performances prévisionnelles du forage de production – 10 D.m.....	45
Figure 25 – Performances prévisionnelles du forage de production – 22,5 D.m.....	46
Figure 26 – Performances prévisionnelles du forage d’injection – 17,5 D.m .....	48
Figure 27 - Carte des producteurs de bois énergie .....	52
Figure 28 – Espaces urbains et secteurs d’équipements du Kremlin-Bicêtre .....	55
Figure 29 : Plan du réseau CPCU alimentant l'Hôpital .....	56
Figure 30 - Carte de chaleur du territoire .....	57
Figure 31 - Besoins en chaleur collective du territoire (en MWh utile) .....	58
Figure 32 : Prospects Paris XIII .....	59

Figure 33 : Localisation du projet ECOTONE - Arcueil .....	60
Figure 34: Prospection villes voisines du Kremlin-Bicêtre.....	61
Figure 35 - Répartition des consommations par typologie de maître d'ouvrage - scénario 1.....	71
Figure 36 - Répartition des consommations par villes - scénario 2 .....	72
Figure 37 - Tracé prévisionnel du réseau de chaleur, scénario 1 avec export non défini.....	75
Figure 38 - Tracé prévisionnel du réseau de chaleur, scénario 2.....	76
Figure 39 : Modélisation TERMIS du réseau de chaleur.....	77
Figure 40 - Schéma de principe en coupe d'une canalisation en acier pré isolé .....	78
Figure 41 – Appareil de forage .....	79
Figure 43 – Trépan.....	79
Figure 42 – Émergence des caves abritant les têtes de puits .....	79
Figure 44 – Emplacement des permis d'exploitation existants au Dogger et projet de permis d'exploitation pour le projet du Kremlin-Bicêtre.....	80
Figure 45 – Position des deux terrains plus largement étudiés pour le projet du Kremlin-Bicêtre....	80
Figure 46 : Zone d'implantation d'une plateforme de forage potentielle .....	85
Figure 47 – Exemple d'implantation partielle en phase travaux .....	86
Figure 48 – Aléas carrières sur la commune du Kremlin-Bicêtre .....	87
Figure 49 - Schéma de présentation de la loi d'eau (Source : Ademe) .....	88
Figure 50 : Schéma d'installation d'une pompe à chaleur en série avec l'échangeur .....	90
Figure 51 : Schéma d'installation d'une pompe à chaleur en parallèle avec les échangeurs .....	90
Figure 52 - Tracé prévisionnel du réseau de chaleur, scénario 1 avec export non défini.....	92
Figure 53 - Tracé prévisionnel du réseau de chaleur, scénario 2.....	95

# TABLE DES REFERENCES

Tableau 1 - Hypothèses prises pour les estimations.....	54
Tableau 2 : Hypothèses des baisses de consommations .....	54
Tableau 3 - Liste des abonnés potentiels du réseau à créer .....	63
Tableau 4 - Besoins en chaleur collective des abonnés potentiels .....	67
Tableau 5 - Répartition des besoins par typologie – Scénario 1 (Kremlin-Bicêtre uniquement).....	70
Tableau 6 - Répartition des besoins par ville – Scénario 2.....	71
Tableau 7 – Nombre de sous-stations par type de maître d'ouvrage.....	73
Tableau 8 – Tableau de synthèse des enjeux.....	81
Tableau 9 - Paramètres prévisionnels d'exploitation des aquifères ciblés .....	87

# 1 SYNTHÈSE DU DOCUMENT

En 2022, la Ville du Kremlin-Bicêtre s'est associée au SIPPEREC, Syndicat d'énergie intercommunal d'Ile-de-France, pour lancer une étude de faisabilité relative à la création d'un réseau de chaleur alimenté par des énergies renouvelables et proposer ainsi au territoire communal une énergie de chauffage locale et renouvelable au meilleur prix.

Le présent rapport a pour objet de présenter l'étude de faisabilité, à savoir l'ensemble des données nécessaires aux décideurs afin d'engager la transition énergétique du territoire. La forte dynamique partenariale entre le SIPPEREC, la Ville du Kremlin-Bicêtre et les partenaires du projet fait l'objet d'une étude poussée sur la gouvernance dont les enjeux sont multiples, complexes et innovants.

## 1.1 SYNTHÈSE TECHNIQUE DU PROJET ENVISAGÉ

Opération de **création d'un réseau de chaleur urbain sur la commune du Kremlin-Bicêtre alimenté par une géothermie au Dogger / gaz.**

	Indicateur	Données
<b>Besoins thermiques Kremlin-Bicêtre</b>	DJU	2150 (station Paris-Montsouris)
	Besoins de chauffage recensés	36 740 MWh/an horizon 2030
	Besoins en ECS recensés	11 253 MWh/an horizon 2030
	TOTAL des besoins KB	47 993 MWh/an horizon 2030
<b>Besoins thermique villes voisines</b>	TOTAL des besoins export	37 818 MWh/an horizon 2030
<b>Global</b>	<b>Besoins TOTAUX</b>	<b>85 811 MWh/an horizon 2030</b>

	Indicateur	Données
<b>Global</b>	Production annuelle	88 931 MWh/an
	Poids carbone production annuelle	5 428 tCO <sub>2</sub> /an (ACV)
	Taux de couverture EnR&R	69,6 %
	Tonnes de CO <sub>2</sub> évitées par an	19 477 tCO <sub>2</sub> /an
<b>Géothermie</b>	Température sortie échangeur	62 °C
	Température minimale injection	28 °C
	Débit maximal	300 m <sup>3</sup> /h
	Production de chaleur	61 862 MWh/an
	Poids carbone production biomasse	619 tCO <sub>2</sub> /an
<b>Pompe à chaleur</b>	Puissance	9 MW
	COP	4,8
	Consommation électrique	8 493 MWh
	Poids carbone production pompe à chaleur	671 tCO <sub>2</sub> /an
<b>Appoint</b>	Type d'énergie	<input checked="" type="checkbox"/> Gaz <input type="checkbox"/> Fioul <input type="checkbox"/> Elec <input type="checkbox"/> Autres
	Puissance	40 MW (yc 11 MW chaufferies déportées)
	Rendement chaudière(s)	92 %
	Consommation de combustible	20 662 MWh PCS/an
	Production de chaleur	18 576 MWh/an
	Poids carbone production gaz	3 795 tCO <sub>2</sub> /an

<b>Réseau(x)</b>	Longueur du réseau de chaleur	9 690 mètres linéaires
	Rendement de distribution moyen	96%
	Quantité de chaleur injectée	88 931 MWh/an
	Quantité de chaleur vendue en sous-station	85 796 MWh/an
	Densité globale du réseau sans export	4,95 MWh/mètre linéaire
<b>Sous-stations</b>	Nombre de sous-stations Kremlin-Bicêtre	72
	Puissance installée en sous-station	33 662 kW
	Nombre équiv.-logements raccordés	Environ 5 000

## 1.2 SYNTHÈSE FINANCIÈRE DU PROJET ENVISAGE

Bilan des investissements prévisionnels :

<b>Investissements prévisionnels (€ HT)</b>	<b>Solution KB avec export (1)</b>	<b>Solution réseau 4 villes (2)</b>
<b>Centrale Géothermale</b>	24 239 123 €	24 239 123 €
<b>Chaufferie appoint et secours</b>	3 364 830 €	3 364 830 €
<b>Réseau et sous-stations</b>	17 590 085 €	24 548 082 €
<b>TOTAL</b>	<b>45 194 038 €</b>	<b>52 152 035 €</b>

Bilan des coûts d'exploitation prévisionnels (en moyenne sur la durée du contrat) :

<b>Postes de charge d'exploitation (€ HT/an)</b>	<b>Solution KB avec export (1)</b>	<b>Solution réseau 4 villes (2)</b>
<b>P1 - Coût achat combustible référence (biomasse) et appoint (gaz naturel, fioul, électricité...)</b>	2 980 391 €	3 043 774 €
<b>P2 - Coût des prestations de conduite, de l'entretien, montant des redevances et frais divers de la production (charges salariales comprises)</b>	1 219 197 €	1 322 685 €
<b>P3 - Provision pour renouvellement des installations de production</b>	359 063 €	399 028 €
<b>TOTAL</b>	<b>4 558 651 €</b>	<b>4 765 487 €</b>

Bilan des aides nécessaires pour le projet :

Détermination de l'aide nécessaire	Solution KB avec export (1)	Solution réseau 4 villes (2)
Taux de subventions par rapport à l'investissement <u>total</u>	35,0 %	35,0 %
Aide totale (€HT)	14 662 397 €	17 096 266 €
Intensité de la subvention (€HT/MWhEnR sur 20 ans) export compris	12,23	14,22

Prix de la chaleur payée par l'abonné :

Le prix de la chaleur payée par l'abonné est de 5% inférieur au prix défini pour la solution de référence.

	Solution KB avec export (1)	Solution réseau 4 villes (2)
Prix de la chaleur TTC pour le KB	105,05 €TTC/MWh	102,16 €TTC/MWh

## 2 RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX RELATIFS À L'ÉTUDE

### 2.1 PRÉSENTATION DU COMITÉ DE SUIVI

L'élaboration de cette étude de faisabilité s'est faite dans la concertation de l'ensemble des acteurs.

Le Maître d'Ouvrage du projet est le SIPPEREC représenté par :

- Marion LETTRY, Directrice Transition Énergétique
- Yves KERSUZAN, Responsable Chaleur renouvelable
- Nicolas LEROUX, Ingénieur Chaleur renouvelable
- Valentin GUBIAN, Ingénieur Chaleur renouvelable

La ville du Kremlin-Bicêtre ayant délégué sa compétence « Développement des énergies renouvelables » au SIPPEREC est représentée par :

- Jean-Luc LAURENT, Maire
- Sidi CHIAKH, Adjoint au maire chargé des sports, des espaces publics et de la propreté
- Frédéric RAYMOND, Adjoint au maire chargé des projets urbains, de l'aménagement, des mobilités et du patrimoine
- Geneviève ETIENNE, Adjointe au maire chargée de l'écologie populaire, de la nature en ville, de l'eau publique et du bien-être animal
- Chloé LORIDANT, Directrice des services techniques
- Delphine VIGIER, Responsable du service Bâtiment Patrimoine
- Julien BARRIEU, Responsable de l'urbanisme

### 2.2 LES INTERVENANTS OPERATIONNELS DE L'ÉTUDE

#### 2.2.1 Maître d'Ouvrage

Le Maître d'Ouvrage de l'étude est le Sipperec, Syndicat intercommunal de la Périphérie de Paris pour les Énergies et les Réseaux de Communication. Il s'agit d'un syndicat mixte auquel les collectivités transfèrent leurs compétences « à la carte ».

Coordonnées :

Sipperec

Tour Lyon Bercy - 173-175 rue de Bercy - CS 10205  
 75588 PARIS Cedex 12  
 Tel. 01 70 60 90 52  
<http://www.sipperec.fr>

Les interlocuteurs sont les suivants :

Arnaud BRUNEL	Directeur Général	abrunel@sipperec.fr
Marion LETTRY	Directrice Transition Énergétique	mlettry@sipperec.fr
Yves KERSUZAN	Responsable chaleur renouvelable	ykersuzan@sipperec.fr
Nicolas LEROUX	Ingénieur chaleur renouvelable	nleroux@sipperec.fr

### 2.2.2 Assistant à Maîtrise d'ouvrage

La mission d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage pour la réalisation de l'étude de faisabilité de mise en place du réseau de chaleur est assurée par le bureau d'études Itherm Conseil.

Coordonnées :

ITHERMCONSEIL  
 1 allée des Pierres Mayettes  
 92230 GENNEVILLIERS  
 Tél. : 01.41.11.97.89  
[www.ithermconseil.fr](http://www.ithermconseil.fr)

Les interlocuteurs sont les suivants :

Benjamin BRULLON	Président	bbrullon@manergy.fr
Pauline RAINE	Directrice Pôle Transition Énergétique des Territoires	praine@manergy.fr
Alex CHARPIGNON	Responsable de l'étude	acharpignon@manergy.fr
Auguste RAMS	Chargé d'affaires	arams@manergy.fr

### 2.2.3 Assistant à Maîtrise d'ouvrage sous-sol

Pour la réalisation de cette étude nécessitant des compétences spécifiques en hydrogéologie, Itherm Conseil s'est adjoint les services du bureau d'étude sous-sol Antea Group.

Coordonnées :

ANTEA GROUP  
 2-6 place du Général de Gaulle  
 92160 ANTONY  
 Tél. : 01.57.63.14.00  
<http://www.anteagroup.fr>

Les interlocuteurs sont les suivants :

Nicolas FRECHIN	Ingénieur expert en Energie et Géothermie	nicolas.frechin@anteagroup.fr
Clément CRAYSSAC	Ingénieur de projets	clement.crayssac@anteagroup.fr
Mattis AURIAU	Ingénieur d'études	mattis.auriau@anteagroup.fr

## 2.3 METHODOLOGIE DE L'ETUDE

L'étude de faisabilité a été opérée suivant une réflexion pluridisciplinaire qui comporte des enjeux de plusieurs natures :

### Energétiques et environnementaux

- Intégration d'énergies renouvelables
- Réduction des émissions de gaz à effet de serre
- Pérennité des ressources - indépendance
- Adéquation et faisabilité de la solution proposée

### Socio-économiques

- Continuité de service et confort des usagers
- Coût de la chaleur compétitif et stable
- Lutte contre la précarité énergétique
- Solutions pérennes sur le plan économique
- Logique « territoire » vs logique « administrative »

### Juridico-financiers

- Investissements importants
- Charges d'exploitation optimisées
- Montage contractuel adapté
- Innovation financière

La démarche de l'étude de faisabilité se réalise en cinq phases présentées dans le présent rapport :

1. **Inventaire des énergies renouvelables et récupérables** : cette phase a pour objectif de recenser les sources d'énergies renouvelables ou de récupération présentes sur le périmètre de l'étude, qui pourraient être mobilisées en vue d'alimenter le réseau de chaleur.
2. **Typologie du patrimoine** : cette phase a pour but de connaître la répartition géographique du patrimoine bâti, collectif, sur le territoire de l'étude et les principales données énergétiques et typologiques de manière à définir la ou les zones propices à un réseau de chaleur.
3. **Etudes technico-économiques des scénarios** : cette phase a pour objectif de déterminer, à partir de l'ensemble des données collectées et projetées, plusieurs solutions complètes de mise en place d'un réseau de chaleur sur le périmètre de l'étude, en vue d'alimenter le plus de bâtiments possible dans des conditions technico-économiques intéressantes.
4. **Gouvernance** : l'objectif de cette phase est de construire le modèle de gouvernance juridique au réseau de chaleur, en adéquation avec les choix technico-économiques, du maître d'ouvrage et des échanges avec les collectivités partenaires.
5. **Plan d'actions** : suite au choix d'un scénario par le comité de pilotage, cette phase a pour but de synthétiser l'ensemble des informations à disposition de ce scénario et de définir les moyens techniques, économiques et juridiques à mettre en place pour permettre une mise en œuvre opérationnelle du projet.

## 3 POTENTIEL DES SOURCES D'ENR&R DU TERRITOIRE

Dans le cadre de la présente étude de faisabilité d'un Réseau de Chaleur sur le Kremlin-Bicêtre, un état des lieux des ressources d'énergies renouvelables ou de récupération est réalisé sur le territoire, mais également sur un périmètre plus large (départemental ou régional) sous le prisme de l'intérêt pour le projet.

Cette phase a pour objectif de recenser les sources d'énergies renouvelables ou de récupération présentes sur le territoire restreint ou élargi, qui pourraient être mobilisées en vue d'alimenter un réseau de chaleur. Chaque source sera caractérisée pour en connaître le potentiel d'exploitation sur le territoire et définir la ou les filières d'approvisionnement les plus pertinentes en fonction du contexte local.

La synthèse des énergies renouvelables mobilisables sur le périmètre d'études est présentée ci-après.

### 3.1 DEMARCHE ENR'CHOIX

Pour accompagner les différents acteurs de la société (Collectivités, bailleurs, gestionnaires de patrimoine, aménageurs) dans la définition de leur stratégie de transition énergétique, la direction régionale Ile-de-France de l'Ademe a développé un guide EnR'Choix qui priorise les actions à mener pour atteindre les objectifs environnementaux.

1. Les premières actions à mener doivent réduire les consommations énergétiques :
  - La sobriété énergétique correspond à la suppression ou la limitation des consommations d'énergie superflues par un meilleur usage du bâtiment et de ses équipements ;
  - L'efficacité énergétique d'un bâtiment ou d'un équipement est le rapport entre la quantité d'énergie utilisée et la quantité d'énergie consommée. Son amélioration passe par :
    - L'isolation, la ventilation, et le renouvellement des équipements de chauffage ;
    - La mise en place de pratiques permettant de diminuer et réguler la consommation d'énergie tout en maintenant un niveau de service équivalent.
2. Ensuite, le deuxième volet d'actions doit permettre de mutualiser les besoins et les moyens de production et de distribution de la chaleur. L'approvisionnement en chaleur par un réseau de chaleur (existant ou à créer) y est fortement encouragé, avant d'envisager la mise en place de solutions individuelles.

- Enfin, le troisième et dernier volet d'actions consiste à optimiser le choix de la source de chaleur en vue d'alimenter un réseau de chaleur, en favorisant les énergies non délocalisables existantes telles que la chaleur fatale, avant d'envisager des énergies non délocalisables à créer comme la géothermie ou le solaire thermique, puis d'autres sources d'EnR&R délocalisables à créer telles que la biomasse.

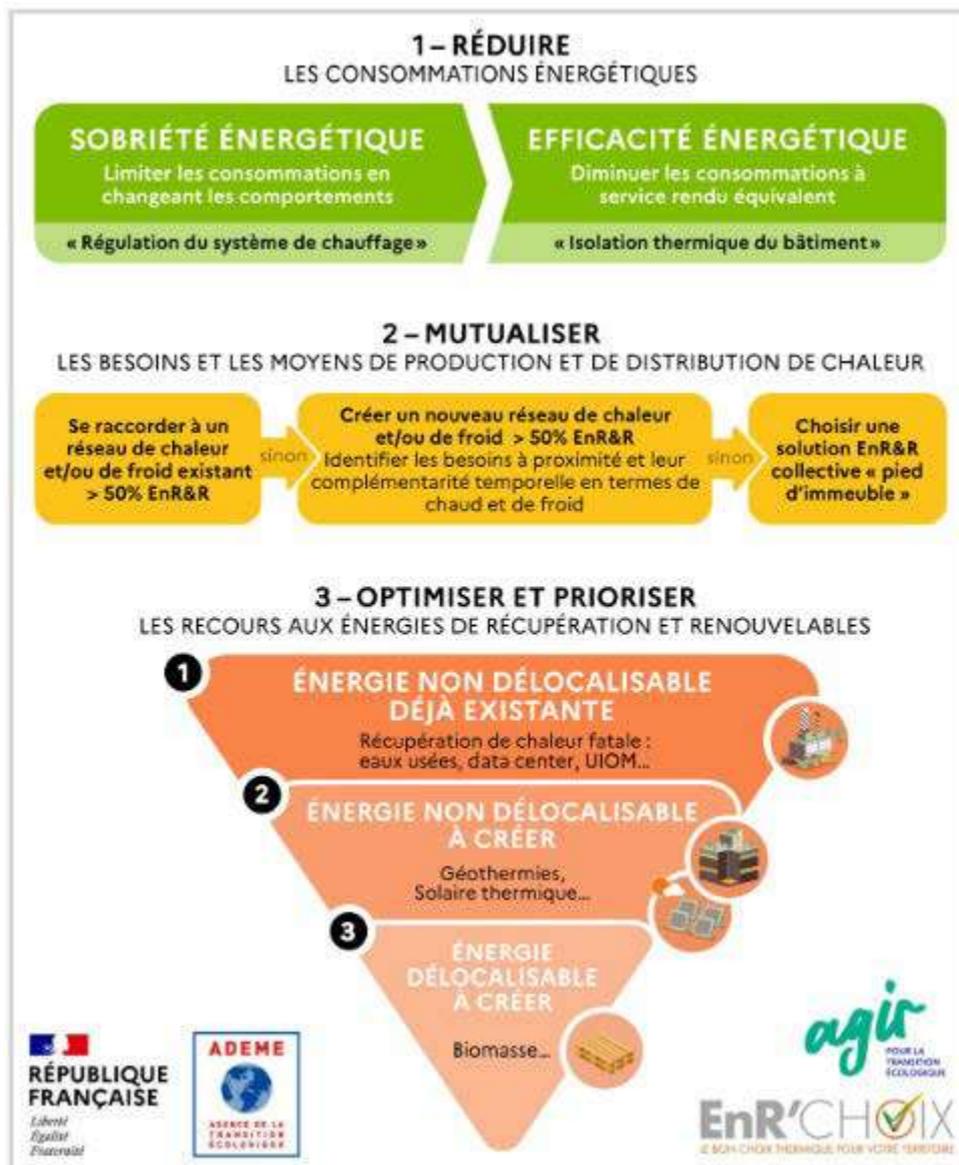


Figure 1 - La démarche EnR'Choix (Source : Ademe)

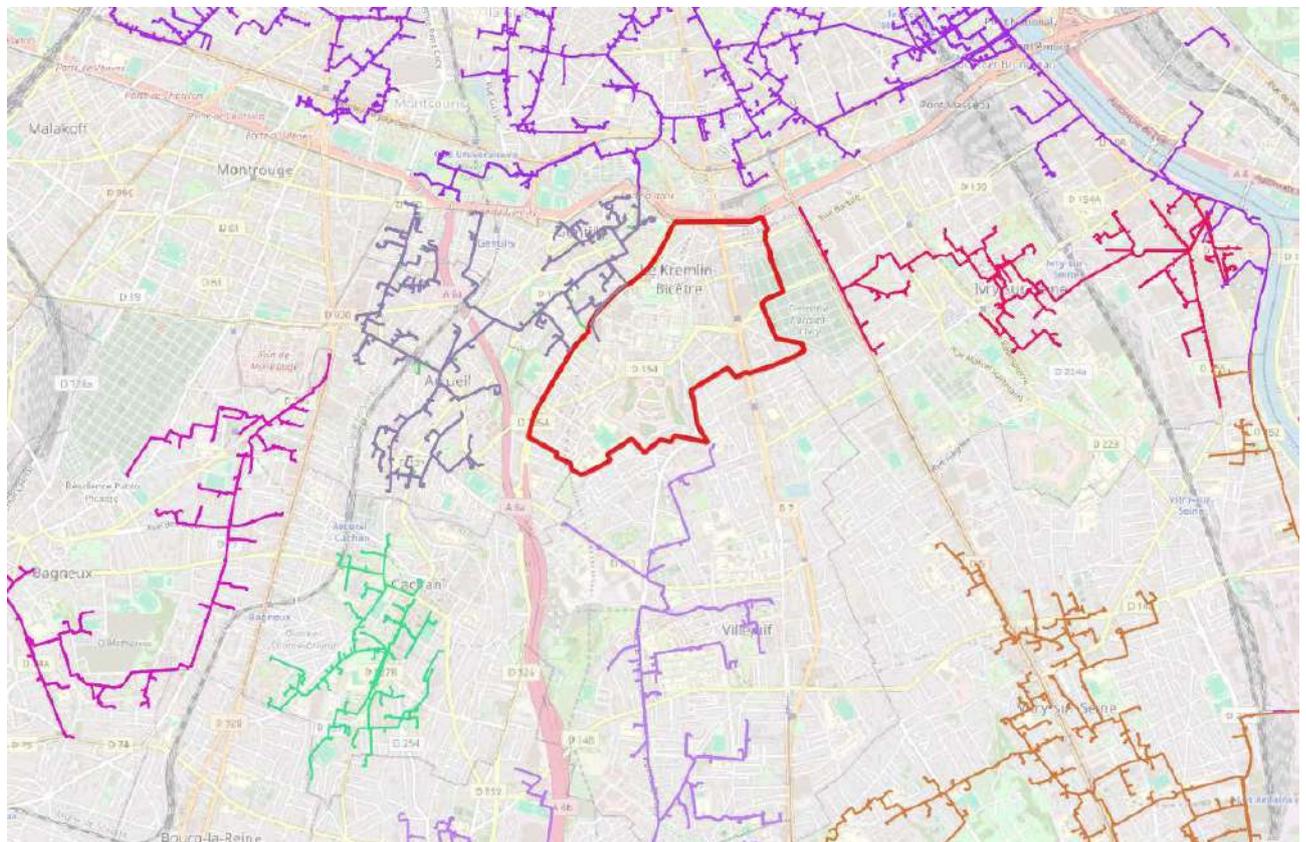
Le potentiel des énergies renouvelables et de récupération sur le territoire a été déterminé suivant la méthodologie ainsi présentée.

## 3.2 POSSIBILITES DE MUTUALISATION

### 3.2.1 Réseaux de chaleur à proximité

La première étape de recherche d'EnR&R a consisté à recenser les réseaux de chaleur situés à proximité du périmètre du schéma directeur. Les réseaux les plus proches établis sur des communes limitrophes, sont :

- Réseau de chaleur de d'Arcueil et de Gentilly ;
- Réseau de chaleur et de la ville de Paris ;
- Réseaux de chaleur d'Ivry-sur-Seine ;
- Réseau de chaleur des villes de Villejuif, Chevilly-Larue et L'Hay-les-Roses.



**Figure 2 - Plan de situation des réseaux de chaleur à proximité (Source : France Chaleur Urbaine)**

#### 3.2.1.1 Réseau de chaleur d'Arcueil et de Gentilly

Le réseau de chaleur d'Arcueil et de Gentilly, dont l'autorité délégante est le SIPPEREC et le délégataire ARGEO (société dédiée de Engie Solutions), est alimenté par un doublet géothermique au Dogger. Le réseau alimente près de 8 000 équivalent-logements sur 19 km linéaires de réseau, avec une chaleur à 80% issue des énergies renouvelables et de récupération.

### 3.2.1.2 Réseau de chaleur de la ville de Paris

Le réseau de chaleur de Paris, dont le délégataire est la ville de Paris, est actuellement exploité par CPCU (société dédiée de Engie Solutions), dans le cadre d'une délégation de service public depuis 1927. Le réseau alimente actuellement près de 6 000 points de livraison à travers 515 km linéaires de réseau. Les 4 500 GWh de chaleur livrés sous forme de vapeur sont issus à 50 % d'énergies renouvelables et de récupération, provenant de différents UVE et de biomasse.

### 3.2.1.3 Réseaux de chaleur d'Ivry-sur-Seine

Les réseaux de chaleur de Versailles, dont l'autorité délégante est la Ville et le délégataire GEOTELLUENCE / ENERGIVRY (sociétés dédiées, filiales d'Engie Solutions), alimentent les quartiers du centre-ville, la ZAC Confluences ainsi que la ZAC du plateau. Les réseaux desserviront à termes près de 19 500 équivalents logements grâce à 12 km de réseau. La production de chaleur sera assurée par le biais d'une centrale géothermique, une UVE et de l'appoint gaz permettant d'atteindre aujourd'hui un taux EnR&R de 66 %.

### 3.2.1.4 Réseau de Chevilly Larue / Villejuif / L'Hay les Roses – SEMHACH

Les villes de Chevilly Larue, Villejuif et L'Hay les Roses disposent depuis 1985 d'un réseau de chaleur dont la gestion a été confiée par affermage à la société publique locale SEMHACH jusqu'à 2024. Le réseau est alimenté par trois centrales de géothermie de 12 MW thermiques chacune ainsi que deux centrales de cogénération par turbines à gaz. Au total en 2021, les 5 centrales ont alimenté près de 240 GWh de besoins de chaleur à travers 231 points de livraison et un réseau d'environ 40 km, le tout avec un taux EnR&R de 70 %.

### 3.2.1.5 Réseau de Choisi-le-Roi et Vitry-sur-Seine (SICUCV)

Le réseau de chaleur du SICUCV (Syndicat intercommunal de chauffage urbain de Choisy-Vitry) est alimenté à 64 % par la chaleur du réseau CPCU et à 36 % par celle produite par l'unité de valorisation énergétique de Rungis (RIVED) à travers le réseau de SEMMARIS.

Ces deux réseaux vertueux sont principalement alimentés par l'incinération des déchets. Ce réseau est géré par Engie Solution, s'étendant sur 42 km pour approvisionner 2 400 équivalents-logements et desservir 250 sous-stations.

### 3.2.1.6 Synthèse sur les opportunités de mutualisation avec les réseaux proches

Situés à proximité de la ville du Kremlin-Bicêtre, l'import de chaleur depuis un des trois réseaux limitrophes a été écarté. En effet :

- Les moyens de production EnR&R mis en place ne permettent pas de livrer des volumes de chaleur au-delà des besoins qu'ils desservent actuellement :

- Le réseau de chaleur de Paris ne dispose actuellement de productions de chaleur renouvelable suffisante et est alimenté en vapeur, rendant difficile l'échange de chaleur.
- Les autres réseaux voisins sont aujourd'hui limités dans leurs développements respectifs par le dimensionnement de leur ressource EnR&R.
- Les discontinuités physiques et géographiques sont également nombreuses entre les différents réseaux (périphérique parisien, A6, Tram T9)

Toutefois, le cas où le réseau de chaleur du Kremlin-Bicêtre aurait la capacité d'exporter un surplus de chaleur renouvelable vers les réseaux a été étudié, car des réseaux pourraient manquer d'EnR&R ou certaines zones des périmètres de concessions voisines sont difficilement atteignables.

### 3.3 RECUPERATION DE CHALEUR FATALE

Suivant la définition de l'Ademe, « la chaleur fatale désigne la chaleur résiduelle issue d'un procédé dont l'objectif principal n'est pas la production de cette chaleur. Elle est considérée comme une énergie n'émettant pas de CO<sub>2</sub>, puisqu'il s'agit d'une ressource qui est de toute façon produite puis rejetée sans valorisation ».

Cette chaleur, normalement dissipée et perdue, est alors valorisée sur un autre procédé, interne ou externe, et peut, dans certaines conditions, être injectée sur un réseau de chaleur.

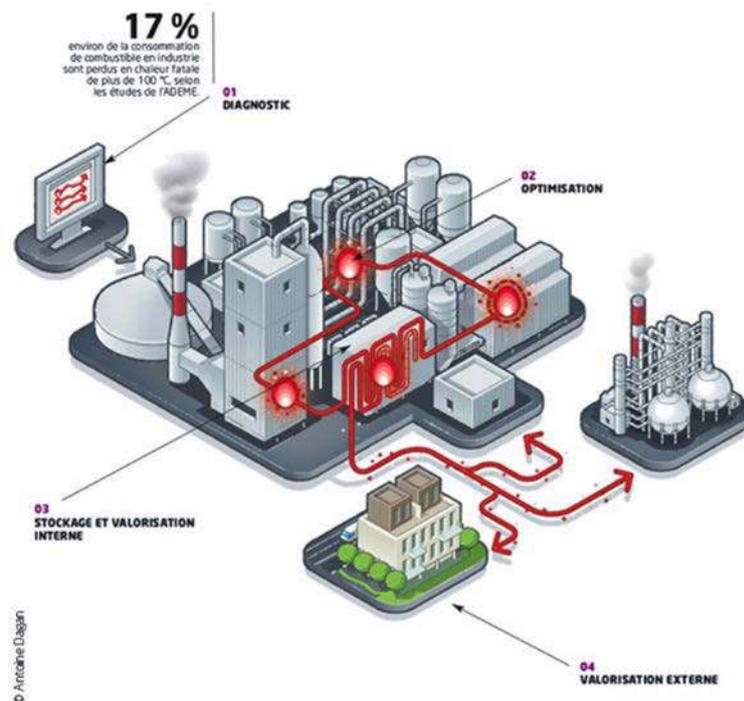


Figure 3 - Modalités de valorisation de chaleur fatale

La figure ci-dessus reprend les différentes sources de chaleur fatale, leur état et leur température.

## La récupération de chaleur fatale

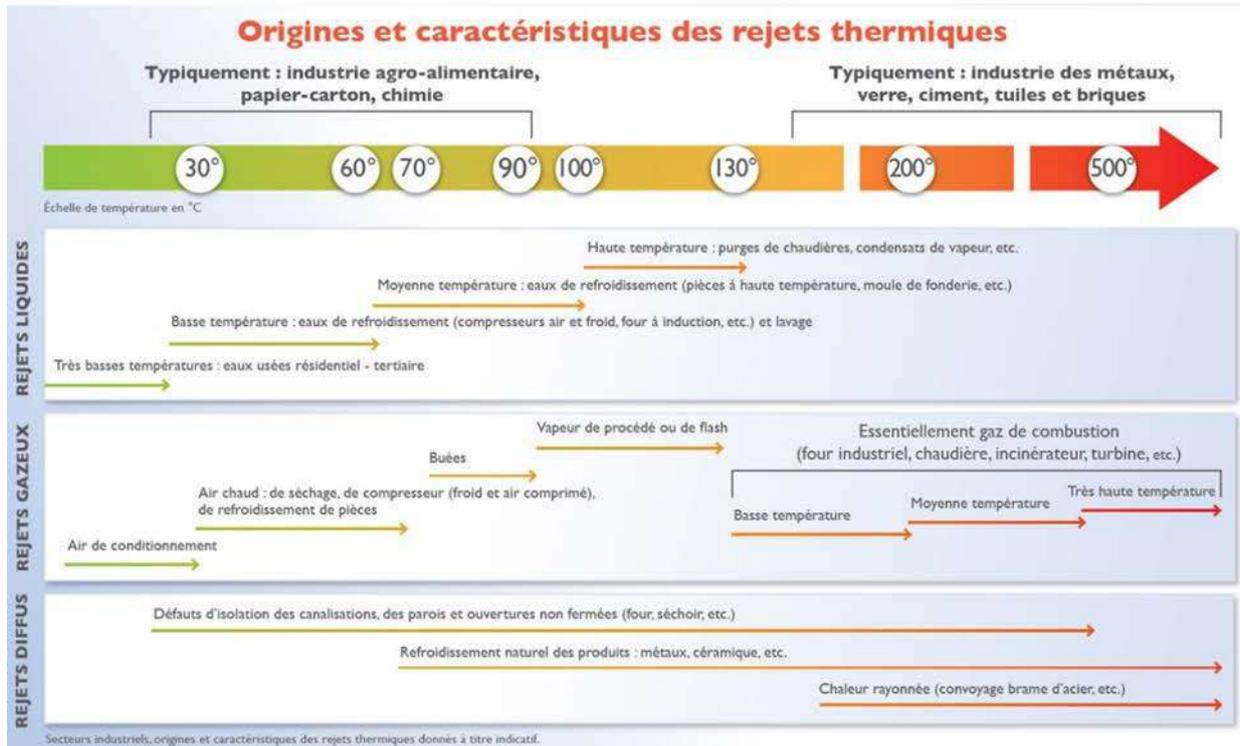


Figure 4 - Caractéristique des différents types de chaleur fatale et classification. Source : Ademe.

### 3.3.1 Usines d'Incinération des Déchets Non Dangereux (UIDND)

Anciennement nommées UIOM, les UIDND présentent un intérêt certain, surtout dans le contexte actuel, où la région Ile-de-France envisage de réviser son Plan Régional d'élimination des Déchets Ménagers et Assimilés (PERDMA), définissant les moyens à mettre en œuvre, avec objectifs chiffrés, pour la gestion territoriale des déchets. Les incinérateurs sont des dispositifs voués à détruire une masse de déchets par combustion aussi complète que possible.

L'avantage principal de ce système est la possibilité de cogénération, soit de valorisation de cette masse de déchets à la fois pour produire de la chaleur mais aussi de l'électricité.

