

MAITRE D'OUVRAGE

VILLE DE FRESNES



Mairie de Fresnes

1, Place Pierre et Marie Curie

94260 FRESNES

**SCHEMA DIRECTEUR DU
RESEAU DE CHALEUR A BASE
GEOOTHERMIQUE DE LA VILLE DE FRESNES**

Ce document comporte 159 pages, y.c. celle-ci

2017-2018

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION ET RENSEIGNEMENTS GENERAUX.....	5
1.1	Objet du rapport.....	5
1.2	Renseignements généraux relatifs à l'étude.....	6
1.2.1	Maîtrise d'ouvrage – Le délégant.....	6
1.2.2	Le délégataire.....	6
1.2.3	Assistance à Maîtrise d'Ouvrage pour l'étude.....	7
2	COMITE DE PILOTAGE.....	8
3	DIAGNOSTIC DU RESEAU ET EVALUATION DE LA QUALITE DE SERVICE FOURNI.....	9
3.1	Présentation du réseau de chaleur.....	9
3.1.1	Schéma et historique du montage juridique.....	9
3.1.2	Plan du réseau.....	11
3.1.3	Description des principales caractéristiques du réseau.....	12
3.1.4	Typologie des abonnés raccordés.....	15
3.1.5	Evolution de la puissance souscrite et des ventes de chaleur.....	16
3.1.6	Rôle du réseau de chaleur dans la politique énergétique, urbaine et sociale de la collectivité.....	18
3.2	Indicateurs de performance du réseau.....	19
3.2.1	Assurer les besoins maximaux et ajuster en permanence la production aux besoins.....	19
3.2.2	Préserver l'environnement et assurer la sécurité.....	22
3.2.3	Assurer la pérennité de la fourniture de chaleur, d'eau chaude sanitaire.....	24
3.2.4	Satisfaire les attentes de service des abonnés.....	24
3.2.5	Gérer la facturation du service dans le respect des obligations de service public.....	26
3.2.6	Relations de qualité entre l'autorité organisatrice, les citoyens et l'opérateur.....	27
3.3	Contexte contractuel.....	28
3.3.1	Les différents intervenants.....	28
3.3.2	Contrat de concession et avenants.....	29
3.3.3	Règlement de service.....	31
3.3.4	Police d'abonnement.....	32
3.3.5	Chaufferies mises à disposition.....	34
3.4	Audit technique.....	36
3.4.1	Les puits de géothermie.....	36
3.4.2	Boucle géothermale et centrale.....	41
3.4.3	Centrale de cogénération.....	42
3.4.4	Centrale d'appoint centralisée.....	43
3.4.5	Chaufferies décentralisées (mises à disposition).....	43
3.4.6	Chaufferies de secours décentralisées (non mises à disposition).....	44
3.4.7	Bilan de puissance.....	45
3.4.8	Suivi de installations, contrôles réglementaires.....	46
3.4.9	Réseau de distribution.....	47
3.4.10	Sous-stations.....	53
3.4.11	Patrimoine raccordé - installations secondaires.....	56
3.5	Audit environnemental.....	59
3.5.1	Evolution du bouquet énergétique.....	59
3.5.2	Evolution du contenu en CO ₂	62
3.6	Audit économique.....	64
3.6.1	Analyse du compte d'exploitation.....	64
3.6.2	Analyse des investissements.....	67
3.6.3	Structure tarifaire.....	68
3.6.4	Droit de raccordement.....	75
3.6.5	Régime fiscal du réseau de chaleur.....	77

3.6.6	Evolution du coût moyen de la chaleur	77
3.6.7	Positionnement du prix moyen de vente de la chaleur par rapport à d'autres réseaux	78
3.6.8	Facture énergétique des usagers finaux	81
3.6.9	Analyse du compte de Gros Entretien et Renouvellement (GER/P3).....	82
3.7	Audit social.....	83
3.7.1	Lutte contre la précarité énergétique	83
3.7.2	Amélioration de la qualité de la relation entre les acteurs du réseau.....	84
3.8	Synthèse de l'audit de l'existant	85
3.8.1	Synthèse sur le volet « Contractuel »	85
3.8.2	Synthèse sur le volet « Technique ».....	86
3.8.3	Synthèse sur le volet « Economique »	87
3.8.4	Synthèse sur le volet « Social ».....	88
3.8.5	Synthèse sur le volet « Environnemental »	88
4	ETAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR À PROXIMITÉ	89
4.1	Réseaux publics et privs a proximité du réseau	90
4.2	Sources d'énergies renouvelables et de récupération à promixité du réseau.....	92
4.2.1	UIOM.....	92
4.2.2	Géothermie profonde	93
4.2.3	Géothermie superficielle.....	94
4.2.4	Biomasse.....	95
4.2.5	Méthanisation	99
4.2.6	Data Center.....	100
4.2.7	STEP et STEU	101
4.2.8	Solaire thermique	103
4.2.9	Autres ressources énergétiques.....	104
4.2.10	Synthèse	104
5	EVOLUTIONS ET DEVELOPPEMENTS ENVISAGES.....	105
5.1	Périmètre de référence.....	105
5.2	Potentiel de développement identifié.....	108
5.2.1.	Situation urbanistique actuelle	108
5.2.2.	Situation urbanistique projetée (selon le dernier PLU datant de 2018).....	110
5.2.3.	Résultat de la prospection.....	117
5.3	Mobilisation du potentiel	123
5.3.1.	Prospects identifiés par SOFREGE dans son offre	123
5.3.2.	Procédures envisageables pour le raccordement des nouveaux abonnés	124
5.3.3.	Préconisations aux nouveaux abonnés.....	127
5.4	Devenir de la cogénération.....	128
5.5	Dimensionnement du réseau	129
5.6	Prise en compte de rénovations thermiques	130
6	ETUDE DES SCENARIOS D'EVOLUTION	131
6.1	Analyse technique	131
6.1.1.	Sélection des scénarii	131
6.1.2.	Scénario 0 – Production actuelle.....	134
6.1.3.	Scénario 1 – Chaufferie biomasse	136
6.1.4.	Scénario 2 – Géothermie profonde	138
6.1.5.	Scénario 2b – Géothermie profonde + raccordements à Antony	140
6.2	Analyse économique.....	144
6.2.1.	Procédure générale.....	144
6.2.2.	Scénario 1 – Chaufferie Biomasse.....	148
6.2.3.	Scénario 2 – Géothermie profonde	151
6.2.4.	Scénario 2b – Géothermie profonde + raccordements à Antony	154

7	SYNTHESE.....	157
7.1	Synthèse technique.....	157
7.2	Synthèse économique.....	158
7.3	Plan d'actions	159

1 INTRODUCTION ET RENSEIGNEMENTS GENERAUX

1.1 OBJET DU RAPPORT

Le réseau de chaleur de Fresnes est alimenté par l'intermédiaire d'un triplet de géothermie au Dogger combiné à l'utilisation d'une pompe à chaleur (PAC), d'une cogénération et de chaudières gaz. Le réseau est la propriété de la Ville de Fresnes et est géré par la société **SOFREGE (SO**ciété **FRE**noise de **GE**othermie - filiale à 100% de CORIANCE) qui en assure le financement, la conception, la construction et l'exploitation des équipements de production d'énergie et du réseau de chaleur par le biais d'un contrat de Délégation de service Public (DSP) sous la forme d'une convention de concession. D'une durée de 30 ans, elle prendra fin le 31 octobre 2040.

Le présent document a pour objectif de définir le potentiel d'évolution du réseau de chaleur de Fresnes à l'horizon 2030. Il sera articulé via les points suivants :

- Diagnostic historique, contractuel, technique, environnemental, économique et social du réseau actuel permettant de définir le scénario de référence,
- Développement du réseau à l'horizon 2030,
- Etude des scénarii d'évolution (technico-économique, contractuel),
- Synthèse et plan d'action.

Le présent schéma directeur s'inscrit dans une démarche d'assistance technique et économique auprès de la Ville de Fresnes pour lui permettre d'arbitrer sur le potentiel de développement de son réseau de chaleur à l'horizon 2030 et l'évolution des outils des production.

Le présent mémoire vise à rendre compte des éléments suivants sur le réseau de chaleur de la Ville de Fresnes :

- Le diagnostic contractuel et technico-économique du réseau,
- Les évolutions et développements envisagés,
- L'analyse économique et l'évolution contractuelle des scénarii de développements.

La Ville souhaite attacher une attention particulière dans cette démarche sur les objectifs sociaux et environnementaux pour limiter la pollution en ville, lutter contre la précarité énergétique et ainsi minimiser l'impact de l'activité humaine sur la santé de l'individu.

1.2 RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX RELATIFS À L'ÉTUDE

1.2.1 Maîtrise d'ouvrage – Le délégant

Le Maître d'Ouvrage est la Ville de Fresnes.

Adresse principale : Mairie de Fresnes
1, Place Pierre et Marie Curie
94260 FRESNES

1.2.2 Le délégataire

Le Concessionnaire est **SOFREGE**. Il s'agit d'une société dédiée au projet, créée par CORIANCE et filiale à 100%. La création d'une société dédiée à l'exploitation du réseau Fresnois permet de garantir la transparence dans la gestion de l'exploitation, notamment, au niveau financier, car les comptes ne sont pas fondus dans ceux de la société mère.

Adresse principale : SOFREGE
Allée de l'Abreuvoir
94260 FRESNES

Les interlocuteurs sont les suivants :

M. Sébastien MILORIAUX	Président de SOFREGE	sebastien.miloriaux@groupe-coriance.fr
M. Stéphane QUEMENER	Chef d'agence chauffage urbain	stephane.quemener@groupe-coriance.fr
M. Jérôme BELLO	Responsable opérationnel	jerome.bello@groupe-coriance.fr
M. Laurent NOGUE	Chargé d'affaires	laurent.nogue@groupe-coriance.fr
M. Bernard DUBOIS	Responsable d'exploitation	bernard.dubois@groupe-coriance.fr

1.2.3 Assistance à Maîtrise d’Ouvrage pour l’étude

Le bureau d’études **SERMET**, spécialisé dans les réseaux de chaleur et la géothermie a été choisi par la Ville de Fresnes pour assurer le rôle d’assistance à la maîtrise d’ouvrage.

Adresse : 1 Rue Séjourné
94 000 CRETEIL

Les interlocuteurs sont les suivants :

M. Pierre BIGNON	Directeur d’agence	01 43 97 93 49 pbignon@sermet.fr
M. Didier BENARD	Responsable opérationnel	01 43 97 05 80 dbenard@sermet.fr
Mme. Coline HUARD	Chargée d’affaires	07 63 78 17 64 chuard@sermet.fr
M. Thibaut DUPARC	Ingénieur d’études	tduparc@sermet.fr

2 COMITE DE PILOTAGE

L'élaboration du schéma directeur du réseau de chaleur de Fresnes se fera dans la concertation de l'ensemble des acteurs suivants :

- **Ville de Fresnes (autorité délégante) :**
 - Maire de Fresnes : Mme CHAVANON,
 - M. AUBRY,
 - M. OBERHAUSER,
 - M. KHELIFI,
 - Mme. BRUNET-DINE,
 - M. QUEAU,

- **Services administratifs :**
 - Mme. DELOUME-FIRTH,
 - Mme. GOUPIL,
 - Mme. BOUTELEUX,
 - M. JOLIBERT,
 - M. LELONGT,
 - M. TOUSSAINT,
 - Mme. ROY,
 - M. TONDU,
 - Mme. GUIN,
 - Mme. CORTESI,

- **Opérateur d'aménagement :** M. BORIKIC,
- **SOFREGE (déléataire) :** M. NOGUE,
- **ADEME :** M. CAPOU, Mme. HENRY,
- **Conseil Régional D'Ile-de-France :** M. BRUN,
- **Conseil départemental du Val de Marne :** M. FRAGNAUD,
- **Représentants des principaux abonnés :**
 - Copropriétés : Clos de la Garenne, Carré des écrivains, La Peupleraie,
 - Bailleurs sociaux : I3F, VALOPHIS.

3 DIAGNOSTIC DU RESEAU ET EVALUATION DE LA QUALITE DE SERVICE FOURNI

3.1 PRÉSENTATION DU RÉSEAU DE CHALEUR

3.1.1 Schéma et historique du montage juridique

Les objectifs de la Ville de Fresnes pour le réseau de chaleur lors de la passation de la convention avec SOFREGE étaient :

- Obtenir un prix de la chaleur compétitif pour les abonnés du réseau (logements sociaux, équipements publics, entreprises...) et lutter ainsi contre la précarité énergétique,
- Développer au maximum le réseau sur la commune, tout en gardant une couverture en énergie renouvelable supérieure à 50% en atteignant à terme un taux de couverture supérieur à 60% sur la durée de la convention.

La délégation de service public conclue entre la ville de Fresnes et SOFREGE a été signée le 24 septembre 2010. D'une durée de 30 ans non renouvelable, elle a pris effet le 1^{er} novembre 2010.

La convention a pour objet le financement, la conception, la construction et l'exploitation de nouveaux équipements de production et de l'extension du réseau de chaleur associé.

En qualité de délégataire, la société SOFREGE se doit d'assurer dans le respect du principe de continuité du service public les prestations suivantes :

- Etablissement et renouvellement des ouvrages nécessaires à la bonne utilisation du réseau de chaleur,
- Exploitation à ses risques et périls de la production thermique et du réseau de chaleur,
- Assurer l'équilibre du financement des investissements, de la distribution, de l'entretien du réseau de chaleur,
- Fourniture de combustible pour les chaufferies d'appoint-secours du réseau,
- L'exploitation, la maintenance et le gros entretien et renouvellement (P2, P3) pour les installations de production (productions centralisées, productions d'appoint-secours) et le réseau primaire,
- Le maintien d'un taux de couverture annuel en énergies renouvelables supérieur à 50% pendant toute la durée de la délégation et un taux de couverture supérieur à 60% au global sur la durée de la convention.

SOFREGE s'engage sur la fourniture de l'énergie nécessaire pour assurer les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire de l'ensemble des abonnés.

Les polices d'abonnement sont souscrites pour chaque site raccordé par un Abonné auprès de SOFREGE.

Historique de la Délégation :

Le réseau de chaleur géothermique de Fresnes est actuellement constitué d'une partie située au nord de l'A86, dite « Réseau Nord » d'une part, et d'une autre partie située au sud de l'A86, dite « Réseau Sud ». L'historique et leurs modalités d'exploitation sont les suivantes :

Le réseau de chaleur géothermique de Fresnes a été créé à la fin des années 1980 avec la réalisation d'un doublet géothermique en 1986 et la réalisation d'un réseau de distribution alimentant différents abonnés au Sud de la A86.

Le réseau dit « réseau SUD » était géré dans le cadre d'un contrat d'affermage par la SOciété FREnoise de CHALeur (SOFRECHAL) depuis le 1er novembre 1986. Ce contrat d'une durée initiale de 20 ans a été prolongé par voie d'avenant en 1997 pour une durée de 4 ans, soit jusqu'au 31 octobre 2010.

Un réseau de distribution alimentant le secteur situé au Nord de la A86 a été créé à partir de 1998. Ce réseau était alimenté en énergie calorifique depuis le réseau du secteur Sud.

Le réseau dit « réseau NORD » était géré depuis 1998 dans le cadre d'un contrat de concession de service public d'une durée de 20 ans par la SOciété FREnoise de Distribution THermique (SOFREDITH).

Toutefois, cet éclatement dans la gestion du service public conduisant à des difficultés de gestion et de coordination entre ces différents contrats, la Commune a résilié cette concession de service public pour motif d'intérêt général avec prise d'effet le 31 octobre 2010.

L'objectif de la Commune était de rationaliser la gestion de service public, elle entendait en effet pouvoir conduire une procédure unique sur l'ensemble du périmètre des deux contrats désignés ci-avant, visant à confier à un concessionnaire unique la gestion et l'exploitation du réseau ainsi que la réalisation d'importants travaux sur le réseau.

Ainsi, à partir du 1^{er} novembre 2010, la SOciété FREnoise de GEothermie (SOFREGE) s'est vu confier la gestion et l'exploitation de l'ensemble (Nord et Sud) du réseau de chaleur géothermique de Fresnes via une concession de travaux publics d'une durée de 30 ans.

Depuis la prise de service de SOFREGE, la production a été améliorée avec la mise en place, en 2013, d'une pompe à chaleur et le forage d'un 3^{ème} puit géothermique en 2014 qui permettent la meilleure valorisation de la ressource souterraine ainsi que sa pérennisation.

Egalement, un troisième sous-réseau a été créé : le réseau de la Cerisaie, développé en 2013, qui permet d'alimenter les bâtiments situés dans la Z.A.C de la Cerisaie.

3.1.2 Plan du réseau

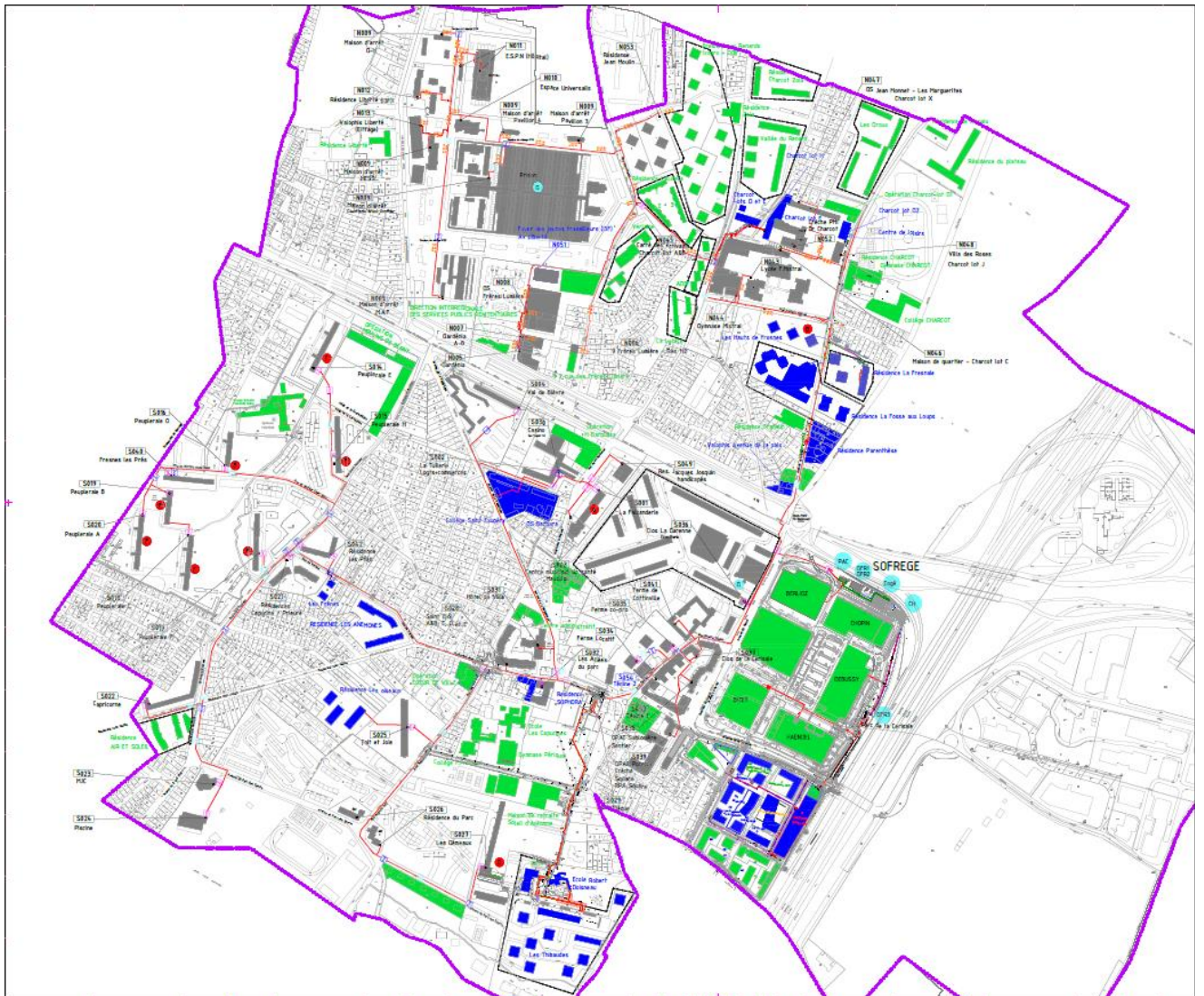
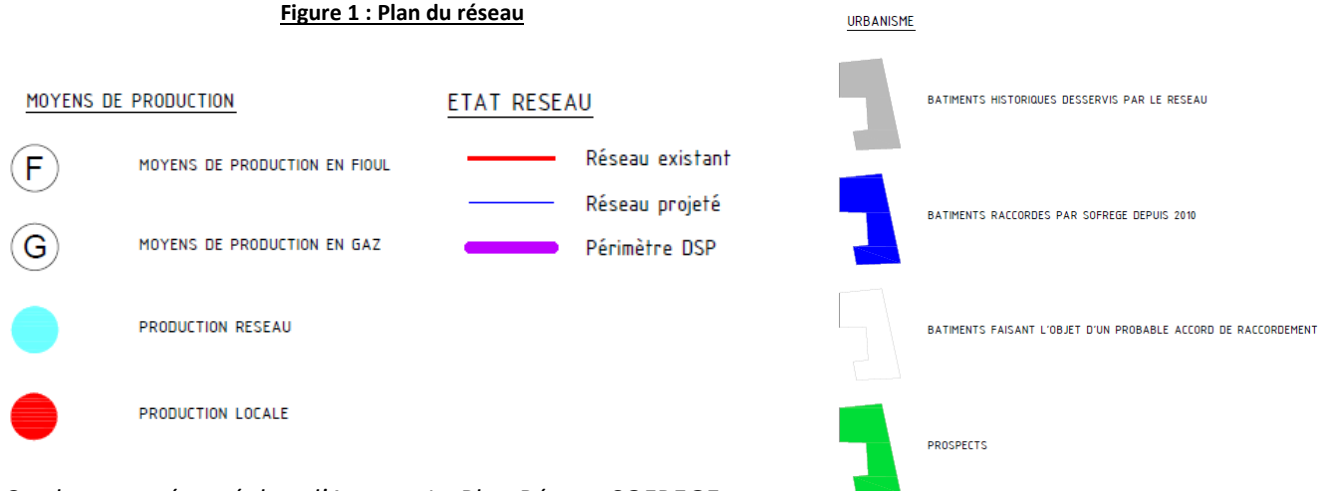


Figure 1 : Plan du réseau



Ce plan est présenté dans l'Annexe 1 - Plan Réseau SOFREGE.

3.1.3 Description des principales caractéristiques du réseau

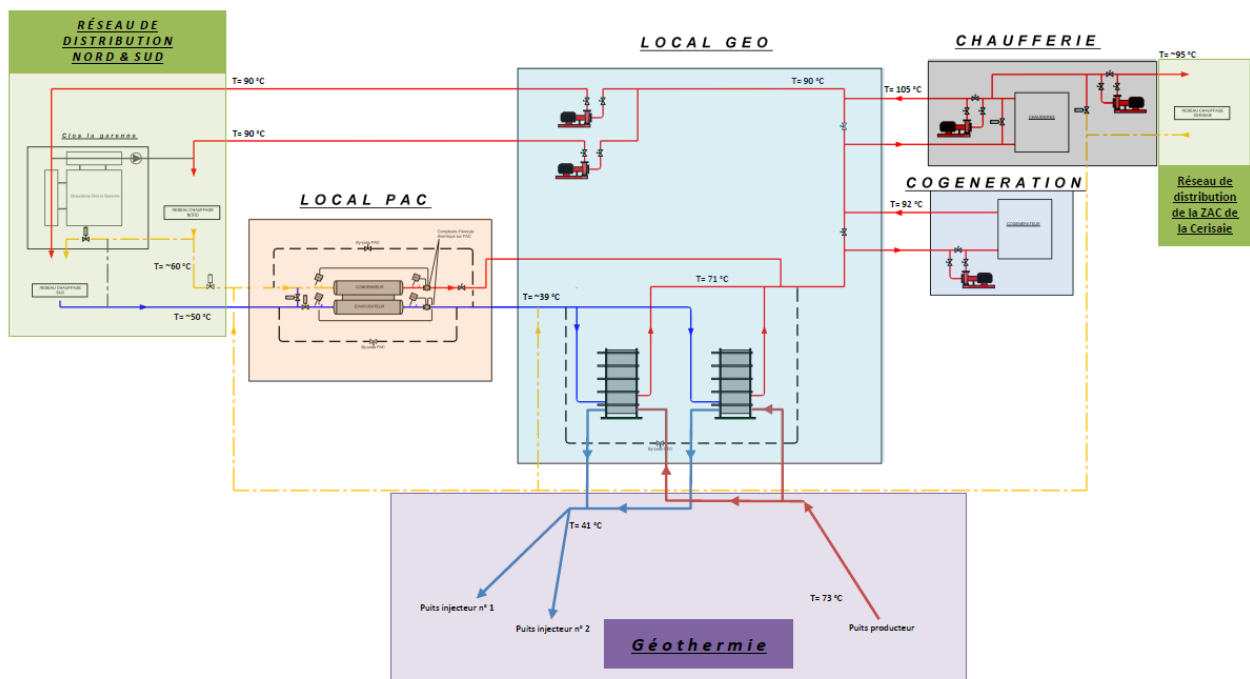
3.1.3.1 Principales caractéristiques de l'appareil de production

Le réseau de chaleur de Fresnes au 31 décembre 2016 était composé de :

- Une centrale géothermale comportant 3 puits (2 puits d'injection GFR-1 et GFR-2 et un puits de production GFR-3),
- Une pompe à chaleur raccordée sur le circuit de géothermie,
- Une centrale de cogénération (comportant 4 moteurs à gaz),
- Une chaufferie gaz d'appoint centralisée,
- 12 chaufferies gaz d'appoint décentralisées mises à disposition du délégataire : Les Peupleraies (bâtiments A, B, C, E, F, H et O), le Centre pénitentiaire, la Faisanderie, le Clos de la Garenne, les Gémeaux et les Hauts de Fresnes.
- 3 chaufferies de secours (non mises à dispositions) : Hôtel de Ville, Résidence des Prés, Fresnes les Prés.

Puissances installées en 2016 :

- | | | |
|--|-------------|----|
| • Centrale géothermale (géothermie + PAC) à -7°C | 13,2 | MW |
| • Centrale de cogénération | 8,8 | MW |
| • Une chaufferie gaz appoint centralisée | 18,9 | MW |
| • Douze chaufferies d'appoint décentralisée | 34,3 | MW |
| • Trois chaufferies de secours | 1,9 | MW |



Version du 26 mars 2013

Les températures mentionnées ne sont qu'à titre indicatif

Figure 2 : Schéma de principe du fonctionnement du réseau de chaleur de Fresnes

Ce schéma de principe du fonctionnement du réseau avec les appoints et secours est présenté en Annexe 2 – Schéma de Principe du fonctionnement du réseau.

3.1.3.2 Principales caractéristiques du réseau

Les caractéristiques principales du réseau sont résumées dans le tableau suivant.

Descriptif du réseau Fresnes au 31 décembre 2016	
Longueur du réseau de tranchée	13,074 km
Nombre d'abonnés	62
Nombre de sous-stations	104
Nombre d'équivalent-logements pour les consommations de référence	9 415
Puissance souscrite	50,3 MW
Ventes totales livrées en 2016	86,0 GWh
Taux d'EnR	56 %
Contenu CO ₂	0,083 kg/kWh utile
Densité globale du réseau	6,58 MW/ml

Tableau 1 : Caractéristiques du réseau de Fresnes (à la fin de l'exercice 2016)

3.1.3.3 Principales caractéristiques du bouquet énergétique

La répartition des quantités d'énergies à la production pour l'année 2016 du réseau de chaleur de la Ville de Fresnes est présentée dans le tableau suivant.

Réseau Existant - périmètre 2016	Total chaleur produite (MWh)	Taux de couverture (%)
Bilan réel (2358 DJU)		
Géothermie + PAC	51 017	56,5%
Cogénération	24 421	27,0%
Chaufferies GAZ	14 909	16,5%
Chaufferies FOD	0	0,0%
Total	90 357	100%

Tableau 2: Mixité énergétique du réseau de Fresnes (exercice 2016)

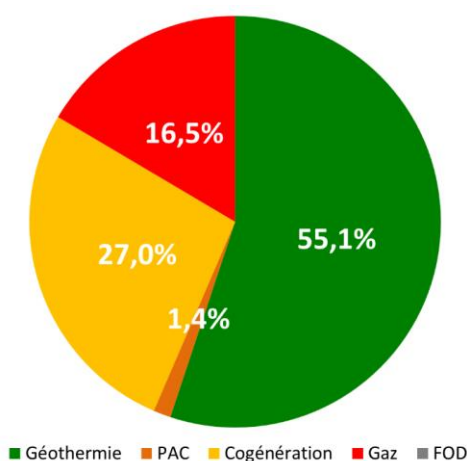


Figure 3: Graphique en secteur de la mixité énergétique 2016

Remarque : la Figure 3 montre le taux de couverture des différentes sources énergétiques.

Ainsi, le taux de couverture des énergies renouvelables (géothermie + PAC) est de 56,5%. Cependant, il est souvent plus intéressant de mettre en avant le taux d'Énergies Renouvelables et de Récupération (EnR&R), qui est utilisé par l'ADEME et le service des impôts pour la fixer le taux de TVA de la facturation demandée aux abonnés.

Taux de couverture : ce taux correspond à la part couverte par les énergies renouvelables dans le mix énergétique de la production de chaleur du réseau. Dans notre cas, cela concerne l'énergie provenant de la géothermie et la pompe à chaleur (PAC).

Taux d'EnR&R : ce taux correspond au taux de couverture ci-dessus défini auquel il est soustrait la part d'énergie fossile nécessaire au fonctionnement de la production de chaleur provenant d'énergie renouvelable ou de récupération. Dans notre cas, cela concerne l'énergie provenant de la géothermie et la pompe à chaleur (PAC) auquel est soustrait la consommation d'électricité de la PAC.

Ce taux d'EnR&R est déterminé selon l'article 279b decies du Code Général des Impôts. Les énergies utilisées par les réseaux de chaleur (dites « primaires ») sont classées en 3 types (celles relatives au cas de Fresnes sont en gras) :

- **Energies fossiles** : Charbon, Fiouls lourd et domestiques, GPL, Gaz Naturel,
- **Energies R&R** : Biomasse, Gaz renouvelable et de récupération, Chaleur industrielle, Chaleur des UIOM, Géothermie, Solaire thermique et les parts renouvelables des cogénérations, d'interconnexions de réseau de chaleur et des pompes à chaleur,
- **Energies Autres** : Chaudières électriques et les parts non renouvelables des cogénérations, d'interconnexions de réseau de chaleur et des pompes à chaleur.

Lorsque le taux d'EnR&R est supérieur à 50%, l'exploitant du réseau de chaleur peut appliquer un taux de TVA réduit de 5,5% sur les consommations d'énergie calorifique. Concernant le réseau de chaleur de Fresnes, aucune énergie de récupération n'est utilisée. Dans ce cas, le taux d'EnR&R sera appelé couramment taux d'EnR.

Le graphe suivant présente la répartition exigée par l'article 2779b decies du Code Général des Impôts pour la détermination du taux d'EnR :

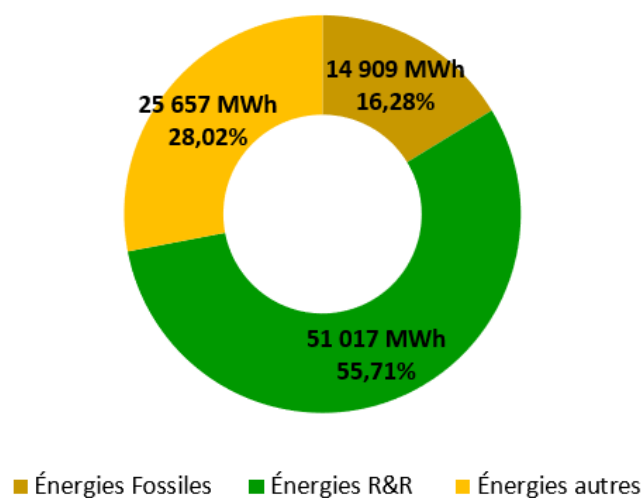


Figure 4: Graphique du taux d'EnR en 2016

Le taux d'EnR du réseau de chaleur de Fresnes calculé pour l'année civile 2016 est de 55,7%.

3.1.4 Typologie des abonnés raccordés

Le réseau alimente plusieurs types d'abonnés tels que des copropriétés, des logements sociaux, des équipements publics et des bâtiments d'enseignement sur la commune de Fresnes.

En 2016, le réseau alimentait environ 9 415 équivalent-logements répartis tel qu'indiqué dans le tableau ci-dessous avec un DJU de 2358.

Les degrés jour unifiés (DJU), permettent de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique et de « quantifier » la rigueur de l'hiver. De manière générale, la période de chauffe est comprise entre les mois d'octobre et mai. Les DJU des autres mois ne sont pas considérés.

Ils sont généralement déterminés selon la méthode « météo » selon laquelle, pour chaque période de 24 heures, le nombre de degrés jours unifiés (DJU) est déterminé en faisant la différence entre la température de référence, par exemple 18 °C, et la moyenne de la température minimale et la température maximale de ce jour.

Type d'abonnés	Nombre d'équivalent-logements	Part (%)
Autres copropriétés	2493	26%
Clos de la Garenne	1076	16%
Peupleraie	856	6%
Logements sociaux	2730	19%
Prison	1412	12%
Equipements publics	471	5%
Bâtiments d'enseignements	377	2%
TOTAL	9415	100%

Tableau 3: Répartition des abonnés par type

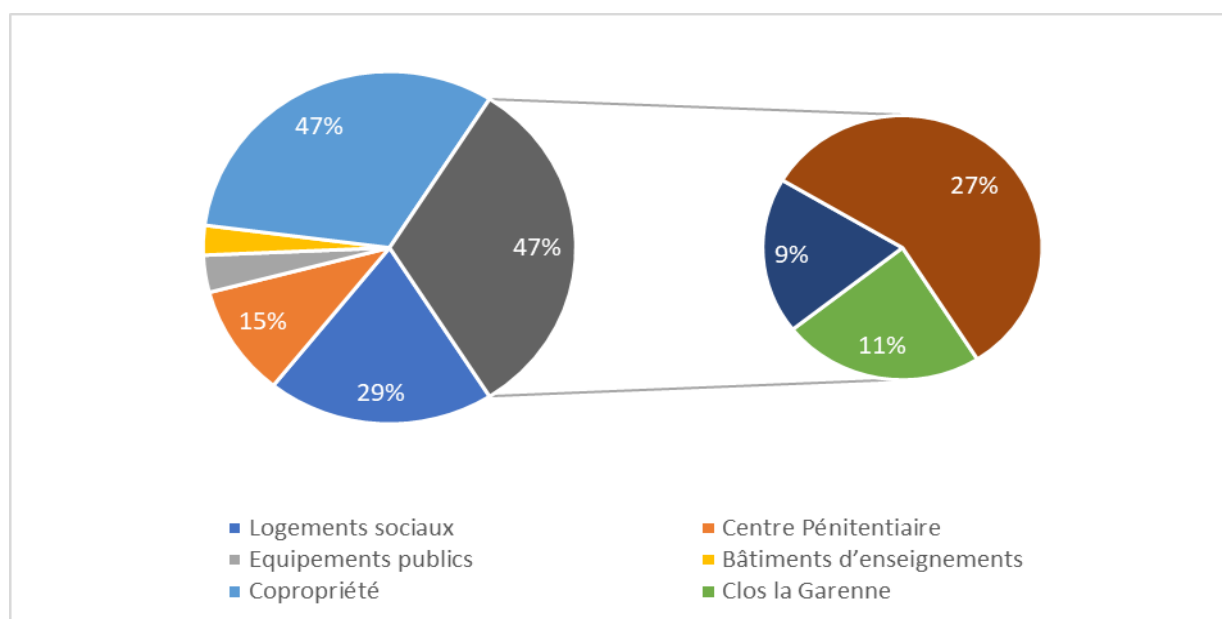


Figure 5 : Graphique en secteur des types d'abonnés raccordés

Une liste des sous-stations avec le type d'abonné, les consommations de références, les puissances souscrites ainsi que le nombre d'équivalent logement est donnée en Annexe 3.

Le tableau et le graphique montre que les copropriétés représentent la majeure partie des abonnés avec 47% de la puissance souscrite totale. Le reste des abonnés est partagé entre des logements sociaux, le centre pénitentiaire, des équipements publics et des bâtiments d'enseignement.

Cette répartition est originale pour un réseau de chaleur, en effet, de manière plus commune ce sont les abonnés type logements sociaux/équipement publics qui représentent la majorité des abonnés. Cette situation est liée à l'historique de la construction du réseau de chaleur dans les années 80 qui s'est faite sur l'initiative des habitants fresnois résidents de grandes copropriétés (notamment le Clos de la Garenne et la Peupleraie), qui partagent les mêmes valeurs, et, en particulier celle du logement pour tous, notion très intégrée culturellement à Fresnes.

Il est à noter qu'en 2016, SOFREGE fournit la chaleur à 76% des logements collectifs de Fresnes (7 154 logements pour 9 374 appartements).

3.1.5 Evolution de la puissance souscrite et des ventes de chaleur

Le réseau de chaleur de Fresnes s'est beaucoup développé au cours des six dernières années passant de 37 050 kW de puissance souscrite à la fin 2011 à 50 259 kW au 31 Décembre 2016 (soit une augmentation de 35,7 %). De plus, le nombre de point de livraison est passé de 67 à 104 sur cette même période.

Le tableau ci-dessous présente l'évolution, sur les 6 dernières années, du nombre d'abonnés, de la rigueur climatique et des consommations de chaleur.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Nombre de points de livraison	72	76	84	96	101	104
Nombre de sous-stations	63	66	71	82	87	90
Nombre d'abonnés	49	49	54	59	62	62
Nombre d'eq-logement	7096	7214	7561	8427	9156	9415
Nombre DJU [°C]	1968	2256	2512	1863	2098	2358
Puissance souscrite	37050	36296	38715	44364	48937	50259
Chaleur livrée (MWh)	55930	68060	71516	62057	71406	85964
Consommation chauffage (MWh)	45212	56447	61225	50698	57864	69083
Consommation ECS (MWh)	10718	11612	10291	11359	13542	16881
Consommation totale ramenée à 2397 DJU* (MWh)	65786	71587	68713	76589	79653	87107

*2397 DJU correspond à la moyenne trentenaire des DJU à la station d'ORLY.

Tableau 4 : Evolution du réseau depuis 2011

Il est à noter que la distinction entre la consommation de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) ne peut être mesurée directement pour tous les abonnés car, comme nous le verrons par la suite, trois configurations de comptage sont employées sur le réseau de Fresnes et la plupart ne distinguent pas ces deux valeurs.

Pour pallier ce point, SOFREGE utilise la méthode suivante pour estimer la part de chacune de ces consommations :

Un pourcentage de la part ECS est choisi empiriquement selon le mois étudié, l'été, la consommation de chauffage est nulle et la consommation totale mesurée correspond à la consommation ECS. Pour une meilleure estimation, la consommation ECS est étudiée sur les mois de Juillet, d'Août et de Septembre,

La consommation totale sur ces mois, divisée par la somme des pourcentages choisis pour ces mois est ensuite multipliée par le pourcentage choisi pour les autres mois pour obtenir une estimation de la part ECS chaque mois de l'année.

Bien que cette méthode ne soit pas exacte, elle permet de donner une bonne idée de la répartition des différentes consommations.

Remarque : la différence entre le nombre d'abonnés et de sous-stations s'explique par le fait que dans certains cas, plusieurs abonnés se partagent une sous-station.

Le graphe suivant présente l'évolution de la consommation de chaleur et de la puissance souscrite du réseau depuis 2011.

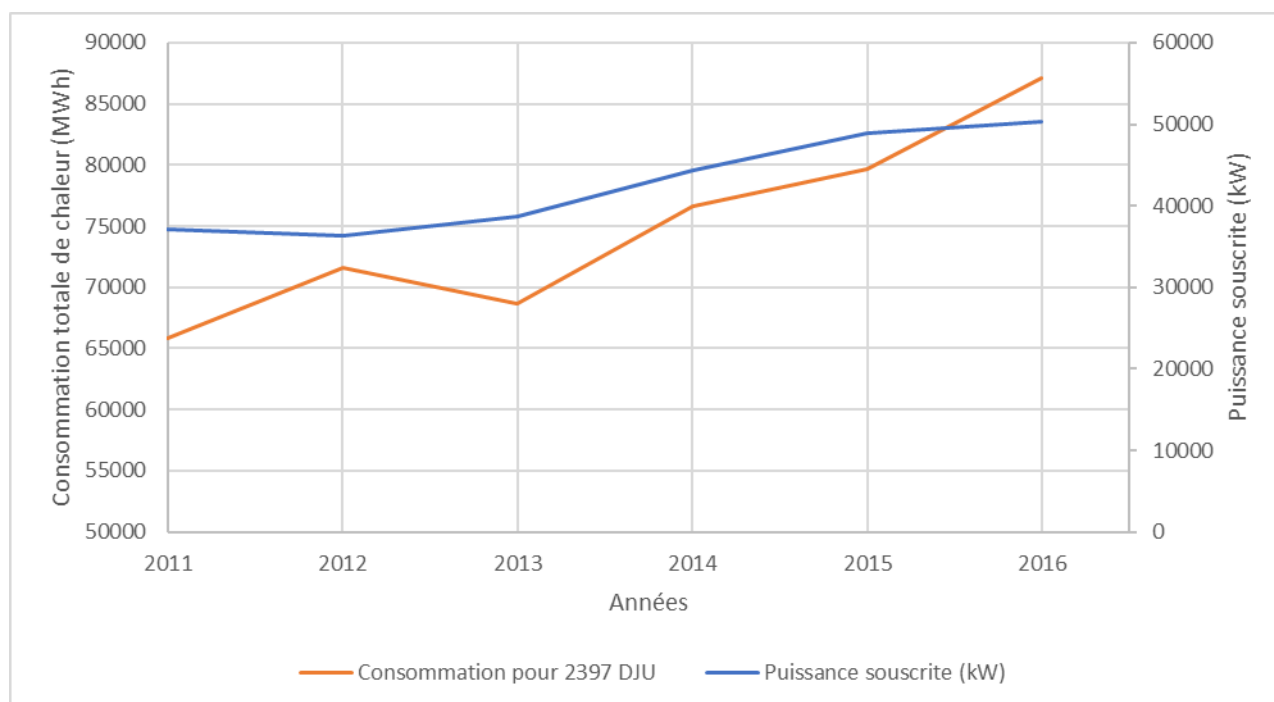


Figure 6 : Evolution des consommations de chaleur et de la puissance souscrite totale du réseau

La consommation ramenée au DJU trentenaire illustre le développement du réseau depuis 2011. Seule la valeur de consommation de l'année 2013 ne semble pas suivre cette croissance. Cette même année, une campagne de modification des compteurs a été réalisée par SOFREGE dû justement à une défaillance des systèmes en place. Les valeurs de 2013 sont donc sous-évaluées par rapport à la réalité.

3.1.6 Rôle du réseau de chaleur dans la politique énergétique, urbaine et sociale de la collectivité

Suite aux chocs pétroliers des années 1970, la France s'est lancée dans le développement de la géothermie profonde en basse énergie. Les atouts de la géothermie sont nombreux :

- Energie 100% renouvelable,
- Faible coût à l'exploitation,
- Réponse adaptée aux besoins denses en chaleur,
- Application du taux réduit de TVA sur l'ensemble de la facture (abonnement + consommation) des réseaux de chaleur utilisant majoritairement des énergies renouvelables (à + de 50%) conformément à la loi du 13 juillet 2006 « Engagement national pour le logement », permettant d'obtenir un prix compétitif.

La décision, en 1986, de réaliser ce réseau de chaleur alimenté par un doublet géothermique puis la réalisation du 3^{ème} puits en 2014 plaçaient donc la Ville de Fresnes au rang des villes contribuant à la mise en place d'un service durable de fourniture de chaleur à ses administrés.

Pour la Commune, il s'agit, par ce service public, de lutter contre la précarité énergétique, de limiter la pollution en ville et de poursuivre sa démarche de transition énergétique afin de limiter l'impact de l'activité sur la santé, et ce, avec une gestion du service qui associe l'ensemble des acteurs afin de garantir la transparence sur le coût et la qualité du service public rendu :

- ❖ Volet énergétique :
 - Energie renouvelable et pérenne,
 - Puissance disponible importante,
 - Coût moins dépendant des solutions énergétiques classiques.
- ❖ Volet économique et social :
 - Maîtrise des charges, à la fois directement pour les résidents des immeubles desservis par le réseau, et indirectement pour l'ensemble des administrés par la maîtrise des charges communales pour la fourniture en chaleur des bâtiments publics raccordés,
 - Maîtrise du coût de la chaleur pour le maintenir compétitif,
 - Mise en place d'outil de démocratie participative pour une gouvernance partagée du réseau.

Grâce à cette politique, le réseau de chaleur de Fresnes est lauréat du label Eco-réseau de chaleur décerné par l'AMORCE depuis 2016, label qui a pour vocation de mettre en valeur les réseaux de chaleur vertueux tant au niveau environnemental, qu'économique et social.

3.2 INDICATEURS DE PERFORMANCE DU RÉSEAU

3.2.1 Assurer les besoins maximaux et ajuster en permanence la production aux besoins

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (2016 – dernier exercice complet)
1.1-M1	Taux d'appel de puissance	$\frac{\text{Puissance maximale appelée (pour Text de base)}}{\text{Puissance maximale de la production en centrale}}$ <p>La puissance maximale appelée est calculée en considérant une rigueur climatique correspondant à l'année 2016.</p>	<p>Taux y.c. chaufferies décentralisées 59 %</p> <p>Ce taux montre que la puissance installée est largement suffisante pour fournir la totalité des abonnés et assurer un développement du réseau de chaleur.</p>

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (2016 – dernier exercice complet)
1.1-C1	Durée d'utilisation équivalente à pleine puissance	<p align="center"><u>Quantité d'énergie thermique livrée (Ch + ECS)</u> <u>Puissance maximale appelée</u></p> <p>Les calculs sont effectués à partir des données de 2016 Ch = Chauffage / ECS = Eau Chaude Sanitaire</p> <p>Le dimensionnement du réseau de chaleur doit prendre en compte les pics de besoins, ce qui a un effet direct sur son coût. Le réseau doit en effet pouvoir satisfaire les besoins instantanés des abonnés les plus élevés. En dehors des pics de pointe, plus les besoins sont éloignés des pics, plus l'installation semble surdimensionnée, ce qui rend difficile son amortissement. La durée d'utilisation équivalente à pleine puissance permet de mesurer l'adéquation entre le dimensionnement du système et les besoins à satisfaire : moins les besoins sont intermittents, plus la durée d'utilisation équivalente à pleine puissance est élevée.</p>	<p>Nombre d'heures équivalent d'utilisation : 1 875 h ce qui représente 22% du temps sur l'année.</p> <p>Les réseaux de chaleurs sont considérés comme bien dimensionnés au-delà de 2 000h. Le réseau de Fresnes est actuellement légèrement surdimensionné mais dans le but de permettre un développement du réseau avec l'appareil de production actuel. A titre de comparaison, les chaudières gaz peuvent atteindre une durée d'utilisation équivalente de 2 628 à 7 884h.</p>
1.2-C1	Taux d'interruption local du service	<p><u>Nombre d'heures d'arrêt</u> <u>Période de fonctionnement en heures</u></p>	Le taux est de 2,4% (environ 200h sur l'année 2016, ce qui est faible en considérant que les arrêts ne touchent pas toujours les mêmes abonnés).
1.2-C2	Taux d'arrêts programmés par rapport aux arrêts effectifs	<p><u>Nombre d'heures d'arrêts programmés</u> <u>Nombre d'heures d'arrêt</u></p>	Sur les 2,4%, 63,7% sont des arrêts programmés (peu d'arrêts pour maintenance curative, fait ressortir la bonne santé du réseau).

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (2016 – dernier exercice complet)
1.4-M1	Puissance souscrite au km	$\frac{PS\ totale}{Longueur\ totale\ du\ réseau\ de\ distribution}$	3 844 kW souscrit / km réseau. Ce qui montre la forte densité du réseau, un point positif pour son exploitation et ses performances environnementales.
1.4-C1	Développement	$\frac{PS\ en\ 2016 - PS\ en\ 2011}{PS\ en\ 2011 \times Nb\ d'exercices\ écoulés}$	Taux de développement annuel du réseau : 7,1% . Un taux important pour un réseau déjà existant.

3.2.2 Préserver l'environnement et assurer la sécurité

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (2016 – dernier exercice complet)
2.1-M1	Bouquet énergétique	Répartition des quantités d'énergies à la production	<p>Les données de production d'énergie transmise par SOFREGE fournissent la mixité suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Géothermie : 49 781 MWh (55,1 %), - PAC : 1 236 MWh (1,4 %), - Cogénération : 24 421 MWh (27,0%), - Gaz : 14 909 MWh (16,5 %) <p>Soit une production totale de 90 347 MWh.</p> <p>Une description plus détaillée a été faite dans le paragraphe 3.1.3.3.</p>
2.1-M2	Emissions de CO2	$\frac{\text{Quantité de CO}_2 \text{ rejetée}}{\text{Quantité d'énergie thermique entrante (Ch + ECS)}}$	Taux d'émission de CO ₂ : 0,083 kg_{CO2}/kWh utile . Démontre l'impact positif du réseau sur la qualité de l'air.
2.2-M1	Facteur de ressource primaire	$\frac{\text{Quantité d'énergie primaire non renouvelable consommée}}{\text{Quantité d'énergie thermique livrée}}$	0,42 % . Un taux faible qui montre le fort recours aux énergies renouvelables.

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (2016 – dernier exercice complet)
2.2-M2	Consommation d'eau du réseau	$\frac{\text{Quantité d'eau consommée sur le réseau}}{\text{Quantité d'énergie thermique livrée}}$	0,022 m3/MWh , plutôt faible en comparaison à d'autres réseaux de la même envergure, met en évidence la bonne gestion du réseau.
2.3-M1	Coût des sinistres	$\frac{\text{Coût des sinistres TTC}}{\text{Part fixe des recettes tarifaires}}$ <i>Coût des sinistres = définition comptable ou sinistres déclarés aux assurances</i>	Aucun sinistre n'a eu lieu en 2016.
2.3-C1	Fréquence et gravité des accidents du travail	Nombre de jours d'arrêt de travail pour accidents du travail du personnel par année	Aucun accident du travail n'a été constaté par SOFREGE depuis le début de la DSP.

3.2.3 Assurer la pérennité de la fourniture de chaleur, d'eau chaude sanitaire

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (2016 – dernier exercice complet)
3.1-M1	Renouvellement des installations	$\frac{\text{Montant des travaux de GER (TTC)}}{\text{Part fixe des recettes tarifaires (TTC)}}$ <p>GER = Gros Entretien, Renouvellement</p>	Les travaux de GER de l'année 2016 représentent 16% de la part fixe des recettes. Ce taux important montre la nécessité d'entretenir ce réseau ancien.

3.2.4 Satisfaire les attentes de service des abonnés

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (2016 – dernier exercice complet)
4.1-M1	Prix moyen du MWh	$\frac{\text{Recettes d'énergie thermique totales TTC}}{\text{Quantité d'énergie thermique livrée}}$	57,57€TTC/MWh : Prix compétitif cf 3.5.5
4.1-C1	Poids de la part proportionnelle aux consommations	$\frac{R1\ TTC}{\text{Recettes d'énergie thermique TTC}}$	45,6% : bonne répartition R1/R2 cf 3.5.2.3

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (2016 – dernier exercice complet)
4.2-M1	Enquête de qualité et de satisfaction	Existence d'une enquête qualité et note globale obtenue	Une enquête de satisfaction a été lancée en Novembre 2016. A ce jour, les 5 retours obtenus ont permis d'identifier les points suivants : <ul style="list-style-type: none"> - Point négatif : la communication - Point positif : la fourniture de chaleur
4.2-C1	Réclamations	Nombre de réclamations écrites concernant le réseau	Le réseau ne possède aucun outil capable d'avoir une traçabilité des réclamations des usagers et des interventions. Le but du schéma directeur sera d'étudier la possibilité de mise en place d'un tel système. Ce point est développé dans la partie 3.7.1.
4.3-C1	Réunions avec les représentants des abonnés	Nombre et fréquence des réunions avec les représentants des usagers	Des réunions sont organisées une à plusieurs fois par trimestre. Voir 3.1.6
4.4-M1	Actions et initiatives engagées par l'opérateur à l'attention des abonnés	Nombre, nature et contenu des actions (conseils aux abonnés, certificats d'économies d'énergie, mise à disposition de données sur la consommation au m ² habitable pour le logement, au m ² SHON pour le tertiaire, existence d'une disposition dans le contrat)	Voir 3.1.6

3.2.5 Gérer la facturation du service dans le respect des obligations de service public

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (2016 – dernier exercice complet)
5.1-C1	Demandes d'explication de factures	Nombre de demandes écrites d'explication de factures	Aucune
5.1-C2	Taux d'impayés	$\frac{\text{Nombre d'impayés}}{\text{Nombre de factures émises}}$	En 2016, SOFREGE indique qu'aucun impayé n'a été répertorié.

3.2.6 Relations de qualité entre l'autorité organisatrice, les citoyens et l'opérateur

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (2016 – dernier exercice complet)
6.1-C1	Information des citoyens	Existence d'actions d'informations à destination des citoyens	<p>Concernant SOFREGE, un site internet dédié existe mais il manque de mises à jour et une lettre d'information a été transmise à l'ensemble des abonnés. Dispositif non suffisant qui doit être amélioré.</p> <p>Concernant la Ville, un Comité consultatif dédié a été mis en place. Cet organe de démocratie participative permet une information au niveau des abonnés et des usagers.</p> <p>Il existe également des outils d'information à destination de tous : une page d'information sur le site de la Ville. Des articles ponctuels sont intégrés au bulletin municipal (dernier en date novembre 2017).</p> <p>Des visites ne sont pas encore organisées mais une forte demande de la Ville sur ce point est émise.</p>

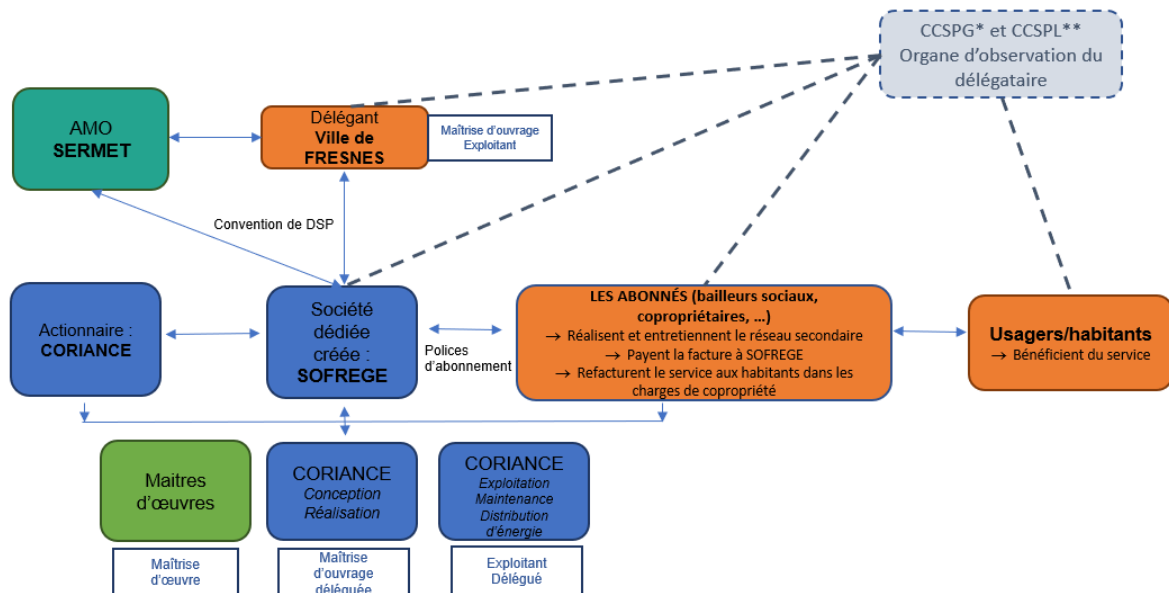
3.3 CONTEXTE CONTRACTUEL

3.3.1 Les différents intervenants

Les principaux intervenants sont :

- La Ville de Fresnes (le délégant) ;
- La société SOFREGE, titulaire du Contrat de Délégation de Service Public et qui a la charge des prestations suivantes (le délégataire) :
 - Etablissement et renouvellement des ouvrages nécessaires à la bonne utilisation du réseau de chaleur,
 - Exploitation à ses risques et périls de la production thermique et du réseau de chaleur,
 - Assurer l'équilibre du financement des investissements, de la distribution, de l'entretien du réseau de chaleur,
 - Fourniture de combustible pour les chaufferies d'appoint-secours du réseau,
 - L'exploitation, la maintenance et le gros entretien et renouvellement (P2, P3) pour les installations de production (productions centralisées, productions d'appoint-secours) et le réseau primaire,
 - Le maintien d'un taux de couverture annuel en énergies renouvelables supérieur à 50% pendant toute la durée de la convention.

