

MAITRE D'OUVRAGE

# SYNDICAT INTERCOMMUNAL DE LA PERIPHERIE DE PARIS POUR LES ENERGIES ET LES RESEAUX DE COMMUNICATION (SIPPEREC)



SIPPEREC  
ÉNERGIES ET COMMUNICATIONS

Tour Lyon Bercy  
173-175 rue de Bercy  
CS 10205  
75588 PARIS CEDEX 12

---

## SCHEMA DIRECTEUR DU RESEAU DE CHALEUR A BASE GEOtherMIQUE SUR LE TERRITOIRE DES COMMUNES DE BAGNEUX ET CHÂTILLON

---

---

Ce document comporte 117 pages, y.c. celle-ci

---

**2019**

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION ET RENSEIGNEMENTS GENERAUX.....</b>	<b>4</b>
1.1	Objet du rapport.....	4
1.2	Renseignements généraux relatifs à l'étude.....	5
1.2.1	Maîtrise d'ouvrage – Le Délégant.....	5
1.2.2	Le délégataire.....	5
1.2.3	Assistance à Maîtrise d'Ouvrage pour l'étude.....	6
<b>2</b>	<b>COMITE DE PILOTAGE.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>DIAGNOSTIC DU RESEAU ET EVALUATION DE LA QUALITE DE SERVICE FOURNI</b>	<b>9</b>
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	Schéma de synthèse du réseau.....	11
3.1.4	Description des principales caractéristiques.....	12
3.1.5	Typologie des abonnés et bâtiments raccordés.....	14
3.1.6	Evolution de la puissance souscrite et du nombre de sous-stations.....	15
3.1.7	Evolution du bouquet énergétique.....	16
3.1.8	Evolution du contenu CO <sub>2</sub> du réseau.....	17
3.1.9	Rôle du réseau de chaleur dans la politique énergétique, urbaine et sociale de la collectivité.....	18
3.2	Indicateurs de performance du réseau.....	20
3.2.1	Assurer les besoins maximaux et ajuster en permanence la production aux besoins.....	20
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.....	23
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.....	25
3.2.6	Relations de qualité entre l'autorité organisatrice, les citoyens et l'opérateur.....	25
3.3	Contexte contractuel.....	26
3.3.1	Les différents intervenants.....	26
3.3.2	Convention de Délégation de Service Public et avenants.....	27
3.3.3	Contrats de vente d'électricité et d'achat de chaleur.....	28
3.3.4	Règlement de service.....	29
3.3.5	Police d'abonnement.....	29
3.3.6	Droits de raccordement.....	29
3.3.7	Situation vis-à-vis des contrats, polices d'abonnement actuellement mis en place.....	30
3.3.8	Chaufferies mises à disposition.....	30
3.4	Audit technique.....	31
3.4.1	Sites de production.....	31
3.4.2	Réseau de distribution.....	38
3.4.3	Sous-stations.....	39
3.4.4	Patrimoine raccordé - installations secondaires.....	40
3.5	Audit économique.....	42
3.5.1	Analyse du compte d'exploitation.....	42
3.5.2	La structure tarifaire, la tarification et régime fiscal appliqué.....	46
3.5.3	Positionnement du prix moyen de vente de la chaleur par rapport à d'autres réseaux.....	54
3.5.4	Facture énergétique pour un logement « type ».....	58
3.5.5	Analyse du compte de Gros Entretien et Renouvellement (GER).....	59
3.6	Synthèse de l'audit de l'existant.....	60
3.6.1	Synthèse sur le volet « contractuel ».....	60
3.6.2	Synthèse sur le volet « Technique ».....	60
3.6.3	Synthèse sur le volet « Economique ».....	60

<b>4</b>	<b>ETAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR A PROXIMITE DU RESEAU .....</b>	<b>61</b>
4.1	Réseaux publics et privés à proximité du réseau .....	61
4.2	Source d'énergies renouvelables et de recuperation à proximité du réseau .....	64
4.2.1	UIOM.....	64
4.2.2	Industries potentiellement génératrices de chaleur fatale .....	65
4.2.3	Le potentiel thermique des eaux usées et les STEP.....	65
4.2.4	Les forages en exploitation ainsi que le potentiel géothermique.....	66
4.2.5	L'énergie solaire thermique .....	68
4.2.6	Le potentiel en biomasse .....	69
4.3	Synthese de l'Etat des lieux des sources de chaleur à proximité du réseau.....	70
<b>5</b>	<b>PRESENTATION DU PERIMETRE DE REFERENCE ET DES DEVELOPPEMENTS ENVISAGES .....</b>	<b>71</b>
5.1	Périmètre de référence.....	71
5.2	Potentiel de développement identifié.....	73
5.2.1	Bagneux .....	74
5.2.2	Châtillon .....	76
5.2.3	Fontenay-aux-Roses .....	79
5.2.4	Ville de Sceaux.....	81
5.2.5	Bourg-la-Reine.....	82
5.3	Potentiel de développement du réseau retenu .....	84
<b>6</b>	<b>ETUDE DES SCENARIOS D'EVOLUTION DU RESEAU DE CHALEUR .....</b>	<b>86</b>
6.1	Analyse technique .....	86
6.1.1	Evolution énergétique sur les bâtiments raccordés et prospects futurs .....	86
6.1.2	Scénario n°1 - Densification sur Bagneux .....	88
6.1.3	Scénario n°2 - Densification sur Bagneux et Châtillon .....	92
6.1.4	Scénario n°3 - Densification sur Bagneux et Châtillon et développement sur Fontenay-aux-Roses, Bourg-la-Reine et Sceaux.....	97
6.2	Analyse économique.....	102
6.2.1	Procédure générale.....	102
6.2.2	Scénario n°2.1 - Densification sur Bagneux et Châtillon - Géothermie .....	107
6.2.3	Scénario n°2.2 - Densification sur Bagneux et Châtillon - Biomasse.....	110
<b>7</b>	<b>SYNTHESE DE L'ETUDE.....</b>	<b>113</b>
7.1	Plan d'actions .....	115
	Table des illustrations et tableaux .....	116

# 1 INTRODUCTION ET RENSEIGNEMENTS GENERAUX

---

## 1.1 OBJET DU RAPPORT

---

Le réseau de chaleur de Bagneux/Châtillon est alimenté par l'intermédiaire d'un doublet de géothermie au Dogger associé à deux pompes à chaleur. Le réseau est la propriété du Syndicat Intercommunal de la Périphérie de Paris pour les Energies et les REseaux de Communication (SIPPEREC) et géré par la société BAGEOPS (filiale à 100% de la société DALKIA) qui en assure le financement, la conduite, la maintenance et le renouvellement des installations par le biais d'un contrat de DSP. D'une durée de 30 ans, il prendra fin le 15 janvier 2044.

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

- Diagnostic historique, contractuel et technico-économique du réseau actuel permettant de définir les scénarios de référence,
- Développement du réseau à l'horizon 2030,
- Intégration d'énergies renouvelables dans le mix énergétique de la production,
- Etude des scénarios d'évolution (technico-économique, contractuelle),
- Synthèse et plan d'action.

Ce schéma directeur s'inscrit dans une démarche d'assistance auprès du SIPPEREC et de BAGEOPS pour leur permettre de disposer des éléments offrant une vision sur le développement du réseau à l'horizon 2030 et l'intégration d'énergie renouvelable en considérant les aspects techniques, environnementaux et économiques.

## 1.2 RENSEIGNEMENTS GENERAUX RELATIFS A L'ETUDE

### 1.2.1 Maîtrise d'ouvrage – Le Délégant

Le Maître d'Ouvrage est le Syndicat Intercommunal de la Périphérie de Paris pour les Energies et les REseaux de Communication (**SIPPEREC**).

Adresse principale : Tour Lyon Bercy  
173-175 rue de Bercy  
CS 10205  
75588 PARIS CEDEX 12

Les interlocuteurs sont les suivants :

Mme. MOREAU Sabine	Responsable du pôle Energie Renouvelable et maîtrise de l'énergie	<a href="mailto:smoreau@sipperec.fr">smoreau@sipperec.fr</a>
M. DESCHAMPS Arnaud	Responsable adjoint du pôle Energie Renouvelable et maîtrise de l'énergie	<a href="mailto:adeschamps@sipperec.fr">adeschamps@sipperec.fr</a>
Mme. DE ROSSI Valérie	Responsable réseaux de chaleur et géothermie	01 70 64 90 46 <a href="mailto:vderossi@sipperec.fr">vderossi@sipperec.fr</a>
M. KERSUZAN Yves	Ingénieur réseaux de chaleur et géothermie	01 44 74 83 99 <a href="mailto:ykerksuzan@sipperec.fr">ykerksuzan@sipperec.fr</a>

### 1.2.2 Le délégataire

**BAGEOPS** est une société par actions simplifiées, filiale à 100% de DALKIA, créée spécifiquement pour l'exploitation du réseau de chaleur de Bagneux et Châtillon.

Adresse du siège social : BAGEOPS  
Tour Europe  
33, place Corolles  
92400 COURBEVOIE

Les interlocuteurs sont les suivants :

M. SCHEINER Frédéric	Directeur de Centre Opérationnel	01 49 80 73 52 <a href="mailto:frederic.scheiner@dalkia.fr">frederic.scheiner@dalkia.fr</a>
M. DEROEUX Christian	Chef d'unité d'exploitation	01 60 92 35 07 <a href="mailto:christian.deroeux@dalkia.fr">christian.deroeux@dalkia.fr</a>
Mme MACKAIN France	Chargée d'affaires	01 71 09 77 07 <a href="mailto:france.mackain@dalkia.fr">france.mackain@dalkia.fr</a>
M. DE SOUZA Philippe	Responsable d'exploitation	<a href="mailto:philippe.desouza@dalkia.fr">philippe.desouza@dalkia.fr</a>
M. GREBOVAL Grégory	Adjoint directeur ingénierie	<a href="mailto:Gregory.greboval@dalkia.fr">Gregory.greboval@dalkia.fr</a>
M. MARTY Pascal	Chef de site	<a href="mailto:pascal.marty@dalkia.fr">pascal.marty@dalkia.fr</a>

### 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 le SIPPAREC 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 <a href="mailto:pbignon@sermet.fr">pbignon@sermet.fr</a>
M. Didier BENARD	Responsable opérationnel	01 43 97 05 80 <a href="mailto:dbenard@sermet.fr">dbenard@sermet.fr</a>
Mme. Coline HUARD	Chargée d’affaires	07 63 78 17 64 <a href="mailto:chuard@sermet.fr">chuard@sermet.fr</a>
M. Maxime LHENRI	Ingénieur d’études	06 65 47 04 61 <a href="mailto:mlhenri@sermet.fr">mlhenri@sermet.fr</a>

## 2 COMITE DE PILOTAGE

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

- **Ville de Bagneux :**
  - Madame BOUDJENAH Yasmine : Première Maire-adjointe à l'Aménagement au Développement durable, à la transition énergétique et aux Finances. Déléguée titulaire du SIPPEREC,
  - Madame MEKER Pascale : Maire-Adjointe de Bagneux en charge de l'Espace public et du Patrimoine,
  - Madame METAIS Caroline : Directrice Générale Adjointe Aménagement et Services techniques,
  - Monsieur FABBRI Fabien : Directeur général des services,
  - Madame HEUDE-RIPERT Marie : Directrice Générale Adjointe Urbanisme,
  - Monsieur VINCENT Thomas : Directeur espaces publics,
  - Madame HERVE Jonathane : Responsable énergie,
  - Madame THOMAS Noémie : Chargée de Mission Développement Durable,
  - Madame PEIROLO Maëlis : Collaboratrice de cabinet en charge du développement durable,
  - Madame MEKER Pascale : Elue.
  
- **Ville de Châtillon :**
  - Monsieur BOULAY Jackie : Mairie-adjoint chargé du paysage urbain, des transports et de la voirie. Délégué titulaire du SIPPEREC,
  - Madame LHUILLIER Estelle : Directrice des services techniques,
  - Monsieur ZYZAK Olivier : Responsable service urbanisme,
  - Monsieur GRZYBOWSKI Julien : Responsable service voiries,
  - Monsieur PALAIN Olivier : Responsable service bâtiments,
  
- **SIPPEREC (autorité délégante) :**
  - Madame MOREAU Sabine : Responsable pôle EnR/MDE,
  - Madame DE ROSSI Valérie : Responsable réseaux de chaleur et géothermie,
  - Monsieur KERSUZAN Yves : Ingénieur réseaux de chaleur et géothermie.
  
- **BAGEOPS (délégataire) :**
  - Monsieur SCHEINER Frédéric : Directeur de centre opérationnel,
  - Monsieur DEROEUX Christian : Chef d'unité d'exploitation,
  - Madame MACKAIN France : Chargée d'affaires.

- **ADEME :**
  - Madame HENRY Laurianne : Ingénieur géothermie profonde et réseaux de chaleur,
- **Région :**
  - Madame BELLUCO Lisa : Chargé de mission énergie
- **Etablissement public territorial Vallée Sud Grand Paris :**
  - Madame RATIER-CAVALLO Anne-Lise : Directrice de la maîtrise d’ouvrage et du patrimoine
- **Représentants des abonnés :**
  - 1 représentant de DOMAXIS
  - 1 représentant EFEDIS
  - 1 représentant IDF Habitat
- **Usagers :**
  - 1 représentant des usagers

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

### 3.1 PRESENTATION DU RESEAU DE CHALEUR

#### 3.1.1 Schéma et historique du montage juridique

L'objectif du SIPPAREC pour le réseau de chaleur de Bagneux / Châtillon est :

- Assurer une alimentation énergétique du réseau de chauffage urbain avec un taux de couverture en Energie Renouvelable (EnR) supérieur à 60%, de manière sécurisée et durable,
- Proposer un coût de la chaleur compétitif et dont l'évolution sera moins sensible aux énergies fossiles.

La délégation de service public conclue entre le SIPPAREC et BAGEOPS a été notifiée le 15 janvier 2014 pour une durée de 30 ans non renouvelable.

Elle a pour objet le financement, la conception, la construction et l'exploitation de l'équipement de production géothermale et du réseau de chaleur associé.

En qualité de délégataire, la société BAGEOPS 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 centrales de cogénération et 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 60% pendant toute la durée de la convention.

Le règlement général de service appliqué définit les rapports entre les abonnés et le délégataire à savoir :

- Les principes généraux du service,
- Les conditions de livraison de l'énergie (nature et caractéristiques de la chaleur, contrat d'abonnement, entretien et renouvellement des ouvrages etc.),
- Les conditions liées aux abonnements et aux raccordements (tarification et taxes, révision des prix, calcul des indexations etc.),
- Les conditions de paiement,
- Les dispositions diverses (résiliation, durée des abonnements, date d'application, cession, clause d'exécution).

BAGEOPS s'engage sur la fourniture de chaleur en totalité pour assurer les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire de l'ensemble des abonnés.

Les polices d'abonnement sont souscrites pour chaque site raccordé par un Abonné auprès de BAGEOPS pour une durée de 15 ans renouvelable par tacite reconduction.

Les conditions du traité d'abonnement définissent :

- L'objet de la police d'abonnement,
- Les caractéristiques de l'abonnement (puissance et unité de répartition forfaitaire),
- Les conditions techniques de livraison,
- Le tarif de vente de la chaleur et la facturation définis dans le règlement de service,
- La date d'entrée en vigueur de l'abonnement ainsi que sa durée,
- Le schéma de principe de la sous-station avec les limites de prestations primaire/secondaire.

#### Historique de la Délégation :

- Fin 2009 : Association AGEMO/SIPPEREC afin de travailler sur la relance de la géothermie en région Ile-de-France,
- Mars à juin 2010 : Réalisation de l'étude d'état des lieux et des perspectives de la géothermie sur le territoire des Hauts-de-Seine,
- 2012 : la commune de Bagneux décide d'engager une étude de faisabilité détaillée concernant la mise en œuvre d'un réseau de chauffage urbain alimenté à base de géothermie au Dogger et a transféré au SIPPEREC, sa compétence en matière de mise en œuvre d'actions et d'installations de production et de distribution d'énergie géothermique,
- 19 décembre 2013 : attribution de la DSP,
- 13 janvier 2014 : signature de la convention de DSP entre le SIPPEREC et Bagneux,
- 15 janvier 2014 : notification de la DSP,
- 15 avril 2015 : adhésion de la ville de Châtillon à la compétence « développement des énergies renouvelables » du SIPPEREC. S'ensuit le transfert de la compétence de concession de production, de transport et de distribution de la chaleur conclue le 29 mai 1986 entre Châtillon et la société COCHAREC.
- 18 décembre 2015 : signature de l'avenant n°1 modifiant le périmètre délégué et de premier établissement avec l'ajout des quartiers de Châtillon limitrophes à Bagneux et l'intégration des biens (installations de production, transport et distribution de la chaleur) du réseau de Châtillon à la convention de Bagneux à partir du 1er juillet 2016. Les quartiers concernés par le présent avenant sont :
  - Guynement,
  - Guy Moquet,
  - République,
  - Gatinot,
  - Ponceau,
  - Parc,
  - Sablons.
- 29 décembre 2015 : notification de l'avenant n°1,
- Février 2016 : début des travaux d'interconnexion des réseaux,
- Avril 2016 : fin des travaux d'électricité et hydraulique sur la centrale géothermique, fourniture d'énergie aux premiers abonnés du réseau,
- 28 juin 2016 : mise en service du réseau,

- 30 juin 2016 : date d'achèvement de la concession de COCHAREC,
- 1<sup>er</sup> juillet 2016 : mise à disposition de BAGEOPS des biens et équipements nécessaires à l'exploitation de l'installation. Extension du périmètre de la délégation sans modification des engagements définis dans le périmètre initial à savoir :
  - Raccordement de 45 000 kW sur Bagneux,
  - Taux d'énergie renouvelable supérieur à 60%.
- 1 août 2016 : mise en service de la centrale de géothermie,
- 28 juin 2017 : signature de l'avenant n°2 modifiant les modalités de paiement des factures émises par la société BAGEOPS (modification des valeurs et de l'indexation des tarifs de base). Entrée en vigueur de l'avenant à compter du 30 juin 2017.

Le réseau est prévu pour alimenter 45 MW dans le cadre du premier établissement. L'avenant n°1 de BAGEOPS intègre le périmètre du réseau de chaleur de Châtillon soit 6 360 kW supplémentaires sans impacter la production initiale.

### 3.1.2 Plan du réseau

---

*Voir Annexe 3.1- Plan Réseau BAGEOPS*

### 3.1.3 Schéma de synthèse du réseau

---

*Voir Annexe 3.2- Schéma de synthèse BAGEOPS*

### 3.1.4 Description des principales caractéristiques

Dans l'offre initiale le réseau devait être structuré de la manière suivante :

- Utilisation de la chaufferie gaz de l'AFUL « Pyramides » utilisée comme appoint jusqu'à une température extérieure de 1°C. En complément de la cogénération existante, le Délégué souhaitait installer deux chaudières fonctionnant au gaz naturel.
- Utilisation de la chaufferie de l'AFUL « Pierre Plate » comme appoint-secours pour des températures extérieures inférieures à 1°C. Dans son offre, le Délégué souhaitait installer 3 chaudières gaz de 8,6 MW, 5,4 MW et 3,0 MW.
- Utilisation de 4 chaufferies décentralisées : La résidence de l'abbé Grégoire, la résidence Prunier Hardy, la résidence Mathurins Fernand Léger, la résidence Mirabeau.

Suite à l'avenant n°1, intégrant le réseau de chaleur de Châtillon à celui de BAGEOPS, le Délégué a dimensionné la sous-station d'échange entre les deux réseaux afin de desservir la chaleur issue de la géothermie vers Châtillon pour 6,5 MW, et seulement dans ce sens. Le Délégué a également adapté les différentes sous-stations du réseau de Châtillon.

Actuellement, le réseau de chaleur de Bagneux/Châtillon est organisé comme suit :

- 1 centrale géothermique, 1 doublet géothermal et deux pompes à chaleur
- 1 chaufferie dite d'appoint-secours : L'AFUL Nord « Pierre Plate »,
- 1 chaufferie dite d'appoint : L'AFUL Sud « Pyramides/ La Fontaine »,
- 1 chaufferie de l'ancien réseau de Châtillon dite d'import-export sur le réseau de BAGEOPS,
- 10 chaufferies de décentralisées : les résidences Prunier Hardy et Fernand Léger, la piscine de Bagneux, le groupe scolaire Marcel Cachin, le foyer des jeunes travailleurs/Théâtre, la résidence Léo Ferré/Salle des fêtes, la résidence de la Madeleine, la résidence des Pervenches Colibri, le groupe scolaire Albert Petit et le groupe scolaire Paul Vaillant Couturier.

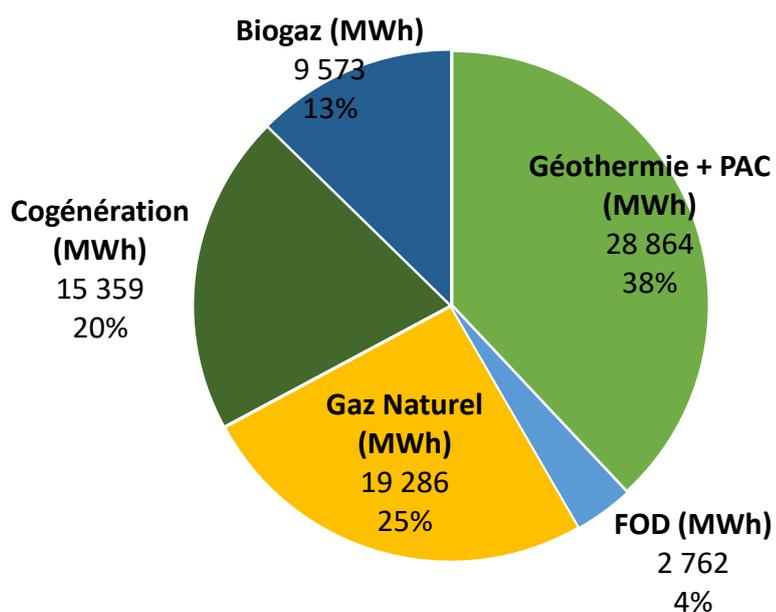
La structure du réseau permet d'assurer la production et la distribution de 61,1 MW sur l'ensemble du réseau.

Descriptif du réseau BAGEOPS	Objectif à la suite à l'avenant n°1	Exercice 2017
Longueur du réseau de tranchée (km)	11,7	15,2
Nombre d'abonnés	32	27
Nombre de sous-stations	55	56
Nombre d'équivalent-logements	11 000	6 471
Energie produite (GW)	115	75,8
Puissance souscrite (kW)	51 752	37 430
Ventes totales livrées (GWh)	109	72,0
Taux d'EnR (%)	60	50,6
Contenu CO <sub>2</sub> (g/kWh utile)	92	115
Densité globale du réseau (MWh/ml)	9,32	4,74

L'exercice 2017 est la première année complète de fourniture d'énergie. La quantité d'énergie produite illustre la montée en puissance du réseau avec une augmentation **170%** de l'énergie totale livrée entre 2016 et 2017. Le taux d'EnR est supérieur à 50% et ce malgré une mise en service retardée des pompes à chaleur grâce à l'achat de Biogaz à hauteur de 11 818 MWh PCS.

Le bouquet énergétique de l'exercice 2017 est le suivant :

Moyens de production	Energie produite 2017 (MWh)
Géothermie	28 216
PAC	648
Cogénération	15 359
Gaz naturel	19 287
Biogaz	9 573
FOD	2 762
<b>TOTAL</b>	<b>75 845</b>

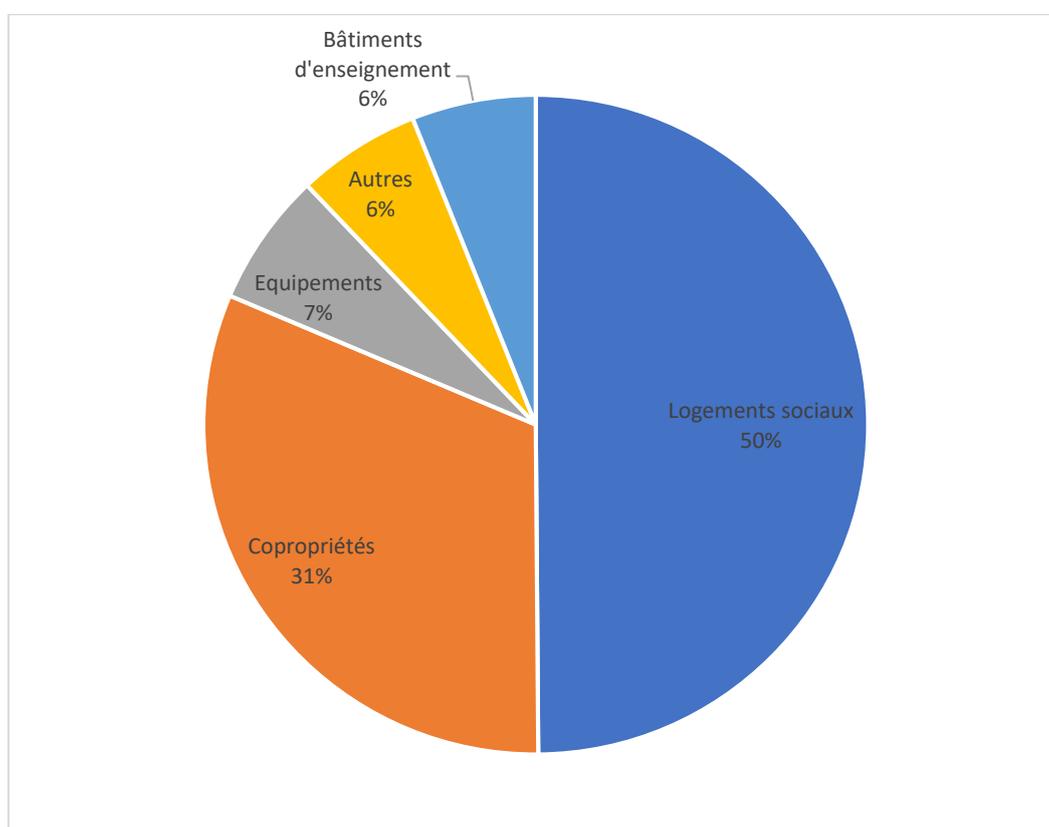


Graphique 1 : Mixité énergétique en 2017

### 3.1.5 Typologie des abonnés et bâtiments raccordés

Actuellement le réseau alimente environ 6 471 équivalent-logements répartis de la façon suivante pour un nombre de DJU donné par BAGEOPS pour l'année 2017 de 2 318.