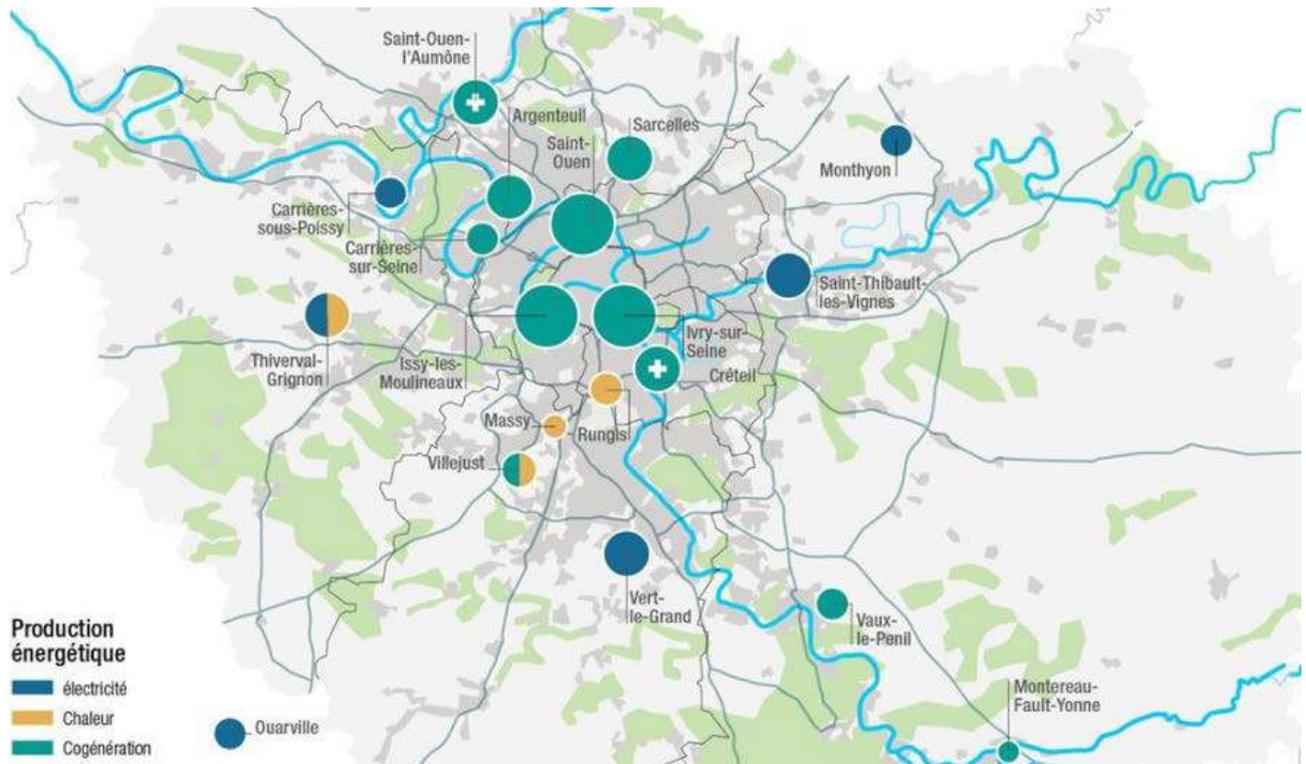


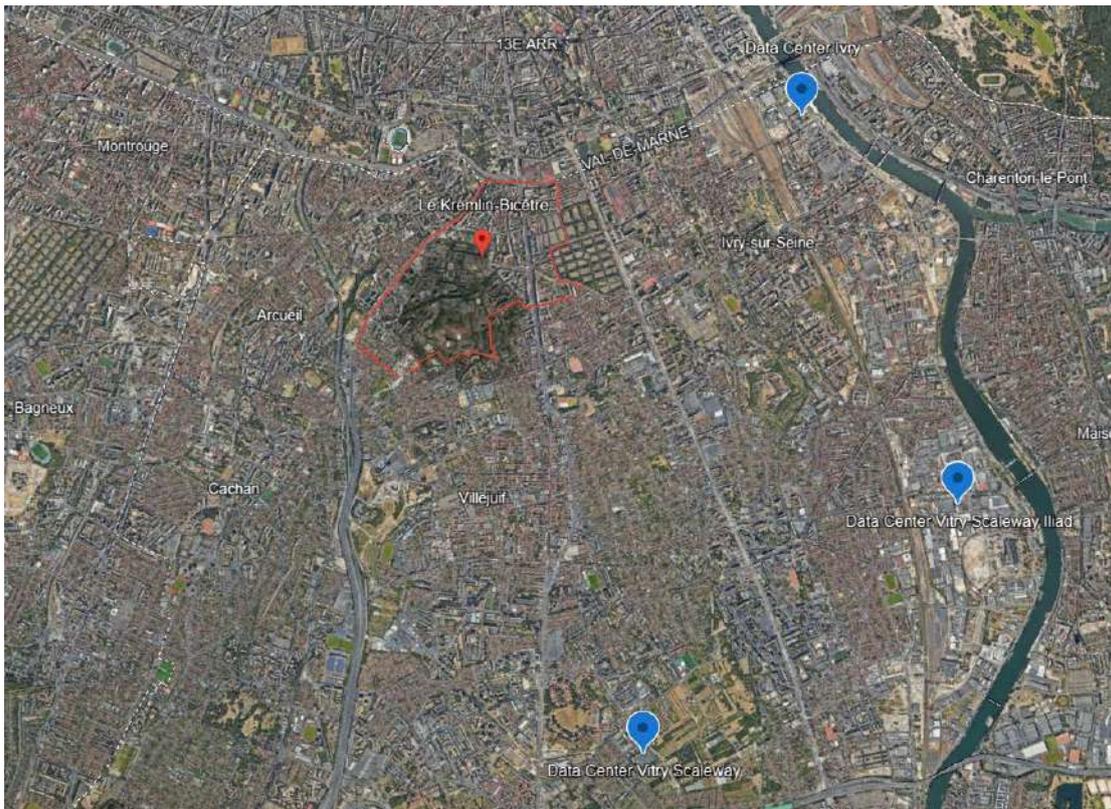
Figure 5 - Carte des UIDND en Ile-de-France 2019 (Source : Institut Paris Région)

Les UIDND les plus proches du périmètre d'étude sont celles d'Ivry-sur-Seine (à 3 km), dont la chaleur est actuellement valorisée sur le réseau de chaleur de Paris (CPCU), et l'UIDND d'Issy-les-Moulineaux (à 8 km), trop éloignée du Kremlin-Bicêtre. Aucune solution de récupération de chaleur fatale sur une UIDND n'a donc été retenue dans la suite de l'étude.

### 3.3.2 Datacenters

Les datacenters sont des centres de stockage et de traitement de données informatiques, qui par dissipation de la chaleur produite par les équipements, nécessite une importante puissance électrique et une très forte consommation d'énergie. La chaleur dissipée est dans la majorité des cas perdue car peu valorisée en interne. Il est donc possible de récupérer cette chaleur pour alimenter un réseau de chaleur via une pompe à chaleur.

Les datacenters les plus proches du périmètre d'étude sont le datacenter d'Ivry-sur-Seine (3 km), les deux datacenters de Vitry-sur-Seine (4 km). L'éloignement des data center, le faible potentiel de chaleur valorisable par rapport aux besoins du territoire et la possibilité qu'une récupération de chaleur soit déjà mise en œuvre, rend la valorisation de chaleur fatale au niveau des datacenters difficile.



**Figure 6 : Carte des Datacenters autour du Kremlin-Bicêtre**

La possibilité de valoriser de la chaleur fatale issue de datacenter a donc été abandonnée.

### 3.3.3 Eaux usées

Les eaux usées sont des eaux polluées (effluents) constituées de toutes les eaux susceptibles de contaminer un milieu dans lequel elles seraient déversées ; elles sont issues de l'utilisation anthropique (artisanale, agricole, industrielle, etc.). La température de ces eaux est relativement constante (entre 12 et 20°C) sur l'ensemble de l'année.

On parle d'eaux « grises » pour des eaux peu polluées d'origine domestiques résultant de douches, de lavage de mains, de vaisselles ou d'eaux pluviales.

On observe 4 possibilités pour récupérer de la chaleur sur eaux usées :

- Sur collecteur ;
- En STEP ;
- En station de relevage ;
- Au pied des bâtiments ayant une forte consommation d'eau (récupération thermique sur eaux grises). Cette solution est moins propice aux réseaux de chaleur.

Différentes technologies de récupération de chaleur sur eaux usées existent. Deux solutions sont décrites ci-dessous :

- **ENERGIDO® de Véolia** : Ce système dérive une partie (fonction de la puissance souhaitée) des eaux usées vers des échangeurs en surface. Les échangeurs transfèrent les calories issues des eaux usées au fluide caloporteur. Des pompes à chaleur utilisent ensuite l'énergie contenue dans le fluide caloporteur pour relever en température les retours du réseau de chaleur jusqu'à un maximum de 70°C.
- **Degrés Bleus, de Suez Environnement** : Le collecteur lui-même devient un échangeur de chaleur (remplacement d'une partie du collecteur existant ou ajout sur un collecteur). Il n'y a pas besoins de dévier tout ou partie du débit, celui-ci circule normalement dans le collecteur et est refroidi au fur et à mesure de son avancement. La longueur de collecteur-échangeur à mettre en place dépend de la puissance souhaitée. Le fluide caloporteur circulant dans l'échangeur est ensuite remonté en surface pour alimenter la pompe à chaleur.

Sur le périmètre de l'étude, la récupération sur eaux usées n'est pas retenue du fait du peu de ressource disponible.

### 3.3.4 Autres industries

Les sites avec un potentiel de récupération de chaleur fatale, sont éloignés du périmètre d'étude ou ne constituent pas une ressource intéressante compte tenu de l'ampleur prévisible du projet de réseau de chaleur sur le territoire ainsi que du manque de visibilité à long terme de la disponibilité de ces ressources.

## 3.4 RESSOURCE GEOTHERMALE

### 3.4.1 Présentation générale

La géothermie est l'exploitation de la chaleur de la terre grâce à un fluide, circulant dans une formation géologique ciblée (aquifère), dont on utilise les calories en fonction de la température, soit directement par un échangeur de chaleur, soit par transformation thermodynamique dans une pompe à chaleur ou une turbine, soit un mixte des différentes solutions.

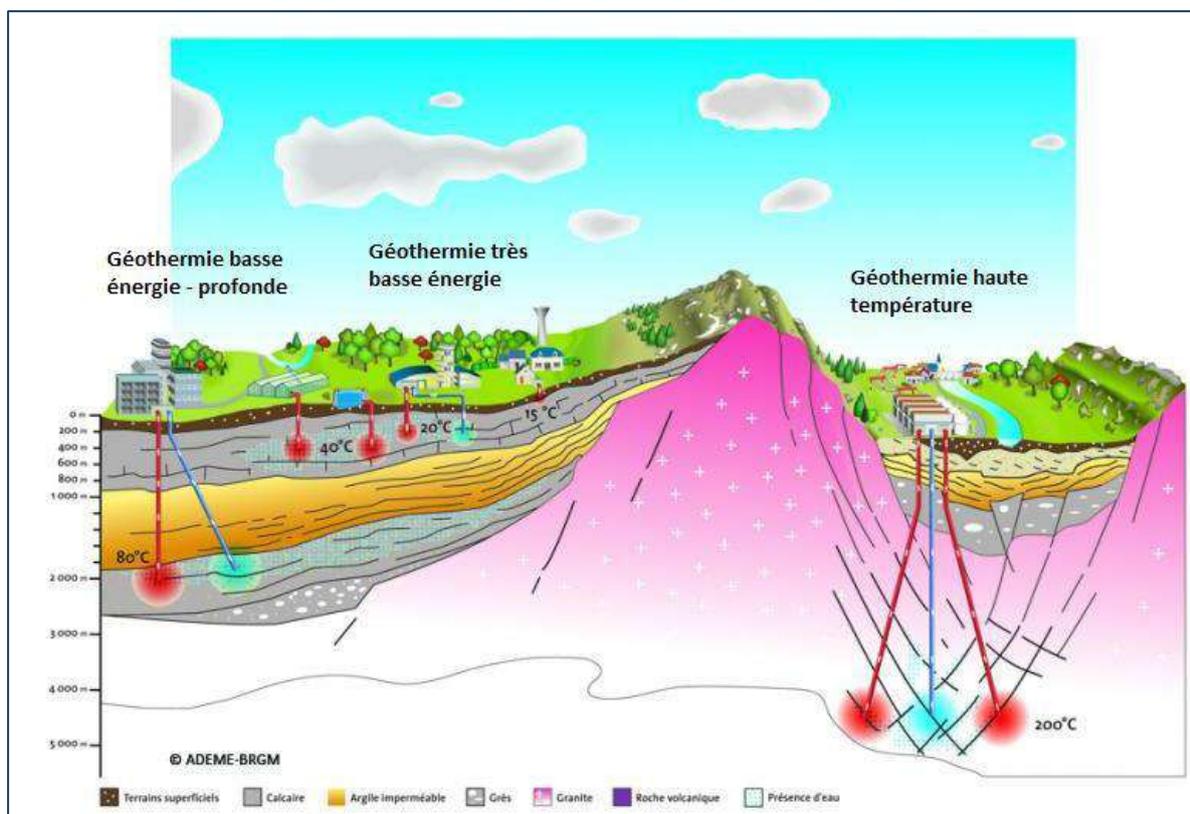


Figure 7 - Différents type de géothermie. Sources : Ademe et BRGM

Trois grands types de géothermie, reprises sur la figure précédente, existent :

- La géothermie très basse énergie (10 à 40 °C) et à faible profondeur. Cette énergie peut être soit utilisée directement pour les besoins de chaleur nécessitant de très faibles températures, soit couplée à une pompe à chaleur en vue d'utilisation à des températures plus élevées.
- La géothermie basse énergie, qui est habituellement utilisée dans le cadre du chauffage urbain et sur laquelle cette étude se concentrera.
- La géothermie haute énergie, dénommée profonde ci-dessus, permettant d'alimenter en vapeur des centrales de production d'électricité.

### 3.4.2 Introduction à la géothermie basse énergie

La géothermie basse énergie ou basse enthalpie consiste en l'extraction d'une eau à une température comprise entre 60°C et 85°C, à partir de gisements situés entre 1 500 et 2 500 mètres de profondeur. L'essentiel des réservoirs exploités se trouve dans les bassins sédimentaires comme le Bassin de Paris. L'exploitation de ce type de géothermie repose sur un fonctionnement en doublet (cf. Figure 8) :

- Un forage permet de puiser l'eau à grande profondeur, là où elle est naturellement très chaude,
- Ramenée à la surface du sol, par sa pression naturelle ou à l'aide d'une pompe, l'eau est envoyée par une canalisation étanche à une centrale géothermique,
- La production de chaleur a lieu dans la centrale géothermique, au moyen d'un échangeur de chaleur constitué d'une série de plaques en métal inoxydable (titane) assurant une grande surface d'échange. L'eau issue du sous-sol circule d'un côté, l'eau alimentant les installations de chauffage des immeubles circule de l'autre côté. Il n'y a aucun contact direct entre les deux eaux,
- L'eau provenant du sous-sol est renvoyée en profondeur après avoir cédé une part de sa chaleur,
- Un réseau de chaleur permet d'acheminer l'eau réchauffée après passage dans les échangeurs vers les divers immeubles clients.

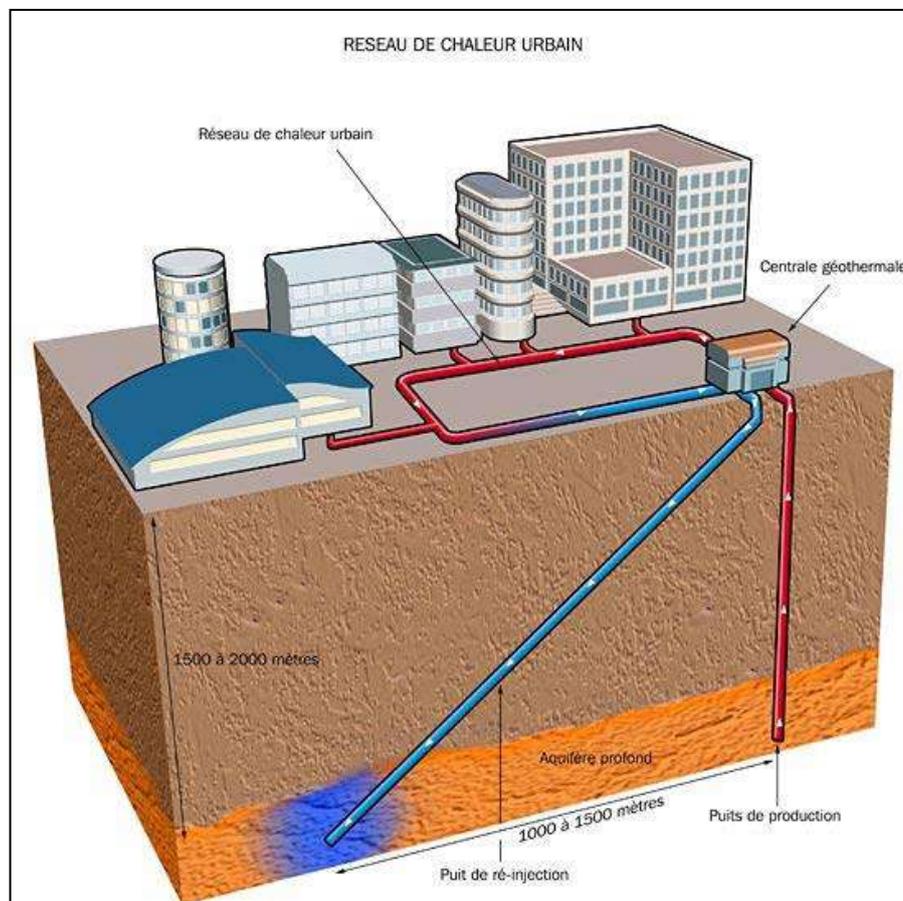


Figure 8 – Principe de fonctionnement d'un doublet géothermique (source : ADEME/BRGM)

Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie basse énergie a l'avantage de ne pas dépendre des conditions atmosphériques (soleil, pluie, vent). Elle est de plus disponible 24h/24 toute l'année. C'est donc une source d'énergie quasi-continue car elle est interrompue uniquement par des opérations de maintenance sur la centrale géothermique, sur les puits ou sur le réseau de distribution de chaleur.

Au début des années 1980, la géothermie basse énergie a connu un rapide démarrage sous les effets des chocs pétroliers et de la mise en place de politiques incitatives. Une cinquantaine d'opérations, en majorité dans le Bassin parisien, sont alors réalisées jusqu'en 1985. A cette date, des problèmes économiques (cours du pétrole), techniques (corrosion et dépôts dans les tubages) et financiers (prêts contractés avec des taux élevés en période d'inflation vite révolue) stopperont net le développement de la filière.

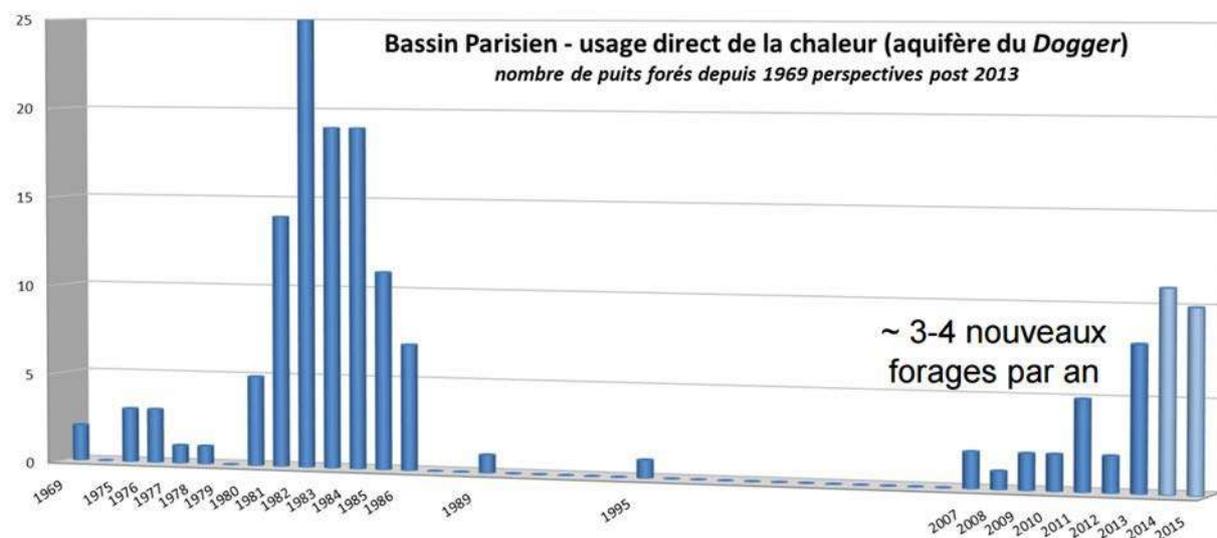
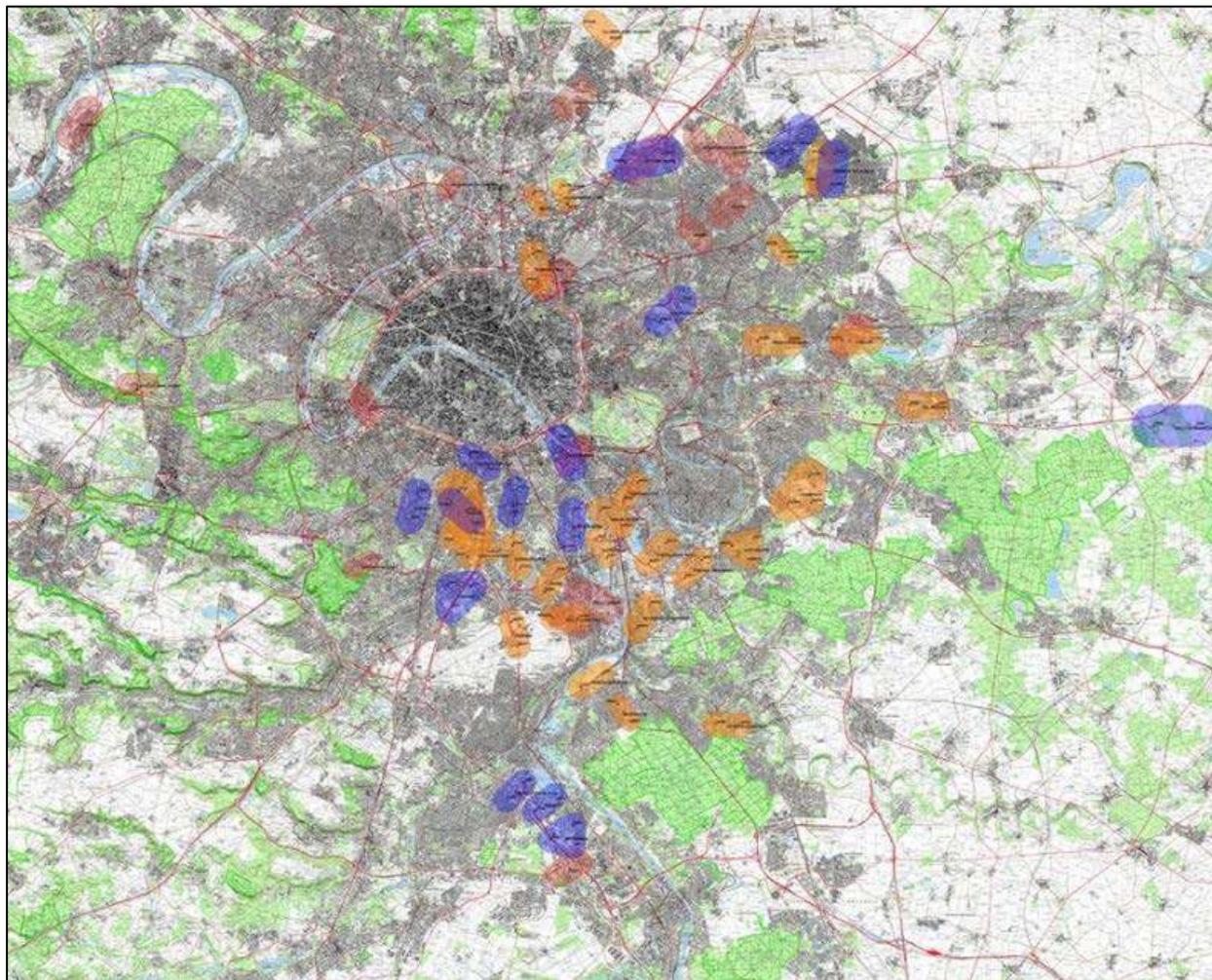


Figure 9 – Nombre de doublets au Dogger mis en service depuis 1969 (Source : BRGM)

En 2007, après 12 ans sans forage géothermique profond, la réalisation d'un nouveau doublet à Orly Le Nouvelet marque le début de la reprise de la filière. Il sera suivi par la conversion en triplet du doublet de Sucy-en-Brie et par la première opération de géothermie profonde à Paris, Porte d'Aubervilliers. Début 2010, Aéroport de Paris fait réaliser un nouveau doublet à Orly, et plusieurs doublets ont depuis été forés (Tremblay-en-France, Blanc-Mesnil, Bagneux, Rosny-sous-Bois, Arcueil, etc.).

La majorité des exploitations actuelles de géothermie basse énergie en Île-de-France se concentre sur l'aquifère du Dogger. Le BRGM met à disposition du public une carte des forages géothermiques au Dogger en Île-de-France disponible en Figure 10.



**Figure 10 – Doublets géothermiques au Dogger en Île-de-France (source : BRGM)**

L'exploitation d'autres aquifères est en développement, en particulier l'Albien, moins profond, qui fait à ce jour l'objet de quelques réalisations sur des ZAC, telles que Paris Clichy-Batignolles, Fort d'Issy-les-Moulineaux et Paris-Saclay. Une expérimentation de forage au Trias (2100 mètres de profondeur) a été menée sur le réseau géothermique Génयो (Bobigny-Drancy) du Sipperec en 2019-2020.

### 3.4.3 Contexte géologique régional

Le projet est localisé dans le Bassin de Paris, bassin sédimentaire d'environ 600 km de diamètre bordé par le Massif Armoricain, le Massif Central, les Vosges et les Ardennes. Dans ce bassin sédimentaire se sont déposées des formations géologiques d'épaisseur et de nature variées (craie, argiles, sables, calcaires, etc.). Essentiellement d'origine marine, ces formations sont disposées en couches successives, les plus récentes affleurent au centre et les plus anciennes en bordure du bassin (Figure 11). Ce sont ces dernières qui atteignent les plus grandes profondeurs au centre du bassin.

Plusieurs formations parmi ces niveaux géologiques sont aquifères, dont le Jurassique moyen (Dogger). La productivité de ces aquifères varie latéralement selon la nature lithologique et l'épaisseur des niveaux favorables. La température des eaux souterraines contenues dans ces aquifères dépend en grande partie de leur profondeur.

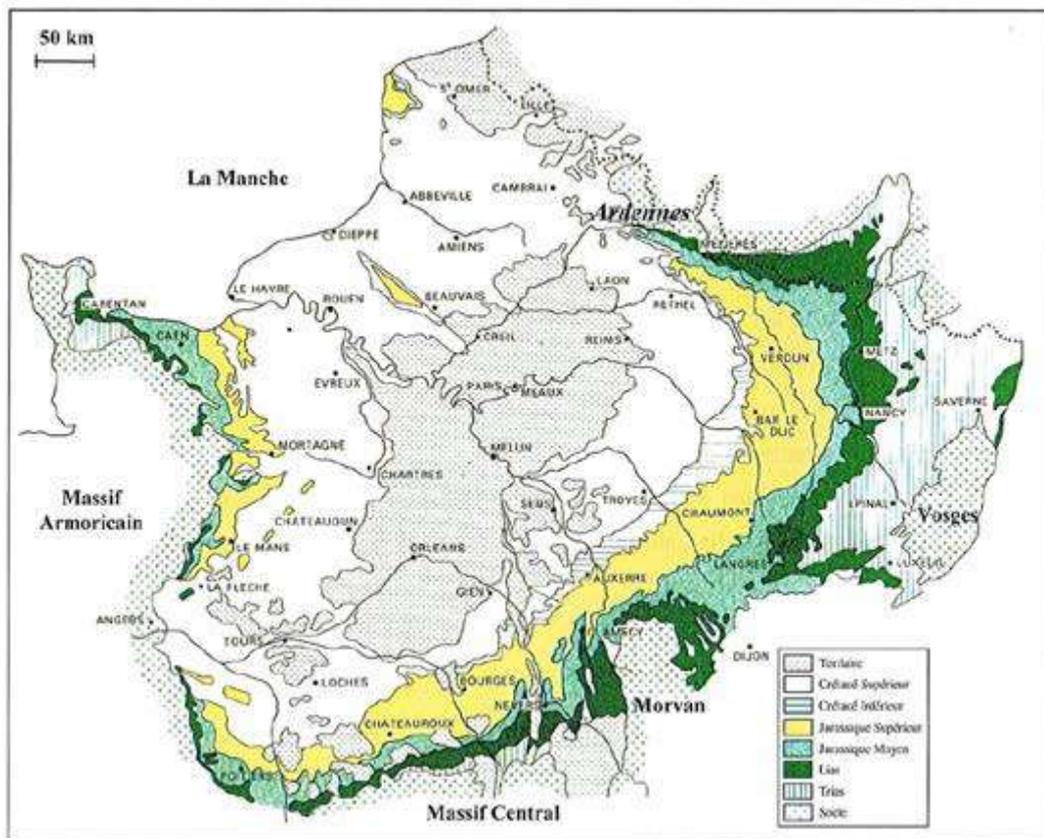


Figure 11 – Géologie simplifiée du bassin parisien (Source : Demars, 1994)

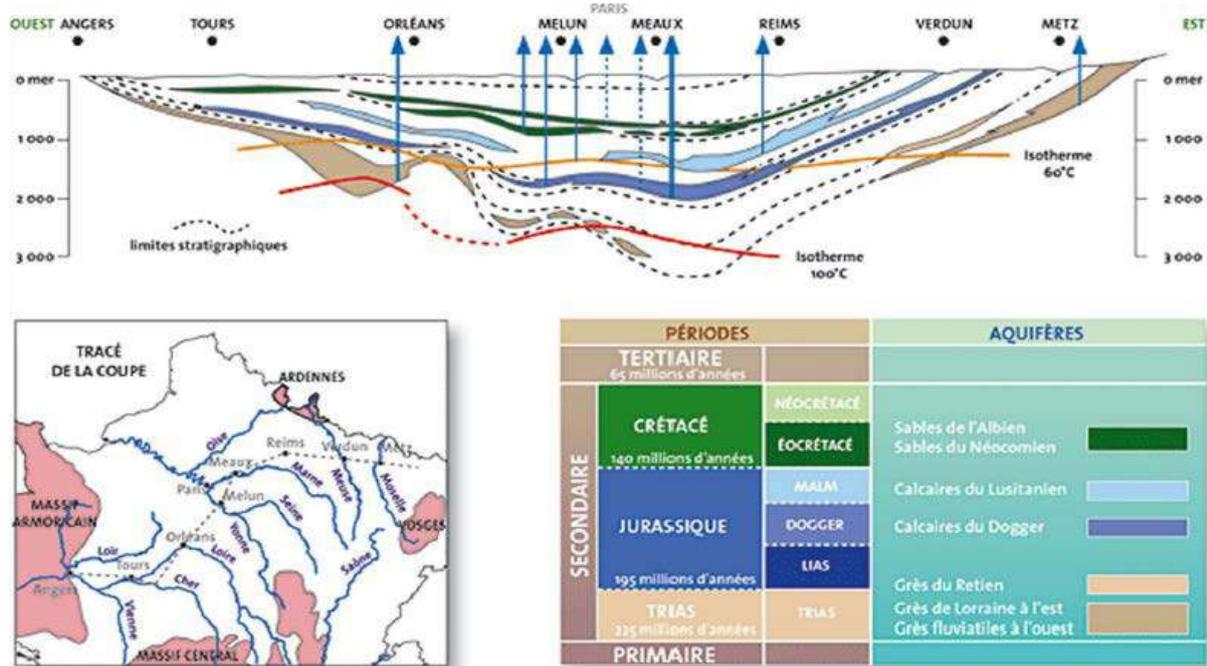


Figure 12 – Coupe géologique du bassin parisien – Localisation des aquifères (Source : ADEME BRGM)

La suite de l'étude s'est concentrée sur l'aquifère du Dogger. Les autres aquifères ont été écartés pour les raisons suivantes :

- L'aquifère de l'Albien n'aurait pas permis de répondre aux besoins de la ville du Kremlin-Bicêtre en raison de la température de la nappe trop faible ;
- L'aquifère du Lusitanien présente un caractère trop exploratoire avec aucune installation en fonctionnement en région parisienne à ce jour ;
- L'aquifère du Trias présente un caractère trop exploratoire avec aucune installation en fonctionnement en région parisienne à ce jour.

### 3.4.4 Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du réservoir du Dogger

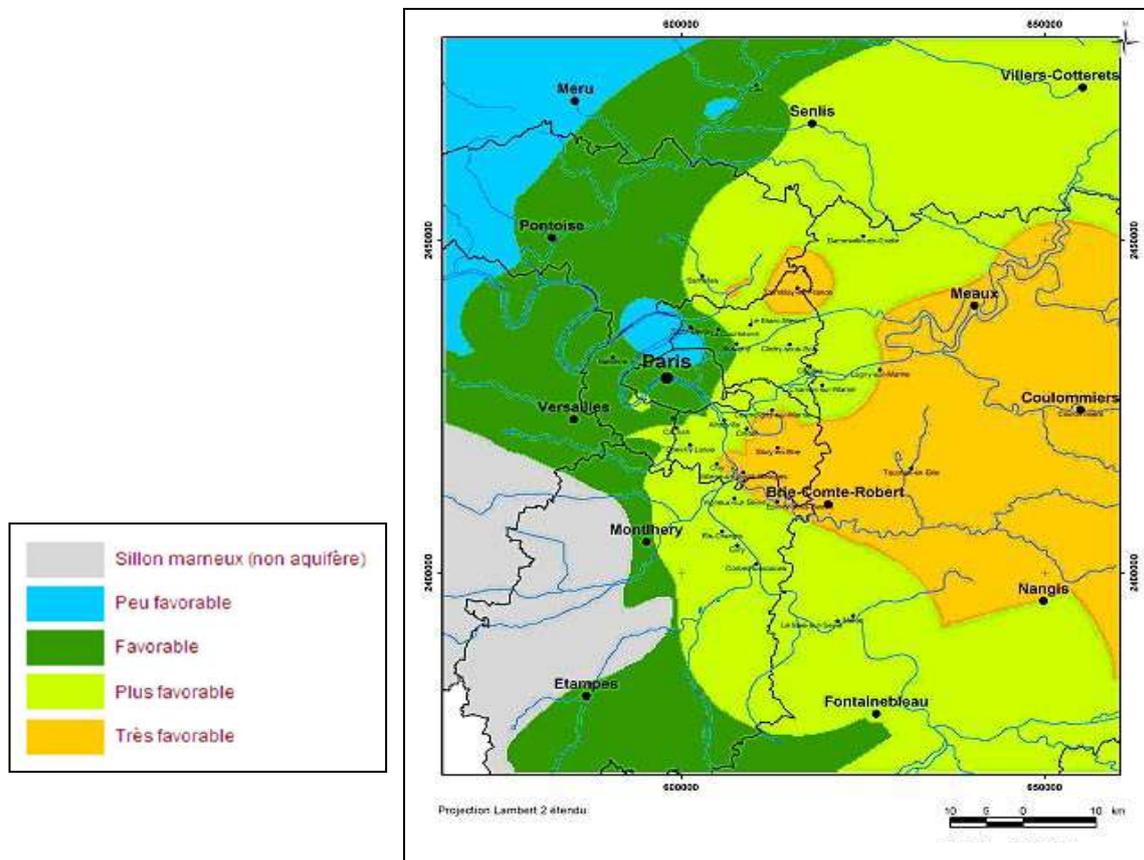
#### 3.4.4.1 Le Dogger : une ressource bien connue en Île-de-France

Les calcaires du Dogger constituent une réserve d'eau chaude exploitée pour la géothermie, au droit de la région parisienne et de l'Île-de-France.

Ils doivent cette particularité à deux caractéristiques :

- Une température élevée,
- Des débits possibles souvent importants.

La température élevée est liée essentiellement à la profondeur de la formation.



**Figure 13– Exploitabilité géothermique du Dogger en Île-de-France**

En effet, le bassin parisien comprend un empilement de couches sédimentaires dont la partie la plus profonde se situe en Île-de-France (plus précisément dans la région de Meaux-Coulommiers) alors que sur les bordures, en Normandie, en Région Centre ou en Bourgogne, ces couches remontent et affleurent. Le gradient géothermique est en moyenne de 3°C /100 m. Il vaut un peu plus en Île-de-France avec 3,6°C/100 m.

Selon les secteurs, la perméabilité des calcaires permet d'obtenir des débits compris entre 100 et plus de 350 m<sup>3</sup>/h à partir d'un forage.

La formation du Dogger couvre environ 15 000 km<sup>2</sup>, soit la quasi-totalité du bassin parisien. L'alimentation de la nappe se fait essentiellement sur les bordures qui constituent les zones principales de recharge.

C'est une formation qui bénéficie d'une bonne connaissance, liée à la recherche pétrolière et à l'exploitation géothermique. Plus d'une centaine de forages y ont été réalisés.

Les zones les plus productives en eau ont surtout été mises en évidence dans le secteur délimité par un quadrilatère dont les sommets sont approximativement Fontainebleau, Cergy-Pontoise, Creil et Meaux. Cette zone se caractérise par une forte densité d'habitat avec présence de réseaux de chaleur, ce qui explique le développement local de la géothermie : la plus importante de France et l'une des plus importantes d'Europe.

On retiendra donc que cet aquifère peut présenter des variations latérales de porosité liées à l'énergie élevée des dépôts oolithiques, à la variation de fréquence de fracturation dans le réservoir, à la phase de cimentation dans les calcaires mais également que des hétérogénéités de productivité qui peuvent exister localement puisqu'une part de la perméabilité est d'origine fissurée.

### 3.4.4.2 Altitude du sommet du Dogger

Le secteur du Kremlin-Bicêtre est contraint par la présence des doublets d'Arcueil-Gentilly à l'Ouest, Villejuif au Sud, et Ivry-sur-Seine à l'Est.

L'altitude du toit du Dogger semble présenter un pendage plutôt régulier dans le secteur. L'altimétrie retenue du toit du réservoir est de -1450 m NGF (+ ou - 20m) au niveau de GKB1, et de -1435 m NGF (+ ou - 20m) au niveau de GKB2.