Les abonnés, signataires de polices d'abonnement souscrites auprès de SOFREGE.



*Comité Consultatif du service public de géothermie
 **Commission Consultative des Services Publics Locaux

Figure 7 : Schéma des différents intervenants

La composition du CCSPG est la suivante :

- **Collège des Abonnés** : 1 représentant titulaire pour chaque abonné + 1 suppléant
→ instance de concertation, d'information, de débats, et de prise de propositions sur tous les sujets relevant du service public de géothermie
- **Collège des Usagers** : 3 représentants par résidence raccordée **sera créé en concertation avec le collège des abonnés**
- **Gouvernance** : le Bureau
 - 2 membres du Conseil Municipal,
 - 2 membres de Sofrège,
 - 4 représentants du Collège Abonnés (2 représentant les résidences en locatif social et 2 représentant les résidences privées),
 - 1 Président (désigné par le Maire parmi les 2 élus).

La composition du CCSPL est la suivante :

La composition de la commission est déterminée par le Conseil Municipal. Elle est présidée par le Maire, ou son représentant, et comprend des élus de l'assemblée délibérante désignés dans le respect du principe de la représentation proportionnelle et des représentants d'usagers nommés par celle-ci.

Cette commission se réunit annuellement dans le but d'examiner :

- Le rapport annuel du ou des délégataire(s) de service public,
- Un bilan d'activité de l'ensemble des services exploités en régie dotée de l'autonomie financière,
- Le rapport établi par le ou les cocontractants d'un contrat de partenariat,
- Le rapport annuel des travaux de la commission.

De plus, cette commission peut se réunir périodiquement dès que son Président le juge utile.

3.3.2 Contrat de concession et avenants

La convention de DSP « *Convention de concession de travaux publics relative à la production d'énergie calorifique sur le territoire de la commune de Fresnes* » est souscrite entre la Ville de Fresnes et CORIANCE, agissant au nom et pour le compte de la société dédiée SOFREGE (SOciété FREnoise de GEothermie).

Quelques chiffres :

- Transmission en préfecture le 12 octobre 2010,
- Prise d'effet le 1er novembre 2010,
- Signature pour une durée de 30 ans non renouvelable.

Deux avenants ont été signés depuis la mise en place de ce contrat :

- Avenant 1 : notifié le 16 décembre 2010, cet avenant a permis à la société dédiée SOFREGE de se substituer à la société CORIANCE, comme prévu au contrat de DSP,
- Avenant 2 : signé le 21 décembre 2015, cet avenant avait pour objet d'intégrer les mesures fiscales intervenues sur la consommation de gaz naturel dans le prix de la chaleur et d'adapter et de préciser les formules d'indexation du contrat.

Les documents de références suivants sont liés au contrat de DSP :

- Géothermie :
 - Arrêté n°2007/4640 du 18 décembre 2007, accordant la prolongation du permis d'exploitation du gîte géothermique à basse température de « Fresnes », valable jusqu'au 8 juillet 2020.
- Cogénération :
 - Contrat de revente de l'électricité produite « COGE03-01 RENOV1 » par la centrale de cogénération à EDF, modifié par l'avenant n°5 (C13) qui impose les nouvelles conditions contractuelles de rachat de l'électricité par EDF :
 - Date de mise en service industrielle : 11 novembre 2011,
 - Date d'échéance du contrat : 10 novembre 2023. Il est à noter que cette échéance devra être prise en compte dans l'étude des scénarii possibles à l'horizon 2030, en réalisant un bilan de puissance sans cette cogénération,
 - Puissance électrique garantie en hiver : 7 644 kWé.
- Le « **Permis d'Exploitation d'un gîte géothermique à basse température (<150°C) sur la commune de Fresnes** » a été accordé le 25 Avril 2016 par l'arrêté inter préfectoral n°2016/1336. L'exploitation comprend un puits de production et deux puits de réinjections implantés sur la commune de Fresnes. Il permet de fixer les exigences concernant :
 - Le suivi technique de l'exploitation : caractéristiques de l'installation, de ses équipements et du fluide géothermal,
 - La protection des eaux souterraines et de l'environnement, la sécurité des personnes et du public,
 - Les travaux,
 - Le traitement du fluide géothermal pour prévenir la corrosion et l'encrassement des tubages,
 - Les bilans annuels,
 - Les dispositions générales.

Le permis d'exploitation est accordé pour une durée de 15 ans à partir de la notification de cet arrêté.
- L' « **Arrêté d'autorisation de déversement** » datant du 7 Mars 2017, qui remplace l'arrêté n° 2016-224 en date du 30 Septembre 2016 portant autorisation de déversement des eaux géothermales au bénéfice de la Société Fresnoise de GEothermie (SOFREGE). Il autorise ce bénéficiaire à déverser ses eaux usées, selon les conditions fixées par cet arrêté, assimilées domestiques, issues de l'activité de maintenance de puits de géothermie, regroupant deux sites d'exploitations, à savoir le site historique sis allée de la Vanne et celui de la Cerisaie, après traitement (débouillage-déshuilage), dans le réseau intercommunal des eaux usées géré par l'Etablissement Public Territorial, via un rejet situé dans le réseau de l'avenue de la Cerisaie à Fresnes. Ces conditions concernent par exemple la surveillance, les contrôles, l'obligation d'alerte, les caractéristiques des rejets, etc.
L'arrêté est valable pour une durée de 10 ans.
- « **Permis de recherche d'un gîte géothermique et demande d'autorisation d'ouverture de travaux de forages exploratoires** » (triplet), formulé par la Ville de Fresnes par l'intermédiaire de son délégataire, la SOFREGE (valable pour la durée maximale de 3 ans).

Ce document présente les modalités techniques et financières de ce projet et a fixé le planning prévisionnel des opérations suivantes :

- une fin des travaux de forage du nouveau puits producteur au Dogger en avril 2013,

- une mise en exploitation du triplet en juillet 2013,
- un fonctionnement en doublet pendant la réhabilitation successive des puits actuels
- GFR-1 (nom du 1^{er} puits) et GFR-2 (nom du 2^{ème} puits) (entre mai et juillet 2013).

Ce document a également pour but de présenter les contraintes et risques inhérents aux opérations concernées identifiés en se basant sur une étude d'impact du projet sur l'environnement au stade des travaux et de l'exploitation (solllicitations actuelles de l'aquifère du Dogger, emprise prévisionnelle du projet). Ceux-ci sont d'ordre :

- Technique : contraintes liées à l'implantation du chantier en surface, à l'impact hydraulique et thermique au niveau du réservoir sur les exploitations voisines, à la conception des puits, au risque géologique, hydrogéologique et aux opérations de forages,
- Organisationnel (planification, etc...),
- Contextuel (chantier) : nuisance, sécurité, etc...

Enfin, ce document énonce les dispositions prévues pour l'exécution, l'entretien et le contrôle des ouvrages, notamment en vue de la conservation et de la protection des eaux souterraines.

3.3.3 Règlement de service

Le règlement de service, conforme aux dispositions de la DSP, précise les conditions techniques et financières de la fourniture de chaleur à l'intérieur du périmètre de délégation. Il précise :

- Les installations primaires appartenant au délégant du réseau de chaleur mises à disposition du délégataire à la prise d'effet du contrat,
- Les installations secondaires appartenant à l'abonné,
- Les modalités de continuité de la fourniture de chaleur,
- Les modalités de mesure et de contrôle de la chaleur,
- Les dépenses restant à la charge de l'abonné, notamment pour l'entretien des installations secondaires,
- Les données d'exploitation,
- La décomposition du prix de la chaleur en deux termes R1 et R2,
- Les modalités de révision des tarifs,
- Les modalités de paiement,
- Les modalités d'application des pénalités,
- La durée du contrat,
- Les modalités en cas de résiliation anticipée.

Le règlement de service indique une limite de prestation aux « brides ou vannes d'isolement des circuits secondaires abonnés ». Cet intitulé ne permet pas dans toutes les configurations de sous-station raccordée de définir clairement la limite de prestation. Dans le cas d'intervention, il peut se poser des problèmes d'interprétation de ces limites et engendrer des incompréhensions mais aussi des erreurs de prise en charge ou non des maintenances préventives ou curatives.

Ce règlement de service énonce les entretiens que l'abonné doit effectuer à sa charge et responsabilité sur ses installations pour permettre le bon fonctionnement du secondaire mais aussi du primaire. Il est noté : « L'Abonné s'assure que le réglage et le fonctionnement de ses installations ne perturbe pas le fonctionnement du primaire ».

Des pénalités sont indiquées dans le cas du non-respect de ce dernier aspect. Cependant, en l'état, elles ne sont pas applicables car elles ne sont pas mentionnées dans les polices d'abonnement.

Ce point est régulièrement soulevé lors du Comité consultatif du service public de la géothermie concernant principalement l'entartrage des échangeurs. En effet, cet entartrage peut être causé par une mauvaise gestion du réseau secondaire de l'abonné. Il n'est alors pas prévu dans le contrat de DSP que SOFREGE prenne à sa charge régulièrement des désentartrages qui ne soient pas causés par le réseau primaire.

Dans le cadre de ce schéma directeur, plusieurs solutions économiques peuvent être proposées pour améliorer cette situation et déterminer une procédure de nettoyage efficace des échangeurs :

- La mise en place d'un forfait intégré au prix de la chaleur,
- La mise en place d'un bordereau de prix à appliquer à l'abonné en cas de nettoyage des échangeurs si la cause de l'entartrage provient du réseau secondaire.

Une autre solution pourrait consister en la mise en place de nettoyages périodiques des échangeurs, quel que soit l'origine de leur entartrage. Cependant, cette solution ne semble pas économique car elle n'incite pas les abonnés à entretenir correctement leurs installations.

3.3.4 Police d'abonnement

Les polices d'abonnement, d'une durée de 10 ans renouvelable par tacite reconduction, sont souscrites par chaque Abonné auprès de SOFREGE. SOFREGE s'engage sur la fourniture de chaleur en totalité pour assurer les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire de l'abonné.

La police d'abonnement est établie en conformité avec les dispositions du règlement de service. Elle spécifie notamment :

- La puissance souscrite,
- Les conditions techniques de livraison,
- Le tarif de vente de la chaleur,
- La date d'entrée en vigueur et la durée.

Comme elle s'appuie sur le règlement de service, les mêmes problèmes peuvent survenir concernant les limites de prestation des installations primaires et secondaires.

De plus, les polices d'abonnement ne prévoient pas de régime de température contractuel. On a vu précédemment l'importance des températures retours du réseau de chaleur dû à l'utilisation de la géothermie. Il est donc primordial que les régimes de température des abonnés soient adaptés à ce fonctionnement. Il pourra être envisagé par la suite de les intégrer aux polices d'abonnement, et, éventuellement, également les températures de fourniture, en lien avec les installations de chauffage des logements.

Le Schéma Directeur visant l'horizon 2030, il est nécessaire de prendre en compte la durée des Polices d'Abonnement dans les scénarii. En effet, l'exploitant du réseau doit réaliser une totale recontractualisation des abonnés au moment de la fin de leur engagement. Ce risque commercial doit être envisagé.

Le contrat de délégation de service public conclue entre la Ville de Fresnes et SOFREGE est effectif depuis le mois de Novembre 2010 (7 ans d'exploitation à la rédaction de ce schéma directeur). Ce contrat est valable 30 ans, soit jusqu'en 2040. Or, les premières polices d'abonnement ont été renouvelées en 2010 et la totalité prendra donc fin avant l'échéance de 2040. Il est donc important de penser dès maintenant à leur futur renouvellement.

La date de signature de la police d'abonnement par sous-station est mentionnée en Annexe 3.

Le tableau et le graphe suivants présentent l'évolution du nombre de sous-station depuis la signature du contrat de DSP.

Année	Nombre de polices d'abonnement signées	Nombre total de points de livraison
2010	67	67
2011	5	72
2012	4	76
2013	8	84
2014	12	96
2015	5	101
2016	3	104

Tableau 5 : Evolution du nombre de points de livraison raccordés depuis 2011

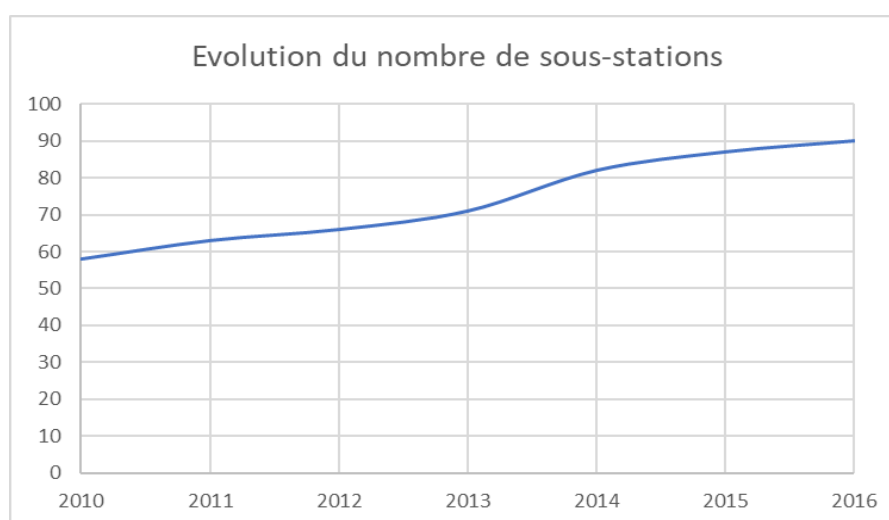


Figure 8: Evolution du nombre de points de livraison raccordés depuis 2011

Il est à noter que :

- Aucun abonné ne bénéficie de conditions particulières,
- La Police d'Abonnement des Tuileries n'est toujours pas signée au moment de la rédaction de ce rapport.

3.3.5 Chaufferies mises à disposition

Le réseau de Fresnes comprend 12 chaufferies mises à disposition qui sont les suivantes :

- La Peupleraie (bâtiments A, B, C, E, F, H et O),
- Le Centre pénitentiaire,
- La Faisanderie,
- Clos de la Garenne,
- Les Gémeaux,
- Hauts de Fresnes.

Des conventions pour mise à disposition à titre gratuit ont été signées pour une durée allant jusqu'à l'échéance des polices d'abonnement des abonnés concernés.

Ces chaufferies, telles que définies dans le cadre contractuel, servent :

- De chaufferie d'appoint : les chaudières s'allument de manière automatique et prévue lorsque, pour une certaine température extérieure, la fourniture provenant des installations centralisées ne permet plus d'alimenter suffisamment de chaleur à l'ensemble des abonnés.
- De chaufferie de secours : les chaudières sont utilisées uniquement lorsqu'un problème sur le réseau empêche les moyens de production prévus de fournir la chaleur à une partie des abonnés.

Quelques soit la situation, l'abonné, propriétaire de la chaufferie, est toujours privilégié pour la fourniture de cette chaleur.

Le tableau suivant répertorie les chaufferies mises à disposition, et la date de signature du contrat de mise à disposition.

Chaufferie mise à disposition	Date de signature du contrat MAD	Échéance du contrat de MAD
Peupleraie A	01/11/2010	01/01/2020
Peupleraie B	01/11/2010	01/01/2020
Peupleraie C	01/11/2010	01/01/2020
Peupleraie E	01/11/2010	01/01/2020
Peupleraie F	01/11/2010	01/01/2020
Peupleraie H	01/11/2010	01/01/2020
Peupleraie G	01/11/2010	01/01/2020
Clos de la Garenne	01/11/2010	01/01/2020
Centre Pénitentiaire	01/01/2011	01/01/2021
La Faisanderie	01/01/2011	01/01/2021
Les Gémeaux	01/01/2011	01/01/2021
Hauts de Fresnes	01/01/2011	01/01/2021

Tableau 6: Chaufferies mises à disposition, dates de signatures et échéance du contrat de MAD

La totalité des chaufferies mises à disposition fonctionne en îlotage. Cependant, il convient de préciser deux cas :

- Centre Pénitentiaire : historiquement, la chaufferie exportait de la chaleur sur le réseau, mais uniquement sur le sous-réseau du « Mini Primaire », en servant d'appoint si nécessaire. Aujourd'hui, il est plus judicieux de faire fonctionner cette

chaufferie en îlotage pour le secours si nécessaire puisque l'appoint réchauffait les retours de manière trop importante.

- Clos de la Garenne : historiquement, la chaufferie exportait sur les deux réseaux Nord et Sud. Aujourd'hui, la chaufferie ne fonctionne qu'en îlotage pour le secours local et également en chaufferie de secours pour le réseau Sud.

Remarque : le réseau « Mini Primaire » est un réseau interne comprenant les bâtiments suivants :

- Maison d'arrêt des femmes,
- Maison d'arrêt mess,
- Maison d'arrêt pavillon G-H,
- Maison d'arrêt pavillon 3,
- Maison d'arrêt pavillon 4,
- Maison d'arrêt Grand Quartier,
- Espace Universalis,
- Maison d'arrêt Hôpital,
- Résidence Valophis Liberté,
- Résidence I3F Liberté.

Un tableau récapitulatif des conditions de mises à disposition des chaufferies dans le tableau ci-dessus est joint en Annexe 4.

On remarque que certaines différences existent entre les mises à disposition des chaufferies du réseau. Deux cas particuliers se distinguent par une liste de travaux à réaliser.

Dans le cas du Clos de la Garenne, les travaux à réaliser par SOFREGE sont :

- Mise aux normes du faux plafond existant,
- Aménagement en conséquence des points de détection gaz et incendie,
- Issues de secours : mise en place d'une porte coupe-feu 1h, d'un escalier permettant,
- l'accès à l'issue de secours et d'un bloc de secours antidéflagrant,
- Obturation des parties vitrées par des carreaux de plâtre,
- Mise en place d'un bac de traitement des condensats,
- Réalisation des contrôles triennaux sur les rejets (fumées, eaux et acoustique),
- Mise en œuvre d'un adoucisseur d'eau appoint.

SOFREGE indique qu'une partie de ces travaux a été réalisée. Un approfondissement dans l'étude des scénarii sera nécessaire afin d'analyser l'opportunité de réaliser les travaux restants au regard des orientations d'évolutions qui seront arrêtés et des travaux déjà engagées par SOFREGE sur l'appareil de production.

Le deuxième cas concerne la chaufferie des Hauts de Fresnes, il est prévu dans la convention que la copropriété réalise les travaux suivants :

- Travaux de remise aux normes des installations secondaires,
- Démontage de la deuxième chaudière gaz naturel HS.

Selon SOFREGE, la totalité de ces travaux ont été effectués.

Les autres disparités dans la rédaction de ces mises à disposition concernent :

- les durées de préavis, 3 mois pour les chaufferies de la Peupleraie et 12 mois pour les autres,
- la date de prise d'effet : fin 2010 ou fin 2011,
- le combustible (fioul /gaz).

3.4 AUDIT TECHNIQUE

Le réseau de chaleur de Fresnes assure la production et la distribution de plus de 50 MW sur l'ensemble du réseau. Il est alimenté par plusieurs centrales de production :

- 1 centrale géothermique (triplet de géothermie + PAC),
- 1 centrale de cogénération (quatre moteurs à gaz),
- 1 chaufferie gaz secours centralisée,
- 12 chaufferies gaz d'appoint décentralisées,
- 3 chaufferies de secours, non mises à disposition.

L'exploitation du réseau de chaleur est assurée par SOFREGE, notamment les interlocuteurs suivants :

- 1 responsable opérationnel : Jérôme BELLO,
- 1 responsable d'exploitation : Bernard DUBOIS,
- 1 équipe d'exploitation composée de 3 techniciens.

Une astreinte opérationnelle est assurée 24h/24 et 7 jours/7.

3.4.1 Les puits de géothermie

Le réseau de chaleur est alimenté à l'aide d'un triplet géothermique localisé sur la commune de Fresnes, et installé sur la Z.A.C de la Cerisaie sud, à l'intersection des autoroutes A6 et A86. L'accès à la zone se fait au niveau du 2 Avenue Edouard Herriot.



Figure 9: Implantation de la centrale géothermique et du nouveau puits producteur



Figure 10: Implantation des moyens de production avenue Edouard Herriot

Le doublet de Fresnes au Dogger existant a été mis en service en 1987. Il comporte deux puits déviés (doublet) captant un fluide géothermique (73°C) à 1 620 mètres de profondeur environ. Depuis juillet 2014, un 3^{ème} puits a été mis en service. Ce puits est un puits de production qui dispose d'une pompe d'exhaure immergée. La fourniture d'énergie est assurée par deux échangeurs de chaleur en titane. Le retour de l'eau géothermale au dogger est effectué à l'aide d'une pompe de réinjection vers les 2 puits existants (puits injecteurs). L'image suivante présente les informations concernant le triplet géothermique.

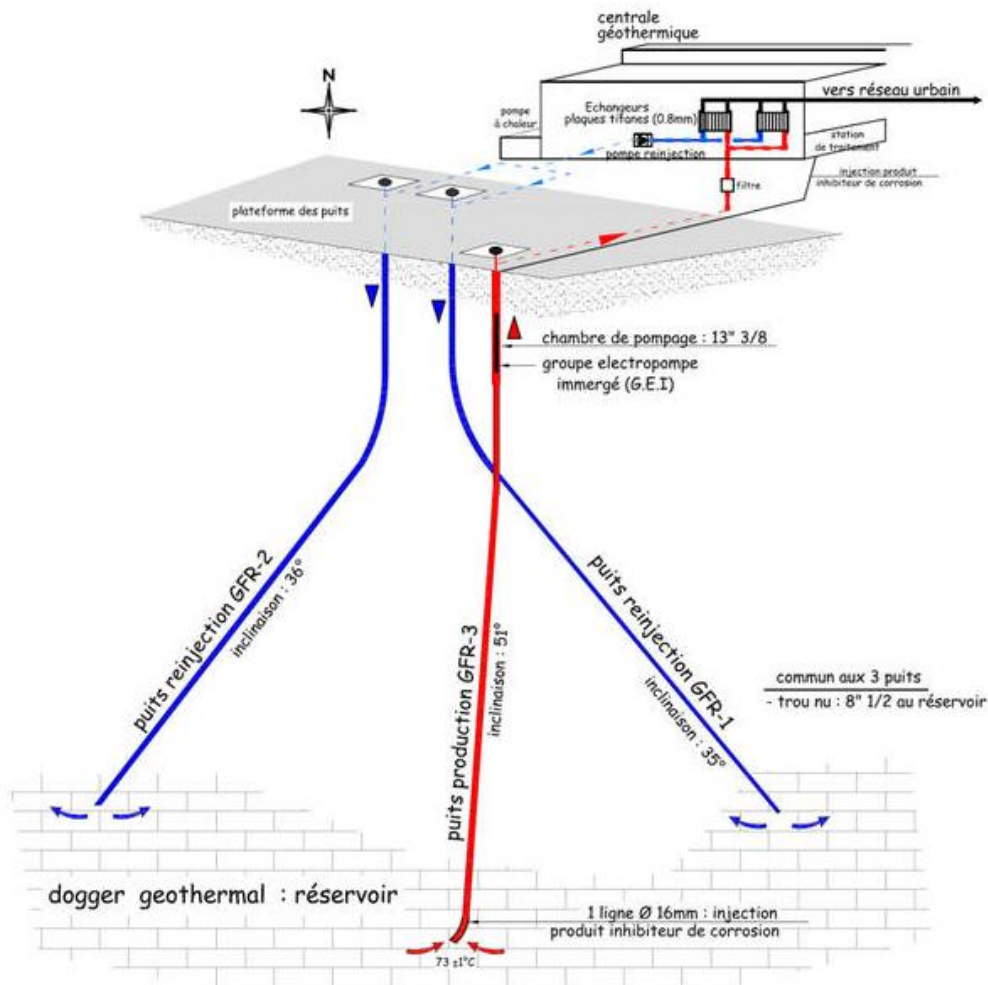


Figure 11 : Coupe des puits de forage

Les puits font l'objet d'un suivi périodique annuel de la boucle géothermale et du traitement inhibiteur de corrosion effectué par la société CFG Services. Les points abordés lors de ce suivi concernent :

- Le suivi des caractéristiques du fluide géothermale (propriétés physico-chimiques, etc...),
- L'auscultation/le diagnostic des puits producteurs et injecteurs et des principaux organes de production,
- Le contrôle de l'intégrité du tube continu de traitement en fond de puits,
- La fourniture du produit inhibiteur de corrosion.

La réglementation impose également la réalisation d'une diagraphie sur le puits de production aux minimum tous les cinq ans (ou lors de chaque remontée des équipements immergées) et une sur le puits d'injection tous les trois ans. Les résultats observés sont les suivants :

- Puits de production : diagnostic par diagraphie électromagnétique de GFR-1 le 07/05/2014 : tout est normal,
- Puits d'injection : Retrait tube de traitement + curage + diagraphie + traçage à l'eau douce de GFR-2 (état moins bon) : du 18/11 au 04/12/2014.
- Le nouveau puits de production GFR-3 a subi un diagnostic par diagraphie lors de sa mise en service en 2014. La périodicité exigée de 5 ans n'étant pas dépassée en 2016, aucune autre diagraphie n'a été réalisée depuis.

Historique des travaux :

- Doublet géothermique :
 - Réalisation du doublet géothermique en 1986.
- Forage du 3ème puits :
 - Forage : 13 février 2014 au 30 mars 2014,
 - Fin des essais de production du nouveau puits : 7 avril 2014,
 - Descente des équipements de pompage fin juin 2014,
 - Mise en service du triplet : 11 juillet 2014 (arrêt de 2 semaines pour procéder aux modifications hydrauliques et électriques).

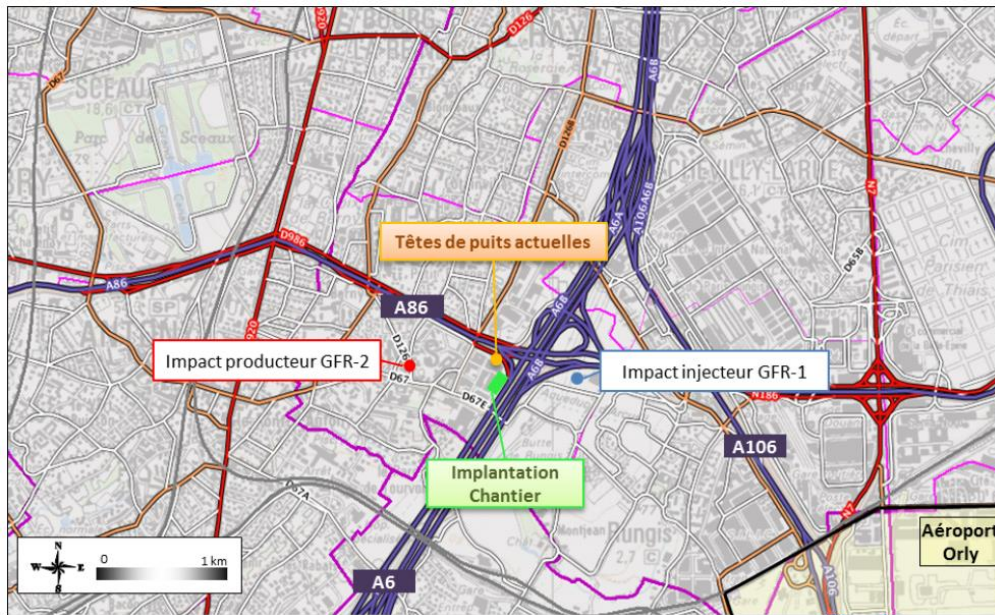


Figure 12: Implantation du chantier du triplet (1/2)

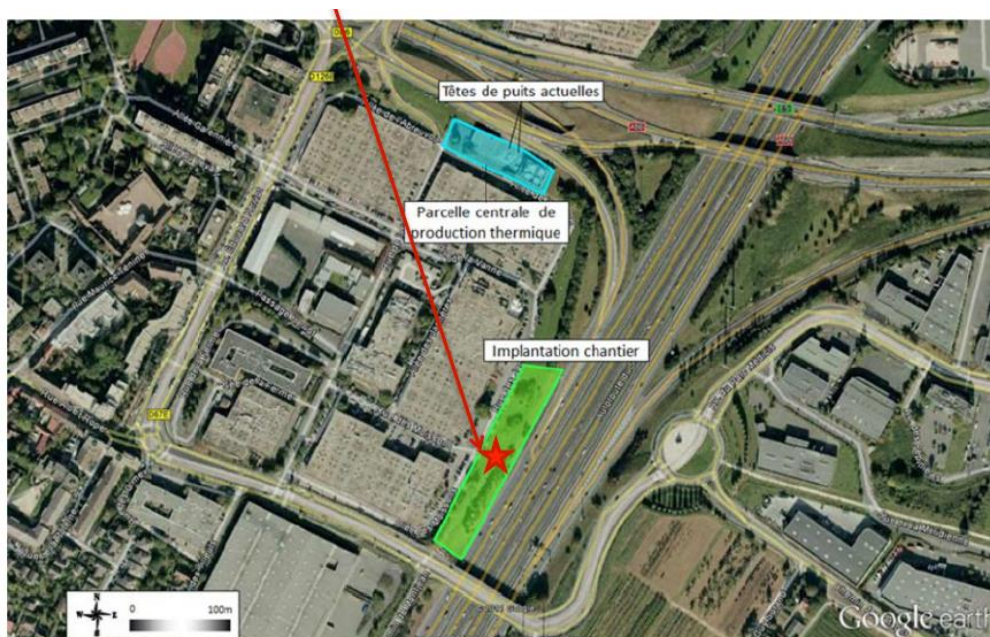
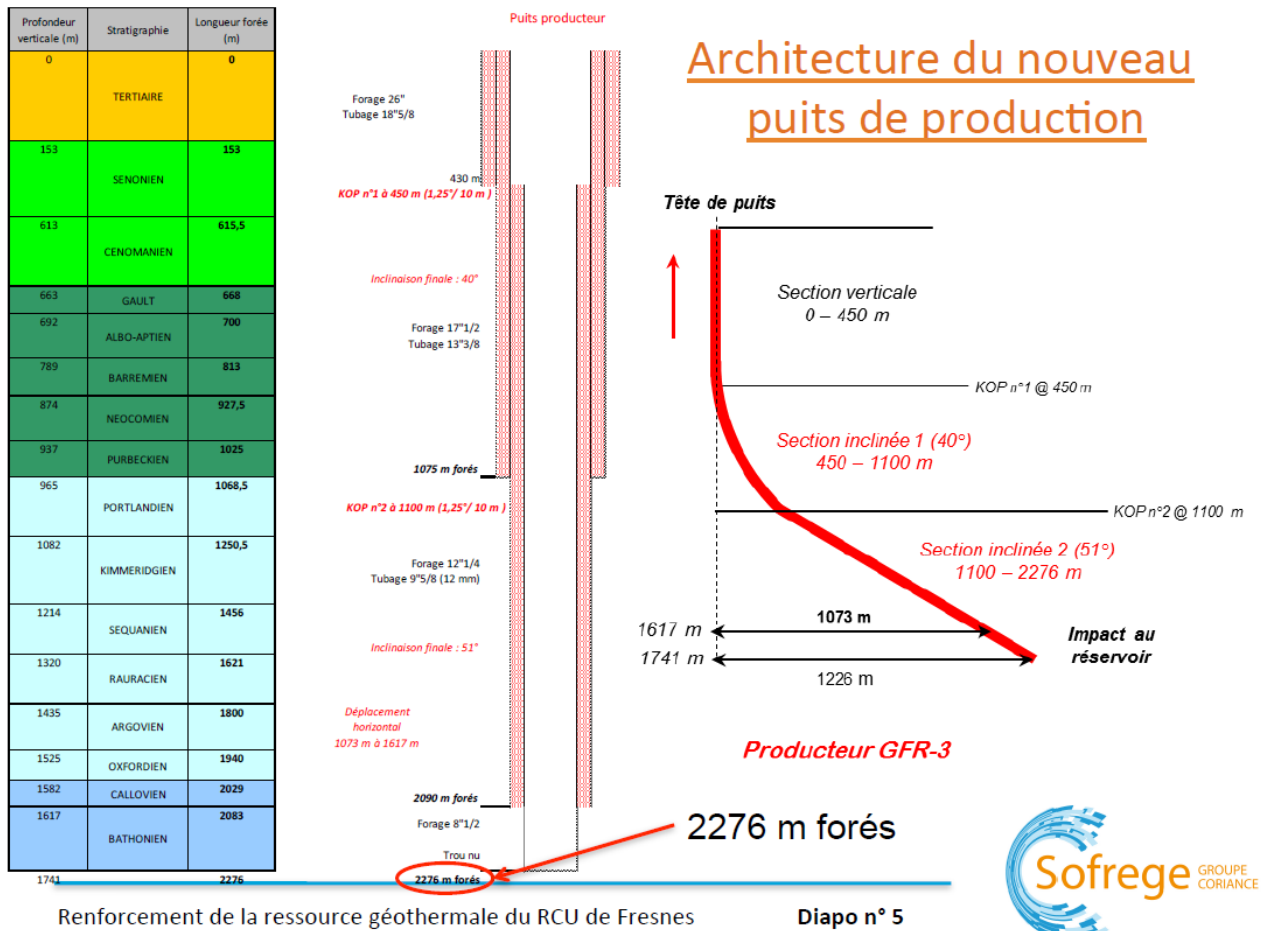


Figure 13: Implantation du chantier du triplet (2/2)



Renforcement de la ressource géothermale du RCU de Fresnes

Diapo n° 5



Figure 14: Coupe technique du troisième puits géothermique (GFR-3)

Les coupes techniques des forages ont été placées en Annexes 6 et 7.

Il est à noter que la réalisation du triplet géothermique et l'installation de la PAC étaient une condition de la passation de la Délégation de Service Public en 2010 et étaient donc prévus dans le programme des travaux de 1^{er} établissement du contrat de Délégation de Service Public.

Caractéristiques techniques du triplet de géothermie de Fresnes :

	Puits injecteur	Puits producteur devenu injecteur	Puits producteur
	(GFR - 1)	(GFR - 2)	(GFR - 3)
Longueurs forées (m/sol)	1740	1751	2306
Température d'injection minimale (°C)	41		
Espacement avec GFR - 3 (m)	1540	1181	-
Débit maximal (m³/h)	300 (250 avant la création du triplet)		
Débit nominal (m³/h)	250 (165 avant la création du triplet)		
Température au toit du réservoir (°C)	71,7	74,1	73
Puissance de pompage totale au débit nominal (kW_{el})	71	71	336

Tableau 7 : Caractéristiques techniques du triplet géothermique

3.4.2 Boucle géothermale et centrale

Historique :

- 1^{er} novembre 1986 : Mise en service de la centrale géothermique,
- 18/12/2007 : Prolongation du permis d'exploitation du gîte géothermique à basse température de « Fresnes », valable jusqu'au 8 juillet 2020.
- Pompe à chaleur (PAC) :
 - Les travaux permettant d'intégrer une pompe à chaleur ont débuté en août 2011. Le dévoiement des collecteurs « départ » a été réalisé,
 - La livraison de la PAC sur site a été effectuée le 10 octobre 2012,
 - Pose, montage et branchement de la PAC en février 2013,
 - Tuyauteries, équipements thermiques et électricité relatif au process de la PAC réalisés en mai 2013),
 - Essais et réglages en octobre-novembre 2013,
 - Mise en service industriel en novembre 2013.

Caractéristiques principales :

La centrale géothermale située dans l'allée de l'Abreuvoir à Fresnes (géothermie + PAC) possède les caractéristiques suivantes :

- 2 échangeurs géothermaux VICARB en titane d'une puissance unitaire de 5 500 kW,
- 1 pompe à chaleur eau/eau mise en service en octobre 2011 comprenant :
 - o 2 compresseurs électriques de 500 kWé (le condenseur de 3,6 MW et l'évaporateur de 3,3 MW),
- 1 station de maintien de pression autonome de 3.8 bars qui permet de gommer une fuite jusqu'à 200 m³/jour,
- Débit maximal à -3°C extérieur : 550 m³/h,
- Température maximale de départ réseau : 100°C,
- Température minimale de retour réseau : 40°C.

Conduite et état des installations :

En hiver, la production de chaleur est assurée en priorité par la centrale de cogénération (du 1^{er} Novembre au 31 Mars). En référence au contrat de cogénération (contrat de vente d'électricité à EDF), la disponibilité sur cette période doit être de 95% au minimum. Hors de cette période de 5 mois d'hiver, la centrale de cogénération est à l'arrêt et la géothermie devient le mode prioritaire de production.

Le fonctionnement de la PAC est caractérisé par le schéma suivant :

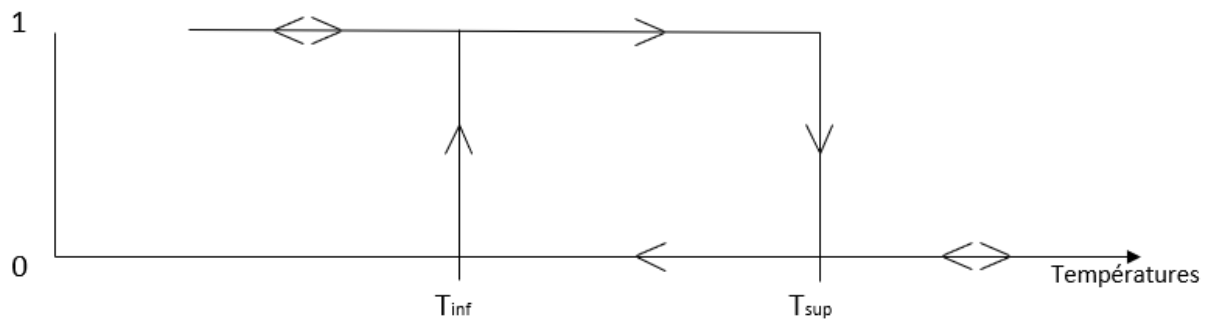


Figure 15: Fonctionnement de la PAC

Ainsi, si la cogénération est à l'arrêt :

- Si la température extérieure est inférieure à 8 °C, la PAC se mettra en marche, et s'arrêtera si la température extérieure dépasse 12°C,
- Si la température extérieure est supérieure à 8°C, la PAC sera à l'arrêt jusqu'à ce que la température extérieure diminue en-dessous de cette valeur.

Si la cogénération est en marche, le fonctionnement de la PAC est similaire, mais entre 6 et 12 °C.

3.4.3 Centrale de cogénération

La centrale de cogénération comporte quatre moteurs à gaz assurant une production d'électricité d'une puissance totale de 7 820 kWé, avec récupération de chaleur à partir des moteurs et des fumées pouvant valoriser 8 800 kWth. Elle a été mise en service le 11 novembre 2011 et comporte 4 moteurs gaz à eau chaude GE JENABACHER type JMS 616 GS-N.L. C01.

Historique des travaux :

- Travaux de rénovation de la centrale de cogénération entre le 1er avril 2011 et le 31 octobre 2011,
- Essais réalisés entre le 1er novembre et le 10 novembre 2011,
- Mise en service industrielle le 11 novembre 2011 et entrée en vigueur du contrat d'obligation d'achat avec EDF est entré en vigueur à cette date.

3.4.4 Centrale d'appoint centralisée

Une chaufferie centralisée est implantée derrière la centrale de cogénération. Cette dernière, d'une puissance de 18,9 MW, est mise en service depuis octobre 2014.

Historique des travaux :

- La faisabilité technique pour un emplacement en continuité de la centrale de cogénération existante réalisée en 2011, a permis son implantation en prolongement du site existant,
- Une étude des dangers sur l'effet domino réalisée en complément au cours de l'année 2012 a permis de recevoir un avis favorable de la part de la DRIEE,
- Les études nécessaires à la demande du permis de construire ont été lancées en 2012,
- Les travaux de génie civil se sont terminés en mai 2014,
- La livraison des chaudières a été effectuée le 6 janvier 2014,
- Les travaux hydrauliques ont été terminés en avril 2014 et les travaux d'électricité ont été terminés en mai 2014,
- Les travaux de connexion avec les réseaux existants ont été réalisés en mars 2014,
- La mise en service industriel de la chaufferie a été effectuée en octobre 2014 (en attente de demande sur le réseau de chaleur pour démarrer les équipements).

3.4.5 Chaufferies décentralisées (mises à disposition)

L'appoint du réseau est assuré par 5 chaufferies décomposées en ilots :

- **Une chaufferie d'appoint et de secours décentralisée à la résidence « Clos de la Garenne »,** située dans l'Avenue de la Division Leclerc à Fresnes, de 10,0 MW. L'installation est composée de 3 chaudières :
 - 2 chaudières GUILLOT de type TOTALTUB S 2600 de 3 023 kW avec deux brûleurs MONARCH de types RGL 11/1D et 10/1D,
 - 1 chaudière GUILLOT de type TOTALTUB S 3400 de 3 954 kW avec un brûleur MONARCH de type RGL 60/1 A.
- **Une chaufferie d'appoint et de secours décentralisée, située au Grand Quartier du Centre Pénitentiaire** de 7,5 MW. L'installation est composée de 2 chaudières :
 - GUILLOT de type D4652 de 5 120 kW avec un brûleur WEISHAUP de type G70/17,
 - GUILLOT de type TOTALTUB 2000 de 2 326 kW avec un brûleur CUENOD de type C280.

Sept autres chaufferies d'appoint et secours local FOD sont répertoriées, dont les caractéristiques sont présentées ci-après :

- **Une Chaufferie à la résidence « SOFS008 – LA PEUPLERAIE A »,** située entre le 2 et le 18 Allée de l'Oseraie de 1263 kW. L'installation est composée de 2 chaudières :
 - HOVAL de type KDRH 450 de 523 kW avec un brûleur CUENOD de type PCS 80,
 - BUDERUS de type GE 615 de 740 kW avec un brûleur WEISHAUP.

- **Une Chaufferie à la résidence « SOFS009 – LA PEUPLERAIE B »**, située entre le 2 et le 10 Allée de la Favorite de 1183 kW. L'installation est composée de 2 chaudières :
 - HOVAL de type KDRH 450 de 520 kW avec un brûleur CUENOD de type PCS 80,
 - BUDERUS de type GE 615 de 740 kW avec un brûleur WEISHAAPT de type D90/90-2.
- **Une Chaufferie à la résidence « SOFS010 – LA PEUPLERAIE C »**, située entre le 2 et le 10 Allée Georges Braque de 1263/1323 kW. L'installation est composée de 2 chaudières :
 - HOVAL de type TKDR700 de 523 kW avec un brûleur CUENOD de type RBQ 313,
 - CHAPPEE de type NXR4/417 de 740/800 kW avec un brûleur WEISHAAPT de type D90/902/1.
- **Une Chaufferie à la résidence « SOFS014 – LA PEUPLERAIE E »**, située entre le 2 et le 14 Allée de la Résidence de 1415 kW. L'installation est composée de 2 chaudières :
 - GUILLOT de type GSA 580 de 675 kW avec un brûleur CUENOD de type PCS 80,
 - BUDERUS de type GE 615 de 740 kW avec un brûleur CUENOD de type PC 100.
- **Une Chaufferie à la résidence « SOFS011 – LA PEUPLERAIE F »**, située entre le 58 et le 60 Boulevard Pasteur. L'installation est composée de 1 chaudière :
 - BUDERUS de type GE 615 avec un brûleur WEISHAAPT de type D112/110-2/2a.
- **Une Chaufferie à la résidence « SOFS012 – LA PEUPLERAIE H »**, située entre le 30 et le 32 Boulevard Pasteur de 1972 kW. L'installation est composée de 2 chaudières :
 - DE DIETRICH de type CF 800 de 986 kW avec deux brûleurs CUENOD de type PCS 175.
- **Une Chaufferie à la résidence « SOFS013 – LA PEUPLERAIE O »**, située entre le 2 et le 10 Allée des Blancs Boulots de 1614 kW. L'installation est composée de 2 chaudières :
 - HOVAL de type TKDR 700 de 814 kW avec un brûleur CUENOD de type PCS 80,
 - BUDERUS de type GE 615 de 800 kW avec un brûleur WEISHAAPT de type D90/902/1.

Ces douze chaufferies sont entretenues et approvisionnées en combustible par SOFREGE.

Enfin, 3 chaufferies d'appoint et secours local GAZ sont répertoriées, dont les caractéristiques sont présentées ci-dessous :

- **Une Chaufferie à la résidence « SOFS017 – La Faisanderie »**, située au 30 Rue Henri Barbusse de 1140 kW. L'installation est composée de 2 chaudières :
 - Rendamax de type R607 de 570 kW.
- **Une Chaufferie à la résidence « SOFS007 – Les Gémeaux »**, située au 16 Résidence des Gémeaux de 3490 kW. L'installation est composée de 2 chaudières :
 - SCA de type Transtub A 162 de 1745 kW avec deux brûleurs Riello de type RS 100.
- **Une Chaufferie à la résidence « SOFN059 – Les Hauts de Fresnes »**, située entre le 47 et le 51 Avenue de la Paix. L'installation est composée d'une chaudière :
 - GUILLOT avec un brûleur RIELLO de type RS 400/M.

3.4.6 Chaufferies de secours décentralisées (non mises à disposition)

Ces chaufferies au fioul domestique de secours sont mises en service lors des incidents du réseau, elles sont entretenues par l'exploitant secondaire de l'abonné. Elles permettent d'assurer la fourniture d'énergie aux bâtiments dans lesquelles elles sont installées. La puissance de 1,9 MW est répartie en 3 chaufferies :

- **« SOFS037 - Hôtel de ville »**, située au 1 Place Pierre et Marie Curie : une chaudière GUILLOT de 0,480 MW avec un brûleur WEISHAAPT.

- « **SOFS005 - Résidence Les Prés** », située au 65 Boulevard Pasteur: une chaudière DE DIETRICH de type CF 518 H de 1,024 MW avec un brûleur CUENOD de type PCS 80.
- « **SOFS019 - Fresnes Les Prés** », située au 67 Rue du docteur Emile Roux : deux chaudières DE DIETRICH de 0,406 MW avec deux brûleurs CUENOD de type C34.

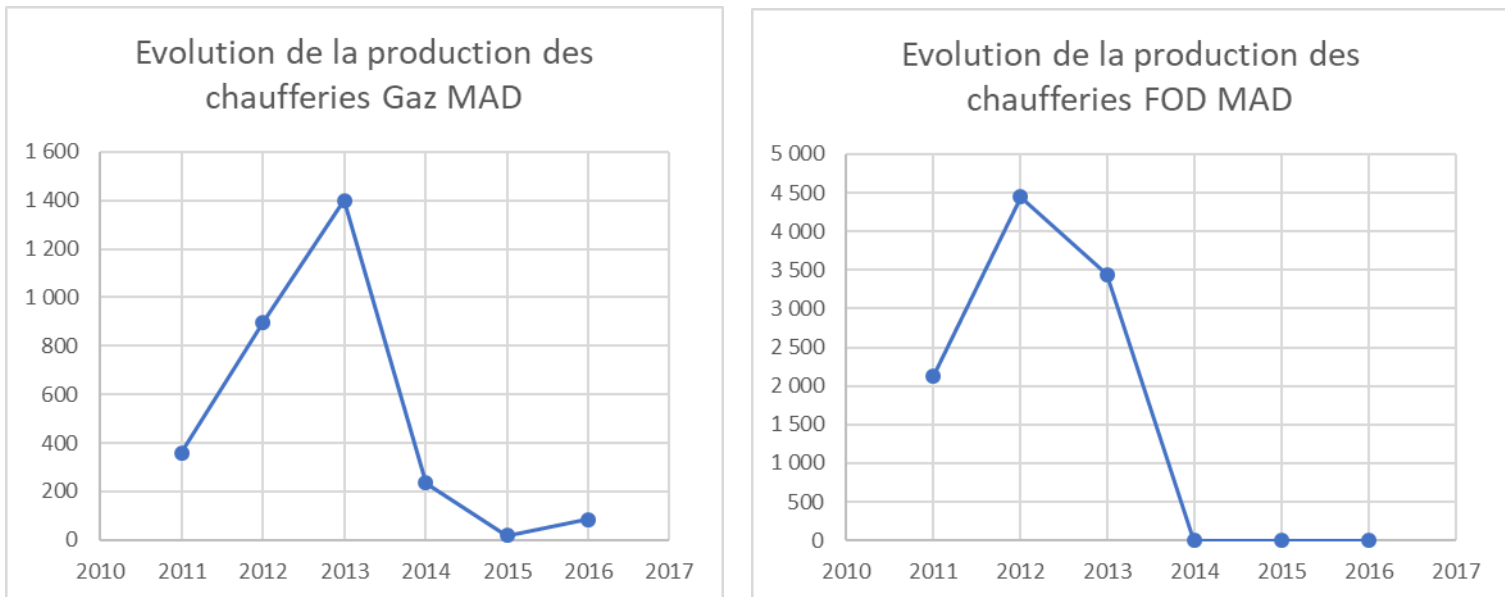


Figure 16 : Evolution de la production des chaufferie MAD

L'utilisation de ces chaufferies mises à disposition est illustrée sur les graphiques ci-dessous :

On remarque que dans les deux cas l'utilisation de ces chaufferies est dorénavant soit nulle soit très faible.

3.4.7 Bilan de puissance

La puissance totale installée est de plus de 30MW. Ajouté à la chaufferie centrale de 18,9 MW, la puissance disponible est suffisante pour assurer le secours du réseau en cas d'arrêt de la géothermie et de la cogénération.

En partie grâce à la construction de la nouvelle chaufferie gaz centralisée, SOFREGE ne fait quasiment plus appel aux chaufferies gaz décentralisées et n'utilisent plus les chaufferies fioul. Cette modification de fonctionnement favorise très fortement la valorisation de la géothermie.

En 2023, lorsque le contrat de rachat d'électricité avec EDF sera terminé, ce bilan de puissance devra être retravaillé pour éviter au maximum l'utilisation des chaufferies décentralisées qui pénalisent le taux d'EnR.

Avec des **ventes actuelles de 87 GWh et un taux d'EnR de 55,7%**, on peut considérer que l'appareil de production peut fournir aujourd'hui environ **60 GWh annuels**. Pour respecter le taux d'EnR

minimum nécessaire à **législation constante**, on peut imaginer fournir sur le réseau environ 120 GWh annuels.

Ce volume de vente est de 33 GWh supérieure à l'actuelle, ce qui correspond à maximum **3 000 équivalent-logements supplémentaires**.

Cette estimation ne correspond pas au nombre de logements réellement raccordables au réseau de chaleur mais uniquement à la quantité de logements supplémentaire que l'appareil de production est **capable de fournir**.

Par exemple, cette estimation ne prendre en compte :

- **La dimension des canalisations,**
- **La proportion de logements existants et neufs (régimes de températures),**
- **La réhabilitation de certains logements,**
- **Les améliorations possibles du réseau de chaleur.**

Ce bilan de puissance sera entièrement réétudié dans le cadre des simulations des scénarii d'évolution du réseau de chaleur.

3.4.8 Suivi des installations, contrôles réglementaires

Les équipements de production sont soumis aux réglementations des installations de combustion. Afin d'assurer leur qualité et prévenir des dysfonctionnements, SOFREGE a demandé pour l'année 2016 la réalisation d'un ensemble de contrôles, décrits dans ce paragraphe.

Boucle géothermale :

- Suivi annuel

Le suivi réglementaire de la boucle géothermale est assuré par CFG Services et comprend les prestations suivantes :

- Mission de suivi des caractéristiques du fluide géothermal (vérification d'étanchéité des tuyauteries contenant du fluide sous la pression normale de service, détection de fuite de fluide frigorigène),
- Mission d'auscultation – diagnostic du puits et des principaux organes de production,
- Mission de contrôle d'intégrité du tube continu de traitement en fond de puits,
- Fourniture du produit inhibiteur de corrosion.

- Diagraphie

La réglementation impose la réalisation d'une diagraphie sur le puits de production aux minimum tous les cinq ans (ou lors de chaque remontée des équipements immergées) et une sur le puits d'injection tous les trois ans. Ces contrôles ont été effectués en 2014 pour le doublet géothermique existant et les conclusions sont les suivantes :

- Puits de production : diagnostic par diagraphie électromagnétique de GFR-1 le 07/05/2014 : tout est normal,

- Puits d'injection : Retrait tube de traitement + curage + diagrapie + traçage à l'eau douce de GFR-2 (état moins bon, rechemisage possible à court terme) : du 18/11 au 04/12/2014,
- Le nouveau puits de production GFR-3 a subi un diagnostic par diagrapie lors de sa mise en service en 2014. La périodicité exigée de 5 ans n'étant pas dépassée en 2016, aucune autre diagrapie n'a été réalisée depuis.
- Commission de Santé et de Sécurité – C2S

Le code minier qui régit la géothermie impose la tenue d'un C2S annuel. Il a été réalisé un Plan de Prévention et de Santé et un Plan d'Intervention et de Secours. Ce document est actualisé annuellement et transmis à l'autorité délégante. La dernière réunion de ce type s'est tenue le 20 février 2017.

Protection incendie :

Une campagne de vérification de la protection incendie (contrôle des extincteurs, détection incendie) a été réalisée en 2016.

Contrôle des installations électriques :

Les équipements électriques de la centrale de cogénération et de la centrale de géothermie ont été contrôlés en 2016.

Contrôle des alimentations en gaz :

Un contrôle de l'alimentation en gaz (vérification d'étanchéité des tuyauteries contenant du gaz sous la pression normale de service des parties soumises à un risque de fuite de gaz) a été effectué en 2016.

Chaudières gaz :

Un contrôle des chaudières gaz (contrôle de la conformité du rendement, calcul des rendements caractéristiques, ramonage des cheminées) a été effectué en 2016 pour les chaudières en fonctionnement. De plus des contrôles de l'alimentation en eau (mesure des concentrations des différents polluants des effluents aqueux) et de la conformité avec l'ICPE 2910 (mesure des niveaux d'émissions sonores, mesure des rejets atmosphériques, contrôle du fonctionnement de la détection de gaz et de la chaîne de coupure).

3.4.9 Réseau de distribution

3.4.9.1 Descriptif du réseau de distribution

La gestion de l'exploitation suit deux principes :

- Optimisation de l'efficacité énergétique du réseau,
- Utilisation de la chaleur par l'abonné, notamment avec une maîtrise des températures de retour de chacun des bâtiments.