Type de bâtiments raccordés	Nombre d'équivalent-logements	Répartition (%)
Logements sociaux	3 228	50%
Copropriétés	2 039	31%
Equipements	423	7%
Autres	391	6%
Bâtiments d'enseignement	391	6%
<b>Total</b>	<b>6 471</b>	<b>100%</b>



Graphique 2 : Répartition du nombre d'équivalent-logements selon le type de bâtiment raccordé

Les logements sociaux représentent la part la plus importante des bâtiments raccordés sur le réseau de chaleur de BAGEOPS.

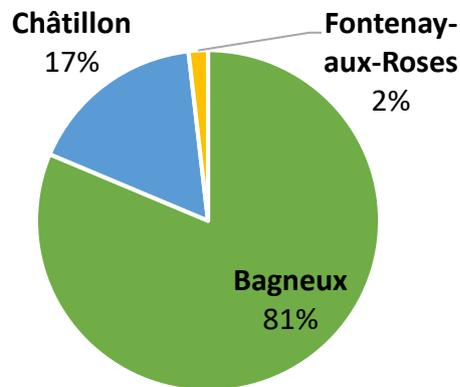
*Une liste des sous-stations avec le type d'abonné, les consommations de références, les puissances souscrites ainsi que le nombre d'équivalent logement est donnée en annexe 3.3.*

### 3.1.6 Evolution de la puissance souscrite et du nombre de sous-stations

La commercialisation du réseau de chaleur de Bagneux / Châtillon a débuté en 2014, et a un peu plus que doublé entre 2014 et 2016 pour une puissance souscrite totale de 36 970 kW fin 2016. En 2017, 56 sous-stations étaient raccordées au réseau de chaleur pour 37 610 kW souscrits ; soit 73% du périmètre de la délégation.

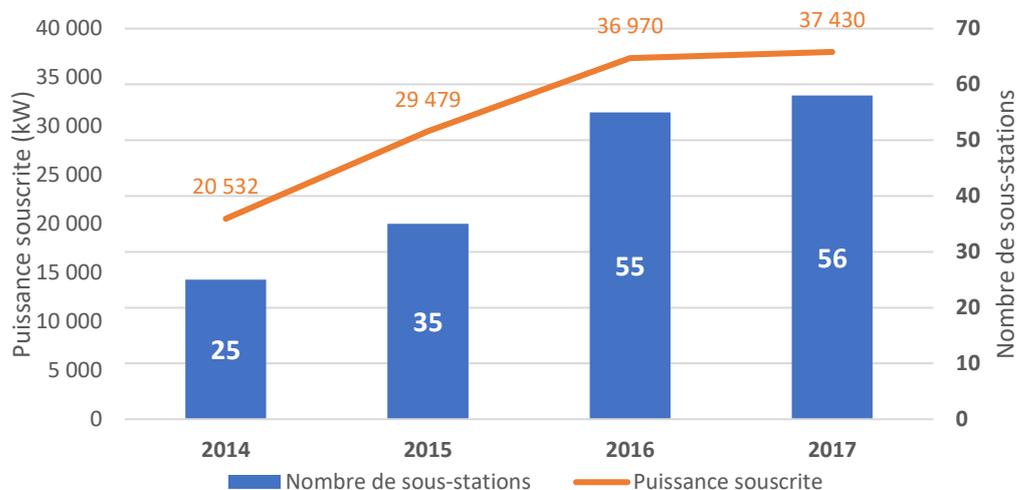
La répartition de la puissance souscrite totale selon la ville est donnée ci-dessous :

Ville	Puissance souscrite 2016 (kW)	Puissance souscrite 2017 (kW)
Bagneux	29 964	30 424
Châtillon	6 322	6 322
Fontenay-aux-Roses	684	684
<b>Total</b>	<b>36 970</b>	<b>37 430</b>



Graphique 3 : Répartition de la puissance souscrite totale selon la ville en 2017

Le graphique ci-dessous présente l'évolution du nombre de sous-stations et des polices d'abonnement signées.



Graphique 4 : Évolution du nombre de sous-stations et des polices d'abonnement signées

### 3.1.7 Evolution du bouquet énergétique

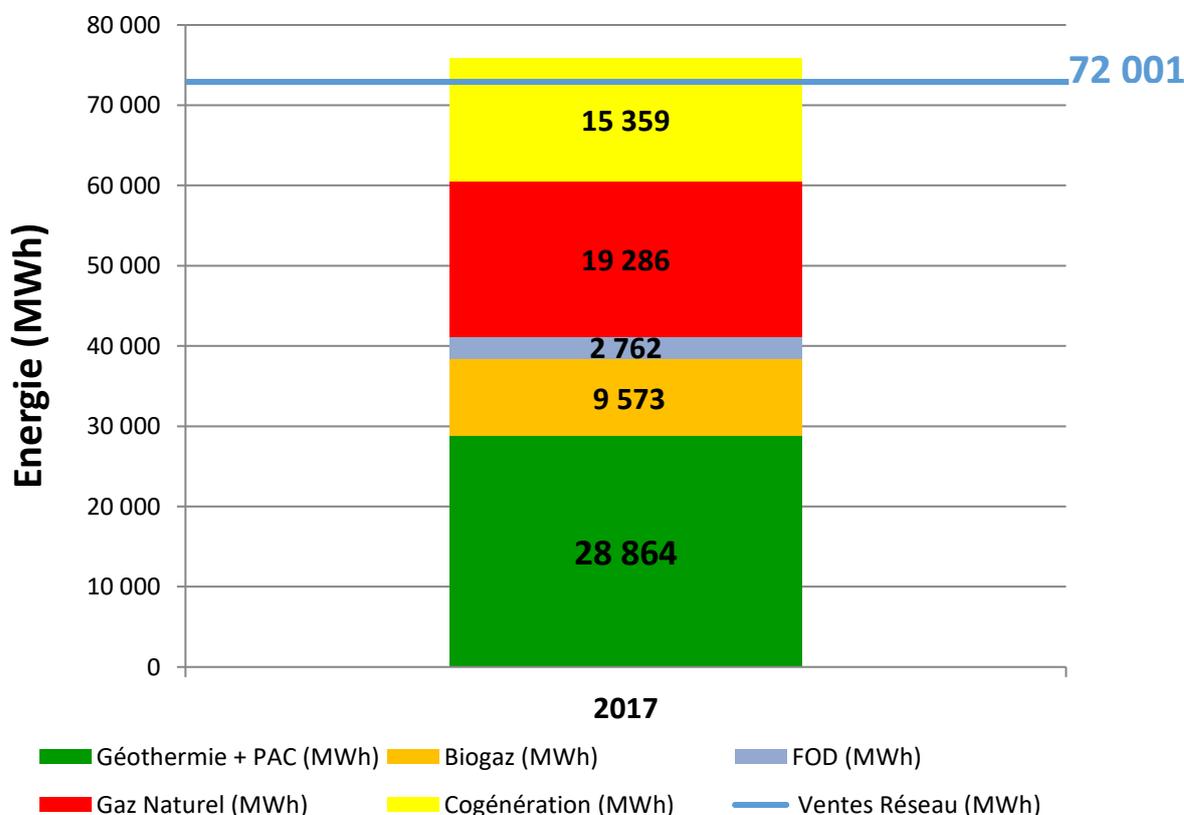
Le bouquet énergétique du réseau de chaleur de BAGEOPS pour l'exercice 2017 est le suivant :

<b>Bouquet énergétique (MWh utile)</b>	<b>2017</b>
Centrale géothermique	28 216
PAC	648
Cogénération Châtillon et AFUL Sud	15 359
Gaz naturel	19 286
Biogaz	9 573
Fioul	2 762
<b>Total Production Thermique (MWh utile)</b>	<b>75 845</b>
<b>Total chaleur livrée (MWh utile)</b>	<b>72 001</b>
Pertes réseaux	5%

<b>Bouquet énergétique</b>	<b>2017</b>
Géothermie + PAC	38%
Cogénération	20%
Gaz naturel	25%
Biogaz	13%
Fioul	4%
<b>Total Production Thermique</b>	<b>100%</b>

Tableau 1 : Evolution des ventes et de la production



Graphique 5 : Répartition de la production et des ventes

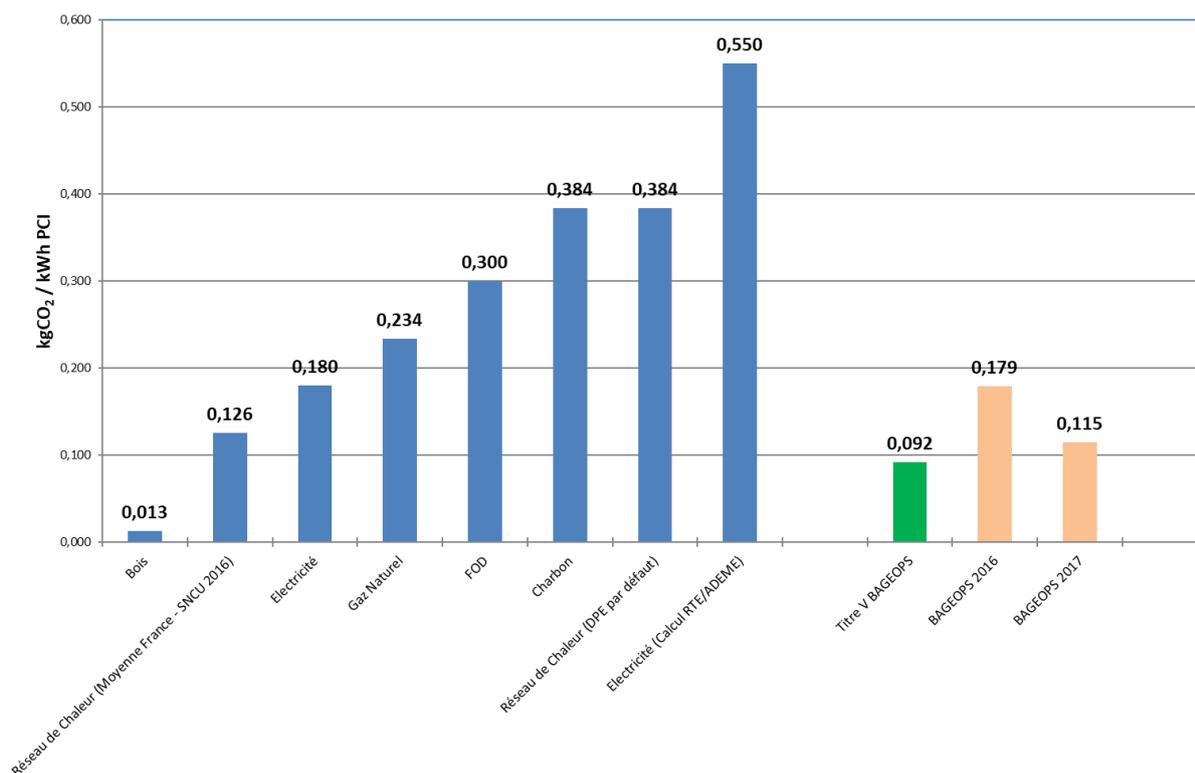
Le réseau a été mis en service le 1<sup>er</sup> avril pour la fourniture d'ECS et la saison de chauffe n'a eu lieu qu'entre octobre et décembre. Les valeurs du tableau ci-dessus sont issues de la période des mois d'avril à décembre 2016 avec une mise en service de la géothermie en août 2016 et des sous-stations « chauffage » en octobre. Pour l'année 2017, les pompes à chaleur ont été mises en service fin décembre. La mise en service tardive de la centrale géothermique combinée aux essais non concluant des pompes à chaleur (à partir de novembre 2016 reportée en 2017) a nécessité le recours aux énergies fossiles afin de fournir les besoins aux usagers.

Le graphique page précédente illustre :

- L'augmentation de la part géothermie + PAC dans la mixité énergétique,
- La montée en croissance des ventes de chaleur.

On remarque que sans la mise en service des PACs, le taux d'EnR contractuel souhaité de 60% ne peut être respecté. Cependant, grâce à l'achat de Biogaz le taux de 50% a été sécurisé pour l'année 2017.

### 3.1.8 Evolution du contenu CO<sub>2</sub> du réseau



Graphique 6 : Comparaison du contenu CO<sub>2</sub> de BAGEOPS par rapport aux autres sources d'énergies et au titre V

Pour l'exercice 2017, le contenu CO<sub>2</sub> du réseau de chaleur de BAGEOPS est supérieur de **25%** par rapport à la valeur définie par le titre V et ce malgré une diminution de **36%** par rapport à l'exercice 2016. Cette diminution s'explique par l'augmentation de la part Géothermie + PAC dans la mixité énergétique. La mise en service tardive des pompes à chaleur (décembre 2017) explique le non-respect du titre V.

### 3.1.9 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 :

- Énergie 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 ».

La décision, en 2012, d'étudier la réalisation de ce réseau de chaleur alimenté par un doublet géothermique plaçait donc la ville de Bagneux au rang des villes contribuant à la mise en place d'un service durable de fourniture de chaleur à ses administrés :

- ❖ Volet énergétique :
  - Énergie renouvelable et pérenne,
  - Puissance importante disponible,
  - Coût moins dépendant des solutions énergétiques classiques.
- ❖ Volet 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.
  - Simplification de la fourniture de chaleur : centralisation de la production, diminution du nombre d'acteurs.

A l'échelle nationale ce projet s'intègre dans le cadre du programme de relance de la géothermie, initié par la Région Ile-de-France dans le Schéma Régional Climat Air et Énergie. Pour les communes il s'agit de lutter contre la précarité énergétique et de poursuivre leur démarche de transition énergétique. La création du réseau de chaleur de Bagneux, par la suite rattaché au réseau de chaleur de Châtillon, fait suite à plusieurs opérations de renouvellement urbain ou requalification (renouvellement urbain du quartier Nord, requalification du site des Mathurins et requalification de la ZI élargie à la ZAC Moulin Blanchard).

A l'avenir le réseau de chaleur aura son rôle à jouer dans la politique énergétique, urbaine et sociale de Bagneux et Châtillon. En effet, son développement devra :

- Assurer une alimentation énergétique du réseau de chauffage urbain avec un taux de couverture en Énergie Renouvelable (EnR) supérieur à 60%, de manière sécurisée et durable,
- Proposer un coût de la chaleur compétitif et dont l'évolution sera moins sensible aux énergies fossiles.

Ce projet s'inscrit complètement dans la transition énergétique engagée par les villes et répond au triple objectif environnemental, économique et social des quartiers durables. Energie totalement renouvelable, la géothermie ne produit ni déchet ni pollution atmosphérique. Elle est disponible localement et n'est pas tributaire de la volatilité et de l'augmentation des prix des énergies fossiles. Distribuée équitablement via le réseau de chaleur et disponible à un coût maîtrisé, elle constitue aussi une réponse solidaire à la montée de la précarité énergétique.

Afin de répondre parfaitement aux préconisations d'AMORCE pour améliorer la lutte contre la précarité énergétique, le délégataire s'est engagé sur le point détaillé ci-dessous.

### **3.1.9.1 Constitution d'un « Fonds de solidarité »**

Conformément à l'article 59 de la délégation de service public, au titre du chapitre V « dispositions financières », le Délégué s'engage à verser une redevance destinée à constituer un « fonds de solidarité ». Cette contribution annuelle est de 42 000 euros par an, révisée chaque année comme le terme R22 sur toute la durée du contrat à compter de la date d'anniversaire de mise en service des installations et versée le 1<sup>er</sup> juillet. Cette redevance est versée au SIPPAREC à destination des CCAS des communes présentes dans le périmètre de la DSP.

## 3.2 INDICATEURS DE PERFORMANCE DU RESEAU

Les indicateurs présentés ci-dessous ne sont pas représentatifs d'un fonctionnement en période établie du réseau de chaleur à cause de la mise en service tardive des pompes à chaleur. Les résultats obtenus pour l'année 2016 ne sont donnés qu'à titre indicatif ; la mise en service contractuelle du réseau de chaleur en août 2016 n'ayant pas permis de fournir de l'énergie sur l'année complète. De plus, l'exercice 2017 venant de se terminer à l'heure de la rédaction du présent rapport, les données permettant de calculer les indicateurs sont en cours de validation certains indicateurs ne peuvent donc pas être estimés.

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

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (données 2017)
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>Taux y.c. chaufferies décentralisées</p>	$\frac{29\,920}{56\,863} = 52\%$ <p>Ces valeurs sont extraites de la GTC 2016/2017.</p>
1.1- C1	Durée d'utilisation équivalente à pleine puissance	$\frac{\text{Quantité d'énergie thermique livrée (Ch + ECS)}}{\text{Puissance maximale appelée}}$ <p>Ch = Chauffage / ECS = Eau Chaude Sanitaire Les pics de besoins ont un effet direct sur le dimensionnement des installations d'un réseau de chaleur. Cet indicateur permet de mesurer l'adéquation entre le dimensionnement du réseau et les besoins.</p>	$\frac{72\,001\text{ MWh}}{29\,920\text{ kW}} = 2\,406\text{ heures}$

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (données 2017)
1.2-M1	Taux d'interruption pondéré du service	$\frac{\sum(nb\ d'h\ d'arrêt \times PS)}{Période\ de\ fonctionnement \times \sum PS}$ <p>PS = Puissance souscrite</p>	$\frac{13 * 30\ 741 + 4 * 3\ 188}{37432 * 365 * 24} = 0,1\%$ <p>Le taux d'interruption est de l'ordre de 0,1%</p>
1.2-C1	Taux d'interruption local du service	$\frac{Nombre\ d'heures\ d'arrêt}{Période\ de\ fonctionnement\ en\ heures}$	$\frac{17}{365 * 24} = 0,2\%$
1.2-C2	Taux d'arrêts programmés par rapport aux arrêts effectifs	$\frac{Nombre\ d'heures\ d'arrêts\ programmés}{Nombre\ d'heures\ d'arrêt}$	Sans objet
1.4-M1	Puissance souscrite au km	$\frac{PS\ totale}{Longueur\ totale\ du\ réseau\ de\ distribution}$	$\frac{37\ 432}{15\ 200} = 2,46\ kW/mètre$
1.4-C1	Développement	$\frac{PS\ en\ 2017 - PS\ 1ère\ année}{PS\ 1ère\ année \times Nb\ d'exercices\ écoulés}$	$\frac{37\ 432 - 36\ 972}{36\ 972 * 1} = 1,2\%$

### 3.2.2 Préserver l'environnement et assurer la sécurité

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (exercice 2017)																		
2.1-M1	Bouquet énergétique	Répartition des quantités d'énergies à la production	<p>Géothermie + PAC : <b>28 864 MWh</b> (38% de la production totale)            Gaz naturel et Biogaz : <b>28 860 MWh</b> (38% de la production totale)            Cogénération : <b>15 359 MWh</b> (20% de la production totale)            FOD : <b>2 762 MWh</b> (4% de la production totale)</p>																		
2.1-M2	Emissions de CO <sub>2</sub>	$\frac{\text{Quantité de CO}_2 \text{ rejetée}}{\text{Quantité d'énergie thermique entrante (Ch + ECS)}}$	Le taux d'émission de CO <sub>2</sub> pour l'année 2017 est estimé d'après le formulaire SNCU à <b>0,115 kg<sub>CO2</sub>/kWh</b>																		
2.1-C1	Rejets atmosphériques	Quantité de polluants rejetés dans l'atmosphère	Donnée non disponible																		
2.1-C2	Rejets de polluants	Résultats des mesures réglementaires de rejets dans le milieu naturel par rapport au seuil réglementaire (par combustible)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Site</th> <th>Chaudière</th> <th>Teneur CO<sub>2</sub> (%)</th> <th>Nox (mg/Nm<sup>3</sup>) Seuil : 150 mg/Nm<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Aful La Fontaine</td> <td>1</td> <td>7,4</td> <td>57</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>7,4</td> <td>83</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Châtillon</td> <td>1</td> <td>8</td> <td>145</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>7,2</td> <td>156</td> </tr> </tbody> </table> <p>(La totalité de ces chaudières fonctionne au gaz naturel)</p>	Site	Chaudière	Teneur CO <sub>2</sub> (%)	Nox (mg/Nm <sup>3</sup> ) Seuil : 150 mg/Nm <sup>3</sup>	Aful La Fontaine	1	7,4	57	2	7,4	83	Châtillon	1	8	145	2	7,2	156
Site	Chaudière	Teneur CO <sub>2</sub> (%)	Nox (mg/Nm <sup>3</sup> ) Seuil : 150 mg/Nm <sup>3</sup>																		
Aful La Fontaine	1	7,4	57																		
	2	7,4	83																		
Châtillon	1	8	145																		
	2	7,2	156																		

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (exercice 2017)
2.2-M1	Facteur de ressource primaire	$\frac{\text{Quantité d'énergie primaire non renouvelable consommée}}{\text{Quantité d'énergie thermique livrée}}$	$\frac{61\,240 \text{ MWh PCS}}{72\,001 \text{ MWh utile}} = 0,85$
2.2-M2	Consommation d'eau du réseau	$\frac{\text{Quantité d'eau consommée sur le réseau}}{\text{Quantité d'énergie thermique livrée}}$	$\frac{1\,701 \text{ m}^3}{72\,001} = 0,024 \text{ m}^3/\text{MWh}$
2.3-M1	Coût des sinistres	$\frac{\text{Coût des sinistres TTC}}{\text{Part fixe des recettes tarifaires}}$ Coût des sinistres = définition comptable ou sinistres déclarés aux assurances	0 €
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 BAGEOPS

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

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (exercice 2017)
3.1-M1	Renouvellement des installations	$\frac{\text{Montant des travaux de GER (TTC)}}{\text{Part fixe des recettes tarifaires (TTC)}}$ GER = Gros Entretien, Renouvellement	$\frac{297\,985}{3\,934\,406} = 7,8\% \text{ (HT)}$ $\frac{357\,582}{4\,150\,798} = 8,6\% \text{ (estimation TTC)}$

### 3.2.4 Satisfaire les attentes de service des abonnés

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (exercice 2017)
4.1-M1	Prix moyen du MWh	$\frac{\text{Recettes d'énergie thermique totales TTC}}{\text{Quantité d'énergie thermique livrée}}$	Recettes d'énergie thermique totales (R1+R2) : <b>5 881 997 € TTC estimées</b> Quantité d'énergie thermique livrée : <b>72 001 MWh.</b> Le prix moyen du MWh pour l'exercice est évalué à <b>81,7 € TTC/MWh</b>
4.1-C1	Poids de la part proportionnelle aux consommations	$\frac{R1 \text{ TTC}}{\text{Recettes d'énergie thermique TTC}}$	$\frac{1\,731\,198}{5\,881\,997} = 29\%$
4.2-M1	Enquête de qualité et de satisfaction	Existence d'une enquête qualité et note globale obtenue	Aucune enquête réalisée
4.2-C1	Réclamations	Nombre de réclamations écrites concernant le réseau	Sans objet en 2017

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (exercice 2017)
4.3-C1	Réunions avec les représentants des abonnés	Nombre et fréquence des réunions avec les représentants des usagers	Réunion Bailleurs Réunion avec la collectivité de Bagneux
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 <sup>2</sup> habitable pour le logement, au m <sup>2</sup> SHON pour le tertiaire, existence d'une disposition dans le contrat)	Sans objet

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

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (exercice 2017)
5.1-C1	Demandes d'explication de factures	Nombre de demandes écrites d'explication de factures	1 demande : TP de Bagneux (sur 2016-2017)
5.1-C2	Taux d'avoirs	$\frac{\text{Nombre d'avoirs}}{\text{Nombre de factures émises}}$	Sans objet

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

	INDICATEUR (majeur ou complémentaire)	EVALUATION	RESULTAT (exercice 2017)
6.1-C1	Information des citoyens	Existence d'actions d'informations à destination des citoyens	Sans objet

### 3.3 CONTEXTE CONTRACTUEL

#### 3.3.1 Les différents intervenants

Les principaux intervenants sont :

- Le Syndicat Intercommunal de la Périphérie de Paris pour les Energies et les REseaux de Communication (le délégant) qui s'est vu confier la compétence réseau de chaleur par les villes de Bagneux et Châtillon ;
- La société BAGEOPS, 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 60% pendant toute la durée de la convention.

Les abonnés, signataires de polices d'abonnement souscrivent auprès de BAGEOPS.