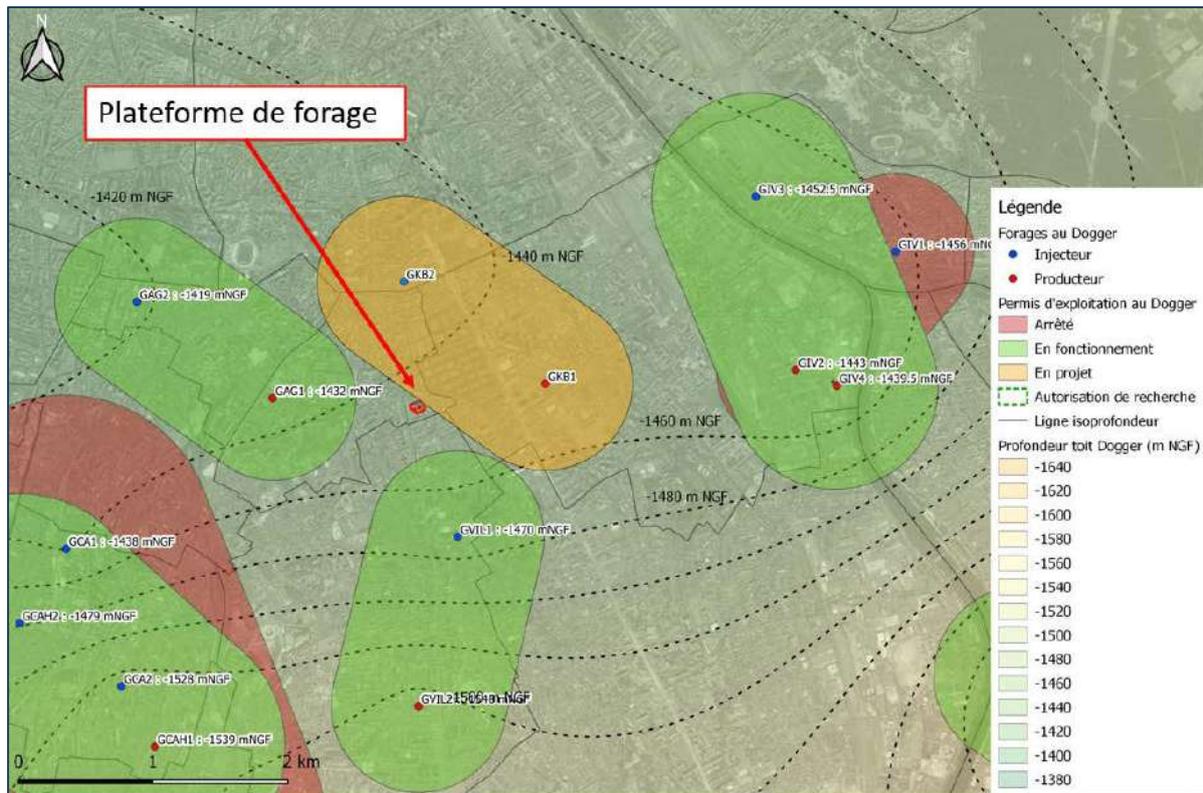


Figure 14 – Carte de l'altimétrie du toit du Dogger dans le secteur d'étude

### 3.4.4.3 Température du réservoir du Dogger

Le secteur du Kremlin-Bicêtre est contraint par la présence des doublets d'Arcueil-Gentilly à l'Ouest, Villejuif au Sud, et Ivry-sur-Seine à l'Est.

La température attendue au niveau du réservoir est de 65°C (+ ou - 2°C) au niveau de GKB1 et 63°C (+ ou - 2°C) au niveau de GKB2.

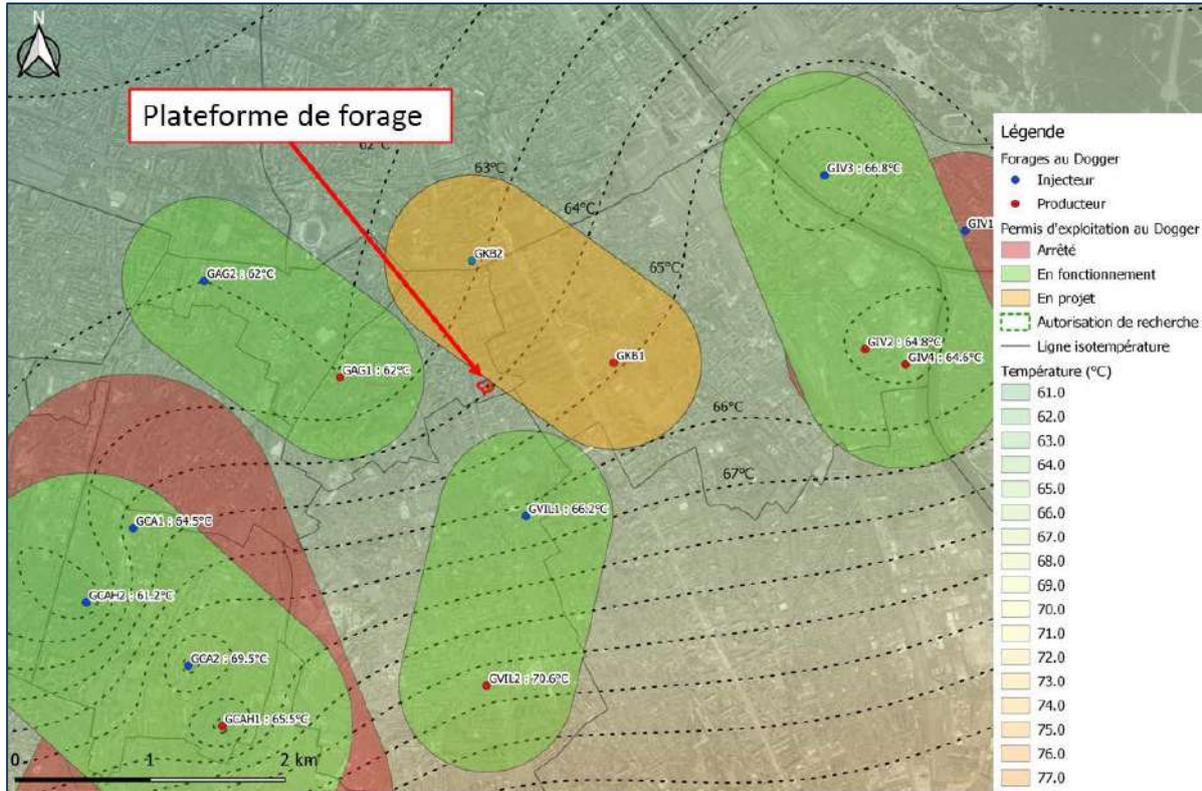


Figure 15 – Carte de la température du Dogger dans le secteur d'étude

### 3.4.4.4 Transmissivité du réservoir du Dogger

Les valeurs de transmissivité au Dogger semblent particulièrement chahutées dans le secteur : un facteur 10 sépare les valeurs observées au niveau du forage GVIL1 (injecteur de Villejuif) et du forage GIV4 (nouveau forage de production d'Ivry-sur-Seine) distants de seulement 3,4 km.

La carte de transmissivité disponible en Figure 16 est à relativiser : elle repose uniquement sur un calcul géostatistique. En l'état, il n'est pas possible d'écarter le scénario où la transmissivité d'un forage du doublet du Kremlin-Bicêtre serait équivalente à celle du forage d'injection de Villejuif.

Plusieurs hypothèses de transmissivité seront donc prises en considération dans la suite du rapport.

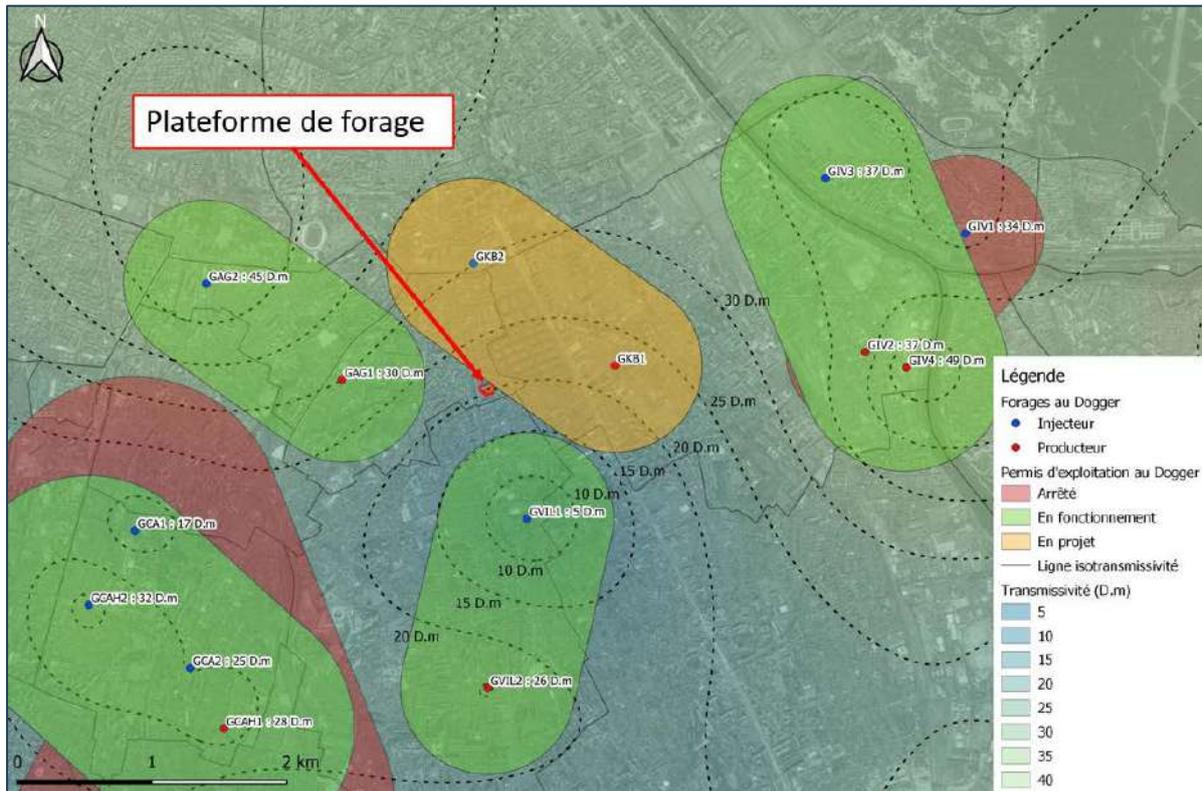


Figure 16 – Carte de la transmissivité du Dogger dans le secteur d'étude

### 3.4.5 Principe du forage pétrolier

La réalisation d'un forage géothermique s'apparente à celle d'un forage pétrolier : les techniques utilisées et les matériels sont similaires.

Le schéma de principe d'un forage pétrolier est rappelé en Figure 17. Des exemples d'ateliers de forages sont présentés en Figure 18.

Un outil de forage « rotary » relié à la surface par un train de tiges métalliques ("garniture de forage") supportées par le mât de forage par l'intermédiaire de l'ensemble treuil-moufle fixe / moufle mobile (fonction levage) est utilisé pour broyer la roche et permettre le forage du puits.

Le forage rotary utilise en général un tricône à dents, ou monobloc dans certaines conditions, animé d'une rotation sur lequel est appliquée une force procurée par le poids des tiges. Le poids sur l'outil est assuré par l'emploi de masses-tiges vissées au-dessus de l'outil et prolongées jusqu'en surface par les tiges de forage, simples tubes vissés entre eux et assurant la transmission du mouvement de rotation et la canalisation du fluide de forage.

La roche broyée est remontée en surface par circulation du fluide ou boue de forage ayant des propriétés de suspension des solides. Ce fluide est injecté depuis la surface dans les tiges de forage et pénètre dans le puits au niveau du fond du forage en cours grâce à des évents ("duses") aménagés sur l'outil de forage. Le fluide remonte ensuite du fond jusqu'en surface par l'espace annulaire entre les tiges de forage et les parois du trou en entraînant avec lui les déblais de roche broyée. En surface, la boue de forage est dirigée vers un circuit de traitement approprié (tamis, centrifugeuse) destiné à la débarrasser des solides indésirables ("cuttings") et à restaurer ses qualités de densité et de viscosité avant sa réinjection dans le puits. Les déblais de forage et les boues usées sont stockés temporairement dans des bacs métalliques de rétention à partir desquels ils peuvent être traités sur place ou transportés directement sur un site de traitement et d'élimination autorisé.

Le traitement des bacs sur site ne concerne que les boues à l'eau et consiste en une décantation des boues et déblais. La partie solide est acheminée vers un centre agréé, les eaux récupérées sont envoyées en station d'épuration.

Pendant l'exécution du forage, des cuvelages en acier sont régulièrement descendus dans le puits à différentes profondeurs et cimentés aux parois du trou (cf. Figure 19) afin d'en stabiliser la paroi, d'isoler les unes des autres les différentes zones poreuses et perméables rencontrées et de rendre possible l'approfondissement du forage dans des conditions satisfaisantes de sécurité.

Un chantier de forage de type pétrolier comprend :

- Un atelier de forage avec son mât de levage et sa plate-forme de travail surélevée,
- Des râteliers (tréteaux souvent dénommés racks) pour stocker les tiges de forage et les tubages avant leur emploi,
- Des moteurs thermiques diesel (échappements des moteurs équipés de silencieux), des groupes électrogènes avec leurs capots de protection,
- Des pompes et un circuit de traitement des boues et de filtration des boues,
- Plusieurs locaux mobiles de chantiers abritant des ateliers de mécanique, les bureaux, les vestiaires, les sanitaires...
- Des bacs à eau, à boue et à fluides de tests (eaux chaudes).

L'éclairage du chantier est assuré par des projecteurs dirigés exclusivement vers les lieux de travail et non vers les lieux environnants.

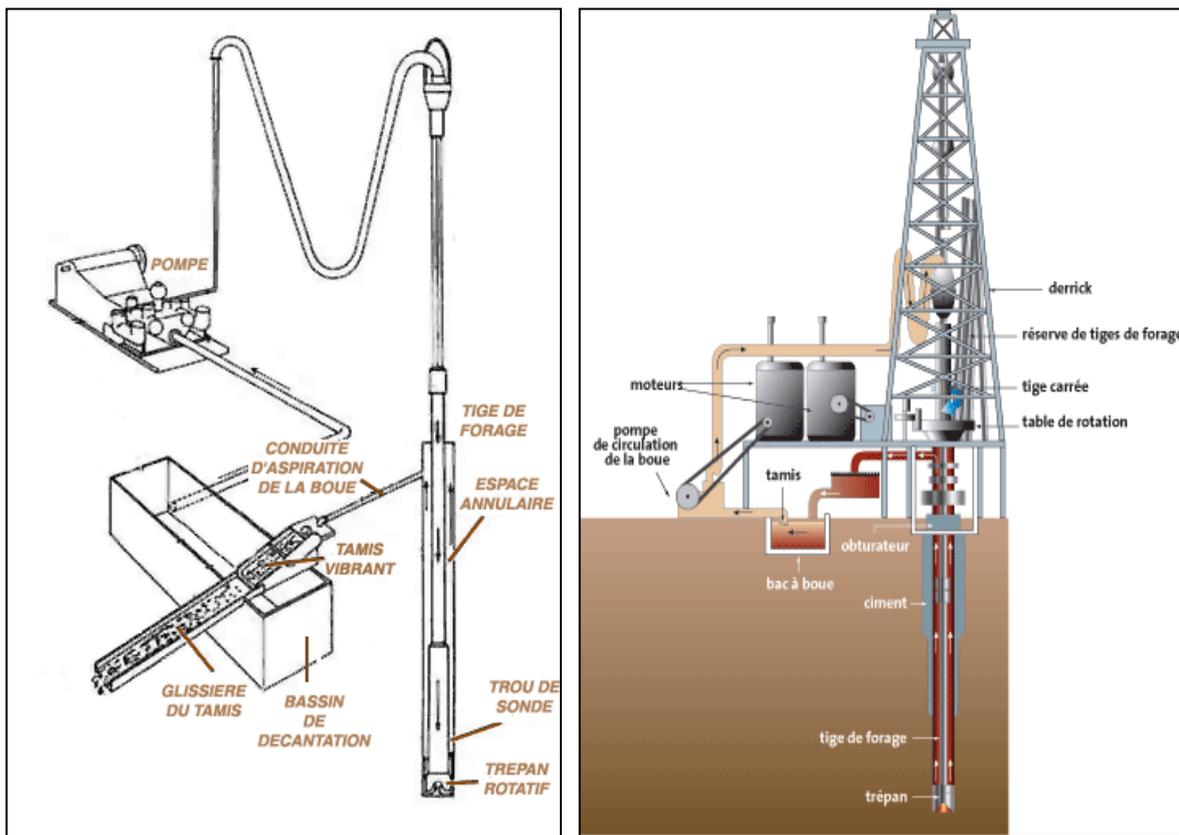
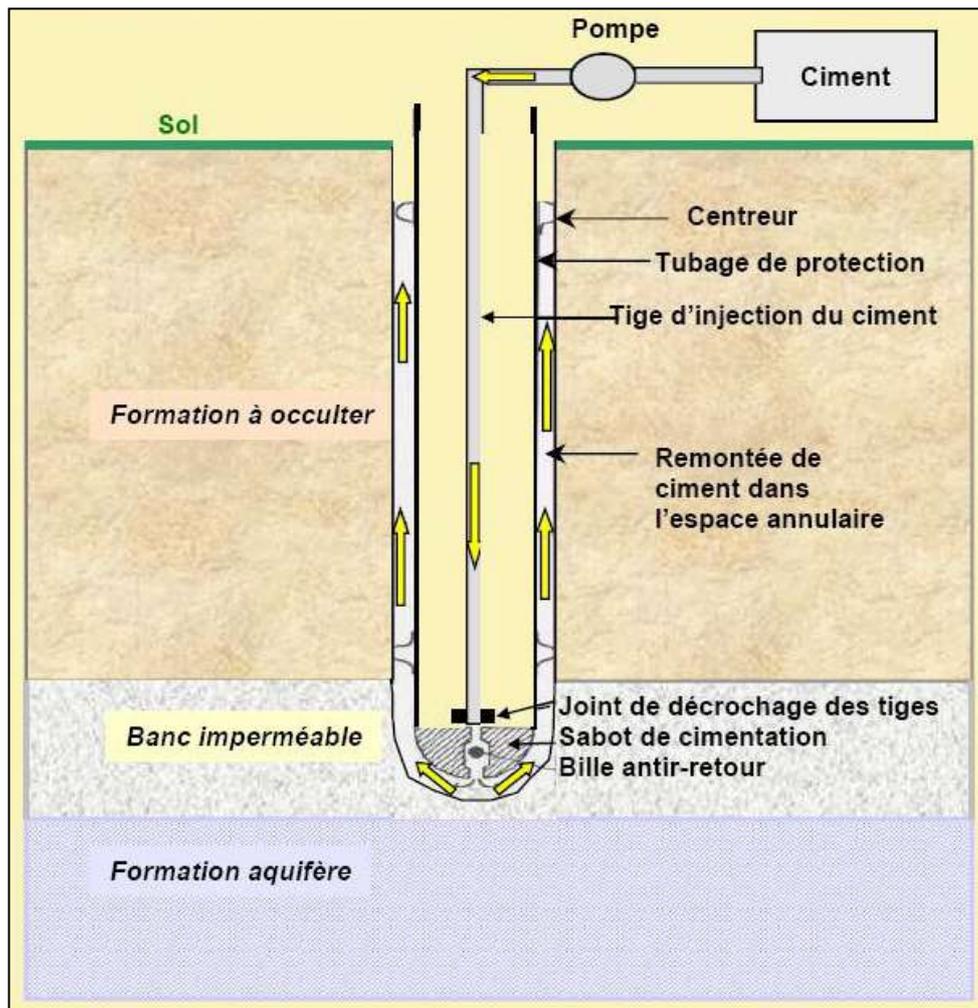


Figure 17 – Schémas de principe d'un forage de type pétrolier (Source : Ademe/BRGM)



Figure 18 – Exemples d’ateliers de forages géothermiques (Source : ADEME/BRGM)



*Il s'agit ici d'une cimentation par inner string (tiges de cimentation connectées au sabot pour l'injection du laitier puis ensuite déconnectées) ; cette méthode sera utilisée pour la pose du premier casing de gros diamètre (18''5/8).*

*Les cimentations des tubages de diamètre plus faible (13''3/8 et 9''5/8) sont faites par injection du laitier de ciment sous pression directement dans le tubage par l'intermédiaire d'une tête de cimentation ; le laitier est alors poussé par injection de boue de forage.*

**Figure 19 – Principe de cimentation d'un tubage (Source : BRGM)**

### 3.4.6 Architectures de puits

Les objectifs suivis pour l'établissement des architectures de puits sont les suivants :

- Réussir à implanter un nouveau permis d'exploitation qui ne recoupe pas les permis proches existants malgré un site de forage retenu éloigné ;
- Faire en sorte que les deux puits puissent être convertis en forage de production pour permettre un repli possible si une transmissivité faible est rencontrée sur l'un des puits ;
- Créer une chambre de pompage la plus profonde possible ;
- Mettre en place des architectures traditionnelles (diamètre conventionnel, traversée unique dans le réservoir) pour minimiser le budget correspondant ;
- Maximiser le déport entre les deux impacts au toit du réservoir pour minimiser le phénomène de recyclage thermique. Ici le déport obtenu entre le forage de production et le forage d'injection serait de 1300 m (correspond à un permis d'exploitation « petit format » et donc un déport plus faible que ceux retenus traditionnellement).

Les phases d'ingénierie de forage futures pourront amener à modifier l'architecture des puits proposée ici.

Des coupes techniques prévisionnelles et de trajectoires nominales sont disponibles dans les figures qui suivent.

Des modélisations devront être réalisées pour vérifier l'absence d'impact thermique et hydraulique significatif de ce nouveau projet sur les exploitations existantes. Cette modélisation devra également confirmer que la température de production du nouveau doublet ne diminue pas de plus de 1°C après 30 années d'exploitation.

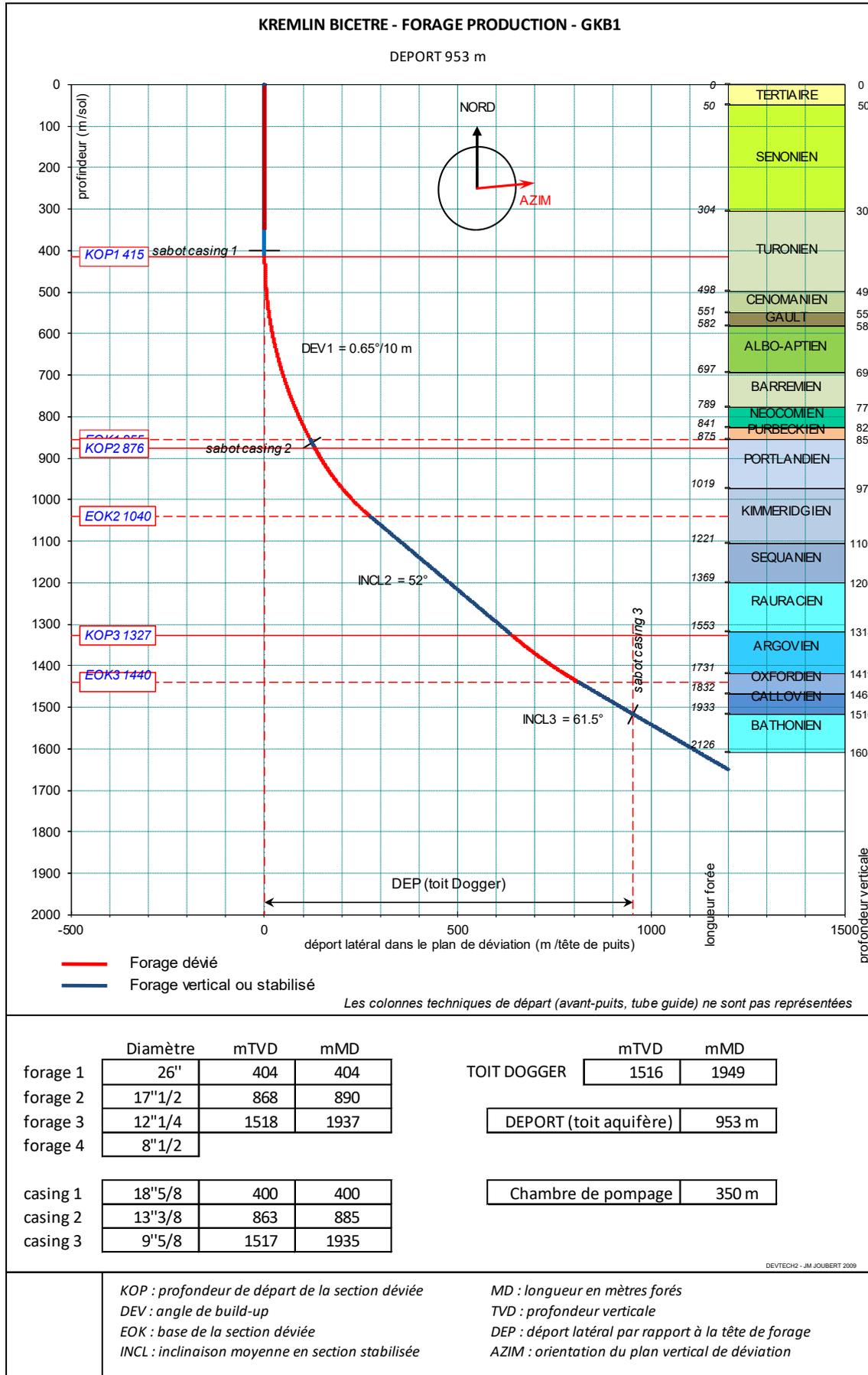
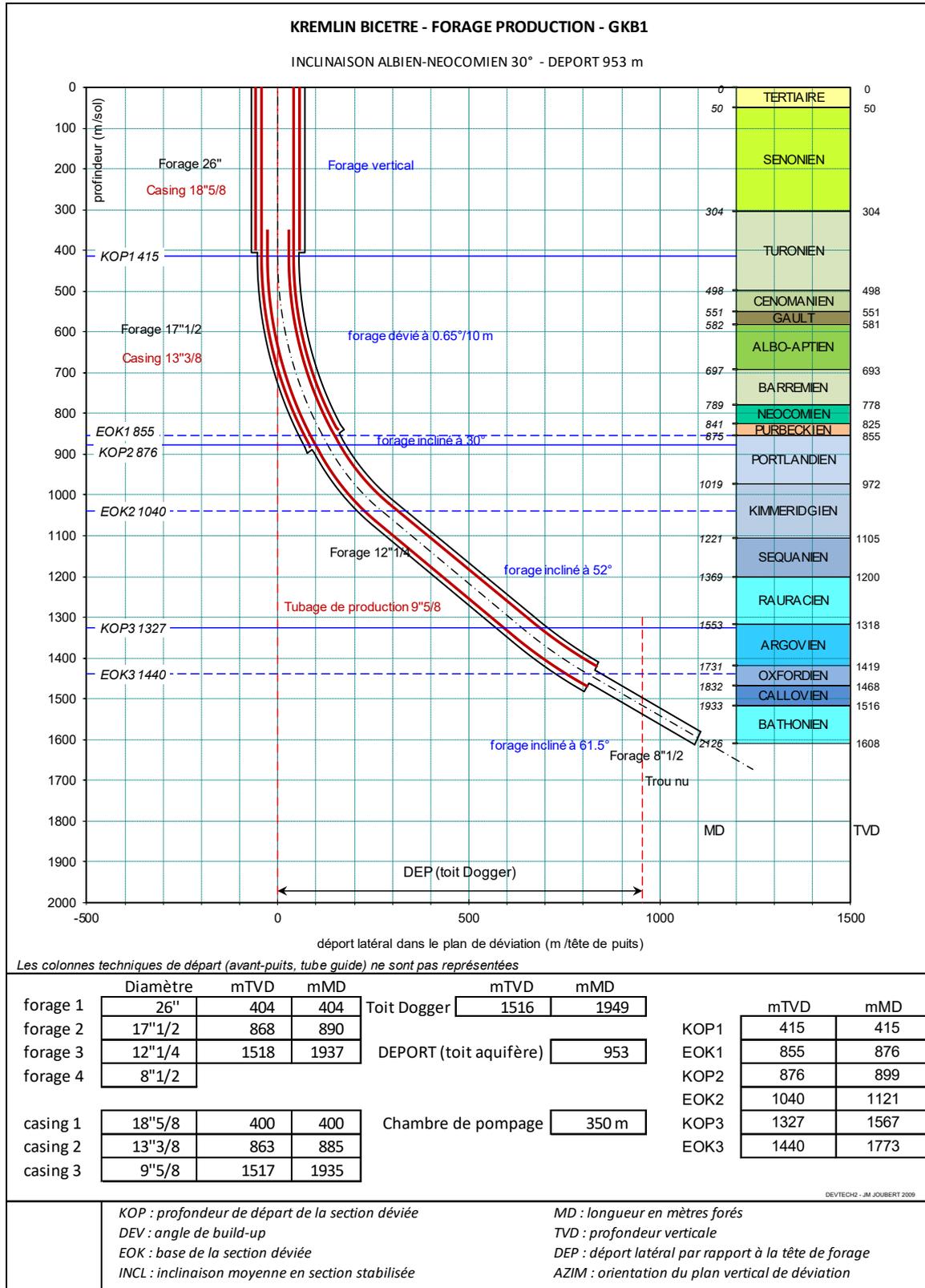


Figure 20 – Ebauche de trajectoire nominale prévisionnelle du puits de production GKB1



**Figure 21 – Ebauche de coupe technique prévisionnelle du puits de production GKB1**

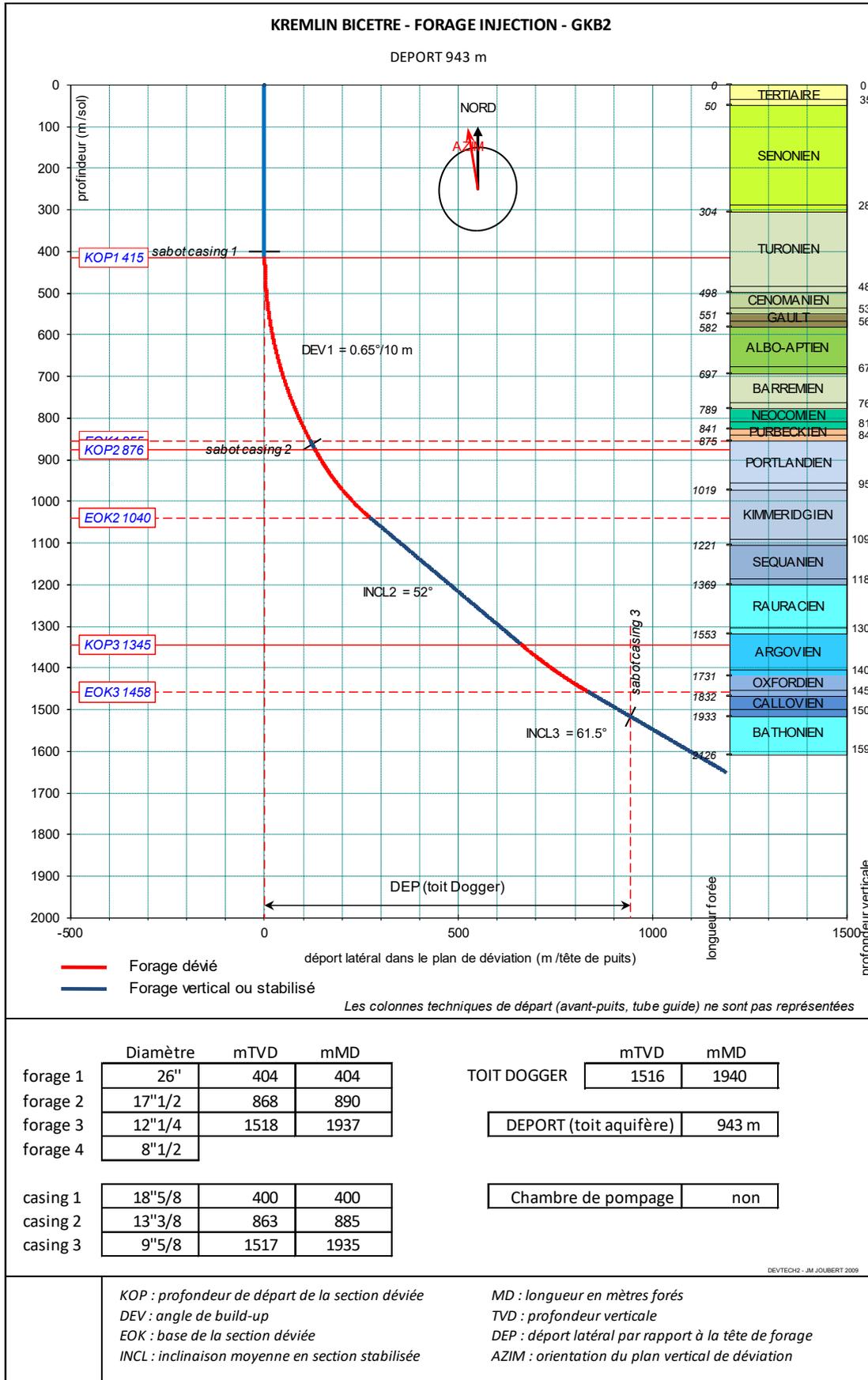
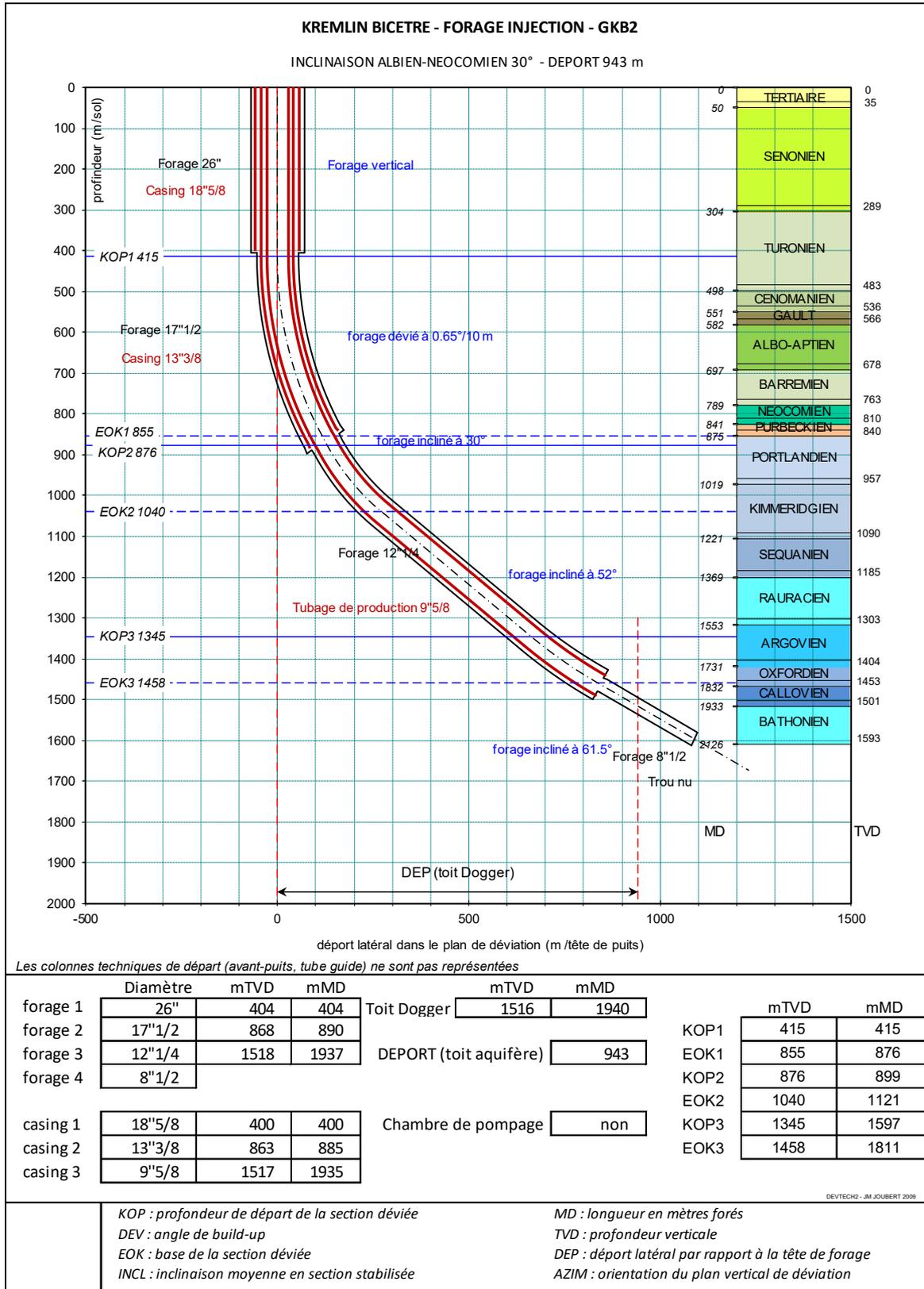


Figure 22 – Ebauche de trajectoire nominale prévisionnelle du puits d'injection GKB2



**Figure 23 – Ebauche de coupe technique prévisionnelle du puits d'injection GKB2**

### 3.4.7 Débits exploitables selon plusieurs scénarii de transmissivité

#### 3.4.7.1 Courbes de production pour le cas d'une transmissivité pessimiste mais supérieure à celle rencontrée à Villejuif (10 D.m)

Ce cas de figure prend en compte les hypothèses suivantes :

- Chambre de pompage à 350 m de profondeur ;
- Architecture de puits traditionnelle : diamètres classiques et traversée unique dans le découvert ;
- Niveau statique compris entre +100 et +110 m/sol.