Le réseau était historiquement séparé en deux, un réseau Nord et un réseau Sud interconnectés à l'intérieur de la chaufferie du Clos de la Garenne. Depuis la création du réseau de la Cerisaie en 2013, le réseau est décomposé en trois sous-réseaux, dont les caractéristiques varient :

- **Le Réseau Sud** (développé à partir de 1986) est constitué d'un réseau de canalisations enterrées et pré-isolées trois-tubes, principalement en fonte, y compris les chambres de vannes, postes de vidange, de purge d'air et autres dispositifs. La longueur de ce réseau représente environ **7 319 mètres** de tranchées fin 2016.
- **Le Réseau Nord** (développé à partir de 1998) se différencie par le fait notamment qu'il soit en acier pour une longueur d'environ **4 676 mètres** de tranchées fin 2016. La particularité de ce réseau est de disposer, en fin de ligne, d'une boucle qui peut être alimentée tout ou partie par la chaufferie du Grand Quartier.
- **Le Réseau de la Cerisaie** (développé en 2013), construit en acier pré-isolé, permet d'alimenter les bâtiments situés dans la Z.A.C de la Cerisaie. La longueur est de **1 084 mètres** fin 2016.

Le Réseau Nord a un fonctionnement impliquant des températures retours élevées ce qui défavorise la production géothermique. Le recours fréquent aux chaufferies d'appoint aggravait cet effet négatif sur les températures retours. Le changement des pompes réseau, ainsi que la création de la nouvelle chaufferie gaz ont permis de limiter fortement voire totalement l'utilisation des chaufferies d'appoint et d'améliorer légèrement le régime de température de cette partie du réseau.

Ce réseau a malheureusement été dimensionné avec des diamètres de canalisation faibles. En effet, à l'époque, une chaufferie devait être construite au Nord du réseau ce qui aurait permis d'étaler les moyens de production. Ce dimensionnement empêche, à l'heure actuelle, de raccorder la totalité des logements collectifs au Nord de la ville, seulement 50% pourraient être raccordés avec les dimensions actuelles. Des solutions seront étudiées dans le cadre de ce schéma directeur. Parmi les plus problématiques, nous pouvons citer le tronçon entre la centrale géothermique et la jonction des réseaux Sud et Nord, le tronçon avenue de la Paix et le tronçon Rue Frédéric Mistral. La mise en îlotage de la prison peut permettre d'éviter la saturation de ces tronçons lorsque la température extérieure est très froide.

Le Réseau Sud fonctionne avec 3 tubes : un tube Haute Température (HT), un tube Moyenne Température (MT) et un tube Basse Température (BT). Historiquement, c'est la chaufferie du Clos la Garenne qui alimentait la HT et la MT du réseau Sud. Suite à la création du réseau Nord en 1999, la MT était alimentée par le fluide revenant de ce dernier, dont les températures sont, grâce de nombreuses optimisations, aujourd'hui trop faibles pour cette utilisation.

Aujourd'hui, le fluide en provenance du réseau Nord va directement à la centrale géothermique et n'alimente plus la MT du réseau Sud. Cette dernière est donc autoalimentée par les abonnés alimentés en HT/MT qui ont besoin de températures plus élevées et donc rejettent des températures plus importantes. SOFREGE indique cependant qu'aujourd'hui, avec le développement du réseau Sud, la canalisation BT qui revient à la centrale est saturée ce qui empêche d'augmenter les débits sur cette partie du réseau.

Enfin, des modifications ont avec le temps été apportées au fonctionnement du réseau. Par exemple, comme expliqué précédemment, les retours du réseau Nord allaient historiquement dans le tube MT pour alimenter principalement les sous-stations de la Peupleraie. Cependant, aucun tube HT

n'alimentait ces sous-stations et si la température extérieure se trouvait entre 5 et 8 °C, un appoint au fioul était nécessaire. En-dessous de 5°C, un délestage complet avait lieu. Aujourd'hui, les retours Nord vont principalement vers la centrale géothermique et des modifications hydrauliques permettent désormais au tube HT d'alimenter les bâtiments de la Peupleraie (sauf le bâtiment F), et un appoint a lieu seulement si la température extérieure est inférieure à -5°C, ce qui ne s'est pas produit en 2016.

Ces modifications ont eu un impact très positif sur les performances de la géothermie sur l'ensemble du réseau de chaleur de Fresnes.

Il est à noter, qu'aujourd'hui, l'état du réseau est difficile à déterminer. Cependant, une partie du réseau a été construite en 1984 ce qui ne semble pas être un problème aujourd'hui. En effet, SOFREGE indique que, avant la fuite au Clos de la Cerisaie en 2016, le réseau n'a pas fait l'objet d'intervention de service liée à une fuite depuis 2014 (fuite devant l'ex-Poste).

Afin de pouvoir le qualifier, un audit complet de ce dernier comprenant des diagraphies serait à réaliser.

3.4.9.2 Principaux travaux de réparation et de renouvellement réalisés

Pour l'année 2016, l'exploitant a relevé une fuite sur le réseau de distribution (le 15 Janvier 2016) dans la chaufferie du Clos de la Garenne à cause d'une vanne ouverte au niveau de point de vidange du réseau MT impliquant une vidange du réseau et une coupure du service de chauffage.

Un arrêt technique a été programmé du 4 au 7 juillet 2016. Il a été réalisé pendant cet arrêt :

- Le remplacement du transformateur central,
- Le remplacement et le déplacement de l'armoire GTC,
- La modification de l'armoire électrique de la géothermie,
- Le nettoyage d'un échangeur géothermique.

Les principaux travaux de réparation et de renouvellement réalisés entre la signature de la DSP et le début de l'exercice 2016 sont présentés dans le tableau suivant.

Année	Travaux réalisés
2015	Début 2015, changement de 3 échangeurs (MESS, Hôpital, Pavillon 4). Mise en place d'une vanne DN 400 en chaufferie principale.
2014	Durant un arrêt technique de 4 jours entre le 15 et 18 juillet 2014 : <ul style="list-style-type: none"> - Le raccordement du réseau du mini-primaire sur le réseau principal (le Centre Pénitentiaire ne sera plus, hydrauliquement parlant, qu'un abonné avec sa chaufferie d'appoint-secours décentralisée), - Reprise des canalisations en tête de réseau, - Remplacement de vannes de sectionnement sur le réseau primaire, - Remplacement du TGBT de la Centrale, - Remplacement de 20 compteurs en sous-station. Le 26/08/2014 : pose du compteur pour le réseau Cerisaie.

2013	<p>En Juillet, coupure de deux jours sur le réseau Sud dans le but de créer un by-pass HT → MT avec une vanne manuelle afin d'augmenter l'irrigation des sous-stations des Peupleraies (à l'exception du bâtiment F). Seule la sous-station Capricorne (SOFS015) a été impactée par la coupure.</p> <p>SOFREGE a profité de cette intervention pour échanger préventivement un tronçon endommagé du réseau situé sous la rue du Docteur Roux.</p> <p>Une coupure de deux jours et demi a été réalisée par SOFREGE du 16 au 18 septembre 2013 pour changer des pompes générales de distribution de chaleur sur les réseaux Nord et Sud ainsi que pour réaliser un piquage en centrale sur le circuit du réseau Nord afin de permettre l'installation de chaufferies mobiles en cas de besoin.</p>
2011	L'ensemble des travaux réalisés cette année concerne du 1 ^{er} établissement.
2010	<p>Réparation de la pompe d'exhaure du puits géothermique en raison du sous-dimensionnement des moyens de production et du mode d'exploitation de la centrale (fonctionnement non continu dans le temps et à puissance variable en vue de la vente d'électricité sur le marché libre).</p> <p>L'incident a engendré l'arrêt de la production à partir du 28 Décembre jusqu'à la fin de l'exercice, avec une remise en service le 18 janvier 2011.</p>

3.4.9.3 Principaux travaux d'extension réalisés

Pour l'année 2016, trois nouveaux points de livraison ont été mis en service pour une puissance souscrite totale de 1 169 kW, soit un développement représentant 9,3% de la puissance totale souscrite. Les caractéristiques de ces nouveaux abonnés sont présentées dans le tableau suivant.

N° Police	Nom sous-station	Secteur	Équivalent logements	Puissance souscrite (kW)	Date d'effet	Famille SNCU
SOFS101	Centre d'art	Cerisaie	28	130	18/08/2016	Équipement public
SOFS102	Résidence VALOPHIS - ZAC Cerisaie lot K	Cerisaie	177	807	18/08/2016	Logements sociaux
SOFS110	Résidence I3F - ZAC Cerisaie lot C	Cerisaie	54	232	18/08/2016	Logements sociaux
			259	1 169		

Tableau 8: Description des abonnés raccordés en 2016

Au 31 Décembre 2016, la quasi-totalité des travaux prévus à la DSP ont été réalisés par SOFREGE. Seuls les travaux d'augmentation de puissance de la chaufferie des Gémeaux n'ont pas été réalisés car le résultat des Bilans de Puissances effectués ne justifie plus un tel investissement, et la position en bout de réseau de la chaufferie n'est pas avantageuse. SOFREGE a d'ailleurs envoyé un courrier en mai 2017 afin de demander le retrait de ces travaux du projet industriel de la DSP.

Le développement du réseau s'est poursuivi en 2017 avec la mise en service de la sous-station de l'opération Parenthèse (187 logements) avenue de la Paix et Stalingrad dont le maître d'ouvrage est VALOPHIS et Expansiel. A terme, il y aura 3 clients sur cette opération.

Plusieurs raccordements sont déjà prévus :

- Opération ex-poste (livraison finalement prévue fin 2019),
- Opération Frères Lumière,
- Opération Z.A.C Charcot lots D & E (en attente de signature des conventions de raccordement au moment de l'écriture de ce diagnostic),
- Opération Z.A.C Cerisaie lots A et B.

Sur les 37 bâtiments identifiés pour le développement du réseau prévu dans le contrat de DSP, à la date de rédaction de ce rapport, 24 ont été raccordés depuis 2010. Sur les 13 non raccordés, 4 ont été abandonnés et les autres sont en cours de négociations commerciales.

A la fin de 2016, on constate que 10 bâtiments non prévus initialement au programme de développement de la DSP ont été raccordés, ce qui indique une bonne dynamique de développement du délégataire.

3.4.9.4 Pertes thermiques et rendements du réseau

Evolution des pertes du réseau :

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Production thermique (MWh)	60 661	74 238	79 877	67 419	77 710	90 348
Chaleur livrée (MWh)	55 930	68 060	71 516	62 057	71 406	85 964
Pertes réseau (%)	8,10%	8,10%	10,70%	8,10%	8,00%	4,90%

Tableau 9: Evolution des pertes du réseau depuis 2011

Evolution de la densité thermique du réseau :

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Chaleur livrée (MWh)	55 930	68 060	71 516	62 057	71 406	85 964
Longueur du réseau (ml)		10 607	11 220	12 151	13 049	13 074
Densité du réseau (MWh/ml)		6,42	6,37	5,11	5,47	6,58

Tableau 10: Evolution de la densité thermique du réseau depuis 2011

Au vu des tableaux précédents on remarque entre 2011 et 2016 :

- Une diminution des pertes réseau,
- Une diminution de la densité du réseau entre 2011 et 2014 puis une augmentation entre 2015 et 2016. Il est à noter que la densité du réseau en 2016 est plus élevée qu'en 2012.

L'augmentation de la densité du réseau s'explique par le raccordement de bâtiments ayant des besoins importants, à proximité du réseau actuel (comme par exemple la résidence

VALOPHIS – ZAC Cerisaie lot K mise en service en 2016). Ainsi, entre 2016 et 2015 par exemple, la quantité d'énergie valorisée a augmenté de 14 558 MWh (+20 %) alors que la longueur du réseau a augmenté de 25 m (soit une augmentation de seulement 0,2%).

Un autre paramètre pouvant expliquer cette variation est la rigueur climatique. En effet, en 2014 par exemple, le nombre de DJU était beaucoup plus faible que la moyenne trentenaire (1 863 DJU en 2014 contre 2 397 pour la moyenne trentenaire), ce qui se traduit par une diminution de la consommation. De plus, entre 2013 et 2014, des abonnés ont été raccordés ce qui a augmenté la longueur linéaire du réseau ce qui a contribué à diminuer la densité thermique du réseau.

Cette diminution importante des pertes thermiques s'explique par les points suivants :

- Les travaux effectués à la chaufferie du Grand Quartier (by-pass de l'échangeur primaire pour alimenter directement le « Mini Primaire ») qui ont permis de diminuer fortement les pertes de charges du réseau Nord,
- Le développement récent du réseau qui a permis la mise en œuvre de canalisations avec un meilleur niveau d'isolant,
- Le raccordement de bâtiments neufs, nécessitant des régimes de température plus bas,
- Une meilleure maîtrise du mix énergétique.

Il est à noter que lors de la construction du réseau de la Cerisaie, les pompes ont été dimensionnées en prenant en compte que le réseau allait s'agrandir. Elles étaient donc surdimensionnées. Depuis, de nouveaux bâtiments se sont raccordés et ainsi les performances du réseau se sont améliorées, ce qui explique également cette forte diminution des pertes thermiques globales.

En France, la densité thermique moyenne des réseaux récents se situe entre 3 et 6 MWh/ml.an. Le réseau de chaleur de Fresnes se situe donc dans la moyenne haute, voir au-dessus de la moyenne nationale des réseaux de chaleur, selon une publication de 2014 sur le site CEREMA. Ce point est positif pour le réseau de chaleur, car plus la densité est importante et plus la part des pertes de chaleur est faible sur la production totale.

3.4.9.5 Améliorations envisageables du réseau de distribution

Les principales réflexions concernant l'évolution du réseau de distribution doivent se concentrer sur l'évolution de l'utilisation de la HT/MT/BT sur le réseau Sud, de par la saturation de la canalisation BT. Par exemple, il peut être envisagé d'améliorer la configuration hydraulique de certaines sous-stations, en épuisant par exemple les retours ECS sur les échangeurs de chauffage pour réduire les besoins en HT/MT et donc en réduisant les températures et débits retours BT. Plus radicalement, il peut être envisagé qu'en cas de forte demande, un îlotage de certains secteurs soit mis en place pour diminuer les débits sur le reste du réseau. Cependant, ces îlotages impliquent d'utiliser les chaufferies d'appoint/secours au gaz ou au fioul des abonnés, ce qui nuit au taux d'EnR. Cette solution est déjà appliquée actuellement au Clos la Garenne.

De plus, il peut être envisagé de brancher la sortie condenseur de la centrale géothermique sur les tubes MT du réseau Sud. Pour cela, il faudrait que le besoin en MT du réseau Sud soit équivalent ou supérieur à la quantité d'énergie en sortie du condenseur. Cela permettrait de mieux utiliser les tubes MT en augmentant leur température, de réduire les besoins en HT et donc de diminuer les pressions dans les tubes BT.

Enfin, l'augmentation des pressions dans les canalisations due au développement du réseau et l'augmentation de l'âge de ces dernières doit être étudiée à l'horizon 2030. En effet, lors du dimensionnement des canalisations, un tel développement du réseau n'était pas imaginé et certains tronçons deviennent sous-dimensionnés ce qui empêche le raccordement de nouveaux bâtiments.

Ainsi, il doit être envisagé dès maintenant que certains tronçons structurants peuvent être remplacés et augmentés, ce qui permettrait d'augmenter les débits dans le réseau, et donc le nombre d'abonnés. En effet, augmenter le débit dans des canalisations se trouvant à leur limite de dimensionnement augmente grandement les pertes de charges et donc les pressions qui leurs sont appliquées.

3.4.10 Sous-stations

3.4.10.1 Caractéristiques des sous-stations

A la fin de l'exercice 2016, le réseau dessert 104 sous-stations alimentées en 2 ou 3 tubes, comprenant l'ECS. Il existe différents types de régulateurs :

- Siemens de types PRV 1.28, PRV 1.32, PRV 1.42, PRV 1.64, PRV 2.32, BPS 1.32, RVL 470, RVL 480, RVL 481, PRU 1.28, PXM 20, PTX 1.01, SQL 33, Synco,
- POLYGIR de type RWF 6.1.12,
- Trend de types IQE View, IQE 3XCITE, IQ View 4, IQE 412, IQ 422, IQ4E,
- LANDIS & GIR de types RWF 61.12, RSA 22,
- DANFOSS de type ECL confort 310,
- SYNCO de type ECL confort 310,
- DUNGS de type FRS SO 65.

Les schémas de principe actuellement mis en place sur le réseau sont présentés en Annexe 8.

3.4.10.2 Etat des sous-stations

Afin de s'assurer du bon fonctionnement des sous-stations (SST), des visites sont organisées périodiquement dans le cadre du suivi d'exploitation du réseau de chaleur. D'après les rapports de synthèse de sous-stations datant de 2017 les sous-stations présentent un état pouvant être qualifié de « correct » à « bon ». Il est à noter que dans certains cas, l'état du matériel a été qualifié de « moyen », voir « mauvais ».

Le tableau suivant présente la répartition de l'état des sous-stations :

Synthèse		
Qualification	Nombre de SST	Pourcentage
Bon	26	28,6%
Correct	28	30,8%
Moyen	24	26,4%
Dégradé/obsolète	13	14,3%
Total	91	100,0%

Il est à noter que les qualifications « moyen » et « Dégradé/obsolète » ont été données lorsque l'un des matériels de la sous-station présente un tel état quel que soit son importance dans le fonctionnement de la sous-station. La désignation de l'état d'un composant d'une sous-station est effectuée lors de visites, et prend en compte sa date de mise en service, son aspect visuel et ses caractéristiques mesurables sur place (comme par exemple le différentiel de pression mesuré aux limites d'un échangeur, qui permet d'estimer son niveau d'entartrage).

Egalement, il est important de préciser qu'aujourd'hui aucun élément qualifié de « Dégradé/obsolète » n'a empêché la livraison de chaleur aux usagers.

Des mesures face à une visite qualifiant l'état d'un matériel « mauvais » seront dorénavant prises. Par exemple, une procédure d'information de SOFREGE et la Ville pourra être mise en place et qui permettra à ces derniers de décider ensemble de la marche à suivre.

Il ressort de manière générale la nécessité de baisser les températures retours de certains abonnés existants qui détériorent les performances des installations du réseau de chaleur.

Il est à noter que les sous-stations du réseau Sud, fonctionnent principalement en Basse Température et permettent, de diminuer les températures retour, et donc de mieux valoriser l'énergie géothermique.

Les sous-stations du réseau Nord, en revanche, sont plus vétustes, et posent des problèmes de configuration ou d'équilibrage. En effet, certaines d'entre elles mettent par exemple en œuvre un échangeur primaire et un préparateur ECS en aval avec un pincement important. Il est en effet préférable de scinder la production de chauffage et d'ECS pour éviter de multiplier les pincements.

L'ensemble de ces points engendrent des températures retours élevées. Une des pistes d'amélioration serait de rénover le réseau secondaire des sous-stations, ce qui serait à la charge des abonnés existants uniquement. Dans cette optique, la Ville a proposé son aide pour rechercher des dispositifs d'aide financière, telle que celle du Conseil Régional, visant à financer une partie des rénovations des réseaux secondaires dans la région Parisienne.

Toujours dans cette même démarche d'amélioration constante du réseau, celui-ci ayant été construit progressivement, les solutions utilisées pour réaliser les sous-stations sont très variables et il devra être envisagé de mettre en œuvre des travaux d'harmonisation des systèmes de production et de comptage (voir ci-après) au cours des prochaines années afin d'améliorer la qualité de service. D'un point de vue économique, un principe d'intéressement sur les températures des retours pourrait être mis en place afin de créer une tarification incitative en intégrant des températures contractuelles dans les polices d'abonnement.

Par ailleurs, comme expliqué précédemment, la séparation primaire/secondaire n'est pas toujours clairement définie sur les sous-stations du réseau ce qui pose des ambiguïtés dans le cas d'intervention. Il devra être envisagé d'adapter les polices d'abonnement en fonction de la configuration des installations.

Le raccordement de nouveaux abonnés permet également d'améliorer la qualité du service public rendu car le raccordement de nouvelles résidences a pour effet d'optimiser les performances du réseau de distribution, notamment sur la part d'EnR, et, donc, profite à tous les abonnés.

Le relevé du matériel 2017 est présenté en Annexes 9a et 9b.

Enfin, SOFREGE indique avoir observé que la qualité de l'eau de ville se détériore et les échangeurs se retrouvent régulièrement entartrés. De plus, les nouvelles réglementations pour le traitement de la légionnelle imposent des températures plus élevées et donc des débits plus faibles dans le réseau, ce qui aggrave cet encrassement. Certaines sous-stations sont équipées d'adoucisseur pour pallier ce problème et il est proposé de généraliser l'installation de ce matériel à l'ensemble des sous-stations du réseau.

3.4.10.3 Comptage et métrologie

Le compteur d'énergie est composé de trois parties, à savoir : le débitmètre, l'intégrateur et les deux sondes de températures associées. Le montage est effectué de la manière suivante :

- Le débitmètre est positionné en point bas sur le retour du réseau et respecte le sens de l'écoulement,
- Les sondes sont positionnées de façon contraire au sens d'écoulement du fluide.

L'ensemble des compteurs d'énergie du réseau de chaleur subit une vérification réglementaire réalisée par le fournisseur du matériel.

Il est à noter que, pour le réseau de chaleur géothermique de Fresnes, il existe trois types de comptage des consommations des sous-stations différents :

- 1 compteur primaire seul,
- 1 compteur primaire + 1 compteur ECS : uniquement à titre indicatif, ne sert pas à la facturation,
- 1 compteur Chauffage + 1 compteur ECS servant tous les deux à la facturation.

Selon le contrat de DSP : « les compteurs primaires sont fournis, posés, entretenus et renouvelés par le concessionnaire ».

Plusieurs abonnés ont émis le souhait à SOFREGE d'avoir un compteur sur l'ECS. Cet aspect n'étant pas prévu au contrat de DSP, un groupe de travail a été constitué dans le Bureau du Comité des abonnés afin de proposer des solutions à ce sujet.

3.4.11 Patrimoine raccordé - installations secondaires

3.4.11.1 Liste et caractéristiques des abonnés du réseau de chaleur

A la fin de l'année 2016 le réseau comptait 62 abonnés soit 9415 équivalents-logements. *La liste des sous-stations raccordées est placée en Annexe 3.*

3.4.11.2 Adéquation des puissances souscrites

Les puissances réelles consommées par chaque sous-station ont été calculées à partir de leurs consommations de l'année 2016. Celles-ci ont été comparées aux puissances souscrites fixées dans les polices d'abonnement.

Il est ainsi possible d'observer certaines sur et sous consommations. 25 sous-stations dépassent de 30% la valeur de leur puissance souscrite et à l'inverse 22 abonnés ont leurs polices d'abonnement sous-estimées.

Cependant cette comparaison étant réalisée sur une seule année aucune conclusion ne peut en être tirée. Afin de confirmer cette première estimation une analyse plus poussée pourrait être réalisée et il serait alors nécessaire d'installer des enregistreurs et de mesurer les pics d'appel de puissance heure après heure.

3.4.11.3 Analyse des bâtiments et actions engagées pour favoriser les économies d'énergie

Récolte d'informations auprès des bâtiments raccordés

Un questionnaire sur les caractéristiques des bâtiments a été envoyé, sous l'impulsion de la Ville de Fresnes, à chaque abonné afin de récolter des données pour la réalisation du Schéma Directeur du réseau. Ce questionnaire permettait également de récolter l'avis de ces abonnés concernant l'efficacité du système de chauffage. Un nombre relativement important de réponses (50 réponses soit 52% des abonnés) a montré que la grande majorité des abonnés est satisfaite du service fourni par le réseau de chaleur.

Les informations suivantes ont été récoltées :

- Type d'émetteur,
- Etat des bâtiments raccordés,
- Rénovations envisagées,
- Extensions prévues,
- Démolitions prévues, etc.

Un exemple de questionnaire est joint en Annexes 10a et 10b.

Le questionnaire présenté dans le paragraphe précédent permettait également de récolter des informations sur les éventuelles évolutions de leur patrimoine, du type rénovation ou extension. L'ensemble des informations récoltées nous a permis de faire un état des lieux non exhaustif du parc raccordé au réseau de chaleur.

Seulement 3 bâtiments ont subi des rénovations et 7 ont prévu d'en réaliser dans un futur proche. *Un tableau récapitulatif des informations récoltées est joint en Annexe 11.*

Moyens mis en œuvre sur les installations secondaires par SOFREGE pour améliorer la performance énergétique du réseau

Les bâtiments raccordés au réseau de chaleur de Fresnes sont des bâtiments existants, et la majorité des prospects identifiés le sont aussi.

SOFREGE s'est engagée dans l'accompagnement des usagers pour des actions de maîtrise de l'énergie y compris sur les installations secondaires hors périmètre de délégation.

SOFREGE propose un accompagnement vers des économies d'énergie, en plus de celles engendrées par le passage du gaz et/ou fioul à de la chaleur produite à plus de 50% par la géothermie, et peut réaliser également sur demande une étude de mise en conformité des bâtis, des toitures, des ouvrants.

Aujourd'hui plusieurs résidences comme le Clos de la Garenne, la Faisanderie, la Ferme sont intéressées par une maîtrise de la puissance souscrite via des travaux d'amélioration du bâti.

La résidence Toit et Joie réalise actuellement des travaux de rénovation : isolation extérieure, double vitrage, isolation des toitures.

Dans le cadre des développements de contrats secondaires (notamment sur le territoire de Fresnes) CORIANCE, maison mère de SOFREGE, accompagne les clients afin de démontrer que l'amélioration de la circulation hydraulique et un équilibrage des colonnes permet une meilleure maîtrise de la température souscrite et du confort de chaque appartement.

Cela se traduit par la préconisation d'un désembouage et d'un équilibrage des systèmes de distribution secondaire.

Aujourd'hui 90% des contrats en cours de négociation ont fait l'objet d'une étude chiffrée pour la réalisation de cette prestation.

Dans le cadre de la délégation de service public confiée par la Ville de Fresnes, SOFREGE entretient une relation étroite avec l'ensemble de ses abonnés afin d'améliorer en continu les performances de distribution dans les sous-stations de l'énergie calorifique ainsi que l'optimisation de l'usage de cette énergie par les abonnés.

Une fiche de suivi des consommations est mise à jour mensuellement par SOFREGE afin de suivre les consommations de chaque abonné et d'éviter des surconsommations dans le fonctionnement des installations secondaires. Cela permet de prévenir rapidement chaque abonné en cas d'évolution anormale de leur consommation (fuite sur un réseau secondaire, modification des paramètres de la régulation secondaire, défaillance dans le fonctionnement d'un équipement, anomalie sur un organe de commande...).

3.4.11.4 Analyse des consommations d'énergie et d'ECS

Consommations de chauffage :

Année	MWh utiles ramenés au DJU trentenaire	Variation n-1	DJU
2011	55068		1968
2012	59975	8,9%	2256
2013	58422	-2,6%	2512
2014	65230	11,7%	1863
2015	66111	1,4%	2098
2016	70226	6,2%	2358

Tableau 11: Evolution des consommations de chauffages depuis 2011

Consommation d'ECS :

Année	MWh utiles	Variation n-1	DJU
2011	10718		1968
2012	11612	8,3%	2256
2013	10291	-11,4%	2512
2014	11359	10,4%	1863
2015	13542	19,2%	2098
2016	16881	24,7%	2358

Tableau 12: Evolution des consommations d'ECS depuis 2011

La forte augmentation de la consommation en chauffage et ECS entre 2011 et 2016 s'explique principalement par l'évolution du nombre d'abonnés. La part d'ECS est croissante depuis le début de la DSP ce qui favorise le taux d'EnR du réseau car c'est la seule production de chaleur en été et que la géothermie seule permet d'en fournir la totalité.

Le nombre de DJU de l'année 2016 est très proche du nombre moyen des trente dernières années, c'est pourquoi c'est cette année qui servira de référence pour l'étude des scénarii dans le Schéma Directeur.

3.5 AUDIT ENVIRONNEMENTAL

3.5.1 Evolution du bouquet énergétique

La mixité énergétique réelle du réseau de Fresnes au cours des 6 dernières années est présentée par les tableaux et graphes suivants :

Bouquet énergétique (MWh utile)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Géothermie + PAC	30 464	31 123	35 330	39 153	43 410	51 017
Cogénération	11 628	22 503	23 581	23 236	23 034	24 421
Gaz	16 435	16 155	17 524	8 155	11 266	14 909
Fioul	2 132	4 449	3 442	0	0	0
Total Production Thermique (MWh utile)	60 659	74 230	79 877	70 544	77 710	90 347

Pertes réseaux	8,1%	8,1%	10,7%	8,1%	8,0%	4,9%
----------------	------	------	-------	------	------	------

Bouquet énergétique (%)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Géothermie + PAC	50,2%	41,9%	44,2%	55,5%	55,9%	56,5%
Cogénération	19,2%	30,3%	29,5%	32,9%	29,6%	27,0%
Gaz	27,1%	21,8%	21,9%	11,6%	14,5%	16,5%
Fioul	3,5%	6,0%	4,3%	0,0%	0,0%	0,0%
Total Production Thermique	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau 13: Evolution de la mixité énergétique du réseau depuis 2011

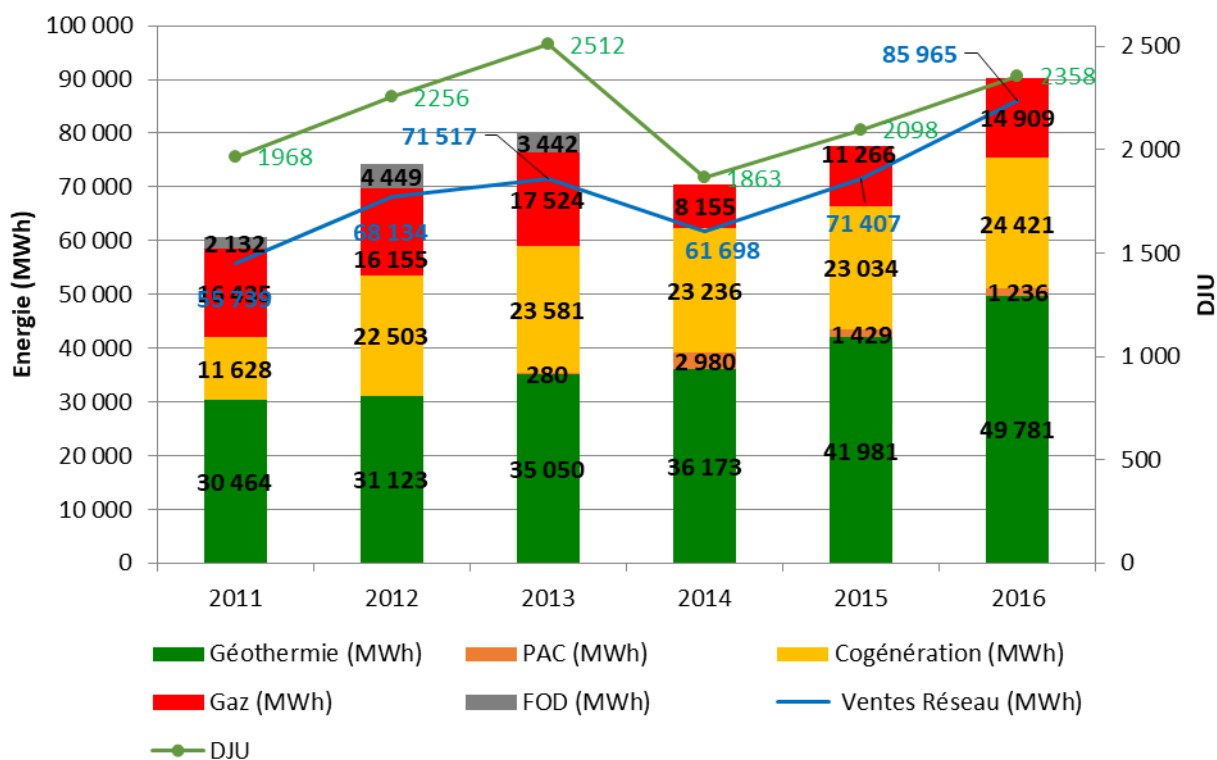


Figure 17: Evolution de la mixité énergétique du réseau depuis 2011

Sur le graphique ci-dessus, en comparant la courbe de la rigueur climatique à celle des consommations, on peut constater que la production de chaleur est adaptée à la demande des usagers.

Depuis la prise d'effet du contrat de SOFREGÉ, nous pouvons constater que :

Géothermie + PAC : la quantité d'énergie valorisée avec la géothermie a **augmenté de près de 65%** par rapport à 2011. Plusieurs mesures ont été prises par SOFREGÉ afin d'améliorer les performances des installations.

- Tout d'abord, comme prévu dans le contrat de DSP, un 3^{ème} puits géothermique a été foré et une pompe à chaleur a été installée, tous deux, pour augmenter la quantité de chaleur récupérable sur la géothermie.
- Également, le fonctionnement du réseau a été modifié afin de diminuer au maximum les températures retours. Pour cela, les chaufferies du Clos de la Garenne et de Grand Quartier ne sont plus utilisées en appoint ni en délestage, sauf en cas de secours grâce à l'ajout de nouvelles pompes et d'une nouvelle chaufferie centrale. Ces deux abonnés possèdent des retours basses températures qui permettent de diminuer les températures retours générales du réseau. En utilisant ces chaufferies cet avantage n'était pas exploité.
- Le développement du réseau a également permis de mieux valoriser la géothermie par deux aspects. En premier lieu, la Z.A.C de la Cerisaie qui s'est raccordée au réseau possède des régimes de températures bas qui permettent de diminuer les températures retours générales du réseau et donc augmenter l'écart de température avec la géothermie rendant

disponible plus de quantité de chaleur. En deuxième lieu, tous les nouveaux abonnés sont raccordés au réseau de chaleur pour une fourniture de chauffage et d'eau chaude sanitaire. Cette consommation d'eau chaude sanitaire à un effet bénéfique sur le réseau de chaleur. En effet, cela implique une augmentation de la production de chaleur en été dédiée à l'eau chaude sanitaire. Cette production estivale étant uniquement issue de la géothermie, elle permet d'augmenter au global sur l'année le taux de couverture EnR.

- Des travaux ont été réalisés dans la chaufferie du Grand Quartier. Initialement, l'échangeur présent dans la sous-station alimentait le Grand Quartier et plusieurs sous-stations aux alentours (appelé le Mini-primaire). Pour ces dernières sous-stations, le cumul de deux échangeurs en série créait beaucoup de pertes de charge. Les travaux réalisés ont consisté en une modification hydraulique (by-pass) qui permet de contourner l'échangeur du Grand Quartier pour les sous-stations du Mini-primaire. On remarque d'ailleurs que les pertes du réseau ont très fortement baissé en 2016 grâce, en grande partie, à ces travaux. La baisse des pertes du réseau permet de mieux valoriser la géothermie.
- Enfin grâce à des modifications hydrauliques réalisées sur les chaufferies de la Peupleraie (sauf la H), l'appoint à l'aide de chaufferies fioul n'a plus été nécessaire ce qui a laissé plus de place pour valoriser la géothermie.

Cogénération : Depuis le reconditionnement de l'installation en 2011, celle-ci produit annuellement, de manière constante, environ 23 000 MWh pour le réseau de Fresnes. Avec l'augmentation des ventes sur l'année 2016, la quantité de chaleur valorisée sur la cogénération a augmenté d'environ 1 GWh. De plus, SOFREGE a choisi d'optimiser l'exploitation de cette installation. Cette amélioration se traduit par une augmentation du rendement de la cogénération et donc une diminution des émissions de CO₂.

Il est important de noter que le contrat de rachat d'électricité de la cogénération se termine en 2023. Le bilan de puissance devra être réétudié en conséquence.

Chaufferies Gaz :

- Le recours à la chaufferie du Clos de la Garenne diminue continuellement depuis 2011 pour ne plus être sollicitée à partir de 2015. Il a été remarqué que cette chaufferie privait les retours des températures basses du Clos. C'est pourquoi cette dernière n'est plus utilisée en tant qu'appoint et/ou secours mais uniquement de secours,
- Après avoir été très sollicitée entre 2011 et 2013, le recours à la chaufferie du Grand Quartier s'amenuise d'année en année. Cette chaufferie a uniquement été utilisée pendant le 1^{er} semestre 2015 et n'a pas été utilisée en 2016,
- La chaufferie centrale de SOFREGE assure depuis 2014 la fourniture de chaleur qui étaient initialement dévolues au Clos de la Garenne et à la chaufferie du Grand Quartier.

Chaufferies Fioul Domestique (FOD) : Les chaufferies FOD ne sont plus sollicitées par SOFREGE depuis fin 2013.

3.5.2 Evolution du contenu en CO₂

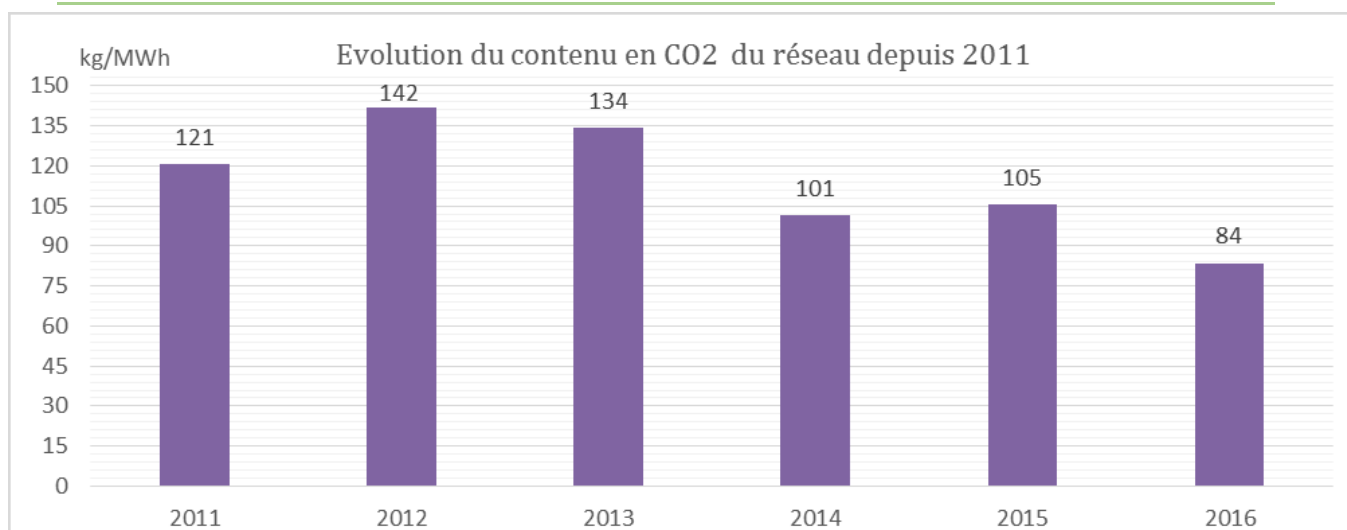


Figure 18: Evolution du contenu CO₂ rejeté par le réseau depuis 2011

On constate que, grâce à l'ensemble des travaux réalisés sur l'appareil de production et des différentes mesures prises sur le fonctionnement du réseau, le contenu en CO₂ a diminué de manière flagrante.

L'ensemble de ces efforts permet en 2016, d'éviter l'équivalent de 8 700 voitures sur la Ville.

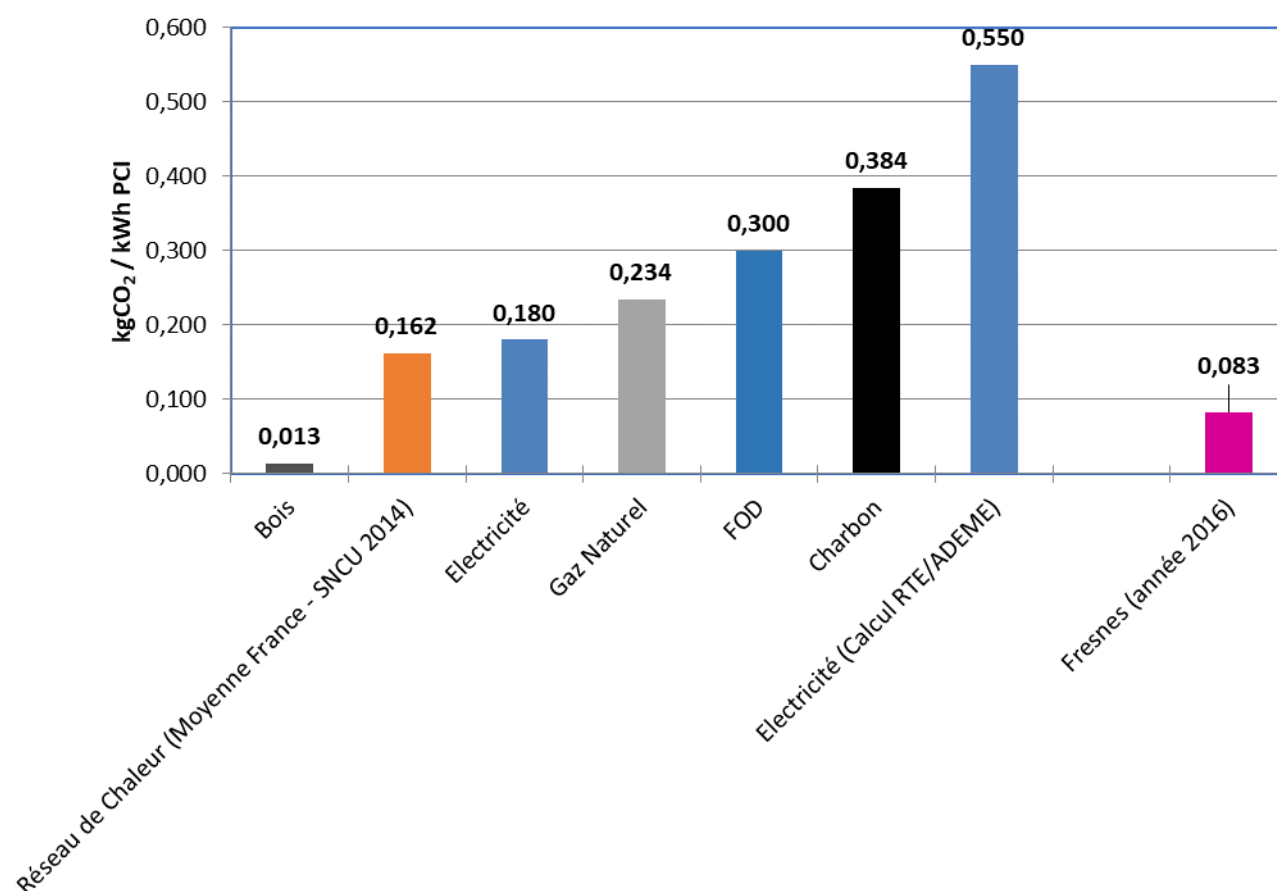


Figure 19: Contenu CO₂ kg/kwh PCI en 2016 du réseau de Fresnes face à d'autres énergies

On remarque sur le graphique ci-dessus la faible teneur en CO₂ du réseau de chaleur de Fresnes par rapport à l'ensemble des autres énergies susceptibles de fournir de la chaleur et également à la moyenne des réseaux de chaleur en France.

L'électricité est représentée par deux résultats. Le premier de 180 gCO₂/kWh concerne le contenu CO₂ de la production totale d'électricité en France. Le deuxième résultat, beaucoup plus important, représente le contenu CO₂ de la production d'électricité uniquement sur les mois où un besoin de chauffage existe. Cette valeur est très grande car durant ces mois dont la rigueur climatique est importante, la production d'électricité à l'aide des centrales nucléaires ne suffit plus à la France. Dans ce cas des appoints sont réalisés avec des centrales de production au gaz ou autres énergies qui produisent du CO₂.

Le charbon, le FOD et le Gaz naturel sont trois énergies fossiles qui produisent beaucoup de CO₂, leur utilisation est soit nulle soit la plus faible possible sur le réseau de chaleur de Fresnes.

Enfin, le bois est la seule source d'énergie dont le contenu CO₂ est inférieur au réseau de Fresnes. Cependant, l'utilisation de ce combustible implique une production d'autres polluants tels que l'oxyde d'azote, également toxique.

3.6 AUDIT ÉCONOMIQUE

3.6.1 Analyse du compte d'exploitation

Le compte de résultat est fourni par le délégataire pour refléter l'activité économique du réseau de chaleur.

D'une manière générale, l'équilibre économique d'un réseau repose sur un principe simple : les charges proportionnelles doivent être couvertes par des recettes proportionnelles et les charges fixes par des recettes fixes.

Les charges proportionnelles recouvrent la part P1, c'est-à-dire la fourniture de combustible.

Les charges fixes recouvrent :

- P2 : l'entretien et la conduite des installations,
- P3 : la garantie totale et le renouvellement du matériel,

Il s'agit donc pour atteindre l'équilibre économique de répercuter ces charges sur les tarifs pratiqués :

- R1 : part proportionnelle – Prix payé par l'abonné pour sa consommation de chauffage et d'ECS,
- R2 : part fixe – Abonnement payé par l'abonné pour les charges fixes.

Ces deux termes sont décrits plus en détail dans la partie 3.6.2 suivante.

Le compte d'exploitation du réseau de chaleur de Fresnes se présente de la façon suivante :

- **Les recettes comprenant :**

- Vente d'électricité (cogénération),
- Vente de chaleur (R1),
- Abonnements (R2),
- Droits de raccordement,
- Autres produits.

- **Les charges comprenant :**

- Charges d'énergie (P1),
- Charges d'entretien courant (P2),
- Charges d'exploitation (P2, P3, personnel, redevance due à la Ville, eau),
- Autres charges (dotation aux amortissements, Charges relatives aux investissements, Impôts et taxes, assurances, charges financières et exceptionnelles).

- **Redevance :**

Cette redevance est reversée par le délégataire à la collectivité. Les dates d'échéances, les montants à verser et les révisions applicables sont définies dans le contrat de délégation de service public.

« Le Concessionnaire versera à la Collectivité, au titre de l'occupation du domaine public de la Collectivité par les ouvrages de la concession et des frais de contrôle du service par la Collectivité, et de la participation du concédant aux résultats une redevance annuelle égale à un montant forfaitaire de 90 000€HT pour sa part fixe, qui sera majoré d'une partie variable assise sur le chiffre d'affaires de la société, d'un montant égal à 4,55% de la recette R2 annuelle.

Il est entendu que le montant minimal de cette redevance ne pourra être inférieur à 210 000€ par an à compter de 2011, et que pour l'exercice 2010, le montant sera calculé sur la base de 2/12^e de la valeur annuelle retenue.

Le montant de la partie fixe est actualisé dans les mêmes conditions que l'élément fixe R21 du tarif. »

Les résultats sur les années 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 et 2016 sont présentés dans le tableau ci-dessous :

		2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produits d'exploitation							
Vente d'électricité	€HT	1 186 990,00 €	3 495 913,00 €	3 558 179,00 €	3 283 039,00 €	3 102 079,00 €	2 967 488,00 €
Vente de chaleur	€HT	3 390 771,00 €	3 838 330,00 €	4 056 593,00 €	4 071 041,00 €	4 424 632,00 €	4 919 389,00 €
Droit de raccordement	€HT	82 920,00 €	62 117,00 €	225 170,00 €	564 464,00 €	524 183,00 €	85 181,00 €
Autres produits	€HT	47 601,00 €	457 500,00 €	152 986,00 €	22 519,00 €	76 859,00 €	245 492,00 €
TOTAL Produits d'exploitation		4 708 282,00 €	7 853 860,00 €	7 992 928,00 €	7 941 063,00 €	8 127 753,00 €	8 217 550,00 €
Charges d'exploitation							
P1 - Charges d'énergie							
Achat d'électricité	€HT	379 392,00 €	417 063,00 €	406 438,00 €	610 244,00 €	587 256,00 €	558 953,00 €
Achat de gaz	€HT	1 603 155,00 €	3 533 885,00 €	3 272 227,00 €	2 654 166,00 €	2 363 648,00 €	1 960 280,00 €
Achat de chaleur	€HT	167 206,00 €					
Taxes gaz	€HT	41 490,00 €	94 492,00 €	105 329,00 €	113 904,00 €	276 960,00 €	445 030,00 €
TOTAL Charges P1	€HT	2 191 243,00 €	4 045 440,00 €	3 783 994,00 €	3 378 314,00 €	3 227 864,00 €	2 964 263,00 €
P2 - Charges d'exploitation							
TOTAL Charges P2	€HT	2 608 365,00 €	3 469 346,00 €	2 551 517,00 €	2 664 743,00 €	2 736 565,00 €	3 230 535,00 €
P3 - GER							
TOTAL P3	€HT	488 624,00 €	1 148 702,00 €	1 000 486,00 €	775 287,00 €	793 961,00 €	356 627,00 €
TOTAL Charges d'exploitation	€HT	5 288 232,00 €	8 663 488,00 €	7 335 997,00 €	6 818 344,00 €	6 758 390,00 €	6 551 425,00 €
Résultat d'exploitation	€HT	- 579 950,00 €	- 809 628,00 €	656 931,00 €	1 122 719,00 €	1 369 363,00 €	1 666 125,00 €
Résultat net	€HT	- 757 995,00 €	- 486 740,00 €	107 884,00 €	477 318,00 €	201 101,00 €	488 727,00 €

Le résultat net cumulé depuis 2011 est de **30 295 € TTC** pour un résultat net cumulé prévisionnel de **524 342 € TTC**. Cette différence de résultat s'explique en partie par un volume de vente de chaleur réel nettement inférieur à l'estimation du compte d'exploitation prévisionnel (CEP). La valeur réelle de 2016 correspond à la valeur théorique de l'année 2013. Ce retard est lié à la commercialisation mais également au décalage de projet d'aménagement prévus à Fresnes.

Le projet industriel prévu à la DSP a été adapté au fur à mesure des années et en fonction des conditions réelles ce qui a impacté les montants d'investissement et donc le résultat net cumulé. De plus les subventions allouées n'ont pas été à la hauteur des montants envisagés. Afin d'analyser l'ensemble des éléments financiers du contrat de concession, il pourra être envisagé d'établir un audit financier de la délégation.

3.6.2 Analyse des investissements

Le tableau suivant présente une comparaison entre le budget alloué lors de la DSP aux différents investissements et les investissements réellement entrepris entre la signature du contrat et le 31/12/2016. Ces données sont fournies par SOFREGE.

Montants cumulés des Investissements (k€)	Budget DSP	Montants au 31/12/2016	Différence	Différence (%)
Droits d'entrée	3 644	3 644	0	0,0%
Rénovation de la centrale de cogénération (2011 - 8,8 MWth)	2 786	2 997	211	8%
Work-over sur puits existant (avec tubage sur production)	800	1 077	277	35%
Création du triplet de géothermie	5 400	6 852	1 452	27%
Mise en place de la chaufferie centrale d'appoint (18,7 MWth)	1 760	3 214	1 454	83%
Raccordement et rénovation de la chaufferie des Gémeaux (augmentation de la puissance)	1 230	0	-1 230	-100%
Installation de la pompe à chaleur (499 kWé)	1 845	3 225	1 380	75%
Renforcement du réseau vers Clos la Garenne	785	0	-785	-100%
Extensions du réseau	3 630	4 629	999	28%
Autres	0	44	44	-
Total	21 880	25 682	3 802	17%
Evolution des montants d'investissement sans Droits d'entrée	18 236	22 039	3 803	21%

Tableau 14: Comparaison entre les investissements prévus et réels depuis la signature de la DSP

Le tableau précédent montre un excès de 17% entre les investissements réels et prévus au 31 décembre 2016. Cette différence est principalement due à des investissements réels plus importants concernant la mise en place de la chaufferie centrale d'appoint ou l'installation de la pompe à chaleur.

Il est à noter que certains travaux prévus n'ont pas été réalisés au 31 décembre 2016, comme ceux concernant la chaufferie des Gémeaux ou le renforcement vers le clos de la Garenne.

3.6.3 Structure tarifaire

La structure tarifaire est composée de deux termes :

- R1 correspondant à la consommation d'énergie de l'abonné (part variable),
- R2 correspondant à l'abonnement (part fixe).

3.6.3.1 Le terme R1

Le R1 est l'élément proportionnel (exprimé en €/MWh) représentant le coût des combustibles ou autres sources d'énergie réputées nécessaires, en quantité et en qualité, pour assurer la fourniture d'un MWh destiné au chauffage des locaux ou d'un mètre cube d'eau chaude sanitaire.

Il comprend le coût de l'énergie électrique de la centrale de géothermie, et peut intégrer également les charges annexes liées aux combustibles, y compris les taxes fiscales et parafiscales (TICGN, TIFP, ...), les frais d'élimination des produits et résidus de combustion et de mise en décharge, les abonnements et locations de poste gaz, les additifs antigel ou réducteurs de pollution, etc.

L'élément proportionnel R1 est indexé selon la formule suivante :

$$R1 = a \times R1_{\text{géo}} + b \times R1_{\text{cogé}} + c \times R1_{\text{gaz}} + d \times R1_{\text{FOD}}$$

Les redevances R1, représentatives des coûts des combustibles, sont réactualisées sur la base d'une somme pondérée de paramètres qui correspond respectivement à :

- a : Taux de couverture géothermique + PAC : 62,70 %,
- b : Taux de couverture de la cogénération : 20,60%,
- c : Taux de couverture des chaufferies d'appoint et secours gaz : 16,20 %,
- d : Taux de couverture des chaufferies d'appoint et de secours fioul : 0,50%.

Avec $a+b+c+d = 1$

Les coefficients a, b, c et d sont fixes et indépendants de la mixité réelle constatée.

Le R1 est révisé mensuellement avec les dernières valeurs connues des indices au dernier jour du mois considéré pour la facturation selon la méthode suivante :

Valeur initiale : $R1_u = 19,54 \text{ € HT / MWh}$ livré en sous-station, au 1^{er} juin 2010.

L'évolution de l'indice de révision est présentée dans le tableau suivant.