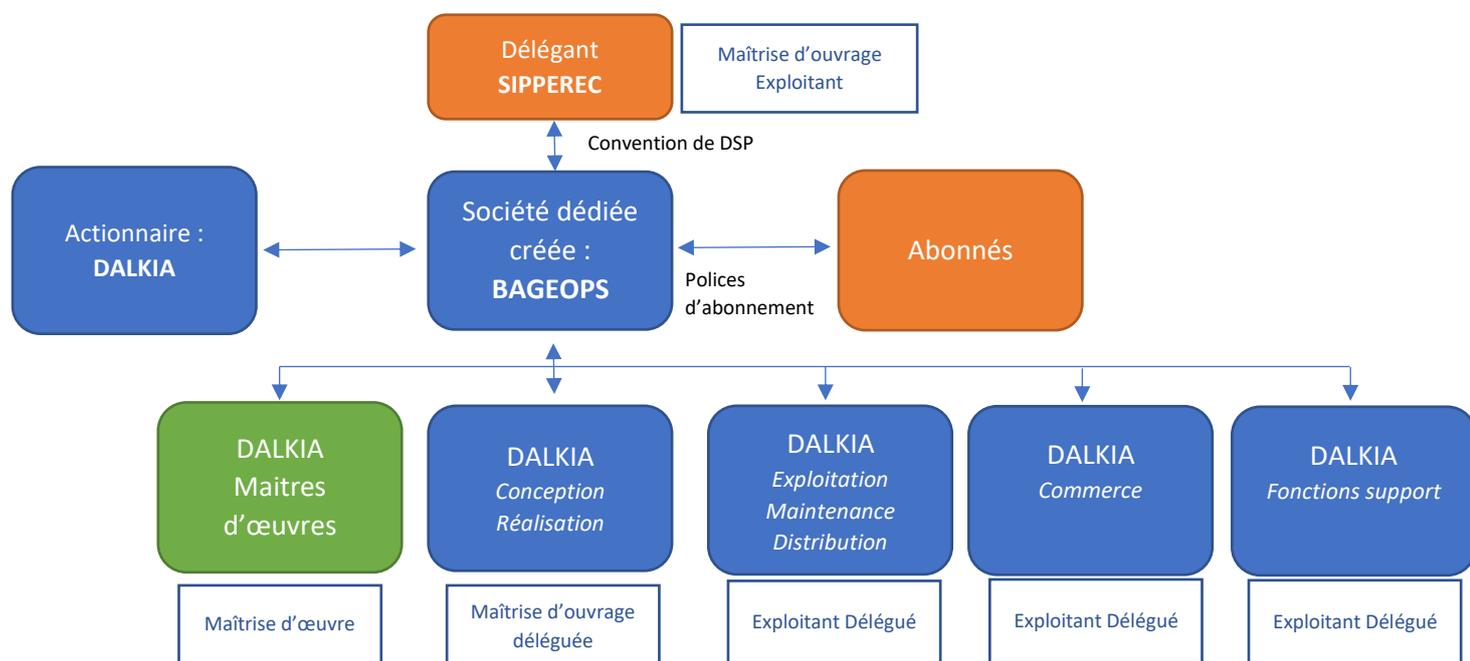


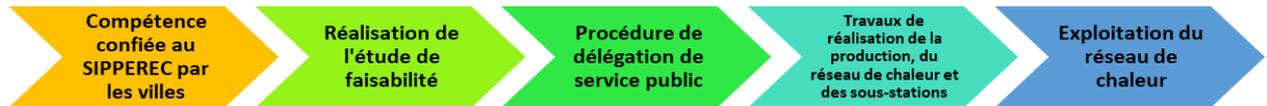
Figure 1 : Schéma des différents intervenants

### 3.3.2 Convention de Délégation de Service Public et avenants

#### 3.3.2.1 Convention de Délégation de Service Public

La convention de DSP est souscrite entre le SIPPAREC et BAGEOPS. Elle a été signée le 13 janvier 2014. Elle a pris effet le 15 janvier 2014 pour une durée de 30 ans non renouvelable.

Par la délibération du 15 avril 2015, la ville de Châtillon, limitrophe à Bagneux a adhéré à la compétence « développement des énergies renouvelables » du SIPPAREC et lui a transféré la convention de concession de production, de transport et de distribution de la chaleur conclue le 29 mai 1986 entre Châtillon et la société COCHAREC.



#### 3.3.2.2 Avenants

##### Avenant n°1 :

Initialement, le périmètre défini dans la délégation de service public comprenait la commune de Bagneux. Par la délibération du 15 avril 2015, la ville de Châtillon, limitrophe à Bagneux a adhéré à la compétence « développement des énergies renouvelables » du SIPPAREC et lui a transféré la convention de concession de production, de transport et de distribution de la chaleur conclue le 29 mai 1986 entre Châtillon et la société COCHAREC à compter de la signature du procès-verbal de mise à disposition des biens et équipements nécessaires à l'exercice de la compétence transférée, intervenue le 22 septembre 2015.

La convention de concession conclue entre la ville de Châtillon et la société COCHAREC s'achevant le 30 juin 2016, les biens et équipements nécessaires à l'exploitation de l'installation et attachés à la convention reviennent en pleine propriété au SIPPAREC. A compter du 1<sup>er</sup> juillet 2016, le périmètre délégué a été étendu et le SIPPAREC a décidé de mettre à disposition de BAGEOPS lesdits bien du réseau de Châtillon.

Ainsi l'avenant n°1, notifié le 29 décembre 2015 précise les éléments suivants :

- Le périmètre de la délégation est étendu à Châtillon, sans toutefois modifier les engagements du périmètre initial à savoir :
  - Objectif de raccordement de 45 MW,
  - Taux d'énergie renouvelable de plus de 60%.

Le nouveau périmètre défini est limité par les quartiers :

- Guynemer,
- Guy Moquet,
- République,
- Gatinot,
- Ponceau,
- Parc,
- Sablons.
- Intégration des biens de production, de transport et de distribution de la chaleur de Châtillon,
- Ajout de deux termes de facturation complémentaires pour les abonnés de Châtillon et modification des valeurs des tarifs de base et indices nécessaires aux indexations,
- Modification des redevances dues au SIPPAREC au titre « des frais de contrôle » et « d'occupation domaniale »,
- Annulation des droits de raccordement pour les abonnés du périmètre initial, tracés ou sous-stations existantes du réseau de chaleur de Châtillon,

- Modification de l'architecture hydraulique pour la connexion des deux réseaux au risque et péril du délégataire sans impact sur le tarif appliqué aux abonnés.

#### Avenant n°2 :

Depuis la mise en place de l'avenant n°1, certains indices ont disparu et certaines valeurs d'indice ne sont plus d'actualité. L'avenant n°2, signé le 28 juin 2017, a donc pour objet :

- Modification des règles de calcul des indexations,
- Modification des valeurs des indices suivants :
  - EMVA-Electricité > 36 kVA,
  - PEG NORD Month.Head 5D,
  - ICHT-IME,
  - FSD2,
  - BT 40.

### 3.3.3 Contrats de vente d'électricité et d'achat de chaleur

Deux cogénérations sont installées sur le réseau de chaleur de BAGEOPS. Une cogénération sur l'ancien réseau de Châtillon et une seconde à l'AFUL Sud.

#### Cogénération de Châtillon :

Le contrat d'achat de l'énergie électrique produite par une installation de cogénération rénovée et bénéficiant de l'obligation d'achat d'électricité conclu entre EDF et COCHAREC (COGE03-01 RENOV 1), a pris effet le 1<sup>er</sup> novembre 2008 (date de mise en service de l'installation). D'une durée de 12 ans, la date d'échéance est fixée au 31 octobre 2020. Les caractéristiques principales de l'installation concernée sont :

- Puissance électrique maximale installée : 2 066 kW,
- Productivité moyenne annuelle estimée : 7 487 184 kWh.

En conséquence de la hausse du prix du gaz depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005, l'équilibre économique du contrat a été impacté et un avenant d'une durée d'un an a été conclu entre EDF et COCHAREC le 9 décembre 2008 ayant pour objet :

- Le plafonnement de la rémunération dépendant de la durée de fonctionnement de l'installation,
- Modification de la durée prévisionnelle de fonctionnement en été.

#### Cogénération de l'AFUL Sud :

Initialement un contrat de mise à disposition, d'une durée de 12 ans, signé le 22 juillet 1999 entre la Société Civile Immobilière « La Fontaine » et la société COGESTAR permettait la mise à disposition à l'intention de COGESTAR d'un local pour l'implantation d'une cogénération. Au travers de ce contrat, la SCI « La Fontaine » bénéficiait, pour diminuer les charges des locataires d'un prix unitaire avantageux de la chaleur cogénérée en contrepartie d'un enlèvement de la chaleur produite de la cogénération. Il est précisé que cette cogénération est la propriété de COGESTAR qui vend uniquement de la chaleur à BAGEOPS pour alimenter le réseau de chaleur.

En date du 20 juillet 2011, un avenant à cette convention, a été signé et avait pour objet de :

- Prolonger la convention de mise à disposition de 12 ans soit jusqu'au 22 novembre 2023,
- Confier à COGESTAR le renouvellement de l'installation,
- Permettre à COGESTAR de conclure un contrat d'obligation d'achat.

### 3.3.4 Règlement de service

---

Le règlement de service conforme aux dispositions de la DSP a subi des modifications apportées suite à l'avenant n°2. Les modifications apportées concernent l'indexation des tarifs des termes R1 et R2

### 3.3.5 Police d'abonnement

---

Les contrats d'abonnement d'une durée de 15 ans renouvelable par tacite reconduction sans que la durée totale de l'abonnement ne puisse excéder la durée de la DSP sont souscrits par chaque Abonné auprès de BAGEOPS. BAGEOPS s'engage, dans les conditions du règlement de service à fournir la chaleur ainsi que l'Eau Chaude Sanitaire nécessaire aux besoins de l'Abonné.

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

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

Le règlement de service conforme aux dispositions de la DSP précise :

- Les installations primaires appartenant au Maître d'Ouvrage du réseau de chaleur ;
- Les installations secondaires appartenant à l'abonné ;
- La puissance souscrite ;
- 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 2 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.

### 3.3.6 Droits de raccordement

---

Initialement, les bâtiments présents sur l'ensemble du territoire de Bagneux étaient exempts de droit de raccordement. Suite à l'avenant n°1 et l'ajout de la commune de Châtillon au périmètre, les bâtiments situés sur la commune compris dans le 1<sup>er</sup> établissement sont également exempts de droit de raccordement. Toute autre demande d'abonnement fera l'objet d'un versement par l'abonné de droits de raccordement forfaitaires librement négociables, aux maximums égaux à 120,00€HT par kW souscrit (valeur au 1<sup>er</sup> juin 2013). Ce montant sera actualisé comme le terme R23 à la date de la signature de la police d'abonnement.

### 3.3.7 Situation vis-à-vis des contrats, polices d'abonnement actuellement mis en place

---

La délégation de service public conclue entre le SIPPEREC et BAGEOPS est effective depuis janvier 2014. Le réseau de chaleur ne fournit de l'énergie que depuis 2016. Le réseau étant récent les dates d'échéances des pièces contractuelles sont toujours en vigueur.

Le Schéma Directeur visant l'horizon 2030, il est nécessaire de prendre en compte la durée des Polices d'Abonnement dans les scénarios. 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 le SIPPEREC et BAGEOPS est effectif depuis le mois janvier 2014 soit, en date de rédaction du présent document, depuis 4 ans. Ce contrat est valable 30 ans, soit jusqu'en 2044. Les premières polices d'abonnement prendront donc fin avant la fin de la délégation de service public.

### 3.3.8 Chaufferies mises à disposition

---

Depuis le 1<sup>er</sup> avril 2016, 10 chaufferies de secours décentralisées sont mises à disposition de BAGEOPS pour une exploitation prévue selon la durée des polices d'abonnement soit 15 ans. Certaines conventions sont en cours de rédaction de la part de BAGEOPS.

## 3.4 AUDIT TECHNIQUE

### 3.4.1 Sites de production

Le réseau de chaleur de Bagneux/Châtillon assure la production et la distribution de 61,1 MWth sur l'ensemble du réseau. Il est alimenté par plusieurs centrales de production :

- 1 centrale géothermique de 15 MWth,
- La chaufferie nord AFUL Nord dite d'appoint-secours d'une puissance de 7,3 MWth,
- La chaufferie sud AFUL Sud dite d'appoint d'une puissance de 13 MWth,
- La chaufferie d'import-export de Châtillon de 13,3 MWth,
- 10 chaufferies de secours décentralisées de 8,5 MWth,
- 2 cogénérations de 4 MWth (2MWth chacune).

Le schéma simplifié du réseau est présenté ci-dessous sachant que dans la réalité les points suivants ne correspondent pas au schéma :

- La puissance totale installée des PAC,
- Les températures,
- Le nombre de chaudière gaz.

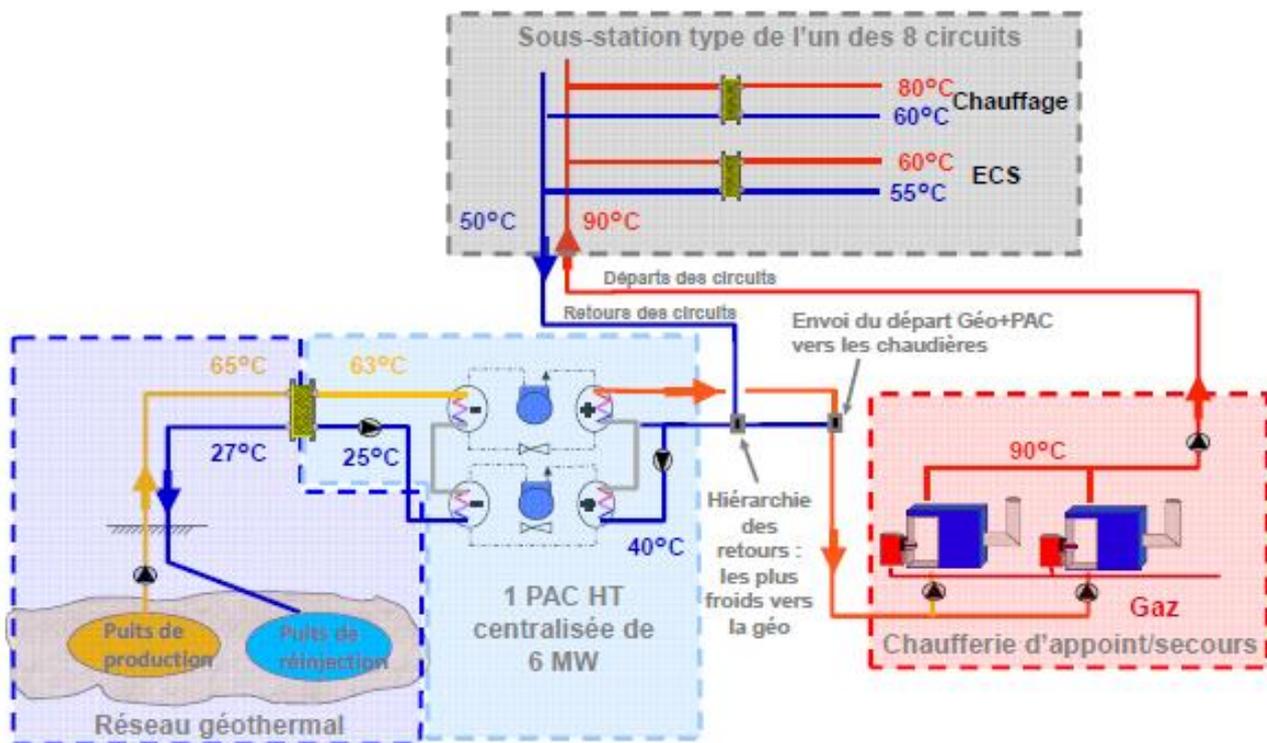


Figure 2 : Schéma simplifié du fonctionnement du réseau

### 3.4.1.1 Doublet géothermal

Le réseau de chaleur est alimenté à l'aide d'un doublet géothermal situé sur la commune de Bagneux le long de la route départementale D74A du Maréchal Foch limitrophe de la commune de Fontenay-aux-Roses. Le terrain de 5 000 m<sup>2</sup> est décomposé en partie selon les parcelles cadastrales suivantes :

- Une partie de parcelle n°146 (environ 2 380 m<sup>2</sup>)
- Une partie des parcelles n°114 et 278

Le doublet se compose d'un puits producteur (GBA-2) duquel l'eau géothermale est extraite et d'un puits injecteur (GBA-1) employé pour renvoyer l'eau géothermale vers la nappe Dogger après récupération des calories. Les puits font l'objet d'un suivi périodique de la boucle géothermale et du traitement inhibiteur de corrosion effectué par la société Geofluid.

Historique des travaux :

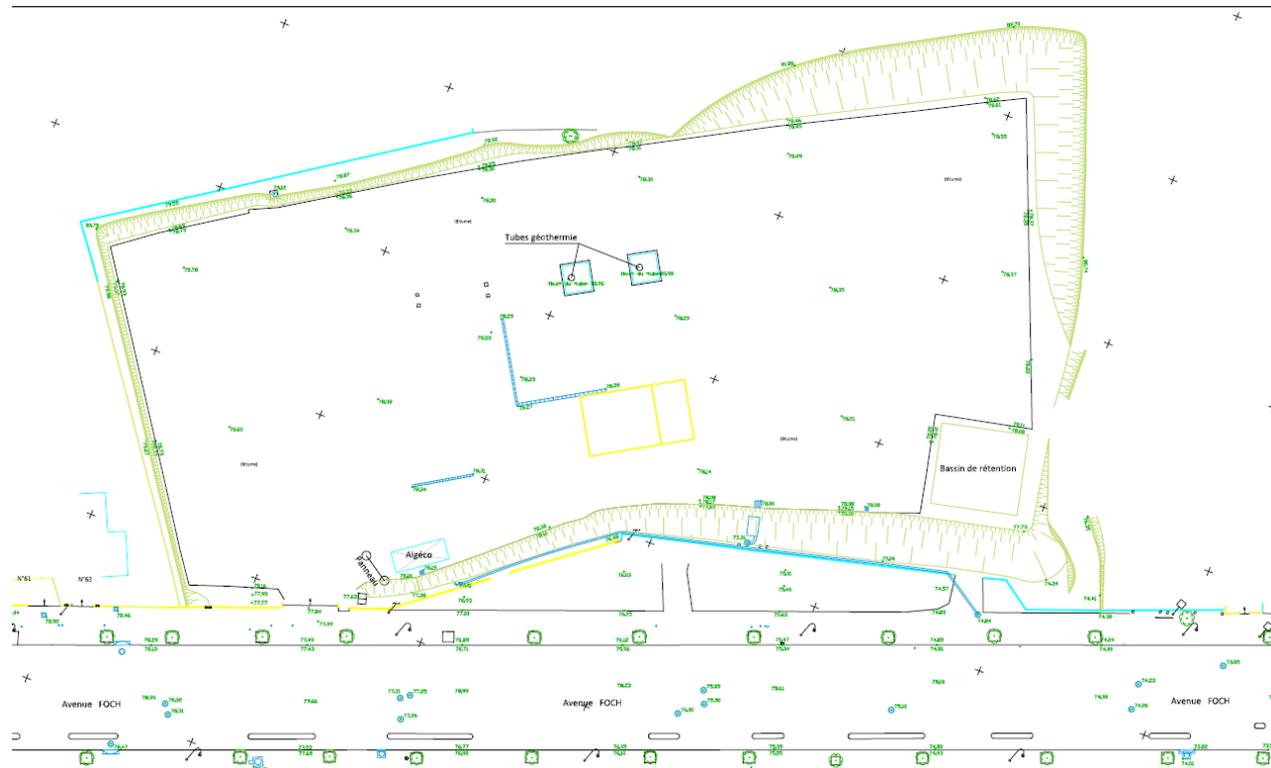


Figure 3 : Plan cadastral du terrain

Caractéristiques techniques du doublet de géothermie<sup>1</sup> :

	Puits de production (GBA-2)	Puits d'injection (GBA-1)
Longueurs forées (m/sol)	1950	1910
Température d'injection minimale (°C)		25
Température en tête de puits (°C)	65,4	64
Espacement du doublet (m)		1421
Débit nominal (m <sup>3</sup> /h)		265
Débit maximal (m <sup>3</sup> /h)		280
Puissance calorifique du doublet avec les PACs (MW)		13,6

<sup>1</sup> : données issues de la demande de permis d'exploiter datant de septembre 2015

### 3.4.1.2 Centrale géothermique

#### Historique :

- Octobre – décembre 2015 : travaux de gros œuvres,
- Décembre 2015 – avril 2016 : travaux de raccordement électrique,
- 01/08/2016 : mise en service de la centrale,
- Octobre 2016 : mise en service des sous-stations « chauffage »,
- 11/10/2016 : inauguration de la centrale géothermique,
- Novembre 2016 - janvier 2018 : Essais de mise en service des pompes à chaleur,

La centrale géothermique a été mise en service début août 2016. Les premiers tests de mise en service des pompes à chaleur ont été réalisés fin 2016 mais n'ont pas été concluants. En effet, lors de la mise en service de la PAC n°1, un problème mécanique a eu lieu engendrant la casse du compresseur suite à un entrainement de ce dernier dans le mauvais sens et il a été jugé préférable de rapporter le compresseur en usine pour lui faire subir des tests. Afin de mieux contrôler le chemin emprunté par le fluide dans la PAC, il a été proposé d'ajouter une vanne motorisée entre le condenseur et l'évaporateur qui s'ouvrira lorsque la lubrification du compresseur aura été correctement réalisée.

#### Caractéristiques principales :

- 2 échangeurs géothermiques de la marque Tranter de 2x 7 950 kWth pour un débit de 355 m<sup>3</sup>/h,
- 2 pompes à chaleur FRIOTHERM AG type UNITOP 22B-5099U 3 250 kW et 2 600 kWth.

Afin de répondre aux exigences définies dans l'avenant n°1 de la délégation de service public la centrale géothermique doit devenir le premier contributeur du réseau de chaleur en termes d'énergie et assurer 63% de la production totale d'énergie (géothermie + PAC).

L'ordre de priorité pour la fourniture d'énergie sur le réseau de BAGEOPS est le suivant :

- Fonctionnement de la géothermie et des pompes à chaleur,
- Mise en service des cogénérations de Châtillon et de l'AFUL Sud du 1<sup>er</sup> novembre au 31 mars,
- Mise en service des chaudières gaz de l'AFUL Sud en cas de manque de puissance « cogénérations + géothermie » puis de l'AFUL Nord,
- Mise en service des chaudières décentralisées.

### 3.4.1.3 Chaufferie d'appoint local – AFUL Sud

#### Historique :

- Août – octobre 2016 : remplacement des deux chaudières,
- 03/11/2016 : remise en service de la chaufferie.

Sur le réseau de BAGEOPS la chaufferie gaz de l'**AFUL Sud** située au 82 rue des Meuniers à Bagneux permet d'assurer un appoint local. Cette chaufferie a été rénovée (remplacement des deux anciennes chaudières de 5 MW chacune) et remise en service le 03 novembre 2016. La chaufferie comprend deux chaudières de 6,5 MW. Ainsi, la chaufferie comprend les installations suivantes :

- 2 chaudières gaz BOSCH UT-L 46 de 6,5 MW 13 MW
- 2 moteurs de cogénération type TCG 2020V12 2 MW<sub>th</sub>

#### 3.4.1.4 Chaufferie d'appoint-secours – AFUL Nord

L'appoint-secours du réseau de BAGEOPS est également assuré par la **chaufferie gaz de l'AFUL Nord** située au 1 rue Claude Debussy à Bagneux. Cette chaufferie a pour rôle de prendre le relais de l'AFUL Sud une fois celle-ci arrivée à sa puissance maximale.

Conformément à l'annexe technique de la délégation de service public il était prévu le démantèlement de cuves FOD et l'installation de trois chaudières gaz de 8,6 ; 5,4 et 3 MW. En réalité, une chaudière a été remplacée par un échangeur dont le rôle est d'importer et d'exporter la chaleur de la chaufferie. Les chaudières au gaz naturel installées permettent de pallier au manque de puissance cogénération + géothermie + AFUL Sud en cas de températures très froides.

La chaufferie est composée comme suit :

- 1 chaudière gaz GUILLOT type D3 489 de 3 840 kWth,
- 1 chaudière gaz GUILLOT type ST de 3 450 kWth.

#### Historique :

- Février 2017 : début des travaux de rénovation ayant consisté à :
  - L'alimentation en gaz et la mise en place de poste gaz,
  - L'alimentation en électricité basse tension,
  - La fourniture et l'installation des chaudières.
- Mi-septembre 2017 : travaux toujours en cours de réalisation,
- 26 octobre 2017 : réception des travaux et liste de réserves transmises à BAGEOPS. Les points devant être réalisés pour mi-février 2018 concernent notamment :
  - Finalisation du calorifugeage et des finitions en PVC,
  - Ajout d'un deuxième détecteur gaz sur la 2<sup>ème</sup> chaudière,
  - Mise à jour du plan d'exécution,
  - Remise en conformité du local technique (ventilation haute et basse, détections gaz, éclairage, protections mécaniques etc.)

#### 3.4.1.5 Chaufferie d'export-import

Lors de l'interconnexion des réseaux de Châtillon et BAGEOPS la chaufferie de COCHAREC située au 42 rue Louveau à Châtillon a été conservée. Elle permet l'export de chaleur en hiver sur le réseau de BAGEOPS (non prévu à l'avenant 1) et Châtillon par l'intermédiaire d'une cogénération et de chaudières gaz. Elle est composée des éléments suivants :

- 1 chaudière gaz GUILLOT type ST 8100 kW avec un brûleur WEISHAUP type RGL 70 / 2-A,
- 1 chaudière gaz GUILLOT type ST 5230 kW avec un brûleur WEISHAUP type RGL 70 / 2-A,
- 1 moteur de cogénération Cat 3516 HR d'une puissance totale de 2 000 kW<sub>th/ele</sub>.

### 3.4.1.6 Chaufferies de secours décentralisées

En 2017, BAGEOPS dispose de 10 chaufferies de secours décentralisées totalisant une puissance totale de 8,5 MW. Elles sont les suivants :

- Résidence Prunier Hardy : 1 chaudière GUILLOT type FB de 1 750 kWth,
- Résidence Fernand Léger : 2 chaudières DE DIETRICH type CFE809 et 1 chaudière DE DIETRICH type GT 412 pour une puissance totale de 900 kWth,
- Piscine de BAGNEUX : 1 chaudière DE DIETRICH type C630-700ECO d'une puissance unitaire de 1 150 kWth,
- Groupe scolaire Marcel Cachin : 1 chaudière DE DIETRICH type GT430-13 d'une puissance de 327 kWth,
- Le foyer des jeunes travailleurs et le théâtre : 1 chaudière GUILLOT type optimagaz de 425 kWth,
- La résidence Léo Ferré et la salle des fêtes : 1 chaudière GUILLOT de 991 kWth,
- La résidence de la Madeleine d'une puissance de 1 300 kWth,
- La résidence des Pervenches Colibri d'une puissance de 1 300 kWth,
- La groupe scolaire Albert Petit d'une puissance de 135 kWth,
- Le groupe scolaire Paul Vaillant Couturier d'une puissance de 225 kWth.