Les courbes de production ci-dessous permettent de rendre compte que dans ce cas de figure défavorable le débit d'exploitation maximal atteignable serait d'environ 300 m<sup>3</sup>/h pour une rugosité de 0,1 mm (débit limité par la profondeur de la chambre de pompage). Avec une rugosité supérieur le débit d'exploitation de 300 m<sup>3</sup>/h ne pourrait pas être maintenu.

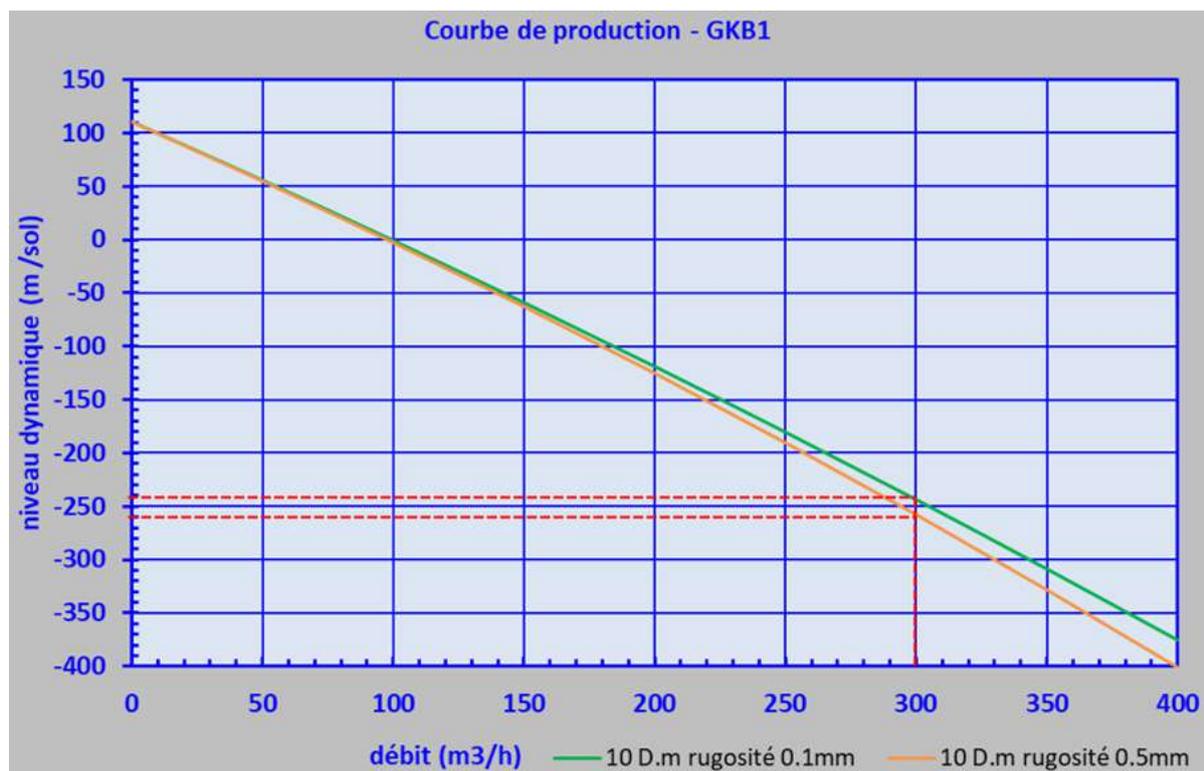


Figure 24 – Performances prévisionnelles du forage de production – 10 D.m

### 3.4.7.2 Courbes de production pour le cas de la transmissivité krigée (22,5 D.m)

Ce cas de figure prend en compte les hypothèses suivantes :

- Chambre de pompage à 350 m de profondeur ;
- Architecture de puits traditionnelle : diamètres classiques et traversée unique dans le découvert ;
- Niveau statique compris entre +100 et +110 m/sol.

Les courbes de production ci-dessous permettent de rendre compte que dans ce cas de figure un débit d'exploitation de 300 m<sup>3</sup>/h serait largement compatible pour une rugosité de 0,1 ou 0,5 mm (débit limité par la profondeur de la chambre de pompage).

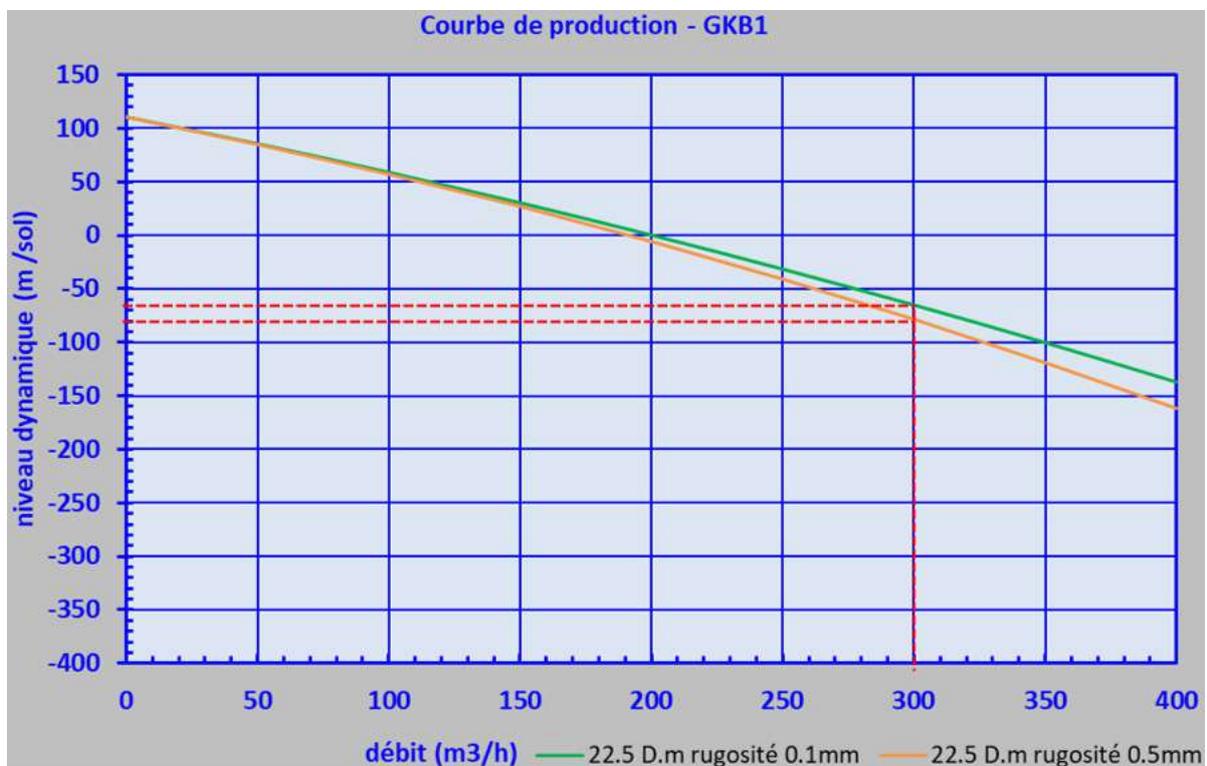


Figure 25 – Performances prévisionnelles du forage de production – 22,5 D.m

### 3.4.7.3 Courbes de production pour le cas d'une transmissivité très défavorable équivalente à celle rencontrée à Villejuif (5 D.m)

Ce cas de figure prend en compte les hypothèses suivantes :

- Chambre de pompage à 350 m de profondeur ;
- Architecture de puits améliorée : diamètres classiques et forage multi-drains dans le découvert ;
- Niveau statique compris entre +100 et +110 m/sol.

Les courbes de production ci-dessous permettent de rendre compte que dans ce cas de figure défavorable le débit d'exploitation maximal atteignable serait d'environ 300 m<sup>3</sup>/h pour une rugosité de 0,1 mm (débit limité par la profondeur de la chambre de pompage). Avec une rugosité supérieur le débit d'exploitation de 300 m<sup>3</sup>/h ne pourrait pas être maintenu.

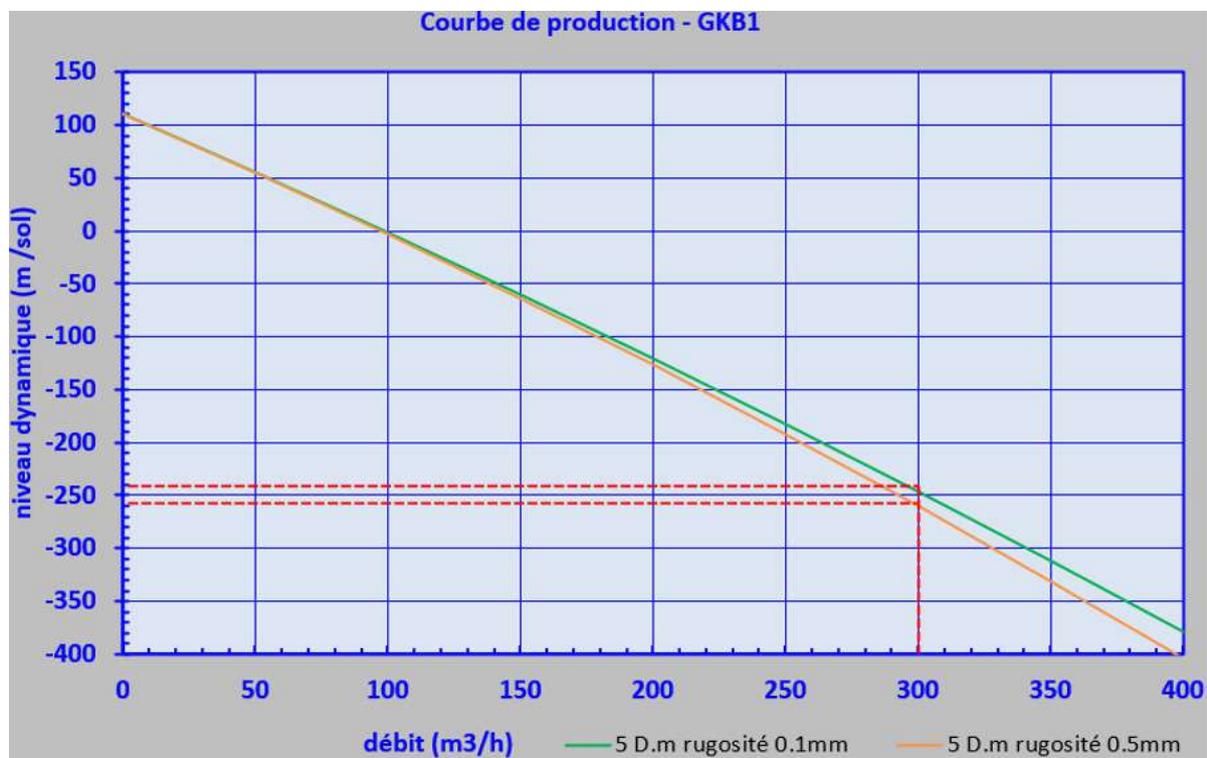


Figure 26 – Performances prévisionnelles du forage de production – 5 D.m

### 3.4.7.4 Courbes d'injection pour le cas d'une transmissivité pessimiste mais supérieure à celle rencontrée à Villejuif (17,5 D.m)

Ce cas de figure prend en compte les hypothèses suivantes :

- Architecture de puits traditionnelle : diamètres classiques et traversée unique dans le découvert ;
- Niveau statique compris entre +100 et +110 m/sol.

Les courbes d'injection ci-dessous permettent de rendre compte que ce cas de figure est compatible avec un débit d'exploitation de 300 m<sup>3</sup>/h (une pression d'injection de 32 bars avec une rugosité de 0,1 mm à 300 m<sup>3</sup>/h est largement compatible avec une pompe d'injection classique pour un projet au Dogger).



Figure 27 – Performances prévisionnelles du forage d'injection – 17,5 D.m

### 3.4.8 Conclusions sur la ressource géothermale

L'étude s'est concentrée sur l'aquifère du Dogger. Les aquifères de l'Albien, du Lusitanien et du Trias ont été écartés pour des raisons de manque de potentiel ou d'absence de points de repères voisins probants (caractère très exploratoire).

Au Dogger, le secteur du Kremlin-Bicêtre est largement contraint avec la présence des doublets d'Arcueil-Gentilly à l'Ouest (qui couvre en grande partie le sous-sol au droit du Kremlin-Bicêtre), Villejuif au Sud, et Ivry-sur-Seine à l'Est.

Les architectures de puits ont dû être pensées pour être compatibles avec les permis d'exploitation proches existants malgré un site de forage éloigné (cf. paragraphe 5.3.1.1) ainsi qu'avec la transmissivité chaotique reconnue dans le secteur.

En première approche, les architectures de puits seraient compatibles avec l'exploitation d'un doublet classique à un débit maximal de 300 m<sup>3</sup>/h. Ce débit pourrait également être atteint dans le cas d'une transmissivité extrême équivalente à celle de Villejuif à condition de mettre en place une solution multi-drains dans le réservoir. Des études supplémentaires vont être menées pour étudier la possibilité de mettre en place des architectures de puits améliorées pour sécuriser d'avantage l'exploitation de la ressource.

Des modélisations devront être réalisées pour vérifier l'absence d'impact thermique et hydraulique significatif de ce nouveau projet sur les exploitations existantes. Cette modélisation devra également confirmer que la température de production du nouveau doublet ne diminue pas de plus de 1°C après 30 années d'exploitation.

Ainsi, il est proposé de retenir les caractéristiques prévisionnelles du Dogger suivantes :

- Transmissivité :
  - o GKB1 : 22,5 D.m +/- 12,5 D.m
  - o GKB2 : 30 D.m +/- 12,5 D.m
- Altitude du toit du réservoir :
  - o GKB1 : -1450 m NGF +/- 20
  - o GKB2 : -1435 m NGF +/- 20 m
- Température de fond attendue au niveau de GKB1 : 65°C +/- 2°C
- Température de réinjection minimale avec PAC : 25°C, l'étude prend en compte une valeur de 30°C
- Débit d'exploitation potentiel retenu pour un doublet classique : 300 m<sup>3</sup>/h
- Puissance EnR&R estimée : 12,18 MW (pour 300 m<sup>3</sup>/h).

## 3.5 SOLAIRE THERMIQUE

L'énergie solaire consiste à récupérer une infime partie de l'énorme quantité d'énergie que fournit le rayonnement solaire à la Terre quotidiennement. Cependant, cette énergie est par nature intermittente, l'énergie produite doit soit être utilisée immédiatement soit être stockée de manière proportionnée pour un réseau de chaleur d'une telle envergure.

Il semble peu opportun de retenir cette énergie dans la démarche de l'étude compte-tenu des contraintes sur les projets (sites inscrits / sites classés / périmètre monuments historiques) et du dimensionnement nécessaire pour la production pour un réseau de chaleur. Il faudrait ainsi installer, en région Île-de-France et dans des conditions d'exposition optimales, environ 2000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires thermiques soit une emprise au sol de 6000 m<sup>2</sup> environ pour produire en moyenne 1000 MWh/an de chaleur.

## 3.6 BIOMASSE

### 3.6.1 Méthanisation puis combustion de biogaz

La méthanisation (encore appelée digestion - anaérobie) est un processus naturel biologique de dégradation de la matière organique (déchets alimentaires, matières fermentescibles...) en absence d'oxygène. C'est une réaction biologique qui se produit naturellement dans certains sédiments, marais ou rivières. Elle peut être reproduite artificiellement dans des usines de méthanisation.

La méthanisation sur le territoire de l'étude ne semble pas être en adéquation avec les besoins en chaleur des villes. Cependant, elle pourra faire l'objet d'une attention particulière, notamment sous le prisme de la loi transition énergétique qui obligera d'ici 2024 à organiser le tri sélectif des biodéchets (à l'origine de la méthanisation) à l'échelle du territoire aggloméré.

### 3.6.2 Combustion directe de plaquettes de bois

La biomasse-énergie est la principale source d'énergie renouvelable en France : elle représente plus de 55 % de la production d'énergie finale et contribue donc significativement à réduire la consommation d'énergies fossiles.

Cette énergie est considérée comme une énergie renouvelable à condition que les forêts (ou autre exploitation) bénéficient d'une gestion durable et que la somme des émissions de gaz à effet de serre liée aux transformations, aux transports et à la combustion puisse être

absorbée lors de la croissance des arbres. La biomasse s'appuie donc sur le cycle du carbone et la capacité métabolique des arbres à réaliser la photosynthèse.

### 3.6.2.1 Caractéristiques de la biomasse

« La biomasse est la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers » (article L211-2 du Code de l'énergie).

La biomasse utilisée est décrite grâce aux rubriques suivantes : plaquettes forestières et assimilées, connexes et sous-produits de l'industrie de première transformation du bois, bois fin de vie et bois déchets, granulés, sous-produits industriels, sous-produits agricoles. Le pouvoir calorifique du combustible biomasse varie principalement en fonction de l'humidité, entre 2,3 MWh PCI/t pour les plaquettes forestières humides (50%) à 4,8 MWh PCI/t pour des granulés de bois.

Un plan d'approvisionnement de la biomasse sera constitué pour chaque projet en phase de réalisation. Il décrit :

- Les caractéristiques de la biomasse utilisée,
- Les garanties sur la nature et l'origine géographique du combustible,
- Le rayon d'approvisionnement du combustible,
- Les engagements des fournisseurs y compris sur le prix,
- L'évaluation des risques de concurrences d'usage,
- Le respect des exigences relatives à la gestion durable des forêts.

Pour des projets de plus de 12 GWh PCI/an de biomasse par an, l'ADEME exige une part minimale de 50% de plaquettes forestières dans le mix, en respectant le taux régional des surfaces forestières certifiées gestion durable (PEFC, FSC) et au prorata des régions d'approvisionnement utilisées sur la part de plaquettes forestières.

### 3.6.2.2 Filière biomasse

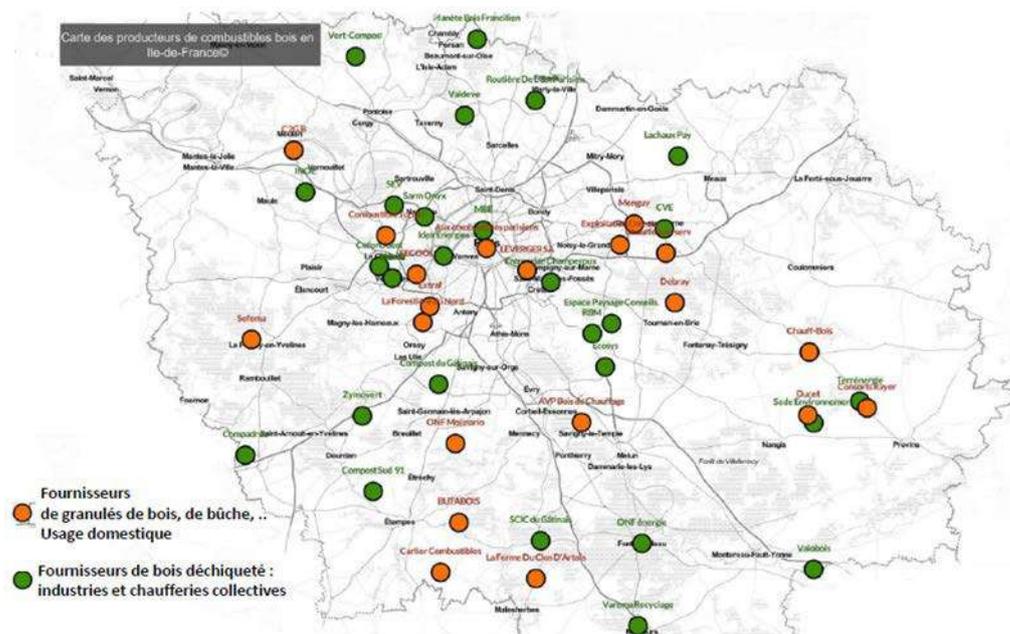


Figure 28 - Carte des producteurs de bois énergie (source : <http://www.biomasse-energie-idf.fr/> (2018))

La carte présentée ci-dessus montre un grand nombre de fournisseurs de biomasse-énergie dans un rayon de 50 km autour du Kremlin-Bicêtre. Il existe des exploitants forestiers et des fournisseurs de bois-énergie dans certaines villes voisines du périmètre de l'étude (Sud parisien...). La ressource est d'ailleurs utilisée pour l'alimentation d'un certain nombre de réseaux de chaleur du territoire de la région parisienne.

La ressource est intéressante, dans le cas où la géothermie ne serait pas adaptée au réseau de chaleur à créer au Kremlin-Bicêtre. L'importance de l'origine et de l'exploitation de la ressource est au cœur de la démarche énergétique. Cependant, les contraintes importantes de livraison et d'insertion paysagère sont à intégrer dans le choix de la prise de décision finale.

## 3.7 CONCLUSION SUR LES GISEMENTS D'ENR&R

Les sources d'énergies renouvelables ou de récupération présentes sur le territoire de l'étude ont été caractérisées, en vue de produire de manière significative, de la chaleur pour un réseau de chaleur à créer au Kremlin-Bicêtre.

Deux énergies ont initialement été retenues pour l'alimentation du potentiel réseau de chaleur du territoire communal dans la suite de l'étude :

- La ressource géothermale au Dogger, en priorité dans le respect de la démarche EnR'Choix,
- Ou la ressource biomasse en dernier recours, finalement écartée par la Ville



# 4 RECENSEMENT PATRIMONIAL

## 4.1 METHODE

Le recensement patrimonial s'est concentré sur le périmètre complet de la commune du Kremlin-Bicêtre, et a par la suite été étendu sur les quartiers limitrophes.

Pour déterminer les consommations actuelles du patrimoine existant, la procédure suivante a été mise en œuvre :

- Exploitation des données en accès libre (données locales énergie de GRDF, base de données CSTB, informations presse / satellite / photos, etc.),
- Contact avec le maître d'ouvrage ou son assistant en vue d'obtenir des renseignements sur les installations thermiques, consommations et facture énergétique,
- Sans réponse complète du maître d'ouvrage malgré des relances entre juin et novembre 2022, des estimations ont dû être réalisées (après vérification de la présence d'une chaufferie collective). Les hypothèses de consommations prises en compte pour les estimations sont les suivantes :

**Tableau 1 - Hypothèses prises pour les estimations**

	Enseignement	Equipement public	Logement ancien	Logement neuf	Tertiaire
Chauffage (kWh <sub>ut</sub> /m <sup>2</sup> )	80	70	110	35	80
ECS (kWh <sub>ut</sub> /m <sup>2</sup> )	10	10	46	46	7
Chauffage (kW/lgt)			7	2,5	
ECS (kW/lgt)			3	3	

Pour les bâtiments anciens :

- Les diminutions de consommations de chauffage ont été prises en compte en fonction des informations fournies à ce sujet par les maîtres d'ouvrage,
- En l'absence d'informations, une réduction de consommations a été appliquée à horizon 2030 selon les hypothèses suivantes :

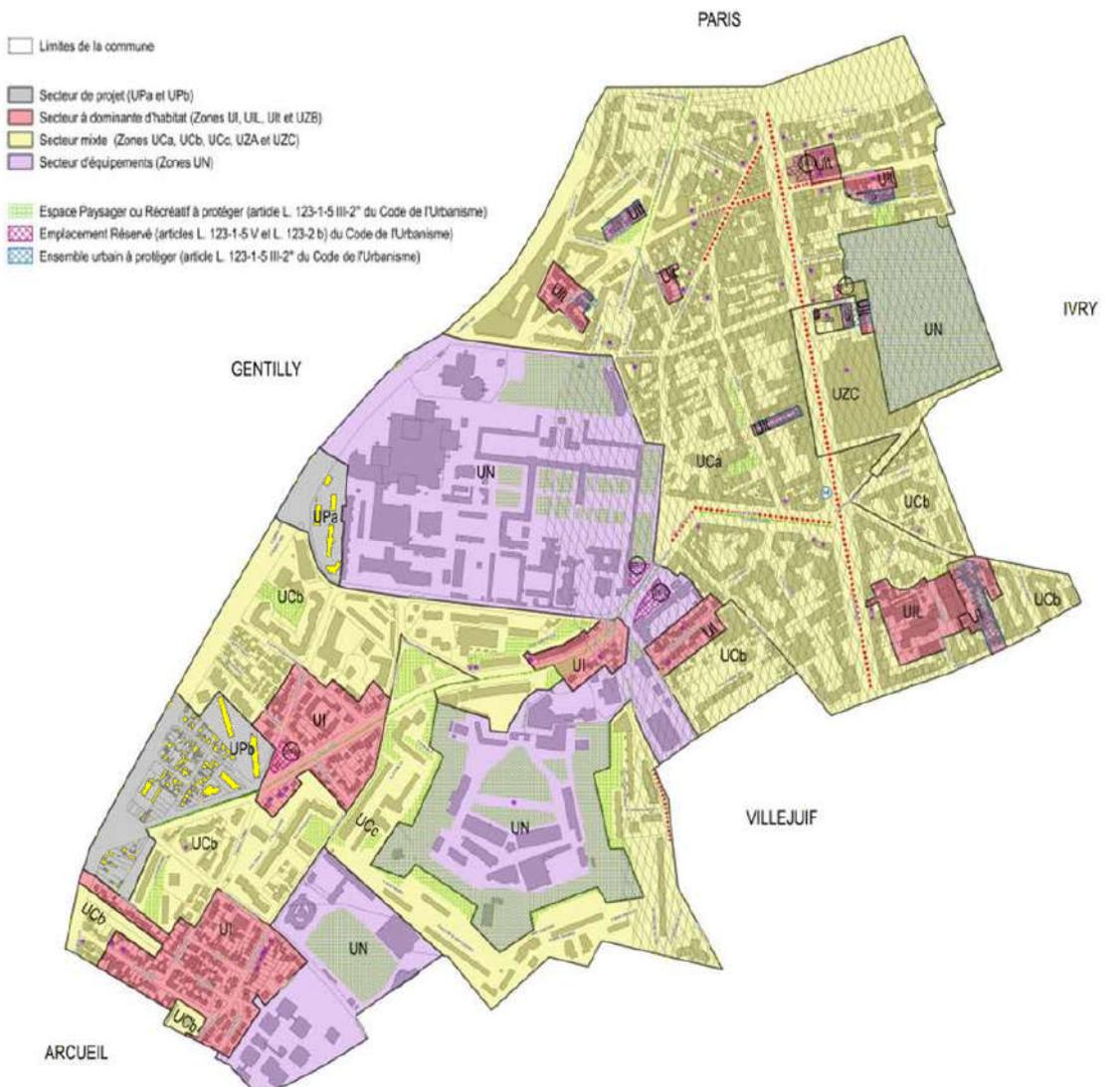
**Tableau 2 : Hypothèses des baisses de consommations**

Enseignement	Equipement public	Logement ancien	Logement neuf	Tertiaire
--------------	-------------------	-----------------	---------------	-----------

<b>Diminution conso chauffage</b>	15 %	15 %	10 %	0 %	10 %
-----------------------------------	------	------	------	-----	------

## 4.2 TERRITOIRE DU PATRIMOINE RECENSE

Le plan suivant permet de situer les différents quartiers du Kremlin-Bicêtre qui seront repris dans la suite du rapport :



**Figure 29 – Espaces urbains et secteurs d’équipements du Kremlin-Bicêtre**

La ville du Kremlin-Bicêtre est essentiellement composée d’immeubles anciens, de logements et de commerces. La ville est dense avec peu de zones pavillonnaires. Trois zones d’équipements se distinguent et occupent une partie importante du territoire, il s’agit de l’Hôpital Bicêtre au centre de la ville, le Fort Bicêtre plus au Sud et enfin la zone scolaire au Sud en limite de bordure avec Villejuif.

Sur ce territoire, des prospectus ont été identifiés, publics et privés, en vue de caractériser leur mode de production de chauffage et d’ECS.

## 4.3 CARTE DES BESOINS EN CHALEUR COLLECTIVE

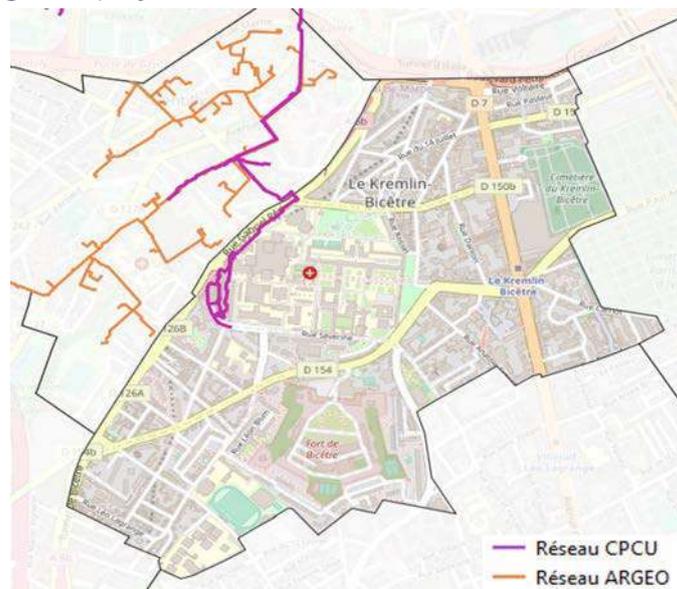
### 4.3.1 Périmètre du Kremlin-Bicêtre

#### 4.3.1.1 Hôpital Bicêtre - APHP

L'Hôpital Bicêtre est actuellement raccordé et alimenté par le réseau de chaleur de la ville de Paris (CPCU) sous forme de vapeur. Le contexte de renouvellement de la DSP du réseau de chaleur de Paris rendant incertain la pérennité de la branche extra-muros alimentant le Kremlin-Bicêtre, la présente étude s'est tournée vers la possibilité d'alimenter l'Hôpital.

Les besoins du site sont de 42 GWh dont près de 25 GWh pour des usages en eau chaude sanitaire ainsi qu'en procédés. Un réseau interne alimente en vapeur un total de 12 sous-stations vapeur et une chaudière gaz de 17,3 MW appartenant à CPCU sert en cas de secours ainsi qu'en injection sur le réseau de Paris.

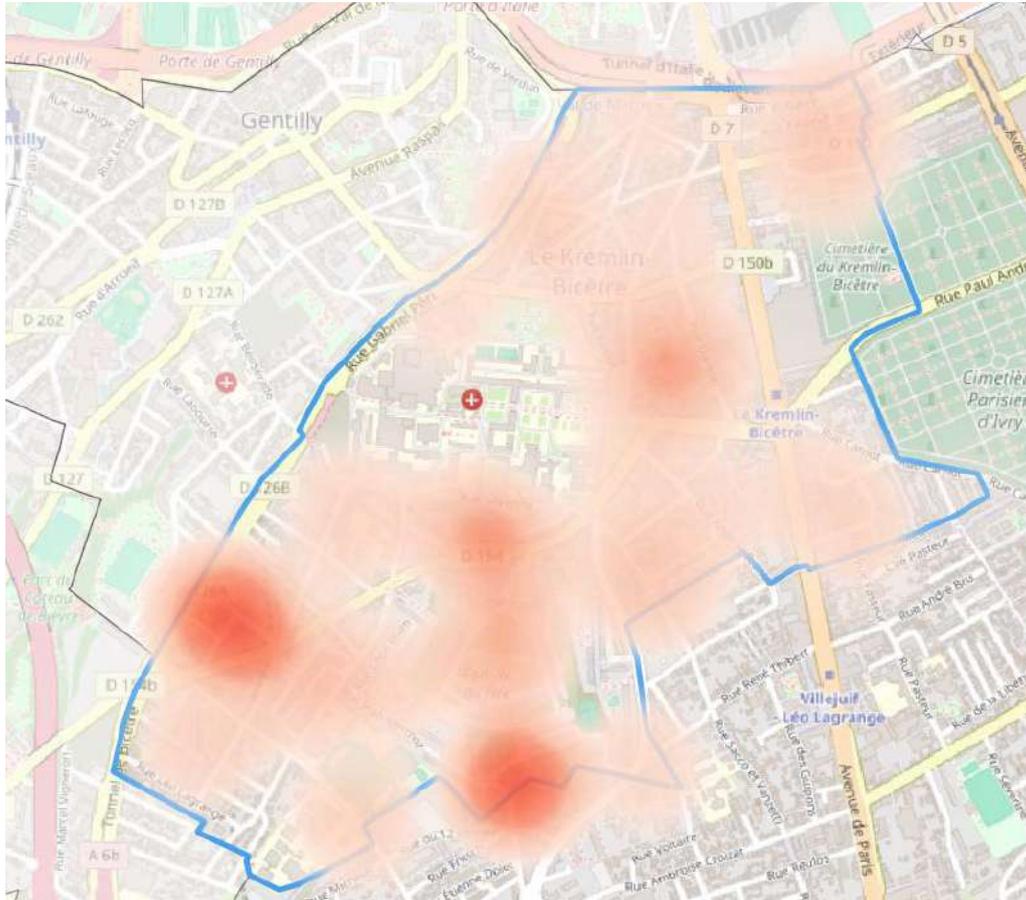
Le fonctionnement en vapeur du réseau actuel ainsi que les modifications importantes nécessaires sur les installations internes de l'hôpital, ont poussé l'APHP à rester raccorder à CPCU et ne pas intégrer le projet du Kremlin-Bicêtre.



**Figure 30 : Plan du réseau CPCU alimentant l'Hôpital**

Ce prospect n'a pas été pris en compte dans le reste de l'étude.

### 4.3.1.2 Autres prospects



**Figure 31 - Carte de chaleur du territoire**

La carte de chaleur ainsi présentée permet de rendre compte des densités de chaleur du territoire du Kremlin-Bicêtre. Elle permet d'évaluer l'intérêt de la création d'un réseau de chaleur.

À partir de la carte de chaleur, il est possible de caractériser les premières orientations possibles sur le périmètre de l'étude. Des zones représentant les fortes densités de chaleur, émergent en vue de la création d'un réseau de chaleur.

La carte de chaleur des besoins du territoire présentée met en évidence l'importance des trois principaux consommateurs (CDC Habitat « Le Fort », le programme d'aménagement « Entrée de Ville » et le Fort de Bicêtre) qui occupent le côté sud de la Ville.

Dans le détail, les consommations de chaleur collective identifiées dans l'étude et qui ont permis de dresser cette carte de chaleur, sont représentés ci-dessous :

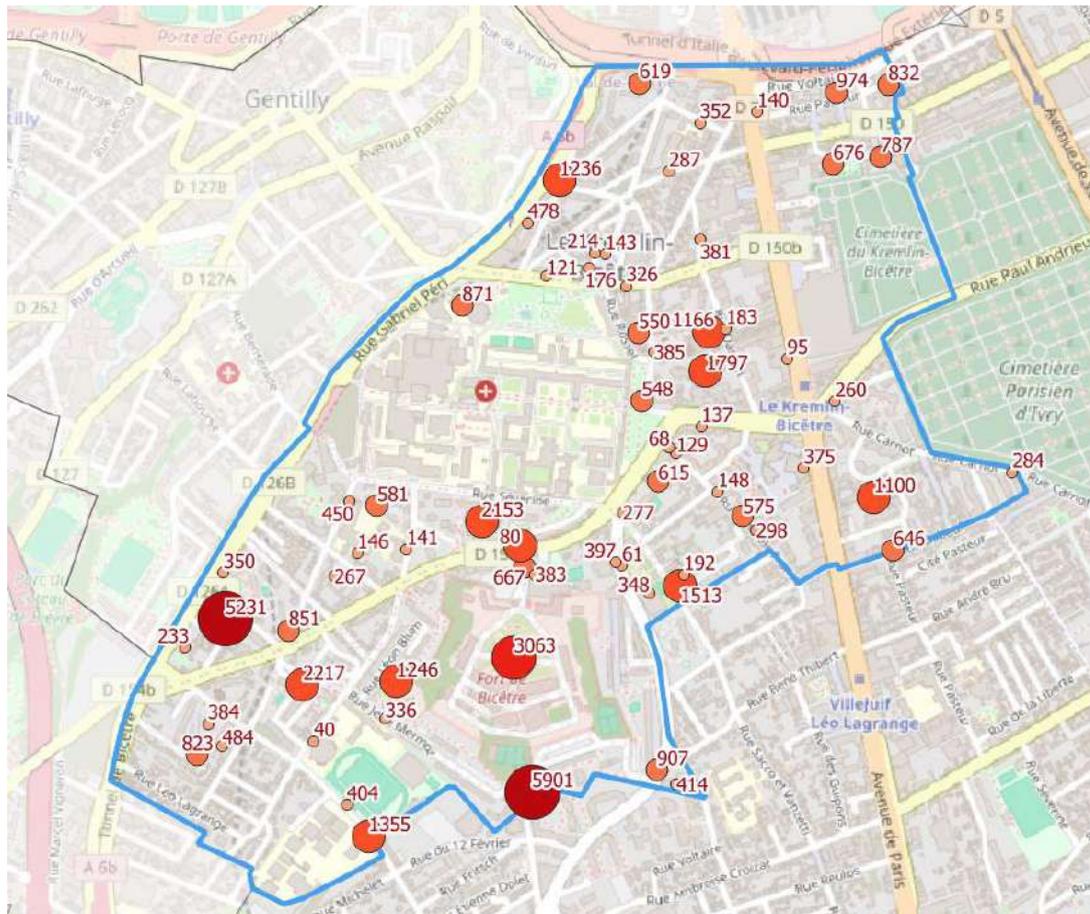


Figure 32 - Besoins en chaleur collective du territoire (en MWh utile)

Au total près de 52 GWh de besoins sont identifiés sur le territoire, soit 48 GWh après attrition à horizon 2030.