Valeurs initiales	$R_1 G_{éo} = R_1 G_{éo_0} \times \left(\frac{EL}{EL_0} \right)$ <p>$R_1 G_{éo_0} = 6,77 \text{ €}$</p> <p>EL : Indice Electricité moyenne tension, tarif vert publié par Le Moniteur sous la référence 351002 $EL_0 = 116,9$ (valeur connue au 1^{er} juin 2010)</p> $R_1 Cogé = R_1 Cogé_0 \times \left(3,06 \times \frac{G}{G_0} - 1,89 \times \frac{PVELEC}{PVELEC_0} - 0,17 \times \frac{EP}{EP_0} \right)$ <p>$R_1 Cogé_0 = 39,57 \text{ €}$</p> <p>G : Valeur moyenne hors taxes du prix du MWh PCS d'un contrat Gaz de France S2S niveau 1 pour une consommation hiver de gaz de 73 982 MWh PCS, avec un débit journalier souscrit de 516 MWh/jour. $G_0 = 32,72^*$ (*) valeur déterminée avec le tarif S2S Niveau 2 de GDF SUEZ</p> <p>PVELEC : Prix de vente proportionnel du MWh d'électricité issue d'une cogénération de 7,484 MW électrique dans le cadre d'un contrat C03-01 RENOV et tenant compte du coefficient de plafonnement applicable. $PVELEC_0 = 62,116$</p> <p>$PVELEC = A / 0,54 \times \text{Coefficient de déplafonnement} \times 10$</p> <p>A = Prix du Gaz Naturel avant division par le rendement du cycle combiné de référence (C97-01) déterminé par les pouvoirs publics.</p> <p>Le Coefficient de déplafonnement est déterminé par les pouvoirs publics.</p> <p>EP : Montant annuel en k€ de la prime d'efficacité énergétique pour une cogénération de 7,484 MW électrique avec une disponibilité de 95% ayant un Ep de 10,63%. $EP_0 = 128$</p> $EP = 80 \times (10,63\% - 0,05) \times (0,99)^{(2002 - \text{Année})} \times K \times (7,484 \times 3624 \times 0,95) / 1000$ <p>Le coefficient K est l'indexation des tarifs de rachats des installations de cogénération déterminé par les pouvoirs publics</p> $R_1 Gaz = R_1 Gaz_0 \times \left(\frac{G}{G_0} \right)$ <p>$R_1 Gaz_0 = 41,73 \text{ €}$</p> <p>G : Indice gaz hors vente aux ménages publié par Le Moniteur sous la référence 352102. $G_0 = 125,7$ (valeur connue au 1^{er} juin 2010)</p> $R_1 FOD = R_1 FOD_0 \times \left(\frac{DIREM}{DIREM_0} \right)$ <p>$R_1 FOD_0 = 76,17 \text{ €}$</p> <p>DIREM : Valeur mensuelle du prix HTVA de l'hectolitre de fioul domestique, calculée grâce à la valeur moyenne du prix TTC de l'hectolitre de fioul domestique pour des livraisons supérieures à 27 000 litres, publié par la DIREM. $DIREM_0 = 57,65$ (valeur connue au 1^{er} juin 2010)</p>
--------------------------	--

<p>Remplacement de l'indice EL 351002 par l'indice EL 351107</p>	<p>EL : Indice Electricité moyenne tension, tarif vert publié par Le Moniteur sous la référence 351002 EL 351002₀ = 141,2 (dernière valeur connue – Sept. 2012) EL 351107 - Electricité tarif vert A5 option base (Base 100 – 2005) = 136,1 (première valeur connue – Juin. 2012) EL 351107₀ = 116,9 (valeur du coefficient de raccordement = 1)</p>
<p>Remplacement de l'indice EL 351107 par l'indice EL 351107</p>	<p>EL : Indice EL 351107 - Electricité tarif vert A5 option base (Base 100 – 2005) EL 351107₀ = 141,2 (dernière valeur connue – Mars. 2013) EL 351107 - Electricité tarif vert A5 option base (Base 100 – 2010) = 127,5 (première valeur connue – Avril 2013) EL 351107₀ = 97,9 (valeur du coefficient de raccordement = 1,1936)</p>
<p>Remplacement de l'indice G 352102 par l'indice G 352302</p>	<p>G : Indice gaz hors vente aux ménages publié par Le Moniteur sous la référence 352102. G 352102₀ = 180,8 (dernière valeur connue – Mars. 2013) G 352302 - Commerce du gaz aux entreprises consommatrices finales (Base 100 – 2010) = 127,5 (première valeur connue – Avril 2013) G 352302₀ = 88,0 (valeur du coefficient de raccordement = 1,4286)</p>
<p>Remplacement de l'indice EL351107 par l'indice EL 3511403</p>	<p>EL 351107 - Electricité tarif vert A5 option base (Base 100 – 2010) = 127,5 (première valeur connue – Avril 2013) EL 351107₀ = 97,9 (dernière valeur connue – Décembre 2015) EL : Indice EL 3511403 - Electricité vendue aux entreprises ayant souscrit un contrat de capacité >36kVA = 118,8 (première valeur connue – Janvier 2015) EL 3511403₀ = 83,234</p>

La modification de l'indice EL351107 par l'indice 3511403 n'a été officialisé qu'en août 2016. La dernière valeur de l'indice 351107 a donc été utilisée pour la révision de janvier à août 2016.

Répercussion de l'avenant n°2 : modification de la formule de révision du R1 Cogé :

$$R_1 \text{Cogé} = R_1 \text{Cogé}_0 \times \left(6,61 \times \frac{PEGAZ}{PEGAZ_0} - 4,75 \times \frac{PVELEC}{PVELEC_0} - 0,07 \times \frac{Pee}{Pee_0} \right)$$

Dans laquelle :

- R₁ Cogé₀ est inchangé,
- PEGAZ et PEGAZ₀ sont respectivement les valeurs finale et initiale du prix moyen du gaz consommé par la centrale de cogénération en euros hors TVA par MWh PCS, pour une consommation hiver de gaz de 73 982 MWh PCS, avec un débit journalier souscrit de 516 MWh/j,
PEGAZ₀ = 31,87€HTVA/MWh,
- PVELEC est inchangé,
PVELEC₀ = 65,80€/MWh,
- Pee est le montant annuel en k€ de la prime à l'efficacité énergétique pour une cogénération avec une disponibilité de 95% ayant une valeur d'énergie primaire (Ep) de 10,63%,
Pee₀ = 24,22k€.

3.6.3.2 Le terme R2 :

Le terme R2 ou abonnement correspondant à redevance fixe ou « abonnement » représentant la somme des prestations suivantes :

- R21 : les redevances et frais divers selon la liste ci-après :
- Le coût des prestations de conduite, de petits et gros entretiens nécessaires pour assurer le fonctionnement des installations primaires, les frais fixes administratifs nécessaires nécessaires à l'exécution du service public délégué, y compris les impôts, taxes et redevances dus par le Concessionnaire,
- R22 : le coût des frais de financement des travaux de rénovation de la chaufferie et des biens non amortis,
- R23 : le coût du gros entretien et renouvellement des installations.

Le R2 est calculé de telle sorte que $R2 = R21+R22+R23$ et comprend en particulier :

- le coût des prestations de conduite et d'entretien nécessaires pour assurer le fonctionnement des installations concédées,
- le coût de l'énergie électrique utilisée mécaniquement pour assurer le fonctionnement des installations concédées (hors centrale de géothermie dont le coût est intégré au R1),
- le coût des grosses réparations et du renouvellement des installations,
- les coûts de gestion et charges administratives,
- les charges d'amortissement et les charges financières,
- la redevance d'occupation du domaine public et d'occupation des propriétés privées éventuellement dues,
- plus généralement l'ensemble des frais fixes administratifs nécessaires à l'exécution du service public délégué, y compris les impôts, taxes et redevances dus par le Concessionnaire et les frais de siège. Ces derniers sont indexés sur le r21, et leur montant ne peut être modifié qu'avec accord préalable du Concédant, et sans avoir de conséquences sur les niveaux tarifaires,
- Le tarif R22 est actualisé en fonction des subventions octroyées.

La partie fixe R2 (Exploitation) sera répartie mensuellement entre les usagers en fonction de la Puissance Souscrite (PS) qui leur sera affecté en kW.

Le R2 est révisé mensuellement avec les dernières valeurs connues des indices au dernier jour du mois considéré pour la facturation.

Le détail de la révision est le suivant :

Valeurs initiales : $R2_0 = 49,89 \text{ € HT / kW souscrit}$, au 1^{er} juin 2010 avec :

- $R21_0 = 17,49 \text{ € HT / kW souscrit}$,
- $R22_0 = 25,51 \text{ € HT / kW souscrit}$,
- $R23_0 = 5,89 \text{ € HT / kW souscrit}$,
- $R24_0 = 13,34 \text{ € HT / kW souscrit}$,
- $R25_0 = - 4,62 \text{ € HT / kW souscrit}$.

Evolution de l'indice de révision :

Valeurs initiales	$R21 = R21_0 \times \left(0,10 + 0,70 \times \left(\frac{ICHT - IME}{ICHT - IME_0} \right) + 0,20 \times \left(\frac{FSD2}{FSD2_0} \right) \right)$
	<p>R21₀ : 17,49 €HT / kW souscrit</p> <p>ICHT-IME : Indice « Cout horaire du travail révisé tous salariés – Industries mécaniques et électriques » publié par Le Moniteur des Travaux Publics ICHT-IME₀ = 99,9 (valeur connue au 1^{er} juin 2010)</p> <p>FSD2 : Indice « Frais et services divers » calculé et publié par le Moniteur des Travaux Publics (base 100 en juillet 2004) FSD2₀ = 115,9 (valeur connue au 1^{er} juin 2010)</p>
	<p>R22₀ : 25,51 €HT / kW souscrit</p> <p>Le R22 n'est pas actualisé</p>
	$R23 = R23_0 \times \left(0,125 + 0,875 \times \left(\frac{BT40}{BT40_0} \right) \right)$ <p>R23₀ : 5,89 €HT / kW souscrit</p> <p>BT 40 : Indice « Chauffage central » publié par Le Moniteur des Travaux Publics BT 40₀ = 946,9 (valeur connue au 1^{er} juin 2010)</p>

3.6.3.3 Evolution des composantes tarifaires

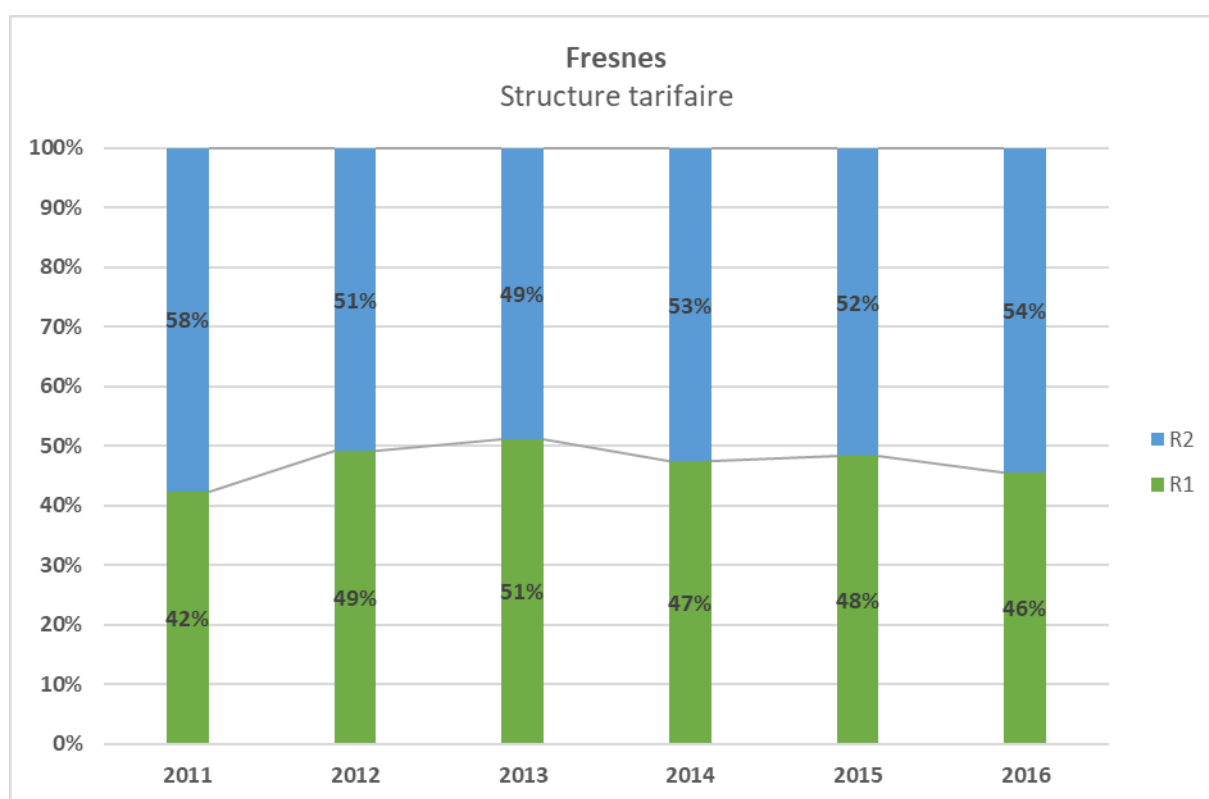
- **Evolution annuelle**

Le tableau suivant présente l'évolution de la valeur des termes R1 et R2 depuis 2011.

Désignation	Unité	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Chaleur totale livrée	MWh/an	49 293	65 444	71 516	61 713	71 407	85 964
R1	€HT	1 202 480	1 763 722	1 998 650	1 898 159	2 202 050	2 137 794
R2	€HT	1 636 349	1 828 066	1 911 642	2 110 689	2 364 189	2 552 912
TOTAL R1 R2	€HT	2 838 829 €	3 591 789 €	3 910 292 €	4 008 848 €	4 566 239 €	4 690 706 €

Le tableau suivant fourni la part annuelle des termes R1 et R2 depuis 2011.

Désignation	Unité	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Chaleur totale livrée	MWh/an	49 293	65 445	71 517	61 714	71 407	85 964
R1	%	42%	49%	51%	47%	48%	46%
R2	%	58%	51%	49%	53%	52%	54%
TOTAL R1 R2	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%



Ce graphique montre que la répartition des termes tarifaires varie très peu d'année en année et est équilibrée entre les deux termes.

Cette répartition illustre deux choses :

- La part R1 est faible comparé à un réseau ayant peu d'investissement et donc le prix global est moins sensible aux variations du prix des énergies fossiles,
- La part R2 est faible comparé à un réseau neuf avec un coût important d'investissements.

- Evolution mensuelle des composantes tarifaires

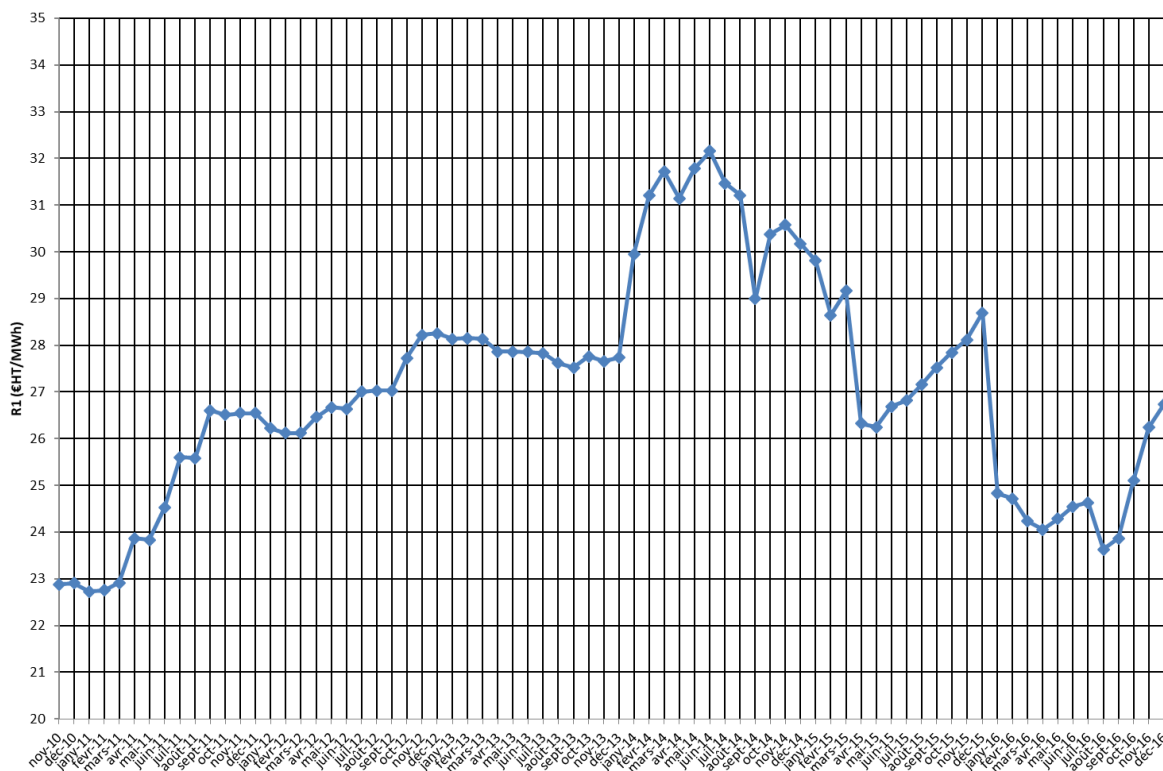


Figure 20 : Evolution du terme R1 facturé depuis la notification de la DSP (Novembre 2010)

	Marché	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
R1 moyen	19,54	22,89	24,83	26,96	27,84	30,90	27,75	24,74
Ev. / N-1		+ 14,7%	+ 7,8%	+ 7,9%	+ 3,2%	+ 9,9%	-11,3%	-12 ;2%
Ev / Marché		+ 14,7%	+ 21,3%	+ 27,5%	+ 29,8%	+ 36,8%	+ 29,6%	+21,0%

Tableau 15 : Evolution du coût unitaire moyen annuel du terme R1 depuis la notification de la DSP (Novembre 2010)

Le R1 moyen a connu une forte variation en 2010 du fait de ses composantes R1 Cogénération et R1 Gaz qui ont fortement augmenté entre la date de remise des offres et la mise en place de la délégation de services de SOFREGE. En 2016, le R1 moyen vendu aux abonnés a diminué de l'ordre de 3 €/MWh pour la deuxième année consécutive.

On remarque sur le graphique ci-dessus une baisse brutale du R1 en janvier 2016. Cette dernière est principalement due à la mise en place des conditions tarifaires de l'avenant 2 qui a eu un impact positif sur le prix de la chaleur.

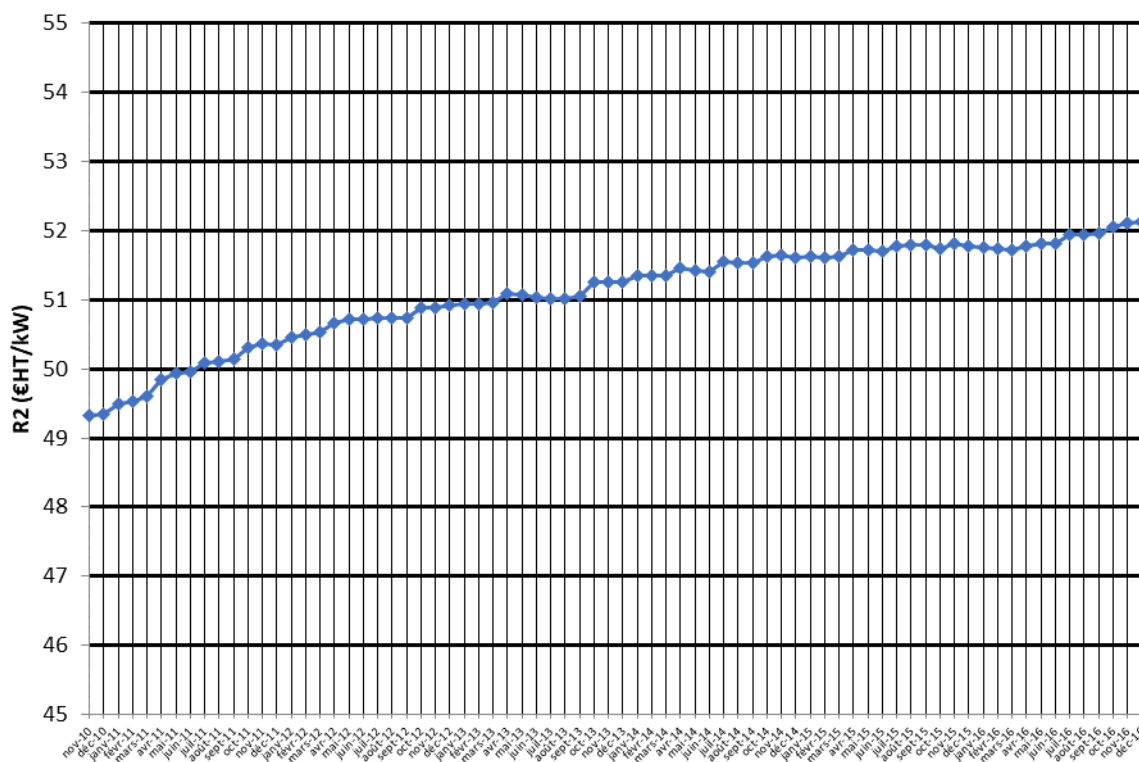


Figure 21: Evolution du terme R2 facturé depuis la notification de la DSP (Novembre 2010)

	Marché	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
R2 moyen	48,89	49,34	49,98	50,71	51,07	51,49	51,73	51,90
Ev. / N-1		+ 0,9%	+ 1,3%	+ 1,4%	+ 0,7%	+ 0,8%	+ 0,5%	+ 0,3%
Ev / Marché		+ 0,9%	+ 2,2%	+ 3,6%	+ 4,3%	+ 5%	+ 5,5%	+ 5,8%

Tableau 16 : Evolution du coût unitaire moyen annuel du terme R2 depuis la notification de la DSP (Novembre 2010)

Sur l'année 2016, la valeur du R2 a augmenté de 0,3 % par rapport à 2015. L'évolution annuelle du R2 est constante, et inférieure à 1 %/an, depuis la signature du marché de SOFREGE. **Le coût de la part fixe R2 reste donc maîtrisé et stable.**

3.6.4 Droit de raccordement

Les dispositions contractuelles concernant les droits de raccordement sont explicitées dans l'article 55 du contrat de DSP.

Les abonnés raccordés au réseau de chaleur, inventoriés dans le périmètre initial de la convention de délégation sont dispensés du versement de frais de raccordement.

Calcul des droits de raccordement :

Les frais de raccordement des nouveaux Abonnés, autres que ceux inventoriés dans le périmètre initial du contrat de délégation, comprennent deux parts :

- le coût des branchements des compteurs, postes de livraison calculés par application du bordereau des prix,
- le droit de raccordement fixé comme énoncé ci-dessous dans le but d'édifier les ouvrages de 1^{er} établissement nécessaires à la desserte des usagers, chaufferie, réseau principal.

Le contrat autorise le Concessionnaire à les percevoir pour son compte avant la première livraison de chaleur auprès du nouvel abonné.

Les montants forfaitaires peuvent faire l'objet d'une négociation spécifique liée à la rentabilité marginale de l'opération, à la durée du contrat d'abonnement et à la mise en œuvre d'une redevance de raccordement étalée dans le temps.

Dans le cas où l'abonné est obligé de se raccorder (décision qui ferait suite à une procédure de classement), les conditions financières de raccordement sont dictées par l'article 15 du contrat de DSP. Cette situation ouvre droit pour les parties à une révision des conditions de rémunérations, par le biais d'un avenant, qui ne peut être définie qu'en faveur des usagers.

Une note synthétique sur le classement du réseau se trouve en Annexe 12.

Les droits de raccordement ne peuvent cependant pas excéder 100 € HT/kW et sont indexés dans les mêmes conditions que l'élément fixe R21 du tarif.

Enfin, le Concessionnaire à la faculté de pratiquer une politique commerciale en modulant à la baisse les droits de raccordement.

Remarques :

- Aucun bordereau de prix n'a été associé au contrat de DSP. C'est donc SOFREGE qui fixe les droits de raccordement associés aux branchements des compteurs lors d'une procédure de négociation avec le prospect,
- La limite des 100 € HT/kW ne s'applique pas aux frais de raccordement associés à ces branchements (seul le reste des droits de raccordement est concerné).

Le tableau suivant présente les montants de droit de raccordement perçus par SOFREGE ainsi que le nombre de sous-stations raccordées.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Nombre de sous-stations raccordées	0	5	3	5	11	5	3
Puissance souscrite (kW)	0	1434	-754	2419	5649	4573	1322
Droits de raccordement perçus (€)	0	82 920	62 117	225 170	564 464	524 183	85 181
Ratio (€/kW)	0	58	-82	93	100	115	64

Tableau 17: Droits de raccordement perçus par SOFREGE depuis le début de la DSP

Il est à noter que, dans le tableau précédent, le ratio des droits de raccordement par la puissance souscrite en 2015 excède la limite de 100 € HT/kW. Il ne s'agit pas d'une irrégularité puisque ce ratio prend en compte la totalité des droits de raccordement, y compris celle associée aux branchements des compteurs qui n'est pas sujette à cette limite. De plus, en 2012, la puissance souscrite diminue alors que de nouvelles sous-stations sont raccordées. Cette particularité vient du fait que des avenants modifiant la puissance souscrite de sous-stations existantes ont été signés.

Paieement des droits de raccordement :

Selon l'article 18.4 du règlement de l'Annexe 5 du contrat de délégation les frais de raccordement sont exigibles auprès des nouveaux Abonnés dans les mêmes conditions que les sommes dues au titre de la fourniture d'énergie calorifique. Toutefois, les abonnés peuvent demander à régler les sommes dues en trois échéances annuelles égales, les deux dernières étant assorties d'intérêts.

En cas de défaut de paiement, le service peut être suspendu après une mise en demeure par lettre recommandée. De plus, l'abonnement peut être résilié à l'expiration du service en cours dans les conditions définies dans le Règlement de Service.

3.6.5 Régime fiscal du réseau de chaleur

Lorsque le taux d'EnR&R est supérieur à 50%, l'exploitant du réseau de chaleur reverse à l'état un taux de TVA réduit de 5,5% sur les consommations d'énergie calorifique et facture aux abonnés un taux de TVA identique.

Le taux d'EnR&R du réseau de chaleur de Fresnes calculé pour l'année civile 2016 est de 55,7%.

Dans le cadre du contrat de DSP, SOFREGE s'engage sur un taux d'EnR permettant aux abonnés de bénéficier de cette réduction de TVA. Si ce taux devenait inférieur à 50%, SOFREGE devrait assumer la différence entre le TVA facturée aux abonnés (5,5%) et la TVA reversée à l'état (20%).

De plus, il devra être étudié dans les scénarii d'évolution du réseau de chaleur des solutions qui permettraient d'atteindre le taux d'EnR défini à la DSP supérieur à 60%. En effet, la fiscalité française est amenée à évoluer et il est fort probable que le seuil minimum passe à 60% dans les années à venir.

Une première piste d'amélioration du taux d'EnR peut être par le biais d'électricité verte qui alimenterait la pompe à chaleur et permettrait au taux d'EnR de s'égaliser au taux de couverture en énergies renouvelables. L'intérêt économique est à étudier et aujourd'hui cet apport n'est pas encore considéré comme EnR.

3.6.6 Evolution du coût moyen de la chaleur

L'évolution du coût moyen de la chaleur sur les trois dernières années est présentée ci-après :

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ventes de chaleur (€HT)	2 838 829	3 591 781	3 910 292	4 008 848	4 566 239	4 690 706
Chaleur livrée (MWh)	49 293	65 445	714 517	61 714	71 407	85 964
Coût moyen de la chaleur (€HT/MWh)	57,59	54,88	54,68	64,96	63,95	54,57

Le coût de la chaleur vendue sur le réseau de chaleur de Fresnes avait été de **63,95 € HT/MWh** pour l'année 2015.

Le prix moyen de la chaleur a baissé de 17% sur l'année 2016, par rapport à l'exercice 2015, pour atteindre une valeur de **54,57 €HT/MWh**. Cela s'explique par la forte rigueur climatique qui diminue la part d'abonnement sur la facture annuelle.

Le chiffre d'affaires net de la société a été d'environ 7 972 k€ HT provenant des ventes de chaleur et d'électricité. Ce produit a été utilisé pour l'exploitation du réseau de chaleur de Fresnes (environ 6 551 k€ HT). En considérant les charges exceptionnelles et autres, il apparaît donc un résultat brut d'exploitation de **1 666 k€ HT**.

Après imputation des charges financières, le bilan comptable fait donc apparaître un bénéfice net de **488 727 €HT** pour l'année 2016. Il s'agit du 4^e exercice comptable positif de SOFREGE depuis la prise en charge de la DSP. Le bénéfice net a été multiplié par 2 depuis 2015.

Cette augmentation est en partie due à la refacturation de la TICGN en 2016 de l'année 2015 qui représente 168 k€ HT.

3.6.7 Positionnement du prix moyen de vente de la chaleur par rapport à d'autres réseaux

D'après l'étude menée par AMORCE et l'ADEME sur les prix de vente de la chaleur sur les réseaux de chaleur en 2015 (403 réseaux étudiés), le prix moyen du MWh vendu est de 68,30 € HT/MWh.

Tous les ans, cette association publie une enquête nationale sur les prix moyen de vente des réseaux de chaleur. Le prix calculé lors de cette enquête correspond aux recettes totales de vente de chaleur (chauffage + ECS) divisées par l'énergie vendue.

Il intègre le coût global de la chaleur couvrant :

- Les consommations combustibles et divers,
- La conduite et le petit entretien,
- Le gros entretien et renouvellement,
- L'amortissement et financement des installations.

La dernière enquête est parue en 2016 (prenant en compte les prix de l'année 2015). Le graphe AMORCE qui suit indique le prix moyen HT du MWh des différents réseaux de chaleur pour l'année

2014, quelles que soient les énergies utilisées sur ces réseaux : Gaz, Fuel, Biomasse, Déchets, Géothermie, etc. ...

Selon cette étude, le prix moyen des réseaux de chaleur pour l'année 2015 était de **68,3 €HT/MWh**.

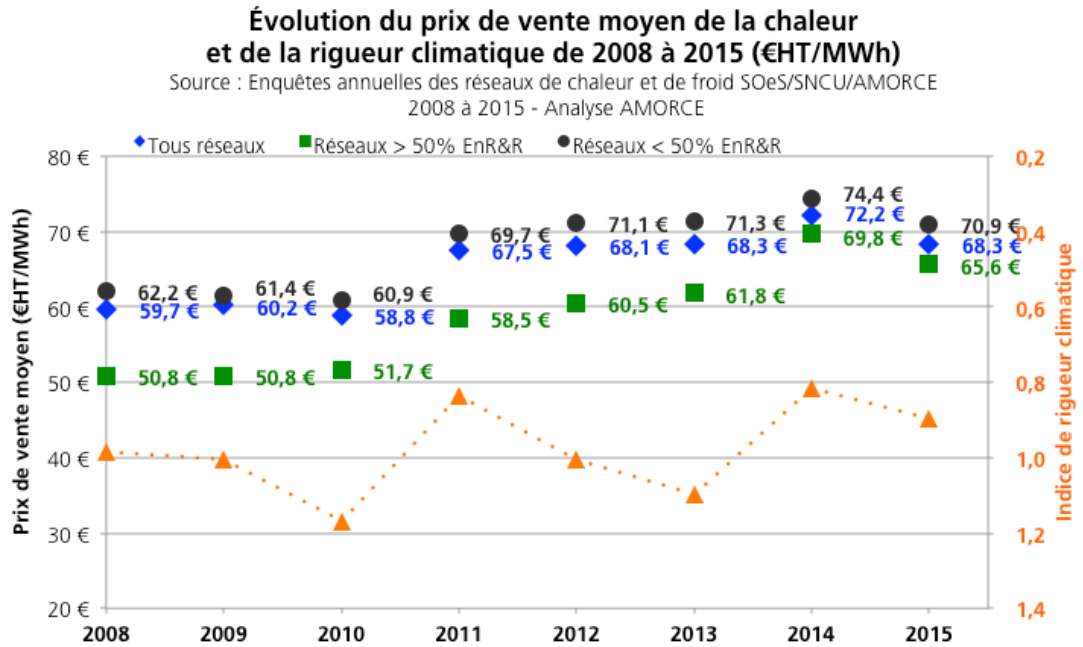


Figure 22: Evolution du prix de vente moyen de la chaleur 2007-2015 (€HT/MWh)

Le graphique ci-dessous représente les niveaux de prix moyen par type d'énergie majoritairement utilisée sur les réseaux de chaleur en France pour l'année 2015.

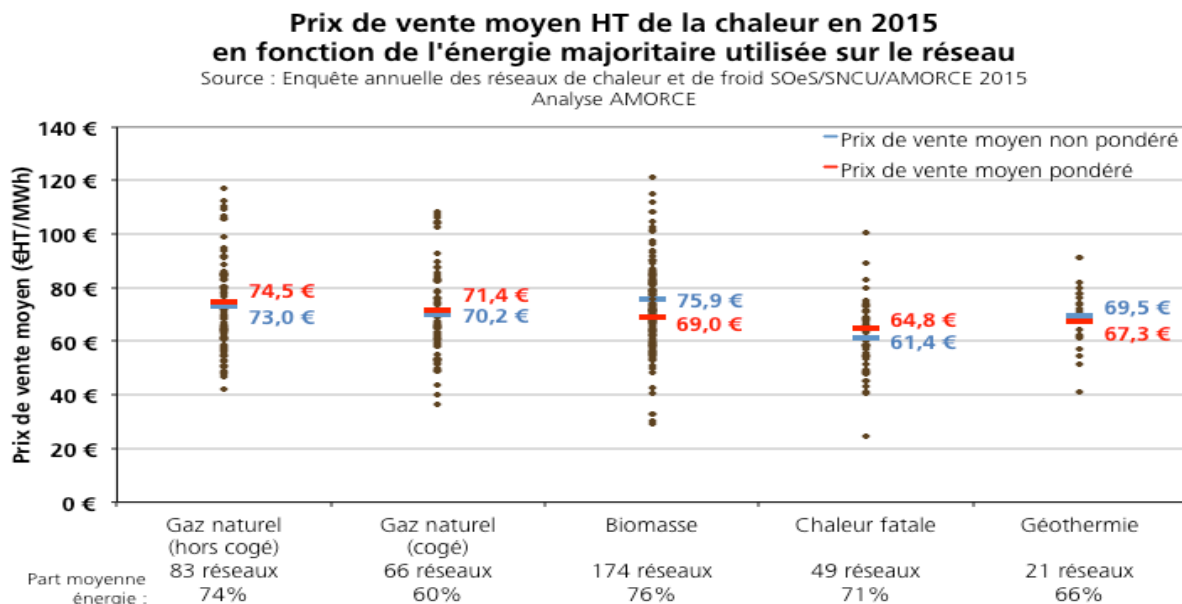


Figure 23: Prix de vente moyen HT de la chaleur en 2015 selon l'énergie

Le prix moyen de la chaleur du réseau de Fresnes pour l'année 2015 s'élève à 63,95 €/HT/MWh pour un prix moyen de réseau à base de géothermie à 69,50 €/HT/MWh soit un **prix nettement supérieur : + 8,7%**.

Le graphique ci-dessous donne le classement du réseau de chaleur de Fresnes par rapport à la moyenne nationale.

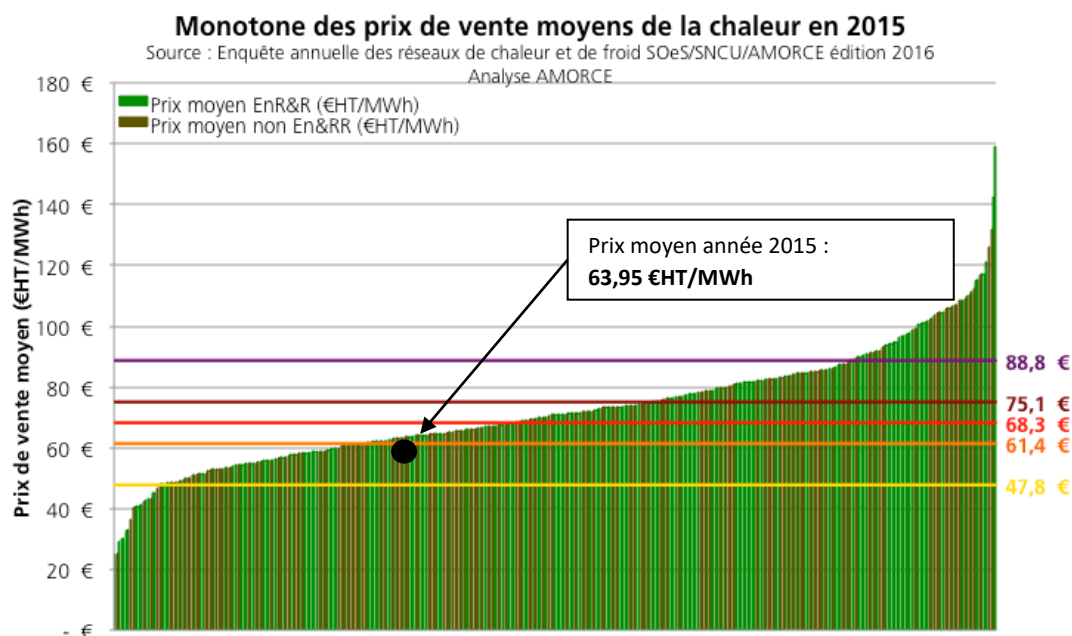


Figure 24: Monotone des prix de vente moyens de la chaleur en 2015

Classe I : moins de 47,8 € HT/MWh (prix inférieur d'au moins 30% du prix moyen),

Classe II : de 47,8 à 61,4 €/HT/MWh (10 à 30% inférieur au prix moyen),

Classe III : de 61,4 à 75,1 €/HT/MWh (écart au prix moyen +/- 10% maximum),

Classe IV : de 75,1 à 88,8 € HT/MWh (10 à 30% supérieur au prix moyen),

Classe V : plus de 88,8 € HT/MWh (plus de 30% supérieur au prix moyen).

Le prix moyen du réseau de chaleur de SOFREGE est inférieur de **6,4%** par rapport au prix moyen national (68,30 €/HT/MWh). Il se situe dans la **classe III** des réseaux de chaleur (écart au prix moyen +/- 10% maximum).

On remarque que la Classe I illustre des réseaux de chaleur dont le prix moyen est très faible, inférieur à 48€/HT/MWh. Il est important de souligner qu'il existe des réseaux de chaleur très anciens, ayant totalement amorti leurs investissements ce qui réduit considérablement le coût R2. De plus, en fonction de la taille et de la configuration du réseau, ces prix ne sont pas toujours envisageables pour un réseau de grande taille tel que celui de la Ville de Fresnes.

3.6.8 Facture énergétique des usagers finaux

Facture énergétique Primaire (R1/R2)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Moyenne Copropriété et logements sociaux (€TTC/log)	394	504	552	469	471	519

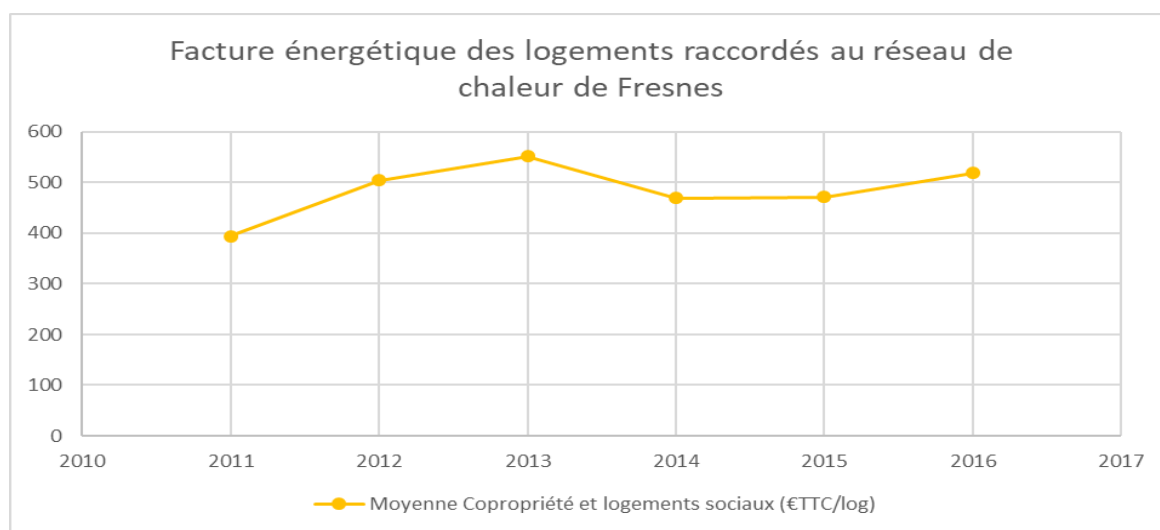


Figure 25: Evolution de la facture énergétique des logements

En se basant sur les données fournies dans l'enquête AMORCE « Comparatif des modes de chauffage et prix de vente de la chaleur 2015 », on peut considérer des ratios de coûts d'entretien annuel par logement de :

- P2 à 47 €HT/logement, avec une TVA à 5,5%,
- P3 à 26 €HT/logement avec une TVA à 12%.

La facture énergétique en coût global moyenne des logements raccordés au réseau de chaleur de Fresnes en 2016 est donc de 578 €TTC par logement de copropriété et de 566 €TTC par logement provenant d'un logement social.

Selon la même enquête AMORCE, la facture énergétique moyenne pour un logement du parc social moyen raccordé à un réseau de chaleur avec plus de 50% d'énergies renouvelables est de **787€TTC**. La facture énergétique d'un logement social ou en copropriété raccordé au réseau de Fresnes est d'environ **27% moins chère** que la facture moyenne en France.

3.6.9 Analyse du compte de Gros Entretien et Renouvellement (GER/P3)

Le tableau suivant présente un comparatif entre les dépenses d'entretien et renouvellement P3 réelles et celles prévisionnelles présentes dans le CEP (Annexe 6 du contrat de DSP) depuis 2010.

Compte P3 (€)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Réel (€HT)	2 423	488 624	1 148 702	1 000 486	775 287	793 961	356 627
Prévisionnel (€HT)	7 500	87 321	104 022	464 099	118 368	147 041	102 635
Différence	-68%	460%	1004%	116%	555%	440%	247%

Tableau 18 : Comparatif du P3 réel et prévisionnel

Depuis 2010, les dépenses de GER cumulées correspondent à **4 566 k€HT** comparé à **1 031 k€HT** de dépenses prévisionnelles dans le cadre du contrat de DSP.

Ce tableau montre que les investissements consacrés au P3 ont donc été considérablement supérieurs à ceux prévus depuis 2010, ce qui a un impact significatif sur le compte GER.

Le bilan GER global est présenté dans le tableau suivant.

Solde GER (€HT)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Recettes R23 (€HT)	73 576	205 393	230 331	234 466	261 305	289 098	310 442
Dépenses P3 (€HT)	2 423	488 624	1 148 702	1 000 486	775 287	793 961	356 627
Solde GER annuel (€HT)	71 153	-283 231	-918 371	-766 020	-513 982	-504 863	-46 185
Solde GER cumulé (€HT)	71 153	-212 078	-1 130 449	-1 896 469	-2 410 451	-2 915 314	-2 961 499

Tableau 19 : Solde GER annuel et prévisionnel

En conclusion, les montants investis par SOFREGE sont bien supérieurs aux montants prévisionnels et amortis par le R23, ce qui démontre l'implication du délégataire pour maintenir le réseau en bon état et améliorer son fonctionnement.

3.7 AUDIT SOCIAL

3.7.1 Lutte contre la précarité énergétique

D'après la loi du 12 juillet 2010, est en situation de précarité énergétique « *toute personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat* ».

Au niveau national, on constate qu'une part accrue des ménages ne parvient plus à se chauffer correctement. Le pourcentage des ménages déclarant avoir eu froid au cours de l'année 2017 est en hausse très marquée depuis des années. Alors que seuls 10,9 % des ménages s'en plaignaient en 1996, ce taux est monté à 18,8 % en 2013.¹

La Fondation Abbé Pierre a initié une étude sur les impacts sanitaires de la précarité énergétique, qui a confirmé la perception plus forte d'une santé dégradée par les personnes exposées à la précarité énergétique, une fréquence plus importante de pathologies chroniques (bronchites, rhumes...) ainsi que des symptômes associés (sifflements respiratoires, crises d'asthme...)¹.

Outre le froid, le coût des énergies, dans un logement mal isolé et difficile à chauffer, grève durement les budgets des ménages modestes.¹

C'est donc une problématique nationale qui doit être traitée de manière locale.

Le travail engagé sur le réseau de chaleur fresnois depuis sa construction fait ainsi partie intégrante des outils existants pour lutter contre ce fléau sur le territoire.

En effet, que ce soit par la diminution de la pollution de l'air, ou par la maîtrise du tarif du service, qui n'est pas tributaire de la volatilité et de l'augmentation des prix des énergies fossiles, on constate que le réseau de chaleur est une réponse efficace à cette problématique, et son développement devra se poursuivre dans cette optique.

Afin de répondre parfaitement aux préconisations d'AMORCE pour améliorer la lutte contre la précarité énergétique, le délégataire s'est engagé à proposer des solutions pour favoriser les économies d'énergie détaillées dans la partie : « *3.4.5.3 Analyse des bâtiments et actions engagées pour favoriser les économies d'énergie* ».

Aujourd'hui, la Ville souhaite aller plus loin dans cet aspect social. Pour cela, elle a besoin d'un outil permettant de tracer les réclamations des usagers. Il sera évalué dans le cadre de ce schéma directeur comment un tel outil pourra être mis en place. Il est envisagé de mettre en place un outil de type GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur). Il peut permettre de répertorier l'ensemble des opérations curatives et préventives sur le réseau.

Une réponse complémentaire qui pourra être étudiée dans le cadre de l'élaboration des scénarii serait la recherche de nouveaux dispositifs de soutien financier pour les ménages les plus précaires, par exemple, la mise en place d'un fond de solidarité dédié à l'aide pour le paiement des factures de chauffage.

¹ source : 22ème rapport sur l'État du mal-logement en France de la Fondation Abbé Pierre

3.7.2 Amélioration de la qualité de la relation entre les acteurs du réseau

En 2015, il a été créé le Comité consultatif du service public de la géothermie comprenant l'ensemble des acteurs intervenants sur le réseau qui participent à une meilleure relation entre les intervenants du service public, et donc à une amélioration de la qualité du service rendu.

Il a pour mission principale l'étude et la formulation de propositions au délégant et au délégataire sur tous les sujets relevant du service public de géothermie avec comme objectif de favoriser la transparence, la communication et l'amélioration de la gestion du service public.

- **Un outil d'information et de communication :**
 - Il encourage l'expression et la collecte d'informations de tous les acteurs de ce service public,
 - Il garantit une information sur les projets relatifs à ce service public,
 - Il favorise le dialogue et la communication entre les différents acteurs.

- **Un outil de réflexion, de concertation et de construction :**
 - Il participe à la mise en commun des réflexions de chacun des acteurs du service public de géothermie pour l'amélioration du fonctionnement de ce service public,
 - Il fait remonter aux élus les propositions des acteurs du service public de géothermie formulées pour l'amélioration de la qualité service rendu.

Depuis 2016, cet organe est consulté en amont concernant tous les sujets d'importance qui touche au fonctionnement et à l'évolution du réseau de chaleur : rapport d'activité du délégataire, candidature au label eco-réseau de chaleur délivré par l'AMORCE, et lancement du présent schéma directeur, auquel il est pleinement associé.

Les propositions formulées par les membres sont ensuite étudiées et intégrées dans le travail technique et permettent une amélioration constante du fonctionnement du service public.

Cet organe s'est avéré précieux pour une construction concertée du réseau et permet que chacun s'approprie le service public et se sente impliqué dans sa construction pour un meilleur partage de la ressource ensuite.

Ainsi, le rôle Comité consultatif du service public de la géothermie devra être totalement intégré dans les scénarii qui seront élaborés.

La charte de ce comité est jointe en Annexe 5 au présent rapport.

En plus de cet outil de démocratie participative, la collectivité a également mis en place d'autres actions pour faire connaître et améliorer le réseau de chaleur.

Au niveau institutionnel, la Ville est membre de l'Association des Maîtres d'Ouvrage publics en Géothermie (AGEMO), qui, en partenariat avec l'ADEME et l'ARENE, élabore de nombreux programmes d'études, de recherches, de développement : méthodes d'intervention dans les forages, lutte contre la corrosion, programme de développement.

Enfin, pour que l'information soit transmise, une page a été dédiée à ce sujet sur le site de la Ville et des articles ponctuels sont intégrés au bulletin municipal (dernier en date novembre 2017).

3.8 SYNTHÈSE DE L'AUDIT DE L'EXISTANT

3.8.1 Synthèse sur le volet « Contractuel »

Historiquement, deux réseaux de chaleur ont été créés sur la commune de Fresnes en 1986 pour le réseau Sud et en 1998 pour le réseau Nord. L'éclatement dans la gestion de ces deux réseaux conduisait à des difficultés de gestion. C'est pourquoi la Ville a souhaité les regrouper dans une délégation de service public unique.

La convention de « concession de travaux publics relative à la production et la distribution d'énergie calorifique sur le territoire de la commune de Fresnes » a été signée en 2010 avec SOFREGE (filiale à 100% de CORIANCE), pour une durée de 30 ans à partir du 1^{er} Novembre 2010.

Les principaux acteurs de cette délégation sont :

- La Ville de Fresnes en tant que délégant,
- SOFREGE en tant que délégataire,
- SERMET en tant qu'assistant à maîtrise d'ouvrage pour la Ville.

Deux avenants ont été signés depuis le début de la DSP :

- Avenant 1 : notifié le 16 décembre 2010, cet avenant a permis à la société dédiée SOFREGE de se substituer à la société CORIANCE, comme prévu au contrat de DSP,
- Avenant 2 : signé le 21 décembre 2015, cet avenant avait pour objet d'intégrer les mesures fiscales intervenues sur la consommation de gaz naturel dans le prix de la chaleur et d'adapter et de préciser les formules d'indexation du contrat.

Certains documents officiels sont applicables à cette délégation tels que :

- Le Permis d'exploiter d'un gîte géothermique à basse température, datant de 2016 pour une durée de 15 ans,
- L'arrêté d'autorisation de déversement, datant de 2017 pour une durée de 10 ans.

Les polices d'abonnement ont été signées entre les abonnés et le délégataire pour une durée de 10 ans. Les premières et la grande majorité arriveront à échéance en 2020/2021. Dans le cadre de ce schéma directeur le risque commercial de cette entière reconduction sera évalué et considéré.

De plus, il est souligné dans ce diagnostic que les limites de prestation ne sont pas clairement définies, ni dans le règlement de service, ni dans les polices d'abonnement. De la même manière, les régimes de températures des sous-stations raccordées ne sont pas inscrits. Des avenants à ces dernières pourront être envisagés afin de clarifier ces points.

3.8.2 Synthèse sur le volet « Technique »

Les moyens de production du réseau de chaleur de Fresnes étaient historiquement composés d'un doublet géothermique, d'une cogénération et de chaufferies gaz naturel ou fioul décentralisées. Depuis la prise d'effet du contrat de concession, SOFREGE n'a cessé de faire évoluer ces installations, notamment en installant une pompe à chaleur et en construisant un 3^{ème} puit géothermique et une chaufferie gaz centralisée. Le réseau de distribution s'est également bien développé pour atteindre aujourd'hui 13 074 mètres et **raccorder 76% des appartements Fresnois**.

Grâce aux travaux précédemment cités, la quantité d'énergies renouvelables produites n'a cessé d'augmenter (**65% par rapport à 2011**). Mais, également, SOFREGE a procédé à de nombreuses améliorations de fonctionnement du réseau pour valoriser au mieux la géothermie.

- La modification du fonctionnement du réseau et notamment celui des chaufferies du Clos de la Garenne et du Centre Pénitentiaire a permis de diminuer les températures retours sur le réseau,
- Le développement du réseau et notamment de la Z.A.C de la Cerisaie, avec des bâtiments neufs plus performants nécessitant des régimes de température plus faibles,
- Les nouveaux bâtiments raccordés consomment tous de l'énergie pour leur production d'ECS ce qui favorise le taux d'EnR avec une production géothermique plus importante en été,
- Des travaux, notamment au Grand Quartier, ont permis d'optimiser le fonctionnement du sous-réseau mini-primaire, réduisant ainsi les pertes de charge,
- Les modifications hydrauliques réalisées sur les chaufferies de la Peupleraie ont permis d'éliminer le besoin d'appoint des chaufferies FOD, ce qui a laissé plus de place pour valoriser la géothermie.

En ce qui concerne la cogénération, une augmentation de la quantité de chaleur valorisée a été observée ces dernières années, grâce à l'optimisation du fonctionnement de l'installation. Cette amélioration du rendement a conduit à une diminution des émissions de CO₂.

De plus, l'augmentation de la valorisation de la géothermie a permis de réduire, voire d'éliminer les besoins d'apports de chaleur des chaufferies d'appoint/secours gaz et FOD. Ainsi, les chaufferies FOD ne sont plus sollicitées par SOFREGE depuis fin 2013.

Pour l'exercice 2016, **le taux d'EnR est de 55,7% et le contenu CO₂ est de 83 g/kWh livré** ce qui correspond à **l'économie de 8700 voitures** sur l'année sur la commune.

Le réseau de distribution est considéré actuellement comme étant en bon état. En effet, depuis 2016, le réseau n'a subi aucune interruption de service liée à une fuite au Clos de la Cerisaie et que la fuite précédente date de 2014. Cependant, il existe aujourd'hui un problème important de pression dans les tubes, qui fait suite au dimensionnement des canalisations. En effet, lors de la construction du réseau, la conception des tubes ne prenait pas en compte un tel développement. Certains tronçons, notamment les tubes BT du réseau Sud, se retrouvent aujourd'hui à leur limite de capacité, ce qui empêche le raccordement de nouveaux abonnés.

De plus, les changements de fonctionnement du réseau au cours de son exploitation ne permettent plus d'utiliser les trois tubes HT/MT/BT du réseau Sud de manière optimale. En effet, les

températures plus faibles dans les tubes MT impliquent d'augmenter les débits dans les tubes HT, qui ne sont pas dimensionnés pour répondre à la totalité des besoins du réseau Sud.

Enfin, 27% et 16% des sous-stations sont dans état respectivement « moyen » et « dégradé ». De plus, certaines sous-stations ont des configurations défavorables voir pénalisantes pour le réseau de chaleur. Nous pouvons citer comme exemple de configuration :

- La mise en place d'un ballon de stockage en amont des préparateurs ECS qui augmentent les températures retour sur l'échangeur primaire en cas de manque d'appel de puissance,
- La mise en place d'un échangeur primaire et d'un préparateur ECS secondaire, qui multiplie les pincements. Il est en effet préférable de scinder la production de chauffage et d'ECS pour les réduire.

Il est à noter qu'une délimitation claire doit être établie entre les responsabilités des exploitants primaire et secondaire pour optimiser le fonctionnement des installations en sous-station.

Techniquement, le réseau de chaleur de Fresnes est donc compétitif et de nouvelles optimisations peuvent être envisagées dans l'avenir :

- **Raccordement du maximum de logements sur la Ville de Fresnes,**
- **Pérennisation et augmentation du taux d'EnR sur le réseau.**
- **Remplacement de certains tronçons structurants qui sont aujourd'hui à la limite de leur capacité,**
- **Ilotage de certains secteurs lorsque la température extérieure est faible pour réduire les débits sur le réseau,**
- **Optimisation/rénovation de certaines sous-stations : mise en place d'un épuisement des retours ECS sur le chauffage, mise en place systématique d'un adoucisseur dans les sous-stations, mise en place d'une nouvelle procédure de nettoyage des échangeurs.**

3.8.3 Synthèse sur le volet « Economique »

Cet audit économique illustre la compétitivité du réseau de chaleur de Fresnes et son rôle dans la lutte contre la précarité énergétique. En effet, le prix de vente moyen pour l'année 2016 est de **54,57 €HT/MWh** et se situe dans la **tranche basse de la moyenne nationale**. Ce prix moyen a l'avantage d'être faible mais également stable dans le temps, depuis 2010 la plus grande augmentation que le R1 a subie est d'environ 37% et 6% pour le R2, ce qui implique une augmentation globale du prix moyen de la chaleur **maximum de 13% en 2014**. Ces valeurs conduisent à une facture énergétique pour les appartements en copropriété et logements sociaux **inférieure d'environ 27% à la facture énergétique moyenne en France**. Cette démarche doit être poursuivie.

3.8.4 Synthèse sur le volet « Social »

La Ville de Fresnes conduit une importante politique sociale afin de lutter contre la précarité énergétique. En effet, le réseau de chaleur met à disposition des fresnois raccordés, une chaleur à bas coût et stable. Egalement, le réseau de chaleur de la Ville de Fresnes permet aux abonnés de se sentir plus concernés par leur consommation de chauffage/eau chaude sanitaire et donc de mieux maîtriser leurs charges et donc de lutter contre la précarité énergétique. De plus, le réseau de chaleur s'inscrit parfaitement dans la démarche d'amélioration continue de la qualité et de la disponibilité du service public qui vise, à terme, à tendre à 100% des logements collectifs de la ville raccordés.

Afin de suivre au mieux ce service public et de travailler sur l'amélioration continue de la qualité de service, **un comité consultatif des abonnés et des usagers a été mis en place en 2016, ce dernier permet une réelle solidarité inter-quartier**. Plusieurs **groupes de travail** sont déjà en cours afin d'améliorer la communication mais également de proposer des solutions pour la clarification des limites de prestation en sous-station et le comptage de la production d'eau chaude sanitaire.