Cette structure du réseau permet de bénéficier d'une puissance totale disponible de 61,1 MWth.

### 3.4.1.7 Suivi des installations, contrôles réglementaires

Les chaufferies sont soumises aux réglementations des installations de combustion. Afin d'assurer la qualité et prévenir des dysfonctionnements, les principaux contrôles réglementaires ont été réalisés ou sont encore valables en 2017.

#### **Pour la chaufferie AFUL Sud :**

- Mesure périodique de la pollution rejetée,
- Contrôle des installations électriques,
- Contrôle périodique de la détection gaz/fonctionnement de la chaîne de coupure,
- Contrôle de la conformité du rendement des chaudières,
- Ramonage des cheminées.

#### **Pour la chaufferie AFUL Nord :**

- Détection incendie,
- Contrôle périodique de la détection gaz/fonctionnement de la chaîne de coupure,
- Ramonage des cheminées.

#### **Pour la chaufferie Châtillon située rue Louveau :**

- Le contrôle des installations électriques,
- Mesure périodique de la pollution rejetée,
- Le ramonage des chaudières,
- Contrôle périodique de la détection gaz/fonctionnement de la chaîne de coupure,
- Contrôle de la conformité du rendement des chaudières,
- Ramonage des cheminées.

### **De plus, BAGEOPS est à jour sur les principaux contrôles réglementaires concernant la centrale géothermique :**

- Estimation de la vitesse de corrosion des tubages,
- Diagraphie des puits de production,
- Diagraphie des puits d'injection,
- Analyses physico-chimiques du fluide géothermal,
- Intégrité du tube d'injection de produit.

#### **3.4.1.8 Principaux travaux réalisés**

##### **Centrale géothermique :**

Les travaux de gros œuvre de la centrale ont été réalisés d'octobre à décembre 2015.

Les travaux de second œuvre ont débuté en début d'année 2016 pour se terminer le 12 juillet 2016.

Les pompes à chaleur de marque FRIOTHERM ont été fournies le 26 mai 2016 mais n'ont été mises en service qu'au mois de décembre 2017 suite à différents problèmes techniques.

La centrale géothermale est opérationnelle depuis le 1<sup>er</sup> août 2016 et a été inaugurée le 11 octobre 2016.

##### **Chaufferie de l'AFUL Sud :**

Les travaux de réaménagement de la centrale concernent :

- La réalisation de la connexion hydraulique avec la centrale géothermique,
- La mise en conformité électrique de la centrale,
- Le remplacement des chaudières de 5 MW par des chaudières de 9 MW bridés à 6,5 MW entre les mois d'août et octobre 2016,
- La réalisation du contrôle commande de la centrale pour qu'elle puisse être commandée depuis la centrale géothermique,
- Le remplacement des deux pompes du réseau de distribution de l'AFUL Sud,
- La réhabilitation, aménagements extérieurs et traitement des façades de la centrale.

Ces travaux ont été réalisés durant l'hiver et le printemps 2016. La chaufferie a été mise en service le 1<sup>er</sup> avril 2016.

##### **Chaufferie de l'AFUL Nord :**

En 2016 il n'a été effectué que la mise en conformité électrique de la centrale au titre du poste gros entretien et renouvellement.

Les travaux de rénovation ont démarré mi-février 2017 pour une durée de 2,5 mois. Les raccordements de tuyauteries se sont terminés en avril 2017. La mise en service de l'installation a cependant été repoussée à mi-septembre 2017 (la réception des travaux a eu lieu avec réserves le 26/10/2017) car l'installation des équipements s'est déroulée durant l'été. Ces travaux ont nécessité la vidange des installations avant la descente du matériel préfabriqué dans la chaufferie et son raccordement aux tuyauteries.

### **Réseau de distribution :**

Le chantier de construction du réseau de chaleur a débuté au mois d'avril 2015 suite à l'obtention des différentes autorisations municipales. Fin 2015, six kilomètres de l'antenne principale ont été réalisés.

Le chantier de construction du réseau de chaleur s'est terminé au mois de mars 2016, pour assurer sa mise en service le 1<sup>er</sup> avril 2016. Au 31 décembre 2016, la longueur de tranchées du réseau est de 15,2 km réparti en 12,4 km sur le périmètre de Bagneux et 2,8 km sur celui de Châtillon.

Aucune extension du réseau n'a été réalisée en 2017.

### **Chaufferie de Châtillon (rue Louveau) :**

La liaison entre le réseau de chaleur de Bagneux et chaufferie gaz de Châtillon a été réalisée en 2016. BAGEOPS a ensuite réalisé sur son initiative une sous-station d'import/export de 10 MW en 2017, sur le site de la chaufferie. Le but de cette sous-station est double :

- Mode « import » : la chaleur EnR&R du réseau de Bagneux alimente le réseau de Châtillon,
- Mode « export » : la chaufferie de Châtillon agit en secours du réseau de Bagneux, en cas d'arrêt de la production Géothermie + PAC.

Cette sous-station a nécessité la construction d'un bâtiment Annexe à la chaufferie existante.

Les principales étapes de construction de cette sous-station sont les suivantes :

- Construction du bâtiment,
- Mise en œuvre du réseau extérieur sur la parcelle,
- Mise en place des échangeurs à plaques,
- Mise en place des pompes de charge,
- Raccordement des échangeurs,
- Mise en place des vannes deux voies de régulation,
- Mise en place de la robinetterie et de l'instrumentation,
- Mise en place de la supervision GTC,
- Mise en place du matériel et de l'armoire électriques,
- Raccordement hydraulique.

#### **3.4.1.9 Etat des matériels et équipements**

La mise en service de ces installations datant de 2016, aucun équipement ne nécessite de remplacement à ce stade d'exploitation.

## 3.4.2 Réseau de distribution

### 3.4.2.1 Descriptif sommaire du réseau de distribution

L'énergie thermique vendue est distribuée via un réseau de canalisations. Chaque tube est en acier carbone, isolé par mousse polyuréthane et protégé par une enveloppe extérieure en polyéthylène à haute densité.

La liaison entre les têtes de puits et la centrale géothermique est assurée par des canalisations en DN250 Schedule 80 calorifugée en inox.

### 3.4.2.2 Principaux travaux de réparation, de renouvellement et d'extension réalisés

Le développement du réseau de chaleur s'est terminé au mois d'avril représentant 12 400 ml de tranchées sur Bagneux. Les travaux de raccordement de la centrale thermique de Châtillon ont débuté au second semestre pour s'achever en fin d'année ajoutant 2 800 ml supplémentaire de tranchées pour atteindre une longueur totale de 15 200 ml.

### 3.4.2.3 Pertes thermiques et rendements du réseau

Estimation des pertes du réseau depuis sa création :

	2016	2017
<b>Production thermique (MWh)</b>	28 819	75 845
<b>Chaleur livrée (MWh)</b>	26 642	72 001
<b>Pertes réseau (%)</b>	8	5

Estimation de la densité thermique du réseau :

	2016	2017
<b>Chaleur livrée (MWh)</b>	26 642	72 001
<b>Longueur du réseau de tranchée (ml)</b>	15,2	15,2
<b>Densité du réseau (MWh/ml)</b>	1,8	4,7

En France, la densité thermique moyenne des réseaux récents se situe entre 3 et 6 MWh/ml.an. Le réseau de chaleur de Bagneux/Châtillon se trouve dans la moyenne française. L'augmentation de la densité thermique entre l'exercice 2016 et 2017 s'explique par l'augmentation de la chaleur livrée pour un nombre de sous-stations alimentées ayant faiblement augmenté (1 sous-stations supplémentaires).

### 3.4.3 Sous-stations

---

#### 3.4.3.1 Caractéristiques des sous-stations

Le réseau de chaleur dessert cinq types de sous-stations ayant les caractéristiques suivantes :

- Les sous-stations des besoins de chauffage sans bouteille de découplage
- Les sous-stations assurant des besoins de chauffage avec bouteille de découplage
- Les sous-stations assurant des besoins de chauffage et ECS en parallèle
- Les sous-stations assurant des besoins de chauffage et ECS en série
- Les sous-stations assurant des besoins de chauffage et ECS bi-étagés en série

Les sous-stations du réseau sont raccordées en bi-tube sur les conduites aller/retour du réseau de distribution. Afin de limiter les appels de puissance pour répondre aux besoins en ECS les sous-stations sont équipées de ballons de stockage, dimensionnés pour représenter 60% de la puissance appelée.

L'implantation des sous-stations en série est privilégiée pour les abonnés ayant un régime de température secondaire élevé (80°/60°C). Ce montage permet un mélange des retours chauffage primaires avec l'alimentation ECS.

A la fin de l'exercice 2017, le réseau de chaleur compte 58 sous-stations raccordées.

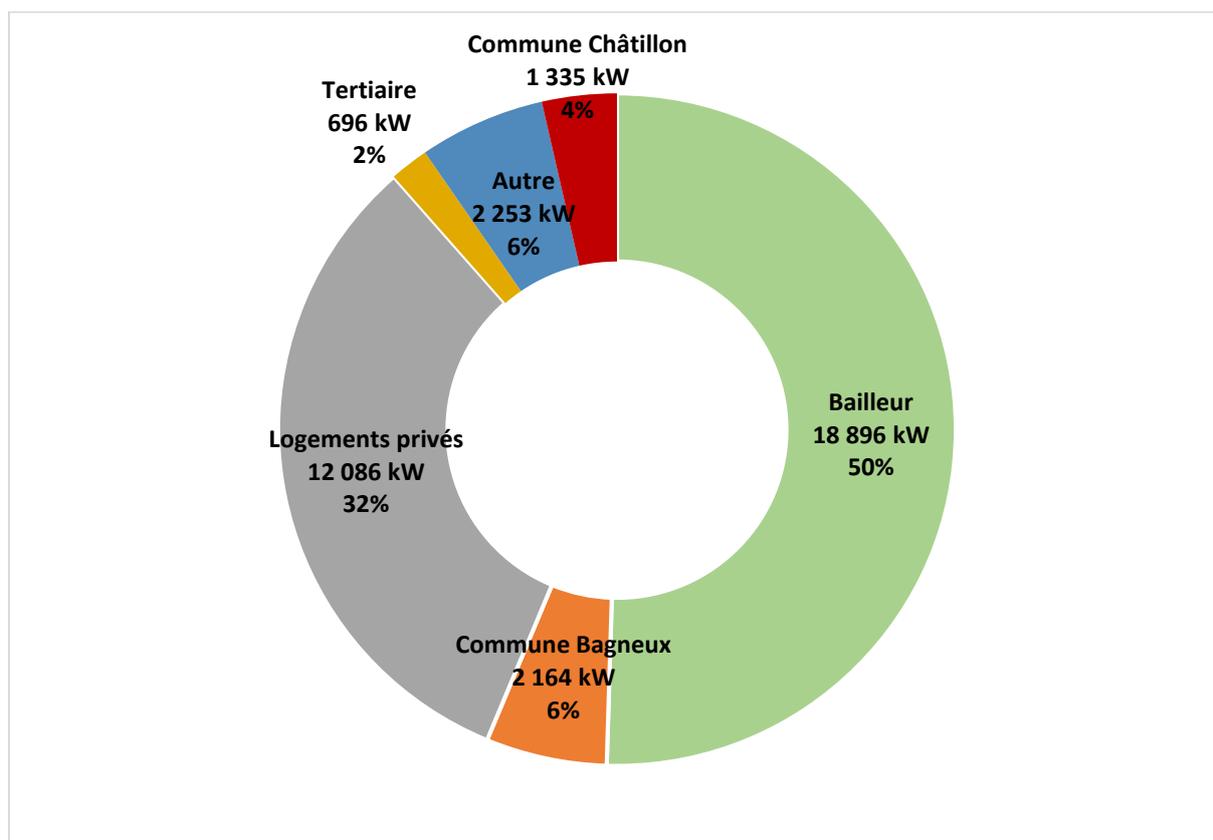
### 3.4.4 Patrimoine raccordé - installations secondaires

#### 3.4.4.1 Liste et caractéristiques des abonnés du réseau de chaleur

A la fin de l'année 2017, le réseau comptait 27 abonnés, soit 56 sous-stations pour une puissance souscrite totale de 37 430 kW.

Les types d'abonnés ainsi que leur part (exprimée en puissance souscrite) sont indiqués sur le tableau et le graphe suivant :

Type d'abonnés	Puissance souscrite totale ECS et chauffage (kW)	Pourcentage (%)
Bailleurs	18 896	50
Logements privés	12 086	32
Autre	2 253	6
Commune de Bagneux	2 164	6
Commune de Châtillon	1 335	4
Tertiaire	696	2
<b>Total</b>	<b>37 430</b>	<b>100</b>



Graphique 7 : Répartition de la puissance souscrite par type d'abonné

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

La réalisation du réseau de chaleur à base de géothermie profonde fait écho au plan d'actions établi suite à la réalisation du bilan carbone "patrimoine et services" réalisé en 2010 sur le territoire de la ville de Bagneux en partenariat avec l'Etablissement Public Territorial Vallée Sud Grand Paris.

Dans ce contexte, la ville a renforcé sa démarche de maîtrise de l'énergie par la poursuite de travaux sur son patrimoine.

Ainsi, depuis 2008 un programme de rénovation thermique des bâtiments a été lancé. Plusieurs travaux peuvent être cités en exemple :

- Remplacement des fenêtres et isolation par l'extérieur sur le groupe scolaire Marcel Cachin et le groupe scolaire Henri Wallon avec une enveloppe budgétaire pour chaque rénovation de 4 M€,
- Programme de remplacement de fenêtres sur d'autres bâtiments publics pour un montant de 600 000 €/an. Ont ainsi été rénovés par tranches : les groupes scolaires Joliot Curie, Paul Vaillant Couturier, Henri Barbusse, Albert Petit.

Dans le cadre de l'Opération de **Renouvellement Urbain (ORU)** initiée sur le sud de la ville, plusieurs actions ont été entreprises en vue d'améliorer la performance énergétique des bâtiments :

- Démolition totale et reconstruction du groupe scolaire Paul Eluard, 2011.

Un travail de collaboration a également été mis en place avec les bailleurs sociaux sur le périmètre ORU pour mener des actions en ce sens :

- Démolition de la barre des tertres et programme de construction d'immeubles BBC, en accession à la propriété ou en location,
- Discussions pour le raccordement futur au réseau de géothermie,
- Réhabilitation et résidentialisation de la barre des Cuverons (gestion AFUL La fontaine-SEMABA) comprenant notamment la pose de 400 m<sup>2</sup> de capteurs solaires sur le toit fournissant 40% des besoins en eau chaude sanitaire, dépose des chauffe-eau individuels dans les logements, réhabilitation extérieure et intérieure de la résidence, rénovation des éclairages.

## 3.5 AUDIT ECONOMIQUE

### 3.5.1 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 prévoir ces charges pour les répercuter 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.

Le compte d'exploitation de BAGEOPS se présente de la façon suivante :

- **Les recettes comprenant :**

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

- **Les charges comprenant :**

- Charges d'énergie (P1),
- Charges d'entretien courant (P2),
- Autres charges P2 (assurances, frais de siège, redevances, frais de contrôle, contribution économique territoriale)
- Charges de gros entretiens et renouvellements P3 (forage et centrale géothermique, chaufferies d'appoint-secours et réseau de distribution).

Remarque : le contrat de DSP ne prévoit **aucun droit de raccordement** sur le périmètre de la DSP. Cet aspect a un impact très important sur l'équilibre économique de la DSP et des extensions du réseau de chaleur comme on le verra dans l'étude des scénarios.

- **Redevances au SIPPAREC**

Ces redevances, au nombre de trois, sont reversées par le délégataire au SIPPAREC. Les dates d'échéances, les montants à verser et les révisions applicables sont définies dans le contrat de délégation de service public ou modifié dans les avenants.

Redevance de contrôle :

Cette redevance correspond aux frais occasionnés par le contrôle exercé par le Syndicat sur le service délégué. Suite à l'avenant n°1 elle est, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2016 estimée à :

- 315 000 € HT pendant les trois premières années d'exploitation, correspondant à la phase de réalisation des investissements de premier établissement contre 300 000€HT initialement,
- 265 000 € HT à partir de la quatrième année, en phase d'exploitation contre 250 000€HT initialement.

Cette redevance est versée au délégant dans les 30 jours (contre 90 jours initialement) suivant la réception de l'avis des sommes à payer qui pourra être émis par le Délégant dès le 15 janvier de chaque année.

$$R = R_0 \frac{I}{I_0} \text{ avec}$$

- $R_0$  : montant de la redevance pour frais de contrôle à la date de notification de la DSP soit le 14/01/14
- $I_0$  : dernier indice SYNTEC publié à la date de notification de délégation de service public. Au 19 avril 2014,  $I_0 = 245,6$ , valeur publiée le 31 mars 2014.
- $I$  : dernier indice SYNTEC publié à la date de révision, Au 1<sup>er</sup> janvier 2017,  $I = 257,0$ , valeur publiée le 30 novembre 2016.

Redevance d'occupation domaniale :

Chaque année, BAGEOPS verse au SIPPAREC trois redevances d'occupation domaniale.

*Prévu à la DSP :*

Au titre de la parcelle de terrain mise à sa disposition sur Bagneux. Cette redevance est fixée à 10 000€ HT par an et est versée la première fois dans les 15 jours suivant la mise à disposition effective de la parcelle et ce, à cette même date chaque année.

Au titre du réseau de chauffage qui est fixée à 0,10€HT/an par mètre linéaire de canalisation. Cette redevance est indexée annuellement au 1<sup>er</sup> janvier et pour la première fois le 1<sup>er</sup> janvier 2015 selon la formule suivante :

$$R = \frac{R_0 \cdot I}{I_0} \text{ avec}$$

- $R_0$  : Montant de la redevance d'occupation du domaine public au titre du réseau de chaleur à la date de notification de la DSP soit le 15/01/14
- $I_0$  : dernier indice TP01 publié à la date de notification de délégation de service public Au 19 avril 2014,  $I_0 = 703,8$ , valeur publiée le 28 mars 2014,
- $I$  : dernier indice TP01 publié à la date de révision. Au 1<sup>er</sup> janvier 2017,  $I = 670,4$ , valeur publiée le 20 décembre 2016.

*Suite à l'avenant n°1 :*

Au titre de la parcelle de terrain mise à sa disposition sur Châtillon. Cette redevance est fixée à 3 000€ HT par an et est versée la première fois dans les 30 jours suivant la mise à disposition effective de la parcelle et ce, à cette même date chaque année.

#### Redevance des frais d'études :

Cette redevance correspond aux frais engagés par le SIPPAREC pour l'étude de faisabilité relative à la conception et à la réalisation d'un doublet de géothermie au DOGGER, ainsi que la création et l'exploitation du réseau de distribution et de livraison de l'énergie thermique ; particulièrement :

- Réaliser l'étude de faisabilité et fournir les éléments techniques du dossier,
- Monter le dossier de permis minier.

Cette redevance est fixée à 177 000 € TTC et payée dans les six mois suivant l'entrée en vigueur de la convention de DSP.

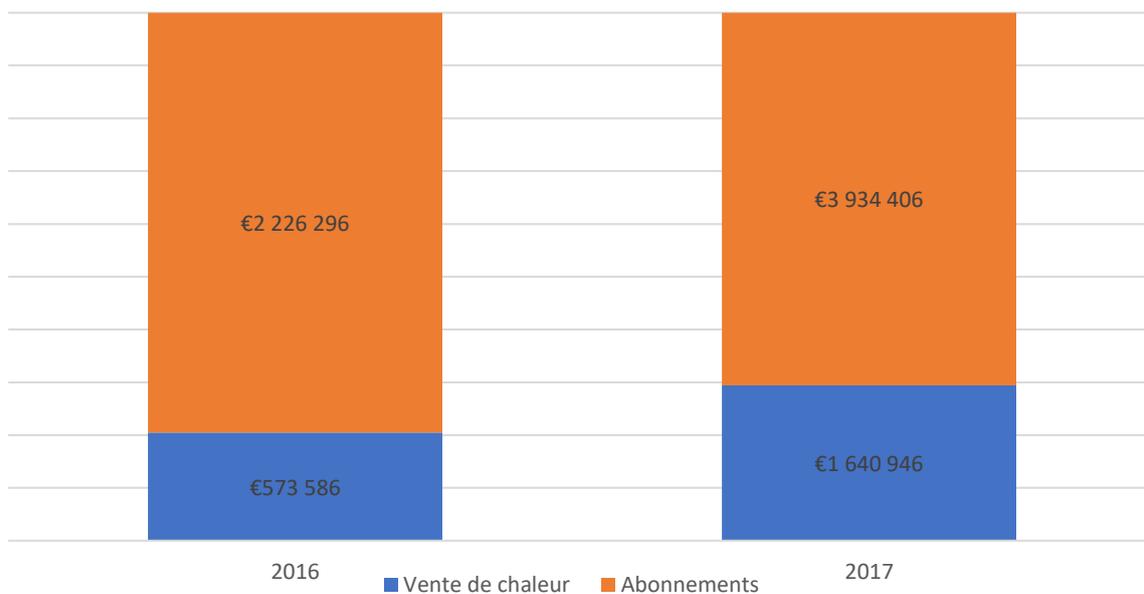
La synthèse du compte d'exploitation du réseau de BAGEOPS est donné ci-dessous :

	2016	2017
Géothermie + PAC (MWh)	7 111	28 864
Chaufferies Gaz + cogénération (MWh)	20 685	44 219
Chaufferie provisoire fioul (MWh)	1 023	2 762
<b>TOTAL Production thermique (MWh)</b>	<b>28 819</b>	<b>75 845</b>
<b>TOTAL Energie livrée (MWh)</b>	<b>26 642</b>	<b>72 001</b>

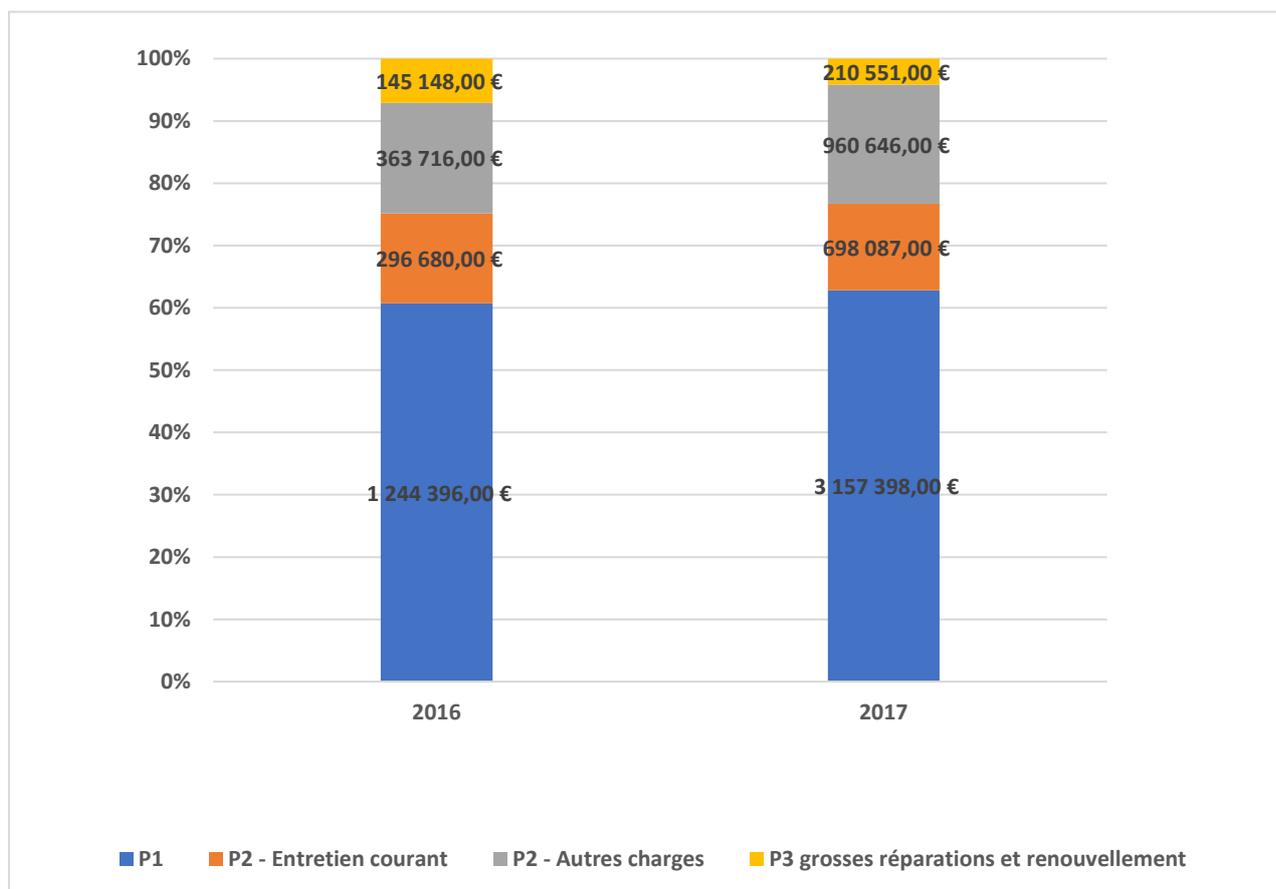
	2016	2017
<b>Produits d'exploitation</b>		
Vente de chaleur (k€HT)	513	1 737
Abonnements (k€HT)	2 411	3 683
Droits de raccordements (k€HT)	-	-
Ventes électriques (k€HT)	334	945
<b>TOTAL Produits d'exploitation (k€HT)</b>	<b>3 257</b>	<b>6 365</b>
<b>Charges d'exploitation</b>		
P1		
<b>TOTAL Charges P1 (k€HT)</b>	<b>1 244</b>	<b>3 157</b>
P2 - Entretien courant		
<b>TOTAL Charges P2 (k€HT)</b>	<b>297</b>	<b>698</b>
P2 - Autres charges		
<b>TOTAL P2 - Autres charges (k€HT)</b>	<b>364</b>	<b>961</b>
P3 grosses réparations et renouvellement		
<b>TOTAL P3 (k€HT)</b>	<b>145</b>	<b>211</b>
<b>TOTAL Charges d'exploitation (k€HT)</b>	<b>2 050</b>	<b>5 027</b>
<b>Résultat brut d'exploitation (k€HT)</b>	<b>1 207</b>	<b>1 338</b>

Tableau 2 : Synthèse du compte d'exploitation

Les deux premières années d'exploitation illustrent l'équilibre du projet avec des charges inférieures aux chiffres d'affaires permettant un résultat brut d'exploitation positif.