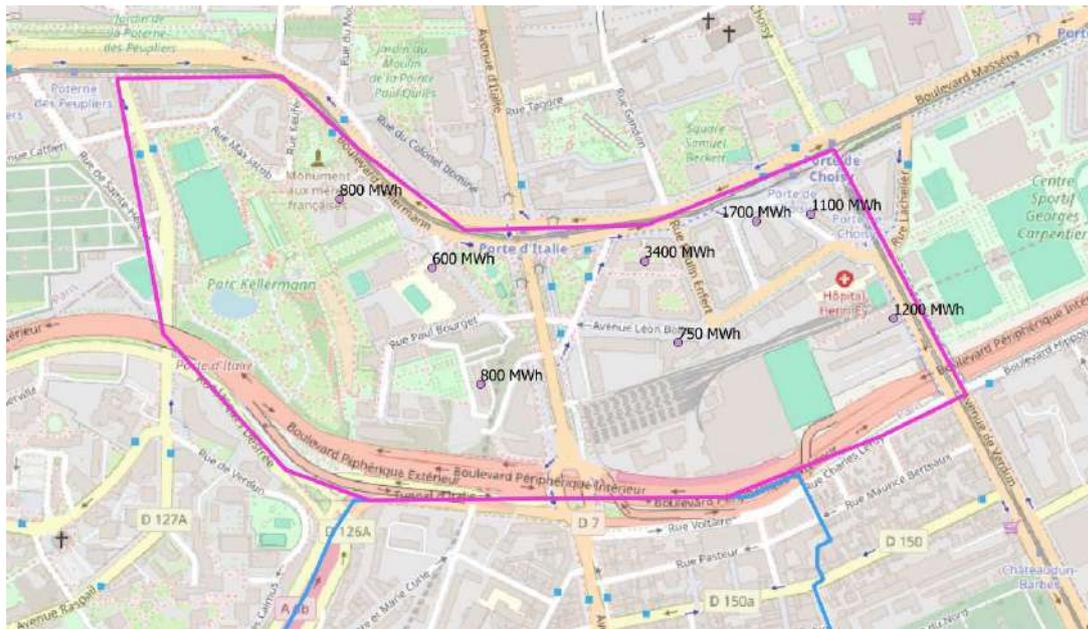
Les besoins identifiés sur le territoire du Kremlin-Bicêtre se sont révélés trop faibles afin de disposer d'une installation de géothermie au Dogger, il a donc été nécessaire d'étudier sur un périmètre plus large les différents besoins en chaleur.

### 4.3.2 Potentiel complémentaire hors périmètre

#### 4.3.2.1 Treizième arrondissement de Paris

Un potentiel de besoin de chaleur a été identifié au sud de Paris XIII, les données GRDF ont permis d'identifier une dizaine de Gigawattheures de besoin de chaleur au niveau de sites alimentés en chaufferies collective et encore non raccordés au réseau de Paris.

Le périmètre restreint délimité par le Boulevard Périphérique, l'avenue de Verdun, le Boulevard Masséna et le Parc Kellerman, comptabilise 8 prospects pour un besoin de 7,3 GWh.



**Figure 33 : Prospects Paris XIII**

Les contraintes de franchissement du périphérique parisien a contraint à éloigner ces prospects de l'étude.

#### 4.3.2.2 Projet immobilier ECOTONE - Arcueil

Un vaste pôle d'activités baptisé Ecotone est prévu sur le coteau, zone à l'est d'Arcueil, limitrophe au Kremlin-Bicêtre. Ce projet de programme mixte de près de 82 000 m<sup>2</sup> verra le jour d'ici 2026. Afin de répondre à des objectifs exigeants de développement durable et de performance énergétique le complexe prévoit d'être alimenté par le biais d'un réseau de chaleur renouvelable.

Le réseau d'ARGEO peut répondre à ce besoin mais la localisation du site par rapport à la centrale d'ARGEO entrainerait un investissement important pour le raccordement du site. Du fait de sa proximité au potentiel futur réseau du Kremlin-Bicêtre le pôle d'activité ECOTONE pourrait être alimenté par ce réseau.

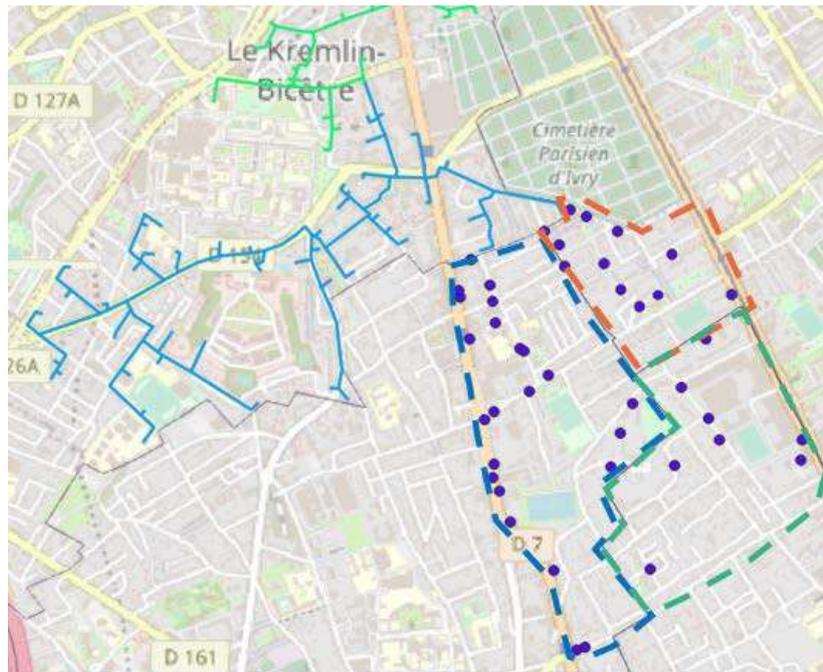


Figure 34 : Localisation du projet ECOTONE - Arcueil

Les besoins de chaleur estimés du prospect sont de 6,3 GWh, dont 3,6 GWh de besoin ECS.

### 4.3.2.3 Villejuif, Ivry-sur-Seine, Vitry-sur-Seine

En concertation avec les trois villes, l'alimentation en chaleur de la zone à l'est du Kremlin-Bicêtre, sous le cimetière d'Ivry, délimitée par les départementales D5, D7 et D148 a pu être étudiée.



**Figure 35: Prospection villes voisines du Kremlin-Bicêtre**

Au total 43 points de consommation ont été identifiés dans cette zone via une analyse des consommations gaz via les données GRDF, soit un total de 40,9 GWh de besoin de chaleur. La répartition est la suivante :

- Ivry-sur-Seine : 12 points de consommation pour 10 GWh de besoins (zone orange)
- Villejuif : 23 points de consommation pour 16,4 GWh de besoins (zone bleue)
- Vitry-sur-Seine : 8 points de consommation pour 14,5 GWh de besoins (zone verte)

Ces prospects étant éloignés des réseaux de leur ville respective, une alimentation depuis le réseau de chaleur du Kremlin-Bicêtre pourrait s'avérer pertinente d'un point de vue technique mais aussi économique.

Une partie de ces besoins sera utilisée dans la suite de l'étude. Les données des prospects des villes voisines n'ayant pas été confirmées par les maitres d'ouvrage, une partie des prospects n'a pas été retenu dans la suite de l'étude afin de garder une marge de manœuvre.

# 5 ETUDE DE FAISABILITE DU RESEAU DE CHALEUR

À partir de l'étude du potentiel EnR&R et des besoins de chaleur sur le territoire, deux scénarios ont été étudiés dans la présente étude :

- **Scénario 1** : La création d'un **doublet géothermal au Dogger** pour desservir le réseau de chaleur à créer au Kremlin-Bicêtre, ainsi qu'un export de chaleur vers les réseaux voisins. L'export nécessaire pour l'étude a été dimensionné en cohérence avec les besoins de la ville et les différents potentiels hors périmètre. Besoin total de **85 811 MWh/an à horizon 2030**
  - Linéaire de réseau : **9 690 mètres linéaires** (en mètres de tranchée) uniquement pour le Kremlin-Bicêtre
  - Besoins sur **le Kremlin-Bicêtre** : **47 993 MWh/an à horizon 2030**
  - Export vers **les villes voisines** : **37 818 MWh/an à horizon 2030**
  
- **Scénario 2** : La création d'un **doublet géothermal au Dogger** pour desservir le réseau de chaleur à créer au Kremlin-Bicêtre et sur les villes voisines, à savoir ECOTONE à Arcueil, Villejuif, Ivry-sur-Seine et Vitry-sur-Seine. Besoin total de **84 505 MWh/an à horizon 2030**
  - Linéaire de réseau : **14 273 mètres linéaires** (en mètres de tranchée) sur les 5 villes
  - Besoins sur **le Kremlin-Bicêtre** : **47 993 MWh/an à horizon 2030**
  - Besoins sur **ECOTONE** : **6 318 MWh/an à horizon 2030**
  - Besoins sur **les trois villes au Sud** : **30 194 MWh/an à horizon 2030**

Le scénario 0, dont le périmètre était exclusivement le territoire du Kremlin-Bicêtre, et n'incluait pas d'export de chaleur, a été écarté dans le reste de l'étude du fait de sa faible pertinence économique et énergétique.

## 5.1 POTENTIELS ABONNES AU RESEAU

### 5.1.1 Abonnés potentiels et besoins énergétiques

Les tableaux suivants présentent la liste des abonnés potentiels du futur réseau de chaleur :

**Tableau 3 - Liste des abonnés potentiels du réseau à créer**

Nom du programme	Maître d'ouvrage	Adresse	Commune	Nombre de logements	Scénario (S1/S2)
Hôtel de Ville	Commune	Place Jean Jaurès/Convention	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Centre technique municipal 1	Commune	5/13, rue M. Sembat	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Ecole maternelle Suzanne Buisson	Commune	31/35, rue A France	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Ecole maternelle Pauline Kergomard	Commune	10, rue B Malon	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Ecole maternelle Mohamed Megrez	Commune	49, rue B Malon	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Ecole maternelle Jean Zay	Commune	27, rue de la Convention	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Ecole maternelle Robert Desnos	Commune	3/7, rue P Lafargue	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Ecole primaire Benoît Malon	Commune	2, rue J Mermoz	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Ecole primaire Charles Péguy	Commune	3 bis, rue de Verdun-Lazare Ponticelli	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Espace André Maigné	Commune	18 bis, rue du 14 juillet	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
CLSH Aimé Césaire	Commune	3, bd Chastenet de Géry	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Club A Lacroix	Commune	84, av de Fontainebleau	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Stade des Esselières	Commune	53, rue du Pr Bergonié	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Gymnase J Ducasse	Commune	5, bd Chastenet de Géry	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Cosec E Purkart	Commune	12, bd Chastenet de Géry	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Bâtiment dit PSTI	Commune	135 av de Fontainebleau	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Bureaux (Mission Locale + PIJ/Jeunesse + Actions sociales) + Crèche Les Petits Cailloux	OPALY	40, av C Gide	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
15/15 bis rue Anatole France	Copropriété	15 r anatole france	Le Kremlin-Bicêtre	24	S1/S2
26 - 36 RUE DANTON	Copropriété	26 r danton	Le Kremlin-Bicêtre	121	S1/S2
RESIDENCE DE JEU DE PAUME	Copropriété	9 r danton	Le Kremlin-Bicêtre	69	S1/S2
VERONIQUE	Copropriété	42 r danton	Le Kremlin-Bicêtre	178	S1/S2
110 avenue de Fontainebleau	CABINET R. BIGRET	110 avenue de Fontainebleau	Le Kremlin-Bicêtre	34	S1/S2

Nom du programme	Maître d'ouvrage	Adresse	Commune	Nombre de logements	Scénario (S1/S2)
3 et 3bis av Anatole France	1001 vies habitat	3 rue anatole France	Le Kremlin-Bicêtre	21	S1/S2
Verdun - Bat A (côté rue)	1001 vies habitat	1 bis rue de verdun	Le Kremlin-Bicêtre	24	S1/S2
Verdun - Bat B (côté cour)	1001 vies habitat	1 bis rue de verdun	Le Kremlin-Bicêtre	11	S1/S2
In'Li Danton	In'LI	27 Rue Danton	Le Kremlin-Bicêtre	19	S1/S2
In'Li Carnot	In'LI	40 Rue Carnot	Le Kremlin-Bicêtre	28	S1/S2
LE KREMLIN JEU DE PAUME	Seqens	9-11 RUE DANTON	Le Kremlin-Bicêtre	69	S1/S2
LE KREMLIN BICETRE 03 /1	Seqens	32 rue Pasteur	Le Kremlin-Bicêtre	82	S1/S2
Résidence Périchets	Valdevy	"43, 45 rue Gabriel Péri	Le Kremlin-Bicêtre	92	S1/S2
Résidence Paix	Valdevy	50, rue Elisée Reclus "	Le Kremlin-Bicêtre	145	S1/S2
Résidence 25 bis Thomas	Valdevy	30, boulevard Chastenet de Géry	Le Kremlin-Bicêtre	31	S1/S2
Lafargue 1	Valdevy	25 bis, avenue Eugène Thomas	Le Kremlin-Bicêtre	43	S1/S2
Lafargue 2	Valdevy	1, rue du 19 mars 1962	Le Kremlin-Bicêtre	140	S1/S2
Résidence Glacis du Fort	Valdevy	3, 13 rue du 19 mars 1962	Le Kremlin-Bicêtre	99	S1/S2
Résidence Barnufles 1	Valdevy	17, 19, 21, 23, 25 avenue Charles Gide	Le Kremlin-Bicêtre	60	S1/S2
Résidence Bergonié	Valdevy	40, avenue Charles Gide	Le Kremlin-Bicêtre	115	S1/S2
Résidence 135 Péri	Valdevy	1,2,3, 8 rue Philippe Pinel	Le Kremlin-Bicêtre	50	S1/S2
Résidence Jaurès	Valdevy	135, rue Gabriel Péri	Le Kremlin-Bicêtre	49	S1/S2
Résidence Sablons	Valdevy	6bis, 8, 10 place Jean Jaurès	Le Kremlin-Bicêtre	96	S1/S2
Résidence Sembat	Valdevy	23, 37 rue Pierre Curie	Le Kremlin-Bicêtre	120	S1/S2
SABL_IZTAKRABIN_2A6	ICF la Sablière	50, rue Marcel Sembat	Le Kremlin-Bicêtre	45	S1/S2
Résidence J.Mermoz L.Blum	SNI	2, 4, 6 rue Yitzhak Rabin	Le Kremlin-Bicêtre	178	S1/S2
Rés. ANATOLE France	Antin residences	21, rue Jean Mermoz	Le Kremlin-Bicêtre	115	S1/S2
Résidence Hauts-Martinets	Valdevy	rue Anatole France Jean Monet	Le Kremlin-Bicêtre	407	S1/S2
Lycée Darius Milhaud	Région	7,9 rue de la Fraternité	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2

Nom du programme	Maître d'ouvrage	Adresse	Commune	Nombre de logements	Scénario (S1/S2)
ZAC Lacroix Gambetta	Valophis	80 rue du Professeur Bergonié	Le Kremlin-Bicêtre	144	S1/S2
Piscine	Mairie du Kremlin-Bicêtre	38, 40, 42, 44, 46, 48 rue Elisee Reclus	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Collège Albert Cron	CG94	48, avenue Charles Gide	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
RIVP_GENLECLERC_69	SEM RIVP	5, rue Marcel Sembat	Le Kremlin-Bicêtre	35	S1/S2
Résidence Convention	Valdevy	69, rue du Général Leclerc	Le Kremlin-Bicêtre	30	S1/S2
Collège Jean Perrin	CG94	52, 52 bis, rue de la Convention	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Groupe scolaire privé Jeanne d'Arc (école maternelle et élémentaire)		15, avenue Charles Gide	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Lycée polyvalent Pierre Brossolette	Région	2 avenue du repos	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
28 logement + rez de chaussé commercial (Nexity)	Nexity	5 rue Pierre Brossolette	Le Kremlin-Bicêtre	28	S1/S2
22 logements (SCCV KB – Arcade)	SCCV KB – Arcade	4 Place Jean Jaurès	Le Kremlin-Bicêtre	22	S1/S2
Extension bâtiment sur 3 niveau (APHP - enseignement)	APHP	35, rue Kennedy	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Commissariat		78, rue Gal Leclerc	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
EVSO		Rue Gabriel Péri	Le Kremlin-Bicêtre	951	S1/S2
Rosset / Leclerc			Le Kremlin-Bicêtre	100	S1/S2
Université Paris Sud CPCU	Région		Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
SDC		35 rue de la convention	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Fort de Bicêtre	Ministère des armées	90 route stratégique	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Le kremlin - le fort	CDC Habitat		Le Kremlin-Bicêtre	769	S1/S2
Kremlin Bicêtre - l'âne vert	CDC Habitat	1-17 Blum / 1-11 Morinet / 1-13 Sangnie	Le Kremlin-Bicêtre	94	S1/S2
Kremlin Bicêtre - les plantes	CDC Habitat	9 rue Gracchus Babeuf	Le Kremlin-Bicêtre	66	S1/S2
Kremlin Bicêtre - pierre Semard	CDC Habitat	3 avenue du boulo-drome	Le Kremlin-Bicêtre	51	S1/S2
Kremlin Bicêtre - Bergonié	CDC Habitat	"10 Bis/10 Ter Rue Du Pr Begonie	Le Kremlin-Bicêtre	39	S1/S2
Groupe 194KC	Paris Habitat	21 Rue Pierre Semard"	Le Kremlin-Bicêtre	87	S1/S2

Nom du programme	Maître d'ouvrage	Adresse	Commune	Nombre de logements	Scénario (S1/S2)
Epita	Epita	10-12 rue professeur Bergonie	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Immeuble beige Marcel	Copropriété	7, boulevard Chastenet de Géry	Le Kremlin-Bicêtre		S1/S2
Lech Walesa	Commune	22 rue voltaire	Le Kremlin-Bicêtre	200	S1/S2
30 rue henri barbusse		30 rue henri barbusse	Villejuif		S2
25 rue emile zola		25 rue emile zola	Villejuif		S2
96 rue bizet		96 rue bizet	Villejuif		S2
1 rue emile zola		1 rue emile zola	Villejuif		S2
37 rue de la paix		37 rue de la paix	Ivry-sur-Seine		S2
179 boulevard de stalingrad		179 boulevard de stalingrad	Ivry-sur-Seine		S2
33 rue carnot		33 rue carnot	Ivry-sur-Seine		S2
23 rue carnot		23 rue carnot	Ivry-sur-Seine		S2
35 rue carnot		35 rue carnot	Ivry-sur-Seine		S2
62 rue verollot		62 rue verollot	Ivry-sur-Seine		S2
58 rue verollot		58 rue verollot	Ivry-sur-Seine		S2
rue claude debussy		rue claude debussy	Vitry-sur-Seine		S2
70 rue auber		70 rue auber	Vitry-sur-Seine		S2
19 rue robert degert		19 rue robert degert	Vitry-sur-Seine		S2
87 rue auber		87 rue auber	Vitry-sur-Seine		S2
133 boulevard de stalingrad		133 boulevard de stalingrad	Vitry-sur-Seine		S2
83 rue auber		83 rue auber	Vitry-sur-Seine		S2
141 boulevard de stalingrad		141 boulevard de stalingrad	Vitry-sur-Seine		S2
2 rue babeuf		2 rue babeuf	Villejuif		S2
45 rue verollot		45 rue verollot	Villejuif		S2
9 rue dauphin		9 rue dauphin	Villejuif		S2
50 rue pasteur		50 rue pasteur	Villejuif		S2
69 rue pasteur		69 rue pasteur	Villejuif		S2
16 rue pasteur		16 rue pasteur	Villejuif		S2
35 rue henri barbusse		35 rue henri barbusse	Villejuif		S2
rte d'Arcueil		rte d arceuil	Villejuif		S2
26 rue henri martin		26 rue henri martin	Ivry-sur-Seine		S2
24 rue henri martin		24 rue henri martin	Ivry-sur-Seine		S2
84 avenue de verdun		84 avenue de verdun	Ivry-sur-Seine		S2

Nom du programme	Maître d'ouvrage	Adresse	Commune	Nombre de logements	Scénario (S1/S2)
39 et 41 rue du quartier parisien		"39 et 41 rue du quartier parisien	Ivry-sur-Seine		S2
ECOTONE		D154 B ZAC du Coteau	ARCUEIL		S2

Sont ajoutés, au scénario 1, un volume de 37 818 MWh de besoins annuels à horizon 2030 en export. Ce volume, défini afin d'optimiser la récupération de chaleur depuis la ressource du Dogger ainsi que le taux EnR&R et la rentabilité du projet, représente des prospects encore non définis et pourra être échangé vers les réseaux voisins. Dans ce scénario, le détail des prospects voisins n'est pas une caractéristique nécessaire, seul le volume de chaleur exporté a un intérêt.

Le tableau suivant présente les besoins en chaleur collective de ces bâtiments, déterminés pour une rigueur climatique standard de 2 150 DJU :

**Tableau 4 - Besoins en chaleur collective des abonnés potentiels**

Nom du programme	Besoins chauffage 2030 à 2150 DJU (MWh/an)	Besoins ECS 2030 (MWh/an)	Besoin totaux 2030 (MWh/an)
Hôtel de Ville	104	20	125
Centre technique municipal 1	303	59	362
Ecole maternelle Suzanne Buisson	218	42	260
Ecole maternelle Pauline Kergomard	103	20	123
Ecole maternelle Mohamed Megrez	29	6	35
Ecole maternelle Jean Zay	238	46	284
Ecole maternelle Robert Desnos	206	35	241
Ecole primaire Benoît Malon	245	47	293
Ecole primaire Charles Péguy	449	87	535
Espace André Maigné	210	41	250
CLSH Aimé Césaire	44	9	53
Club A Lacroix	69	13	82
Stade des Esselières	295	57	352
Gymnase J Ducasse	254	49	303
Cosec E Purkart	290	56	346
Bâtiment dit PSTI	102	20	122
Bureaux (Mission Locale + PIJ/Jeunesse + Actions sociales) + Crèche Les Petits Cailloux	65	7	73
15/15 bis rue Anatole France	133	0	133

Nom du programme	Besoins chauffage 2030 à 2150 DJU (MWh/an)	Besoins ECS 2030 (MWh/an)	Besoin totaux 2030 (MWh/an)
26 - 36 RUE DANTON	733	352	1085
RESIDENCE DE JEU DE PAUME	239	115	354
VERONIQUE	1130	542	1672
110 avenue de Fontainbleau	236	113	349
3 et 3bis av Anatole France	116	0	116
Verdun - Bat A (côté rue)	133	0	133
Verdun - Bat B (côté cour)	61	0	61
In'Li Danton	116	54	170
In'Li Carnot	180	84	264
LE KREMLIN JEU DE PAUME	316	147	463
LE KREMLIN BICETRE 03 /1	426	359	785
Résidence Périchets	162	299	460
Résidence Paix	491	362	852
Résidence 25 bis Thomas	123	0	123
Lafargue 1	1361	0	1361
Lafargue 2	173	0	173
Résidence Glacis du Fort	601	0	601
Résidence Barnufles 1	1153	0	1153
Résidence Bergonié	422	354	777
Résidence 135 Péri	315	0	315
Résidence Jaurès	193	0	193
Résidence Sablons	276	313	589
Résidence Sambat	360	450	811
SABL_IZTAKRABIN_2A6	608	0	608
Résidence J.Mermoz L.Blum	1121	0	1121
Rés. ANATOLE France	518	0	518
Résidence Hauts-Martinets	1995	0	1995
Lycée Darius Milhaud	996	182	1179
ZAC Lacroix Gambetta	577	595	1172
Piscine	1647	215	1862
Collège Albert Cron	383	0	383
RIVP_GENLECLERC_69	252	105	357
Résidence Convention	109	0	109
Collège Jean Perrin	326	0	326
Groupe scolaire privé Jeanne d'Arc (école maternelle et élémentaire)	196	29	225
Lycée polyvalent Pierre Brossolette	259	47	306

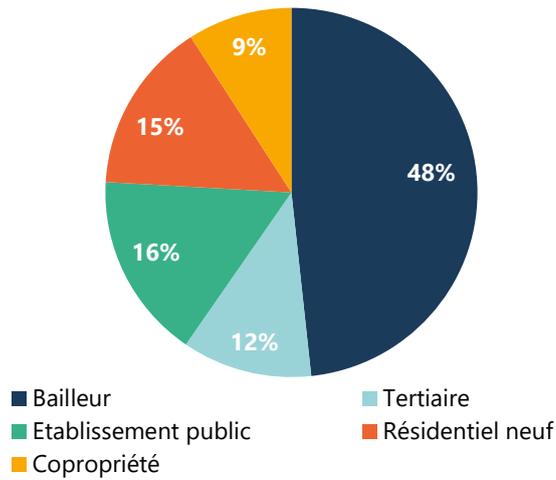
Nom du programme	Besoins chauffage 2030 à 2150 DJU (MWh/an)	Besoins ECS 2030 (MWh/an)	Besoin totaux 2030 (MWh/an)
28 logement + rez de chaussé commercial (Nexity)	76	100	176
22 logements (SCCV KB – Arcade)	63	83	146
Extension bâtiment sur 3 niveau (APHP - enseignement)	454	44	498
Commissariat	193	19	211
EVSO	2378	2853	5231
Rossel / Leclerc	250	300	550
Université Paris Sud CPCU	645	113	758
SDC	455	75	531
Fort de Bicêtre	1940	907	2847
LE KREMLIN - LE FORT	5311	0	5311
KREMLIN BICETRE - L'ANE VERT	399	202	601
KREMLIN BICETRE - LES PLANTES	487	246	733
KREMLIN BICETRE - PIERRE SEMARD	299	152	451
KREMLIN BICETRE - BERGONIE	238	120	358
Groupe 194KC	373	0	373
Epita	779	108	887
Immeuble beige Marcel	240	0	240
Lech Walesa	500	600	1100
30 rue henri barbusse	554	264	818
25 rue emile zola	1322	630	1952
96 rue bizet	1318	628	1946
1 rue emile zola	1409	671	2079
37 rue de la paix	1035	493	1528
179 boulevard de stalingrad	673	320	993
33 rue carnot	290	138	428
23 rue carnot	467	222	689
35 rue carnot	429	204	633
62 rue verollot	312	149	461
58 rue verollot	352	168	520
rue claude debussy	720	343	1062
70 rue auber	2306	1098	3404
19 rue robert degert	618	294	912
87 rue auber	438	209	647
133 boulevard de stalingrad	1735	826	2561
83 rue auber	423	202	625

Nom du programme	Besoins chauffage 2030 à 2150 DJU (MWh/an)	Besoins ECS 2030 (MWh/an)	Besoin totaux 2030 (MWh/an)
141 boulevard de stalingrad	1767	842	2609
2 rue babeuf	193	92	285
45 rue verollot	318	152	470
9 rue dauphin	308	147	455
50 rue pasteur	230	110	340
69 rue pasteur	199	95	294
16 rue pasteur	244	116	360
35 rue henri barbusse	144	69	212
rte d'Arcueil	221	105	327
26 rue henri martin	740	352	1093
24 rue henri martin	892	425	1317
84 avenue de verdun	210	100	311
39 et 41 rue du quartier parisien	585	278	863
ECOTONE	2730	3588	6318
<b>TOTAL</b>	<b>59 924</b>	<b>24 581</b>	<b>84 505</b>

Afin de faciliter la lecture des besoins énergétiques, il en est proposé ci-dessous une synthèse par typologie d'usager pour le scénario 1 et par ville pour le scénario 2 :

**Tableau 5 - Répartition des besoins par typologie – Scénario 1 (Kremlin-Bicêtre uniquement)**

Typologie de maître d'ouvrage	Besoins 2030 scénario 1 (en MWh/an)
<b>Bailleur</b>	23 179
<b>Tertiaire</b>	5 427
<b>Etablissement public</b>	7 821
<b>Résidentiel neuf</b>	7 203
<b>Copropriété</b>	4 363
<b>TOTAL</b>	<b>47 993</b>

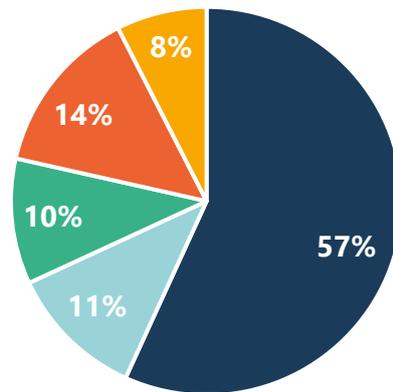


**Figure 36 - Répartition des consommations par typologie de maître d'ouvrage - scénario 1**

Dans ce scénario **l'export possible** n'est pas identifié précisément mais a été dimensionné à **37 818 MWh à horizon 2030** afin d'atteindre une consommation totale de **85 811 MWh/an à horizon 2030**.

**Tableau 6 - Répartition des besoins par ville – Scénario 2**

Ville des prospects	Besoins scénario 2 (en MWh/an)
Le Kremlin-Bicêtre	47 993
Villejuif	9 539
Ivry-sur-Seine	8 836
Vitry-sur-Seine	11 819
Arcueil	6 318
<b>TOTAL</b>	<b>84 505</b>



■ Le Kremlin-Bicêtre ■ Villejuif ■ Ivry-sur-Seine ■ Vitry-sur-Seine ■ Arcueil

**Figure 37 - Répartition des consommations par villes - scénario 2**

### 5.1.2 Puissance appelée et puissance souscrite

Dans le cadre de l'étude, la puissance souscrite a été déterminée comme étant la somme de la puissance appelée pour le chauffage par  $-7^{\circ}\text{C}$  et de la puissance appelée ECS correspondant à la consommation journalière lissée sur 6 heures, affectée d'un coefficient de surpuissance de 10%.

Dans le calcul de la puissance appelée pour le chauffage un coefficient d'intermittence a été appliqué en fonction de la typologie des bâtiments :

Typologie des Bâtiments	Intermittence
Enseignement	65%
Equipement public	70%
Logement	85%
Résidentiel neuf	85%
Tertiaire	70%

Pour l'export du scénario 1, l'hypothèse a été faite que 15 % de l'export était à destination de logements neufs et que les 85 % restants était à destination de logements anciens.

	Scénario 1 (KB uniquement)	Scénario 1 (avec export)	Scénario 2
Puissance appelée chauffage par $-7^{\circ}\text{C}$ (kW)	25 463	40 699	36 024
Puissance appelée ECS (kW)	5 138	10 886	11 224

<b>Puissance appelée totale (kW)</b>	30 602	51 585	47 248
<b>Puissance souscrite (kW)</b>	<b>33 662</b>	<b>56 744</b>	<b>56 318</b>

Ces puissances souscrites ne sont données qu'à titre indicatif, et les modalités de calculs seront définies contractuellement par le porteur du projet.

### 5.1.3 Sous stations à raccorder au réseau

#### 5.1.3.1 Sous stations à créer

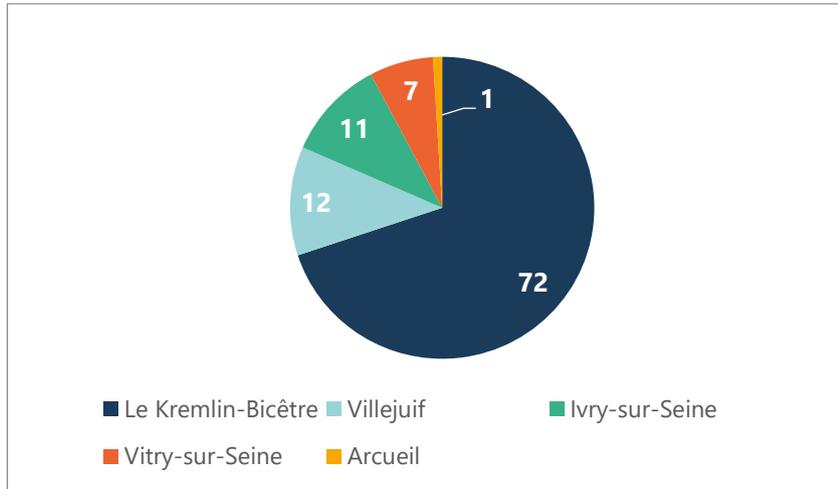
Le tableau suivant présente le nombre de sous stations du réseau de chaleur. Les bâtiments retenus pour un raccordement au réseau de chaleur correspondent aux bâtiments existants actuellement dotés d'une chaufferie collective et aux bâtiments à construire dont la date de livraison est postérieure à la date prévue de mise en service du réseau.

Pour l'export du scénario 1, les données n'étant que prévisionnelle il a été choisi d'établir 2 sous-stations d'échange, une à l'ouest en direction d'Arcueil et une au Sud Est pour alimenter les villes du Sud.

**Tableau 7 – Nombre de sous-stations par type de maître d'ouvrage**

<b>Typologie de maître d'ouvrage</b>	<b>Nombre de sites, scénario 1</b>
<b>Bailleur</b>	33
<b>Tertiaire</b>	6
<b>Établissement public</b>	21
<b>Résidentiel neuf</b>	5
<b>Copropriété</b>	7
<b>Bailleur</b>	33
<b>TOTAL</b>	<b>72</b>

Pour le scénario 2, 31 sous-stations d'export sont considérées pour atteindre les 36 512 MWh de consommations supplémentaires. La répartition par villes est la suivante :

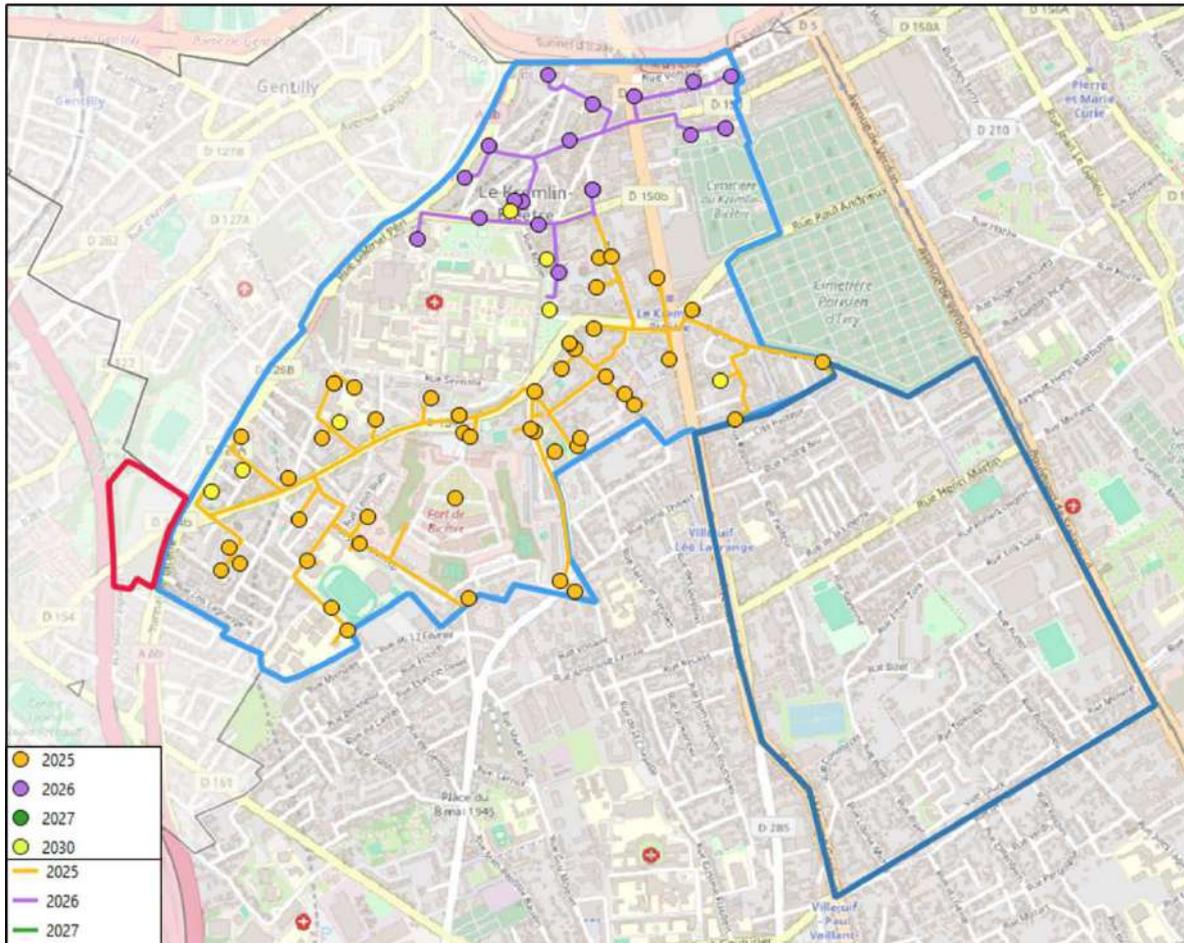


Nous avons considéré que les grands consommateurs tels que l'ensemble de bâtiments CDC Habitat, Le Fort de Bicêtre, et le programme immobilier « Entrée de Ville » porté par EVSO, seront chacun dotés d'une seule sous-station pour limiter les coûts d'investissement. Charge au maître d'ouvrage de réaliser un réseau secondaire.