3.8.5 Synthèse sur le volet « Environnemental »

La Ville de Fresnes souhaite mettre en place une politique environnementale exemplaire et son réseau de chaleur en est l'un des principaux exemples. En effet, en encourageant le recours à des énergies décarbonées, la Ville souhaite améliorer sa performance environnementale en participant à la régulation du métabolisme de la ville afin de diminuer l'emprunte carbone de ses habitants, notamment dans son centre-ville dense. L'utilisation de la géothermie, associée à une pompe à chaleur, permet en 2016 **d'éviter la production de carbone de 8 700 voitures** dans la ville. Enfin, la centralisation des moyens industriels permet d'assurer un meilleur contrôle des divers rejets, non seulement dans l'air mais aussi dans l'eau. Cette politique environnementale, associée à la politique sociale présentée plus haut, ont pour but de lutter efficacement contre l'impact de l'activité humaine sur la santé de l'individu.

4 ETAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR À PROXIMITÉ

L'objectif de cette partie est de présenter les ressources en énergies renouvelables situées à proximité du périmètre d'étude du réseau de chaleur de la Ville de Fresnes. Il s'agit d'identifier les réseaux et sources de chaleur potentiels situés à proximité et qui pourraient venir alimenter dans une logique de mutualisation des équipements et de valorisation d'énergies renouvelables et de récupération. Les deux principaux aspects traités seront :

- Les réseaux de chaleur publics et privés,
- Les sources d'énergies renouvelables et de récupération, à savoir : géothermie profonde, géothermie superficielle, biomasse, méthanisation, unité d'incinération d'ordures ménagères (UIOM), solaire thermique, station de traitement des eaux usées (STEU), station de traitement des eaux pluviales (STEP), chaleur fatale.

Dans un premier temps il convient de rappeler le périmètre d'étude du schéma directeur du réseau de chaleur défini en concertation avec la Ville (voir figure suivante).

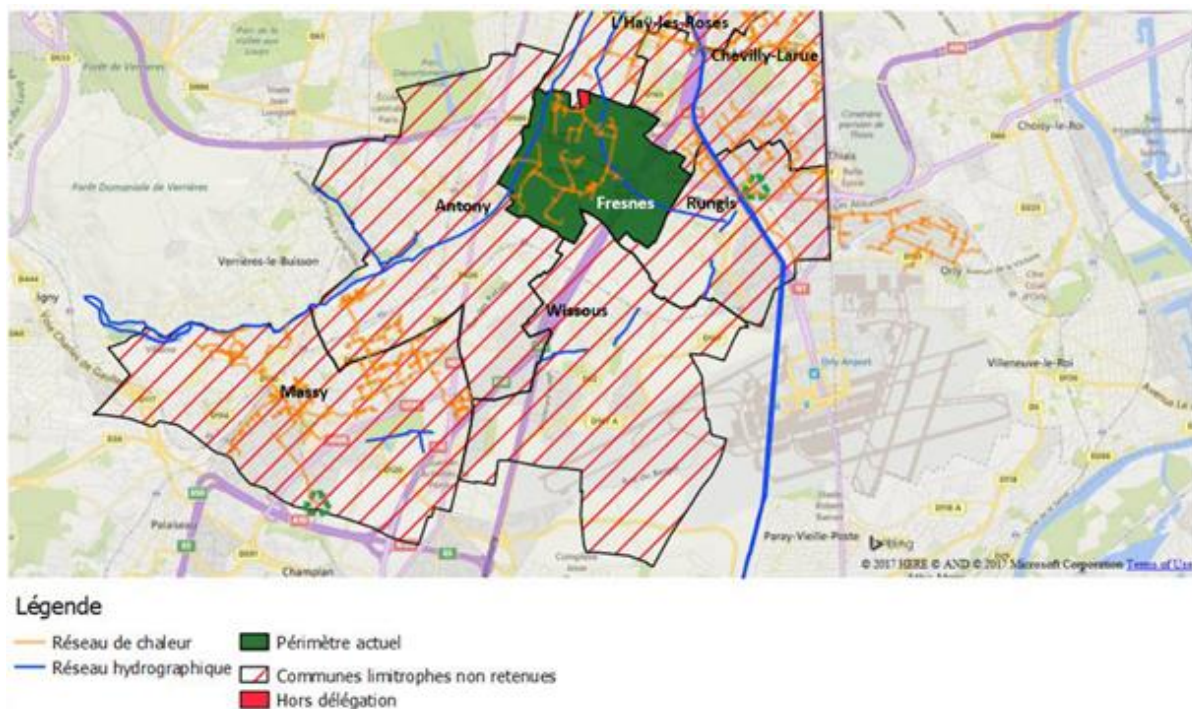


Figure 26: Périmètre d'étude du schéma directeur du réseau de chaleur de Fresnes – 2017

Comme le montre la figure précédente, le périmètre de la DSP du réseau de chaleur de Fresnes comprend la quasi-totalité du périmètre de la commune, à l'exception d'une enclave au Nord. Actuellement, il semble compliqué d'étendre le périmètre de la DSP, par le biais d'un avenant, car les villes limitrophes sont également alimentées par leur propre réseau de chaleur.

4.1 RESEAUX PUBLICS ET PRIVES A PROXIMITE DU RESEAU

Inventaire :

Les réseaux situés dans ou à proximité du périmètre du schéma directeur, qu'ils soient publics (sous le contrôle d'une collectivité) ou privés, sont présentés par la figure et le tableau suivants. L'analyse indique pour chacun de ces réseaux, lorsque les informations étaient disponibles :

- Le nom du réseau,
- Le mix énergétique,
- Le taux d'EnR,
- Les émissions de CO₂,
- La quantité d'énergie livrée,
- La longueur du réseau,
- La distance au réseau de chaleur Fresnes.

Comme le montre la figure suivante, de nombreux réseaux de chaleur sont présents dans la zone d'étude.

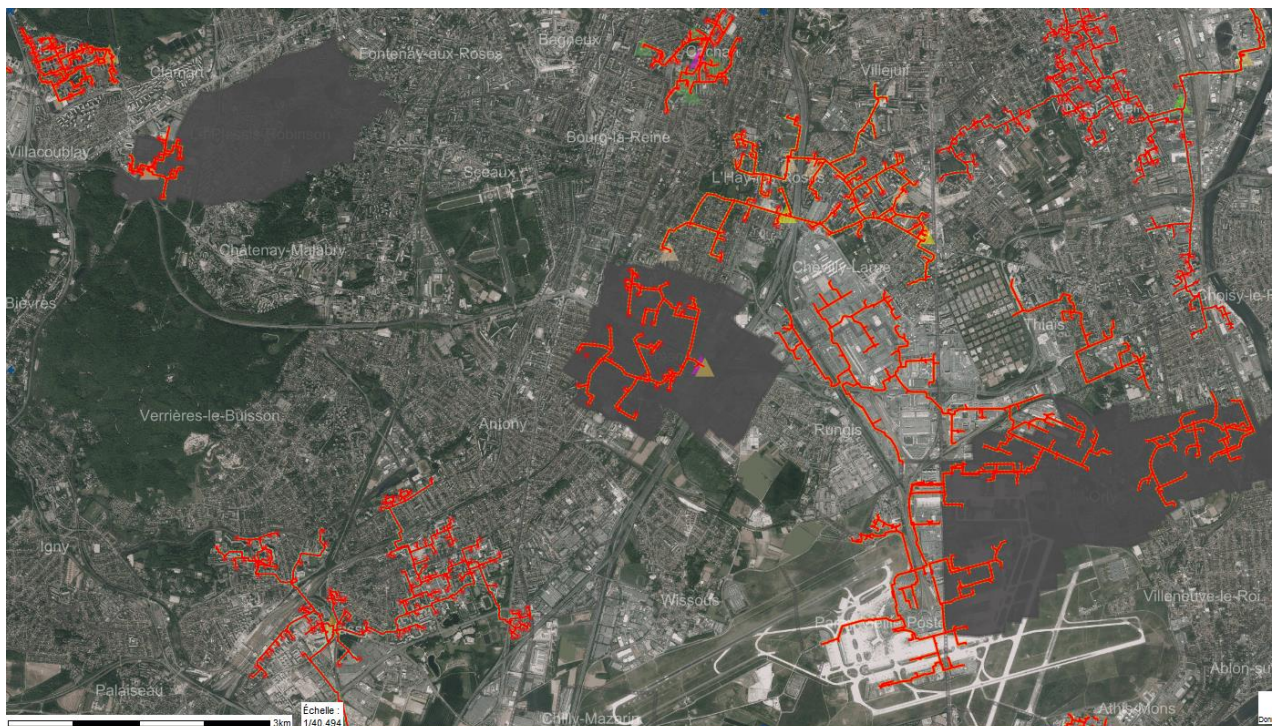


Figure 27 : Cartographie des réseaux de chaleur situés à proximité du réseau de Fresnes

Les caractéristiques des réseaux de chaleur les plus proches de celui de Fresnes sont indiquées dans le tableau suivant.

Nom du réseau	Mix énergétique	Taux d'EnR (%)	Emission CO ₂ (kgCO ₂ /kWh)	Quantité d'énergie livrée (MWh/an)	Longueur du réseau (km)	Distance au réseau de Fresnes (km)
ADP Orly	Gaz fossiles : 40% Géothermie : 35% UIOM : 25%	60	0,107	69 782	22,5	Par MIN Rungis
Réseau MIN de Rungis	UIOM : 97% Gaz fossiles : 3%	97	0,001	150 000	30,5	1,4 Traversée d'autoroute
Chevilly-Larue et l'Haÿ-les-Roses et Villejuif	Géothermie : 68% Gaz fossiles : 32%	68	0,093	197 330	31,4	0,7
Massy-Antony	UIOM : 52% Charbon : 21% Gaz fossiles : 15% Biomasse : 12%	64	0,157	204 764	34	2,0

Analyse :

Le réseau de chaleur du MIN de Rungis est le réseau le plus proche de celui de Fresnes et il présente un important potentiel en EnR&R. Cependant, cette interconnexion pose une contrainte majeure, car elle nécessite de traverser l'autoroute A86.

A ce stade, les conditions techniques et financières nécessaires à un tel raccordement sont inconnues et nécessiteraient une étude de faisabilité poussée.

En dehors du réseau de chaleur du MIN de Rungis, les réseaux de chaleur situés aux alentours ne possèdent pas un taux d'EnR&R suffisamment confortable pour envisager de l'export de chaleur.

4.2 SOURCES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION A PROMIXITE DU RESEAU

4.2.1 UIOM

Inventaire :

Quatre usines d'incinération sont identifiées à proximité du réseau de chaleur de Fresnes : Ivry-sur-Seine, Créteil, Massy et Rungis, comme le montre la figure suivante.

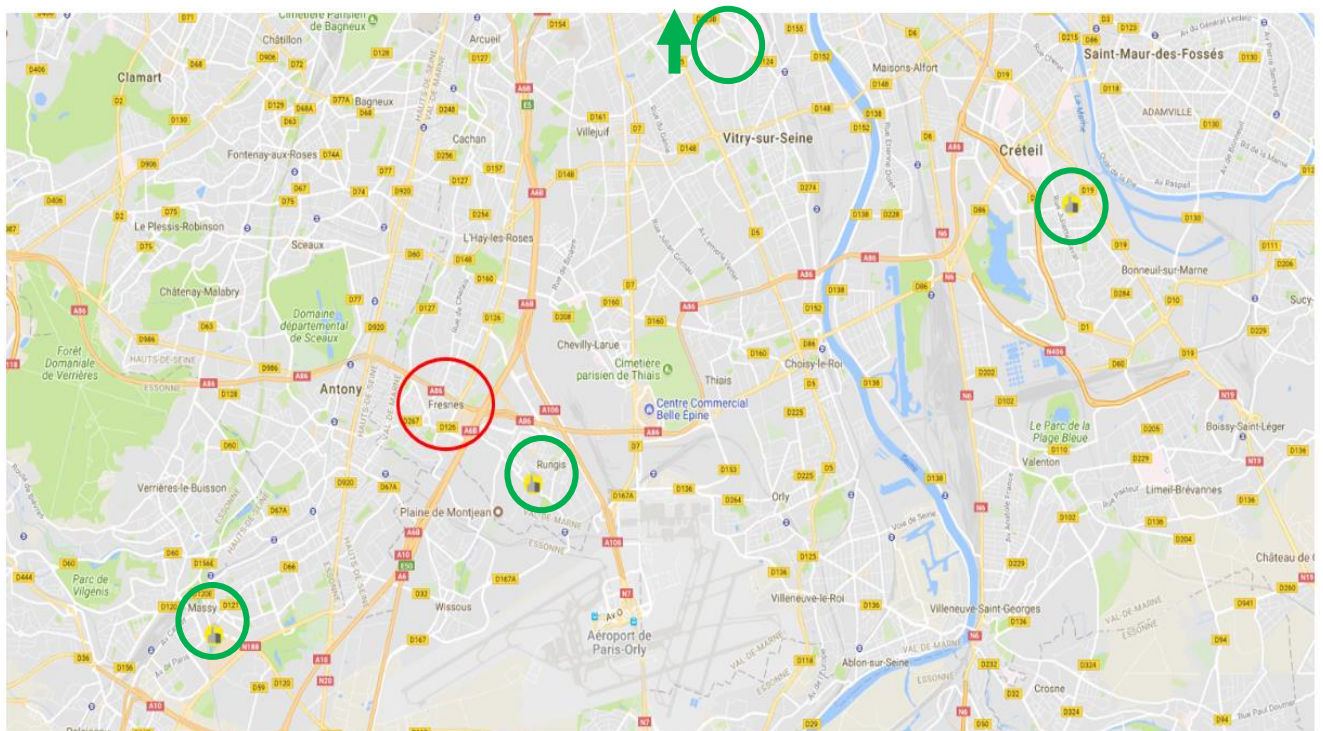


Figure 28: Cartographie des UIOM situées à proximité du réseau de Fresnes

Analyse :

L'UIOM la plus proche est celle de Rungis (située à environ 4 km du réseau) mais est déjà utilisée par le réseau du MIN de Rungis. Le potentiel restant de cette UIOM est mal connu à ce jour.

Les autres UIOM situées à proximité de la Ville de Fresnes sont actuellement toutes exploitées sur des réseaux de chaleur et trop éloignées.

4.2.2 Géothermie profonde

Cette partie ne considère pas la possibilité de se raccorder à des réseaux de chaleur voisins disposant d'une installation de géothermie profonde mais plutôt celle de construire une seconde installation de géothermie profonde sur le territoire de Fresnes.

La figure suivante montre le potentiel géothermique du meilleur aquifère dans le sud de l'Île-de-France, ainsi que les projets géothermiques existants. Sur cette image, un cercle rouge désigne la position de Fresnes.

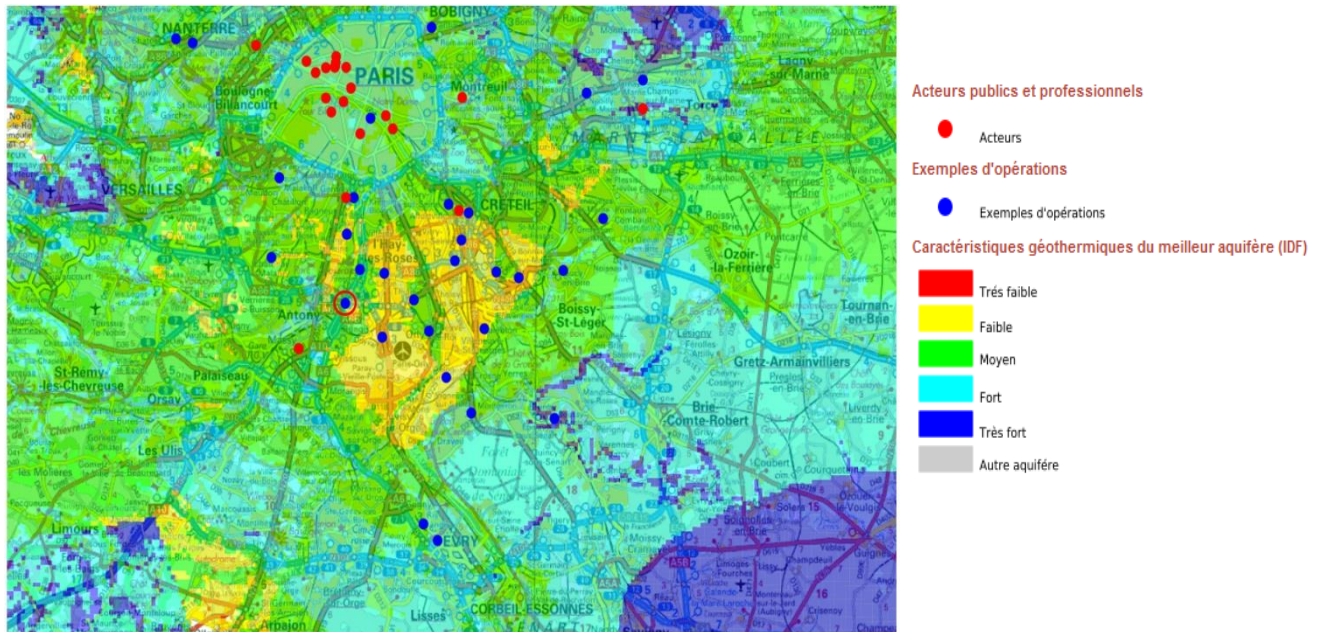


Figure 29 : Potentiel géothermique du sud de l'Île-de-France – Echelle 1/200 000²

Le potentiel géothermique de la nappe du Dogger sur le territoire de la DSP de Fresnes est, d'après la figure précédente, moyen à fort. Cette conclusion est étayée par les données de températures et de débits fournies par le triplet existant. Il semble donc cohérent de proposer de construire un nouveau doublet géothermique dans un avenir relativement proche. Cette proposition fera l'objet d'une étude technique et économique.

La construction d'une nouvelle installation géothermique est cependant conditionnée par les éléments suivants :

- Les impacts hydrauliques du second doublet ne seront pas défavorables à l'exploitation du premier triplet,
- Les impacts thermiques directs du second doublet seront négligeables sur le premier triplet.

² <http://www.geothermie-perspectives.fr/espace-regional/ile-de-france>

4.2.3 Géothermie superficielle

Cette partie étudie la possibilité de mettre en place une installation géothermique superficielle, dans la nappe de l'Albien, sur le périmètre de la commune de Fresnes.

La figure suivante présente les résultats d'une étude du BRGM sur le potentiel énergétique de la géothermie superficielle en Île-de-France. Le point rouge désigne la position de la Ville de Fresnes.

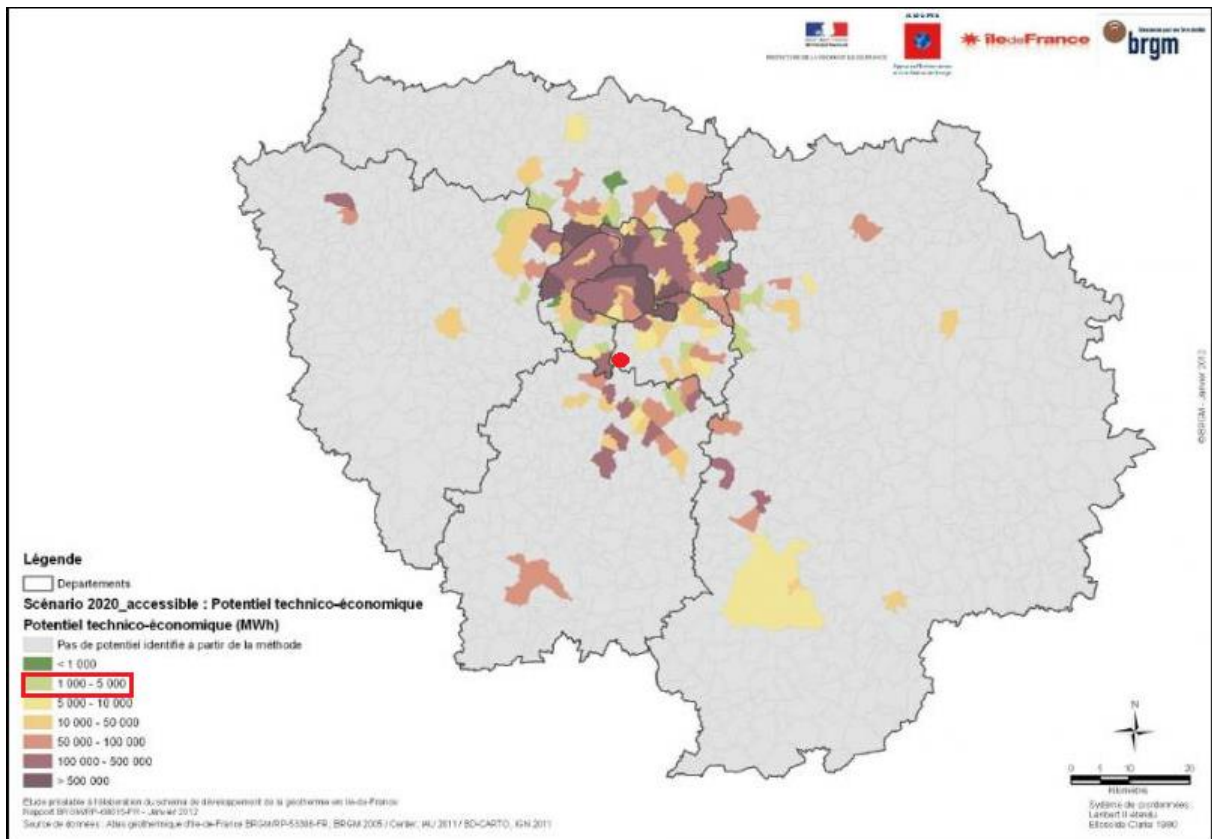


Figure 30 : Potentiel énergétique de la géothermie superficielle en Île-de-France

Le potentiel d'une installation géothermique superficielle sur la commune de Fresnes se situe donc dans la partie basse du potentiel envisageable en Ile-de-France (entre 1 000 et 5 000 MWh par installation). Cependant, nous avons choisi d'étudier ce scénario d'une manière plus détaillée dans la suite de notre rapport.

L'expérience montre qu'une installation de géothermie superficielle permet généralement d'exploiter une eau à environ 30°C, avec un débit de 100 m³/h. Une pompe à chaleur est donc nécessaire pour toute installation afin d'exploiter cette ressource énergétique.

4.2.4 Biomasse

Inventaire :

La figure suivante présente une cartographie des centrales biomasses en Île-de-France. Le cercle rouge désigne la position de la commune de Fresnes.

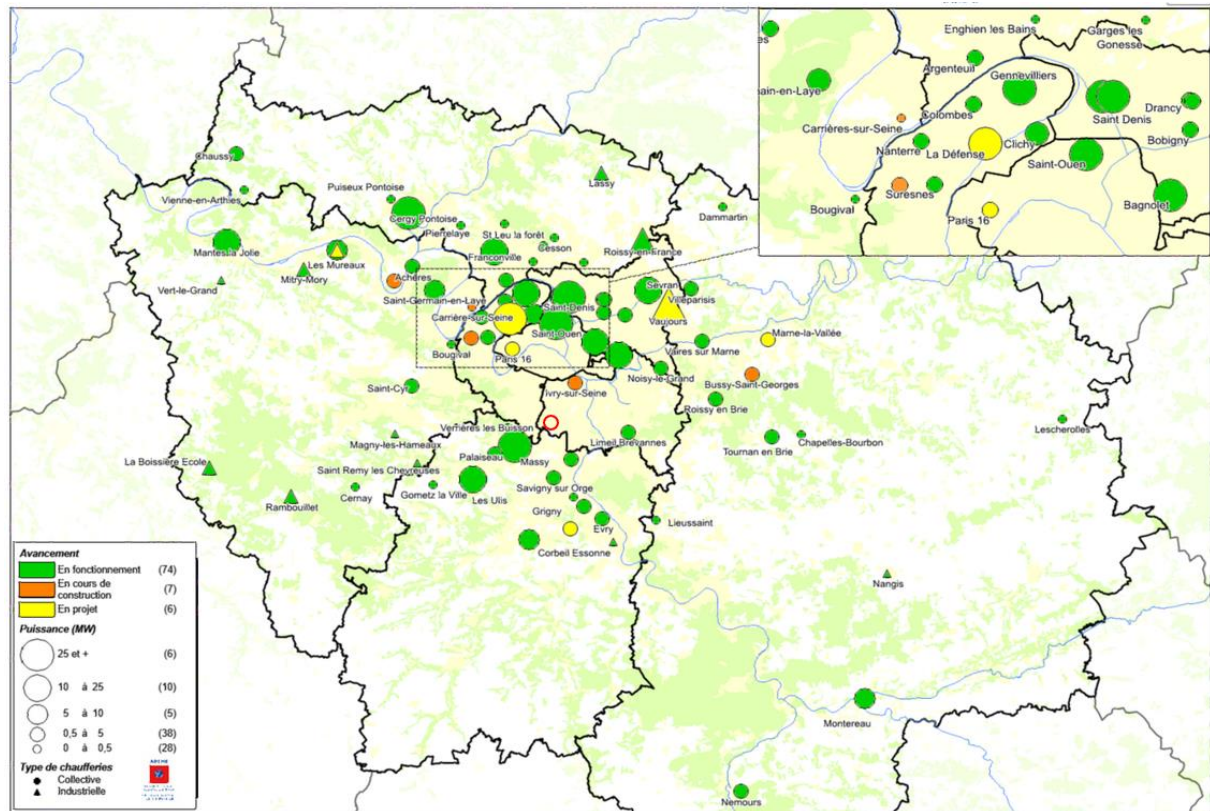


Figure 31: Cartographie des centrales biomasses en Île-de-France

Comme le montre cette carte, la chaufferie biomasse la plus importante située à proximité de Fresnes est celle de Massy (5 MW) qui alimente déjà le réseau de chaleur de Massy-Antony. Aucune chaufferie existante ne semble donc pouvoir fournir de la chaleur au réseau de chaleur de Fresnes. Cependant, cette carte montre qu'il n'est pas impossible de construire et d'alimenter une chaufferie biomasse dans un environnement fortement urbanisé tel que celui de Fresnes.

Il convient donc de considérer la construction d'une nouvelle chaufferie biomasse sur le territoire de Fresnes. Cependant, une installation biomasse nécessite de répondre à trois conditions pour être viable :

- Un approvisionnement en plaquettes forestières suffisant,
- Un accès aisé des camions de livraison à la chaufferie biomasse,
- Une surface suffisante pour l'aménagement de la chaufferie biomasse afin d'accueillir les silos de stockage, le système de transfert du combustible du silo à la chaufferie et le

bâtiment de la chaufferie (comprenant les équipements biomasse et les équipements d'appoint-secours gaz si nécessaires).

La figure suivante présente une cartographie des fournisseurs de combustibles bois en Île-de-France. Le cercle bleu a un rayon de 10 km et est tracé autour de la commune de Fresnes, représentée par un cercle rouge.



Figure 32: Carte des fournisseurs de bois déchiqueté en Ile-de-France³

La figure suivante présente une cartographie des producteurs de combustibles bois en Île-de-France. Là encore, le cercle bleu a un rayon de 10 km et est tracé autour de la commune de Fresnes, représentée par un cercle rouge.

³ <http://www.francilbois.fr/chauffage/observatoire-du-bois-energie-d-ile-de-france>



Figure 33: Carte des producteurs de combustibles bois de chauffage en IdF⁴

La figure suivante présente quant à elle les principales artères routières de la commune de Fresnes.

⁴ <http://www.francilbois.fr/chauffage/observatoire-du-bois-energie-d-ile-de-france>

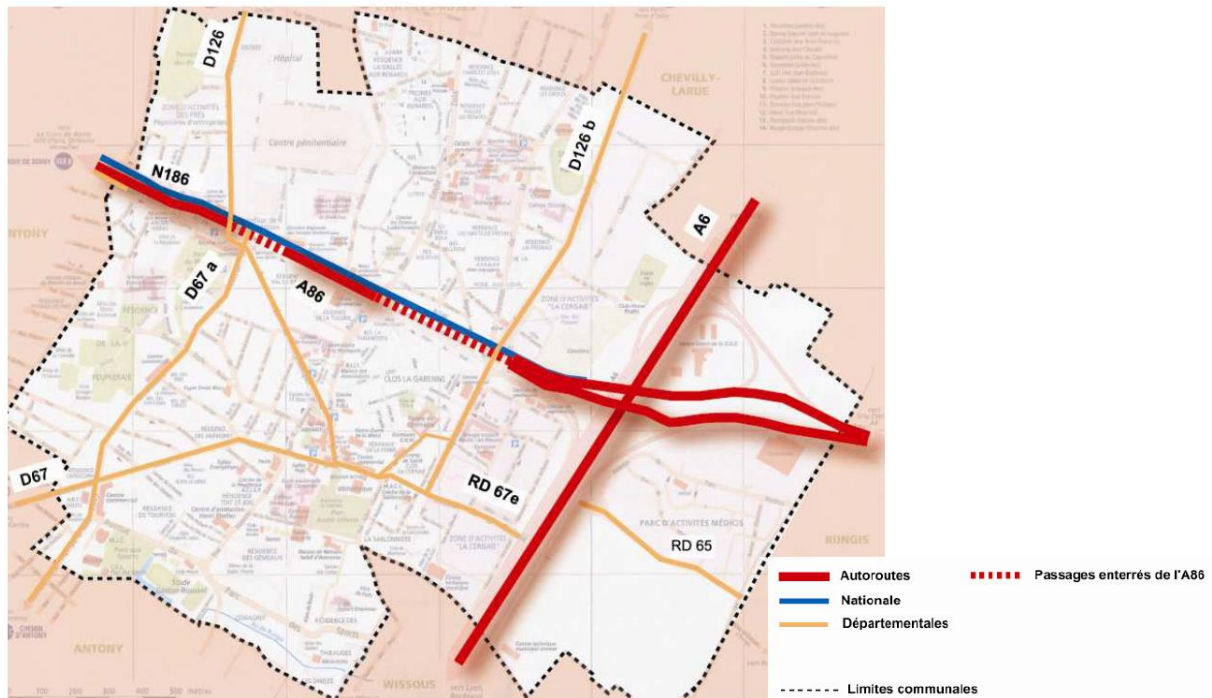


Figure 34 : Principales artères routières de la commune de Fresnes

Analyse :

Le territoire de Fresnes est situé à proximité d'importants massifs forestiers de la grande couronne parisienne. De plus, l'approvisionnement en plaquettes forestières dans un rayon de 100 km est possible (présence de producteurs et de fournisseurs de bois dans un rayon proche de 10 km). La première condition nécessaire à l'implantation d'une chaufferie biomasse est donc remplie.

La commune de Fresnes bénéficie également de nombreux atouts en termes géographiques (proximité de la capitale, du pôle de Rungis, etc.) et d'accès (proximité de la RN186, l'A6 et l'A86). L'accès des camions est donc aisé puisqu'une sortie d'autoroute se trouve à proximité immédiate de la commune. Cependant, le réseau routier de la commune est aujourd'hui régulièrement saturé, notamment durant les heures de pointes, et l'ajout de camions de livraison pour une éventuelle chaufferie biomasse ne ferait qu'accentuer l'engorgement déjà présent ainsi que les pollutions de l'air et sonore, ce qui va à l'encontre des principes de la commune.

Enfin, en ce qui concerne l'implantation d'une éventuelle chaufferie biomasse, les seuls terrains non construits disposant d'une surface suffisante se trouvent au sud de la commune, à proximité du parc des sports, comme le montre la figure suivante. Ces terrains sont actuellement des parcs publics qui appartiennent à la Ville de Fresnes. La construction d'une centrale biomasse aurait donc un impact non négligeable sur la part d'espaces verts de Fresnes.



Figure 35: Terrains éventuellement disponibles pour la construction d'une chaufferie biomasse

A ce stade, la Ville de Fresnes ne fournit aucune garantie sur la cession de ces terrains.

La construction d'une chaufferie biomasse semble donc envisageable et fera l'objet d'une étude technique et économique dans la suite de ce rapport.

4.2.5 Méthanisation

Inventaire :

La figure suivante présente les installations de production de méthanisation en Île-de-France.



Figure 36: Productions de méthanisation en Île-de-France

Analyse :

Il n'existe pas d'usine de méthanisation à proximité immédiate de Fresnes. De plus, l'implantation d'une telle installation nécessite une surface encore plus importante que pour une chaufferie biomasse.

Cette source d'EnR&R ne semble donc pas être judicieuse pour alimenter le réseau de chaleur de Fresnes. Cependant, cette filière se développe en Île-de-France. C'est pourquoi un de nos scénarii considérera l'exploitation de l'énergie produite par une installation de méthanisation.

4.2.6 Data Center

Inventaire :

La figure suivante présente une cartographie du nombre de data centers (par département) situés en Île-de-France.

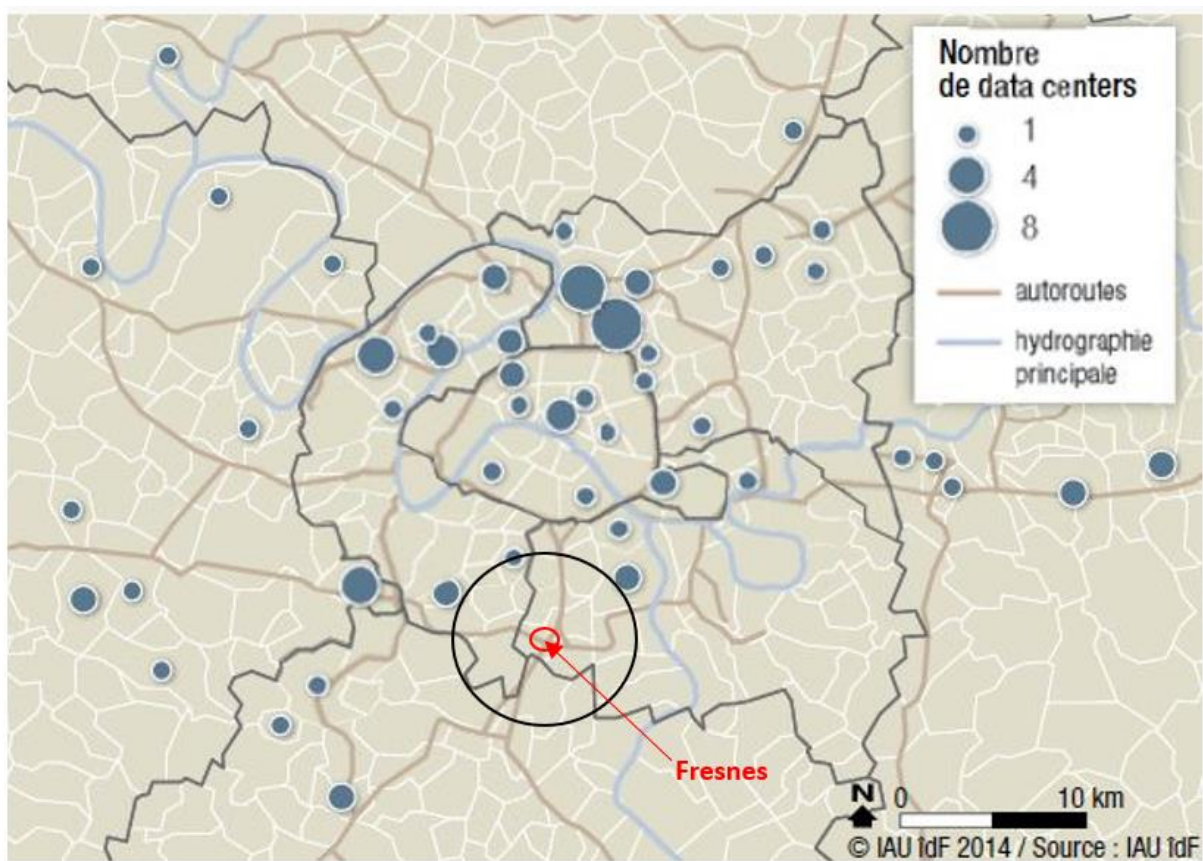


Figure 37: Cartographie des data centers en Île-de-France

Analyse :

Le réseau de chaleur de Fresnes se trouve dans un département comprenant peu de data center. La figure suivante présente un zoom plus détaillé autour de la commune afin de montrer la localisation de ces installations (le cercle noir représenté a un rayon de 5 km autour de Fresnes). Ainsi, un seul data center se trouve à moins de 5 km à vol d’oiseau de la commune.

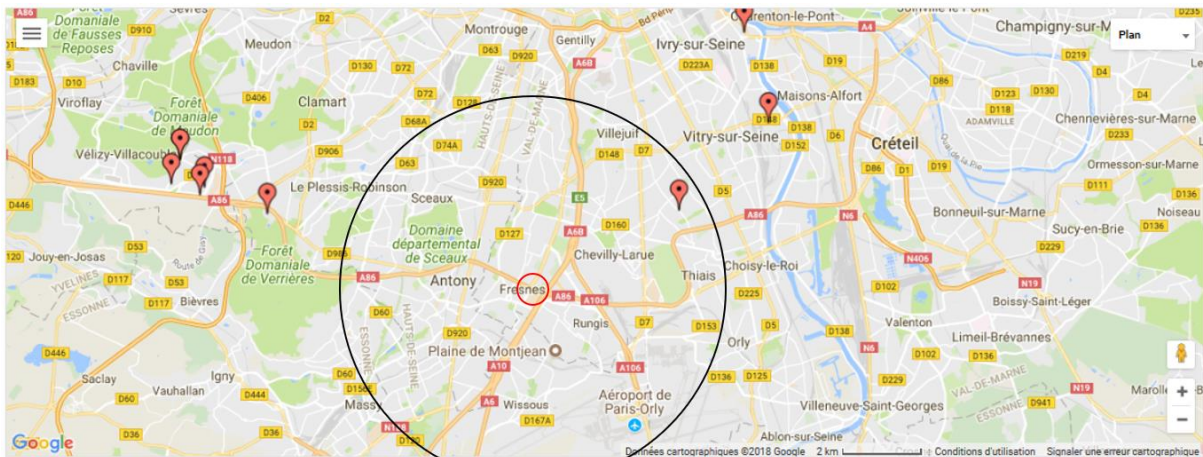


Figure 38 : Data centers à proximité du réseau de chaleur de Fresnes⁵

Il s’agit du data center Iliad DC3, situé au 61 Rue Julian Grimau (94400 Vitry-sur-Seine). Cependant, ce dernier se trouve plus proche du réseau de chaleur de Chevilly-Larue, de l’Haÿ-les-Roses ou de Thiais. De plus, des travaux importants doivent être entrepris pour le raccorder au réseau de chaleur de Fresnes, notamment pour la traversée de l’autoroute A86, qui ne seront probablement pas compensés par le potentiel de ce data center.

Il ne semble donc pas envisageable de le considérer comme une future source de chaleur pour le réseau de chaleur de Fresnes.

4.2.7 STEP et STEU

Inventaire :

La carte suivante présente un inventaire des STEP (Station d’EPuration des eaux usées) et STEU (Station de Traitement des Eaux Usées) présentes en Île-de-France.

⁵ <https://www.france-datacenter.fr/>

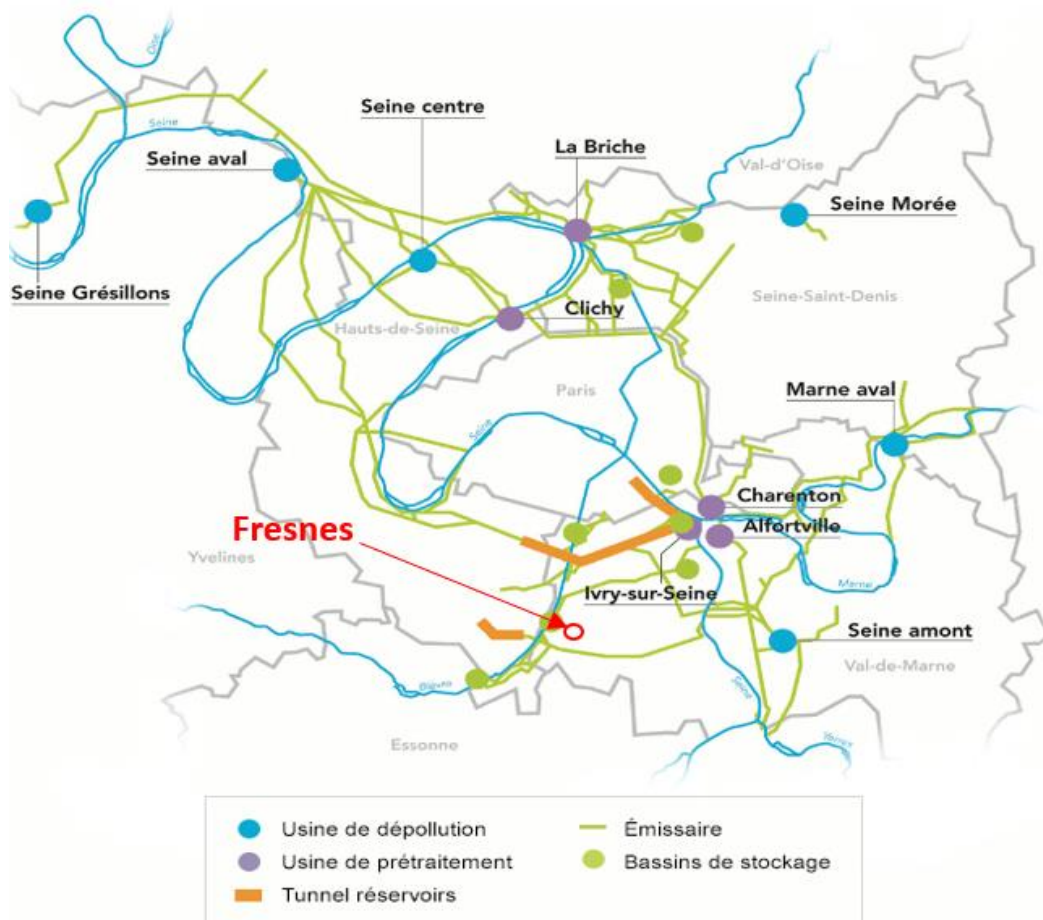


Figure 39 : STEP et STEU en Île-de-France⁶

La figure suivante présente un zoom plus détaillé autour de la commune afin de montrer la localisation de ces installations.

⁶ <https://www.siaap.fr/equipements/tableau-de-bord/bilan-des-usines-depollution/>

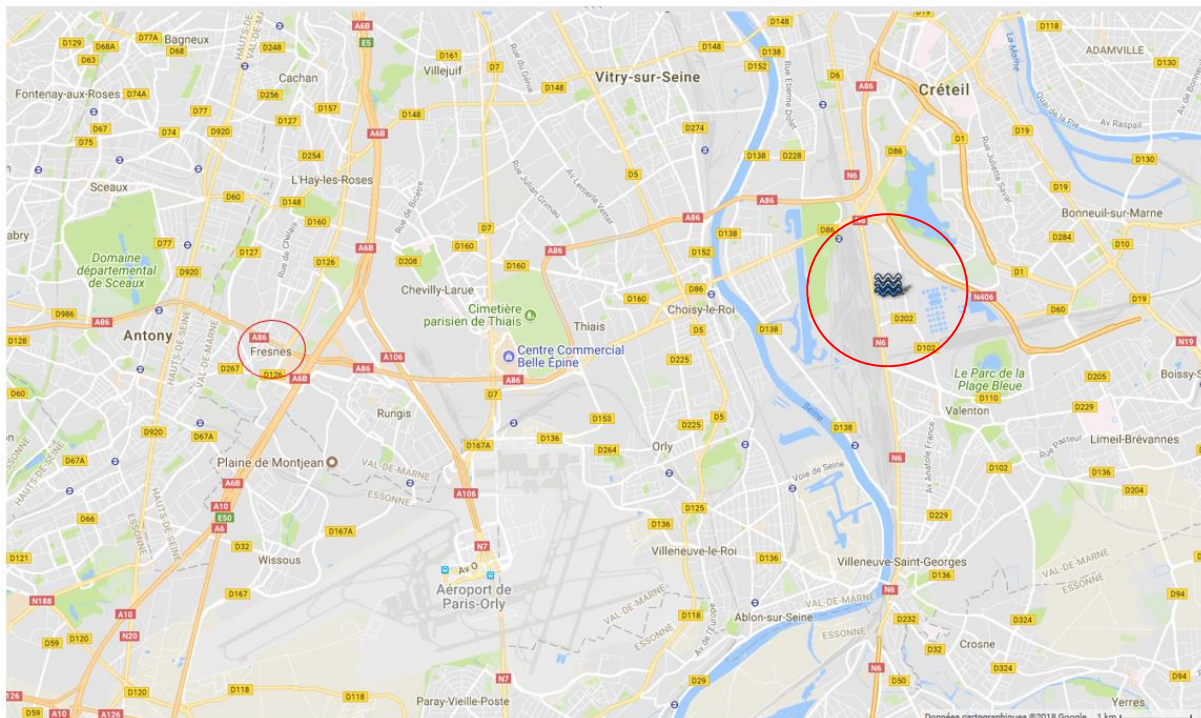


Figure 40 : Installations de biogaz à proximité de la commune de Fresnes

Analyse :

La station d'épuration la plus proche est l'usine de Valenton, située à 10 km à vol d'oiseau de Fresnes. Les principales stations d'épuration en Île-de-France sont donc trop éloignées de Fresnes pour représenter un potentiel énergétique suffisant compte tenu des investissements nécessaires à mettre en œuvre pour les raccorder au réseau de chaleur.

De plus, la récupération d'énergie sur les eaux grises au niveau des collecteurs communaux demeure trop faible pour être envisagée à l'échelle d'un réseau de chaleur tel que celui de la Ville de Fresnes.

D'après le dernier PLU de la Ville de Fresnes, publié en 2018, aucun projet de construction de station de traitement n'est envisagé dans un avenir proche.

Ces sources d'EnR&R ne semblent donc pas être envisageables pour alimenter le réseau de chaleur de Fresnes.

4.2.8 Solaire thermique

En Île-de-France, l'ensoleillement est qualifié de moyen (1 150 kWh/m² d'après le dernier PLU de la Ville de Fresnes publié en 2018). De plus, l'alimentation en énergie solaire thermique du réseau de chaleur de Fresnes ne semble pas opportun. En effet, la complémentarité des énergies géothermique

et solaire n'est pas effective puisque l'énergie géothermique (associée à la PAC) répond à la totalité des besoins des usagers en été, soit pendant les mois où l'ensoleillement est maximal.

4.2.9 Autres ressources énergétiques

Nous avons également recherché les installations suivantes à proximité de Fresnes :

- Usines de combustion de Combustibles Solides de Récupération (CSR),
- Industries génératrices de chaleur fatale.

Cependant, aucune de ces installations susceptibles d'alimenter le réseau de chaleur de Fresnes n'a été repérée.

4.2.10 Synthèse

Les paragraphes précédents ont permis de mettre en avant les sources EnR&R les plus susceptibles d'être mises en œuvre à l'avenir par le réseau de chaleur de la Ville de Fresnes, à savoir :

- Biomasse,
- Géothermie profonde,
- Géothermie superficielle,
- Méthanisation.

Ces quatre ressources ont été étudiées plus spécifiquement par des simulations et les résultats de ces analyses seront présentés dans la suite de ce rapport.

L'objectif de ces simulations est de déterminer :

- Dans le cas de ressources disponibles, comme la géothermie, si leur potentiel est suffisant pour atteindre un taux d'EnR&R de 60% en 2030 selon le plan de raccordement envisagé,
- Dans le cas d'une nouvelle ressource à mettre en œuvre, comme la biomasse ou la méthanisation, de quelle puissance devra être la nouvelle installation pour atteindre ce taux d'EnR&R.

Suite à cette première analyse, des réflexions techniques et économiques plus poussées seront menées afin d'étudier la faisabilité des scénarii identifiés.

5 EVOLUTIONS ET DEVELOPPEMENTS ENVISAGES

L'étude du développement du réseau a pour but de se rapprocher des objectifs de la Ville :

- Un raccordement de 100% des logements collectifs,
- Une amélioration continue de la qualité du service public,
- Un taux d'énergies renouvelables supérieur à 60%,
- Une diminution des impacts environnementaux,

tout en maîtrisant le coût de la chaleur des abonnés.

5.1 PÉRIMÈTRE DE RÉFÉRENCE

Le périmètre de référence comprend les bâtiments raccordés à la fin de l'année 2016 ainsi que les consommations de l'année associées.

Par rapport aux données de consommations de l'année 2016 présentées au paragraphe 3.1.3, la référence intègre l'exploitation sur l'année complète des abonnés raccordés au réseau en 2016 (y compris ceux raccordés durant l'exercice 2016) pour une rigueur climatique de 2348 DJU, très proche de la rigueur climatique trentenaire. La rigueur climatique de la base de données de SERMET pour la station d'Orly indique une rigueur climatique 2016 légèrement inférieure à celle de SOFREGE (2358 DJU), ce qui peut être dû aux différences de dates de mises en chauffe considérées pour les sous-stations.

Remarque : les résultats seront présentés à partir de l'année 2018. Les données prendront donc en compte le raccordement de la résidence Parenthèse qui a eu lieu en 2017.

Les caractéristiques du réseau de chaleur de Fresnes pour le périmètre de base (soit à la fin de l'année 2016) sont présentées dans le tableau suivant.

Description du réseau		
Nombre d'abonnés		64
Nombre de sous-stations		91
Nombre d'équivalents logements		9 602
Bilan de puissance	Centrale géothermique (PAC + Géothermie)	9,6 MW
	Cogénération	8,8 MW
	Appoint centralisé	18,9 MW
	Appoint local décentralisé	33,6 MW

Le bouquet énergétique du périmètre de référence est présenté dans le tableau suivant.

Réseau Existant - périmètre 2016 Bilan théorique pour 2348 DJU	Total chaleur produite (MWh)	Taux de couverture (%)
Géothermie + PAC	51 343	56,4
Récupération Cogénération	24 289	26,7
Appoint réseau	14 507	15,9
Appoint local	937	1,0
TOTAL Production	91 076	100%
Total Ventes	86 699	
Taux d'EnR&R	55,0%	

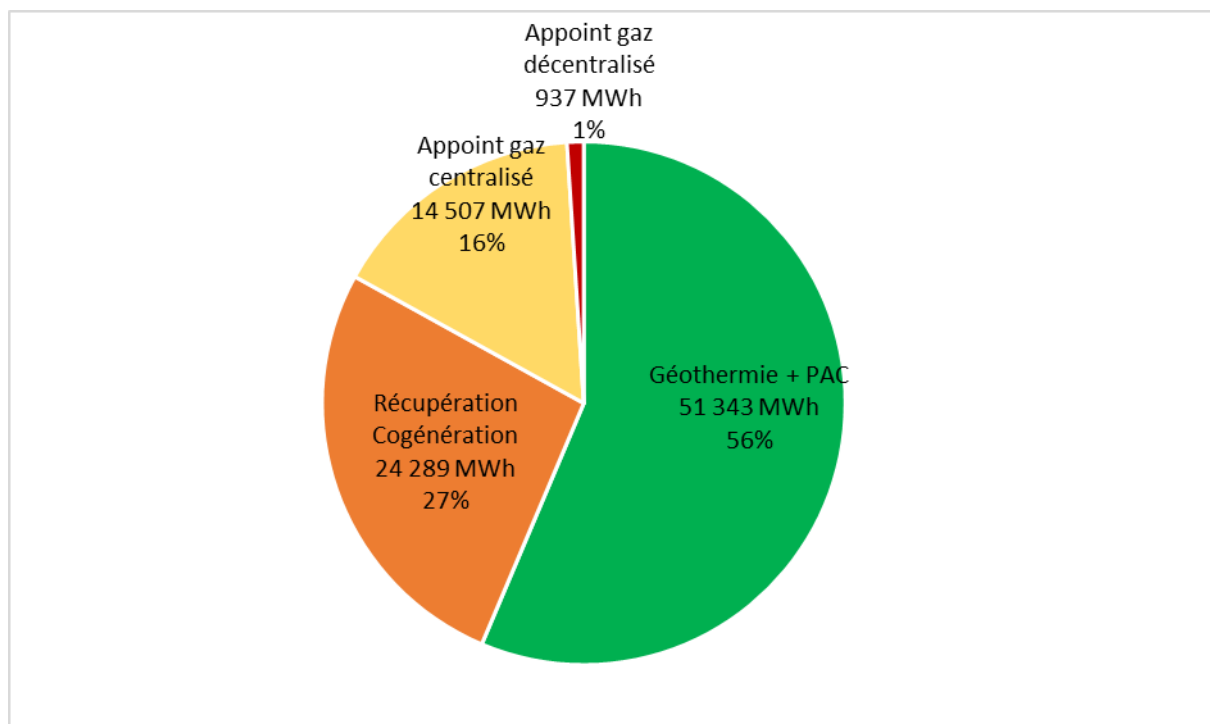


Figure 41 : Mixité énergétique - Scénario de référence

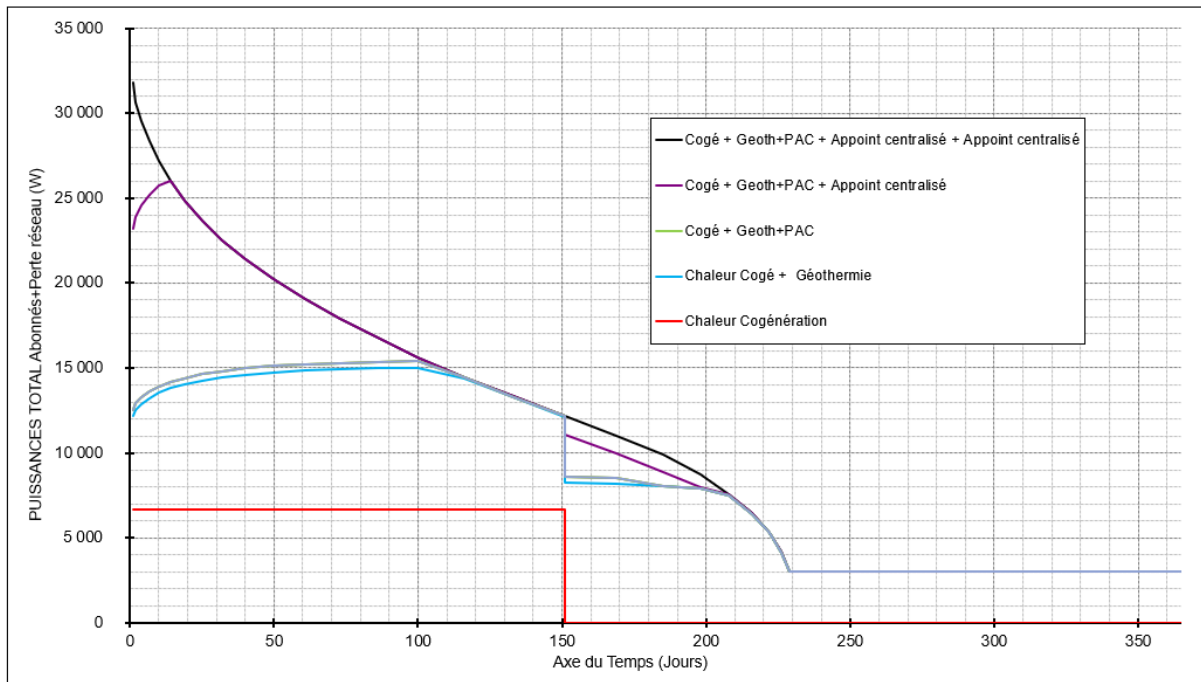


Figure 42 : Courbe monotone - scénario de référence

Remarques :

- Les premières échéances des polices d'abonnement des abonnés auront lieu en octobre 2020. Cependant, il a été fait l'hypothèse qu'aucun abonné refusera de prolonger son contrat de fourniture.
- Le développement des besoins lié à la mise en place de systèmes d'ECS collective pour les abonnés déjà raccordés au réseau de Fresnes n'a pas été étudié car trop incertain.