**Graphique 8 : Répartition de la part « produit » sans les droits de raccordement et les ventes électriques**



**Graphique 9 : Répartition de la part « charges » du compte d'exploitation**

## 3.5.2 La structure tarifaire, la tarification et régime fiscal appliqué

### 3.5.2.1 Structure tarifaire

Les abonnés du réseau de BAGEOPS sont soumis à une tarification binomiale :

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

#### 3.5.2.1.1 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, ...), les frais d'élimination des produits et résidus de combustion et de mise en décharge, les abonnements et locations de poste gaz, les additifs antigels ou réducteurs de pollution, etc.

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

$R1 = a \times R1_{\text{géo}} + \text{PAC} + b \times (R1_{\text{gaz}} + \text{Taxes gaz} / \text{MWh livrés issus du gaz naturel})$

Avec  $a + b = 1$  et :

- Si les besoins annuels du réseau (B) < 80 000 MWh
  - a : Taux de couverture de la géothermie = 70 %
  - b : Taux de couverture de la cogénération = 30 %
- Si B > 80 000 MWh
  - a = 65 %
  - b = 35 %

Les coefficients a et b sont indépendants de la mixité réelle constatée mais dépendent des besoins annuels réels du réseau en MWh livrés en sous-station.

Le R1 est révisé mensuellement avec les dernières valeurs connues des indices au dernier jour du mois considéré pour la facturation. Une régularisation est faite chaque année, en fin d'année, après constatation de la quantité réelle de MWh livrés en sous-station.

Valeur suite à l'avenant n°1 :  $R1_u = 22,94 \text{ € HT} / \text{MWh livré en sous-station, au 1}^{\text{er}} \text{ mai 2015.}$

### Evolution de l'indice de révision :

<p><b>Valeurs initiales</b></p>	$R_1 Géo + PAC = R_1 Géo + PAC_0 \times \left( \frac{EL}{EL_0} \right)$ <p><math>R_1 Géo + PAC_0 = 12,58 \text{ €/MWh}</math> (valeur au 1<sup>er</sup> mai 2015)</p> <p>EL : Indice Electricité moyenne tension, tarif vert A5 publié par Le Moniteur sous la référence 351107  <math>EL_0 = 134,30</math> (valeur connue au 1<sup>er</sup> mai 2015)</p> $R_1 Gaz = R_1 Gaz_0 \times Krgaz$ <p><math>R_1 Gaz_0 = 41,90 \text{ €/MWh}</math> (valeur au 1<sup>er</sup> mai 2015)</p> $Krgaz = \frac{PEGNord}{PEGNord_0}$ <p>PEGNord : point virtuel d'échange sur la zone nord du réseau de transport. Le marché est géré par l'entreprise Powernext qui publie sur son site les prix du marché. Le prix pris en référence est le PEC Nord Month-Ahead 5D : le prix obtenu est égal à la moyenne arithmétique des valeurs « Powernext Gas Settlement Prices » du contrat « PEG NORD – moi m » publiées sur le site de Powernext pour les cinq derniers jours de cotation pour lesquels le mois m est coté.</p> <p><math>PEGNord_0 = 21,61 \text{ €/MWh}</math> (valeur connue au 1<sup>er</sup> mai 2015)</p>
<p><b>Remplacement de l'indice EL351107 par l'indice EL3511403</b></p>	<p>EL : Indice EL 3511403 - Electricité vendue aux entreprises ayant souscrit un contrat de capacité &gt; 36 kVA  <math>EL 351107 = 134,3</math> (dernière valeur connue – 1<sup>er</sup> mai 2015)  <math>EL 3511403_0 = 114,2</math> (valeur du coefficient de raccordement = 1,1762)</p>

#### 3.5.2.1.2 Le terme R2

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

- R21 : le coût de l'énergie électrique utilisée par les auxiliaires pour assurer le fonctionnement des installations primaires.
- R22 : le coût des prestations de conduite, de petits entretiens nécessaires pour assurer le fonctionnement des installations primaires.
- R23 : le coût du renouvellement et du gros entretien des installations.
- R24 : le coût des frais de financement et l'amortissement du programme de travaux de premier établissement de la présente Convention.
- R25 : la répercussion des subventions d'équipement perçues par le délégataire, amortis de la même façon que les biens correspondants.
- R26 : la répercussion des produits de l'activité (recettes de vente d'électricité, de certificats d'économie d'énergie, de quotas...)

Le R2 est calculé de telle sorte que  $R2 = R21 + R22 + R23 + R24 + R25 + R26$ .

La partie fixe R2 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 suite à l'avenant n°1 :

R2<sub>0</sub> = 101,90 € HT / kW souscrit, au 1<sup>er</sup> mai 2015 avec :

- R21<sub>0</sub> = 2,73 € HT / kW souscrit ;
- R22<sub>0</sub> = 45,35 € HT / kW souscrit ;
- R23<sub>0</sub> = 10,33 € HT / kW souscrit.
- R24<sub>0,Bagneux</sub> = 54,34 € HT / kW souscrit jusqu'à 47 730 kW et =  $28,26 + \frac{1\,245\,271,56\text{ €}}{\text{Puissance souscrite totale}}$  au-delà.
- R250,Bagneux = - 10,86 € HT / kW souscrit.

Suite à l'avenant n°1, des termes supplémentaires sont facturés pour la partie du réseau à Châtillon dues aux investissements faits pour le raccordement de ce réseau à BAGEOPS :

- R240,Châtillon = 24,84 € HT / kW.
- R250, Châtillon = - 4,79 € HT / kW.

Le R250, Bagneux a été révisé par rapport aux estimées lors de la signature du contrat de Délégation de Service Public.

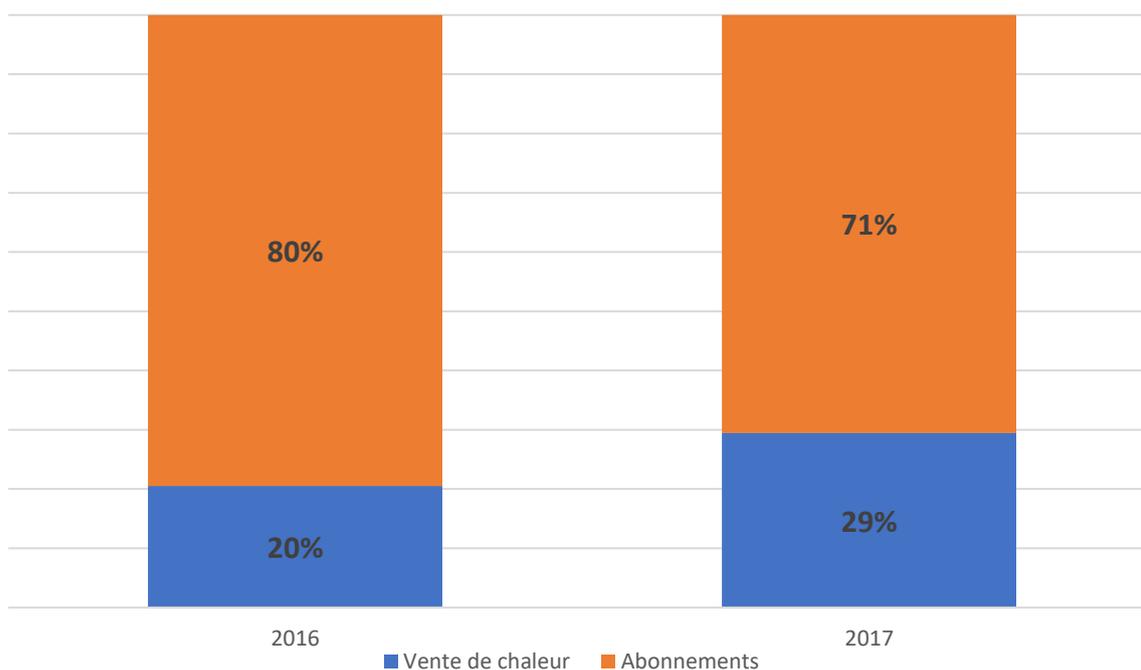
Evolution de l'indice de révision :

<b>Valeurs initiales</b>	$R21 = R21_0 \times \frac{El}{El_0}$ <p>R21<sub>0</sub> : 2,73 €HT / kW souscrit</p> <p>EL : Indice Electricité moyenne tension, tarif vert A5 publié par Le Moniteur sous la référence 351107          EL<sub>0</sub> = 134,30 (valeur connue au 1<sup>er</sup> mai 2015)</p> $R22 = R22_0 \times \left( 0,10 + 0,75 \times \left( \frac{ICHT - IME}{ICHT - IME_0} \right) + 0,15 \times \frac{FSD2}{FSD2_0} \right)$ <p>R22<sub>0</sub> : 45,35 €HT / kW souscrit          ICHT-IME : Indice « Cout horaire du travail révisé tous salariés – Industries mécaniques et électriques »          publié par Le Moniteur des Travaux Publics hors effet CICE          ICHT-IME<sub>0</sub> = 116,70 (valeur connue au 1<sup>er</sup> mai 2015)          FSD2 : Indice « Frais et services divers » calculé et publié par le Moniteur des Travaux Publics (base 100 en          juillet 2004)          FSD2<sub>0</sub> = 123,40 (valeur connue au 1<sup>er</sup> mai 2015)</p> $R23 = R23_0 \times \left( 0,10 + 0,90 \times \left( \frac{BT40}{BT40_0} \right) \right)$ <p>R23<sub>0</sub> : 10,33 €HT / kW souscrit          BT 40 : Indice « Chauffage central » publié par Le Moniteur des Travaux Publics          BT 40<sub>0</sub> = 1026,90 (valeur connue au 1<sup>er</sup> mai 2015)</p> <p>Les termes R24 ne sont pas révisés.</p> $R25 = R25_0 \times Kr_{25}$ <p>Avec <math>Kr_{25} = \frac{\text{Montant des subvention obtenues}}{\text{Montant des subvention prévisionnelles}}</math></p> <p>Ainsi le terme R25<sub>0</sub> = -11,18 € HT / kW.          Et le terme R25<sub>Châtillon0</sub> = - 10,78 € HT / kW.</p>
--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3.5.2.2 Evolution annuelle des composantes tarifaires

Désignation	Unité	2016	2017
<b>Chaleur totale facturée</b>	<b>MWh/an</b>	<b>26 642</b>	<b>72 001</b>
<b>R1</b>	<i>k€ HT</i>	574	1 641
<b>R2</b>	<i>k€ HT</i>	2 226	3 934
<b>TOTAL R1 R2</b>	<i>k€ HT</i>	<b>2 800</b>	<b>5 575</b>

Tableau 3 : Comparaison des ventes prévisionnelles et actuelles



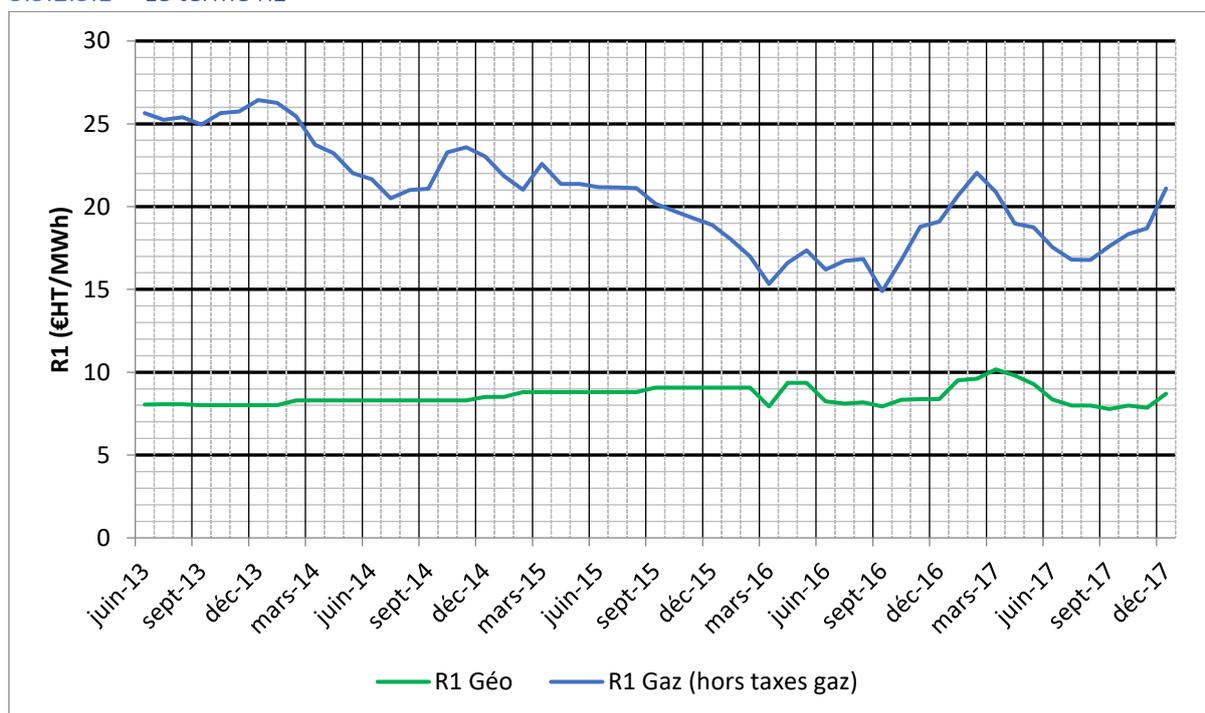
Graphique 10 : Poids des termes R1 et R2 dans le chiffre d'affaires

Entre 2016 et 2017, le poids du terme R1 dans le chiffre d'affaires (ventes et abonnements uniquement) a augmenté de 9 points.

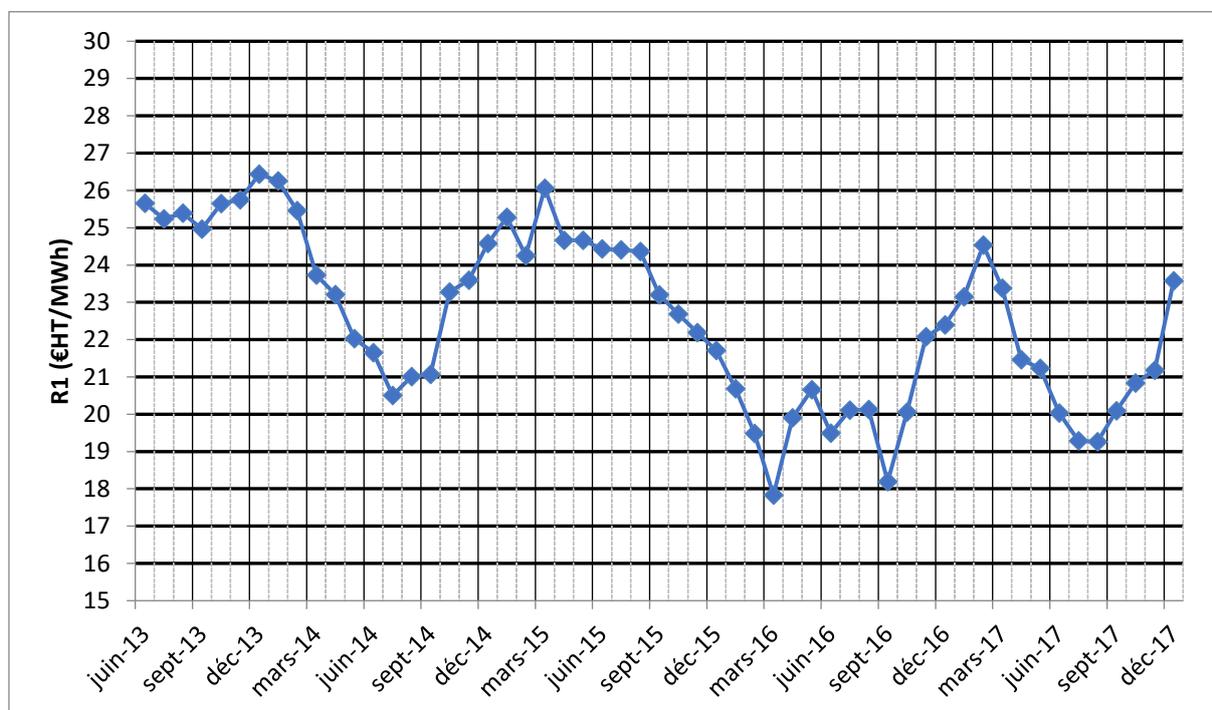
Le graphique ci-dessus illustre l'augmentation de la part vente dans le chiffre d'affaires total ceci étant dû à la fourniture de chaleur aux abonnés sur une année complète. La fourniture de chaleur sur le réseau de BAGEOPS a débuté en avril ce qui signifie que les mois de l'année 2016 à forte consommation de chaleur (janvier à mars) ne font pas partis de la facturation 2016 ce qui diminue la part R1 du chiffre d'affaires.

### 3.5.2.3 Evolution mensuelle des composantes tarifaires

#### 3.5.2.3.1 Le terme R1



Graphique 11 : Évolution des composantes tarifaires du R1



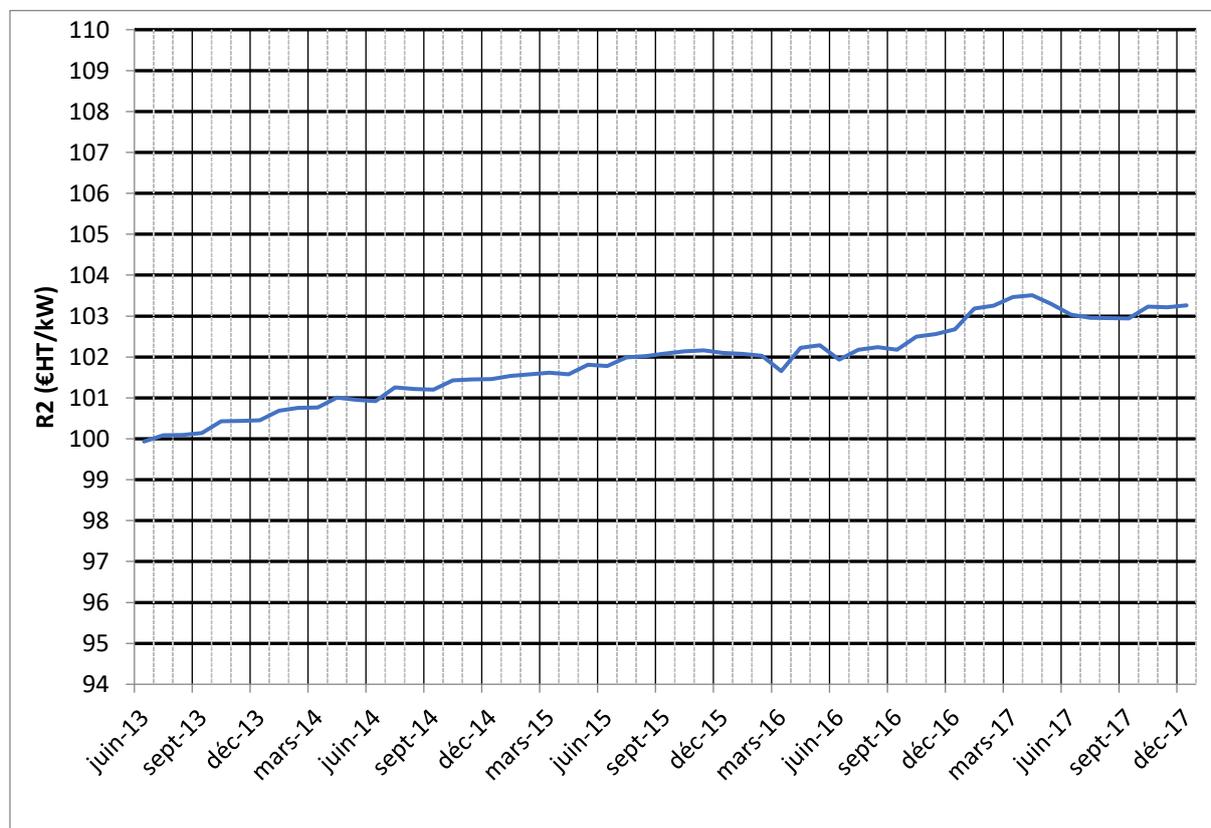
Graphique 12 : Évolution du terme R1

	Marché	2013	2014	2015	2016	2017
<b>R1 moyen (€HT/MWh)</b>	22,94	25,58	23,03	23,99	20,08	21,50
<b>Evolution N-1</b>		11,5%	-10,0%	4,2%	-16,3%	7,1%
<b>Evolution Marché</b>		11,5%	0,4%	4,6%	-12,4%	-6,2%

Tableau 4 : Evolution du coût unitaire moyen annuel du terme R1 par rapport au marché

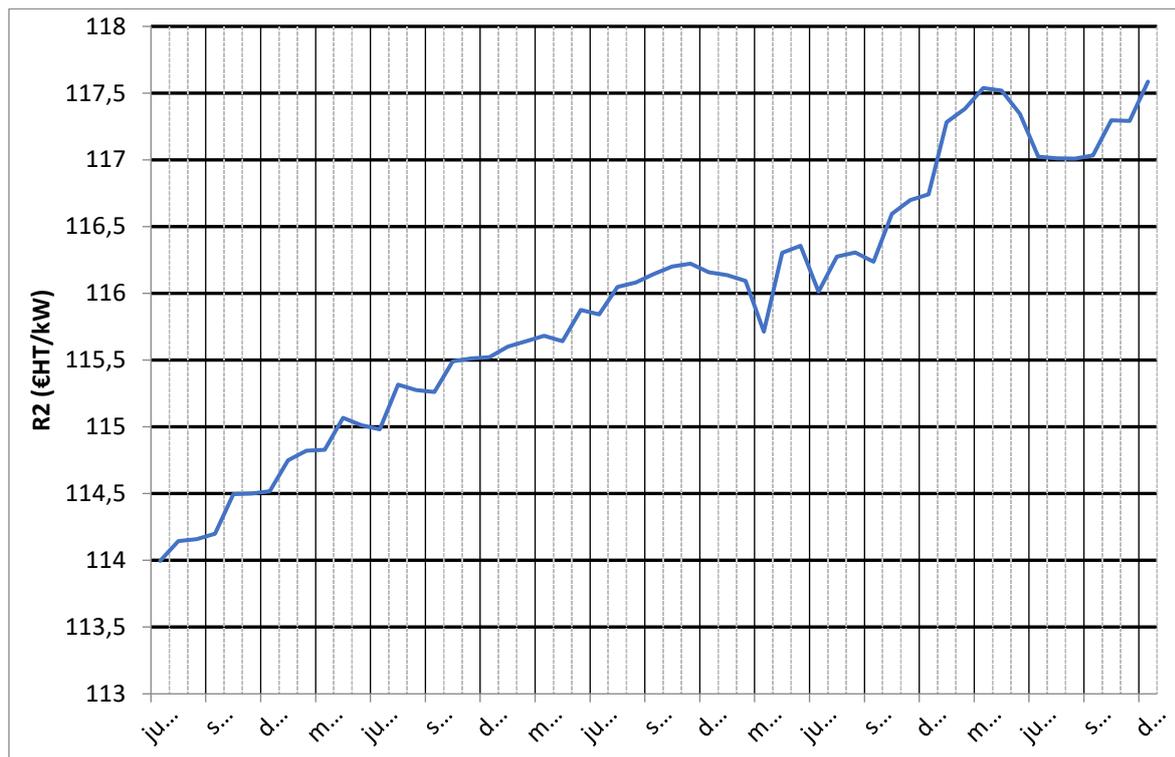
Le terme R1 a diminué d'environ 6% par rapport au prix moyen du marché depuis la signature de la délégation de service public. Cependant, il a augmenté de pratiquement 7% par rapport à 2016. Cette évolution s'expliquant par la variation du terme R1 gaz lié au prix de la molécule de gaz naturel sur le marché (voir graphique 11 page précédente).

### 3.5.2.3.2 Le terme R2



Graphique 13 : Evolution du terme R2 de Bagneux

	Marché	2013	2014	2015	2016	2017
<b>R2 moyen Bagneux (€HT/MWh)</b>	101,58	100,23	101,09	101,87	102,21	103,19
<b>Evolution</b>		-1,3%	0,9%	0,8%	0,3%	1,0%
<b>Evolution Marché</b>		-1,3%	-0,5%	0,3%	0,6%	1,6%



Graphique 14 : Évolution du terme R2 de Châtillon

	Marché	2013	2014	2015	2016	2017
<b>R2 moyen Châtillon (€/MWh)</b>	115,64	114,29	115,15	115,93	116,29	117,28
<b>Evolution</b>		-1,2%	0,8%	0,7%	0,3%	0,8%
<b>Evolution Marché</b>		-1,2%	-0,4%	0,2%	0,6%	1,4%

Les deux graphiques ci-dessus illustrent la faible augmentation du terme R2 de Bagneux et Châtillon depuis le début de la délégation de service public (environ 1%). Le terme R2 est dépendant des coûts liés aux indices du coût horaire d'un salarié (ICHT-IME), des frais et services divers (FSD2) ainsi que du chauffage central (BT4), présents dans les termes R22 et R23. Le terme R2 en suit l'augmentation.