## 5.2 TRACE DU RESEAU DE CHALEUR

### 5.2.1 Tracé du réseau

De manière à relier les abonnés au réseau de chaleur, le tracé projeté du réseau est présenté ci-dessous pour le scénario de développement 1, maximal sur le Kremlin-Bicêtre avec une géothermie au Dogger, ainsi qu'un export prévisionnel. Pour rappel ce scénario pourra exporter de la chaleur vers les réseaux voisins par le biais de sous-stations d'échange.



**Figure 38 - Tracé prévisionnel du réseau de chaleur, scénario 1 avec export non défini**

Ce tracé a été discuté avec les services de la ville du Kremlin-Bicêtre et n'a pas soulevé de points bloquants.

De manière à relier les abonnés au réseau de chaleur, le tracé projeté du réseau (avec export) est présenté ci-dessous pour le scénario de développement 2 avec une géothermie au Dogger, ainsi qu'un export défini :

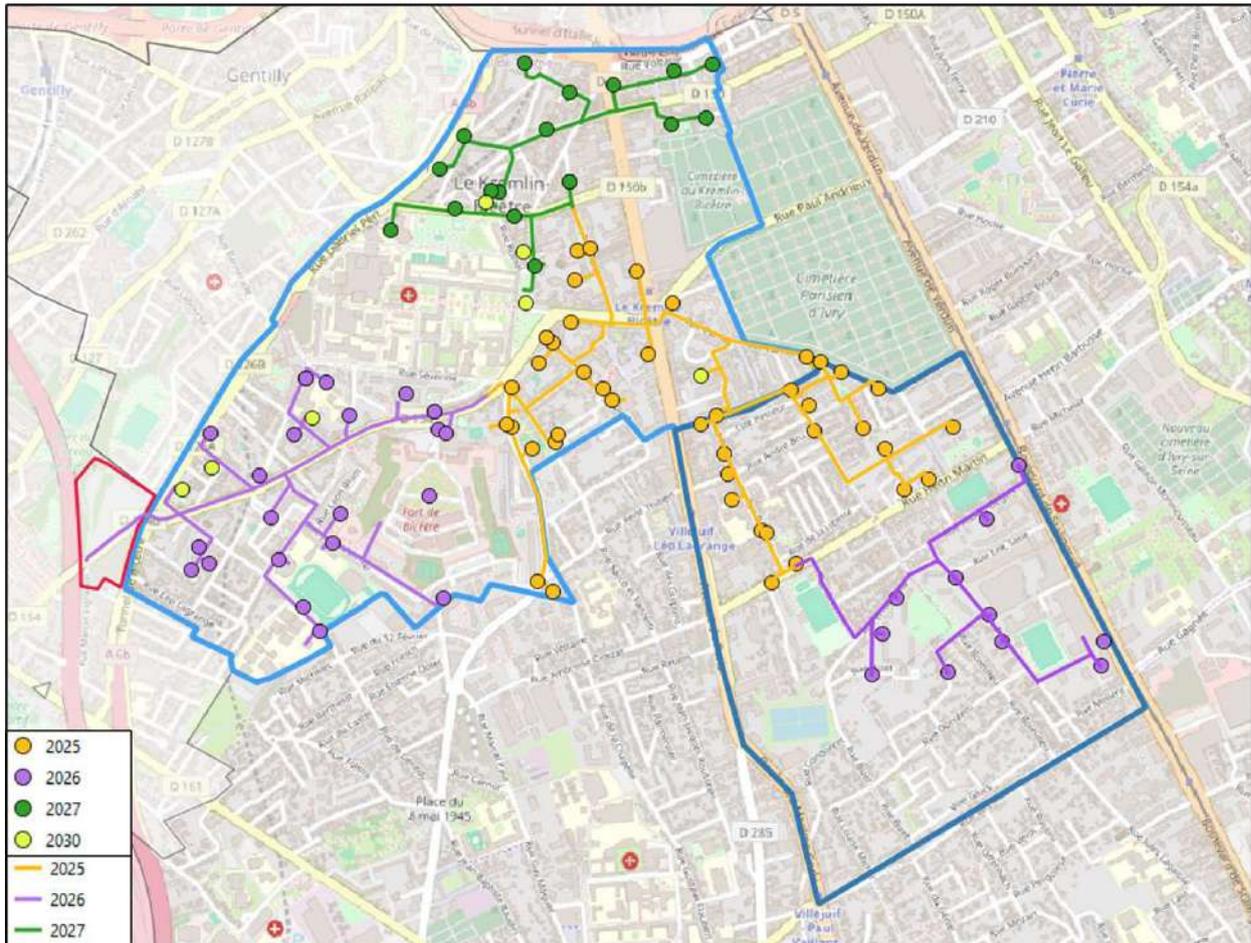


Figure 39 - Tracé prévisionnel du réseau de chaleur, scénario 2

Ce tracé a été discuté avec les services des Villes du Kremlin-Bicêtre et de Villejuif, Vitry-sur-Seine et Ivry-sur-Seine, qui n'ont pas soulevé de points bloquants.

### 5.2.1.1 Modélisation du réseau

Le réseau de chaleur a pu être simulé selon les caractéristiques altimétriques de la zone et l'emplacement des différents points de consommation afin d'établir les différentes pertes de charges du réseau et optimiser les diamètres des canalisations.

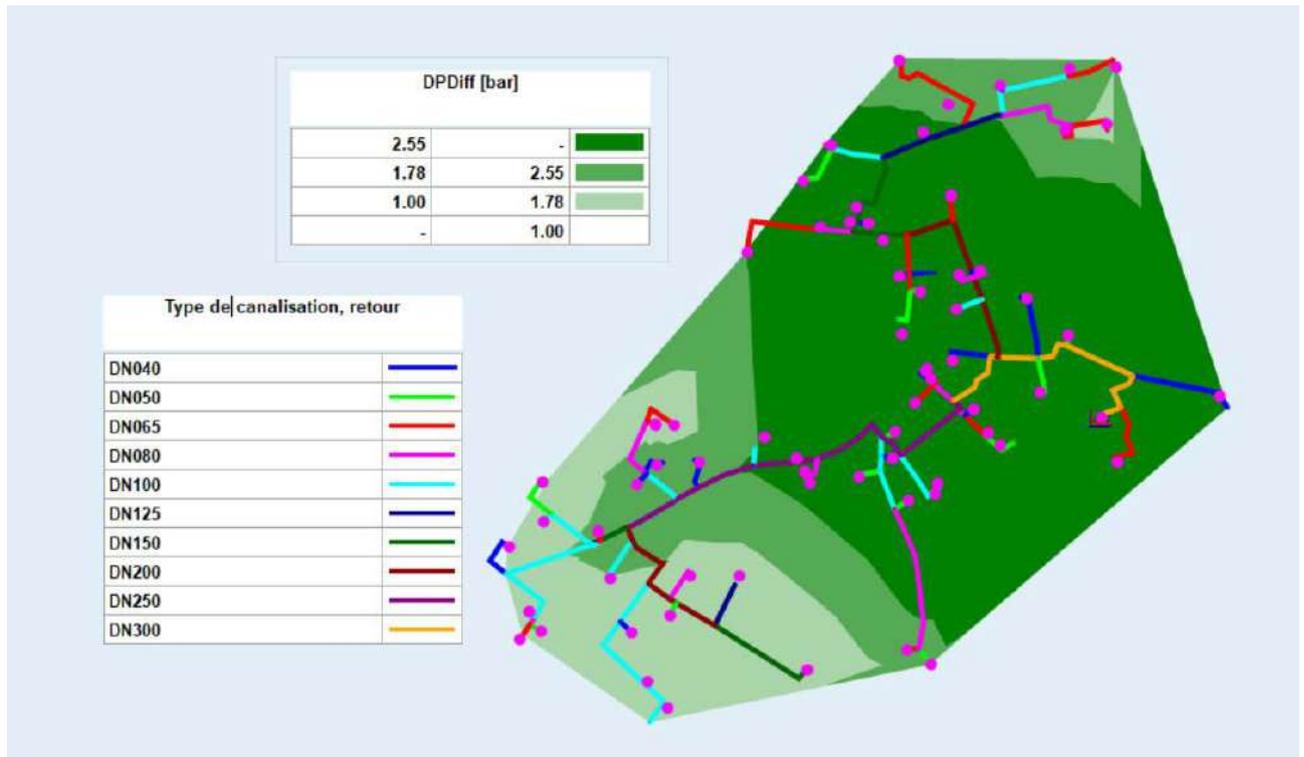


Figure 40 : Modélisation TERMIS du réseau de chaleur

A la suite de cette modélisation, le réseau a été surdimensionné au niveau des feeder afin de permettre l'export de chaleur ou le raccordement de prospects plus lointains dans les villes voisines. Les diamètres finalement retenus sont les suivants :

Diamètre Nominal	Mètres Linéaires
DN 50	1855
DN 65	1448
DN 80	1070
DN 100	1867
DN 125	420
DN 150	652
DN 250	801
DN 300	914
DN 350	666
<b>TOTAL</b>	<b>9694 ml</b>

Cette solution technique, non unique, permet d'évaluer la faisabilité technique et économique du projet, et sera approfondie par le futur concessionnaire afin d'optimiser le réseau.

Le réseau en dehors du périmètre de la ville du Kremlin-Bicêtre n'a pas été modélisé, la répartition des DN a été réalisée par ratio selon les retours d'expérience.

### 5.2.1.2 Les franchissements spécifiques

#### **Franchissement de l'A6b pour l'export vers ECOTONE ou ARGEO**

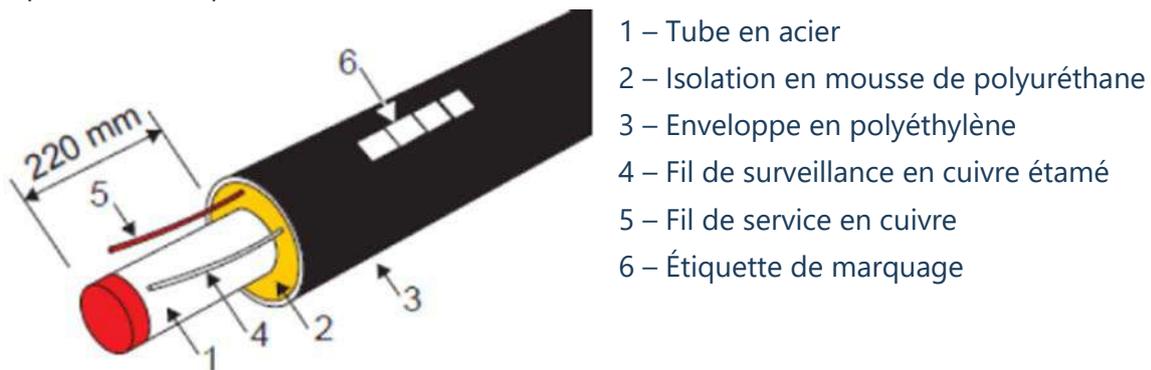
Le franchissement de l'A6b est inévitable pour exporter la chaleur vers la ZAC ECOTONE ou vers le réseau de chaleur ARGEO.

À ce stade de l'étude, le passage retenu est un passage réseau en surface au-dessus de l'autoroute piéton sous l'A6b situé au niveau de la départementale D154.

Il reviendra au futur opérateur de réaliser une étude en vue d'arbitrer sur les meilleures solutions possibles pour le projet de réseau de chaleur.

### 5.2.2 Technologie

La technologie utilisée pour les réseaux de chaleur est l'acier pré-isolé qui permet une bonne résistance mécanique dans le temps et aux différences de températures, tout en minimisant les pertes thermiques.



**Figure 41 - Schéma de principe en coupe d'une canalisation en acier pré isolé**

### 5.2.3 Points de vigilance

Afin d'optimiser les performances énergétiques du réseau, une attention particulière devra être portée sur le régime de température en cohérence avec les bâtiments à chauffer. Ainsi, pour optimiser le taux de couverture géothermique, il est attendu des écarts de température "delta T°C départ-retour" les plus élevés possibles au niveau des sous-stations et des températures les plus basses possibles notamment pour les bâtiments "basse consommation". Dans ce but, une incitation tarifaire pourra être mise en place dans les clauses économiques du futur réseau de chaleur.

## 5.3 PRODUCTION DE CHALEUR

### 5.3.1 À partir de la ressource géothermale

#### 5.3.1.1 Site de forage

La ressource au Dogger retenue pour ce projet permet de caractériser la disponibilité foncière nécessaire. Les surfaces suivantes sont généralement retenues pour un projet de ce type :

Contraintes surfaciques pour le site de forage	
Surface en phase chantier	4 500 – 5 000 m <sup>2</sup>
Surface pour maintenance lourde	1 500 – 2 000 m <sup>2</sup>



Figure 42 – Appareil de forage



Figure 44 – Trépan



Figure 43 – Émergence des caves abritant les têtes de puits

Dans le cadre de ce projet : de nombreux sites ont été étudiés pour pouvoir implanter une plateforme de forage d'environ 5 000 m<sup>2</sup>. Nombre d'entre eux ont dû être écartés de par la position des permis d'exploitation existants au Dogger dans le secteur (cf. Figure 44).



**Figure 45 – Emplacement des permis d'exploitation existants au Dogger et projet de permis d'exploitation pour le projet du Kremlin-Bicêtre**

Dans le cadre de ce projet, les deux sites suivants ont été plus largement étudiés :

- Le terrain n°1 : Lech-Walesa
- Le terrain n°2 : Parc Pinel



**Figure 46 – Position des deux terrains plus largement étudiés pour le projet du Kremlin-Bicêtre**

Le Tableau 8 propose une synthèse des éléments abordés pour les deux sites du Kremlin-Bicêtre

**Tableau 8 – Tableau de synthèse des enjeux**

Critères	Contrainte			
	Très forte	Forte	Modérée	Favorable
Commune	Kremlin-Bicêtre (94043)		Kremlin-Bicêtre (94043)	
Adresse / localisation	Rue Lech Welesa		Rue Gabriel Péri	
N° parcelles / Cadastre	Parcelles 0159, 0138, 0136, 0028, 0125		Parcelles 0108 et 0103	
Zonage PLU	Zone UIL : secteur à dominante d'habitat		Zone UN : secteur d'équipements	
Compatibilité avec PLU	A définir		A définir	
Surface approximative	Environ 5700 m2		Environ 4000 m2	
Relief	Variation altimétrique importante (+66 à +70 m NGF)		Variation altimétrique très importante avec une pente très forte au centre de la potentielle plateforme de forage (+67 à +71 m NGF)	
Accessibilité (engins)	Accès complexe à mettre en place en phase travaux et exploitation		Accès qui semble quasiment impossible à mettre en place en phase travaux et exploitation	
Habitations à proximité	Habitations très proches - barres d'immeubles tout autour du chantier		Oui	
T°C au fond	63 +/- 2°C		63 +/- 2°C	
Transmissivité (en D.m)	20 +/- 15D.m		20 +/- 15D.m	
Risque Inondation	Absent		Absent	
Risque sismique	Très faible		Très faible	
Retrait/gonflement des argiles	Aléas moyen		Aléas moyen	
Risque carrières	Absence d'aléas		Aléa fort - investigations à réaliser	
Classement du terrain	- Absence de ZNIEFF, de Zones NATURA 2000, ZICO, RNR, RNN, Parcs nationaux, parcs nationaux - Absence de site inscrit ou classé		- Absence de ZNIEFF, de Zones NATURA 2000, ZICO, RNR, RNN, Parcs nationaux, parcs nationaux - Absence de site inscrit ou classé	
Risques technologiques	-		Transport de matières dangereuses sur l'A6B	
BASIAS / BASOL	- Absence de site BASOL au droit de la plateforme (1 site voisin) - Sites BASIAS au droit de la plateforme => Vérifier l'absence de pollution		- Absence de site BASOL au droit de la plateforme - Absence de site BASIAS au droit de la plateforme => Vérifier l'absence de pollution	
Réseaux aériens et ferroviaires	Proximité avec la ligne 7 du métro		-	
Autres critères	- Batiments à déconstruire - Arbres à couper - Fonction bâtiment technique à vérifier - Aire de servicing à terme - Accès poids lourd à maintenir à terme		- Bâtiment à déconstruire - Aire de servicing à terme - Accès poids lourd à maintenir à terme	
Permis d'exploitation existants	Site de forage positionné hors de tout permis existant		Site de forage positionné à l'intérieur d'un permis existant	
Compatibilité avec un terrain de forage	Modérée à Défavorable		Défavorable	

### 5.3.1.1.1 Lech Walesa

Le terrain Lech Walesa, aujourd'hui occupé par des bâtiments tertiaires voués à être démolis sera réaménagé en un îlot d'habitations occupé par des petits collectifs. L'horizon du projet étant encore lointain, la ville du Kremlin-Bicêtre a donné son accord pour intégrer un projet de centrale EnR&R dans le projet.

Concrètement, les bâtiments actuellement présents sur la parcelle seront déconstruits afin de pouvoir réaliser la phase forage et la centrale, avant un réaménagement de l'ensemble de l'îlot.

Les principales contraintes associées à ce terrain sont les suivantes :

- Zonage PLU : Zone UIL, secteur à dominance d'habitat
- Variation altimétrique importante
- Accessibilité complexe à mettre en place en phase travaux et exploitation
- Nombreuses habitations à proximité
- Cheminée de l'ancien industriel Vernis Picard à conserver dans le projet urbain
- Calendrier contraint par le calendrier du programme de déconstruction et aménagement de la zone.

Une première implantation du projet a été réalisée Elle prend en compte les éléments suivants :

- Une plateforme de 6 000 m<sup>2</sup> pour la réalisation des travaux de forage ;
- Une surface de servicing de 1 600 m<sup>2</sup> à conserver pendant toute la durée de vie du doublet ;
- Une centrale géothermique d'une surface de 800 m<sup>2</sup> (hypothèse à confirmer).

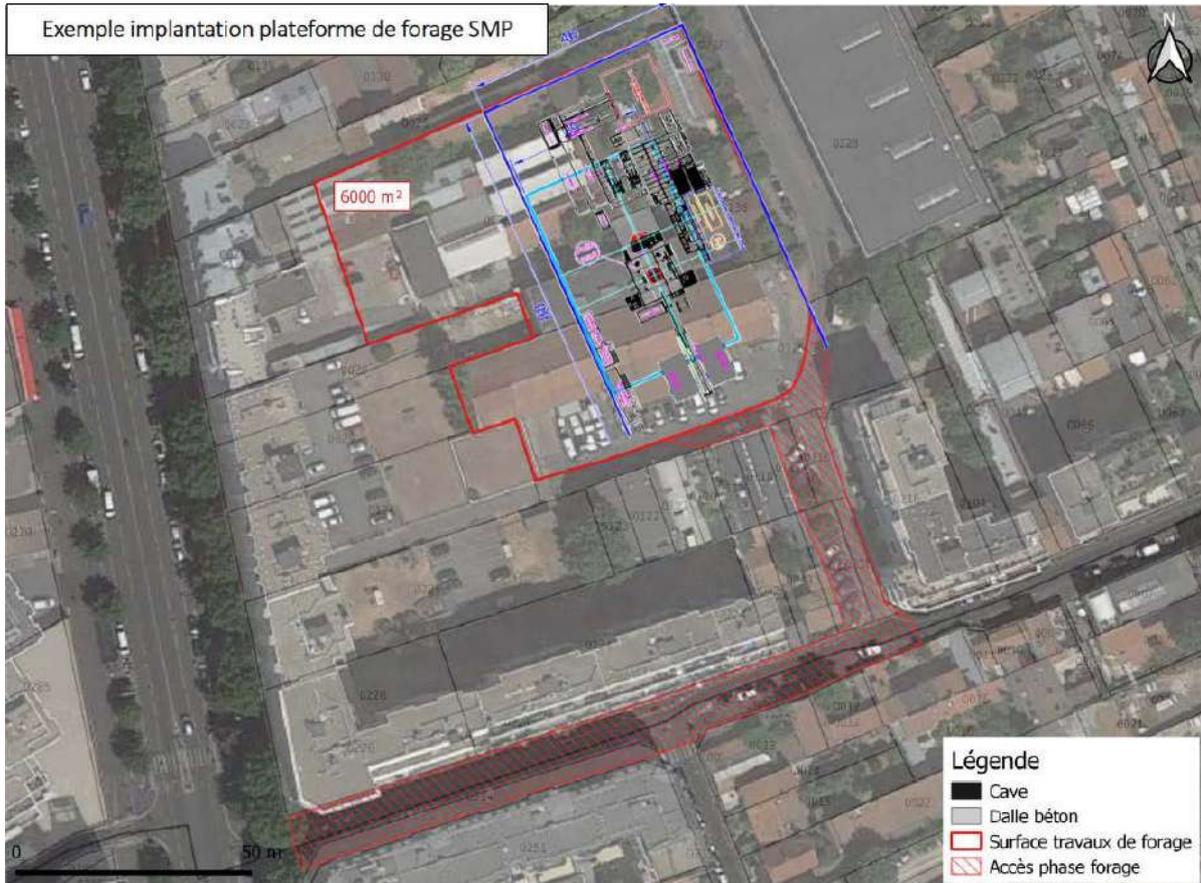
Les différentes figures ci-après rendent compte d'une première approche d'implantation en phase travaux et exploitation.



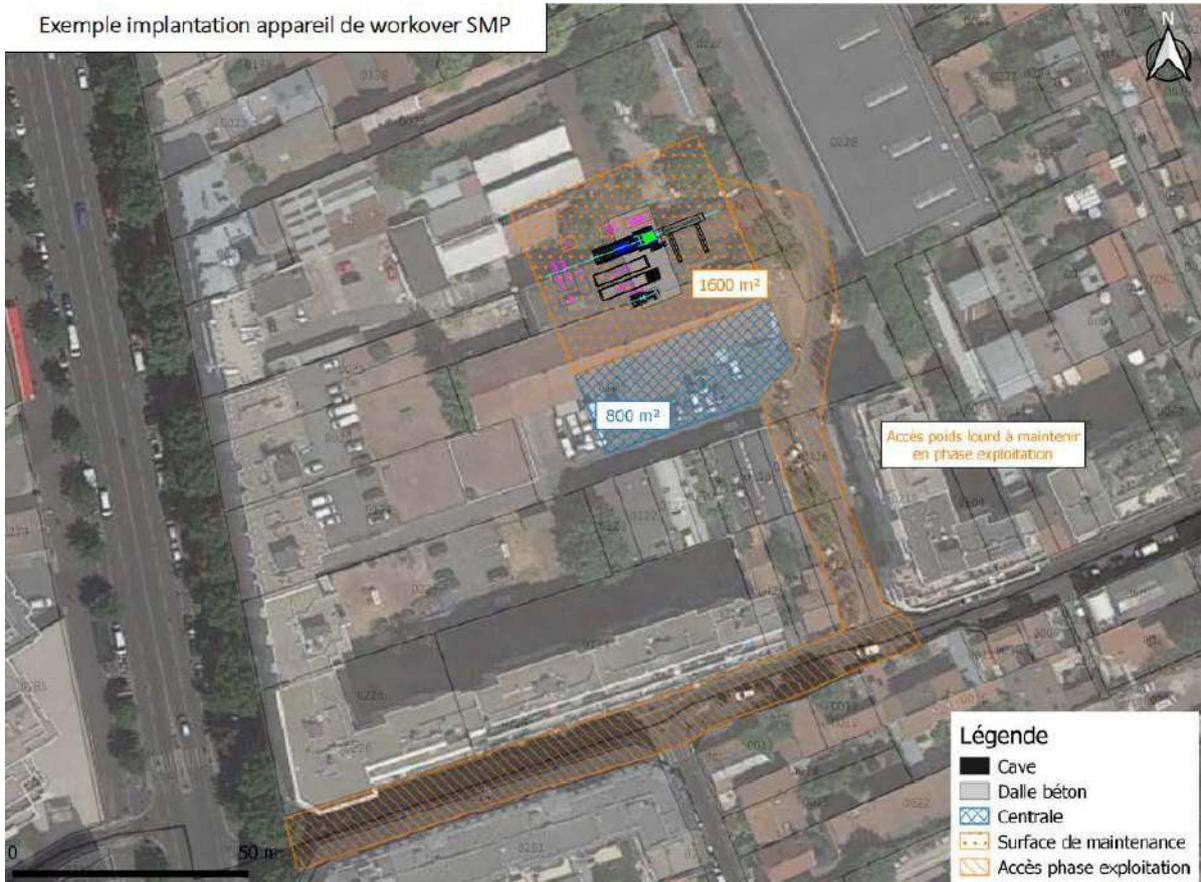
Exemple implantation plateforme de forage Arverne



Exemple implantation plateforme de forage SMP



Exemple implantation appareil de workover SMP



Il sera nécessaire de convenir avec la ville, propriétaire d'une partie des terrains, et avec l'EPFIF, la mise à disposition des terrains.

Dans le cadre des démarches liées à la parcelle, il restera à préciser les contours de cette mise à disposition au cours des différentes phases du projet (travaux, exploitation, maintenance).

### 5.3.1.1.2 Parc Pinel

Le Parc Pinel, situé au nord de l'Hôpital Bicêtre, se trouve sur une parcelle propriété de APHP et mise à disposition de la ville. Plusieurs échanges ont été menés avec l'Hôpital afin d'étudier la faisabilité de l'implantation d'une plateforme de forage dans cette zone. Malgré une réticence de l'APHP à libérer leur parcelle en raison de besoins de développements futurs, une étude a tout de même été menée afin de vérifier la faisabilité technique d'une telle implantation. Comme présenté ci-après, la zone pressentie pour accueillir une plateforme de forage occupait une partie du Parc Pinel et une partie de la parcelle de l'université.

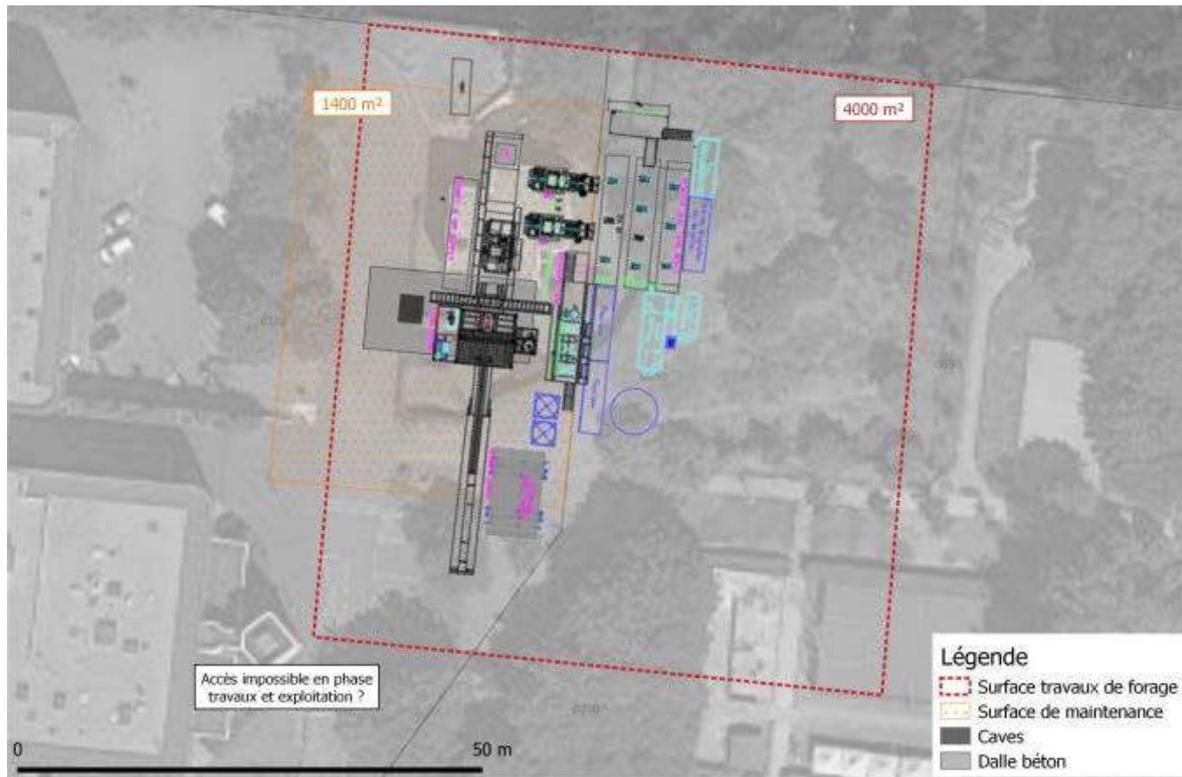


**Figure 47 : Zone d'implantation d'une plateforme de forage potentielle**

Une ébauche d'implantation a été réalisée. Elle prenait en compte les éléments suivants :

- Une plateforme de 4 000 m<sup>2</sup> pour la réalisation des travaux de forage (surface très restreinte) ;
- Une surface de servicing de 1 400 m<sup>2</sup> à conserver pendant toute la durée de vie du doublet ;
- Aucune position n'avait été envisagée pour la centrale géothermique.

La figure ci-après rend compte d'une première approche d'implantation en phase travaux et exploitation.



**Figure 48 – Exemple d’implantation partielle en phase travaux**

Plusieurs contraintes majeures ont été relevées lors de l’étude du terrain réalisée :

- Une telle implantation impliquerait la démolition d’un bâtiment de l’université aujourd’hui utilisé à des fins de logements
- La présence de carrières dans la zone rend les aléas forts et la réalisation d’investigations complémentaires nécessaire (cf. Figure 48)
- Des variations d’altimétrie importantes dans le secteur
- L’accessibilité au terrain quasiment impossible pour un rig pétrolier ou un appareil de work-over
- La nécessité de couper de nombreux arbres.

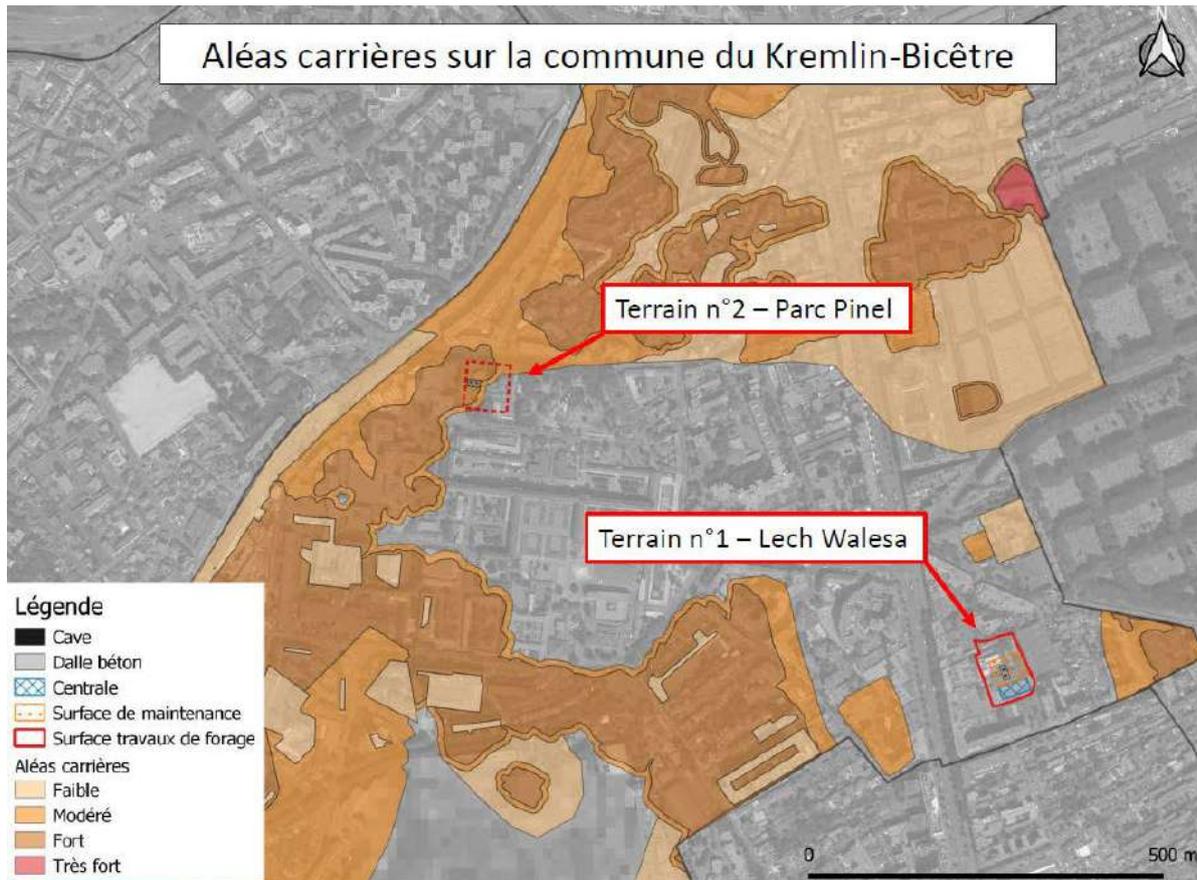


Figure 49 – Aléas carrières sur la commune du Kremlin-Bicêtre

Au vu de ces différentes contraintes et des difficultés d’obtenir un accord de la part des propriétaires des terrains, il a été décidé d’abandonner cette piste.

### 5.3.1.2 Boucle géothermale

La puissance thermique valorisable sur le réseau dépend essentiellement de deux paramètres :

- Le débit de la boucle géothermale ;
- La différence entre la température d’exhaure de la ressource géothermale et la température de réinjection.

Au droit de l’emplacement prévu pour le site de forage, les conditions de ressource permettent d’estimer les paramètres d’exploitation suivants :

Tableau 9 - Paramètres prévisionnels d’exploitation des aquifères ciblés

<b>Débit maximal d’exploitation</b>	300 m <sup>3</sup> /h
<b>Température producteur, en tête de puits</b>	64 °C

Cette température d'exhaure est une hypothèse fixe déterminée à partir de l'étude préliminaire de la ressource. L'opérateur retenu pourra être libre de mobiliser le débit maximal repris ci-dessus ou moins en fonction des optimisations technico-économiques possibles.

En revanche, la température de réinjection dépend de la température de retour du réseau de chaleur après alimentation des besoins : plus cette température retour est faible, plus la puissance valorisable est importante. Il est donc nécessaire d'optimiser le fonctionnement du réseau de chaleur de manière à ce que la température retour soit la plus basse possible (sans descendre sous les 28 °C pour ne pas réinjecter à moins de 30°C).

La température retour du réseau de chaleur dépend du débit d'alimentation du réseau ainsi que des températures retour des réseaux secondaires à l'intérieur de chaque programme immobilier raccordé. Cette dernière température est fonction des émetteurs de chaleur utilisés. En effet, chaque type d'émetteurs de chauffage est caractérisé par une loi de régulation qui définit les températures d'entrée et de sortie de l'émetteur en fonction de la température extérieure, comme schématisé sur le graphique suivant :

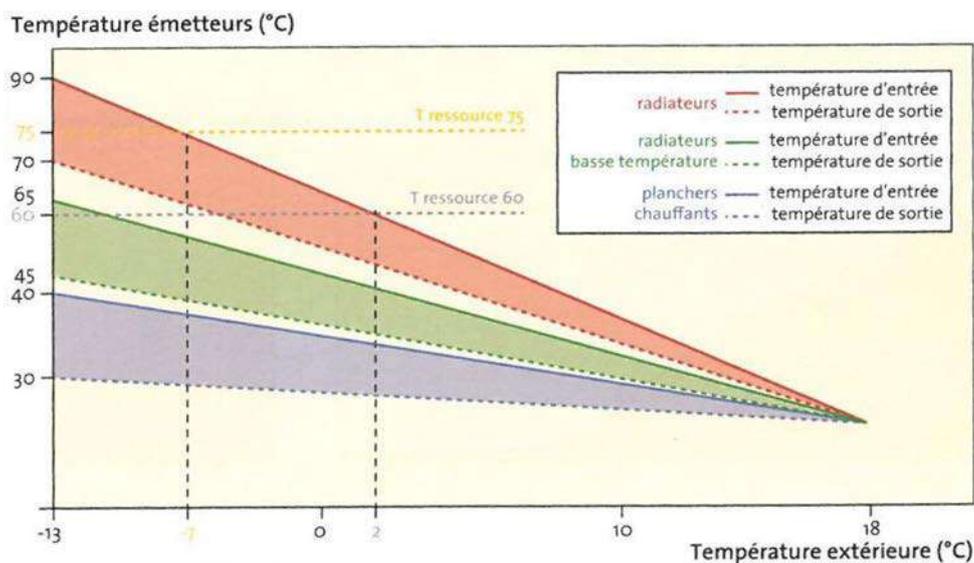


Figure 50 - Schéma de présentation de la loi d'eau (Source : Ademe)

La géothermie ne sera de plus pas en mesure d'assurer la totalité des besoins de chauffage à partir d'une certaine température extérieure pour laquelle les émetteurs de chauffage nécessitent une température supérieure à celle de la ressource géothermale. Un complément doit donc être réalisé par une énergie d'appoint (le gaz par exemple, cf. ci-après).