5.2 POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT IDENTIFIÉ

Le développement du réseau envisagé par cette étude concerne la densification du réseau sur le territoire de Fresnes.

L'objectif de cette partie est de présenter de façon synthétique la situation urbanistique actuelle de la Ville de Fresnes et les projets de développement futurs envisagés.

La prospection a été effectuée sous différentes formes :

- Croisement des données entre les prospects identifiés dans les précédentes études prospectives et les raccordements effectués depuis leur rédaction. Des échanges avec SOFREGE ont permis d'identifier les raisons qui ont conduit à écarter certains prospects,
- Intégration des prospects pour lesquels des démarches de raccordement ont été initiées par SOFREGE,
- Recensement de l'ensemble du patrimoine des bailleurs sociaux après collecte des informations auprès des gestionnaires,
- Intégration des données issues de différentes missions de suivi et de contrôle d'exploitation confiées à SERMET,
- Recensement des projets immobiliers futurs avec leur date prévisionnelle de livraison (Public ou Promotion immobilière),
- Présentation et validation des éléments rassemblés par le COPIL.

5.2.1. Situation urbanistique actuelle

La commune de Fresnes s'étend sur une superficie importante de 358 hectares et accueille une population de 26 980 habitants (recensement 2014 – INSEE). Cette dernière a augmenté de 5,2% sur la période 2007-2012, soit une croissance annuelle de 1%. Elle se situe dans le département du Val-de-Marne, en limite de l'Essonne (au Sud) et des Hauts-de-Seine (à l'Ouest) et s'inscrit dans le contexte urbain dense de la petite couronne de l'agglomération parisienne (à moins de 10 km au Sud de la Porte d'Orléans). Administrativement, Fresnes est membre de la Communauté d'Agglomération du Val-de-Bièvre et plus généralement de l'Etablissement Public Territorial (EPT) T2, qui regroupe également les Communautés d'Agglomérations de Seine Amont et des Portes de l'Essonne.

Enfin, elle se répand autour des autoroutes A6 et A86 qui la découpent en un secteur nord et un secteur sud.

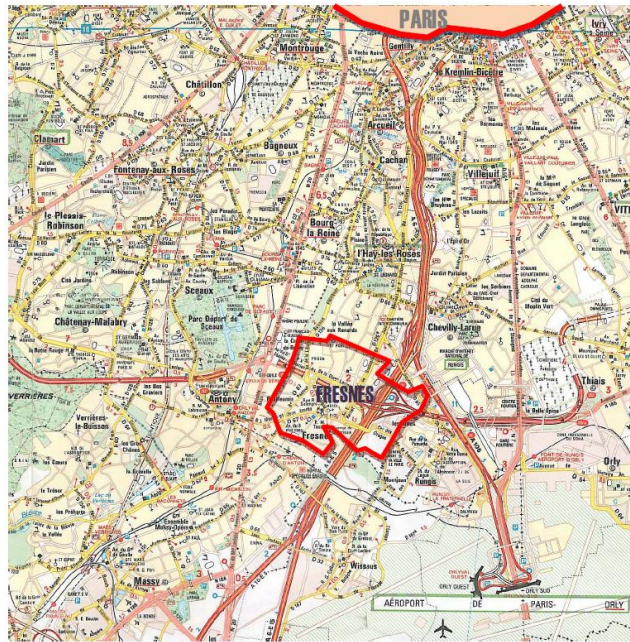


Figure 43: Position géographique de Fresnes

Le territoire de la commune est caractérisé par une importante urbanisation (78% de sa surface) qui date principalement des années 60 (80% des logements ont été construits avant l'année 1975) et qui est fortement énergivore. Ce point engendre un fort potentiel de rénovation thermique des bâtiments collectifs. Nous pouvons citer la résidence du Clos de la Garenne qui est un parfait exemple de ce patrimoine.

Les bâtiments d'habitation, cible privilégiée du réseau de chaleur, ont les caractéristiques suivantes :

- Une part importante de logements sont de taille moyenne (environ 2/3), comme par exemple les résidences Peupleraie, Clos de la Garenne, Tourvoie, Gémeaux,
- Parmi les logements, la part de logements sociaux est importante et en augmentation (25% en 2005, 28% en 2010, 34% en 2014),
- La part de bâtiments collectifs est de 85%,
- La stagnation de la construction de logements entre 1982 et 1999 mène à une pénurie de logement actuelle face à la demande.

Enfin, la commune possède un parc d'équipements de qualité, bien développé quoique vieillissant car construit principalement durant les trente glorieuses.

La figure suivante présente la sectorisation de la commune de Fresnes.



Figure 44 : Sectorisation de la commune de Fresnes

5.2.2. Situation urbanistique projetée (selon le dernier PLU datant de 2018)

L'urbanisation déjà importante de la commune ne permet pas d'envisager un important développement urbain, mais plutôt un renouvellement du parc existant. Selon l'étude « Fresnes 2030 », réalisée en 2017 et servant de base au PLU de 2018, quelques parcelles sont toutefois considérées comme pouvant évoluer car elles ne sont pas bâties ou elles sont suffisamment grandes pour être divisées. La surface totale identifiée est de 12,6 ha, répartie de la manière suivante :

- Parcelles bâties potentiellement divisibles : 0,2 ha,
- Parcelles offrant un potentiel de densification : 9,2 ha,
- Parcelles non bâties : 3,2 ha.



Figure 45: Disponibilité des parcelles sur la commune de Fresnes

Il est important de noter que la Ville souhaite préserver les terrains agricoles de la plaine de Montjean, situés au sud-est de la commune.

L'étude « Fresne 2030 » a identifié 5 sites qui présentent des opportunités foncières susceptibles de répondre aux objectifs de constructions de logements et d'équipements :

- Quartier de la Cerisaie,
- Quartier du Centre-ville,
- Quartier du Moulin de Berny,
- Quartier du Parc des sport,
- Quartier de la Tuilerie.

Ces sites sont présentés par la figure suivante.



Figure 46: Opportunités foncières sur la commune de Fresnes

Secteur du Parc des Sports :

Sur ce site, la ville souhaite créer une vaste plaine des sports requalifiée :

- Création d'un groupe scolaire aux performances énergétiques exemplaires,
- Concentration des activités sportives de la commune : aménagement de nouveaux espaces sportifs et de loisirs en fonction des opportunités foncières,
- Construction de **30 à 40 nouveaux logements** le long du Parc des sports .

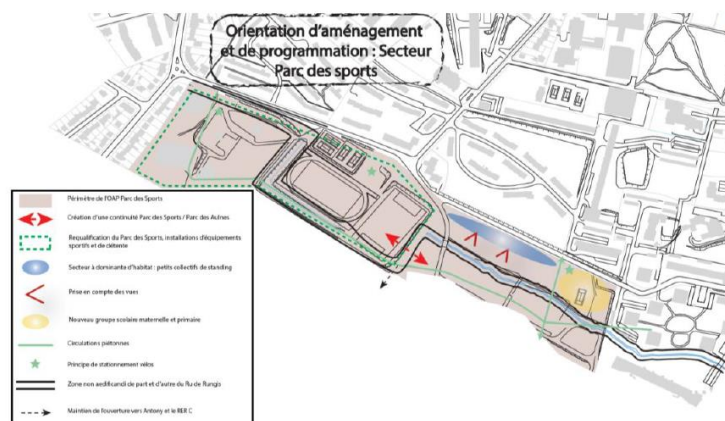


Figure 47: Orientation d'aménagement et de programmation - Secteur Parc des sports

Secteur Moulin de Berny :

La plupart des équipements actuels du secteurs (marché, supermarché, groupe scolaire Pasteur-Roux) sont qualifiés de vieillissants, voire vétustes. La Ville considère les projets suivants :

- Reconstruction du marché et de l'Intermarché au rez-de-chaussée de nouveaux logements le long de l'autoroute,
- Reconstruction du groupe scolaire existant et de ses équipements sportifs et création d'une crèche,
- Création d'une résidence seniors,
- Création de nouveaux logements de faible hauteur le long du Boulevard Pasteur.

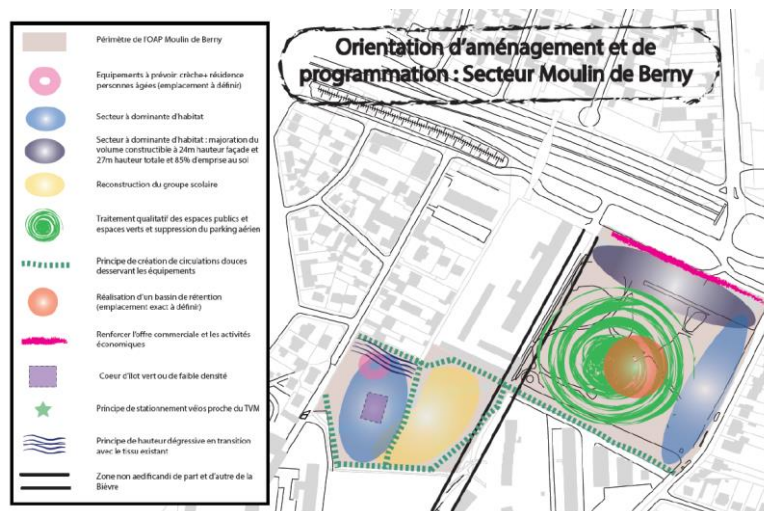


Figure 48: Orientation d'aménagement et de programmation - Secteur Moulin de Berny

Le nombre de logements approximatif est estimé à **230 logements**.

Secteur Tuileries :

Dans ce secteur, la Ville souhaite réaliser les aménagements suivants :

- Création de lieux de vie multi-activités autour des marchés rénovés,
- Requalification des espaces commerciaux pour les rendre plus attractifs,
- Création d'une offre de logements estimée à **230 logements**.

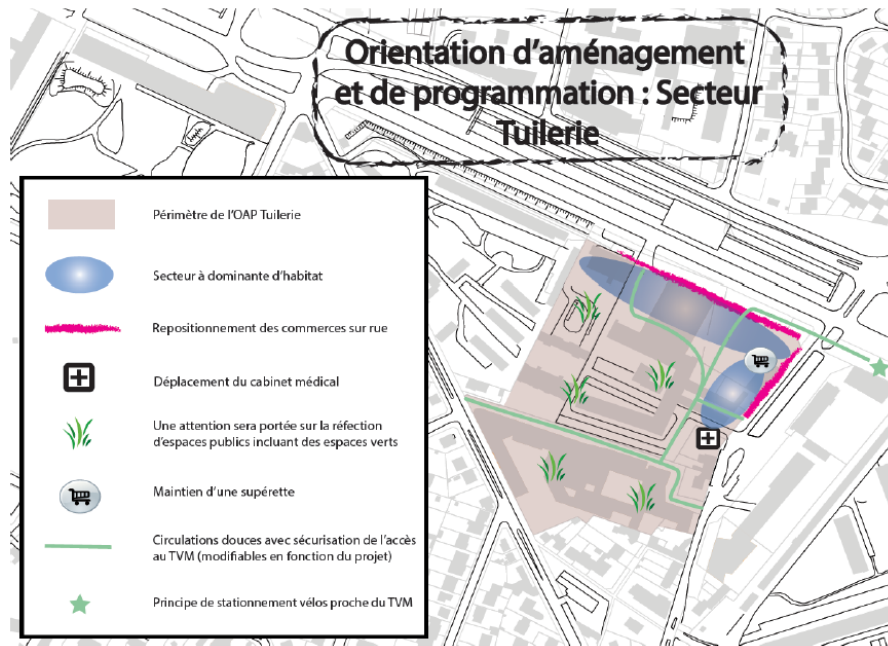


Figure 49: Orientation d'aménagement et de programmation - Secteur Tuilerie

Secteur centre-ville :

Fresnes souhaite réaménager son centre-ville en créant un quartier constitué d'une offre de logements variés adossée à de nouveaux équipements :

- Création d'une nouvelle cité scolaire de centre-ville (crèche, maternelle, élémentaire, collège, gymnase) ;
- Création de zones piétonnes et de promenades (**travaux susceptibles d'être coordonnés avec ceux d'extension du réseau de chaleur**),
- Création d'une offre de logements estimée à **350 logements**.

Ce projet présentant beaucoup d'inconnus, il a été écarté des prospects du schéma directeur.

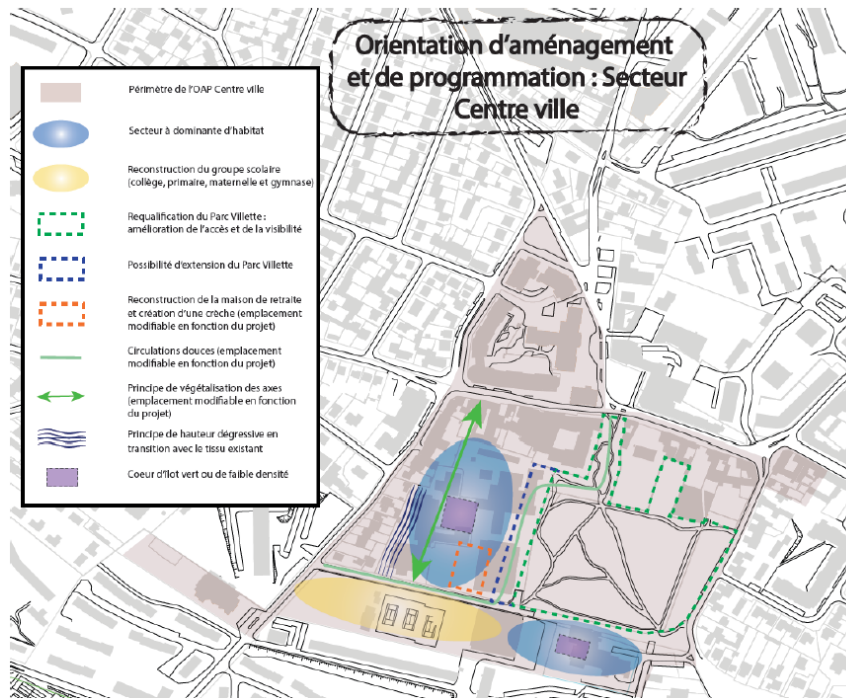


Figure 50: Orientation d'aménagement et de programmation - Secteur centre-ville

Secteur Cerisaie :

Les projets concernant ce secteur sont les suivants :

- Destruction du groupe scolaire Bastié-Bleuets pour accroître l'offre commerciale,
- Création d'une salle des fêtes,
- Construction d'une résidence pour personnes âgées,
- Amélioration de l'intégration de la Cerisaie dans le centre-ville par de nouveaux liens urbains **(travaux susceptibles d'être coordonnés avec ceux d'extension du réseau de chaleur),**
- Réalisation d'une école d'art qui intégrera le centre d'art de la Cerisaie,
- Création d'une offre de logements estimée à **110 logements.**

Tout comme le secteur du centre-ville, ces logements n'ont pas été considérés dans le cadre de ce schéma directeur.

Des projets de construction de logements sont en cours au niveau de la Cerisaie Sud. Comme le montre la figure suivante, certains bâtiments ont déjà choisi de se raccorder au réseau de chaleur (en bleu) alors que les autres (en vert) font partie de la liste des prospects de SOFREGE.



Figure 51: Orientation d'aménagement et de programmation - Secteur cerisaie Sud

Au total, la création d'environ **960 logements** est prévue dans le cadre de ces projets, auxquels s'ajoutent les logements issus des restructurations des grandes résidences sociales (**opérations de démolition/reconstruction des Groux, de la Lutèce et du Val de Bièvre**).

En dehors de ces zones, la Ville souhaite également améliorer son offre en équipements publics. Cependant, certains de ces projets ont été repoussés ou annulés. Pour la suite du schéma directeur, seuls les projets les plus susceptibles d'être mis en œuvre à l'avenir, et dont nous disposons de données, ont été considérés par SERMET dans sa prospection, en concertation avec la Ville.

Enfin, les projets d'extension d'un réseau de chaleur urbain sont intéressés par les travaux affectant la voirie, tels que la construction de lignes de tram ou la rénovation de routes, afin de profiter du réaménagement de la chaussée pour placer les nouvelles canalisations en tranchées. Dans ce cadre, nous avons identifié les projets suivants :

- L'élargissement d'un certain nombre de tronçons à l'horizon 2020 pour l'aménagement de pistes cyclables : rue Jean Moulin, boulevard Jean Jaurès, avenue de la République, boulevard Pasteur, boulevard de la Paix, boulevard de la Liberté et prolongement des cheminements actuels (sentier des Vignes, sentier de la Tuilerie, sentier de la Bonde, mail piéton du parc Médicis...),
- Requalification des rues Henri Barbusse et Emile Zola en tant que voiries urbaines pour y préserver les aménagements paysagers, les circulations douces, la sécurité, etc.,
- Sécurisation de la circulation aux abords des collèges (Saint Exupéry, Charcot),
- Réalisation d'un accès direct à la zone SILIC par le carrefour Roosevelt.

5.2.3. Résultat de la prospection

Au terme de la prospection une liste exhaustive des prospects potentiels a été établie. Ce potentiel s'élève à 96 prospects sur la commune de Fresnes.

A partir de cette liste exhaustive, un premier tri a été effectué en intégrant les paramètres suivants :

- Mode de chauffage non compatible avec le réseau de chaleur (individuel électrique ou gaz),
- Localisation du bâtiment trop éloigné du réseau de chaleur. L'ADEME financer les raccordements à partir d'une densité de 1,5 MWh/ml de la nouvelle antenne. Pour cette étude, et pour montrer quels bâtiments sont les plus intéressants à raccorder, SERMET s'est fixé un objectif de 3 MWh/ml,
- Prospect déjà contacté mais raccordement donné sans suite,
- Le nombre de logement est inférieur à 20 même si le chauffage est collectif.

Après cette première sélection, le potentiel d'extension est ramené à 52 prospects qui représentent un potentiel énergétique de 37,5 GWh/an. Les principales poches de développement du réseau sont présentées par la figure suivante. Sur cette dernière, les bâtiments en bleu et gris sont raccordés au réseau de chaleur alors que les bâtiments en vert sont des prospects.

A titre indicatif, la liste des prospects rejetés est présentée en Annexe 13.

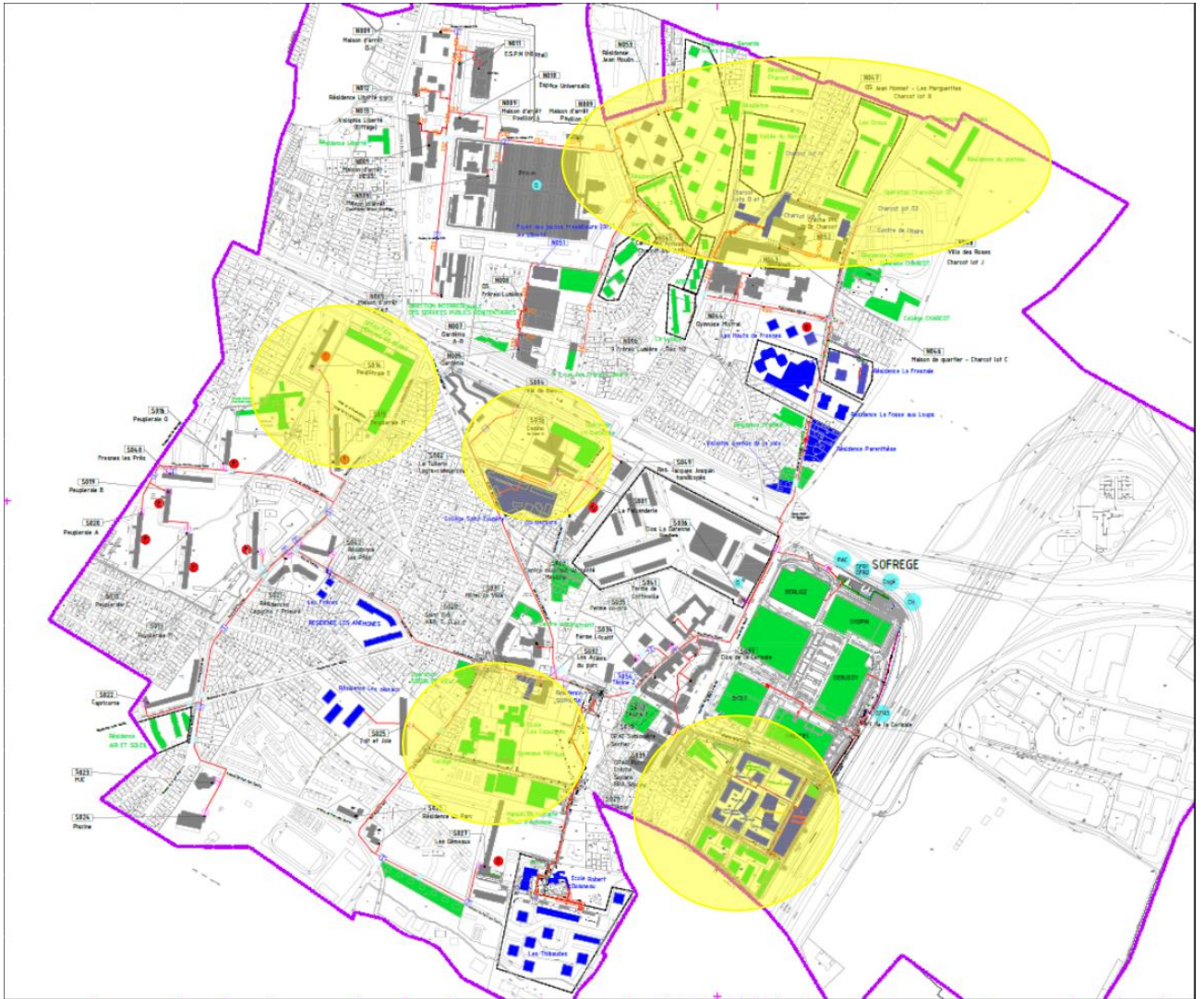


Figure 52 : Principales poches de développement identifiées sur le territoire de Fresnes

Ce plan est également présenté en Annexe 1.

Les besoins des prospects identifiés sont répartis géographiquement de la façon suivante.

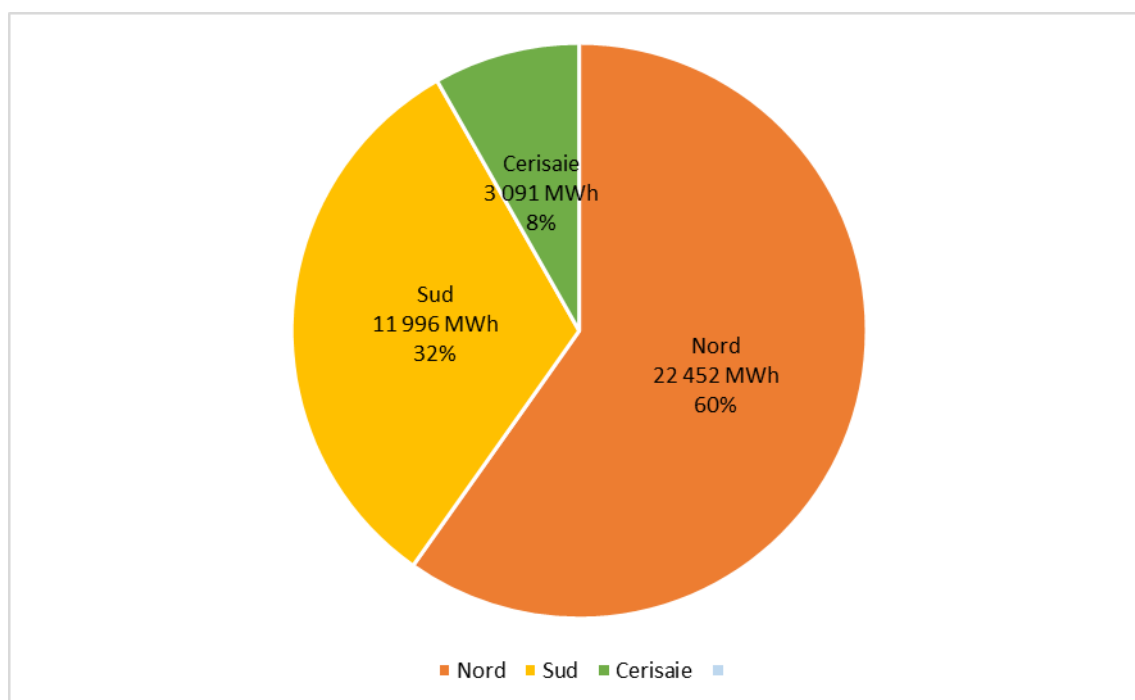


Figure 53 : Répartition géographique des besoins des prospects sur la commune de Fresnes

Les trois zones mises en avant concernent les trois parties historiques du réseau de chaleur de Fresnes, à savoir au Nord ou au Sud de l'autoroute ainsi que la zone de la Cerisaie.

Le secteur Nord de Fresnes concentre à lui seul 60% des besoins des prospects identifiés car il concentre de nombreuses résidences qui n'ont pour le moment pas été raccordées. Le secteur Sud rassemble quant à lui 32% de ces besoins. Enfin, le secteur de la Cerisaie est principalement occupé par des bâtiments d'activités qui ont été écartés du plan de raccordement à cause de leurs besoins spécifiques (notamment en froid plutôt qu'en chauffage).

Le potentiel sur la partie nord du réseau de Fresnes concerne donc essentiellement des logements alors que la partie sud concentre plutôt des équipements publics.

Les projets d'évolution et de développement du réseau peuvent être décomposés en plusieurs échéanciers selon les dates de raccordement prévisionnelles. Ainsi, les prospects identifiés ont été répartis en extensions à court terme (de 2018 à 2020), à moyen terme (jusqu'à 2025) et à long terme (à l'horizon 2030).

Les figures suivantes résument les futurs besoins du réseau, ainsi que l'évolution de la densité du réseau (en MWh/ml), en accord avec le planning de raccordement envisagé.

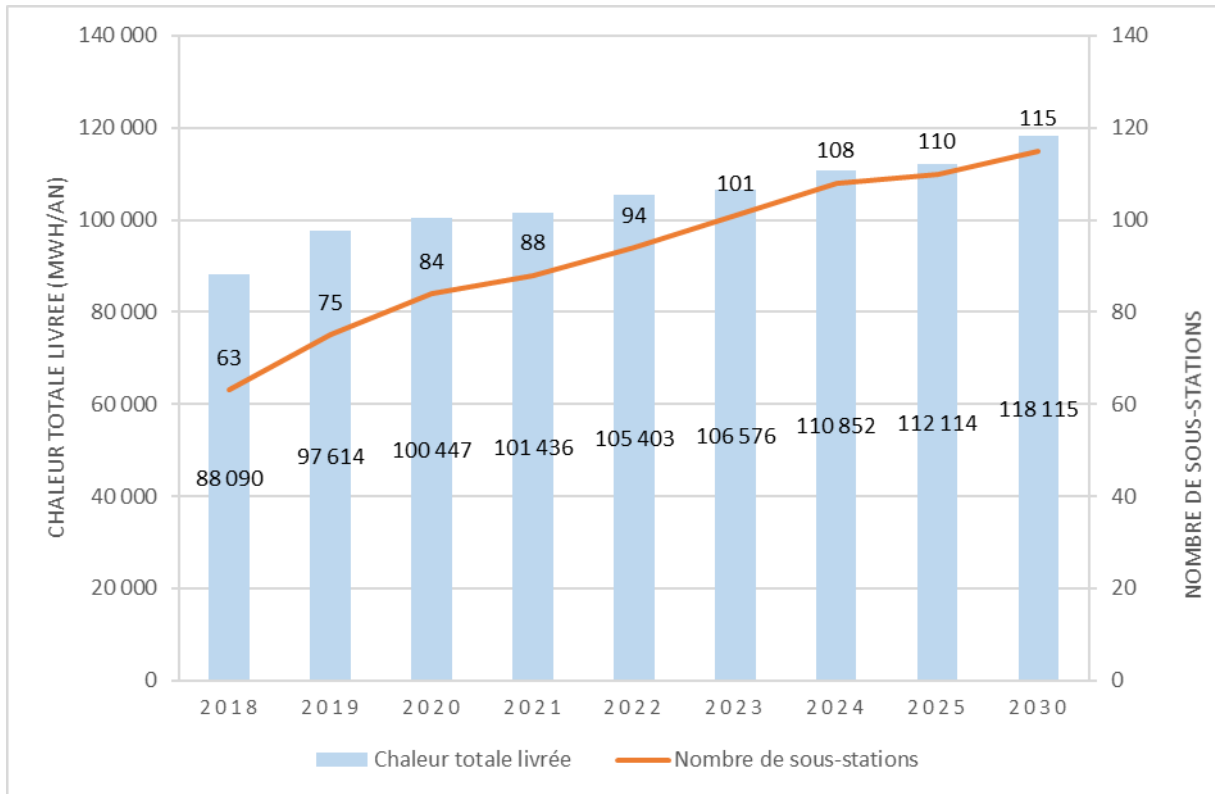


Figure 54 : Evolution de la chaleur livrée et du nombre de sous-stations considérée

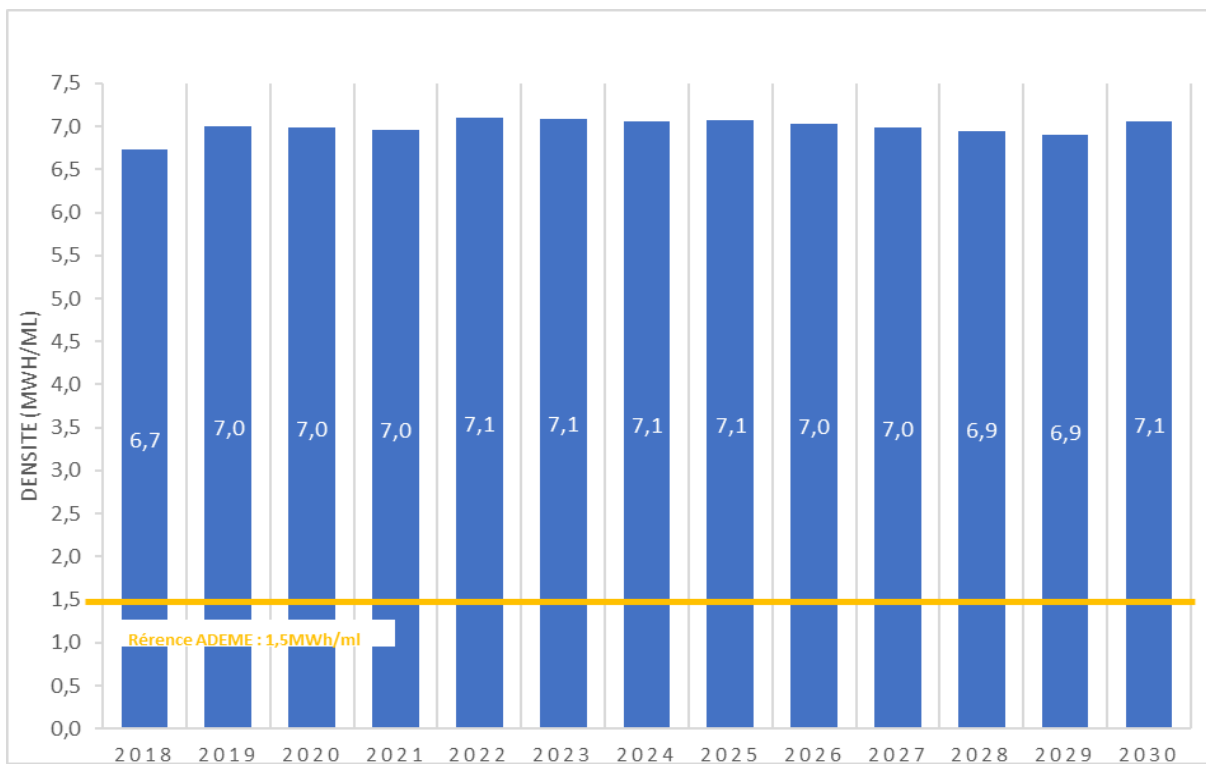


Figure 55: Evolution de la densité du réseau de chaleur de Fresnes

Le périmètre de développement envisagé est présenté par le tableau suivant.

N°	Nom	Secteur	Adresse	Type d'habitat	Etat	Longueur réseau	Eq.logt	Puissance			Consommations		
								Chauffage (kW)	ECS (kW)	TOTAL (kW)	Chauffage (MWh)	ECS (MWh)	TOTAL (MWh)
2019													
72	Verlaine/Résidence coopérative P et T	N	24-28 Rue des Frères Lumière	Copropriété	Existant	56 ml	75	280	121	401	632	264	896
74	Ecole Les Capucines	S	3 Rue Auguste Daix	Bâtiment d'enseignement	Vieux	109 ml	27	128	16	144	288	36	324
90	Gymnase Périquoi	S	Chemin de la Tour aux Chartiers	Equipement public	Vieux	155 ml	4	15	4	19	35	9	43
94	ZAC Charcot Ilôt D	N	9 rue du Docteur Charcot	Logements sociaux + commerces	Neuf	30 ml	47	168	86	254	378	189	567
95	ZAC Charcot Ilôt E	N	9 rue du Docteur Charcot	Logements sociaux + commerces	Neuf	16 ml	0	0	0	0	0	0	0
119A	Logements étudiants Frères Lumères CAPAS	N	Croisement Rues des Frères Lumières/des Fournières	Logements sociaux	Neuf	10 ml	52	119	161	281	269	353	622
121	Résidence Charcot / Zola	N	23/25/27 Rue Albert Thomas 112/114/116 rue Emile Zola	Copropriété	Existant	93 ml	146	549	236	785	1 237	517	1 754
122	Ancienne Poste	S	Boulevard Jean Jaurès	Logements sociaux	Neuf	16 ml	59	197	121	318	444	264	708
128	Collège Charcot	N	52bis Avenue de la Paix	Bâtiment d'enseignement	Existant	137 ml	27	128	16	144	288	36	324
134	Résidence Franklin	N	21/25 avenue de la Paix	Copropriété	Existant	49 ml	34	129	56	185	291	122	413
135	Résidence Fresnes aux Renard (Copro + OGIF)	N	rue du Général Warabiot	Copropriété	Existant	120 ml	266	999	430	1 429	2 251	942	3 193
138	Résidence Emile Zola	N	43 rue Emile Zola	Copropriété	Existant	77 ml	47	175	75	250	394	165	558
TOTAL Extensions 2019		12				868 ml	784	2 887 kW	1 323 kW	4 209 kW	6 507 MWh	2 897 MWh	9 404 MWh
2020													
89	Collège F. Fromond	S	3bis Rue Auguste Daix	Bâtiment d'enseignement	Vieux	55 ml	22	105	14	119	237	30	266
96	ZAC Charcot Ilôt G1	N	Rue Hélène Boucher	Logements sociaux	Neuf	25 ml	62	218	112	331	492	246	738
106	A1 - ZAC Cerisaie	C	Rue Marcel Duchamp/Chemin de MontJean	Logements sociaux	Neuf	29 ml	21	47	64	111	106	140	246
107	A2 - ZAC Cerisaie	C	Rue Marcel Duchamp/Chemin de MontJean	Logements sociaux	Neuf	61 ml	21	47	64	111	106	140	246
108	A3 - ZAC Cerisaie	C	Rue Marcel Duchamp/Chemin de MontJean	Logements sociaux	Neuf	30 ml	21	47	64	111	106	140	246
113	H - ZAC Cerisaie	C	Rue Juliette Drouet Rue Marcel Duchamp	Logements sociaux	Neuf	26 ml	53	122	166	288	276	363	638
114	I - ZAC Cerisaie	C	Avenue de la Cerisaie Rue Juliette Drouet	Logements sociaux	Neuf	41 ml	26	60	82	142	136	179	315
115	J - ZAC Cerisaie	C	29 -37 Chemin de MontJean	Logements sociaux	Neuf	33 ml	34	120	62	181	270	135	405
127	Résidence de la paix	N	102 Avenue de la paix	Copropriété	Existant	132 ml	26	97	42	139	218	91	310
TOTAL Extensions 2020		9				432 ml	284	864 kW	668 kW	1 532 kW	1 948 MWh	1 463 MWh	3 411 MWh
2021													
91	Maison de retraite Soleil d'Automne	S	2 rue de Wissous	Etablissement de santé	Existant	42 ml	28	132	17	148	296	37	334
131	Foyer ADEF	N	39 rue Emile Zola	Logements sociaux	Existant	29 ml	77	290	125	415	655	274	928
133	La Lutèce 2	N	27 rue Emile Zola	Logements sociaux	Vieux	100 ml	42	158	68	226	356	149	505
139	Direction Interrégionale des services pénitentiaires	N	3 avenue de la Division-Leclerc	Equipement public	Existant	42 ml	25	124	11	135	280	24	304
TOTAL Extensions 2021		4				212 ml	173	704 kW	221 kW	925 kW	1 587 MWh	484 MWh	2 071 MWh
2022													
115B	L-ZAC Cerisaie	C	13 rue Louise Bourgeois	Résidence Hôtelière	Neuf	0 ml	27	62	84	146	140	184	324
119b	Crèche du secteur Frères Lumière	N	Croisement Rues des Frères Lumières/des Fournières	Bâtiment d'enseignement	Neuf	10 ml	3	16	2	19	37	5	42
119c	Gymnase du secteur Frères Lumière	N	Croisement Rues des Frères Lumières/des Fournières	Equipement public	Neuf	10 ml	1	5	1	7	12	3	15
123	Opération Casino	S	34 Avenue de la Division Leclerc	Copropriété	neuf	52 ml	202	769	315	1 084	1 734	690	2 424
129	Air et Soleil	S	95-101 boulevard Jean Jaurès	Copropriété	Existant	71 ml	95	358	154	511	806	337	1 143
144	Groupe Scolaire Pasteur Roux	S	Allée de la Grenouillère	Bâtiment d'enseignement	Vieux	127 ml	57	272	35	307	613	77	689
TOTAL Extensions 2022		6				271 ml	386	1 482 kW	591 kW	2 074 kW	3 341 MWh	1 295 MWh	4 636 MWh
2023													
109	B1 - ZAC Cerisaie	C	Rue Marcel Duchamp/Chemin de MontJean	Logements sociaux	Neuf	34 ml	15	34	46	80	76	101	177
110	B2 - ZAC Cerisaie	C	Rue Marcel Duchamp/Chemin de MontJean	Logements sociaux	Neuf	17 ml	26	61	82	143	137	180	316
111	B3 - ZAC Cerisaie	C	Rue Marcel Duchamp/Chemin de MontJean	Logements sociaux	Neuf	14 ml	15	34	46	80	76	101	177
146a	Résidence le Vendôme	N	58 avenue de la Paix	Copropriété	Existant	7 ml	54	204	88	292	460	193	653

146b	Gymnase Charcot	N	59 avenue de la Paix	Equipement public	Existant	7 ml	3	11	3	14	25	6	31
208	2-4 rue Henri Barbusse	S	2-4 rue Henri Barbusse	Logements sociaux	Neuf	67 ml	13	30	40	70	67	88	155
209	6-14 rue Henri Barbusse	S	6-14 rue Henri Barbusse	Logements sociaux	Neuf	47 ml	51	116	158	274	263	345	608
TOTAL Extensions 2023		7				193 ml	176	490 kW	462 kW	952 kW	1 105 MWh	1 013 MWh	2 117 MWh
2024													
142	Centre administratif	S	9 Square du 19 Mars 1962	Equipement public	Existant	55 ml	21	102	9	111	229	20	249
143	Centre Henri Thellier	S	18 Rue Auguste Daix	Bâtiment d'enseignement	Existant	52 ml	10	49	4	54	111	10	120
202a	Logements a - Secteur Moulin de Berny	S	44 Avenue Paul Vaillant Couturier	Logements	Neuf	146 ml	58	204	105	309	460	230	690
202b	Logements b - Secteur Moulin de Berny	S	48 Avenue Paul Vaillant Couturier	Logements	Neuf	146 ml	58	204	105	309	460	230	690
202c	Logements c - Secteur Moulin de Berny	S	Boulevard Pasteur	Logements	Neuf	146 ml	58	204	105	309	460	230	690
203a	Logements - Secteur parc des sports	S	Avenue du parc des sports	Logements	Neuf	63 ml	30	106	55	161	240	120	360
205	Secteur Tuilerie	S	39 rue Henri Barbusse	Logements	Neuf	58 ml	173	612	315	927	1 380	690	2 070
TOTAL Extensions 2024		7				665 ml	406	1 482 kW	699 kW	2 180 kW	3 340 MWh	1 530 MWh	4 870 MWh
2025													
132	La Lutèce 1	N	Rue Emile Zola et Rue Professeur Einstein	Logements sociaux	Vieux	73 ml	109	410	177	587	925	387	1 311
137	Résidence Lumière	N	5-7 Rue des Frères Lumière	Copropriété	Existant	57 ml	50	189	81	270	425	178	603
TOTAL Extensions 2025		2				130 ml	160	599 kW	258 kW	857 kW	1 350 MWh	565 MWh	1 915 MWh
2030													
125	La Vallée du renard	N	Rue Emile Zola et rue du docteur Charcot	Copropriété	Vieux	243 ml	340	1 277	550	1 826	2 878	1 203	4 081
126	Résidence du plateau	N	94/96 avenue de la Paix 45 boulevard Stalingrad	Copropriété	Existant	265 ml	193	749	289	1 038	1 688	633	2 321
130	Les Groux	N	Rue Brulart / rue Albert Thomas	Logements sociaux	Vieux	169 ml	137	315	426	742	711	934	1 644
163	47 Avenue de la Liberté	N	47 Avenue de la Liberté	Copropriété	Existant	84 ml	53	199	86	285	450	188	638
168	Résidence Promenade du Barrage	S	25 Promenade du Barrage	Copropriété	Existant	129 ml	36	135	58	193	305	127	432
TOTAL Extensions 2030		5				890 ml	760	2 675 kW	1 409 kW	4 085 kW	6 031 MWh	3 086 MWh	9 117 MWh
TOTAL Extensions à l'horizon 2030		52				3 660 ml	3128	11 183 kW	5 630 kW	16 814 kW	25 208 MWh	12 331 MWh	37 539 MWh

Tableau 20 : Synthèse des extensions et temporalités de raccordement envisagées

La temporalité du raccordement d'un abonné a été déterminée en fonction des informations obtenues sur l'âge des équipements thermiques ou de la dernière date de renouvellement du contrat de chauffage pour un prospect existant ou de l'état d'avancement de la construction du projet pour un prospect non existant.

5.3 MOBILISATION DU POTENTIEL

5.3.1. Prospects identifiés par SOFREGE dans son offre

Le programme de développement du réseau de Fresnes prévu par SOFREGE à la signature de la DSP (périmètre de 1^{er} établissement) est le suivant :

Nom	Date prévue de raccordement	N° Police	Etat d'avancement
5-7 RUE DES FRERES LUMIERES	2011	SOFN053	Aucune information
Bâtiment 9 rue des Frères Lumières	2012	SOFN0117	Retard de programmation
LES HAUTS DE FRESNES	2011	SOFN059	Mise en service depuis le 1/11/2011
TENINE 2	2011	SOFS062	Mise en service depuis le 15/09/2011
GROUPE SCOLAIRE SAINT-EXUPERY	2011	SOFS067	Mise en service depuis le 04/11/2011
ECOLE BARBARA	2011	SOFS080	Mise en service depuis le 05/07/2013
RESIDENCE SOPHORA	2011	SOFS085	Mise en service depuis le 19/11/2013
ZONE SILIC	2011	/	Négociations commerciales en cours
LA FOSSE AUX LOUPS	2011	SOFN077	Mise en service depuis le 02/10/2014
LES ANEMONES	2011	SOFS076	Mise en service depuis le 16/10/2014
LES THIBAUDES	2011	SOFS078 / 79	Mise en service depuis le 12/10/2015 et 13/10/2015
ECOLE LES CAPUCINES	2011	SOFS073	Abandonné
COLLEGE F. FROMOND	2011	SOFS086	Abandonné
GYMNASE PERIQUOI	2011	SOFS087	Raccordement prévu en 2018
ECOLE R. DOISNEAU	2011	SOFS074	Mise en service depuis le 06/10/2015
R.P.A. SOLEIL D'AUTOMNE	2011	SOFS088	Abandonné
ZAC CHARCOT LOT G2	2012	SOFN070a/b	Mise en service depuis le 12/11/2012 et le 07/11/2012
ZAC CHARCOT LOT F	2012	SOFN075a	Mise en service depuis le 03/01/2013
ZAC CHARCOT LOT H	2012	SOFN075b	Mise en service depuis le 03/01/2013
ZAC CHARCOT LOT D / E	2012	SOFN091/92	Négociations commerciales en cours
ZAC CHARCOT LOT G1	2012	SOFN093	Programmation retardée
ZAC CERISAIE LOT G	2014	SOFS095	Mise en service depuis le 02/06/2014
ZAC CERISAIE LOT F	2014	SOFS097	Mise en service depuis le 22/10/2014
ZAC CERISAIE LOT D1	2015	SOFS098	Mise en service depuis le 17/03/2015
ZAC CERISAIE LOT D2	2014	SOFS099	Mise en service depuis le 07/10/2014
ZAC CERISAIE LOT D3	2014	SOFS100	Mise en service depuis le 17/10/2014
OPERATION CASINO	2014	SOFS121	Programmation retardée
ANCIENNE POSTE	2014	SOFS120	Contrat de raccordement signé
COPROPRIETE LA FRESNAIE	2014	SOFN118	Mise en service depuis le 08/09/2015
COPROPRIETE LES RENARDEAUX	2014	?	Négociations commerciales en cours
GS Coquelicots/Monod	2014	SOFS069	Mise en service depuis le 20/06/2013
Centre d'Art	2014	SOFS101	Mise en service depuis le 18/08/2016
Résidence VALOPHIS lot K	2014	SOFS102	Mise en service depuis le 18/08/2016
Résidence I3F lot C	2014	SOFS110	Mise en service depuis le 18/08/2016

Tableau 21: Programme de développement du réseau de chaleur de Fresnes prévu par SOFREGE à la signature de la DSP

Par rapport au planning prévisionnel des raccordements proposés, nous pouvons voir que certains abonnés du précédent tableau ne sont pas encore raccordés au réseau de chaleur de Fresnes.

En ce qui concerne les bâtiments construits au moment de la mise en place de la DSP, les raisons des décalages des raccordements sont les suivantes :

- Immobilière 3F (Thibaudes, Anémones et Fosse aux Loups) : la négociation commerciale avec Immobilière 3F a été longue à aboutir. La signature du protocole de raccordement entre SOFREGE et I3F a été réalisée début 2014,
- Antenne Sud (Gymnase Périquoi, Collège F. Fromond, RPA Soleil d'Automne, Ecoles Les Capucines et R. Doisneau) : l'engagement des procédures commerciales de ces sites était lié à la signature du protocole de raccordement pour la résidence les Thibaudes d'Immobilière 3F. En effet, le raccordement de ces bâtiments nécessitait la réalisation d'une nouvelle antenne structurante pour SOFREGE,
- Zone SILIC : SOFREGE indique avoir eu des difficultés lors des négociations commerciales avec le prospect. La SILIC souhaite en effet disposer d'un système électrique réversible autonome (chaud/froid) sur chacun de ses bâtiments et est donc actuellement peu intéressée par un raccordement au réseau de Fresnes,
- Copropriétés situées sur le réseau NORD : à l'exception des Hauts de Fresnes raccordés en 2011, SOFREGE souhaitait temporiser le raccordement de ces bâtiments car « *le diamètre des canalisations installées sous l'Avenue de la Paix ne permet pas de véhiculer l'énergie nécessaire à la fourniture totale des besoins identifiés pour ces prospects* ».

En 2018, SOFREGE a raccordé le Gymnase Périquoi et des discussions sont en cours concernant l'école Capucine, le collège Fromond et la maison de retraite Soleil d'Automne.

En ce qui concerne les bâtiments qui n'étaient pas encore construits au moment de la mise en place de la DSP, les raisons des décalages des raccordements sont les suivantes :

- ZAC Charcot : seuls les lots F, G2 et H ont été construits et raccordés au réseau. La construction des autres lots (D, E, G1) a cependant été retardée. Toutefois, le raccordement de ces lots est toujours prévu par la SEMAF,
- Opération Casino : la programmation prévisionnelle de la requalification de ce secteur n'est pas encore actée à ce jour,
- Ancienne Poste : la programmation prévisionnelle de la requalification de ce secteur est envisagée à fin 2019.

5.3.2. Procédures envisageables pour le raccordement des nouveaux abonnés

Il existe différentes procédures envisageables pour convaincre les nouveaux abonnés envisagés de se raccorder au réseau de chaleur, à savoir :

- Le contenu en CO2 du réseau pour le raccordement d'un bâtiment neuf,
- La compétitivité du prix de la chaleur,
- La mise en place d'une procédure de « Classement » du réseau de Fresnes.

Les deux premières procédures sont des avantages économiques non négligeables permettant de rentabiliser les droits de raccordement exigibles par SOFREGE aux abonnés non considérés dans le périmètre de 1^{er} établissement.

Ces trois procédures sont décrites dans les paragraphes suivants.

- **Contenu en CO2**

La réglementation thermique 2012 a introduit un mécanisme de valorisation des réseaux de chaleur qui émettent peu de CO₂ : suivant la valeur du contenu CO₂ du réseau de chaleur, le bâtiment neuf raccordé au réseau peut voir son objectif de consommation maximale majoré d'un coefficient McGES. Cette majoration peut atteindre la valeur de 30 % pour les réseaux de chaleur les plus vertueux.

Cette majoration présente un intérêt fort pour les promoteurs car elle diminue l'exigence des moyens à mettre en œuvre pour respecter les seuils de la Réglementation Thermique en vigueur (notamment la réduction de la performance de l'enveloppe) ce qui permet de réduire les coûts de construction des bâtiments.

Le contenu en CO₂ du réseau de Fresnes actuellement reconnu par les pouvoirs publics par l'arrêté du 11 octobre 2018 (correspondant à la situation des réseaux de chaleur à la fin de l'année 2016) est de 0,095 kg/kWh.

- **Compétitivité du tarif**

Le tarif actuel du réseau de chaleur de Fresnes est compétitif par rapport à une solution traditionnelle au gaz naturel. De plus, il est à noter que cette compétitivité :

- Est maintenue dans le temps grâce à la TVA réduite appliquées aux consommations de chaleur (plus de 50 % d'ENR&R sur le réseau de chaleur de Fresnes) ;
- Est amenée à croître avec la hausse programmée par les pouvoirs publics de la TICGN.

- **Procédure de classement du réseau**

Cadre législatif :

Le classement des réseaux de chaleur et de froid est défini par les articles L712-1 à L712-5 du Code de l'énergie, les articles 5 et 7 de la loi 80-531 du 15 juillet 1980, le décret n°2012-394 du 23 mars 2012 relatif au classement des réseaux de chaleur et de froid et l'arrêté du 22 décembre 2012 relatif au classement des réseaux de chaleur et de froid.

Conformément au Code de l'énergie, le classement du réseau est possible si trois conditions sont respectées :

- Le réseau est alimenté à au moins 50% par des énergies renouvelables et de récupération,

- Un comptage des quantités d'énergie livrées par point de livraison (c'est-à-dire par sous-station) est assuré,
- L'équilibre financier de l'opération pendant la période d'amortissement des installations est assuré.

Ces 3 conditions sont actuellement respectées par le réseau de Fresnes.

Le classement est prononcé par délibération de la collectivité ou du groupement de collectivités, étant précisé que :

- Sur les réseaux existants, un audit énergétique examinant les possibilités d'amélioration de leur efficacité énergétique doit être réalisé ;
- Lorsqu'il existe une commission consultative des services publics locaux (art. L1413-1 du cgct), elle doit être consultée pour avis.

La décision de classement définit, à l'intérieur de la zone desservie par le réseau, des périmètres de développement prioritaires.

Application au contrat de DSP actuel :

Le contrat de DSP actuel prévoit le classement du réseau de Fresnes à l'article 15 ainsi rédigé :

« La création ou la modification d'une obligation de raccordement résultant du classement du réseau de distribution publique d'énergie calorifique, en cours de concession et en vertu de la loi n° 80-531 du 15 juillet 1980 relative aux économies d'énergie et à l'utilisation de la chaleur et de la loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 relative à l'air et à l'utilisation rationnelle de l'énergie, ouvrira droit pour les parties à une révision des conditions de rémunération.

Cette révision, qui donne lieu à la passation d'un avenant et ne peut remettre en cause l'économie générale du présent contrat ne peut être définie qu'en faveur des usagers.

Le Concessionnaire s'engage à se rapprocher de la Collectivité, dans une période maximale de 6 mois qui suivront la publication du décret mentionné à l'article 11 de la loi n°80-531 du 15 juillet 1980 dans sa rédaction issue de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 pour étudier toute mesure de classement du réseau et toute conséquence sur le contrat de concession.

Le Concessionnaire devra à cette fin fournir tous les éléments et études ou audits nécessaires au classement du réseau mentionnés à l'article 11 de la loi n°80-531 du 15 juillet 1980 ainsi que par le décret susvisé. »

Le réseau de Fresnes n'est plus classé depuis 2006 (depuis le changement du cadre de la procédure de la loi Grenelle). Les décrets d'application de la procédure de classement des réseaux ont été publiés le 22 décembre 2012. SOFREGE, dans le cadre des réunions d'exploitation, a exprimé en 2013 son souhait de ne pas engager cette procédure. La mise en stand-by de la procédure a été confirmée par la Mairie au début de l'année 2014.

La relance de cette procédure est actuellement envisageable sur simple décision de la Mairie mais, à ce jour, peu de difficultés sont rencontrées pour raccorder des bâtiments à Fresnes.

Toutefois, les modalités d'application de l'article 15 de la DSP devront être revues en fonction des dispositions présentes dans le décret d'application de la procédure « Classement ». Le Classement du réseau de Fresnes engendrera de façon certaine la réalisation d'un avenant.

5.3.3. Préconisations aux nouveaux abonnés

L'exploitation d'un réseau de chaleur à base de géothermie demande le respect d'un certain nombre de préconisations techniques, afin de permettre une valorisation optimale de la ressource géothermale :

- Un dimensionnement sélectif des échangeurs de chaleur, donnant :
 - Un pincement faible sur les échangeurs de chaleur,
 - De faibles pertes de charge,
- Une régulation du réseau primaire en sous-station par vanne deux voies, du fait du recours à la variation de débit,
- La suppression des bouteilles de mélange ou « casse pression » sur les réseaux secondaires et primaires en sous-station,
- Le raccordement des préparateurs d'ECS directement sur le réseau primaire.

De ce fait, il y a lieu pour la Ville de Fresnes et son délégataire d'imposer aux constructions neuves des préconisations techniques précises et exigeantes.

Il s'agit principalement :

- de dimensionner les réseaux secondaires de chauffage des immeubles en régime basse température (60°C/40°C au maximum),
- de respecter un schéma type de raccordement des installations secondaires aux installations primaires,
- de prévoir dans les immeubles un local pour abriter le poste de livraison,
- de respecter un certain nombre de dispositions pour la réalisation des sous-stations (surface, ventilation du local, alimentation électrique, puisard, accessibilité...).

Un cahier des charges type, adapté ensuite à chaque raccordement devra être fourni aux futurs abonnés.

Création d'un réseau de distribution :

Les projets d'extension du réseau de chaleur nécessitent également la création du réseau de distribution, en particulier :

- La création des réseaux principaux sous voirie publique permettant de distribuer la chaleur jusqu'aux nouveaux secteurs,
- La création des antennes entre les réseaux principaux et les locaux des sous-stations.

Ces réseaux seront de type 2 ou 3 tubes selon les possibilités d'optimisation de la récupération énergétique, en acier pré-isolé et enterrés en pleine terre.

5.4 DEVENIR DE LA COGÉNÉRATION

Pour rappel, la cogénération est caractérisée par un contrat C13 se terminant le 10 novembre 2023.