### 3.5.2.4 Régime fiscale du réseau de chaleur

Il est précisé dans le bulletin officiel « BOI-TVA-LIQ-30-20-2012030 » :

« La période de référence à retenir pour l'appréciation du seuil de 50 % est l'année civile précédant celle de la facturation (N-1). Il est admis qu'il puisse être pris comme période de référence une période de douze mois consécutifs différente de l'année civile sur la base de laquelle l'exploitant établit habituellement son rapport technique d'exploitation (saison de chauffe).

Afin de tenir compte de circonstances particulières affectant de manière temporaire la composition habituelle du bouquet énergétique du réseau, il est toutefois admis que la période de référence soit la moyenne des années N-2 et N-3 ou, si ces circonstances affectent les deux années N-1 et N-2, la moyenne des années N-3 et N-4. »

Le bouquet énergétique du réseau de chaleur de Bagneux et Châtillon présente un taux de couverture ENR&R pour l'exercice 2017 de 50,5%. BAGEOPS applique, dans le cadre de la délégation de service public et sous sa responsabilité un taux de TVA réduit à 5,5% sur les montants R1 et R2.

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

### 3.5.3.1 Evolution du prix moyen du réseau sur les deux dernières années

Désignation	Unité	2016	2017
<b>Chaleur totale facturée</b>	<b>MWh/an</b>	<b>26 642</b>	<b>72 001</b>
<b>R1</b>	k€ HT	574	1 641
<b>R2</b>	k€ HT	2 226	3 934
<b>TOTAL R1 R2</b>	k€ HT	2 800	5 575
<b>Coût moyen du MWh utile</b>	<b>€ HT/MWhu</b>	<b>105,09 €</b>	<b>77,43 €</b>
<b>Coût moyen du MWh utile</b>	<b>€ TTC/MWhu</b>	<b>110,87 €</b>	<b>81,69 €</b>

Tableau 5 : Prix moyen de la chaleur

Le prix moyen de la chaleur du réseau de BAGEOPS est de **77,43 €HT** pour l'année 2017 soit une diminution de % par rapport à l'exercice 2016.

Désignation	Année n° 4 DSP	2017
<b>Vente chaleur (R1) (k€ HT)</b>	2 607	1 641
<b>Abonnements (R2) (k€ HT)</b>	5 296	3 934
<b>Total (k€ HT)</b>	<b>7 903</b>	<b>5 575</b>
<b>Vente (MWh)</b>	107 806	72 001
<b>Prix moyen (€HT/MWh)</b>	<b>73,31</b>	<b>77,43</b>

Tableau 6 : Décomposition des ventes et abonnements et comparaison à la DSP

Par rapport aux ventes prévisionnelles de la DSP, BAGEOPS affiche un chiffre d'affaires plus faible à hauteur de 33%.

Le prix de vente moyen est supérieur d'environ 7% par rapport au plan d'affaire de l'avenant n°1. Cette différence s'explique principalement par la répartition ventes de chaleur par rapport aux abonnements.

### 3.5.3.2 Positionnement par rapport à d'autres réseaux de chaleur (enquête AMORCE)

Dans cette partie, le prix moyen de la chaleur en 2017 du réseau de chaleur de BAGEOPS est comparé aux statistiques 2016 des réseaux de chaleur français. Les données de références de l'année 2017 ont été présentés lors de la 13<sup>ème</sup> rencontre des réseaux de chaleur.

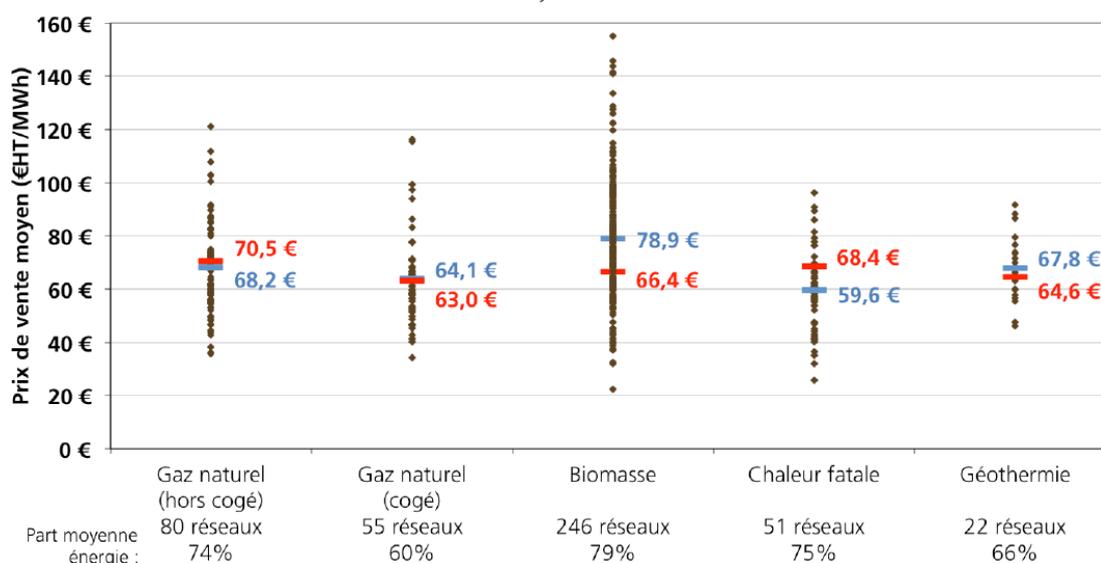
Régulièrement, cette association publie une enquête nationale sur les prix moyen de vente des réseaux de chaleur. Le prix calculé lors de cette enquête correspond aux recettes totales de vente de chaleur (chauffage + ECS) divisées par l'énergie vendue ; il intègre le coût global de la chaleur couvrant :

- 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 2017 (prenant en compte les prix de l'année 2016). Le graphe AMORCE qui suit indique le prix moyen HT du MWh des différents réseaux de chaleur pour l'année 2016, quelles que soient les énergies utilisées sur ces réseaux : Gaz, Fuel, Biomasse, Déchets, Géothermie ...

Selon cette étude, le prix moyen des réseaux de chaleur pour l'année 2016 était de **67,9 €HT/MWh** contre **68,3 €HT/MWh** en 2015.

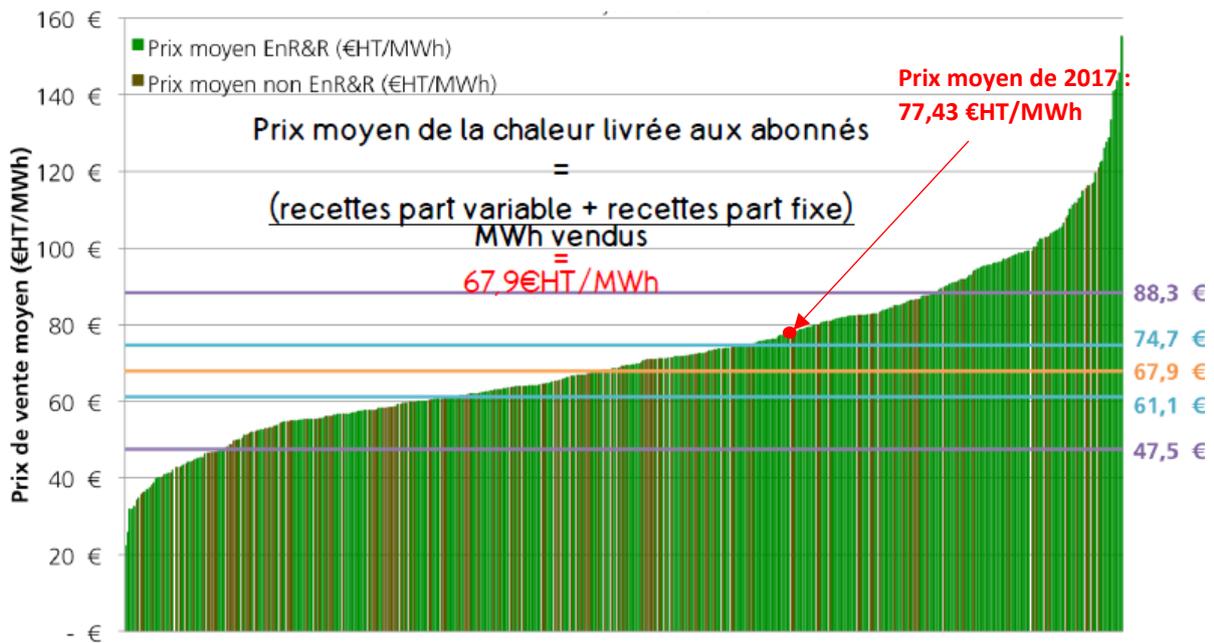
Le graphique ci-dessous représente les niveaux de prix moyen par type d'énergie majoritairement utilisée sur les réseaux de chaleur en France pour l'année 2016.



**Graphique 15 : Prix de vente moyen HT de la chaleur en 2016 en fonction de l'énergie majoritaire utilisée sur le réseau (Enquêtes annuelles des réseaux de chaleur et de froid SOEs/SNCU/AMORCE 2017)**

Le prix moyen de la chaleur du réseau de BAGEOPS pour 2017 s'élève à **77,43 €HT/MWh** pour un prix moyen non pondéré d'un réseau à base de géothermie à **67,9 €HT/MWh** soit un prix supérieur de **14%**.

Le graphique ci-dessous donne le classement du réseau de chaleur de Bagneux et Châtillon par rapport à la moyenne nationale sans les taxes.



Graphique 16 : Monotone des prix de vente moyens de la chaleur en 2016 (Enquêtes annuelles des réseaux de chaleur et de froid SQes/SNCU 2017)

**Classe I** : moins de 47,5 € HT/MWh (prix inférieur d'au moins 30% du prix moyen)

**Classe II** : de 47,5 à 61,1 € HT/MWh (10 à 30% inférieur au prix moyen)

**Classe III** : de 61,1 à 74,7 € HT/MWh (écart au prix moyen +/- 10% maximum)

**Classe IV** : de 74,7 à 88,3 € HT/MWh (10 à 30% supérieur au prix moyen)

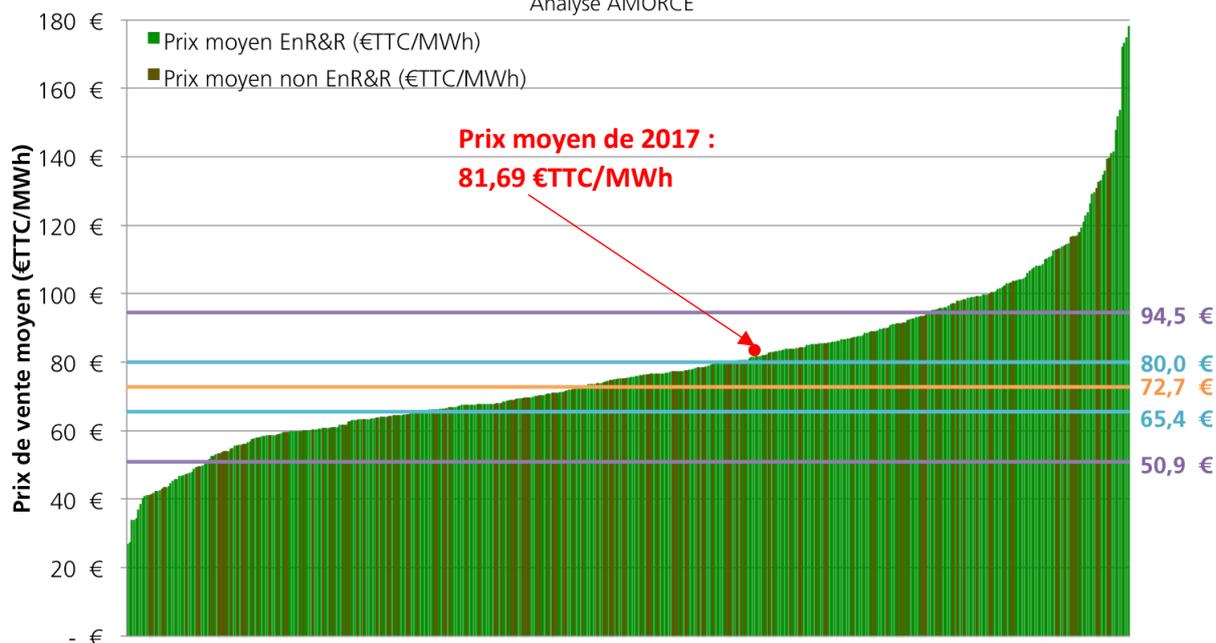
**Classe V** : plus de 88,3 € HT/MWh (plus de 30% supérieur au prix moyen)

Le prix moyen du réseau de chaleur de BAGEOPS est supérieur de **14%** par rapport au prix moyen national (**67,9 € HT/MWh**). Il se situe au-dessus de la **classe IV** des réseaux de chaleur (prix de vente supérieur de 10 à 30% au prix de vente moyen).

Le graphique ci-dessous donne le classement du réseau de chaleur de Bagneux/Châtillon par rapport à la moyenne nationale comprenant la **TVA pour l'année 2015**.

## Monotone des prix de vente moyens de la chaleur en 2016

Source : Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid SDeS/SNCU/AMORCE édition 2017  
Analyse AMORCE



Graphique 17 : Monotone des prix de vente moyens de la chaleur en 2016 (Enquêtes annuelles des réseaux de chaleur et de froid SOeS/SNCU 2017)

- Classe I** : moins de 50,9 €/TTC/MWh (prix inférieur d'au moins 30% du prix moyen)
- Classe II** : de 50,9 à 65,4 €/TTC/MWh (10 à 30% inférieur au prix moyen)
- Classe III** : de 65,4 à 80 €/TTC/MWh (écart au prix moyen de +/- 10% maximum)
- Classe IV** : de 80 à 94,5 €/TTC/MWh (10 à 30% supérieur au prix moyen)
- Classe V** : plus de 94,5 €/TTC/MWh (plus de 30% supérieur au prix moyen)

Le prix moyen du réseau de chaleur de BAGEOPS est supérieur de **12%** par rapport au prix moyen national en 2016 toutes taxes comprises (**72,7 €/TTC/MWh**). Il est situé dans la **classe IV** des réseaux de chaleur.

### 3.5.4 Facture énergétique pour un logement « type »

En se basant sur les données fournies dans l'enquête AMORCE « Compétitivité des réseaux de chaleur en 2015 », il paraît intéressant de définir 3 logements « type » différents.

Les 3 sont des logements de 70m<sup>2</sup> dans un immeuble de 25 logements. Les 3 niveaux de consommation sont définis comme suit :

- Bâtiments RT 2005 avec une consommation utile de **96 kWh utile/m<sup>2</sup>.an**,
- Bâtiments du parc social moyen avec une consommation utile de **136 kWh/m<sup>2</sup>.an**,
- Bâtiment peu performant avec une consommation utile de **240 kWh/m<sup>2</sup>.an**.

La facture énergétique est composée d'un R1 et d'un R2 résultant des tarifs du réseau de chaleur concerné. On y ajoute des factures P2 et P3 répercutant les coûts de l'entretien du réseau secondaire du bâtiment, définis à l'aide de ratio de l'enquête AMORCE :

- Ratio P2 = 47 €HT/log.an, TVA à 5,5%,
- Ratio P3 = 26 €HT/log.an, TVA à 12%.

Type de logement	Conso utile CH + ECS (kWh utile/m <sup>2</sup> .an)	Consommations de référence (MWh utile)	Consommations de référence (MWh PCS)	Facture BAGEOPS annuelle (€TTC)	Facture BAGEOPS annuelle (€TTC/MWh utile)
Bâtiments RT 2005	96	6,72	9,33	625	93
Bâtiments Parc social moyen	136	9,52	13,22	852	90
Bâtiments peu performants	240	16,80	23,33	1 444	86

Tableau 7 : Répartition de la facture énergétique pour un logement type

**La facture annuelle de chauffage et ECS pour un logement « type » sur le réseau de chaleur de BAGEOPS varie entre 625 et 1 444 €TTC. L'AMORCE indique pour l'ensemble des réseaux de chaleur un intervalle moyen de facture énergétique compris entre 500 et 1 400€ TTC.**

Si on considère l'ensemble des logements de l'AFUL Sud, leur consommation totale de référence est de 15 338 MWh utile pour 1 799 logements.

Cela signifie une consommation de référence moyenne de 8,53 MWh utile par logement.

**La facture énergétique annuelle pour un logement moyen de l'AFUL Sud correspond 775 €TTC ce qui correspond à la moyenne basse des factures énergétiques moyennes indiquées dans l'enquête AMORCE.**

### 3.5.5 Analyse du compte de Gros Entretien et Renouvellement (GER)

BAGEOPS indique pour l'exercice 2017 avoir dépensé 211 k€ HT pour le poste P3 correspondant aux travaux sur les chaufferies d'appoint-secours.

Un tableau de suivi de compte Gros Entretien et Renouvellement est réalisé par BAGEOPS comprenant les dépenses et les recettes de la redevance R23. Pour l'année 2017 il est le suivant :

Compte P3	Recettes R23	Dépenses P3	Solde GER annuel	Solde GER cumulé
2016	238 159,02 €	42 617,67 €	195 541,35 €	195 541,35 €
2017	362 582,20 €	297 985,43 €	64 596,77 €	260 138,12 €

Le solde du compte GER à la fin de l'exercice 2017 est donc de 260 138,12 €.

La première (297 985,43 €) comprend les dépenses affectées au compte GER en 2017 comprenant :

- Les dépenses des travaux initiés sur l'exercice 2016 et achevés sur l'exercice 2017 : 94 593,00 €,
- Les dépenses des travaux réalisés sur l'exercice en cours : 203 392,43 €.

La seconde (210 551 €) correspond quant à elle aux dépenses totales de l'exercice 2017 affectés au compte de résultat comprenant :

- Les dépenses des travaux réalisés sur l'exercice en cours : 203 392,43 €,
- Les dépenses des travaux initiés sur l'exercice 2017 et achevés sur le suivant : 17 842,53 €,
- Le remboursement de travaux initiés durant l'exercice 2016 et achevés sur l'exercice en cours : 102 530,00 €,

auxquelles il faut soustraire la main d'œuvre, d'une valeur de 2 762€.

---

## 3.6 SYNTHÈSE DE L'AUDIT DE L'EXISTANT

---

### 3.6.1 Synthèse sur le volet « contractuel »

La délégation de service public a été conclue entre la société BAGEOPS créée par DALKIA et le SIPPAREC, le 15 janvier 2014 pour une durée de 30 ans. Les polices d'abonnement sont signées entre les abonnés et le délégataire pour une durée de 15 ans renouvelable par tacite reconduction.

La délégation de service public étant effective depuis trois ans et le réseau de chaleur ne fournissant de l'énergie issue de la géothermie que depuis août 2016, les dates d'échéances des pièces contractuelles sont toujours en vigueur.

Initialement, le contrat de délégation signé entre le SIPPAREC et BAGEOPS ne concernait que la ville de Bagneux. Suite à l'adhésion de la ville de Châtillon à la compétence « développement des énergies renouvelables » du SIPPAREC et la signature de l'avenant n°1, le périmètre de premier établissement a été modifié aux quartiers de Châtillon limitrophes à Bagneux et les biens du réseau de Châtillon ont été intégrés à la convention de Bagneux.

Le réseau de chaleur de BAGEOPS comprend deux cogénérations. Celle de l'AFUL Sud, exploitée par COGESTAR fournit de la chaleur sur le réseau de Bagneux/Châtillon jusqu'au 21 novembre 2023. La cogénération de Châtillon permet de fournir de la chaleur sur le réseau de BAGEOPS et de vendre de l'électricité via un contrat souscrit avec EDF dont la date d'échéance est fixée au 31 octobre 2020.

### 3.6.2 Synthèse sur le volet « Technique »

La production d'énergie du réseau de BAGEOPS est réalisée par l'intermédiaire d'une centrale géothermique, d'une chaufferie d'appoint local (AFUL Sud), d'une chaufferie d'appoint-secours (AFUL Nord) et de 10 chaufferies décentralisées. La chaufferie d'appoint, fournit de l'énergie jusqu'à une température extérieure de 1°C. Pour des températures extérieures jusqu'à -1°C, le système d'appoint-secours prend le relais via la chaufferie de l'AFUL Nord. En cas de températures très froides, les chaufferies décentralisées sont alors sollicitées. La structure actuelle du réseau de chaleur permet une production totale de 61,1 MW.

Pour l'exercice 2017, l'ensemble géothermie + PAC a fonctionné depuis le mois de janvier jusqu'à fin décembre (uniquement le mois de décembre pour les pompes à chaleur) marquant la première année complète d'exploitation. Grâce à l'achat de Biogaz, le taux d'EnR atteint est supérieur au 50%, nécessaire à l'application du taux de TVA réduit et respecte les conditions définies dans le contrat de délégation. Cependant, le contenu CO<sub>2</sub> du titre V n'est pas respecté (115 g CO<sub>2</sub>/kWh contre 92 g CO<sub>2</sub>/kWh utile).

### 3.6.3 Synthèse sur le volet « Economique »

Le chiffre d'affaires estimé pour l'année 2017 (R1 et R2 uniquement) est de 5 575 k€HT et se trouve en dessous des prévisions initiales (-29%) ceci étant dû au développement actuel du réseau. Cependant, le prix de vente moyen n'est supérieur que d'environ 7% par rapport au plan d'affaire de l'avenant n°1. Le prix de vente moyen pour l'année 2017 est de 81,69€ TTC/MWh et se situe en classe IV de la moyenne nationale.

## 4 ETAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR A PROXIMITE DU RESEAU

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 BAGEOPS. Il s'agit d'identifier les réseaux et sources de chaleur potentielles situés à proximité du réseau de chaleur qui pourraient venir l'alimenter dans une logique de mutualisation des équipements et de la valorisation d'énergies renouvelables et de récupération. Le schéma directeur visant à étudier les possibilités d'extension du réseau de chaleur à l'horizon 2030, les sources de chaleur situées à proximité devront permettre de maintenir un taux d'EnR de 50%, suffisant à l'application du taux de TVA réduit.

Les deux principaux aspects traités seront :

- Les réseaux publics et privés,
- Les sources d'énergies renouvelables et de récupération.

---

### 4.1 RESEAUX PUBLICS ET PRIVES A PROXIMITE DU RESEAU

---

Le réseau BAGEOPS alimente actuellement les zones Sud et Nord-Est de Bagneux ainsi que les zones frontalières de Châtillon et de Fontenay-aux-Roses. A la suite de l'avenant 1 le périmètre délégué a été étendu sur la partie Est de la commune de Châtillon délimitée par la voie de Tramway de l'avenue de Verdun.

Aucun obstacle majeur (réseau autoroutier, fluvial, aqueduc etc.) limitant le développement du réseau de chaleur existant sur les communes limitrophes le périmètre d'étude de développement du réseau de chaleur à l'horizon 2030 est le suivant :

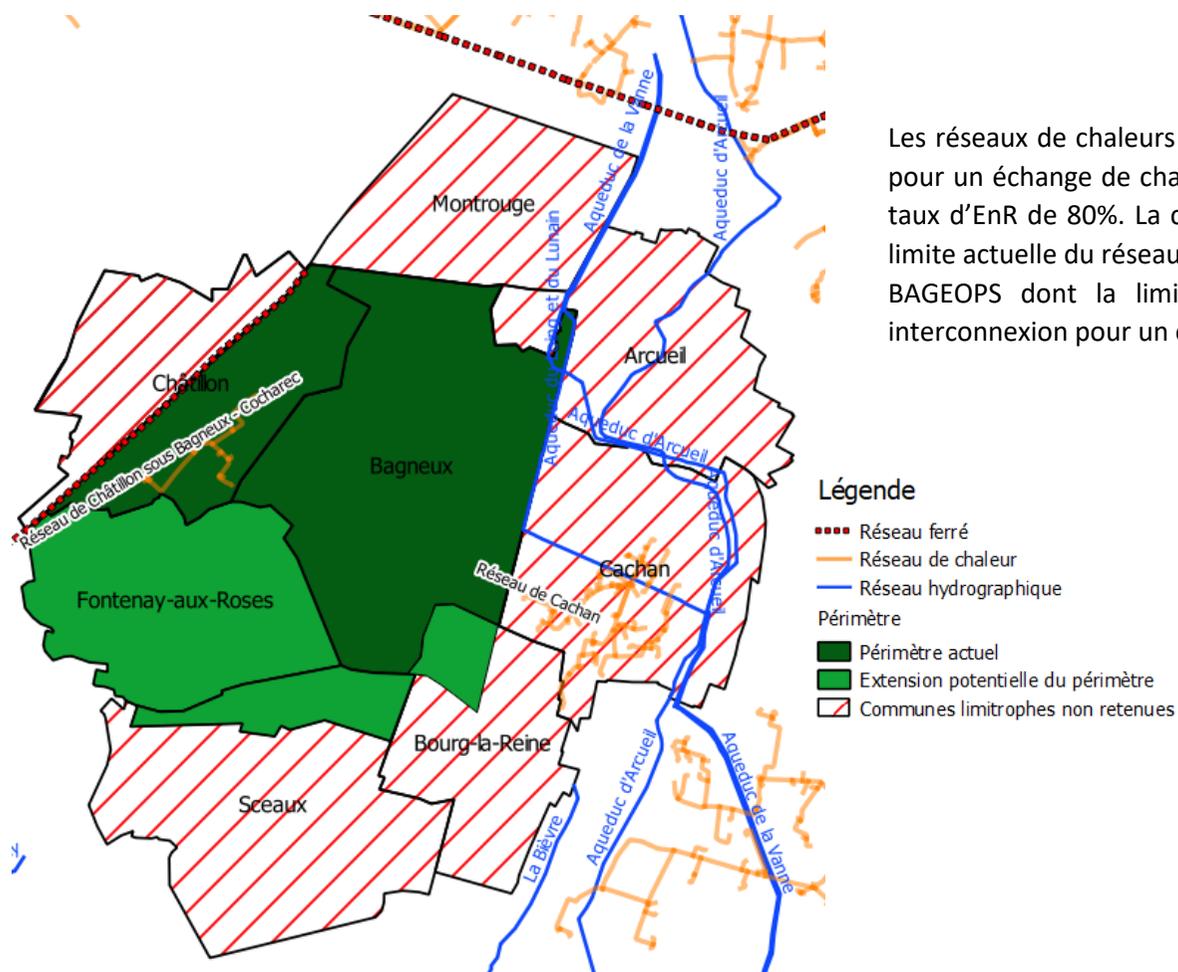
- Densification sur la ville de Bagneux,
- Densification sur la ville de Châtillon limitée par l'avenue de Verdun,
- Développement sur Fontenay-aux-Roses,
- Développement sur Sceaux limité par la rue Jean Mascré et la départementale 77,
- Développement sur Bourg-la-Reine limité à la rue de Fontenay et au boulevard du Maréchal Joffre.