Également, il est aussi nécessaire de se pencher sur la production d'ECS pour les sous-stations en disposant. En effet, pour des raisons sanitaires, la température en sous-station doit être supérieure à 58°C. Par conséquent, les températures du réseau seront régulées également en

fonction de ces besoins ECS afin de maintenir cette température sur l'ensemble des sous-stations équipées d'une production ECS.

Comme indiqué précédemment, la température géothermale disponible en tête de puits s'élèverait à 64°C. Cette température est tout juste suffisante et ne permettrait pas de couvrir les besoins en température nécessaires au chauffage et à l'ECS de bâtiments existants lors de certaines conditions.

En outre, la puissance géothermale seule disponible ne permet pas de disposer d'une puissance suffisante pour couvrir les besoins à alimenter à plus de 65% d'EnR&R (le taux d'EnR&R atteint est de 45% sur le seul réseau du Kremlin-Bicêtre sans export, avant prise en compte d'une hypothèse d'indisponibilité de la production EnR&R). Au vu de ces taux d'EnR&R et niveaux de température insuffisants, il est donc nécessaire de mettre en place des pompes à chaleur pour optimiser le fonctionnement de la géothermie.

### 5.3.1.3 Pompes à chaleur

Pour augmenter les performances d'une opération de géothermie, il est possible de lui adjoindre une pompe à chaleur (PAC). La PAC est un système thermodynamique qui fonctionne entre une source froide et une source chaude. La chaleur, prélevée à la source froide, est transférée à la source chaude par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur (fluide frigorigène) successivement comprimé puis détendu. La nécessité pour ce cycle thermodynamique de réaliser une compression explique une consommation électrique non négligeable.

Deux solutions sont possibles pour mieux valoriser la géothermie avec une pompe à chaleur :

- Soit en exploitant les ressources dont les températures seraient trop faibles pour pouvoir être utilisées directement, mais suffisamment élevées pour être valorisées avec une pompe à chaleur de manière à alimenter le réseau de chaleur :
  - L'évaporateur de la PAC refroidit le retour réseau de chaleur en prélevant la chaleur de celui-ci ;
  - La chaleur prélevée est transférée au condenseur qui augmente la température départ du réseau de chaleur ;
    - ⇒ Le condenseur de la PAC et l'échangeur géothermal sont alors en série.
- Soit en augmentant artificiellement le débit et donc la puissance d'une installation géothermale lorsque la température de la ressource est suffisante :
  - L'évaporateur de la PAC prélève de la chaleur sur le retour de la boucle géothermale après échangeur ;
  - La chaleur prélevée est transférée grâce au condenseur sur un circuit dérivé du retour du réseau de chaleur ;

⇒ Le condenseur de la PAC et l'échangeur géothermal sont alors en parallèle.

Les schémas suivants sont génériques pour ce type d'installations, et les températures et débits indiqués sont repris à titre indicatif et ne correspondent pas aux valeurs sur le projet. Le premier schéma présente un montage en série, le second un montage en parallèle.

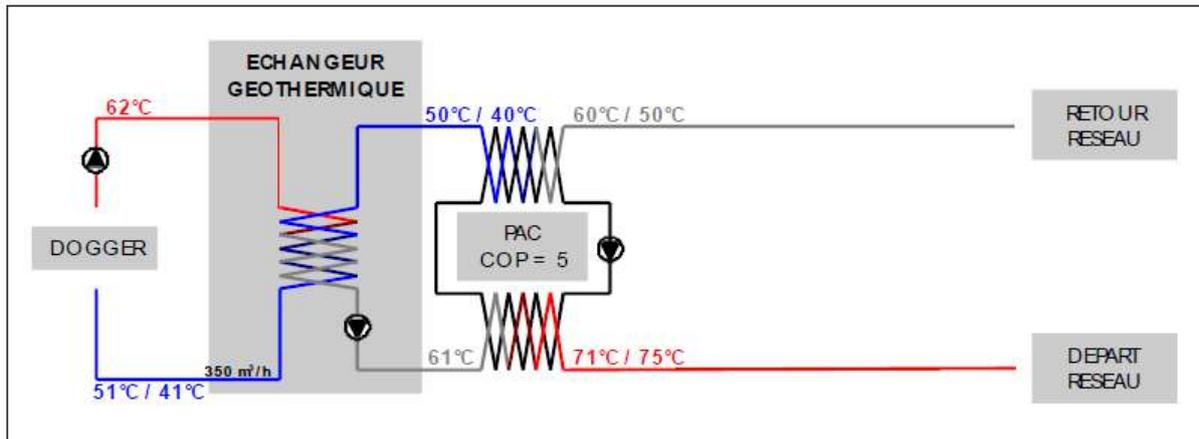


Figure 51 : Schéma d'installation d'une pompe à chaleur en série avec l'échangeur

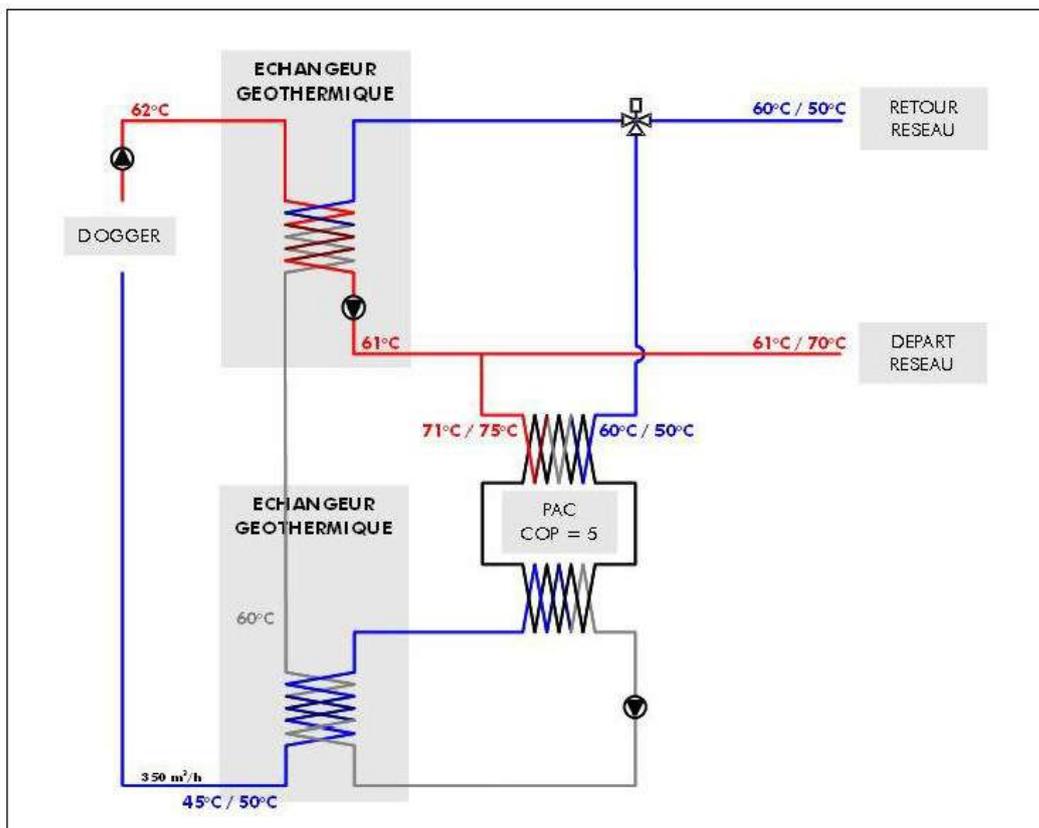


Figure 52 : Schéma d'installation d'une pompe à chaleur en parallèle avec les échangeurs

Le choix a été fait de réaliser le dimensionnement thermique à partir d'un montage en série. Le choix définitif reviendra à l'opérateur du réseau de chaleur en phase d'optimisation suite à l'attribution.

#### 5.3.1.4 Appoint/secours gaz

L'appoint, c'est-à-dire le complément de puissance par rapport aux moyens de production EnR&R pour alimenter l'ensemble des besoins du réseau jusqu'à la température extérieure de base de  $-7^{\circ}\text{C}$ , et le secours, c'est-à-dire la capacité de pallier une panne simultanée des autres moyens de production quel que soit la température extérieure, doivent être assurés par des moyens de production par énergie fossile rapides à démarrer.

Cet appoint/secours peut être réalisé de manière :

- Centralisée, c'est-à-dire installé en tête de réseau, à proximité immédiate de la centrale géothermique. Il s'agit de la solution au pilotage le plus simple pour l'exploitant ;
- Décentralisée, c'est-à-dire en conservant sur le réseau de chaleur un certain nombre de chaufferies existantes qui sont, dans la mesure du possible, mises à disposition de l'exploitant du réseau de chaleur. Le réseau de chaleur délivre alors une base en énergie géothermique, et les chaufferies assurent l'appoint et le secours pour l'abonné (délestage) ou un ensemble d'abonnés (îlotage). Une adaptation hydraulique est également possible afin que la chaufferie d'un abonné fournisse de la chaleur à l'ensemble du réseau (injection).

Dans le cadre du projet de réseau de chaleur du Kremlin-Bicêtre, il a été convenu la reprise des chaufferies :

- CDC – Le Fort : d'une puissance de 7,5 MW
- Valdevy – Hauts-Martinets : 2,2 MW
- Piscine : 1,4 MW

Soit un total de 11,1 MW de puissance qui pourra être utilisé en injection ou îlotage.

La puissance nécessaire pour l'appoint-secours du réseau est de 40 MW. Il est donc nécessaire de créer une chaufferie gaz complémentaire de 29 MW pour assurer l'appoint secours du réseau par temps froid et/ou de défaillance de la géothermie..

## 5.4 BILAN ENERGETIQUE DE PRODUCTION

### 5.4.1 Scénario 1 : Kremlin-Bicêtre et export prévisionnel

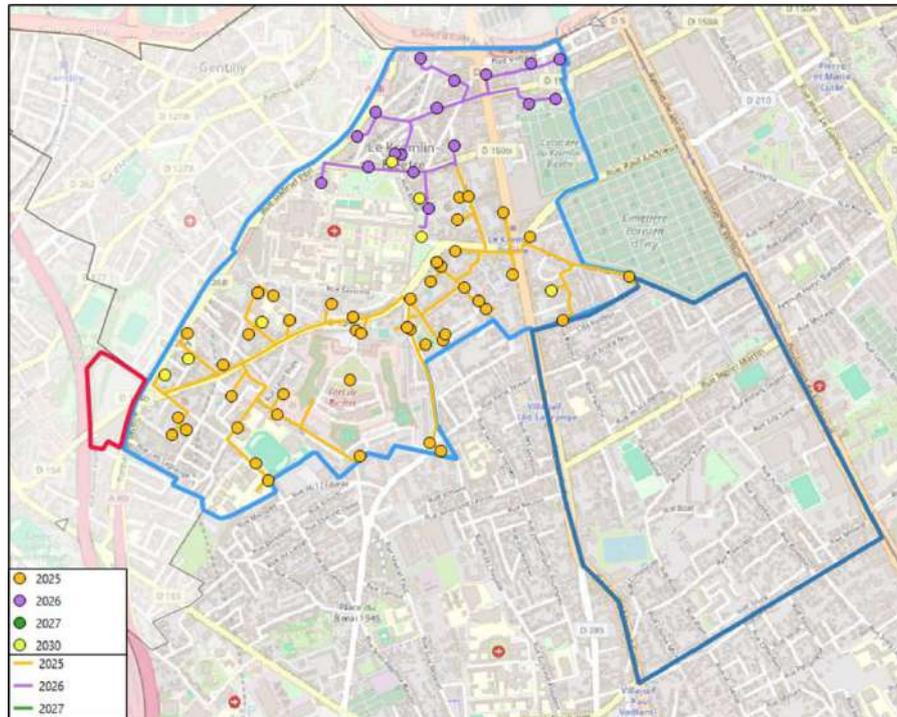


Figure 53 - Tracé prévisionnel du réseau de chaleur, scénario 1 avec export non défini

Les besoins annuels en chaleur estimés des futurs abonnés s'élèvent à 48,0 GWh/an à horizon 2030 sur le Kremlin-Bicêtre, valeur bien inférieure à ce qui est nécessaire pour financer des investissements de forage d'un doublet au Dogger à un prix de chaleur commercialisable.

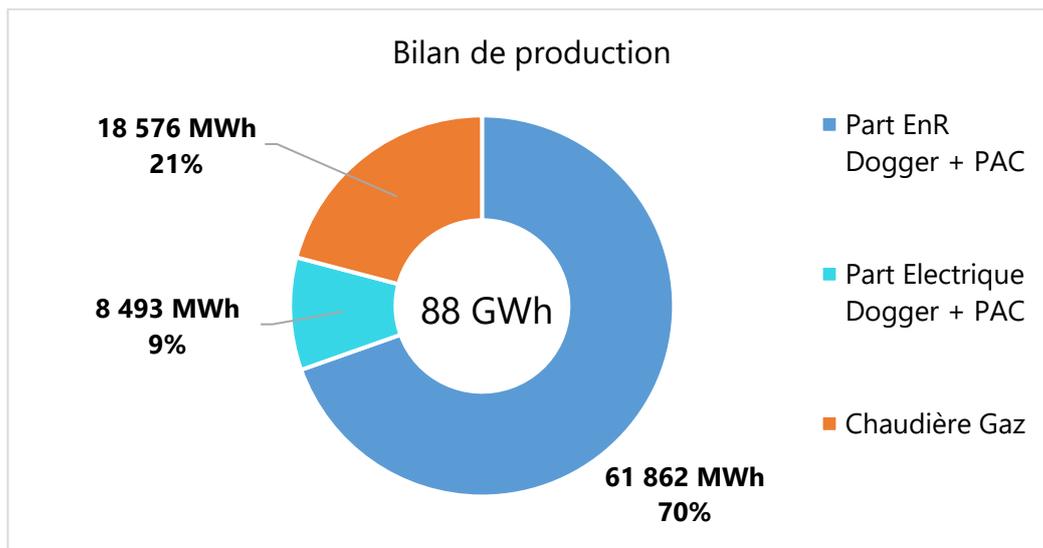
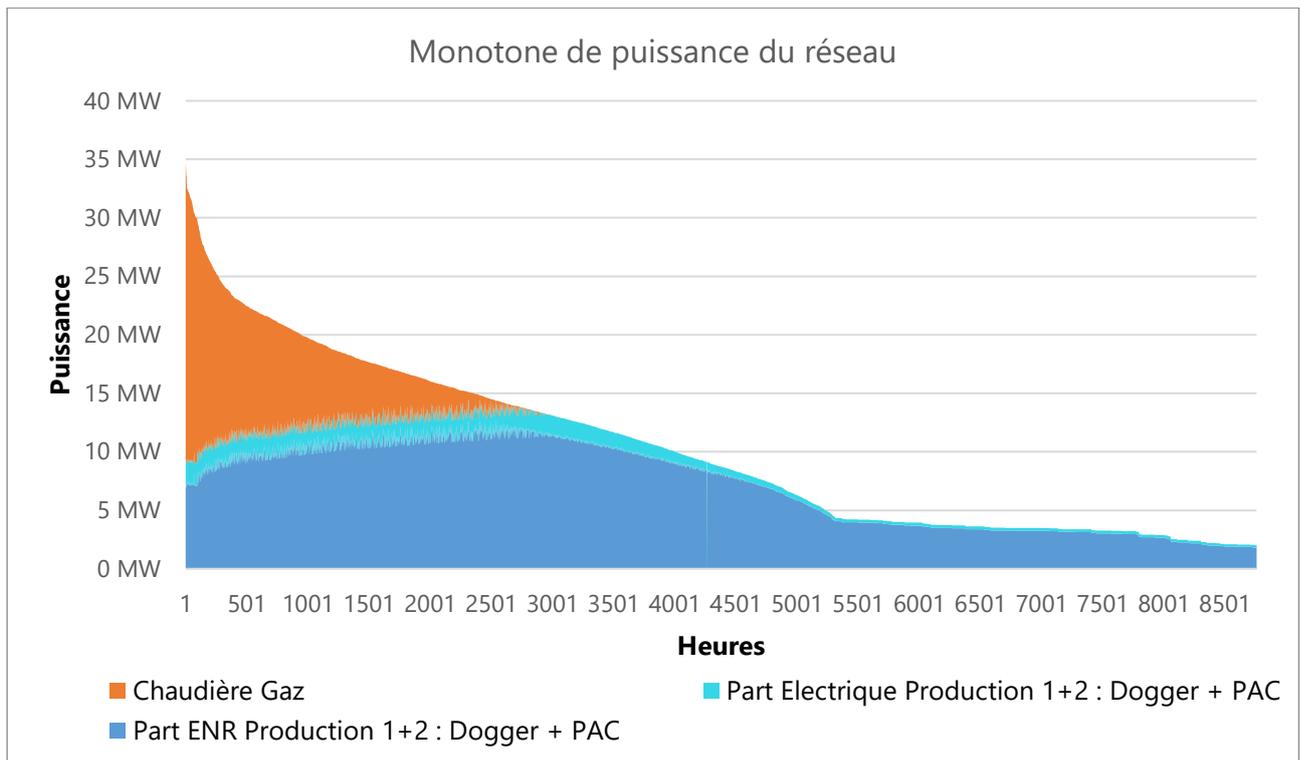
Pour augmenter le volume de besoins, le scénario 1 prévoit un export de chaleur EnR&R vers les réseaux voisins. L'étude globale des réseaux voisins et des besoins des zones non-desservies montre qu'un export est possible à hauteur de 37,8 GWh à horizon 2030. Au total le réseau alimenterait près de 85,8 GWh de besoins en chaleur à horizon 2030.

Les courbes ci-dessous présentent les monotones des besoins du réseau de chaleur, après le déploiement complet du réseau de chaleur, avec une puissance maximale appelée de 34 MW sur le réseau de chaleur du Kremlin-Bicêtre.

Compte-tenu de la taille du réseau et de l'incertitude au niveau de l'export, il a été considéré que l'ensemble des abonnés serait raccordé et livré en chaleur en 2030, correspondant au régime établi du projet. Concernant le réseau, son développement est prévu en 2 années comme présenté en Figure 37.

Année	2025	2026
<b>Ml de réseau construits</b>	6978	2718

En régime établi du réseau de chaleur, soit après le raccordement de l'ensemble des prospects retenus et dans le cas où la production de chaleur est assurée par un doublet de géothermie au Dogger couplé à un système de pompes à chaleur en base et une chaufferie gaz en appoint/secours, les bilans énergétiques de production sont les suivants :



Ces bilans intègrent des pertes réseaux en moyenne de 4% de la chaleur produite, calculées en fonction des températures de fonctionnement prévues pour le réseau et de la longueur du réseau.

<i>En MWh/an, sortie chaufferie</i>	Scénario géothermie au Dogger (avec export)	Mixité (y.c. indisponibilité EnR&R)
<b>Géothermie</b>	<b>61 862</b>	<b>69,6%</b>
<b>Électricité PAC</b>	<b>8 493</b>	<b>9,6%</b>
<b>Gaz</b>	<b>18 576</b>	<b>20,9%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>88 931</b>	<b>100,0%</b>

En régime établi, **le taux d'énergies renouvelables du réseau de chaleur du Kremlin-Bicêtre serait de 69,6 %**, permettant d'atteindre les objectifs environnementaux fixés dans le cadre du projet (supérieur à 65%).

Les données énergétiques sont :

- Débit géo total : **300 m<sup>3</sup>/h**,
- Température de mélange : **62°C** (sortie échangeur géothermal)
- Température de réinjection : **28°C** (entrée échangeur géothermal)
- Puissance PAC chaud : **9 MW (COP=4,8)**
- Longueur du réseau : **9,7 km**
- Ventes : **85,8 GWh/an (dont 37,8 GWh d'export)**
- Puissance maxi demandée : **34,6 MW par le réseau**
- Taux d'EnR&R : **69,6 %**
- Densité du réseau  $\approx$  **4,95 MWh /ml** pour la partie Kremlin-Bicêtre

### 5.4.2 Scénario 2 : projet intercommunal

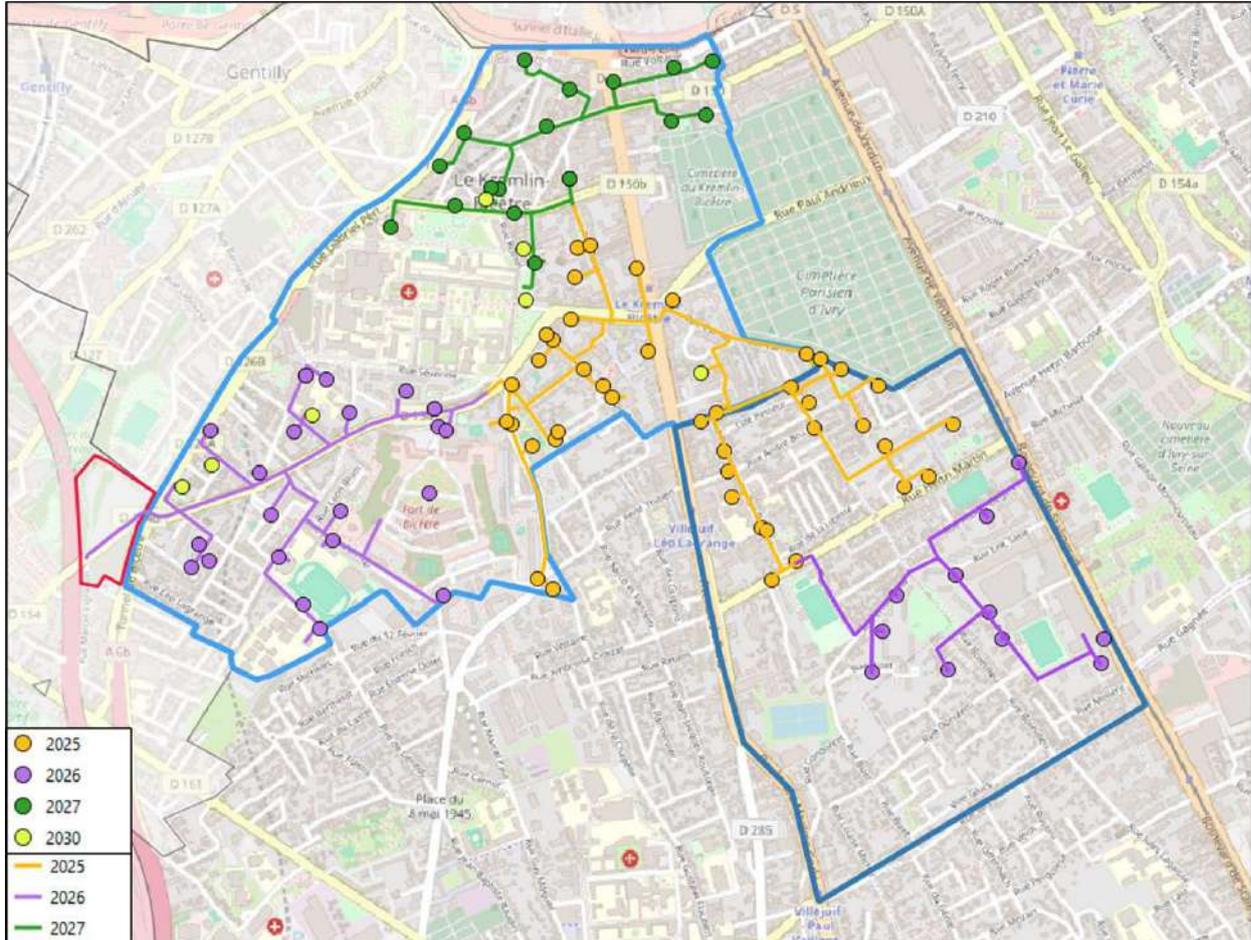


Figure 54 - Tracé prévisionnel du réseau de chaleur, scénario 2

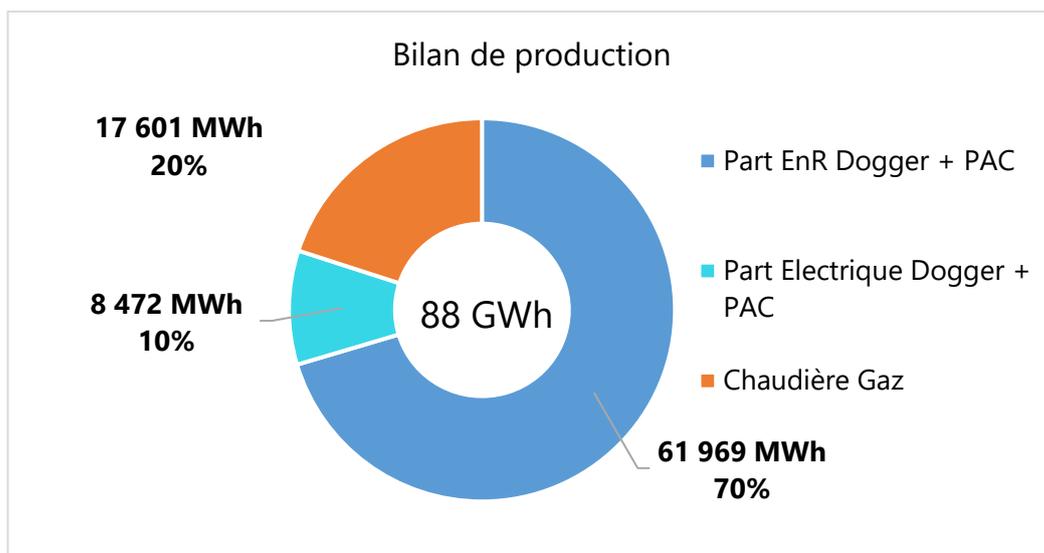
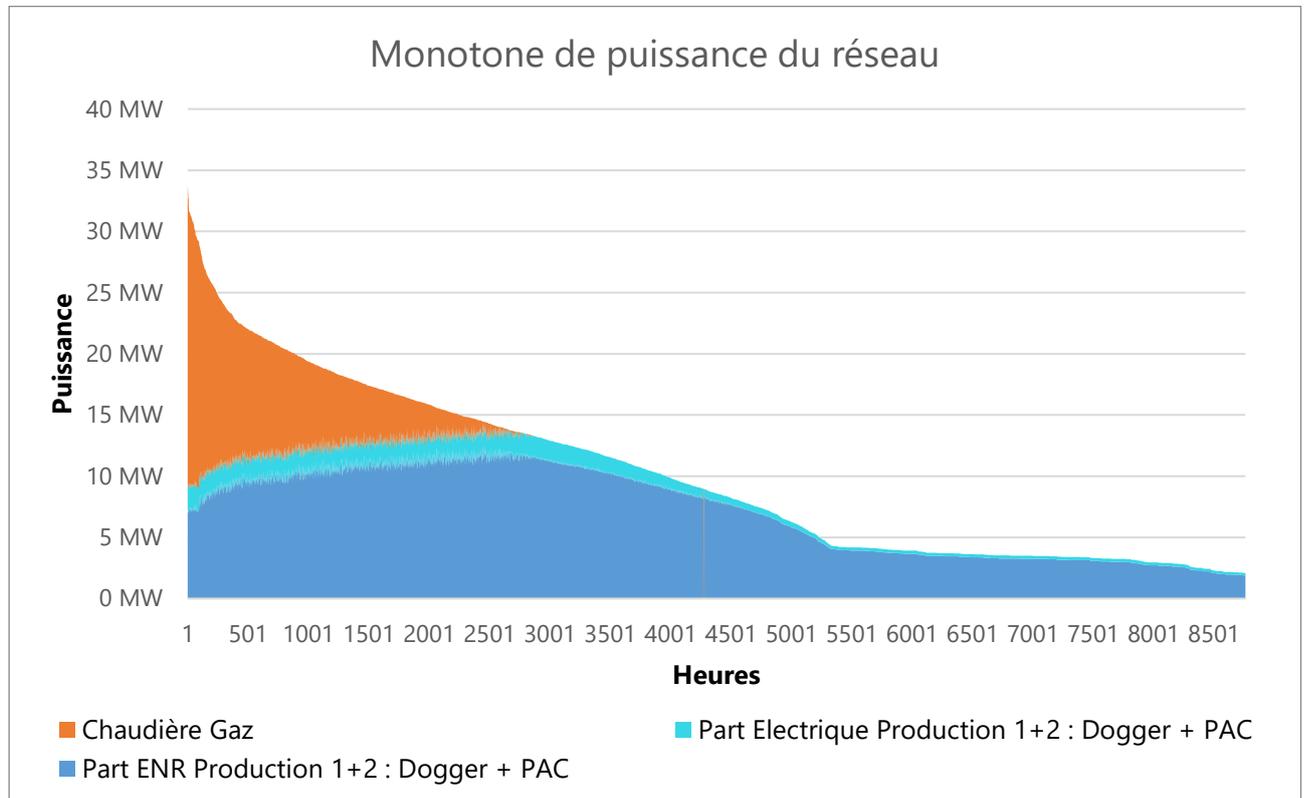
Les besoins annuels en chaleur estimés des futurs abonnés des villes du Kremlin-Bicêtre, d'ECOTONE et d'ensemble de besoins sur Villejuif, Vitry-sur-Seine et Vitry-sur-Seine s'élèvent à **84,5 GWh/an à horizon 2030**.

Les courbes ci-dessous présentent les monotones des besoins du réseau de chaleur, après le déploiement complet du réseau de chaleur, avec une puissance maximale appelée de 33,7 MW.

Compte-tenu de la taille du réseau, il a été considéré que l'ensemble des abonnés serait raccordé et livré en chaleur dès 2030, correspondant au régime établi du projet. Le raccordement des abonnés n'accorde pas de priorité aux abonnés du Kremlin-Bicêtre mais est optimisé afin de raccorder afin de prioriser les abonnés proches de la centrale. Concernant le réseau, son développement est prévu en 2 années comme présenté en Figure 37.

Année	2025	2026	2027
Ml de réseau construits	5628	5688	2718

En régime établi du réseau de chaleur, soit après le raccordement de l'ensemble des prospects retenus et dans le cas où la production de chaleur est assurée par un doublet de géothermie au Dogger couplé à un système de pompes à chaleur en base et une chaufferie gaz en appoint/secours, les bilans énergétiques de production sont les suivants :



Ces bilans intègrent des pertes réseaux en moyenne de 4% de la chaleur produite, calculées en fonction des températures de fonctionnement prévues pour le réseau et de la longueur du réseau.

En MWh/an, sortie chaufferie	Scénario géothermie au Dogger	Mixité (y.c. indisponibilité EnR&R)
Géothermie	61 969	70,4%
Électricité PAC	8 472	9,6%
Gaz	17 601	20%
<b>TOTAL</b>	<b>87 974</b>	<b>100,0%</b>

En régime établi, **le taux d'énergies renouvelables du réseau de chaleur serait de 70,4%**, permettant d'atteindre les objectifs environnementaux fixés dans le cadre du projet (supérieur à 65%).

Les données énergétiques sont :

- Débit géo total : **300 m<sup>3</sup>/h**,
- Température de mélange : **62°C** (sortie échangeur géothermal)
- Température de réinjection : **28°C** (entrée échangeur géothermal)
- Puissance PAC chaud : **9 MW (COP=4,8)**
- Longueur du réseau : **14,0 km**
- Ventes : **84,5 GWh/an (dont 48 GWh pour le Kremlin-Bicêtre seul)**
- Puissance maxi demandée : **33,7 MW par le réseau**
- Taux d'EnR&R : **70,4 %**
- Densité du réseau  $\approx$  **6,1 MWh /ml** pour l'ensemble du réseau

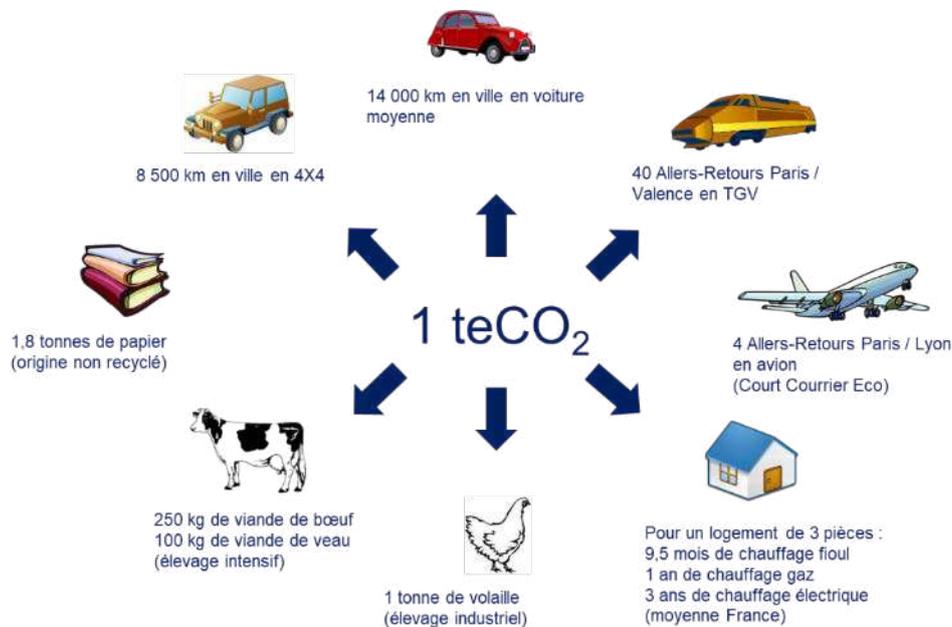
## 5.5 BILAN ENVIRONNEMENTAL DU PROJET

Le bilan environnemental du projet consiste à réaliser une estimation des tonnes de CO<sub>2</sub> équivalentes émises analyse des rejets de polluants et l'impact « climat » du projet. L'impact « climat » est l'analyse des gaz à effet de serre tel que défini par les protocoles de Kyoto (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>) mais également les gaz type CFC ou H<sub>2</sub>O stratosphérique. Cet impact climat est classiquement exprimé en équivalent CO<sub>2</sub> (t eq CO<sub>2</sub>).

Aux productions découlant du projet présenté précédemment, sont appliqués les facteurs d'émission sont issus du *Guide Méthodologique : Enquête nationale des réseaux de chaleur et de froid urbains 2023*, de la FEDENE :

Energie	Contenu CO2 selon la RT2012	Contenu CO2 sur le périmètre ACV	Unité
Gaz	0,205	0,227	tCO <sub>2</sub> /MWh PCI
Biomasse	0,000	0,013	tCO <sub>2</sub> /MWh PCI
Géothermie	0,000	0,100	tCO <sub>2</sub> /MWh
Électricité PAC	0,180	0,079	tCO <sub>2</sub> /MWh

Afin d'avoir des ordres de grandeur de la tonne équivalent CO<sub>2</sub>, le schéma ci-dessous reprend quelques ordres de grandeur standards :



L'analyse environnementale porte est effectuée sur une année de production de chaleur à régime établi soit l'année 2030.

Le scénario 1, géothermie au Dogger avec export non défini permet une économie de 322 000 tonnes de CO<sub>2</sub> sur 29 années de contrat :

En tCO <sub>2</sub> /an	En contenu CO2 RT 2012	En contenu CO2 ACV
Référence Gaz	17 587	19 477
Scénario 1	4 956	5 428
Contenu CO2 évité	12 633	19 477
<b>Nombre de voitures retirées de la circulation par an</b>	<b>6 738 voitures</b>	

Le contenu ACV du réseau est de 63 gCO<sub>2</sub>/kWh livré.

Le scénario 2, géothermie au Dogger avec export vers ECOTONE et les villes au Sud du Kremlin-Bicêtre permet une économie de 12 550 tonnes de CO<sub>2</sub> par an en émission direct, soit 14 297 tonnes de CO<sub>2</sub> par an en analyse ACV :

<i>En tCO<sub>2</sub>/an</i>	<b>En contenu CO<sub>2</sub> RT 2012</b>	<b>En contenu CO<sub>2</sub> ACV</b>
<b>Référence Gaz</b>	17 323	19 182
<b>Scénario 2</b>	4 772	5 223
<b>Contenu CO<sub>2</sub> évité</b>	12 550	14 297
<b>Nombre de voitures retirées de la circulation par an</b>	<b>6 693 voitures</b>	

Le contenu AVC du réseau est de 62 gCO<sub>2</sub>/kWh livré.

# 6 ETUDE ECONOMIQUE DU RESEAU DE CHALEUR

## 6.1 PRIX DE CHALEUR CIBLE

Le prix cible a été déterminé pour l'ensemble des abonnés potentiels (copropriétés, bailleurs, patrimoines des collectivités, ...). Ce raisonnement détermine une moyenne à atteindre au global du réseau à créer.

Le prix cible a été déterminé de la manière suivante :

- Détermination du prix de référence pour un bâtiment de 70 logements disposant d'un chauffage collectif au gaz
  - Prise en compte des coûts P1 et P2 primaire pour les bailleurs
  - P1, P2 primaire et P3 primaire pour les autres
- Actualisation des termes :
  - Molécule : PEG,
  - Taxe : TICGN,
  - Électron pour l'électricité.
- Décote de 5% pour obtenir un prix compétitif pour le réseau de chaleur

Pour les potentiels abonnés, une diminution de 5 % du prix de la chaleur TTC par rapport à une solution de référence gaz a été prise en compte. Cette référence est définie en fonction du maître d'ouvrage :

- Pour les bailleurs, il s'agit uniquement des charges récupérables, c'est à dire le coût d'achat de l'énergie (P1) ainsi que la diminution des charges d'exploitation P2 induite par le moindre entretien de la chaufferie (convertie en sous-station) ;
- Pour les collectivités et les copropriétés, il s'agit de l'ensemble de la facture, c'est-à-dire P1 (charges de combustible), ainsi que la diminution des charges d'exploitation (P2) et des charges de gros entretien et renouvellement (P3) induite par la conversion des chaufferies en sous-stations.