Le tarif d'achat de l'électricité produite par une cogénération gaz est disponible depuis le 3 novembre 2016, date de la publication de l'arrêté fixant les nouvelles conditions d'achat (contrat C16) qui remplace le contrat C13.

Ce nouvel arrêté implique :

- Qu'à la fin de l'année 2016, le seul tarif d'achat de l'électricité pour les installations de cogénération est le contrat C16. Toute cogénération bénéficiant d'un CODOA (Certificat Ouvrant Droit à Obligation d'Achat) déposé avant le 31/12/2015, peut encore bénéficier d'un C13 ou faire le choix de passer en C16.
- Que les contrats C13 en cours se poursuivent ainsi jusqu'à leur date de fin.

Le contrat actuel d'obligation d'achat de la cogénération de Fresnes va donc se poursuivre jusqu'à son terme. Aucune possibilité de repartir sur un nouveau tarif garanti n'est proposée. Ainsi, la poursuite du fonctionnement de la cogénération peut donc être envisagé suivant trois possibilités :

- Arrêt et démantèlement total des installations,
- Poursuite de la revente totale de l'électricité produite sur le marché libre,
- Maintien en partie des installations pour l'autoconsommation électrique des équipements du réseau (pompes, PAC...).

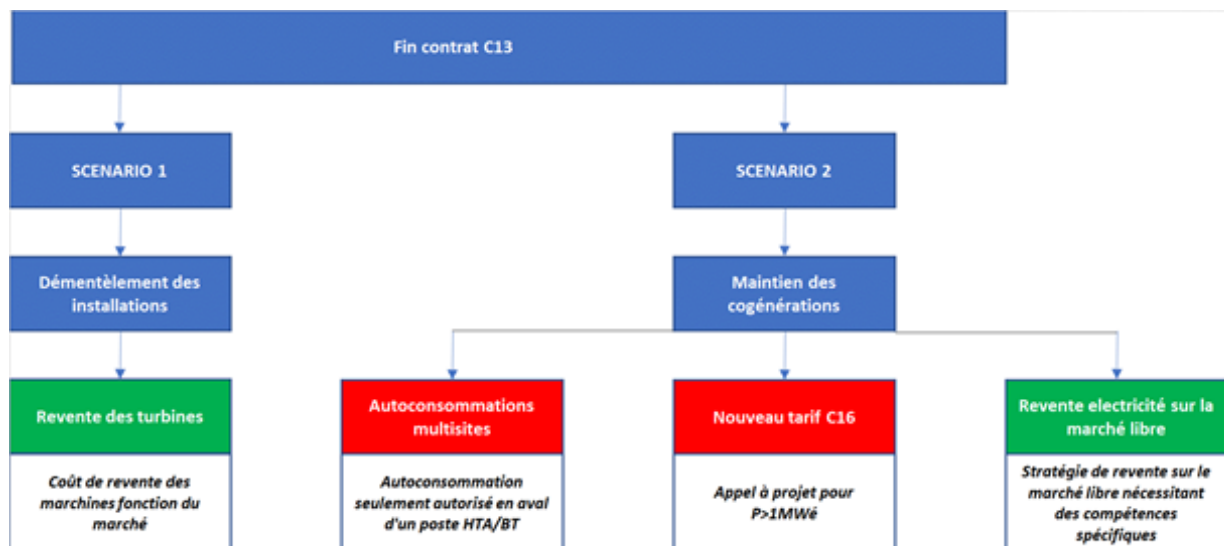


Figure 56 : Devenir de la cogénération

Concernant le troisième point, au sujet de l'autoconsommation, il est important de noter que l'autoconsommation dite « multisites » n'est pas possible dans le cadre juridique actuelle. En effet, le régime de l'autoconsommation est défini à l'article L.315-1 du code de l'énergie comme « (...) *le fait pour un producteur, dit autoproducteur, de consommer lui-même et sur un même site tout ou partie de l'électricité produite par son installation* ». Cette limite géographique est confirmée par un amendement à l'Ordonnance autoconsommation qui avait précisément pour objet d'éviter que la production d'électricité puisse alimenter plusieurs sites appartenant à la même personne.

Compte tenu que, d'un point de vue technique, la capacité de production électrique de la cogénération est largement supérieure à la consommation du site, il n'apparaît pas opportun de conserver la cogénération pour réaliser de l'autoconsommation.

Cette décision a un fort impact sur l'équilibre économique initialement prévu par SOFREGE lors de son offre car le chiffre d'affaires ne pourra plus compter sur les recettes électriques liées à la vente de l'énergie électrique produite par la cogénération.

Ainsi, dans ce schéma directeur, nous avons considéré, sur un point de vue technique, un arrêt de la centrale de cogénération en 2024. Les aspects financiers en lien avec cette perte de chiffre d'affaire, en partie compensée par la diminution des charges d'exploitation liées, n'ont pas été abordés dans ce schéma directeur et feront l'objet d'une analyse économique particulière considérant l'ensemble des produits perçues et charges déboursées depuis le début de la DSP ainsi que l'impact important de la hausse de TICGN.

5.5 DIMENSIONNEMENT DU RÉSEAU

Comme nous l'avons présenté dans le diagnostic du réseau, le développement du réseau de chaleur pourrait être limité par une contrainte technique non négligeable : le diamètre des canalisations actuellement installées est possiblement insuffisant pour véhiculer toute la puissance nécessaire aux nouveaux abonnés identifiés.

Dans nos simulations, nous avons en effet montré que les premiers tronçons en partance de la centrale géothermique sont actuellement à la limite de leur capacité.

Une étude hydraulique complète du réseau, à la charge du délégataire, semble indispensable. Cette dernière doit pouvoir identifier les éventuels tronçons à remplacer ou une modification du fonctionnement du réseau afin de fournir la totalité des prospects identifiés.

Nous avons fait l'hypothèse que seules les dimensions du premier tronçon limitent la quantité de calories thermiques qui peut être transmise aux usagers.

Au moment de la rédaction de ce rapport, SOFREGE indique avoir entrepris la réalisation d'une telle étude et rappelle les principales solutions envisageables en cas de saturation d'un tronçon :

- Augmentation du diamètre des canalisations, qui implique d'ouvrir une tranchée d'environ 1,5 m de largeur afin de remplacer le tronçon existant,

- Limitation du développement de la partie Nord du réseau,
- Mise en place d'une ou plusieurs chaufferie(s) de délestage,
- Réduction des températures de retour de la partie nord du réseau afin de diminuer le débit nécessaire à la fourniture. Cependant, SOFREGE nuance ce point car depuis la mise en service de la pompe à chaleur, une partie du débit du réseau nord (et sa température) sert à alimenter le condenseur et participe donc aux performances globales du réseau.

Ainsi, l'optimisation du réseau doit être étudiée avant d'envisager de construire une nouvelle source d'EnR&R. En effet, il est inutile d'augmenter l'appareil de production si le réseau actuel ne distribue pas correctement les calories récupérées sur la géothermie.

5.6 PRISE EN COMPTE DE RÉNOVATIONS THERMIQUES

Dans le cadre de ce schéma directeur, il peut être envisagé que dans l'avenir proche considéré (horizon 2030), et dans un contexte d'encouragement du développement durable, un certain nombre de bâtiments existants entreprennent la rénovation thermique de leur patrimoine. En effet, de nombreux arguments poussent actuellement les abonnés d'un réseau de chaleur à entreprendre de tels travaux : diminution des besoins et donc des consommations (part proportionnelle R1) et possibilité de renégociation de leur puissance souscrite avec l'Exploitant du réseau (part fixe R2).

Ce point a un impact non négligeable sur le fonctionnement et sur la gestion d'un réseau de chaleur. En effet, si des abonnés déjà raccordés décident de rénover leurs bâtiments, la demande en chaleur diminuera et l'Exploitant devra trouver de nouveaux bâtiments à raccorder pour maintenir l'équilibre économique du projet. De plus, le fonctionnement hydraulique du réseau doit être optimisé pour épuiser les températures au niveau des bâtiments nécessitant des températures plus basses.

Afin de tenir compte de la rénovation thermique de certains bâtiments, nous avons fait les hypothèses suivantes :

- Une diminution de 30% des besoins d'ici 2030 pour les logements sociaux anciens (soit une diminution de 2,7% par an depuis 2019),
- Une diminution de 15% des besoins d'ici 2030 pour les copropriétés anciennes (soit une diminution de 1,4% par an depuis 2019),
- Une diminution de 15% des besoins d'ici 2030 pour les bâtiments communaux anciens (soit une diminution de 1,4% par an depuis 2019).

Ce gain énergétique a été considéré à partir de 2019 pour les bâtiments raccordés et les abonnés futurs pour l'ensemble des scénarii d'évolution du réseau de chaleur.

Ce gain permet une réduction des consommations de l'ordre de **6% sur la consommation totale à l'horizon 2030.**

6 ETUDE DES SCENARIOS D'EVOLUTION

6.1 ANALYSE TECHNIQUE

6.1.1. Sélection des scénarii

Pour rappel, les scénarii sont établis en fonction des objectifs et enjeux suivants :

- Atteindre de manière durable un taux de couverture en énergies renouvelables « significativement » supérieur à 60%, pour faire face à des aléas d'exploitation,
- Disposer d'installations de production thermique fiables et sécurisées permettant de secourir totalement la production de chaleur pour les abonnés en cas d'indisponibilité de la géothermie et de la cogénération.

Différents scénarii ont ainsi été considérés, en se basant sur les sources de production EnR précédemment identifiées :

- Scénario 0 : réalisation des raccordements envisagés, arrêt de la cogénération en 2024,
- Scénario 1 : scénario 0 + ajout d'une chaufferie biomasse dont la puissance (4,5 MW) permet d'atteindre un taux d'EnR relativement confortable par rapport à l'objectif de 60%,
- Scénario 2 : scénario 0 + ajout d'une installation de géothermie profonde en supposant que les performances du nouveau puits seront les mêmes que celles du puits actuel (débit d'extraction de 300 m³/h à une température de 73,5°C).
- Scénario 3 : scénario 0 + ajout d'une installation de méthanisation de 1,3 MW, qui correspond à une installation importante à l'heure actuelle,
- Scénario 4 : scénario 0 + ajout d'une installation de géothermie superficielle en prenant comme hypothèses que le débit d'extraction est de 100 m³/h et que la température de l'eau est de 30°C. Ces hypothèses sont optimistes pour une telle installation.

Nous avons ensuite simulé le comportement du réseau et des unités de production des différents scénarii face à l'augmentation des besoins liée au planning de raccordements présenté dans le paragraphe 5.2.3, en prenant en compte les rénovations thermiques énoncées plus haut. L'ensemble des scénarii ont donc les mêmes hypothèses en termes de consommations. Les résultats de ces simulations sont présentés dans les tableaux suivants.

Remarque : les modélisations réalisées à l'origine de la mise en œuvre des installations de géothermie en Ile-de-France suggéraient que 20 années d'exploitation pouvaient conduire à une baisse des températures de l'eau géothermale et/ou à une diminution de la productivité des installations (débit). Cependant, il n'y a pas eu de constat avéré d'une baisse de la température de l'eau géothermale ou de productivité des installations en Ile-de-France malgré le dépassement de cette durée. C'est pourquoi l'ensemble des scénarii prend en compte le fonctionnement du triplet selon ses performances actuelles jusqu'à l'horizon 2030

Caractéristique de la nouvelle production	Production actuelle		
	2018	2024	2030
Année			
Puissance appelée (MW)	32	39	41
Consommation (GWh)	88	111	118
Equivalents logements	9 519	11 728	12 647
Taux d'EnR	55 %	49 %	48 %

Tableau 22: Résultats - Scénario 0 - Production actuelle

Caractéristique de la nouvelle production	Bois (4,5 MW)	
	2024	2030
Année		
Puissance appelée (MW)	39	41
Consommation (GWh)	111	118
Equivalents logements	11 728	12 647
Taux d'EnR	68 %	66 %

Tableau 23 : Résultats – Scénario 1 – Chaufferie biomasse

Caractéristique de la nouvelle production	Géothermie (9,6 MW ; 300 m ³ /h ; 73,5°C)	
	2024	2030
Année		
Puissance appelée (MW)	39	41
Consommation (GWh)	111	118
Equivalents logements	11 728	12 647
Taux d'EnR	79 %	77 %

Tableau 24 : Résultats - Scénario 2 – Géothermie profonde

Caractéristique de la nouvelle production	Méthanisation (1,3 MW)	
	2024	2030
Année		
Puissance appelée (MW)	39	41
Consommation (GWh)	111	118
Equivalents logements	11 728	12 647
Taux d'EnR	55%	54 %

Tableau 25: Résultats - Scénario 3 – Méthanisation

Caractéristique de la nouvelle production	Géothermie superficielle (2,3 MW ; 100 m ³ /h ; 30°C)	
	2024	2030
Année		
Puissance appelée (MW)	39	41
Consommation (GWh)	111	118
Equivalents logements	11 728	12 647
Taux d'EnR	60%	58 %

Tableau 26: Résultats - Scénario 4 – Géothermie superficielle

Le tableau suivant présente une synthèse de ces résultats, et énonce les avantages et inconvénients de chacune des situations étudiées.

	Production actuelle	Méthanisation	Géothermie superficielle	Biomasse	Géothermie profonde
Taux d'EnR en 2030	48%	54%	58%	66%	77%
Enjeux	Optimisation du fonctionnement du réseau actuel	Nécessité d'implanter un projet	Terrain d'implantation Capacité de l'ALBIEN	Terrain d'implantation	Terrain d'implantation Capacité du DOGGER
Avantages	Ouvrages déjà existants en délégation Taux d'EnR contractuel > 60%			Taux d'EnR > 60% Investissement faible	Taux d'EnR > 60%
Inconvénients	Taux d'EnR technique < 60% Développement limité même avec optimisations	Taux d'EnR < 60% Pas de maîtrise sur la création d'un projet à Fresnes	Taux d'EnR < 60%	Rejet de particules Trafic de camions	Fort investissement

Tableau 27 : Synthèse des résultats des simulations

Ainsi, deux scénarii permettent d'atteindre l'objectif de 60% d'EnR en 2030 malgré les nouveaux raccords :

- Construction d'une chaufferie biomasse,
- Construction d'un nouveau doublet de géothermie profonde.

Cependant, le scénario initial qui conserve les sources de production actuelles ne doit pas être mis de côté car la capacité du doublet de géothermie actuel pourrait, avec des optimisations sur le réseau, conduire à un taux d'EnR bien plus important. Ce sera d'ailleurs le premier point du plan d'actions à mettre en place.

Les paragraphes suivants présentent les résultats techniques (taux de couverture, taux d'EnR&R, émissions de CO₂) des simulations effectuées pour les quatre scénarii conservés plus haut. Suite à cette analyse technique, les résultats de l'analyse économique de ces scénarii seront présentés pour juger de leur viabilité.

6.1.2. Scénario 0 – Production actuelle

Ce scénario prend en compte le plan de raccordements prévu sans ajout de source de production. Ainsi, la production actuelle est conservée à l'exception de la centrale de cogénération, dont le contrat se termine en 2023.

6.1.2.1. Analyse de la capacité de production énergétique

Le tableau ci-dessous illustre la capacité du réseau à assurer les besoins et le secours du réseau, jusqu'au développement prévu en 2030, en cas de panne de la géothermie et des pompes à chaleur. Ceci sous-entend que les sources de productions d'appoint centralisée et décentralisées doivent avoir une capacité suffisante pour répondre aux besoins des usagers, en prenant en compte les pertes sur le réseau de distribution, pour une température extérieure de -7°C.

Bilan de puissance	
Besoins max + pertes	40 805
Appoint réseau max	18 900
Appoint local max	33 630
Excédent de secours	11 725

Ainsi, les moyens de production actuels seront en mesure de répondre aux besoins futurs du réseau, même en cas d'arrêt des principales sources d'énergie (centrale de géothermie, PAC et cogénération).

6.1.2.2. Analyse de l'évolution du bouquet énergétique

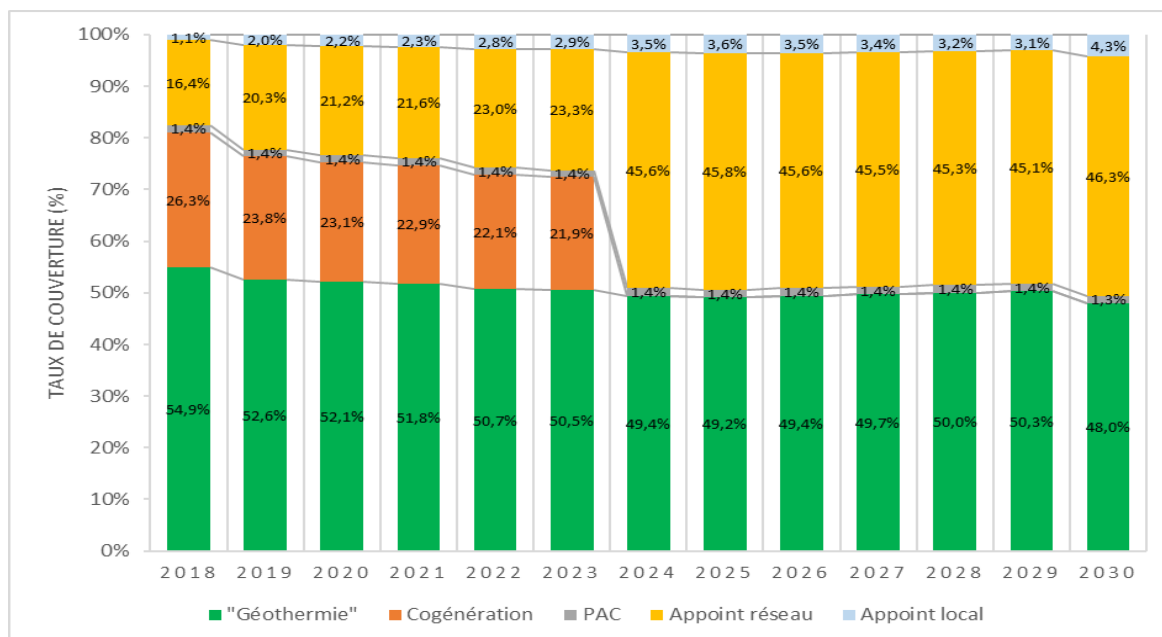


Figure 57: Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°0

L'analyse de l'évolution du bouquet énergétique en fonction de l'évolution du périmètre permet d'illustrer :

- Une diminution de presque 7 points de la part de géothermie dans le mix énergétique entre 2018 et 2030,
- La stabilisation des taux de couverture à partir de 2024.

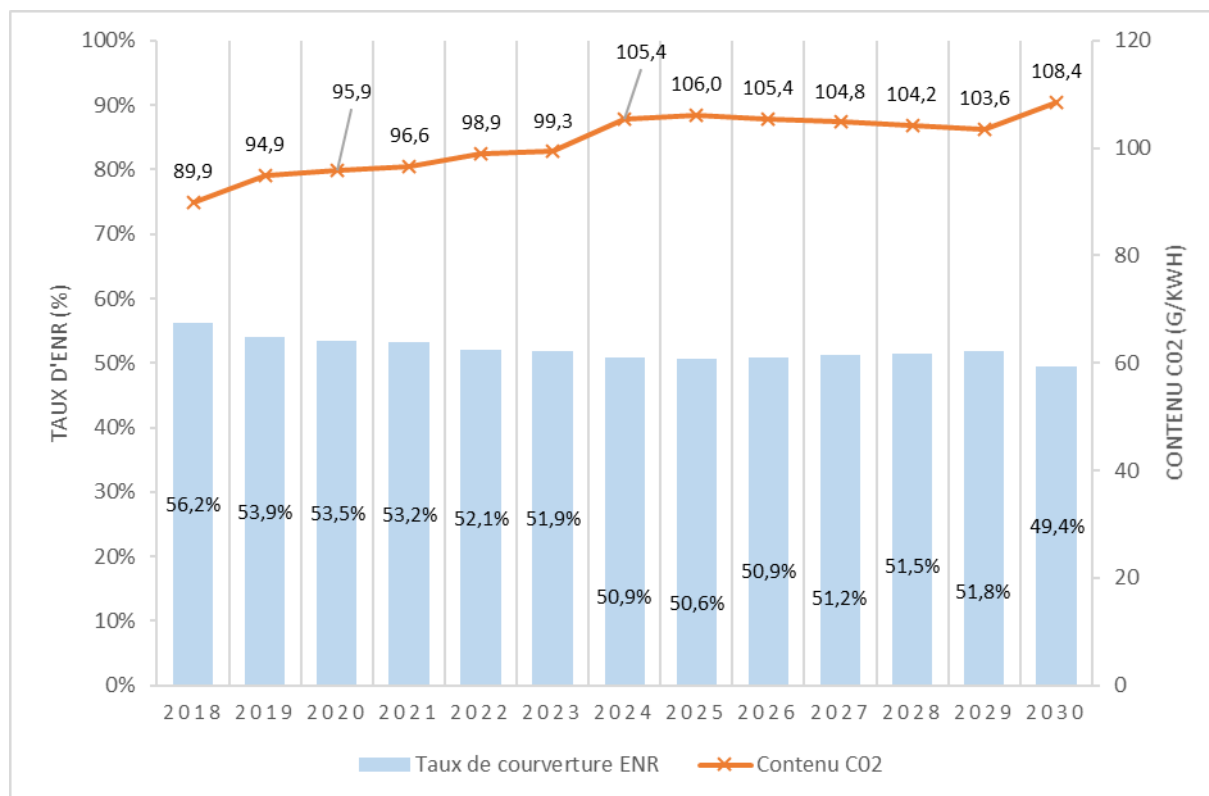


Figure 58: Evolution du taux d'EnR et du contenu CO2 - Scénario n°0

L'augmentation des besoins, entraîne :

- La baisse du taux d'EnR avec une valeur inférieure au taux de 50% garantissant une TVA réduite sur le coût de la chaleur pour les usagers en 2030,
- L'augmentation du contenu CO₂ et le dépassement des 95 gCO₂/kWhPCI actuels dès 2020.

Dans le diagnostic du réseau, plusieurs pistes d'optimisations du fonctionnement du réseau ont été énoncées. SOFREGE doit présenter des études techniques plus développées afin de déterminer les possibilités de mettre en œuvre ces pistes.

L'optimisation du fonctionnement du réseau doit impérativement être réalisée avant la mise en place d'une nouvelle source de production.

6.1.3. Scénario 1 – Chauffage biomasse

Le scénario initial a montré que, dans son état actuel et compte tenu des raccordements envisagés, il sera difficile pour le réseau de Fresnes d’atteindre le taux d’EnR contractuel. Pour assurer cet objectif, la mise en place d’une chaufferie biomasse de 4,5 MW dès 2020 est étudiée dans ce paragraphe.

6.1.3.1. Analyse de la capacité de production énergétique

Le développement du réseau est le même que celui considéré pour le scénario 0. Ainsi, la capacité d’appoint du réseau et les besoins des usagers sont les mêmes et le secours est suffisant pour compenser un arrêt de la géothermie, des PAC, de la cogénération et de la chaufferie biomasse.

6.1.3.2. Analyse de l’évolution du bouquet énergétique

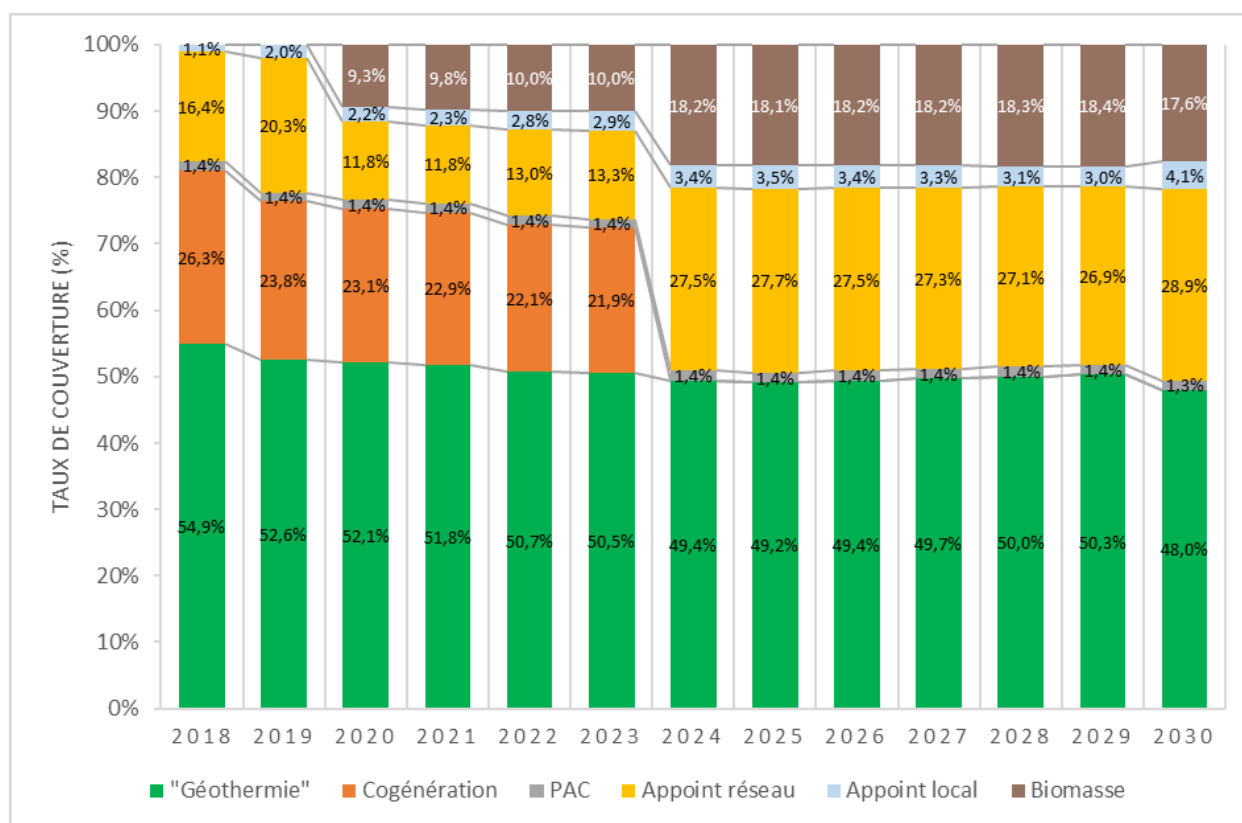


Figure 59: Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°1

Le graphique ci-dessus permet de montrer que la part de géothermie diminue de presque 7 points dans le mix énergétique entre 2018 et 2030. La chaufferie biomasse a permis de diminuer de 18 points la part d’appoint gaz dans le mix énergétique en 2030 par rapport au scénario 0.

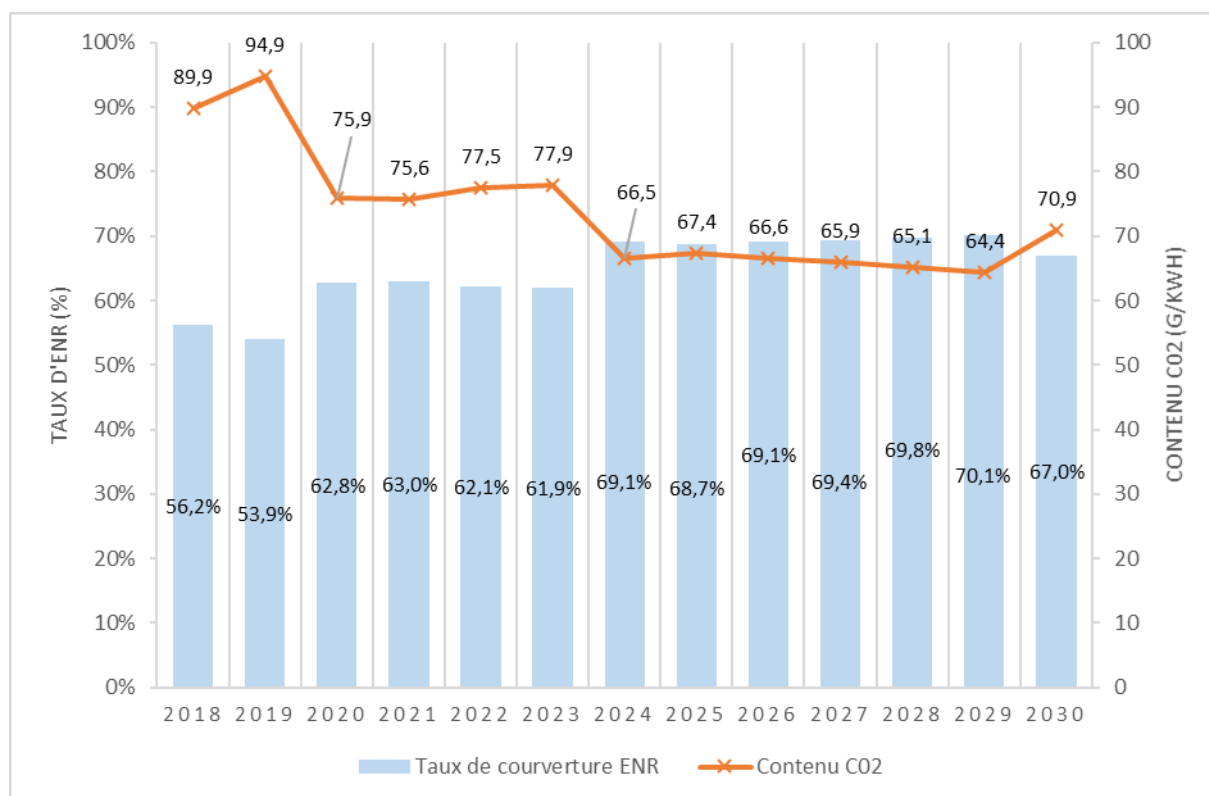


Figure 60: Evolution du taux d'EnR et du contenu CO2 - Scénario n°1

La solution biomasse permet ainsi :

- D'augmenter de 10 points le taux d'EnR en 2030, qui respecte le taux d'EnR contractuel, par rapport au scénario 0,
- De diminuer de 53% les émissions de CO₂ en 2030 par rapport au scénario 0.

6.1.3.3. *Contrainte géographique*

L'étude du potentiel en énergies renouvelables a confirmé la faisabilité d'un approvisionnement en bois sur Fresnes. La construction de la chaufferie biomasse nécessitera un foncier disponible d'environ 4 000 m² afin d'accueillir le local de la chaufferie ainsi qu'un silo de stockage permettant d'assurer la continuité de la fourniture de chaleur.

6.1.4. Scénario 2 – Géothermie profonde

Ce deuxième scénario étudie l'impact de la mise en place d'un doublet géothermique dès 2020, dont les caractéristiques sont identiques à la ressource géothermique actuellement exploitée : un débit d'extraction de 300 m³/h et une température de 73,5 °C.

6.1.4.1. Analyse de la capacité de production énergétique

Le développement du réseau est le même que celui considéré pour le scénario 0. Ainsi, la capacité d'appoint du réseau et les besoins des usagers sont les mêmes et le secours est suffisant pour compenser un arrêt de la géothermie, des PAC, de la cogénération et de la chaufferie biomasse.

6.1.4.2. Analyse de l'évolution du bouquet énergétique

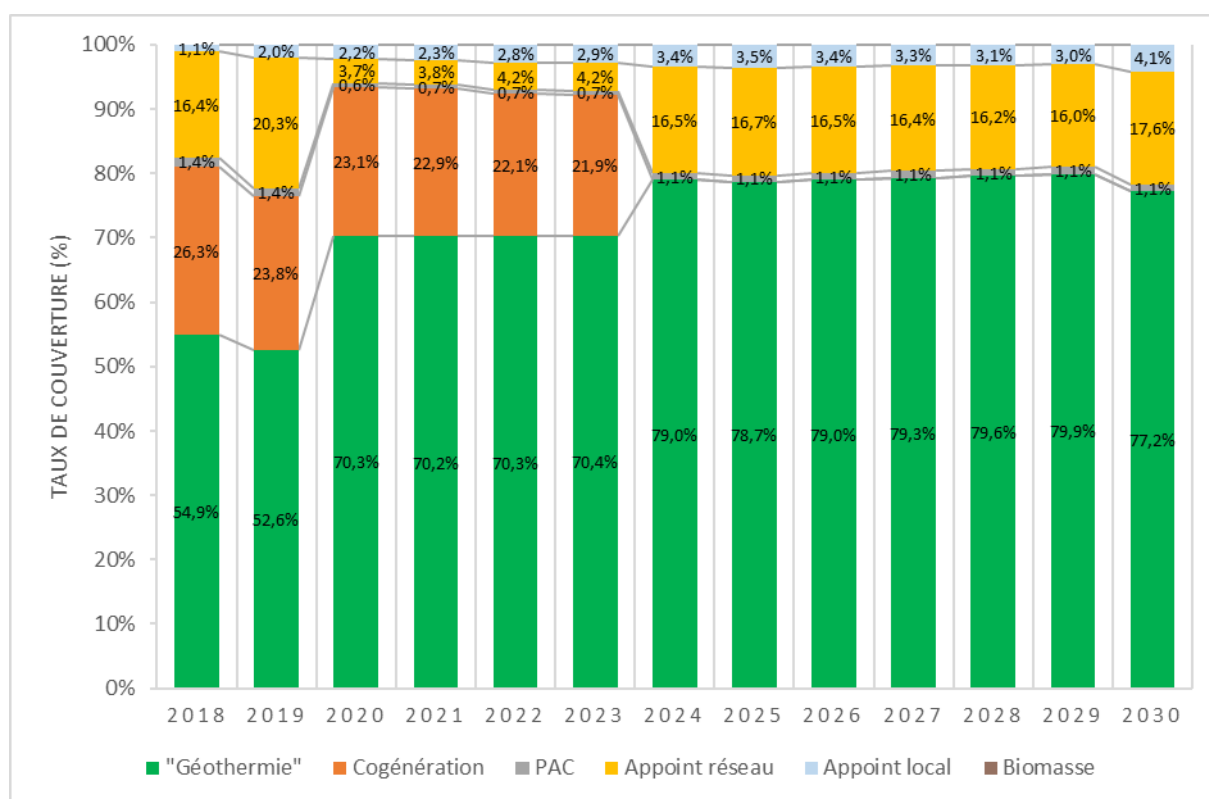


Figure 61: Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°2

Le graphique ci-dessus permet de montrer que la part de géothermie diminue de 22 points dans le mix énergétique entre 2018 et 2030. La chaufferie biomasse a permis de diminuer de 29 points la part d'appoint gaz dans le mix énergétique en 2030 par rapport au scénario 0.

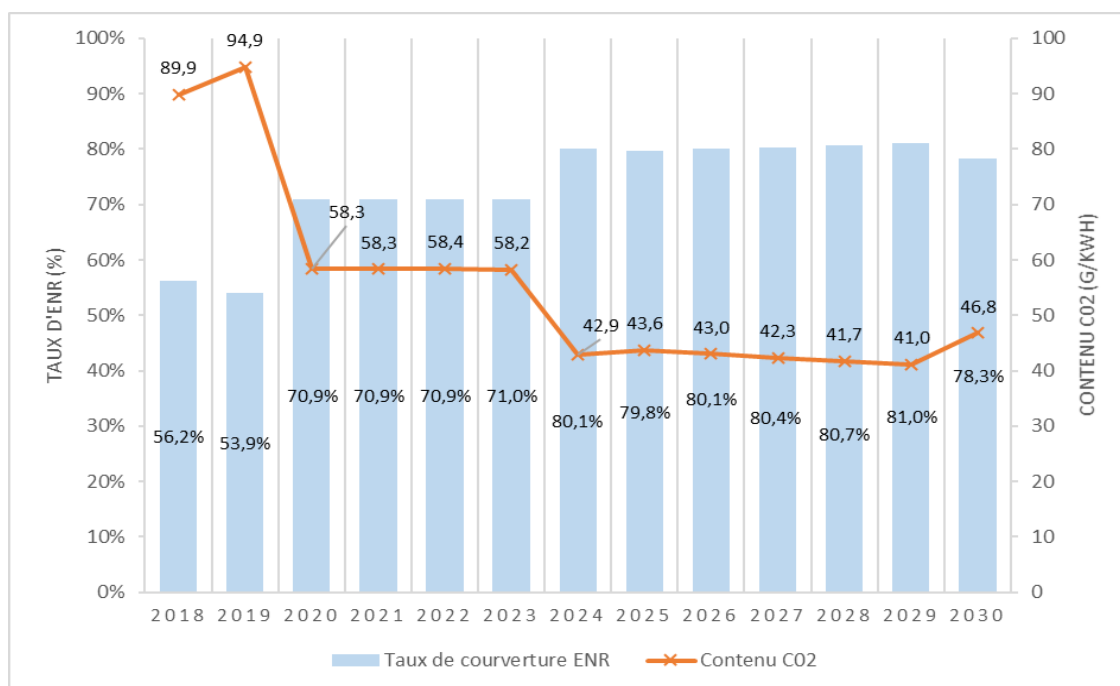


Figure 62: Evolution du taux d'EnR et du contenu CO2 – Scénario n°2

La solution biomasse permet ainsi :

- D'augmenter de 29 points le taux d'EnR en 2030, qui respecte le taux contractuel, par rapport au scénario 0,
- De diminuer de 57% les émissions de CO₂ en 2030 par rapport au scénario 0.

Le taux d'EnR est donc largement supérieur aux exigences contractuelles. Ainsi, il peut être envisagé de compenser les investissements importants liés au doublet géothermique par le raccordement d'un plus grand nombre de prospects en considérant également les bâtiments des communes aux alentours. Ce point est développé par la suite.

6.1.4.3. *Contrainte géographique*

La réalisation d'un nouveau doublet géothermique doit se faire sur un terrain qui répond aux exigences suivantes :

- Une surface suffisante permettant de disposer de 4 500m² pendant les travaux de forage et d'environ 1 500 m² par la suite pour l'exploitation.
- Une localisation permettant un raccordement hydraulique judicieux du nouveau doublet au réseau de chaleur pour une exploitation complète de son débit, c'est à dire permettant de transférer la totalité de sa puissance disponible sur le réseau.

6.1.5. Scénario 2b – Géothermie profonde + raccordements à Antony

6.1.5.1. Justification de ce scénario et inventaire du potentiel

Comme nous l'avons vu plus haut, si le choix de construire un nouveau doublet géothermique est fait, le taux d'EnR&R du réseau sera bien supérieur à 60%. Afin de maximiser l'utilisation de la ressource géothermale, il peut être envisagé de raccorder des bâtiments des communes voisines. Cependant, toute la partie nord de Fresnes est limitrophe au périmètre de DSP du réseau de chaleur de l'Haÿ-les-Roses, ce qui écarte la possibilité de raccorder des bâtiments dans cette zone. A l'est, le même problème se pose avec la commune de Rungis. A l'ouest, les seuls bâtiments se trouvant à une distance acceptable du réseau actuel sont des pavillons individuels.

Ainsi, le seul développement envisageable est au nord d'Antony, soit au sud de Fresnes. En effet, ces bâtiments sont proches de la commune de Fresnes et, bien qu'ils fassent partie du périmètre de DSP du réseau de chaleur d'Antony, ils se trouvent relativement éloignés de ce dernier. Un accord peut donc éventuellement être trouvé pour ces raccordements.

En procédant de la même façon que sur le territoire de Fresnes, SERMET a identifié 7 prospects potentiels susceptibles de se raccorder au réseau de chaleur de Fresnes. Ce chiffre paraît faible compte tenu des grands ensembles immobiliers qui se trouvent dans cette zone. Cependant, il s'est avéré qu'une grande partie de ces derniers sont chauffés à l'énergie électrique.

Le tableau suivant présente les caractéristiques des prospects identifiés.

N°	Nom	Secteur	Adresse	Type d'habitat	Etat
400a	Collège Descartes	A	22 Rue Pierre Gilles de Gennes	Bâtiment d'enseignement	Neuf
400b	Gymnase Collège Descartes	A	22 Rue Pierre Gilles de Gennes	Equipement	Neuf
404a	Lycée Descartes	A	1 Avenue Lavoisier	Bâtiment d'enseignement	Existant
404b	Gymnase Lycée Descartes	A	1 Avenue Lavoisier	Bâtiment d'enseignement	Existant
409a	Logements Dunoyer de Segonzac	A	14 Rue Pierre Gilles de Gennes	Logements	Neuf
409b	GS + Centre municipal de loisirs Dunoyer de Segonzac	A	6 Rue Pierre Gilles de Gennes	Equipement public	Neuf
410	Logements existants	A	1 rue Louis Juvet	Logements	Existant

Tableau 28: Caractéristique des prospects de la Ville d'Antony identifiés

Nous avons estimé que ces abonnés représentent un potentiel de 7,8 MWh pour une longueur de réseau supplémentaire de 600 m.



Légende : — Réseau actuel — Réseau projeté — Limites communales

Figure 63: Réseau projeté pour le raccordement des bâtiments d'Antony

Remarque : nous n’avons considéré que les prospects à proximité immédiate de Fresnes, soit les prospects situés au nord des voies ferrés du RER B. Une prospection plus élargie pourrait mener à un potentiel de développement plus important que celui considéré. L’influence de ces raccordements sur l’économie du projet sera étudiée par la suite.

Ce troisième scénario étudie donc l’influence de ces nouveaux raccordements sur les résultats présentés pour le scénario 2.

6.1.5.2. Analyse de la capacité de production énergétique

Le développement du réseau est assez proche de celui considéré pour le scénario 0. Le tableau ci-dessous illustre la capacité du réseau à assurer les besoins et le secours du réseau, jusqu’au développement prévu en 2030, en cas de panne de la géothermie et des pompes à chaleur.

Bilan de puissance	
Besoins max	43 179
Appoint réseau	18 900
Appoint local	33 630
Excédent de secours	9 351

Ainsi, la capacité d'appoint du réseau et les besoins des usagers sont les mêmes et le secours est suffisant pour compenser un arrêt de la géothermie, des PAC, de la cogénération et de la chaufferie biomasse.

6.1.5.3. Analyse de l'évolution du bouquet énergétique

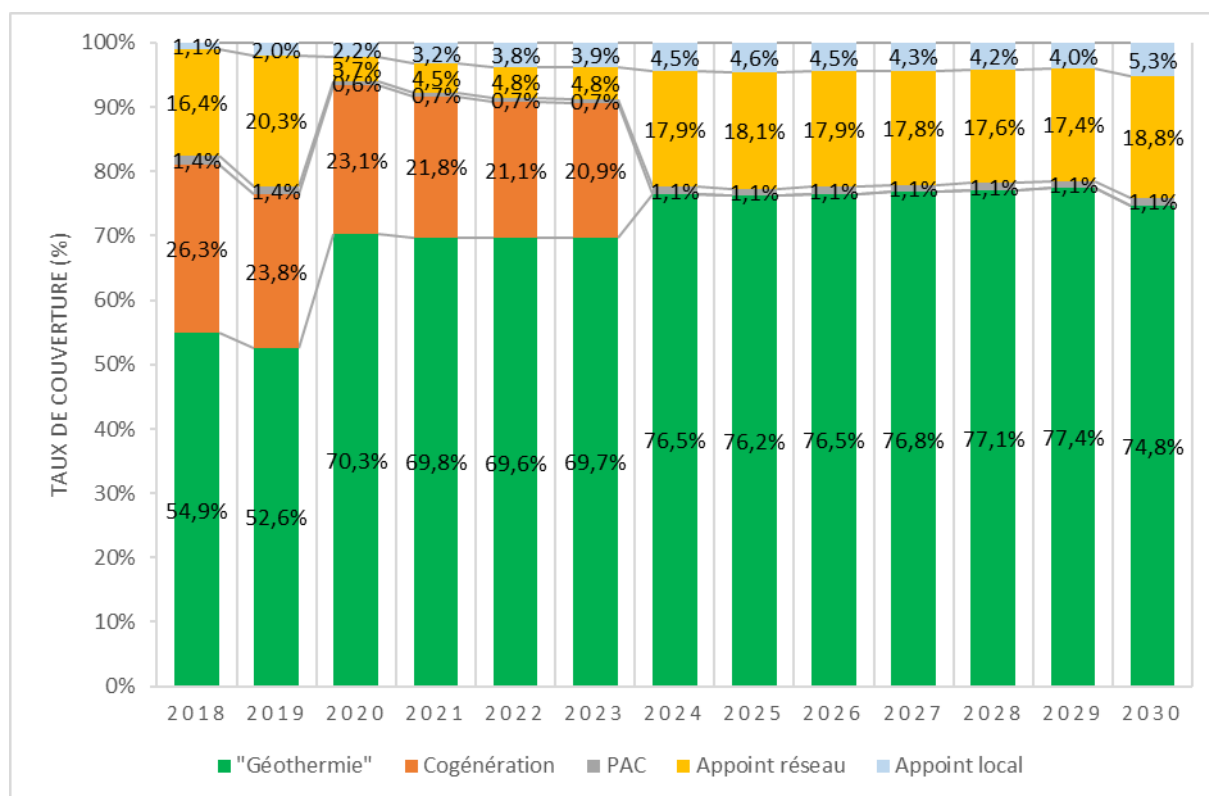


Figure 64: Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°2b

Le graphique ci-dessus permet de montrer que la part de géothermie diminue de 2 points par rapport au scénario 2. Ceci s'explique par le fait que les besoins des abonnés ont augmenté dans le scénario 2b et que, comme le nouveau doublet géothermique atteint sa capacité maximale de production, la production thermique des centrales gaz doit augmenter (malgré l'augmentation de la part PAC).

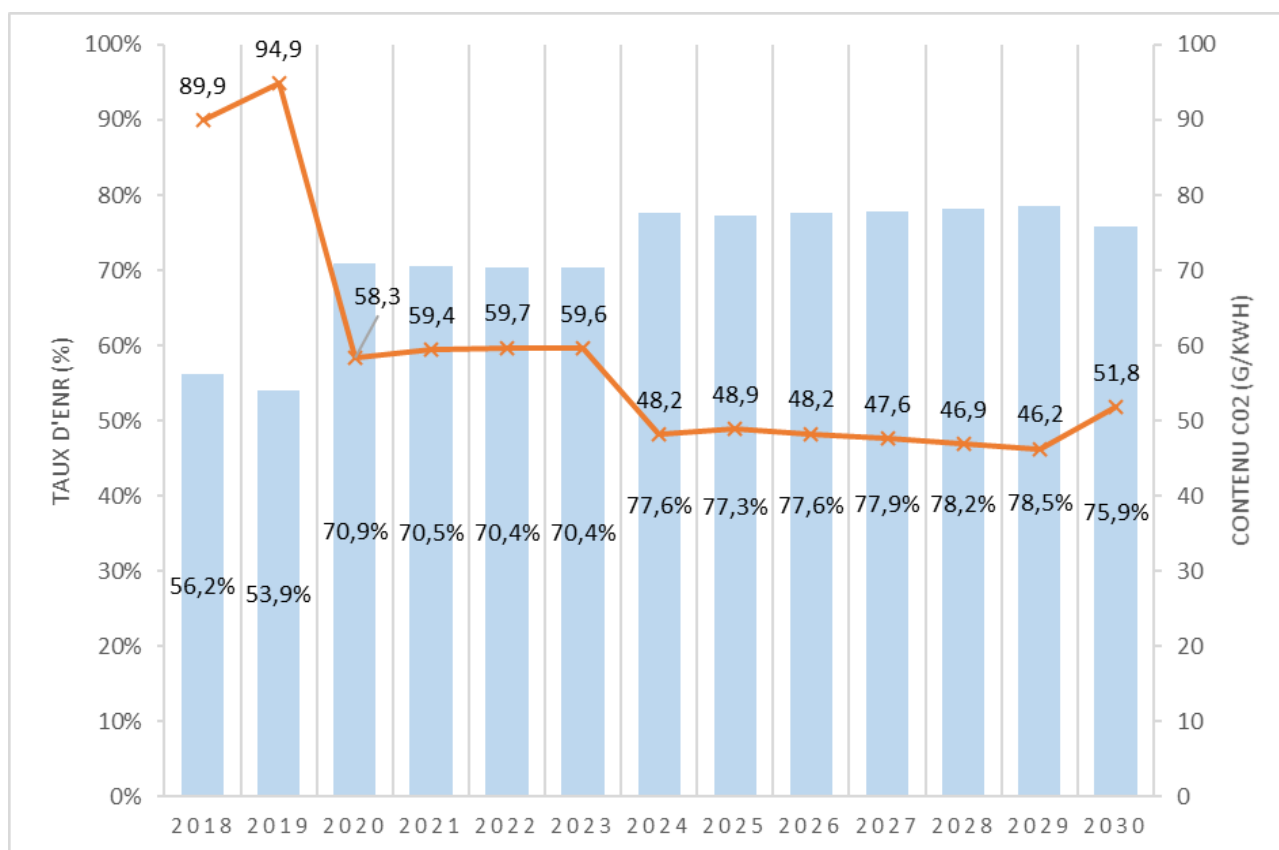


Figure 65: Evolution du taux d'EnR et du contenu CO₂ – Scénario n°2b

Tout comme l'évolution du bouquet énergétique, cette dernière figure montre que le taux d'EnR diminue par rapport au scénario 2 car les besoins des abonnés sont plus importants. Cette diminution entraîne une augmentation du contenu CO₂ du réseau. Cependant, ces différences restent faibles.

6.1.5.4. Contrainte géographique

Les contraintes géographiques concernant le nouveau moyen de production de ce scénario sont les mêmes que celles présentées pour le scénario 2.

Comme nous l'avons énoncé plus haut, nous n'avons considéré que les prospects situés à proximité immédiate de Fresnes. Si le choix d'étendre le réseau plus loin sur la commune d'Antony est fait, il sera nécessaire de traverser les voies ferroviaires du RER B, ce qui constitue une contrainte technique et financière non négligeable.

6.2 ANALYSE ÉCONOMIQUE

L'analyse technique des trois scénarii a montré des résultats prometteurs en termes de taux d'EnR et d'émissions de CO₂. Cette partie se concentre sur leur simulation économique, avec de nouveaux investissements pouvant perturber l'équilibre économique du projet.

Cette analyse se base principalement sur deux critères : le Taux de Rentabilité Interne (TRI) et le coût de la chaleur des abonnés.

Il a été choisi d'analyser la viabilité économique de ces scénarii de manière marginale, c'est-à-dire en ne considérant que l'évolution du réseau par rapport à la situation actuelle. Ainsi, seules les consommations des nouveaux raccordés ont été prises en compte, de mêmes pour les charges et les investissements.

Il a été considéré que la viabilité du projet est acceptable pour un TRI supérieur ou égal à 7%. L'équilibre économique du projet a été étudié en ajustant le prix de la chaleur des nouveaux abonnés uniquement afin de ne pas pénaliser les abonnés historiques du réseau jusqu'à atteindre ce résultat.

6.2.1. Procédure générale

6.2.1.1. *Compte d'exploitation prévisionnel*

Le compte d'exploitation se présente de la façon suivante :

1/ Les recettes (1)

Ce poste comprend :

- Ventes de chaleur R1/R2 : il s'agit des recettes générées par la vente de la chaleur aux nouveaux abonnés en référence à la tarification du réseau de chaleur en date de valeur 2017 (la moyenne des termes sur l'année 2017). Le tarif R2 est ajusté pour assurer la viabilité économique du projet. Ainsi, seul le coût de la chaleur des nouveaux abonnés est susceptible d'augmenter. Dans le cadre de cette étude, nous avons considéré un coefficient de surpuissance de 1,21, appliqué à la puissance appelée par -7°C extérieur calculée pour chacun des nouveaux abonnés, conformément au contrat de DSP.

L'impact de l'augmentation de la TICGN, sur le coût de la chaleur a été analysé. Cette augmentation est suivant le projet de loi de finances pour 2018 « Fiscalité de la transition écologique » présentée dans le tableau suivant :

Evolution du montant de la TICGN

Année	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Montant</i>	1,27	2,64	4,34	5,88	8,45	10,34	12,24	14,13	16,02
	€/MWh	€/MWh	€/MWh	€/MWh	€/MWh	€/MWh	€/MWh	€/MWh	€/MWh
<i>Evolution d'une année - à l'autre</i>	-	+ 107,9 %	+ 64,4 %	35,5 %	+ 43,7 %	+ 22,4 %	+ 18,4 %	+ 15,4 %	+ 13,4 %
<i>Evolution depuis 2014</i>		+ 107,9 %	+ 241,7 %	+ 363 %	+ 565,4 %	+ 714,2 %	+ 863,8 %	+ 1012,6 %	+ 1161,4 %
<i>Evolution depuis 2017</i>			-		+ 43,7 %	+ 75,9 %	+ 108,2 %	+ 140,3 %	+ 172,4 %

Source : Projet de Loi de Finances pour 2018.

- Le coût de la chaleur moyen sur le reste de la DSP, hors augmentation de la TICGN est égal à 57 €HT/MWh en considérant la rigueur climatique de l'année 2016 (proche de la rigueur climatique trentenaire),
- Le coût de la chaleur moyen sur le reste de la DSP en considérant l'augmentation de la TICGN telle qu'envisagée dans la révision tarifaire est égale à 62 €HT/MWh, voir augmentation du R1 liée à celle de la TICGN dans le tableau ci-dessous.

Année	2017 (référence)	2019	2020	2021
R1 moyen (€HT/MWh)	27,11	32,47	31,07	31,98

Il est à noter que l'augmentation tarifaire liée à la hausse de la TCGN est contractuellement prévue sur le terme R1Cogé. Le contrat de cogénération se terminant en 2023 le coefficient de ce terme sera amené à disparaître mais l'impact de la TICGN devra être envisagé dans le terme R1Gaz (à définir dans le cadre d'un avenant).

- Vente d'électricité : il s'agit des ventes liées à la cogénération. La perte de revenu suite à l'arrêt de la centrale n'a pas été considérée dans cette analyse.

2/ Les charges

Ce poste est présenté en écart par rapport à l'année 2018 du scénario 0 de référence et comprend :

- **Charges d'énergie (P1)** : les charges de combustible gaz et les charges d'électricité évoluent en fonction du bouquet énergétique de l'année considérée.

On distingue :

- Les consommations de gaz utilisées par les chaufferies d'appoint-secours,
- Les consommations de gaz utilisées par la centrale de cogénération,

- Les consommations de bois de l'éventuelle centrale biomasse,
- La taxe TICGN sur le gaz,
- Les consommations d'électricité utilisées par les centrales de géothermie, le traitement inhibiteur des puits et la pompe à chaleur,

- **Charges d'exploitation (P2) :**

On distingue :

- Les consommations d'eau de ville,
- Les consommations d'électricité utilisées par les chaufferies d'appoint-secours et les sous-stations,
- Les charges de personnel : salaires, traitement et charges sociales,
- Les frais liés aux véhicules,
- Les autres charges,
- Les frais de gestion, entretien, conduite des installations du réseau,
- Les frais complémentaires de conduite et d'entretien liés aux extensions et aux nouveaux outils de production.

- **Charges d'exploitation (P3, GER) :**

- Un poste « P3 sous-stations extension » pour les prestations de gros entretien à effectuer dans les sous-stations des futurs abonnés raccordés,
- Un poste « P3 Nouvelle production » pour les prestations de gros entretien à effectuer dans la nouvelle centrale de production éventuelle,
- Un poste « P3 Réseau » pour les prestations de gros entretien à effectuer sur le réseau.

Les charges P3 sont estimées de la manière suivante :

- Centrale géothermie : 25% de l'investissement second œuvre de la centrale (chaudière et équipements hydrauliques/électriques),
- Centrale biomasse : 33% de l'investissement second œuvre de la centrale (chaudière, équipements et fumisterie),
- Réseau primaire : 6% de l'investissement pour la construction du réseau,
- Sous-station : 30% de l'investissement pour l'aménagement des sous-stations.

- **Autres charges :**

- Amortissement des investissements des nouveaux équipements,
- Amortissement des subventions des nouveaux équipements.

Les plans d'affaire des comptes d'exploitation des trois scénarios étudiés sont joints en annexe du présent rapport.