A proximité du réseau de chaleur de BAGEOPS les réseaux suivants ont été identifiés :

Nom du réseau	Ville	Gestionnaire	Mode de gestion	Date de construction	Longueur du réseau de tranchée (km)	Echéance des contrats	Régime de température	Mix énergétique	Taux d'EnR (%)	Quantité d'énergie livrée (MWh/an)	Puissance des installations de production (MW)
Réseau d'Arcueil-Gentilly	Arcueil/Gentilly	ARGEO (ENGIE Réseau)	Concession	2013	16	2033	Basse température	66% géothermie 33% gaz naturel 1% fioul	53	65 666	52,8
Réseau de Paris	Paris	CPCU	Concession	1927	505	2024	Vapeur	43% valorisation énergétique des déchets 33% gaz et cogénération 16% Charbon	40	5 107 818	3 410,5
Réseau de Cachan	Cachan	Groupement SOCACHAL-DALKIA <sup>2</sup>	Concession	1984	7,37	2040	Basse température	80% géothermie 20% gaz naturel	80	63 988	58
Reseau de Chevilly Larue & l'Hay-les-Roses	Chevilly Larue et l'Hay-les-Roses	SEMACH <sup>3</sup>	Affermage	1985	31,4	2024	Basse température (70°C)	62% géothermie 25% cogénération gaz 13% appoint gaz	61,5	199 357	146

<sup>2</sup> SOCACHAL : Société Cachanaise de Chaleur. Donnée de 2016.

<sup>3</sup> SEMACH : Société Publique Locale d'Énergie et Maintenance à L'Hay-les-Roses, Chevilly-Larue et Villejuif



Les réseaux de chaleurs situés à proximité du réseau de BAGEOPS ne semblent pas adaptés pour un échange de chaleur sauf le réseau de Cachan qui présente, pour l'exercice 2016 un taux d'EnR de 80%. La création de nouveaux puits sont prévus pour juillet 2018, de plus la limite actuelle du réseau se situe à l'avenue Aristide Briand soit à environ 800 m du réseau de BAGEOPS dont la limite actuelle se situe sur l'avenue Paul Vaillant Couturier. Une interconnexion pour un échange de chaleur entre les deux réseaux pourra être envisagée.

Figure 4 : Cartographique des réseaux de chaleur situés à proximité du réseau de BAGEOPS

## 4.2 SOURCE D'ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION A PROXIMITE DU RESEAU

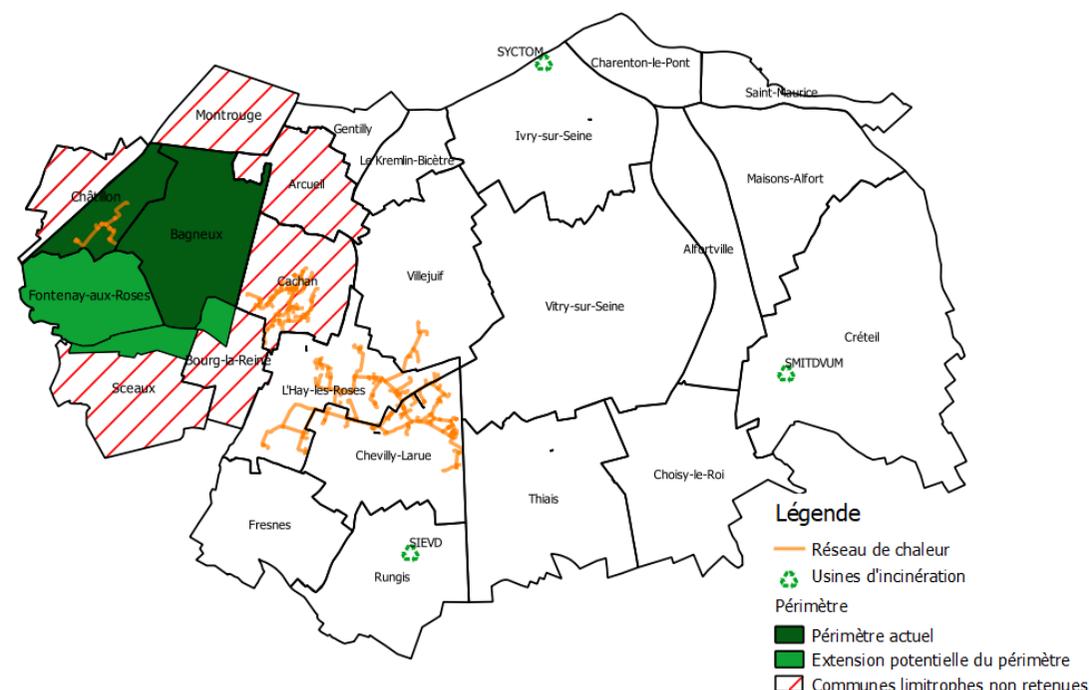
### 4.2.1 UIOM

Usine	Maitre d'Ouvrage	Exploitant	Capacité réglementaire (T)	Déchets traités – (T)	Valorisation énergétique (T)	Quantité d'énergie vendue (MWh/an - 2011)	
						Electricité	Thermique
UIOM d'Ivry-sur-Seine	SYMDM	SUEZ	730 000	506 379	Cogénération	45 634	702 771
UIOM de Rungis	SIEVD	VEOLIA	150 000	134 911	Thermique	0	133 069
UIOM de Créteil	SMITDVUM	SUEZ	244 500	251 013	Cogénération	73 476	95 366

Tableau 8 : Liste des UIOM à proximités du réseau de BAGEOPS

Les 3 usines d'incinération les plus proches du réseau de BAGEOPS sont celles d'Ivry-sur-Seine, de Rungis et de Créteil dont celle d'Ivry-sur-Seine qui est à 10 km de Bagneux. Elles ne peuvent être considérées comme potentiel de récupération de chaleur. Tout d'abord, le site d'Ivry-sur-Seine exporte de la chaleur sur le réseau CPCU, le site de Rungis exporte de la chaleur sur le marché de Rungis, l'aéroport d'Orly et le réseau de Vitry-Choisy et l'UIOM de Créteil exporte de la chaleur sur le réseau de Créteil.

De plus, ils sont trop éloignés du réseau de BAGEOPS.



## 4.2.2 Industries potentiellement génératrices de chaleur fatale

### 4.2.2.1 Datacenters et Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Nom établissement	Adresse	Code postal	Commune	Secteur d'activité	Gisement (MWh)
AALYAH RECYCLAGE	24 Chemin Latéral	92220	BAGNEUX	Centre de recyclage	
FACEO FRANCE	7-9 rue des Mathurins	92220	BAGNEUX	Blanchisserie	4 370
SNCF DEPOT MONTROUGE	70 avenue de la République	92320	Châtillon	Tertiaire	
REVIVAL (ex GALLOO, ex COUDERC GUYEU)		92320	CHATILLON	Service de gestion de déchets	
TAIS	112 avenue de la République	92320	CHATILLON	Service de gestion de déchets	

Tableau 9 : Liste des ICPE situés à proximité du réseau de chaleur de BAGEOPS

Les sites TAIS, REVIVAL, FACEO et AALYAH peuvent être des entreprises génératrices de chaleur fatale exportable sur le réseau de BAGEOPS à condition que les gisements soient suffisants au vu des investissements nécessaires aux travaux de raccordements.

### 4.2.3 Le potentiel thermique des eaux usées et les STEP



Figure 5 : Cartographie des principales stations d'épuration d'Île de France

Les principales stations d'épuration d'Ile de France sont trop éloignées du réseau de BAGEOPS pour représenter un potentiel en source de chaleur. La plus proche se trouvant à 8 km du réseau de BAGEOPS, son potentiel thermique représente des investissements trop importants au vu de l'apport en chaleur et est non adapté à la volumétrie énergétique du réseau de chaleur.

## 4.2.4 Les forages en exploitation ainsi que le potentiel géothermique

### 4.2.4.1 Etude du potentiel géothermique du département des Hauts-de-Seine

Le Département des Hauts-de-Seine s'est rapproché du SIPPAREC afin de réaliser un état des lieux des réseaux de chaleur et de froid existants ou en projet sur son territoire, et d'identifier les perspectives de développement de nouveaux réseaux alimentés par des sources d'énergies renouvelables.

En octobre 2016 une convention pour le financement d'un état des lieux et d'une étude des perspectives des réseaux de chaleur renouvelable a été signée entre le SIPPAREC et le Département des Hauts-de-Seine. Cette démarche de schéma directeur des réseaux de chaleur a également bénéficié du soutien technique et financier de l'ADEME et de la Région Ile-de-France.

Une restitution des résultats de cette étude s'est déroulée le 11 janvier 2017 à l'Hôtel du Département en partenariat avec l'Association des Maires des Hauts-de-Seine.

Le SIPPAREC s'est engagé depuis maintenant plusieurs années dans le développement des réseaux de chaleur vertueux et de la géothermie sur la région Ile de France.

En partenariat avec le Département des Hauts-de-Seine, l'ADEME IDF, la DRIEE et le Conseil Régional d'Ile-de-France, le SIPPAREC a souhaité continuer son action en réalisant un schéma directeur des réseaux de chaleur dans le département des Hauts-de-Seine.

L'étude s'est déroulée en cinq phases :

- Phase n° 1 : Etat des lieux des réseaux de chaleur et de froid existants et en projet ;
- Phase n° 2 : Etude du potentiel des besoins en surface ;
- Phase n°3 : Etat des lieux et diagnostic des sources d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) mobilisables pour l'alimentation des réseaux de chaleur ;
- Phase n° 4 : Analyse et diagnostic du potentiel de développement, d'adaptation ou de création de réseaux de chaleur et de froid vertueux ;
- Phase n° 5 : Mise en perspective des diagnostics et élaboration du schéma directeur.

La première phase a permis d'identifier le mix énergétique des vingt réseaux de chauffage urbains présents sur le département. Ce diagnostic a notamment fait apparaître des marges de progression importantes pour verdir les réseaux existants, dans la mesure où 70% de l'énergie livrée par les réseaux de chaleur des Hauts-de-Seine est constituée d'énergie fossile.

Les résultats des phases n° 1, 2 et 3 ont été synthétisées dans des fiches cartographiques pour chaque ville. Ces fiches constituent également un outil d'identification rapide des zones favorables au développement de réseaux de chauffage urbain, ainsi que des ressources d'énergies renouvelables potentielles associées (chaleur fatale, géothermie, biomasse, etc.).

Par la suite, des indicateurs ont été intégrés permettant d'évaluer le potentiel d'opérations par commune. Ces opérations ont été classées en plusieurs familles : projet de création de réseau, projet d'extension, projet de verdissement, projet d'extension et verdissement de réseau.

Pour les opérations les plus pertinentes et en concertation avec le comité de pilotage, des notes d'opportunités ont été réalisées. Les territoires concernés sont les suivants : Asnières sur Seine et Bois Colombes, Boulogne-Billancourt, Fontenay-aux-Roses et Sceaux, Neuilly-sur-Seine et Saint-Cloud.

Ainsi, ont pu être étudiés sur ces secteurs :

- Le nombre de logements ou équivalents logements raccordables ;
- L'énergie renouvelable utilisée,
- La longueur estimée du réseau,
- Le coût prévisible de l'opération,
- Le prix du MWh cible.

Afin de prolonger ces études d'opportunités, le SIPPAREC prendra contact prochainement avec les collectivités concernées.

En outre le SIPPAREC a déjà lancé une étude de faisabilité sur le territoire des villes de Malakoff et Montrouge suite à l'intérêt de ces deux villes lors de la présentation de résultats intermédiaires.

Enfin, la dernière phase de l'étude a permis de réaliser un exercice de prospective à l'horizon 2030 en termes d'évolution des besoins de chaleur (chauffage et ECS) et de froid, et des moyens de production / distribution et d'élaborer, à l'échelle départementale, différents scénarios d'évolution des réseaux, avec leurs impacts techniques, économiques et environnementaux.

Trois scénarios ont été arrêtés : le premier scénario consiste en la réalisation des projets de réseaux actuellement en cours et la réalisation d'un projet au stade de note d'opportunité.

Le second scénario reprend les hypothèses du scénario 1, la réalisation de deux projets au stade d'opportunité et le verdissement à hauteur de 50% de tous les réseaux existants.

Enfin le troisième scénario correspond aux hypothèses du scénario 2, la réalisation de quatre projets identifiés dans les notes d'opportunités de l'étude et le passage du mix énergétique du réseau CPCU à 60% d'ENR&R dont le schéma directeur est en cours. En effet, la CPCU fournit une quantité totale de 219 Gwh/an à quatre réseaux de chaleur urbains du Département.

Il en ressort que l'enjeu prioritaire sur les Hauts-de-Seine, déjà doté de nombreux réseaux, demeure le verdissement du mix énergétique moyen.

#### 4.2.4.2 Focus sur le périmètre d'étude du réseau de chaleur de BAGEOPS

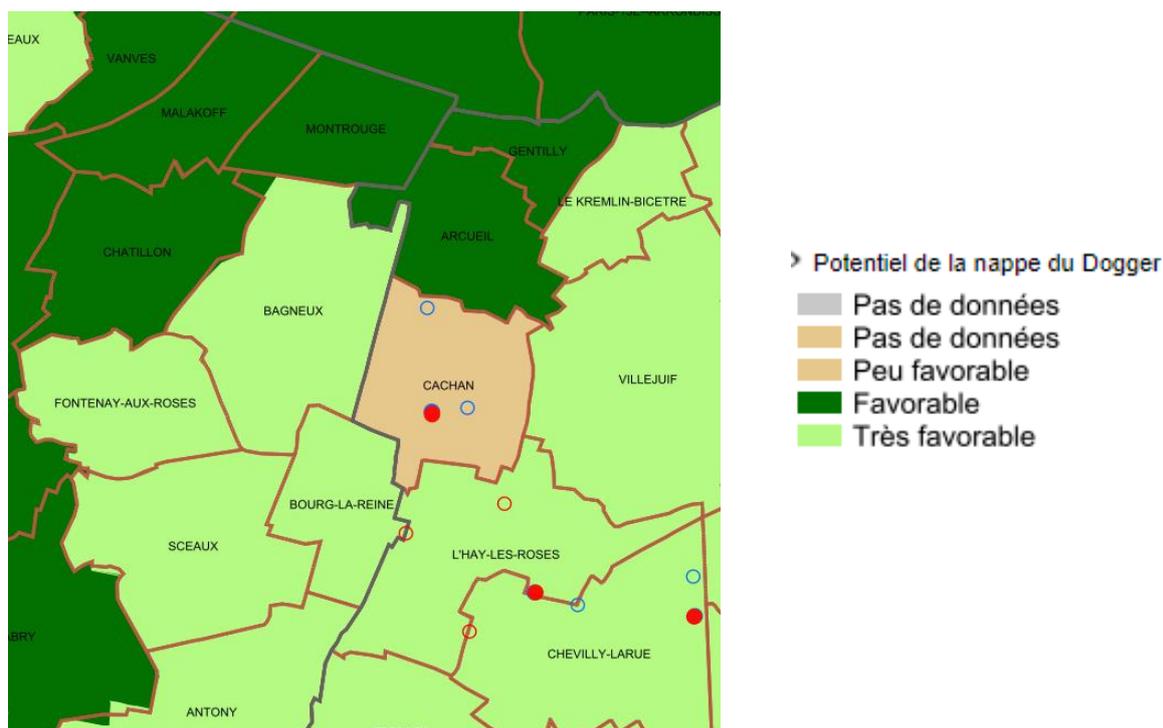


Figure 6 : Potentiel de développement de la géothermie intermédiaire et profonde

Le potentiel géothermique de la nappe du Dogger sur le territoire de la DSP de Bagneux et Châtillon est très favorable sur les communes de Bagneux, Fontenay-aux-Roses et Sceaux. La commune de Bagneux possède déjà un doublet géothermal permettant la fourniture d'énergie sur le réseau de chaleur. Compte tenu du potentiel énergétique présent sur le périmètre étendu d'étude il sera opportun d'étudier la mise en œuvre d'un doublet superficiel. L'opportunité sera cohérente pour un total de consommation de 30 à 40 GWh.

#### 4.2.5 L'énergie solaire thermique

L'alimentation en énergie solaire thermique sur le réseau de BAGEOPS ne semble pas opportun. En effet, la complémentarité avec un réseau de chaleur à base de géothermie ne peut être effective, les besoins étant assurés à 100% par la géothermie les mois où l'ensoleillement est maximal.

## 4.2.6 Le potentiel en biomasse

La solution biomasse nécessite de répondre à trois conditions pour être viable :

- L'approvisionnement en plaquettes forestière,
- L'accès des camions à la chaufferie biomasse et le nombre de livraisons,
- La surface disponible pour l'aménagement de la chaufferie biomasse.



Figure 7 : Carte des fournisseurs de bois déchiqueté et producteurs de combustible bois en Ile de France

- Fournisseurs de bois déchiqueté
- Producteurs de combustibles bois de chauffage

En supposant un rayon d'action limité à 50km autour du réseau de chaleur de BAGEOPS, la fourniture et la production de bois de chauffage est cohérente. Pour la suite de l'analyse d'opportunité biomasse, il conviendra d'étudier avec les communes les terrains disponibles pour accueillir la création de chaufferie et/ou de collecter des informations quant à la présence de sites ayant recours à l'énergie biomasse.

Après veille documentaire, la chaufferie la plus proche du réseau de chaleur de BAGEOPS est celle de :

- Fontenay-aux-Roses pour une puissance installée de 900 kW mise en service en 2011. L'installation est une chaufferie dédiée à des logements sociaux.

---

### 4.3 SYNTHÈSE DE L'ÉTAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR À PROXIMITÉ DU RÉSEAU

---

Les paragraphes précédents ont permis de mettre en avant les sources EnR&R les plus susceptibles d'être utilisées à l'avenir par le réseau de chaleur de BAGEOPS à savoir :

1. Biomasse,
2. Géothermie profonde.

Ces deux ressources ont été étudiées plus spécifiquement par des simulations et les résultats de cette analyse seront présentés dans la suite de ce rapport.

L'objectif de ces simulations étant 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 de ressources non existantes, comme la biomasse ou la méthanisation, de quelle puissance devra être la nouvelle installation pour atteindre ce taux d'EnR&R et, le cas échéant, si une telle installation est envisageable techniquement et financièrement.

## 5 PRESENTATION DU PERIMETRE DE REFERENCE ET DES DEVELOPPEMENTS ENVISAGES

### 5.1 PERIMETRE DE REFERENCE

Les hypothèses décrites ci-dessous permettent de fixer le scénario de base qui servira de référence.

Le périmètre pris en compte pour ce scénario correspond :

- Aux bâtiments raccordés à fin 2017 ainsi que les consommations de l'année rapportées à 2349 DJU,
- A une production tenant compte d'un fonctionnement des PACs sur la totalité de l'exercice 2016/2017 contrairement à la réalité.

Par rapport aux données de consommation de l'année 2017 présentées au paragraphe « 3.1.4 Description des principales caractéristiques », le scénario de référence intègre l'exploitation sur l'année complète des abonnés raccordés au réseau en 2017 pour une rigueur climatique rapportée à 2349 DJU. La rigueur climatique utilisée pour les simulations est issue de la station météorologique d'Orly.

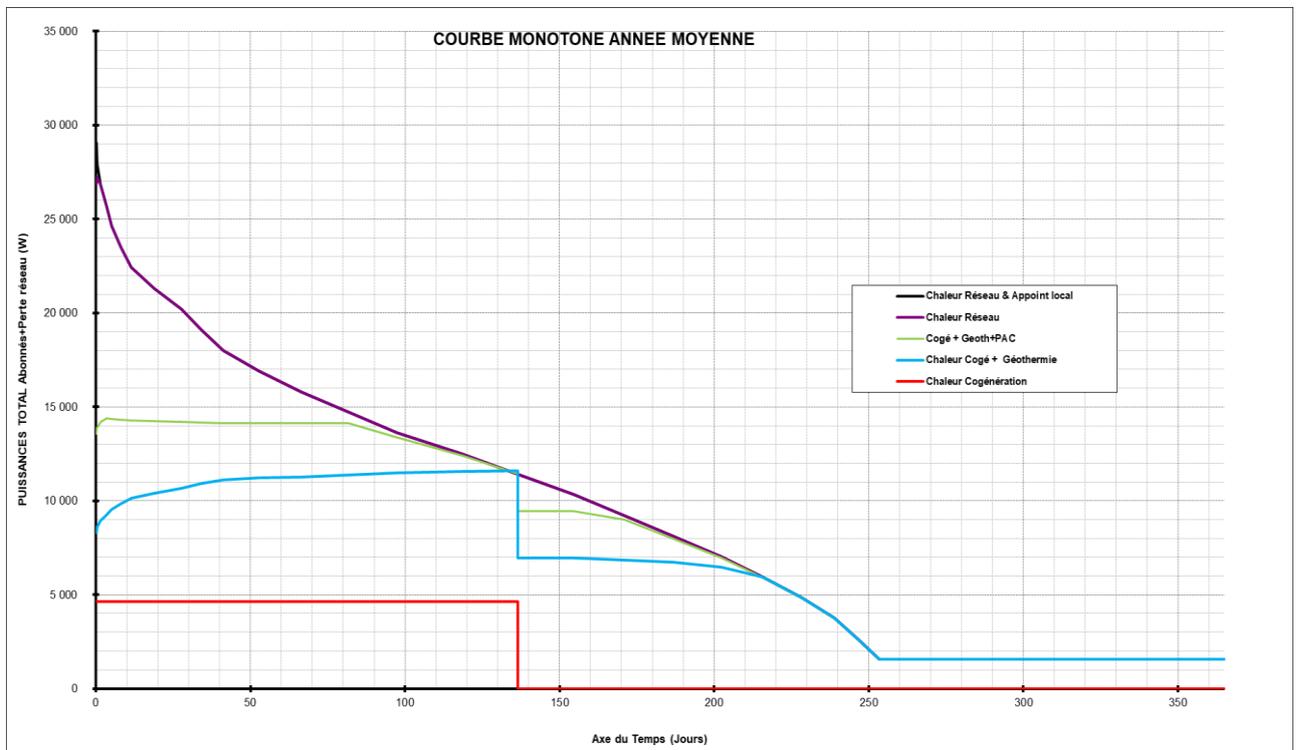
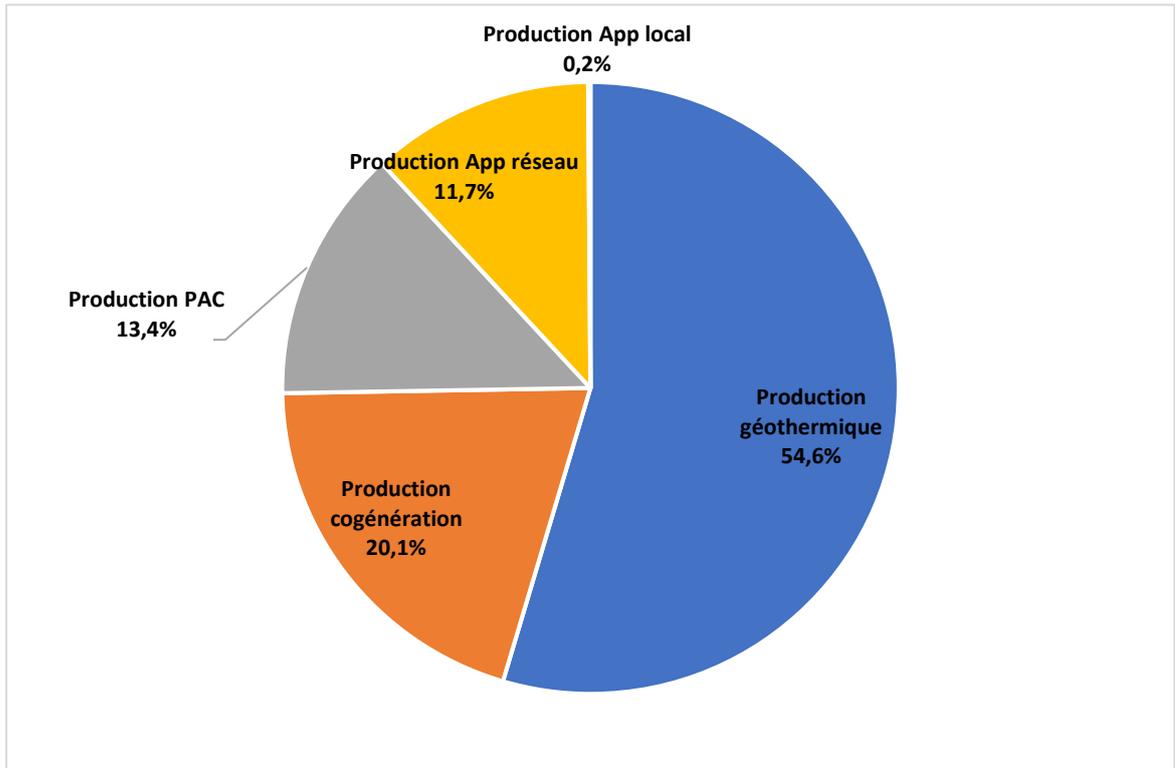
Les caractéristiques ressortant des simulations pour le réseau de BAGEOPS sur le périmètre de base sont :

Description du réseau		
Nombre d'abonnés		27
Nombre de sous-stations		56
Nombre d'équivalents logements		6 412
<b>Bilan de puissance</b>	<b>Centrale thermique (PAC + Géothermie)</b>	<b>8,9 MW</b>
	<b>Appoint local</b>	<b>2,1 MW</b>
	<b>Appoint réseau</b>	<b>13,3 MW</b>
	<b>Cogénération</b>	<b>4,6 MW</b>
Energie livrée (MWh)		71 748
Densité globale du réseau (MWh livré/ml)		4,7
<b>Taux d'EnR</b>		<b>65,4 %</b>

Le bouquet énergétique du périmètre de référence est :

Réseau Existant - périmètre 2017 Bilan théorique pour 2349 DJU	Total chaleur produite (MWh)	Taux de couverture (%)
Géothermie + PAC	51 407	68%
Cogénérations	15 208	20%
Appoint réseau	8 867	12%
Appoint local	11	0%
<b>TOTAL</b>	<b>75 421</b>	<b>100%</b>

Le taux d'EnR est ainsi supérieur à 60%.