Dans l'objectif de cadrer au plus près de la situation actualisée de l'étude, il a été pris en compte les valeurs suivantes pour l'évaluation du prix de la chaleur produite à partir du gaz :

- Molécule (PEG) : 44 €HT/MWh PCS,
- TICGN : 8,45 €/MWh PCS,
- P0 (représentant les conditions d'approvisionnement sur le marché du gaz) et diverses taxes : 19,0 €HT/MWh PCS.

- P2 primaire : 50 €HT/logement
- P3 primaire : 30 €HT/logement

A partir de ces hypothèses, **le prix cible s'établit à 105 €TTC/MWh** en moyenne sur 30 ans d'exploitation, prévoyant une solution réseau de 5% inférieure aux prix moyens actuels afin de créer des conditions de commercialisation favorables.

## 6.2 INVESTISSEMENTS DE PREMIER ETABLISSEMENT

### 6.2.1 Investissement moyen de production EnR&R

Pour la partie production de chaleur EnR&R, les investissements nécessaires sont égaux entre les deux scénarios et sont synthétisés dans le tableau suivant :

<i>En € HT</i>	<b>Scénario 1 et 2 : géothermie au Dogger</b>
<b>Doublet géothermal au Dogger</b>	12 961 300
<b>Centrale géothermique et boucle géothermale</b>	3 590 000
<b>Pompes à chaleur</b>	2 880 000
<b>Foncier</b>	2 000 000
<b>Maîtrise d'œuvre (9%)</b>	1 748 817
<b>Aléas (5%)</b>	1 059 006
<b>TOTAL Production EnR&amp;R</b>	<b>24 239 123</b>

### 6.2.2 Appoint et secours

Comme explicité ci-avant, l'appoint et le secours total du réseau de chaleur seront réalisés par les chaufferies gaz existantes de la résidence CDC Le Fort (7,5 MW), de la résidence Hauts-Martinets (2,2 MW) de Valdevy et de la Piscine (1,4 MW), soit un total de 11,1 MW mobilisables. Une chaufferie gaz complémentaire sera construite afin d'assurer l'appoint secours de l'ensemble du réseau. En fonction du scénario choisi et de sa mise en place, cette puissance en chaufferie centrale pourra être revue à la baisse.

Le tableau ci-après reprend les coûts d'investissement nécessaires pour l'installation d'appoint et de secours :

<i>En € HT</i>	<b>Scénario géothermie au Dogger</b>
<b>Chaufferie gaz neuve</b>	1 740 000
<b>Raccordement chaufferies décentralisées</b>	1 200 000
<b>Maîtrise d'œuvre (9%)</b>	264 600
<b>Aléas (5%)</b>	160 230
<b>TOTAL Production A/S</b>	<b>3 364 830</b>

### 6.2.3 Réseau de chaleur et postes de livraison

Le coût du réseau de chaleur est estimé à partir du tracé projeté et des différents obstacles et contraintes de parcours. A ce stade des études, il n'a pas été réalisé de mesure des longueurs de tranchées par géomètre. Le tableau suivant détaille les coûts relatifs à :

- La création du réseau de chaleur jusqu'aux postes de livraison en pied d'immeuble des nouveaux abonnés ;
- La mise en place de postes de livraison ;
- La mise en place de sous-stations d'échange pour l'export le cas échéant.

Pour la partie distribution et livraison de chaleur, les investissements nécessaires sont synthétisés dans le tableau suivant :

<i>En € HT</i>	<b>Scénario 1</b>	<b>Scénario 2</b>
<b>Réseau périmètre Kremlin-Bicêtre</b>	11 637 231	11 637 231
<b>Réseau supplémentaire Villejuif, Vitry, Ivry</b>	/	5 209 508
<b>Sous-station d'export Ecotone / ARGEO</b>	450 000	450 000
<b>Sous-station d'export vers Villejuif, Vitry, Ivry</b>	450 000	/
<b>Sous-stations Kremlin-Bicêtre</b>	2 832 000	2 832 000
<b>Sous-stations Villejuif, Vitry, Ivry</b>	/	1 320 000
<b>Maîtrise d'œuvre (9%)</b>	1 383 231	1 930 387
<b>Aléas (5%)</b>	837 623	1 168 956
<b>TOTAL Distribution réseau</b>	<b>17 590 085</b>	<b>24 548 082</b>

Le montant des investissements nécessaires à la mise en place d'un réseau de chaleur fonctionnel et des postes de livraison est estimé à 17 590 k€ dans le cas du projet de réseau de chaleur géothermique au Dogger sur le Kremlin-Bicêtre avec export non défini, et de 24 548 k€ dans le cas du projet de réseau de chaleur géothermique au Dogger sur le Kremlin-Bicêtre et les villes de Villejuif, Ivry-sur-Seine et Vitry-sur-Seine, avec un export vers Ecotone.

## 6.2.4 Total des investissements

Ainsi, les investissements liés à l'étude sont les suivants :

<i>En € HT</i>	<b>Scénario 1</b>	<b>Scénario 2</b>
<b>Forage et centrale géothermique</b>	24 239 123	24 239 123
<b>Chaufferie appoint et secours</b>	3 364 830	3 364 830
<b>Réseau et sous-stations</b>	17 590 085	24 548 082
<b>TOTAL</b>	<b>45 194 038</b>	<b>52 152 035</b>

Il est à noter qu'une ligne aléas a été intégrée dans chaque catégorie de dépense afin de prendre en compte des éventuels imprévus et les études complémentaires rendues nécessaires.

## 6.3 COUTS D'EXPLOITATION

### 6.3.1 Durée du projet

Au vu des investissements importants à consentir, de la durée de vie prévisionnelle des installations et de manière à optimiser au mieux le prix de la chaleur finale proposé aux abonnés, il a été décidé, de manière habituelle pour les réseaux de chaleur géothermiques, de mettre en place un contrat d'une durée de 30 ans, comprenant une année de travaux suivie de 29 années d'exploitation. Cette durée permet à l'opérateur d'amortir l'ensemble des investissements sur la durée du contrat.

### 6.3.2 Charges énergies primaires P1

Les charges de combustibles pour l'alimentation du réseau de chaleur correspondent à :

- L'électricité pour l'alimentation des pompes à chaleur et des équipements de pompage du doublet géothermique ;
- La fourniture de gaz pour l'alimentation de la chaufferie d'appoint/secours.

Les tarifs retenus dans les modélisations économiques sont :

- Pour l'électricité : 125 €HT/MWhe en moyenne
- Pour le gaz : considérant une part « molécule » (PEG) égale à 43,87 €HT/MWh PCS, un prix global du gaz à 70,87 €HT/MWh PCS en moyenne

Ces charges sont présentées en régime établi (dès 2030) :

<i>En k€/an</i>	<b>Scénario 1</b>	<b>Scénario 2</b>
<b>Gaz</b>	1 811	1 726
<b>Electricité géothermie</b>	500	501
<b>Electricité PAC</b>	1 035	1 028
<b>TOTAL</b>	<b>3 346</b>	<b>3 251</b>

Les charges P1 d'exploitation du réseau de chaleur s'élèvent à environ 3 346 k€/an pour le scénario 1, et 3 251 k€/an pour le scénario 2.

### 6.3.3 Charges de conduite et d'entretien courant P2

Les tableaux suivants présentent les coûts correspondant à la conduite quotidienne des installations ainsi qu'à la gestion administrative.

Les couts sont indiqués en régime établi (dès la première année d'exploitation) :

<i>En k€/an</i>	<b>Scénario géothermie au Dogger</b>
<b>Inhibiteur de corrosion</b>	68
<b>Maintenance équipement sous-sol</b>	14
<b>Diagraphies (producteur tous les 5 ans - injecteur tous les 3 ans)</b>	12
<b>Contrat anti-éruption des puits</b>	5
<b>Contrat de suivi des installations géothermale</b>	36
<b>Personnel</b>	192
<b>Véhicules + EPI</b>	19
<b>Pompe à chaleur</b>	13
<b>Coût des locaux (entretien, espaces verts)</b>	2
<b>Contrôles réglementaires (ICPE)</b>	15

<i>En k€/an</i>	<b>Scénario 1</b>	<b>Scénario 2</b>
-----------------	-------------------	-------------------

<b>Elec RCU &amp; Chaufferies (hors PAC)</b>	60	98
<b>Eau de ville et produit d'entretien</b>	14	23
<b>Fournitures et consommables (yc outillage)</b>	24	39
<b>Entretien des compteurs et contrôle réglementaires</b>	8	11
<b>Réseau et GTC</b>	9	12
<b>TOTAL</b>	<b>492</b>	<b>561</b>

Les charges P2 d'entretien courant sont de 492 k€/an pour le scénario 1 et de 561 k€/an pour le scénario 2 à régime établi.

<i>En k€/an</i>	<b>Scénario 1</b>	<b>Scénario 2</b>
<b>Assurance SAF</b>	15	15
<b>Assurances</b>	77	80
<b>Frais de siège</b>	385	401
<b>Contribution économique territoriale</b>	59	65
<b>Redevance d'occupation réseaux</b>	5	7
<b>Frais de contrôle de la concession phase travaux</b>	300	300
<b>Frais de contrôle de la concession phase exploitation</b>	250	250
<b>Taxe foncière</b>	5	5
<b>TOTAL P2 autres charges</b>	<b>796</b>	<b>823</b>

Les charges P2 d'exploitation du réseau de chaleur s'élèvent au total à 1 288 k€/an pour le scénario 1 et à 1 384 k€/an pour le scénario 2.

### 6.3.4 Charges de gros entretien et de renouvellement P3

Les charges de gros entretien et de renouvellement correspondent aux provisions à réaliser pour les opérations de maintenance lourde permettant de :

- Faire face aux imprévus de l'exploitation courante (panne, fuite, ...)
- Renouveler le matériel en fin de vie.

Les couts sont indiqués en régime établi (dès 2030) :

<i>En k€/an</i>	<b>Scénario 1</b>	<b>Scénario 2</b>
<b>P3 Production EnR&amp;R</b>	194	194

En k€/an	Scénario 1	Scénario 2
<b>P3 Appoint/Secours</b>	59	59
<b>P3 Réseau de distribution</b>	58	84
<b>P3 Sous stations</b>	75	92
<b>TOTAL P3</b>	<b>386</b>	<b>430</b>

## 6.4 MECANISMES DE FINANCEMENT MOBILISABLES

Le financement des investissements peut s'effectuer à partir de 4 modalités différentes : les subventions, les droits de raccordement payés par les usagers, les apports en capitaux des parties prenantes à l'opération, et les emprunts bancaires.

Par principe, il n'a été considéré aucun droit de raccordement sur le périmètre de premier établissement pour les bâtiments existants, pour disposer d'une visibilité sur le cout de revient complet du réseau de chaleur. En effet les droits de raccordement reviennent à transférer une partie du coût d'investissement aux usagers lors de leur raccordement et réduire ainsi l'assiette des tarifs d'utilisation du réseau. En revanche des droits de raccordement ont été appliqués aux bâtiments neufs à hauteur de 80 €/HT/kW souscrit.

Au total, pour les deux scénarios, le montant des droits de raccordements estimé s'élève à 394 k€.

### 6.4.1 Le Fonds chaleur

Le Fonds Chaleur Renouvelable est un dispositif d'aide de l'ADEME et de la région Ile-de-France pour le cofinancement de projets EnR&R. Il est l'une des mesures majeures issues du Grenelle de l'Environnement en faveur du développement des énergies renouvelables, pérennisé par la loi sur la transition énergétique de 2015.



L'objectif du Fonds Chaleur est de permettre aux installations produisant de la chaleur à partir d'énergies renouvelables d'être économiquement compétitives par rapport aux installations utilisant une énergie conventionnelle.

**Deux types d'aides** peuvent être alloués :

- **L'aide à la création d'installations de production de chaleur renouvelable** : le projet répond aux règles d'éligibilité du Fonds chaleur, car il s'agit de créer une centrale géothermique ou une chaufferie biomasse,
- **L'aide à la création d'un réseau de chaleur** : le projet répond aux règles d'éligibilité du Fonds chaleur dans la mesure où le réseau sera alimenté à plus de 65% par EnR&R après réalisation du projet, les critères à respecter étant les suivants :
  - Densité thermique du réseau après extension  $\geq 1,0$  MWh/ml ;

- Impact positif pour l'abonné sur le tarif de fourniture de chaleur ;

L'enveloppe globale des subventions octroyées doit respecter les limites communautaires. L'un des critères concerne la taille de l'entreprise : le montant maximum de l'aide pour les réseaux de distribution de chaleur ne peut excéder 60% des investissements éligibles considérant que les concessionnaires seront classés comme « Grande entreprise ».

## 6.4.2 Estimation du montant des aides au projet du Kremlin-Bicêtre

### Calcul de l'aide à la création du moyen de production d'EnR&R :

Le barème 2023 de l'aide maximum Ademe pour les investissements pour la création de moyens de production d'EnR&R à partir de géothermie avec pompe à chaleur détermine une valeur plafond calculable à partir d'un ratio de 13 €/MWh EnR&R sur 20 ans.

### Calcul de l'aide à la création du réseau > 65% EnR&R :

Le barème de l'aide forfaitaire Ademe pour les investissements pour les créations et extensions de réseaux de moins de 20 000 MWh/an d'EnR&R est le suivant pour 2023 :

Type de réseau	Diamètre Nominal du réseau	Aide forfaitaire €/ml
Vapeur	Tous DN	1330
Basse Pression (eau chaude)	DN > 400	1190
	DN > 250 à 400	770
	DN > 125 à 250	610
	DN > 65 à 125	450
	DN 65 et moins	390

Ce barème a été appliqué à chaque scénario. Ainsi, l'aide est estimée à :

- Au maximum 4 903 k€ pour le réseau pour le scénario 1, et 7 097 k€ pour le scénario 2, le montant devant être calculé par une analyse économique du projet par l'Ademe,

### Calcul de l'aide totale :

Au vu des nouvelles règles de calculs des subventions prévues pour 2024, les aides ont été dimensionnées à la hausse, avec un taux de subventions du projet total, représentant **35 % des investissements du projet, hors chaufferies gaz**, ce qui donne :

En k€	Scénario 1	Scénario 2
Maximum Fonds chaleur	14 662	17 096
€ sub / MWh EnR sur 20 ans KB seul	22	25

<i>En k€</i>	<b>Scénario 1</b>	<b>Scénario 2</b>
<b>€ sub /MWh EnR sur 20 ans du projet</b>	12	14

Les montants d'aide retenus dans les modélisations économiques des scénarios sont :

<i>En k€</i>	<b>Scénario géothermie au Dogger</b>	<b>Scénario biomasse</b>
Fonds chaleur	<b>14 662</b>	<b>17 096</b>

## 6.5 SYNTHÈSE TECHNICO-ECONOMIQUE

Le TRI (taux de rendement interne du projet) ressortant des projections a été calculé sous contrainte d'atteindre le prix cible de la chaleur de 105 €TTC/MWh utile (vendu en sous-station) en moyenne sur la durée de la DSP :

<b>TRI avant Impôts</b>	<b>TRI après impôts</b>
7,0 %	6,45 %

Le TRI, le prix de la chaleur pour le Kremlin-Bicêtre et le prix de l'export étant intimement liés, il a été choisi dans l'étude de fixer le prix de l'export en fonction du prix du réseau. Concrètement, la part R2 du prix d'export a été diminuée de 25% par rapport à celle du Kremlin-Bicêtre, étant donné que l'importateur devra financer sa partie du réseau et ses sous-stations.

En ciblant ces taux de rendement, on obtient pour chaque scénario :

	<b>Scénario 1</b>	<b>Scénario 2</b>
<b>Prix moyen Kremlin-Bicêtre (en €TTC/MWh)</b>	105,05	101,74
<b>Prix moyen export (en €TTC/MWh)</b>	80,88	/
<b>Prix moyen Kremlin et villes voisines</b>	/	101,74
<b>Prix moyen export ECOTONE</b>	/	85,00
<b>Frais/droits de raccordement (en €HT/kW)</b>	393 840 €	393 840 €
<b>TOTAL CA (en €HT/an)</b>	7 021 459 €	7 551 464 €

Dans l'état les deux projets sont compétitifs et respectent l'objectif d'atteinte du prix de chaleur cible.

Dans les faits, le prix de l'export sera négocié et ajustera le prix de la chaleur pour le Kremlin-Bicêtre et l'équilibre de la DSP.

### 6.5.1 Sensibilité aux subventions

Dans le cas d'un projet sans subvention, les conséquences économiques seraient non négligeables et impliqueraient une hausse du prix de la chaleur pour le Kremlin-Bicêtre à 123,23 €TTC/MWh et un prix d'export de 92,04 € TTC/MWh dans le scénario 1.

Pour le scénario 2, le prix serait de 119,18 €TTC/MWh pour le réseau intercommunal et de 97,50 €TTC/MWh pour l'export vers ECOTONE.

## 7 GOUVERNANCE DU PROJET

### 7.1 MODES DE GESTION POSSIBLES

Traditionnellement, l'exploitation des services publics peut être assurée selon différents modes de gestion, publique ou privée. De manière constante, le juge administratif rappelle que les collectivités territoriales disposent d'un pouvoir discrétionnaire pour choisir le mode de gestion des services publics (CE, 18 mars 1988, M. Loupias et autres c/ commune de Montreuil-Bellay, n° 57.893).

Il s'agirait soit d'exploiter en direct, soit de confier l'exploitation et la gestion de cet équipement à un tiers. Le réseau de chauffage urbain tel qu'envisagé dans le futur au Kremlin-Bicêtre, suppose la réalisation de travaux premier établissement des moyens de production, distribution et livraison de la chaleur et leur exploitation.

Ainsi, dans le cadre du projet envisagé, la Collectivité peut :

- i. Soit solliciter des entreprises privées pour la construction des installations du réseau de chaleur et son exploitation ou pour une simple fourniture de moyens. Dans ce cas, la Collectivité conserve la responsabilité et les risques de construction et d'exploitation. Il s'agit du régime juridique des marchés publics qui suppose un financement budgétaire des investissements.

Dans cette hypothèse, il s'agirait pour le SIPPEREC d'assumer la maîtrise d'ouvrage des installations consistant notamment à rédiger les différents cahiers des charges

nécessaires à la construction, contrôler quotidiennement la bonne exécution des travaux et payer l'ouvrage à sa réception.

- ii. Soit solliciter les entreprises privées pour la construction des installations du réseau de chaleur puis gérer le service public en régie.  
Outre la maîtrise d'ouvrage, la Collectivité assurerait également par ses propres moyens l'exploitation des installations et la responsabilité du service, en particulier, elle :
  - Assurerait les investissements de premier établissement, de renouvellement et d'entretien des installations du réseau de chauffage ;
  - Serait responsable de l'organisation et du fonctionnement du service ;
  - Utiliserait exclusivement son personnel (titulaire ou non titulaire) ;
  - Supporterait toutes les dépenses quelle que soit leur nature ;
  - Encaisserait toutes les recettes liées au service.
- iii. Soit décider d'associer plus étroitement un opérateur économique au service public, et lui transférer la responsabilité et les risques. Dans ce cas, la gestion se fait aux risques et périls de l'entreprise et la Collectivité procède à une concession.
- iv. Soit la gestion sous une forme de type sociétale (SPL, SEM locale ou encore SEMOP).

## 7.2 CHOIX DE GOUVERNANCE

### 7.2.1 Concessions de service public

Une première possibilité pour le SIPPEREC serait de conserver sa Maitrise d'ouvrage en assurant tout ou partie des investissements liés au réseau de chaleur. Dans le cas d'un tel choix, les compétences technique, économique et juridique devront être portées en interne de la structure ou en s'appuyant sur un exploitant.

Si le choix de la concession est opéré, il convient de déterminer le type de convention à passer.

Ci-dessous, le tableau présente les différents modes de gestion possiblement intéressants pour la Ville du Kremlin-Bicêtre et le SIPPEREC.

**Kremlin-  
Bicêtre**
**Sipperec**
**Concession de Service Public**

Mise en concurrence	Mise en concurrence de l'entrée au capital	Mise en concurrence	Pas de mise en concurrence
Délégataire privé	SEMOP (SEM à opération unique)	SEM (Société d'Economie Mixte)	SPL (Société Publique Locale)
Privé 100%	Collectivité 34-85% Privé(*) 15-66%	Collectivité 50-85%, Privé 15-50%	Collectivité 100%
Actionnaires privés	2 actionnaires minimum dont une collectivité	2 actionnaires minimum dont un privé	2 collectivités locales minimum

(\*) Le ou les opérateurs économiques sont titulaires du contrat de mission

Les modes de gestion possibles sont donc :

- La **Société Publique Locale** : il s'agit d'une Société anonyme à capitaux propres entièrement publics, association entre au moins 2 collectivités locales ou EPCI.
- La **Délégation de Service Public** : la collectivité locale confie l'exploitation de l'activité de service public à un opérateur économique (public type SPL, mixte type SEML, ou totalement privé). Dans ce cadre, l'investissement est assumé par le concessionnaire et les installations sont rétrocédées à la Collectivité à l'issue de la DSP. Ce mode de gestion permet de s'appuyer sur l'expertise d'un opérateur privé expérimenté. Les possibilités de contrôle sont de ce fait plus limitées et la procédure de concurrence est assez lourde à mettre en œuvre.

Le tableau ci-dessous présente les risques, les avantages et inconvénient des différents modes de gestion envisagés :

	Déléataire privé	SEMOP SEM à opération unique	SEM Société d'Economie Mixte	SPL Société Publique Locale
Contrôle par les collectivités locales	Selon les clauses contractuelles et sur l'examen du rapport annuel	Présence des élus dans les instances dirigeantes - minorité de blocage a minima	Présence des élus dans les instances dirigeantes - majorité des droits de vote	Maîtrise totale
Risque pour les collectivités locales	Evolutions contractuelles complexes	Partenariat avec l'opérateur économique	Financier à hauteur des capitaux investis	Financier à hauteur des capitaux investis
Retour d'expérience SIPPEREC - Avantages	Gestion externalisée		Maîtrise des coûts, Retour sur bénéfices	Maîtrise des coûts, Retour sur bénéfices
Retour d'expérience SIPPEREC - Inconvénients	Manque de transparence et de flexibilité, Exigence du niveau de rentabilité		Montage d'offre, Incertitude sur le choix du concessionnaire	Recherche de financements difficiles

La façon de procéder du SIPPEREC est de travailler avec les élus et services de la collectivité concernée, la Ville du Kremlin-Bicêtre, dans l'objectif d'arbitrer sur le mode de gestion le plus adéquat compte tenu des attentes spécifiques du territoire.

### 7.2.2 Focus sur la Société Locale de Production d'Énergie

L'article L2253-1 du CGCT introduit en outre, pour une commune, la possibilité suivante : « Par dérogation au premier alinéa, les communes et leurs groupements peuvent, par délibération de leurs organes délibérants, participer au capital d'une société anonyme ou d'une société par actions simplifiée dont l'objet social est la production d'énergies renouvelables par des installations situées sur leur territoire ou sur des territoires situés à proximité et participant à l'approvisionnement énergétique de leur territoire. »

Le groupement de collectivités peut participer à une structure juridique intervenant en matière de production locale d'énergies renouvelables, ce qui inclut la production de chaleur issue de la biomasse ou de la géothermie.

Dans ce schéma, la SLPE constituée ne peut assurer que la production d'EnR&R ce qui n'inclut ni l'appoint en chaleur carbonée ni la distribution de cette chaleur. La mise en œuvre d'une DSP de distribution est donc nécessaire en complément.

Ce schéma intéressant pour intégrer de l'EnR&R à un réseau existant, pose des problématiques en création d'un réseau de chaleur :

- **Impossibilité d'obliger les candidats à la DSP distribution d'avoir recours à la chaleur issue de la SLPE**
- Nécessité de **mettre en place une convention de fourniture de chaleur** en amont pour éviter :
  - D'éventuels coûts étrangers au service public pris en charge par les abonnés du service public
  - Au maximum la distorsion de la concurrence pour la concession
  - Rupture égalité traitement des candidats : fournir toutes les informations suffisantes pour remettre une offre (prix, quantités, etc.)
  - Rupture de la continuité du service public
- **Difficultés d'exploitation** si deux opérateurs distincts pour la SLPE et la DSP.

Dans le cadre d'une création de réseau de chaleur, ce schéma contractuel présente l'avantage de s'appuyer sur les compétences techniques, administratives et commerciales de l'opérateur économique, mais apporte de la complexité et des risques :

- Tarif de la chaleur supérieur en raison des attentes de rentabilité des actionnaires,
- Portage du risque notamment EnR&R par le groupement de collectivités actionnaires selon pacte d'actionnaire et part de capital,
- Risque sur la procédure de passation de la DSP distribution dû au risque de rupture de l'égalité de traitement,
- Impact budgétaire pour les collectivités du fait du nécessaire apport en capital,
- Maitrise limitée du service de production EnR&R par la collectivité aux conditions du pacte d'actionnaires et la part prise au capital,
- Non restitution des équipements de production EnR&R à la fin du contrat car ils ne constituent pas des biens de retour à la collectivité.

Au vu de la complexité d'un tel montage, la SLPE a été écartée des modes de gestions à appliquer au projet.

## 7.2.3 Modes de portage associés aux différents scénarios

Les modes de portage en SPL et en DSP privée ont été étudié pour les deux scénarios technico-économiques, qui pour rappel sont :

- Le scénario 1 : Géothermie au Dogger alimentant le Kremlin-Bicêtre et exportant de la chaleur vers les villes voisines
- Le scénario 2 : Géothermie au Dogger alimentant le Kremlin-Bicêtre, Villejuif, Ivry-sur-Seine, Vitry-sur-Seine et exportant vers la ZAC ECOTONE à Arcueil.

Sur la base des notes juridiques réalisées par le cabinet SEBAN Avocats, il ressort que :

- Un portage du projet en SPL présente un risque spécifique lié à l'export au regard de :
  - L'article L1531-1 du CGCT qui prévoit que les SPL « exercent leurs activités exclusivement pour le compte de leurs actionnaires et sur le territoire des collectivités territoriales qui en sont membres »
  - L'article L. 3111-1 du CCP qui encadre l'activité accessoire pouvant être réalisée par une SPL sans remettre en cause le principe du « in house »
- Un portage du projet dans le cadre d'une DSP privée est possible si l'activité accessoire respecte certaines conditions :
  - La fourniture de chaleur aux usagers du KB ne doit pas être inférieure au volume de chaleur délivrée à des tiers
  - L'exportation de chaleur ne doit engendrer aucune augmentation du coût global de la chaleur vendue aux abonnés
  - le prix de la chaleur exportée ne pourra en aucune manière être inférieur au tarif du service public. En pratique, possibilité de déroger à ce principe sous réserve que le tarif différencié n'ait pas pour conséquence de financer, avec le service public, un réseau tiers. Il conviendra surtout de s'assurer que le prix de la chaleur exportée ne place pas les usagers tiers finaux dans une situation plus avantageuse que celle des usagers du service public

Le scénario 1 semble incompatible avec un mode portage en SPL dans la mesure où il existe un risque spécifique lié à l'export de chaleur pour un SPL lié à l'encadrement juridique étroit des activités de la SPL tel que prévu à l'article L. 1531-1 du CGCT et à la circonstance que le Code de la commande publique (CPP) qui encadre également l'activité accessoire pouvant être réalisée par une SPL sans remettre en cause le principe du in house (article L. 3111-1 du CCP).

Le scénario 2 est quant à lui recommandé avec un mode de portage en SPL, et permettra la pleine implication des 4 actionnaires potentiels, à savoir les 4 villes, ainsi qu'une maîtrise du projet. Cependant cette solution reste compliquée à mettre en place du fait des nombreux acteurs.

Un portage en DSP privée n'est pas recommandé pour le scénario 2 étant donné qu'il présente des risques juridiques important compte tenu des DSP existantes et de leurs périmètres respectifs.

Le scénario 1 avec un mode de portage en DSP privée est le plus recommandé, étant donné qu'il permet d'avoir une gouvernance limitée du projet par le Kremlin-Bicêtre et le Sipperec seulement et présente des freins juridiques moindres, notamment en termes d'export de chaleur. Il sera tout de même nécessaire de confirmer l'intérêt économique de l'export pour les villes voisines au moment de l'établissement des conventions d'export.

## 8 CONCLUSIONS

Dans le respect de la démarche EnR'Choix de l'Ademe, la solution de géothermie a été étudiée en priorité en intégrant au projet un export de chaleur renouvelable vers les villes voisines. Un tel projet implique d'établir un réseau de chaleur sur la commune du Kremlin-Bicêtre de près de 9,7 km, et prévoit soit d'exporter de la chaleur par le biais de sous-stations d'échange en limite de commune soit par le biais d'une prolongation du réseau sur les communes au Sud du Kremlin, d'un total de 4,6 km, portant le linéaire de réseau à établir à 14,3 km.

Les études sous-sol, ont permis de positionner au mieux le périmètre de forage de la future gélule afin de ne pas provoquer d'interactions avec les autres forages voisins, et donc détériorer la ressource. Le terrain de la zone d'aménagement Lech-Walesa à l'Est de la ville a été choisi du fait de sa compatibilité avec les exigences de la ville pendant le forage et son exploitation.

Un couple prix de la chaleur pour le réseau et prix de l'export a pu être étudié pour chacun des scénarios, avec comme objectif l'atteinte d'un prix cible jugé compétitif par rapport à une solution gaz collective. Les faisabilités technico-économiques des scénarios ont pu être confirmées et les modes de portage associé étudiés :

- Le scénario 1 avec portage en DSP privée s'avère être la meilleure solution, et nécessite d'approfondir les échanges avec les villes et réseaux de chaleur voisins afin de confirmer les volumes et conditions tarifaires d'export de chaleur.
- Le scénario 2 est envisageable sous forme de SPL mais impliquerait 4 actionnaires potentiels rendant la gouvernance plus compliquée et engendrerait des risques juridiques mais aussi en termes de planning projet.

La mise en place du scénario 1, paraît, par conséquent, la plus intéressante et probable.

La ville du Kremlin-Bicêtre, a par ailleurs, validé en Bureau Municipal du 27 novembre un mode de portage du projet en DSP privée. A date, Ivry-sur-Seine, Vitry-sur-Seine et ARGEO ont manifesté un intérêt pour un import de chaleur du Kremlin-Bicêtre sous réserves des discussions à venir sur le prix de la chaleur qui sera proposé.

## 9 ANNEXES

[Annexe 1 : Tableau des prospects](#)

[Annexe 2 : Cartographie du réseau](#)

[Anexe 3.1 : Plan d'affaire Scénario 1](#)

[Anexe 3.2 : Plan d'affaire Scénario 2](#)

## 10 GLOSSAIRE

**Boucle géothermale** : éléments physiques et matériels en contact avec le fluide géothermal constituant le circuit partant du puits de production et aboutissant au puits de réinjection ;

**CVE / UVE** : Centre de valorisation énergétique / Usine de valorisation énergétique. Statut atteint par les incinérateurs d'ordure ménagère à partir d'un certain seuil de valorisation énergétique (électricité et chaleur), permettant de diminuer la taxe générale sur les activités polluantes.

**COP d'une installation géothermique** : c'est le coefficient de performance de l'installation qui est défini comme le rapport de l'énergie produite sous forme de chaleur par l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement de l'opération. La valeur du COP est comprise entre 20 et 45 suivant les installations.

**Densité thermique** : Quantité d'énergie thermique appelée par mètre de conduite du réseau de chaleur installée.

**Degré Jour Unifié (DJU)** : Différence de température entre la température extérieure et la température de 18°C (température intérieure des logements), multipliée par la durée de cette différence (en jours). Le DJU est une référence pour qualifier la rigueur climatique et amener ainsi des comparaisons pertinentes d'une année à l'autre lors des bilans annuels d'exploitation.

**DN** : Diamètre Nominal (d'une conduite)

**DSP / CSP** : Délégation de Service Public / Concession de Service Public

**Durée équivalente à pleine puissance** : Voir taux d'utilisation équivalent à pleine puissance

**Echangeur de chaleur** : dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre sans les mélanger. Le flux thermique traverse la surface d'échange qui sépare les fluides. Ils sont souvent de type échangeurs à plaques (les surfaces d'échange sont des plaques de métal).

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire

**EnR&R** : Energies nouvelles Renouvelables et de Récupération

**DOE** : Dossier des Ouvrages Exécutés

**FOL/FOD** : Fioul Lourd / Fioul Domestique

**Géothermie** : Utilisation de la chaleur de la terre. La récupération de cette chaleur sous forme d'énergie thermique se fait par circulation d'un fluide dans la formation ciblée. Ce fluide caloporteur peut être de l'eau injectée sous pression depuis la surface qui remontera chargée des calories ou l'eau naturellement présente au sein d'un aquifère souterrain comme l'eau du Dogger dans le Bassin parisien.

**GER** : Gros entretien et renouvellement

**GN** : Gaz naturel

**Gradient géothermal** : augmentation de température constatée dans le sous-sol à mesure que l'on s'éloigne de la surface.

**GTA** : Groupe Turbo-Alternateur – Installation visant à transformer l'énergie mécanique (rotation d'une turbine) en énergie électrique (courant alternatif).

**GTC** : Gestion Technique Centralisée

**EPCI** : Etablissement Public de coopération Intercommunal

**ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement. Dans le cas d'une chaufferie cela concerne les installations dont la puissance est supérieure à 2 MW.

**IRIS** : Ilots Regroupés pour l'Information Statistique. Découpage du territoire en mailles de taille homogène d'environ 2 000 habitants réalisé par l'INSEE.

**kWh/MWh** : voir Wh

**MWh<sub>é</sub>/MWh<sub>élec</sub>** : MWh électrique

**MWh<sub>ut</sub>** : MWh<sub>utile</sub>, quantité d'énergie ne nécessitant pas d'être transformée pour être utilisée. Par opposition aux MWh<sub>PCS</sub> et MWh<sub>PCI</sub> des énergies fossiles.

**PCI/PCS** : Pouvoir Calorifique Inférieur/Supérieur (d'un combustible)

**PE TGAP** : Indicateur de valorisation énergétique (Performance Energétique) servant de base pour la détermination du montant de la TGAP.

**P1/P2/P3/P4** : Dénominations standards des charges d'exploitation dans le chauffage collectif correspondant respectivement à :

- l'achat de combustible,
- l'entretien courant,
- les charges de Gros Entretien et Renouvellement,
- le financement.

**Rendement d'un réseau de chaleur** : Rapport entre la quantité de chaleur livrée en sous-stations et la quantité de chaleur produite en tête de réseau, permettant d'évaluer les pertes thermiques du réseau

**Réseau géothermique** : par opposition à la boucle géothermale, le circuit géothermique est composé des éléments en contact avec un fluide propre (eau brute traitée) qui véhicule la chaleur prise au fluide géothermal. L'échangeur thermique constitue la frontière physique entre géothermal et géothermique.

**Réseau primaire** : Partie du réseau de chaleur située en amont des sous-stations, reliant celles-ci aux centrales de production de chaleur

**Réseau secondaire** : Réseau situé en aval des sous-stations, permettant de relier celles-ci aux locaux à chauffer. Le réseau secondaire ne fait pas juridiquement partie du réseau de chaleur géré par le délégataire.

**RT (2005/2012 ...)** : Règlementation Thermique

**SIAAP** : Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne

**Sous-station** : Interface entre le réseau primaire et le réseau secondaire, la sous-station est le lieu où la chaleur est livrée par le fournisseur du service de chauffage urbain. Physiquement, il s'agit d'un échangeur thermique, situé en général en pied d'immeuble.

**STEP** : Station de traitement des Eaux Polluées

**Taux de couverture de la géothermie** : Rapport de l'apport géothermie par les besoins

**Taux d'utilisation équivalent à pleine puissance** : Aussi appelé facteur de charge, il s'agit du ratio entre l'énergie effectivement produite par un moyen de production et l'énergie qui aurait été produite si ce moyen de production fonctionnait à pleine puissance en permanence. En multipliant ce taux par le nombre d'heure annuel, on obtient la durée équivalente à pleine puissance.

**TGAP** : Taxe Générale sur les Activités Polluantes.

**TICGN/TICPE** : Taxe Intérieure sur la Consommation de Gaz Naturel / de Produits Energétiques

**Température de base** : Température extérieure de référence pour la réalisation des bilans thermiques. Elle correspond à la température minimale (constatée au moins 5 jours dans l'année) d'un lieu donné.

**URF** : Unité de Répartition Forfaitaire, pouvant être utilisée comme unité de facturation de la part fixe R2 d'un réseau de chaleur.

**UIDND, ex-UIOM** : Usine d'Incinération des Déchets Non Dangereux

**UVE** : Voir CVE

**VNC** : Valeur Nette Comptable, montant des biens restant à amortir à la fin de la délégation

**Wh** : Unité de mesure d'énergie, correspondant à l'énergie produite par une puissance de 1 watt en une heure. On rencontre plus souvent le kWh (échelle d'un logement) ou le MWh (échelle d'un réseau de chaleur).