6.2.1.2. Investissements communs aux scénarii

Réseau

Les scénarii 1 et 2 prévoient de construire 3 660 ml de réseau à l'horizon 2030 afin de raccorder 52 sous-stations supplémentaires. En considérant les prix unitaires empiriques de 35 000 €/sous-station et 850 €/ml, les investissements totaux pour les extensions du réseau et les sous-stations valent **4 931 170 €**.

Frais divers

L'ensemble des scénarii prévoient les frais divers suivants :

- Frais de Maîtrise d'œuvre – Etude : estimés à 6,5% de la somme des investissements pour les travaux de la nouvelle source de production et pour les travaux de réseau et des sous-stations,
- Frais SPS, Contrôle technique, assurances : estimés à 2,0% de la somme des investissements pour les travaux de la nouvelle source de production et pour les travaux de réseau et des sous-stations,
- Frais des aléas : estimés à 5,0% de la somme des investissements pour les travaux de la nouvelle source de production et pour les travaux de réseau et des sous-stations.

Vu les incertitudes liées au terrain d'implantation de ce nouveau moyen de production, aucun achat de terrain, ni redevance n'a été pris en compte dans ces simulations économiques. Pour les mêmes raisons, aucun linéaire de réseau n'a été prévu pour le raccordement de ce nouveau moyen de production. Ces éléments devront faire l'objet d'une analyse plus poussée liée à des terrains qui seraient disponibles sur la ville de Fresnes.

6.2.1.3. Mécanismes de financement mobilisables

Les projets d'extensions d'un réseau de chaleur bénéficiant d'un taux de couverture EnR supérieur à 50% sont éligibles pour l'obtention d'aides du Fonds Chaleur selon les critères suivants :

- Extension d'une longueur minimale de 200 mètres (longueur de tranchée),
- Extension permettant de valoriser au minimum 25 tep EnR/an soit 290 MWh/an,
- Densité thermique du réseau après extension $\geq 1,5$ MWh/ml,
- Impact positif pour l'abonné sur le tarif de fourniture de chaleur,
- Le système de production EnR du réseau doit avoir une réserve de capacité lui permettant une production supplémentaire qui correspond au moins à 50% des besoins de chaleur de l'extension prévue.

L'ADEME prévoit cependant des limites à son aide, présentées dans le tableau suivant, en fonction du diamètre des tronçons construits.

DN réseau	Plafond assiette en €/mL	Taux d'aide max en €/mL
DN 150 à 250	745,50	522
DN 80 à 125	546	382
DN 65 et moins	472,5	331

En faisant l'hypothèse que la longueur totale des extensions mesurée se répartira de manière égale entre des DN 80 à 125 et des DN 150 à 250, le montant maximal des subventions envisageable est de **2 364 k€**.

Cependant, il n'est pas probable que la totalité des subventions envisageables soit réellement attribuée. Dans la pratique, il est fréquent que les subventions allouées à un projet d'extension d'un réseau de chaleur atteignent environ 30% du montant total des investissements des travaux de réseau et des sous-stations, soit dans ce cas **1 479 k€**. Ce montant sera considéré dans l'étude économique des scénarii 1 et 2.

En plus de cette aide propre aux extensions du réseau, chacun des scénarii peut envisager des subventions propres au moyen de production mis en œuvre. Ces aides seront développées plus loin dans ce rapport.

6.2.2. Scénario 1 – Chaufferie Biomasse

6.2.2.1. Investissements

Le scénario 1 comprend les investissements suivants :

- Travaux d'extensions du réseau de chaleur (VRD, tuyauteries et sous-stations),
- Mise en place d'une chaufferie biomasse de 4,5 MW.

Les investissements des travaux d'extensions du réseau ont été présentés plus haut.

Les investissements de la chaufferie biomasse ont été estimés comme suit :

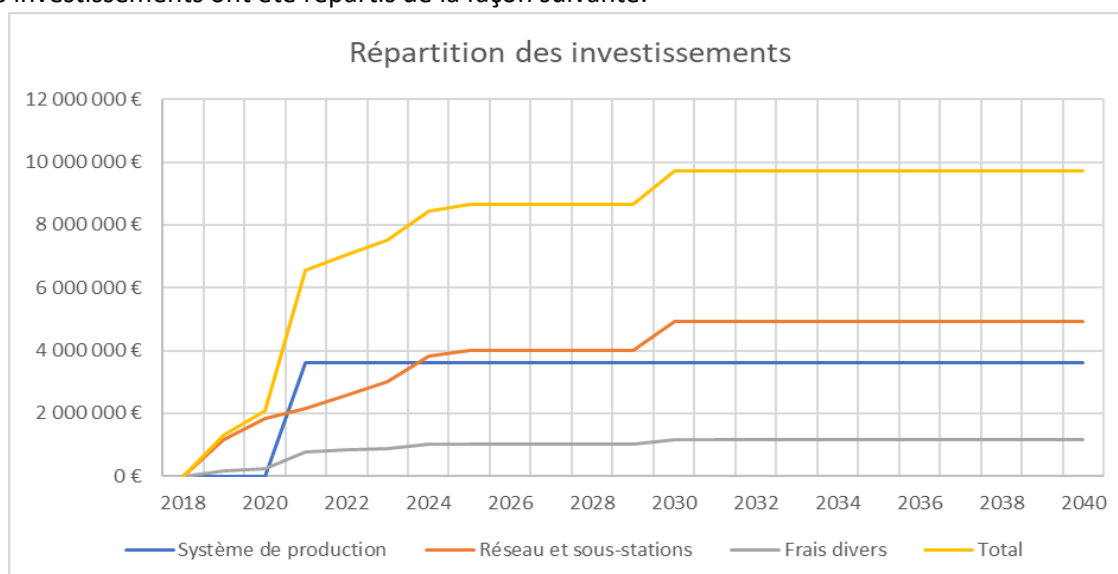
- Construction d'un bâtiment d'environ 1 000 m² : 2 000 000 €,
- Chaudière de 4,5 MW et infrastructures pour stocker les réserves de bois : 1 125 000 €,
- Equipements hydrauliques : 225 000 €,
- Equipements électriques : 225 000 €,
- Fumisterie (carneau + cheminée) : 50 000 €.

Le tableau suivant présente les investissements totaux nécessaires au scénario 1.

Investissement production EnR supplémentaire	3 625 000 €
Investissements réseau et sous-stations	4 931 170 €
Investissements frais divers	1 155 083 €
Total	9 711 253 €

Tableau 29: Synthèse des investissements - scénario 1

Ces investissements ont été répartis de la façon suivante.



6.2.2.2. Mécanismes de financement mobilisables

L'ADEME prévoit des aides pour la mise en œuvre d'une chaufferie biomasse. Cependant, l'ADEME privilégie les projets de géothermie, énergie locale en région parisienne et moins polluante. Cependant, dans le cas où la faisabilité d'une géothermie ne serait pas envisageable, nous pouvons considérer ce qui suit.

Le calcul des subventions allouables au projet de construction d'une centrale biomasse a été basé sur la production estimée en 2030, soit 21 635 MWh, qui correspond à 1 860 tep. Les subventions maximales sont calculées par tranches de production, comme le montre le tableau suivant.

Gamme de production énergétique en tep/an biomasse sortie chaudière	Secteur collectif Aide en €/tep biomasse sortie chaudière	Aide en €
0 à 250 tep	1 900	475 000
251 à 500 tep	1 360	340 000
501 à 1 000 tep	660	330 000
> 1 000 tep	320	275 200
TOTAL		1 420 200

Ce montant sera conservé pour la suite de l'étude.

Le tableau suivant présente les aides considérées pour ce scénario.

Subventions considérées	Montant total (€ HT)
Subvention production	1 420 200
Subvention réseau	1 479 351
TOTAL	2 899 551

Tableau 30 : Synthèse des subventions - scénario 1

Ces subventions constituent 30% des investissements présentés plus haut.

6.2.2.3. Présentation du compte d'exploitation

Les résultats de l'analyse économique sont présentés par le graphe suivant.

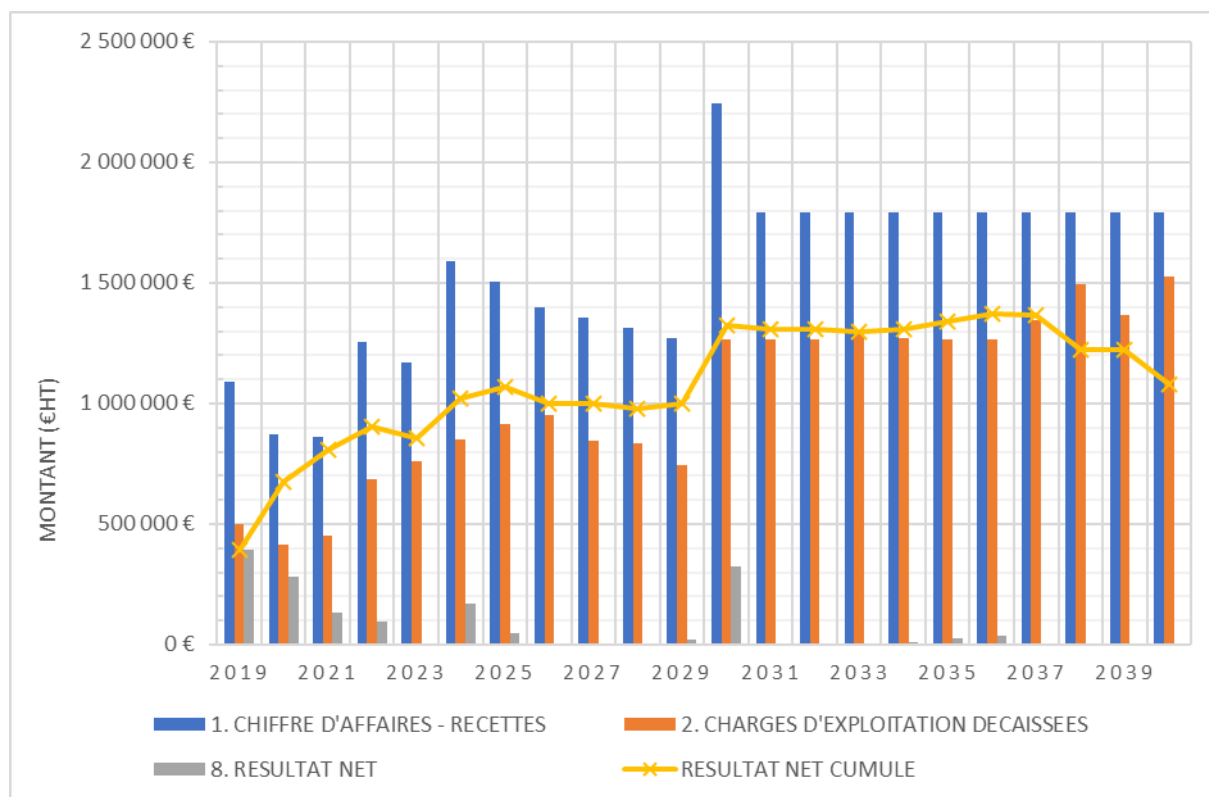


Figure 66 : Compte de résultats prévisionnels – Scénario 1

Cette figure montre que l'augmentation des recettes de ventes de chaleur permet d'améliorer sensiblement le bilan de SOFREGE en permettant à la fois d'absorber les coûts engendrés par les travaux d'extension, l'augmentation de la TICGN et les coûts engendrés par la nouvelle chaufferie biomasse.

En conservant l'hypothèse d'un TRI cible de 7%, on trouve les résultats suivants :

- **Prix de la chaleur pour les abonnés existants** : conservé, prenant en compte la hausse de la TICGN : 62 €HT/MWh,
- **Prix de la chaleur des nouveaux abonnés** : une augmentation du terme R2 de 1,2 €/kW mène à un prix de la chaleur moyen global (pour l'ensemble des abonnés) identique de 62 €HT/MWh sur la durée de la DSP.

6.2.3. Scénario 2 – Géothermie profonde

6.2.3.1. Investissements

Le scénario 2 intègre les investissements suivants :

- Travaux d'extensions du réseau de chaleur (VRD, tuyauteries et sous-stations),
- Mise en œuvre d'un nouveau doublet géothermique.

Les investissements des travaux d'extensions du réseau ont été présentés plus haut et sont les mêmes que le scénario 1.

Les investissements liés au nouveau doublet ont été estimés comme suit :

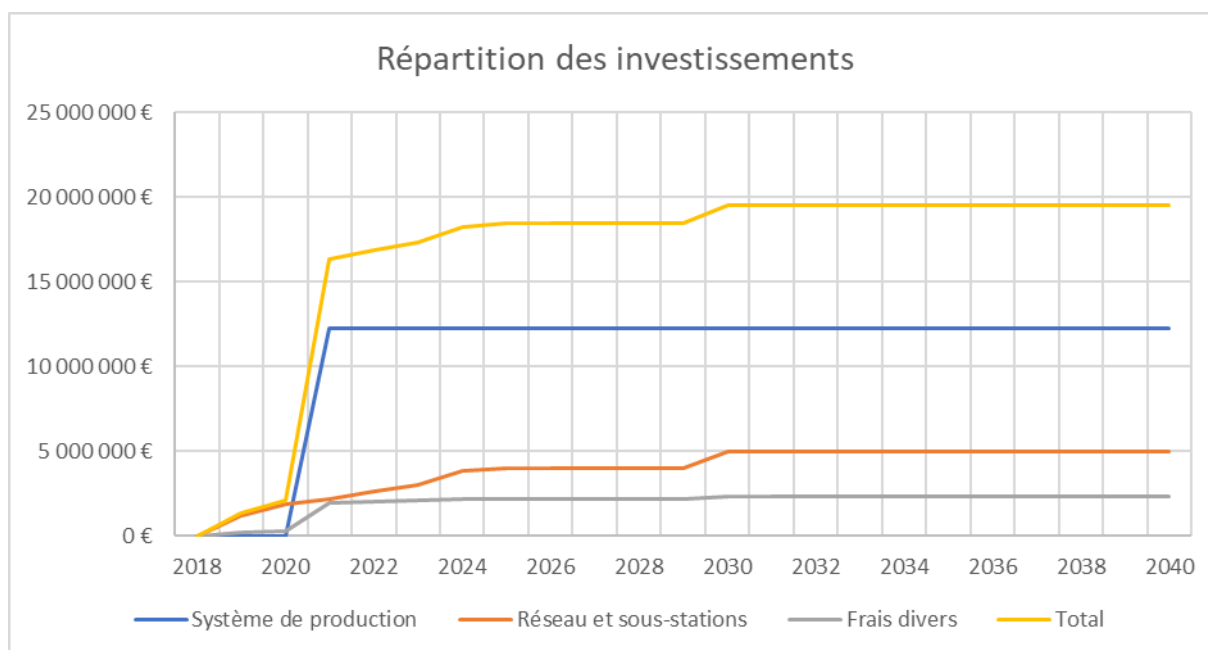
- Construction d'un bâtiment d'environ 300 m² : 750 000 €,
- Forage : 10 000 000 €,
- Equipements hydrauliques : 1 000 000 €,
- Equipements électriques : 500 000 €.

Le tableau suivant présente les investissements totaux nécessaires au scénario 2.

Investissement production EnR supplémentaire	12 250 000 €
Investissements réseau et sous-stations	4 931 170 €
Investissements frais divers	2 319 458 €
Total	19 500 628 €

Tableau 31: Synthèse des investissements - scénario 2

Ces investissements ont été répartis de la façon suivante.



6.2.3.2. Mécanismes de financement mobilisables

L'ADEME prévoit un plafond des aides pour la mise en œuvre d'un doublet géothermique à hauteur de 80€/tep sur 20 ans. La production du nouveau doublet géothermique en 2030 a été estimée à 36 067 MWh, soit 3 101 tep. Les subventions maximales envisageables valent donc 4 961 600 €.

Cependant, dans la pratique, il s'avère que les aides réellement attribuées s'élèvent plutôt aux alentours de 20% du montant total des travaux du doublet géothermique, soit **2 450 000 €**.

Le tableau suivant présente les aides considérées pour ce scénario.

Subventions considérées	Montant total (€ HT)
Subvention production	2 450 000
Subvention réseau	1 479 351
TOTAL	3 929 351

Tableau 32: Synthèse des subventions - scénario 2

Ces subventions constituent 20% des investissements présentés plus haut.

Remarque : ce scénario implique une valeur de reprise de fin de DSP d'environ 5 M€ afin d'amortir ce nouveau puits de géothermie sur 30 ans, tel qu'il est comptablement possible

6.2.3.3. Présentation du compte d'exploitation

Les résultats de l'analyse économique sont présentés par le graphe suivant.

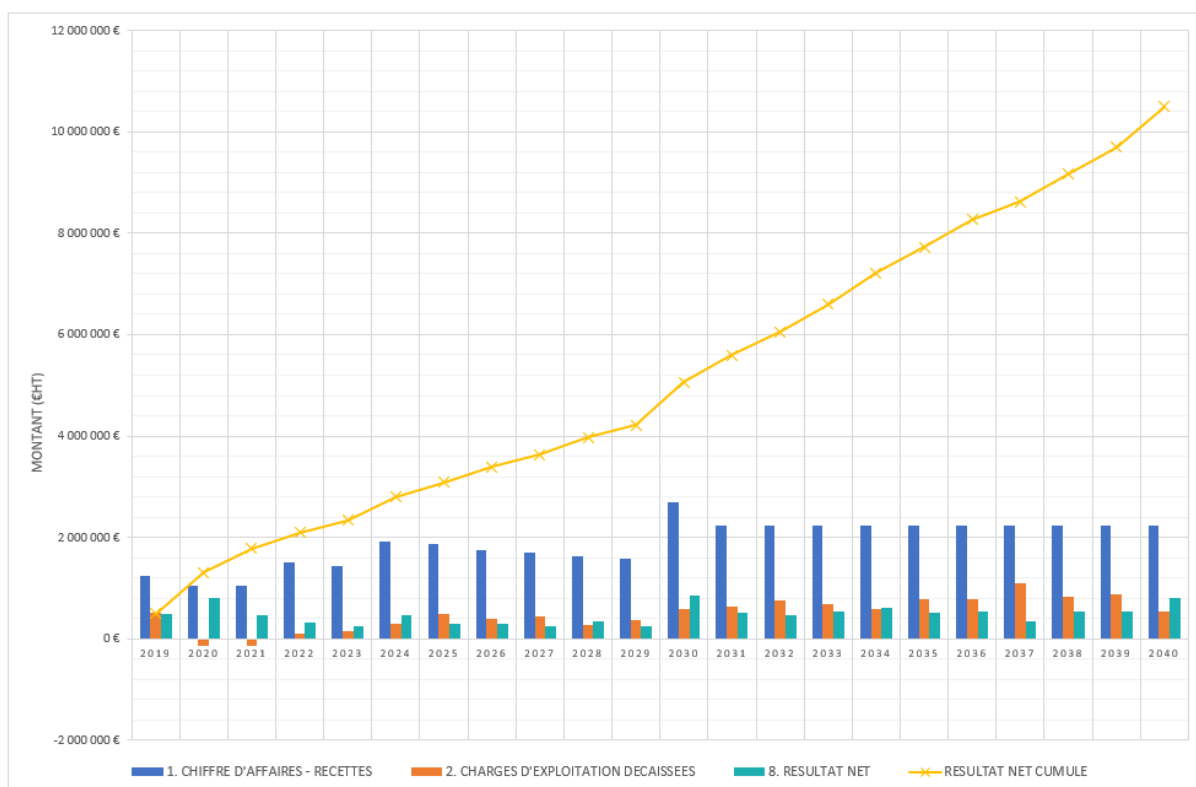


Figure 67 : Compte de résultats prévisionnels – Scénario 2

Cette figure montre que l’augmentation des recettes de ventes de chaleur permet d’améliorer sensiblement le bilan de SOFREGE en permettant à la fois d’absorber les coûts engendrés par les travaux d’extension, l’augmentation de la TICGN et les coûts engendrés par le nouveau moyen de production EnR.

En conservant l’hypothèse d’un TRI cible de 7%, on trouve les résultats suivants :

- **Prix de la chaleur pour les abonnés existants : conservé, prenant en compte la hausse de la TICGN : 62 €HT/MWh,**
- **Prix de la chaleur des nouveaux abonnés : une augmentation du terme R2 de 29,5 €/kW mène à un prix de la chaleur moyen de 75 €HT/MWh sur la durée de la DSP pour les nouveaux abonnés. Cette augmentation mène à un prix moyen global (pour l’ensemble des abonnés) de 65 €HT/MWh sur l’ensemble de la DSP.**

Ce scénario a pour objectif d’augmenter le coût de la chaleur pour mieux amortir les investissements liés au nouveau puits de géothermie.

6.2.4. Scénario 2b – Géothermie profonde + raccordements à Antony

6.2.4.1. Investissements

Le scénario 2b intègre les investissements suivants :

- Travaux d’extensions du réseau de chaleur (VRD, tuyauteries et sous-stations),
- Mise en œuvre d’un nouveau doublet géothermique.

Les investissements liés au doublet géothermal sont identiques au scénario 2.

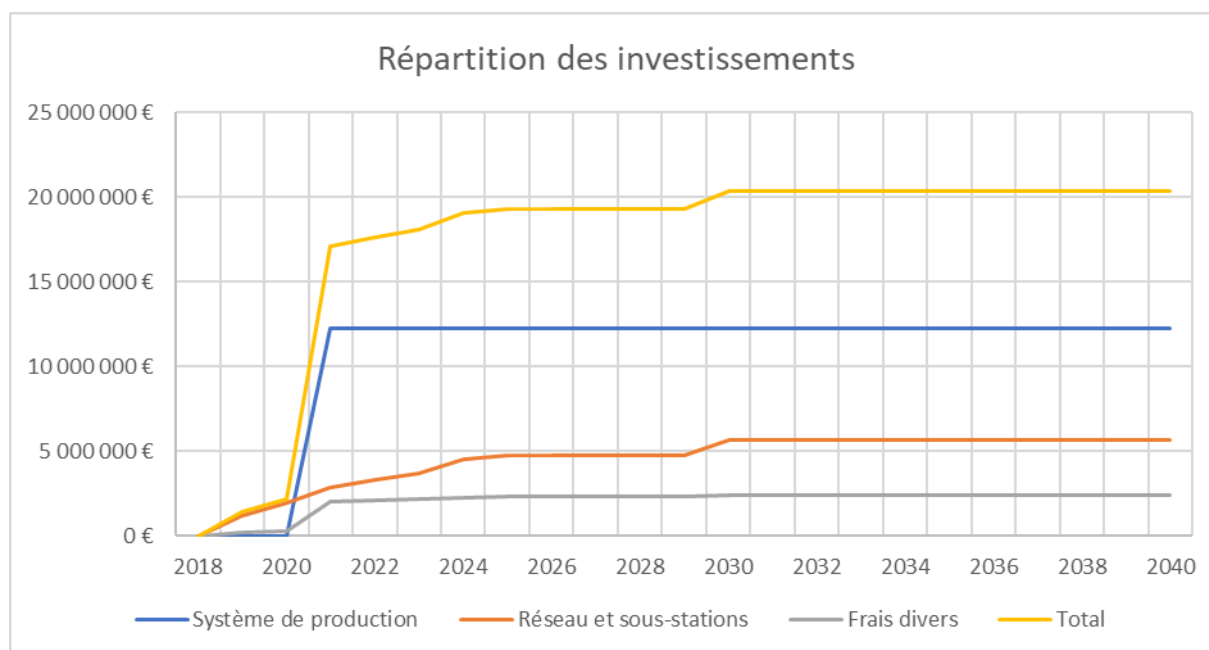
En revanche, l’ajout des prospects d’Antony implique la construction de 7 sous-stations et environ 600 ml de réseau supplémentaires.

Le tableau suivant présente les investissements liés au scénario 2b.

Investissement production EnR supplémentaire	12 250 000 €
Investissements réseau et sous-stations	5 686 170 €
Investissements frais divers	2 421 383 €
Total	20 357 553 €

Tableau 33: Synthèse des investissements - scénario 2b

Ces investissements ont été répartis de la façon suivante.



6.2.4.2. Mécanismes de financement mobilisables

Les subventions envisageables pour le doublet sont les mêmes que celles calculées pour le scénario 2. Cependant, la longueur du réseau est plus importante, ce qui implique plus de subventions envisageables.

Le tableau suivant présente les aides considérées pour ce scénario.

Subventions considérées	Montant total (€ HT)
Subvention production	2 450 000 €
Subvention réseau	1 705 851 €
TOTAL	4 155 851 €

Tableau 34: Synthèse des subventions - scénario 2b

Ces subventions constituent 20% des investissements présentés plus haut.

Remarque : ce scénario implique une valeur de reprise de fin de DSP d'environ 5 M€.

6.2.4.3. Présentation du compte d'exploitation

Les résultats de l'analyse économique sont présentés par le graphe suivant.

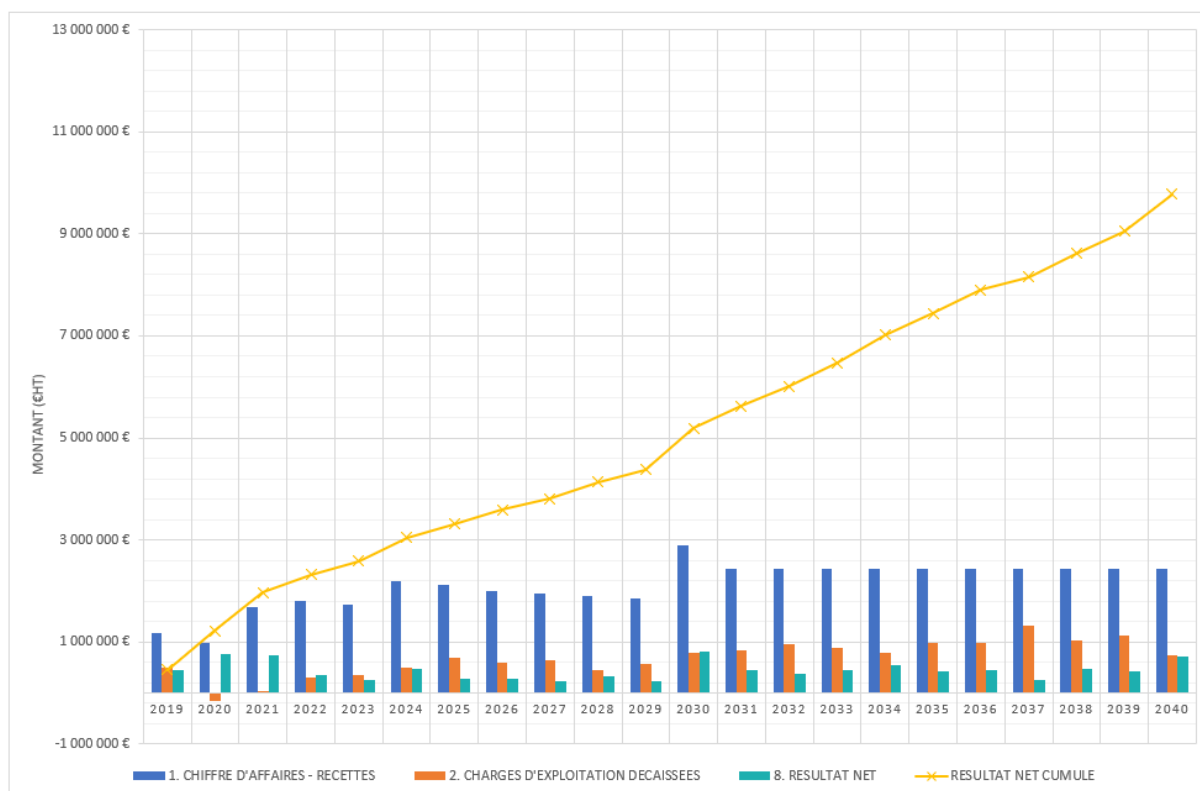


Figure 68 : Compte de résultats prévisionnels – Scénario 2b

Cette figure montre que l'augmentation des recettes de ventes de chaleur permet d'améliorer sensiblement le bilan de SOFREGE en permettant à la fois d'absorber les coûts engendrés par les travaux d'extension, l'augmentation de la TICGN et les coûts engendrés par le nouveau moyen de production EnR.

En conservant l'hypothèse d'un TRI cible de 7%, on trouve les résultats suivants :

- **Prix de la chaleur pour les abonnés existants : conservé, prenant en compte la hausse de la TICGN : 62 €HT/MWh,**
- **Prix de la chaleur des nouveaux abonnés : une augmentation du terme R2 de 18,5 €/kW mène à un prix de la chaleur moyen de 70 €HT/MWh sur la durée de la DSP pour les nouveaux abonnés. Cette augmentation mène à un prix moyen global (pour l'ensemble des abonnés) de 64 €HT/MWh sur l'ensemble de la DSP.**

7 SYNTHÈSE

7.1 SYNTHÈSE TECHNIQUE

Le réseau de chaleur de la Ville de Fresnes dispose d'installations de production et de distribution en bon état de fonctionnement. Des investissements réguliers permettent de maintenir à un bon niveau de fonctionnement l'ensemble des équipements. Cependant, des audits en sous-stations ont montré qu'environ 25% des sous-stations sont dans un état « moyen » et 16% dans un état « dégradé ». Des optimisations et travaux de rénovation seront à prévoir sur ces cas particuliers.

Ce réseau de chaleur fait preuve d'une dynamique d'évolution pertinente à plusieurs niveaux :

- Un développement constant de son périmètre avec de nombreux raccordements effectués chaque année. Cette dynamique permet de proposer à un plus grand nombre d'usagers le service public de chaleur dans des conditions d'exploitation et de tarification optimisées,
- Un développement des outils de production en phase avec l'augmentation de la quantité de chaleur livrée : le développement des EnR&R ces dernières années (construction du triplet géothermique et mise en service d'une PAC) permet de sécuriser le taux de couverture EnR&R tout en développant le réseau.

Cependant, il est avéré que le réseau a atteint sa capacité de distribution, ce qui rend son développement et le maintien d'un taux d'EnR supérieur à 50% incertain à l'avenir si de nouveaux usagers se raccordent.

Pour faire face à ces contraintes, les pistes proposées dans le schéma directeur sont les suivantes :

- **Poursuivre la densification/développement du réseau afin de suivre l'orientation politique de la ville et tendre vers le raccordement de 100% des logements fresnois. Ce schéma directeur a identifié un potentiel relativement important de nouveaux abonnés sur la commune.**
- **Réaliser une étude hydraulique et plus globalement complète du réseau afin d'identifier des optimisations possibles et ainsi maximiser l'utilisation de la géothermie sans investir dans une source EnR supplémentaire. Il s'agit d'un investissement très important, tant en termes d'études que de travaux, mais primordiale pour le développement futur du réseau et pour la responsabilité du délégataire pour suivre ses engagements contractuels en termes de taux d'EnR.**

Une fois que l'optimisation du réseau sera réalisée, deux scénarii comprenant la mise en place d'une nouvelle source EnR pour faire face à la demande des nouveaux raccordements peuvent être envisagés : la construction d'une centrale biomasse ou d'un nouveau doublet géothermique.

La principale contrainte des deux scénarii est la nécessité de trouver un terrain suffisamment important sur la commune de Fresnes, dont le patrimoine bâti est déjà très dense. En plus de cet inconvénient, une centrale biomasse nécessite un approvisionnement continu en bois par des camions qui viendront accentuer le problème de saturation du trafic de la commune.

Les résultats des simulations montrent que les deux solutions sont viables techniquement. Cependant, le doublet géothermal permet d'atteindre un taux d'EnR en 2030 bien plus important.

7.2 SYNTHÈSE ÉCONOMIQUE

D'un point de vue tarifaire, le diagnostic de ce schéma directeur a démontré que ce service public est particulièrement compétitif au regard des autres réseaux de chaleurs nationaux.

En effet, on observe un prix inférieur de 8% au prix moyen des réseaux de chaleur à base de géothermie sur toute la France.

A courts termes, le réseau va devoir prendre en compte trois enjeux majeurs :

- La fin du contrat de rachat d'électricité C13 de la centrale de cogénération,
- L'augmentation de la TICGN sur l'énergie gaz,
- L'éventuelle modification de la législation sur le taux d'EnR (imposé à 60% pour obtenir le taux de TVA réduit).

Les scénarios d'évolution de ce schéma directeur ont pris en compte d'un point de vue technique la fin de la cogénération ainsi que l'objectif fixé par la ville de Fresnes d'atteindre les 60% d'EnR sur le réseau. Par contre, en terme économique, la perte de revenu liée à l'arrêt de la cogénération n'a pas été simulée car elle nécessite un audit financier en lien avec le délégataire.

Des investissements ont été estimés pour l'ensemble des scénarios simulés avec une part de subventions comprise entre 20 et 29%.

Afin d'atteindre un équilibre économique pour chaque scénario, le prix de la chaleur des nouveaux abonnés a été augmenté pour atteindre un niveau de TRI de 7%. Ce mécanisme permet de comparer les scénarios et de déterminer leur viabilité. On remarque d'ailleurs que l'ensemble des scénarios conduisent à des prix de chaleur compris entre 62€HT/MWh et 75€HT/MWh, qui restent compétitifs avec ceux du gaz.

Cet équilibre économique pourra éventuellement être atteint par le biais d'autres mécanismes financiers qui pourront être étudiés dans le cadre de la signature d'un avenant au contrat de DSP.

A ce stade d'étude, la solution consistant à forer un nouveau doublet de géothermie induit un coût de la chaleur des nouveaux abonnés plus important que celle comprenant la mise en place d'une chaufferie biomasse. Cependant, d'un point de vue environnemental, la solution géothermie a deux avantages :

- Elle permet d'atteindre un taux d'EnR bien plus important et d'envisager de l'export de chaleur sur la ville d'Antony,
- Elle ne produit aucune pollution de l'air contrairement à la biomasse qui rejette des particules polluantes sans compter la gêne liée à la circulation des camions pour l'approvisionnement du bois.

7.3 PLAN D' ACTIONS

Le schéma directeur du réseau de chaleur de Fresnes a permis :

- De réaliser un diagnostic du fonctionnement actuel du réseau de chaleur,
- D'établir un inventaire exhaustif des bâtiments pouvant potentiellement être raccordés au réseau de chaleur à l'avenir et ainsi d'imaginer un planning de raccordements prévisionnel,
- D'établir un inventaire des ressources EnR à proximité de la commune qui pourraient potentiellement apporter de la chaleur sur le réseau de chaleur,
- D'étudier l'impact de ces nouvelles ressources sur les caractéristiques du réseau (en particulier sur le taux d'EnR) en fonction du planning de raccordements établi et ainsi de mettre en avant les scénarios futurs les plus prometteurs,
- De réaliser une étude technico-économique de ces derniers afin de déterminer leur viabilité.

L'objectif d'un schéma directeur est ensuite de réaliser un plan d'actions à mettre en œuvre à l'avenir. Il s'agit d'une feuille de route qui a pour but d'imaginer l'évolution du réseau à l'horizon 2030.

Cette feuille de route est présentée par la figure suivante :

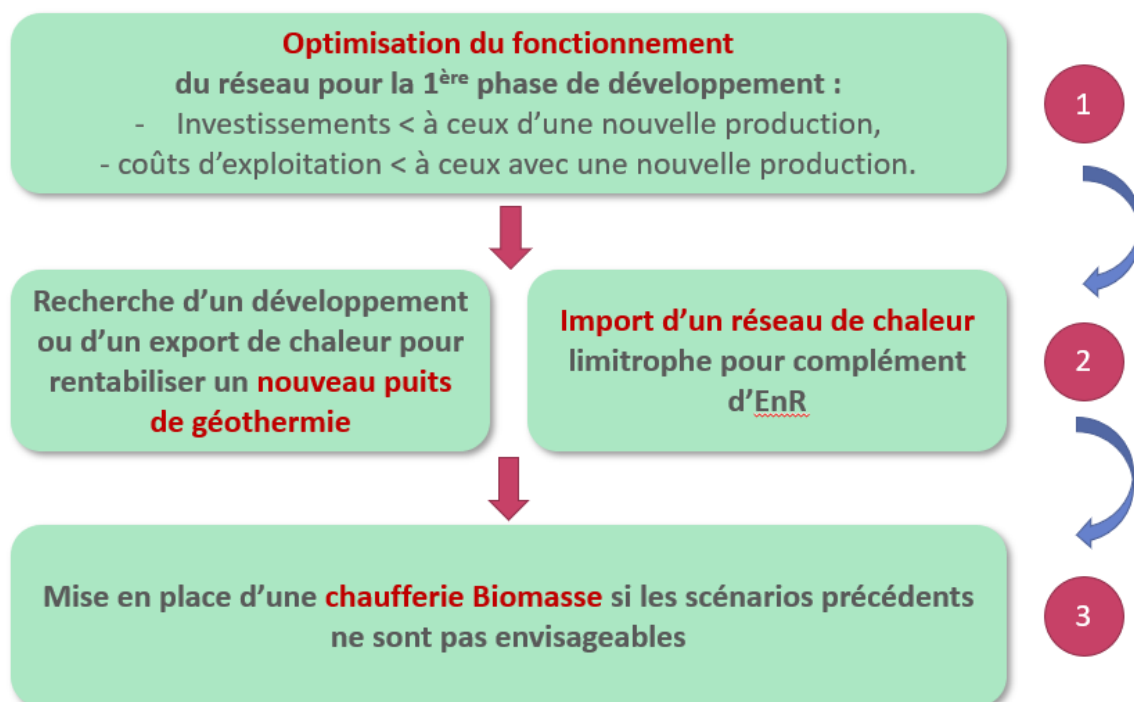


Figure 69: Plan d'action proposé pour le réseau de chaleur de Fresnes

Dans un souci d'amélioration continue du service public, de la lutte contre la précarité énergétique ainsi que de la réduction de la pollution en Ville, SERMET propose la feuille de route suivante qui suit les orientations politiques :

1) Optimisation du fonctionnement hydraulique du réseau actuel

Comme nous l'avons vu dans ce schéma directeur, le réseau de chaleur de Fresnes est aujourd'hui limité par sa capacité de distribution. Il est donc important que des études hydrauliques et plus globales du réseau soit réalisées afin de déterminer les travaux fondamentaux à mettre en œuvre. Ces travaux seront par exemple des travaux de remplacement de canalisation ou d'optimisation du réseau primaire en sous-station.

Ces optimisations permettront de poursuivre le développement du réseau, notamment vers les résidences au nord de la commune. Les échanges avec les usagers du réseau au cours des différentes présentations des résultats du schéma directeur ont permis à SOFREGE de constater que le réseau de chaleur n'est pas assez visible sur la commune. Il a ainsi été établi un plan de communication plus important afin d'atteindre tous les habitants de la commune. Ce plan comprend par exemple la modernisation du site internet de SOFREGE, l'organisation de portes ouvertes, etc.

Il est également proposé de sensibiliser les usagers sur la nécessité d'améliorer leurs réseaux secondaires et de leur apporter tous les conseils nécessaires. Ce point a pour but de les rendre plus responsables et conscients du fonctionnement du réseau et d'améliorer les performances de ce dernier.

2) Approfondissement du développement du réseau sur la commune d'Antony

Notre étude doit être accompagnée d'une prospection plus approfondie sur une zone plus importante d'Antony. En effet, nous nous sommes concentrés sur la zone entre Fresnes et les voies ferroviaires du RER B pour montrer que ce développement peut être bénéfique au réseau. De plus, des échanges avec la Ville d'Antony devront être menés afin d'évaluer leur intérêt à se raccorder au réseau. En cas d'accord, des montages juridiques et financiers devront être établis afin de proposer un projet viable juridiquement et financièrement.

3) Import avec la SEMMARIS à Rungis

L'import de chaleur du réseau de Rungis a été présentée dans ce rapport mais il n'a pas été développé car ce raccordement comprend encore de nombreuses inconnues techniques et financières. Afin de lever ces inconnues, il est proposé de réaliser une étude de faisabilité plus poussée et d'échanger avec la SEMMARIS pour évaluer leur intérêt à mutualiser les deux réseaux. Cette étude permettra de quantifier le potentiel de chaleur pouvant être importé pour alimenter le réseau de chaleur de Fresnes. En cas de résultats favorables et d'accord avec la SEMMARIS, des montages juridiques et financiers devront être établis afin de proposer un projet viable juridiquement et financièrement.

4) Mise en œuvre d'une nouvelle source EnR

La nécessité de mettre en œuvre un nouveau moyen de production EnR sera étudié seulement après l'aboutissement des 3 premiers points. En effet, comme nous l'avons montré dans ce rapport, cette mise en œuvre nécessite d'importants investissements.

Cette étude sera portée par le Délégué et devra proposer une solution, la plus favorable pour le réseau (géothermie, biomasse, etc.). Comme pour les deux points précédents, cette étude mènera, en cas d'accord avec la Ville de Fresnes, à l'établissement de montages juridiques et financiers.

LEXIQUE

Terme	Définition
Aquifère	Formation géologique ou une roche, suffisamment poreuse et/ou fissurée (pour stocker de grandes quantités d'eau) tout en étant suffisamment perméable pour que l'eau puisse y circuler librement.
Abonné	Entité qui représente un ensemble d'usagers et qui contractualise une fourniture de chaleur avec le délégataire.
Cogénération	Production simultanée de deux formes d'énergie différentes dans la même centrale. Le cas le plus fréquent est la production d'électricité et de chaleur utile, la chaleur étant issue de la production électrique.
Délégrant	Autorité qui délègue la gestion, l'exploitation et la commercialisation de son réseau de chaleur.
Délégataire	Entreprise en charge de la gestion, l'exploitation et la commercialisation d'un service public, en l'occurrence celui du réseau de chaleur.
Dogger	Le Dogger constitue le principal aquifère géothermique exploité en région parisienne. Situé entre 1 500 et 2 000 mètres de profondeur, cet aquifère contient une eau d'une température variant de 57 à 85 °C : la nappe du Dogger.
Equivalent logement	L'équivalent-logement est une unité de quantité d'énergie, essentiellement utilisée afin de donner une réalité "concrète" à des statistiques sur les quantités d'énergie livrées. Le nombre d'équivalents-logements est calculé à partir des livraisons de chaleur et de la consommation moyenne d'un logement collectif en France, corrigée chaque année d'une baisse de consommation de chauffage des logements de 1,2%.
Installations primaires	Installations appartenant au Délégataire, composées des moyens de production et de distribution de la chaleur en amont des points de distribution présents chez les abonnés.
Installations secondaires	Installations appartenant à l'Abonné permettant de distribuer la chaleur à l'intérieur des bâtiments raccordés au réseau de chaleur, possession de l'abonné hors du périmètre de la DSP de réseau urbain.
Puissance souscrite	Pour le chauffage ou le réchauffage de l'eau chaude sanitaire. Elle est précisée dans la police d'abonnement (contrat entre le délégataire et l'abonné). C'est la puissance calorifique maximale que le délégataire est tenu de mettre à disposition de l'abonné.
Réseau de chaleur	Un réseau de chaleur consiste en un chauffage central à l'échelle d'une ville ou d'un quartier. Il permet de distribuer à plusieurs utilisateurs de la chaleur produite par une ou plusieurs centrales de production via un ensemble de canalisations de

	transport de chaleur.
Taux d'EnR&R	Ce taux correspond au taux de couverture ci-dessus défini auquel il est soustrait la part d'énergie fossile nécessaire au fonctionnement de la production de chaleur provenant d'énergie renouvelable ou de récupération. Dans notre cas, cela concerne l'énergie provenant de la géothermie et la pompe à chaleur (PAC) auquel est soustrait la consommation d'électricité de la PAC.
Taux de couverture EnR&R	Ce taux correspond à la part couverte par les énergies renouvelables dans Le mix énergétique de la production de chaleur du réseau. Dans notre cas, cela concerne l'énergie provenant de la géothermie et la pompe à chaleur (PAC).
Usager	Utilisateur final de la chaleur fournie.

Sigle	Signification	Définition
EnR&R	Energie Renouvelable et de Récupération	<p><u>Energies renouvelables</u> : ce sont des sources d'énergies dont le renouvellement naturel est assez rapide pour qu'elles puissent être considérées comme inépuisables à l'échelle du temps humain.</p> <p><u>Energies de récupération</u> : ce sont des énergies dites « propres » car elles proviennent d'énergies fatales (d'usine d'incinération, d'industries ou autre) qui, à défaut, seraient perdues.</p>
AMO	Assistance à Maîtrise d'ouvrage	Contrat selon lequel un maître d'ouvrage public ou privé fait appel aux services d'une personne publique ou privée pour faire les études nécessaires à la réalisation et au suivi d'un projet.
DJU	Degré Jour Unifié	<p>Les degrés jour unifiés (DJU), permettent de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique et de « quantifier » la rigueur de l'hiver (période octobre-mai).</p> <p>Ils sont généralement déterminés selon la méthode « météo » selon laquelle, pour chaque période de 24 heures, le nombre de degrés jours unifiés (DJU) est déterminé en faisant la différence entre la température de référence, par exemple 18 °C, et la moyenne de la température minimale et la température maximale de ce jour.</p>
DSP	Délégation de Service Public	Contrat par lequel une personne morale de droit public confie la gestion d'un service public dont elle a la responsabilité à un délégataire public ou privé, dont la rémunération est substantiellement liée au résultat de l'exploitation du service.
ECS	Eau Chaude Sanitaire	Réseau d'eau chauffée à usage domestique et sanitaire.
FOD	Fioul Domestique	Il s'agit d'un combustible dérivé du pétrole, issu de la même coupe

		que le gazole, classé dans les ressources énergétiques dites « fossiles ». Il est composé d'un mélange d'hydrocarbures, d'additifs et de colorants.
GER	Gros entretien et renouvellement	Travaux plus importants que l'entretien courant (petites réparations entraînées par la nécessité de la maintenance) et peut faire l'objet d'un plan pluriannuel de travaux. Exemple : travaux de mise aux normes, remplacement de chaudière, etc.
GFR	-	Nom attribué aux puits géothermiques du réseau de chaleur de Fresnes.
PA	Police d'abonnement	Contrat signé entre le délégataire et l'abonné, définissant les caractéristiques du service fourni : puissance souscrite, date du début et d'échéance de la fourniture de chaleur, les limites de responsabilité du Service, les obligations des deux parties ainsi que les modalités financières (rémunération et condition de paiement).
PAC	Pompe à chaleur	Machine dont le but est de valoriser la chaleur gratuite présente dans l'environnement : celle présente dans l'air extérieur, les rivières, le sol. Pratiquement, grâce à un fluide décrivant un cycle thermodynamique, la pompe à chaleur retire de la chaleur à une source dite "froide" et la rejette dans une source dite "chaude".

Unité	Définition
MWh	Quantité d'énergie livrée
kWél	Puissance électrique
kWth	Puissance thermique

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Plan du réseau	11
Figure 2 : Schéma de principe du fonctionnement du réseau de chaleur de Fresnes	12
Figure 3: Graphique en secteur de la mixité énergétique 2016.....	13
Figure 4: Graphique du taux d'EnR en 2016.....	14
Figure 5 : Graphique en secteur des types d'abonnés raccordés	15
Figure 6 : Evolution des consommations de chaleur et de la puissance souscrite totale du réseau	17
Figure 7 : Schéma des différents intervenants.....	28
Figure 8: Evolution du nombre de points de livraison raccordés depuis 2011	33
Figure 9: Implantation de la centrale géothermique et du nouveau puits producteur.....	36
Figure 10: Implantation des moyens de production avenue Edouard Herriot	37
Figure 11 : Coupe des puits de forage.....	38
Figure 12: Implantation du chantier du triplet (1/2).....	39
Figure 13: Implantation du chantier du triplet (2/2).....	39
Figure 14: Coupe technique du troisième puits géothermique (GFR-3)	40
Figure 15: Fonctionnement de la PAC.....	42
Figure 16 : Evolution de la production des chaufferie MAD	45
Figure 17: Evolution de la mixité énergétique du réseau depuis 2011.....	60
Figure 18: Evolution du contenu CO ₂ rejeté par le réseau depuis 2011	62
Figure 19: Contenu CO ₂ kg/kwh PCI en 2016 du réseau de Fresnes face à d'autres énergies.....	62
Figure 20 : Evolution du terme R1 facturé depuis la notification de la DSP (Novembre 2010)	74
Figure 21: Evolution du terme R2 facturé depuis la notification de la DSP (Novembre 2010).....	75
Figure 22: Evolution du prix de vente moyen de la chaleur 2007-2015 (€HT/MWh)	79
Figure 23: Prix de vente moyen HT de la chaleur en 2015 selon l'énergie	79
Figure 24: Monotone des prix de vente moyens de la chaleur en 2015.....	80
Figure 25: Evolution de la facture énergétique des logements	81
Figure 26: Périmètre d'étude du schéma directeur du réseau de chaleur de Fresnes – 2017	89
Figure 27 : Cartographie des réseaux de chaleur situés à proximité du réseau de Fresnes.....	90
Figure 28: Cartographie des UIOM situées à proximité du réseau de Fresnes.....	92
Figure 29 : Potentiel géothermique du sud de l'Île-de-France – Echelle 1/200 000.....	93
Figure 30 : Potentiel énergétique de la géothermie superficielle en Île-de-France	94
Figure 31: Cartographie des centrales biomasses en Île-de-France.....	95
Figure 32: Carte des fournisseurs de bois déchiqueté en Ile-de-France.....	96
Figure 33: Carte des producteurs de combustibles bois de chauffage en IdF	97
Figure 34 : Principales artères routières de la commune de Fresnes	98
Figure 35: Terrains éventuellement disponibles pour la construction d'une chaufferie biomasse.....	99
Figure 36: Productions de méthanisation en Île-de-France	99
Figure 37: Cartographie des data centers en Île-de-France	100
Figure 38 : Data centers à proximité du réseau de chaleur de Fresnes	101
Figure 39 : STEP et STEU en Île-de-France.....	102
Figure 40 : Installations de biogaz à proximité de la commune de Fresnes	103
Figure 41 : Mixité énergétique - Scénario de référence.....	106
Figure 42 : Courbe monotone - scénario de référence	107

Figure 43: Position géographique de Fresnes	109
Figure 44 : Sectorisation de la commune de Fresnes.....	110
Figure 45: Disponibilité des parcelles sur la commune de Fresnes.....	111
Figure 46: Opportunités foncières sur la commune de Fresnes	112
Figure 47: Orientation d'aménagement et de programmation - Secteur Parc des sports	112
Figure 48: Orientation d'aménagement et de programmation - Secteur Moulin de Berny	113
Figure 49: Orientation d'aménagement et de programmation - Secteur Tuilerie.....	114
Figure 50: Orientation d'aménagement et de programmation - Secteur centre-ville.....	115
Figure 51: Orientation d'aménagement et de programmation - Secteur cerisaie Sud.....	116
Figure 52 : Principales poches de développement identifiées sur le territoire de Fresnes	118
Figure 53 : Répartition géographique des besoins des prospects sur la commune de Fresnes	119
Figure 54 : Evolution de la chaleur livrée et du nombre de sous-stations considérée	120
Figure 55: Evolution de la densité du réseau de chaleur de Fresnes.....	120
Figure 56 : Devenir de la cogénération	128
Figure 57: Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°0.....	134
Figure 58: Evolution du taux d'EnR et du contenu CO2 - Scénario n°0.....	135
Figure 59: Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°1.....	136
Figure 60: Evolution du taux d'EnR et du contenu CO2 - Scénario n°1.....	137
Figure 61: Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°2.....	138
Figure 62: Evolution du taux d'EnR et du contenu CO2 – Scénario n°2	139
Figure 63: Réseau projeté pour le raccordement des bâtiments d'Antony	141
Figure 64: Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°2b.....	142
Figure 65: Evolution du taux d'EnR et du contenu CO ₂ – Scénario n°2b.....	143
Figure 66 : Compte de résultats prévisionnels – Scénario 1	150
Figure 67 : Compte de résultats prévisionnels – Scénario 2	153
Figure 68 : Compte de résultats prévisionnels – Scénario 2b	155
Figure 69: Plan d'action proposé pour le réseau de chaleur de Fresnes	159

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques du réseau de Fresnes (à la fin de l'exercice 2016).....	13
Tableau 2: Mixité énergétique du réseau de Fresnes (exercice 2016)	13
Tableau 3: Répartition des abonnés par type	15
Tableau 4 : Evolution du réseau depuis 2011	16
Tableau 5 : Evolution du nombre de points de livraison raccordés depuis 2011	33
Tableau 6: Chaufferies mises à disposition, dates de signatures et échéance du contrat de MAD	34
Tableau 7 : Caractéristiques techniques du triplet géothermique	41
Tableau 8: Description des abonnés raccordés en 2016.....	50
Tableau 9: Evolution des pertes du réseau depuis 2011.....	51
Tableau 10: Evolution de la densité thermique du réseau depuis 2011.....	51
Tableau 11: Evolution des consommations de chauffages depuis 2011.....	58
Tableau 12: Evolution des consommations d'ECS depuis 2011	58
Tableau 13: Evolution de la mixité énergétique du réseau depuis 2011	59
Tableau 14: Comparaison entre les investissements prévus et réels depuis la signature de la DSP	67
Tableau 15 : Evolution du coût unitaire moyen annuel du terme R1 depuis la notification de la DSP (Novembre 2010)	74
Tableau 16 : Evolution du coût unitaire moyen annuel du terme R2 depuis la notification de la DSP (Novembre 2010)	75
Tableau 17: Droits de raccordement perçus par SOFREGE depuis le début de la DSP	76
Tableau 18 : Comparatif du P3 réel et prévisionnel.....	82
Tableau 19 : Solde GER annuel et prévisionnel.....	82
Tableau 20 : Synthèse des extensions et temporalités de raccordement envisagées.....	122
Tableau 21: Programme de développement du réseau de chaleur de Fresnes prévu par SOFREGE à la signature de la DSP	123
Tableau 22: Résultats - Scénario 0 - Production actuelle.....	132
Tableau 23 : Résultats – Scénario 1 – Chaufferie biomasse.....	132
Tableau 24 : Résultats - Scénario 2 – Géothermie profonde	132
Tableau 25: Résultats - Scénario 3 – Méthanisation.....	132
Tableau 26: Résultats - Scénario 4 – Géothermie superficielle.....	132
Tableau 27 : Synthèse des résultats des simulations.....	133
Tableau 28: Caractéristique des prospectifs de la Ville d'Antony identifiés	140
Tableau 29: Synthèse des investissements - scénario 1.....	148
Tableau 30 : Synthèse des subventions - scénario 1.....	149
Tableau 31: Synthèse des investissements - scénario 2.....	151
Tableau 32: Synthèse des subventions - scénario 2.....	152
Tableau 33: Synthèse des investissements - scénario 2b	154
Tableau 34: Synthèse des subventions - scénario 2b.....	155

ANNEXES

- Annexe 1 : Plan du réseau SOFREGE
- Annexe 2 : Schéma de Principe du fonctionnement du réseau.
- Annexe 3 : Liste des sous-stations
- Annexe 4 : Date de signature des polices d'abonnement/ Mises à disposition des chaufferies
- Annexe 5 : Charte du comité de géothermie
- Annexe 6 : Coupes techniques des forages du puits GFR-3 (1/2)
- Annexe 7 : Coupes techniques des forages du puits GFR-3 (1/2)
- Annexe 8 : Schéma de principe
- Annexe 9 : Relevé du matériel 2017
- Annexe 10 : Exemple de questionnaire envoyé aux prospects
- Annexe 11 : Tableau récapitulatif des informations récoltées dans les questionnaires
- Annexe 12 : Note synthétique sur le classement du réseau de chaleur
- Annexe 13 : Liste des prospects rejetés
- Annexe 14 : Plan d'affaire du Compte d'exploitation prévisionnel du scénario 1
- Annexe 15 : Plan d'affaire du Compte d'exploitation prévisionnel du scénario 2
- Annexe 16 : Plan d'affaire du Compte d'exploitation prévisionnel du scénario 2b