Graphique 18 : Courbe monotone scénario de référence

## 5.2 POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT IDENTIFIE

Le périmètre d'étude de développement du réseau de chaleur à l'horizon 2030 est le suivant :

- Densification sur la ville de Bagneux,
- Densification sur la ville de Châtillon limitée par l'avenue de Verdun,
- Développement sur Fontenay-aux-Roses,
- Développement sur Sceaux limité par la rue Jean Mascré et la départementale 77,
- Développement sur Bourg-la-Reine limité à la rue de Fontenay et au boulevard du Maréchal Joffre.

L'objet de cette partie est de présenter de façon synthétique la situation urbanistique actuelle des villes listées ci-dessus et les projets envisagés dans l'avenir. Suite à cette partie deux listes seront présentées. Une première, exhaustive des abonnés potentiels puis une seconde, présentant les abonnés retenus, tenant compte des contraintes techniques nécessaires au raccordement d'un abonné au réseau de chaleur.

La partie ouest de Châtillon n'a pas été considérée par ce schéma directeur pour les raisons suivantes :

- Cette zone ne fait pas partie du périmètre du contrat de DSP,
- Le raccordement de cette zone nécessiterait de passer sous la voie de tramway par fonçage, ce qui implique des investissements importants,
- De nombreux prospects, ne nécessitant pas de mettre en œuvre ce fonçage onéreux, ont été identifiés.

Cependant, il est légitime de penser que la Ville de Châtillon, qui a participé au développement du réseau, pourrait être considérée comme prioritaire face aux autres villes du périmètre d'étude. Le développement du réseau sur la zone ouest de Châtillon pourra être étudié par le délégataire si la faisabilité technique et économique est démontrée et si la Ville de Châtillon le souhaite.

De manière générale, la prospection a été effectuée sous différentes formes :

- Intégration des prospects dont des démarches de raccordement ont été initiées par BAGEOPS,
- Recensement de l'ensemble du patrimoine « bailleurs sociaux » après collecte des informations auprès des gestionnaires,
- Recensement des projets immobiliers futurs avec leur date prévisionnelle de livraison (Public ou Promotion immobilière),
- Proximité avec le réseau actuel et estimation de la densité thermique,
- Présentation et validation des éléments par les Comités Techniques.

Le présent schéma directeur vise à étudier le potentiel de développement du réseau de chaleur à l'horizon 2030. Le périmètre d'étude a donc été étendu aux villes limitrophes de Bagneux et Châtillon. L'objectif étant d'en définir le futur potentiel de consommation tout en assurant un équilibre technique et économique à raccorder les villes présentées ci-dessous.

Les communes incluses dans le périmètre d'extension du réseau de chaleur de BAGEOPS font parties de Vallée Sud Grand Paris depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2016 et la création de la Métropole du Grand Paris. Cette nouvelle organisation territoriale permet d'engager des projets dont l'intérêt et l'avenir dépassent les limites communales.

### 5.2.1 Bagneux

La ville de Bagneux, située en première couronne parisienne est une ville fortement urbanisée comme en témoigne le graphique ci-dessous illustrant la répartition de l'occupation des sols en 2012.

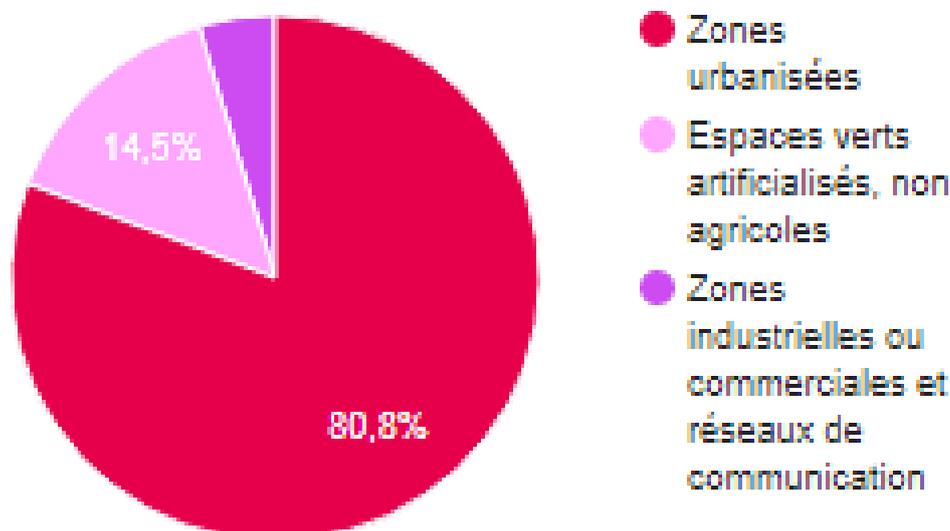


Figure 8 : Répartition de l'occupation des sols en 2012 à Bagneux<sup>4</sup>

Le parc social de la ville de Bagneux est également très important, détenu par 13 bailleurs sociaux différents, dont les principaux sont Domaxis, IDF Habitat et Hauts-de-Seine Habitat. Ainsi, pour l'année 2016, la part de logements sociaux dans le total de résidences principales représentait 66%.

Au travers de son plan local d'urbanisme la ville de Bagneux a décidé d'élaborer des projets d'aménagements sur les secteurs suivants :

- Quartier Nord,
- Mathurins Sud,
- Bas Longchamps.

Pour chacun d'eux il s'agit de favoriser le développement urbain, la mixité sociale, les déplacements en transport en commun et le développement durable.

<sup>4</sup> Source issue de : <https://www.annuaire-mairie.fr/occupation-des-sols-bagneux-92.html>

## 5.2.1.1 Principaux projets d'aménagement

### 5.2.1.1.1 ZAC Victor Hugo-Quartier Nord

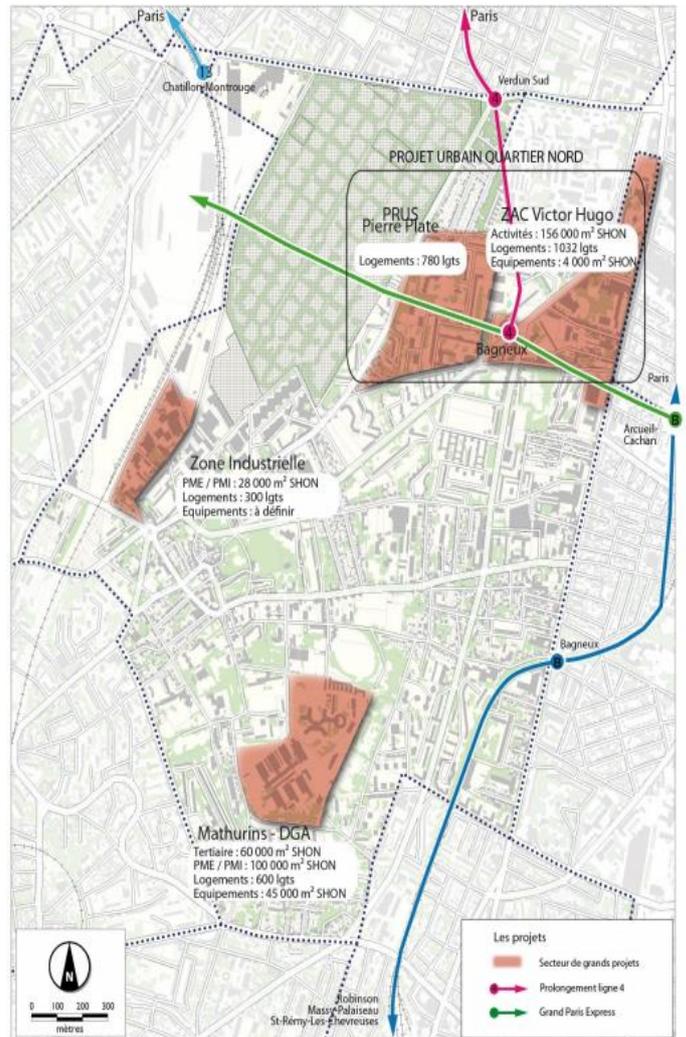
Favorisé, par la création des deux nouvelles lignes de métro (prolongement ligne 4 et arrivée de la ligne 15) ce secteur, en pleine mutation a été pris en compte dans le cadre du schéma directeur comme futur potentiel de développement.

Ce futur écoquartier, pouvant accueillir à terme un ensemble de commerces, logements et bureaux sur 19 ha a pour objectifs de :

- Faire de la nouvelle gare un point central,
- Favoriser une densité maîtrisée autour de la gare, la diversité des programmes et la mixité sociale,
- Intégrer les préoccupations environnementales.

### 5.2.1.1.2 Les Mathurins

Le réaménagement du site les Mathurins, actuellement occupé par la Direction Générale de l'Armement a pour objectif de le transformer en un quartier durable et ouvert sur la ville qui créera des liens entre le centre-ville, les quartiers sud et le nord de Bagneux. C'est un total, de 200 000m<sup>2</sup> de logements, 2 écoles et un lycée qui seront construits à l'horizon 2030.



Le patrimoine bâti actuel de la Délégation de Service Public est donc déjà très important à l'heure actuelle. De plus, ce patrimoine sera encore renforcé à l'horizon 2030 par différents projets de développement envisagés pour Bagneux. Il est donc important de considérer cette future densification de cette ville dans le cadre du schéma directeur.

## 5.2.2 Châtillon

Historiquement, un réseau de chaleur existait sur la ville de Châtillon et permettait d'alimenter au gaz 1500 équivalent-logements. A la suite de la signature de l'avenant 1, le périmètre de la délégation de service public a été étendu aux quartiers Guynemer, Guy Moquet, République, Gatinois, Ponceau, Parc et Sablons.

Aujourd'hui fortement urbanisée à l'exception de la forêt domaniale de Meudon. La ville est attractive à la fois pour les ménages et pour les entreprises du fait de sa proximité à Paris ainsi que la présence de nombreux transports dont la futur gare du Grand Paris prévue à l'horizon 2020. Châtillon fait également preuve d'une forte croissance démographique depuis quelques années par la construction de nombreux logements.

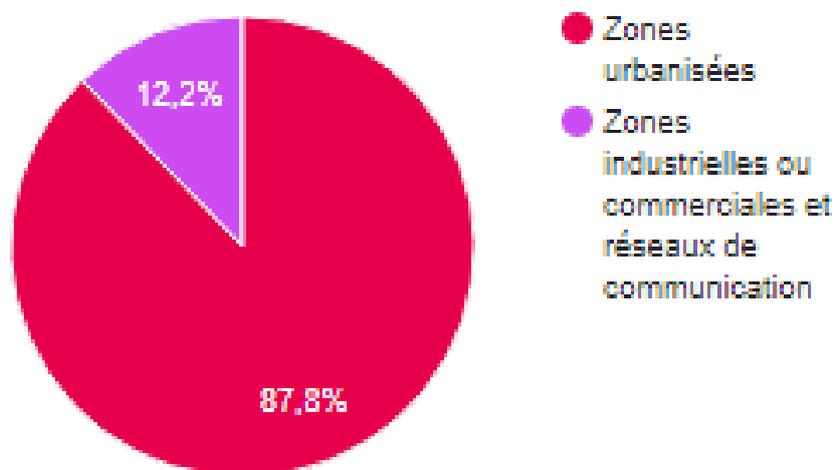


Figure 9 : Répartition de l'occupation des sols en 2012 à Châtillon<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Source issue de : <https://www.annuaire-mairie.fr/occupation-des-sols-bagneux-92.html>

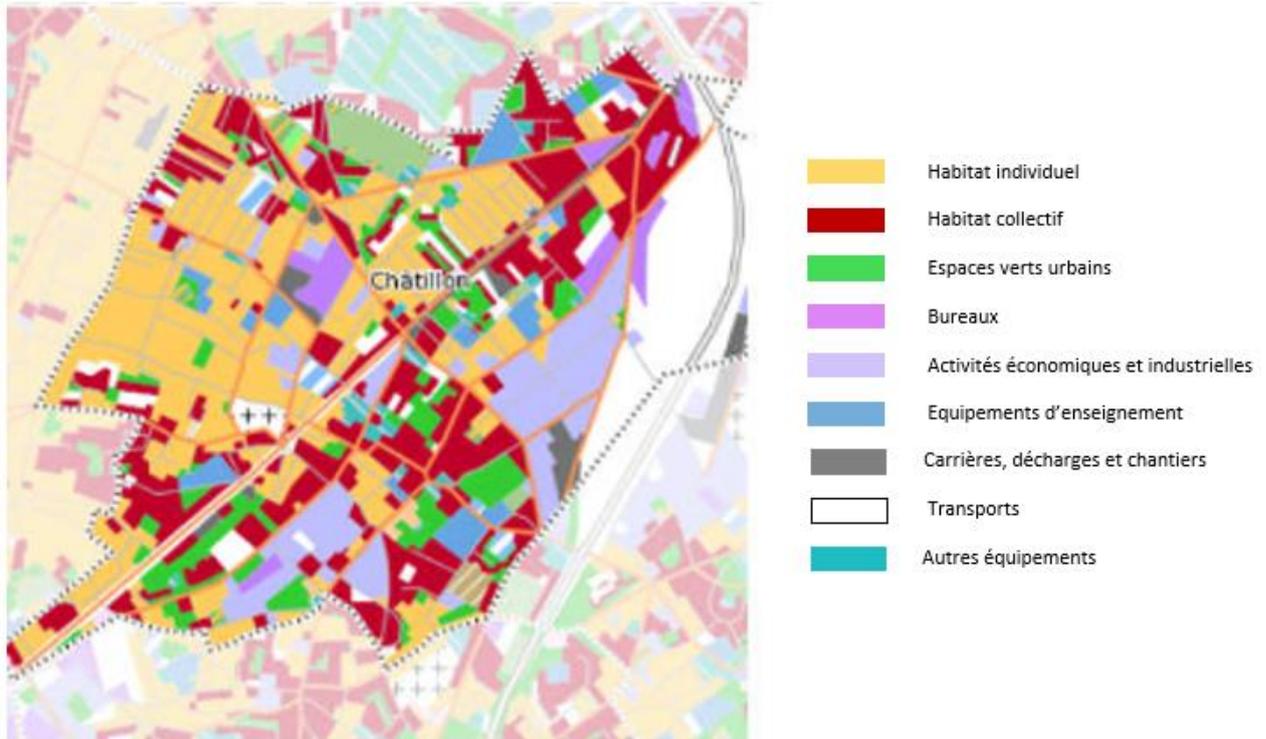


Figure 10 : Répartition de l'occupation des sols<sup>6</sup>

La ville de Châtillon est composée d'un tissu pavillonnaire important qui ne représente cependant que 14% du parc de logement. De plus, l'habitat individuel est majoritairement concentré sur la partie Est de l'avenue de Verdun.

La figure 11 représente la densité de la population de Châtillon selon les quartiers de la ville. Les densités les plus importantes correspondent en majorité aux quartiers inclus dans le périmètre de délégation.

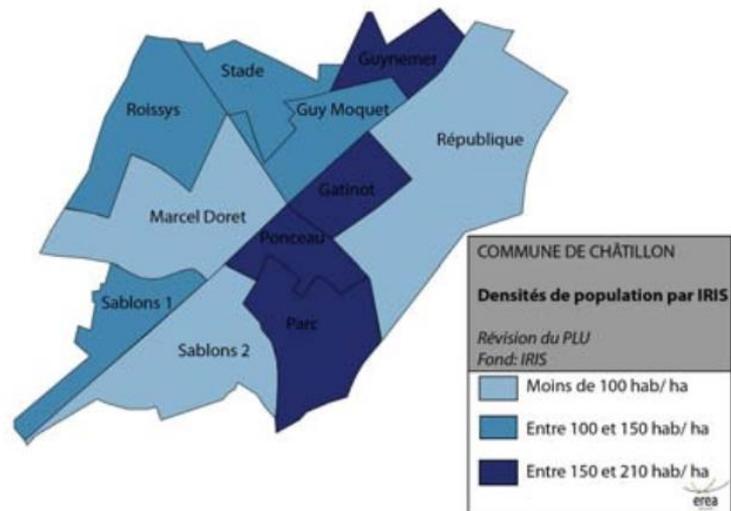


Figure 11 : Répartition de la densité de la population

<sup>6</sup> Source issue de : Institut d'aménagement et d'urbanisme d'Ile de France  
SIPPEREC  
Réseau de Chaleur de Bagneux et Châtillon  
Schéma Directeur 2017 - 2018

La ville de Châtillon possède également plusieurs zones à vocation économique représentées sur la carte ci-dessous :

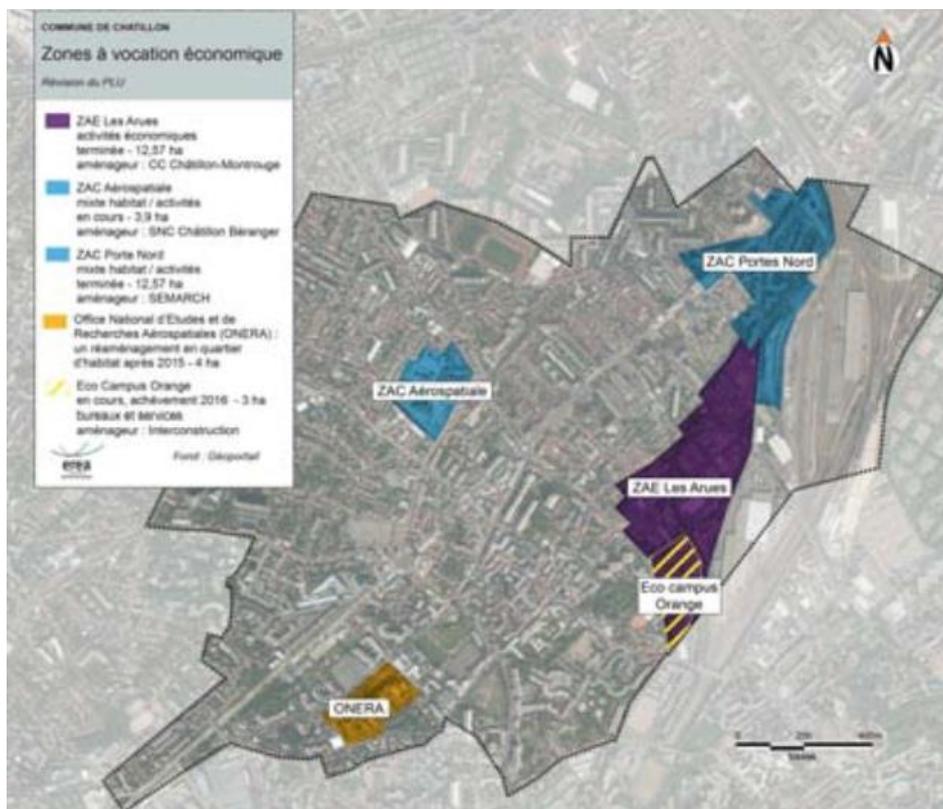


Figure 12 : Localisation des zones d'activités

Compte tenu de la répartition de la densité de la population, des futurs projets d'aménagement et de la difficulté de traverser le tramway de l'avenue de Verdun la prospection s'est concentré sur la partie Ouest de l'avenue de Verdun.

Remarque : comme énoncé plus haut, la partie ouest de la commune de Châtillon n'a pas été étudiée mais le délégataire, qui a étudié cette zone géographique dans le cadre de la mise en place d'un réseau de chaleur dans les années 2010-2011, annonce un potentiel d'environ 50 GWh.

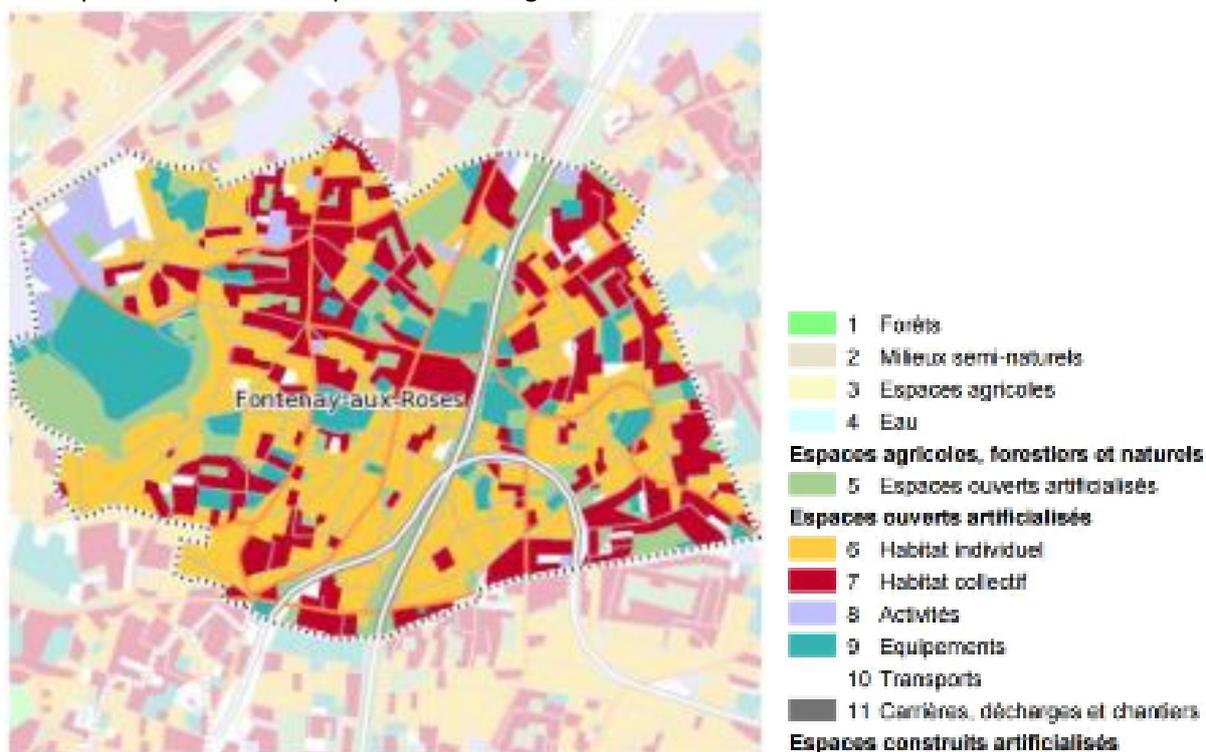
### 5.2.3 Fontenay-aux-Roses

Le réseau actuel de BAGEOPS emprunte l'avenue du Maréchal Foch correspondant aux limites communales entre Bagneux et Fontenay-aux-Roses. La ville se situe au cœur des dynamiques métropolitaines du Sud francilien. Au travers du Plan Local de l'Habitat, l'objectif pour Fontenay-aux-Roses consiste à la construction de 210 logements/an à l'horizon 2020.

A l'échelle de la commune, les espaces construits sont dominants et occupent 85% de la totalité du territoire dont la répartition est la suivante :

- 36% d'habitat pavillonnaire,
- 27% d'habitat collectifs,
- 22% d'activité et d'équipement.

L'occupation des sols est répartie selon la figure ci-dessous :



Aujourd'hui 4 orientations d'aménagement et de programmation principales définissent l'organisation du territoire :

- Le secteur du Panorama est une zone monofonctionnelle marquée par la recherche et le développement,
- Le centre-ville présentant un tissu urbain mixte à dominante d'habitat, de commerce et d'activités,
- L'Ilot Scarron correspondant à un quartier de logements sociaux,
- Le quartier des Blagis défini comme un quartier d'habitat social.

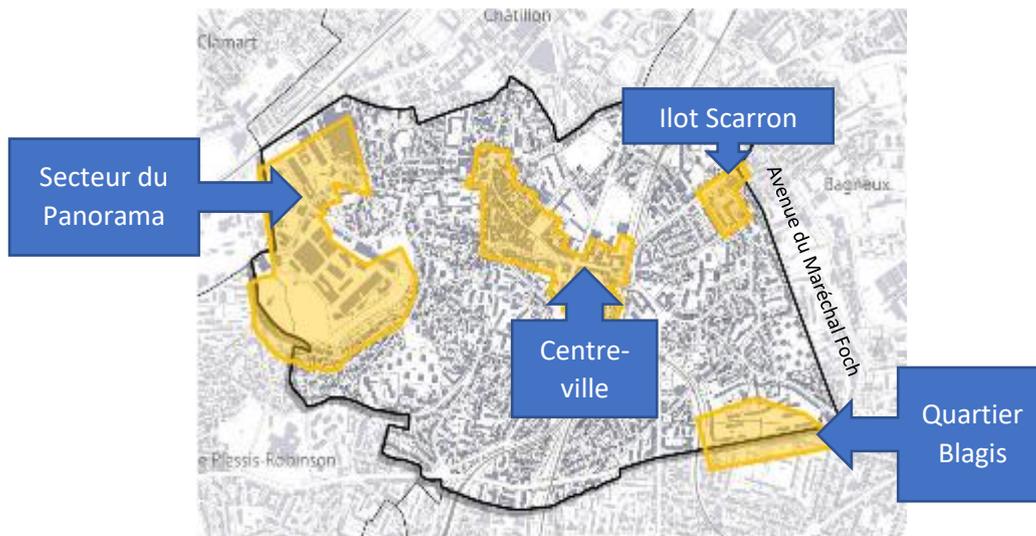


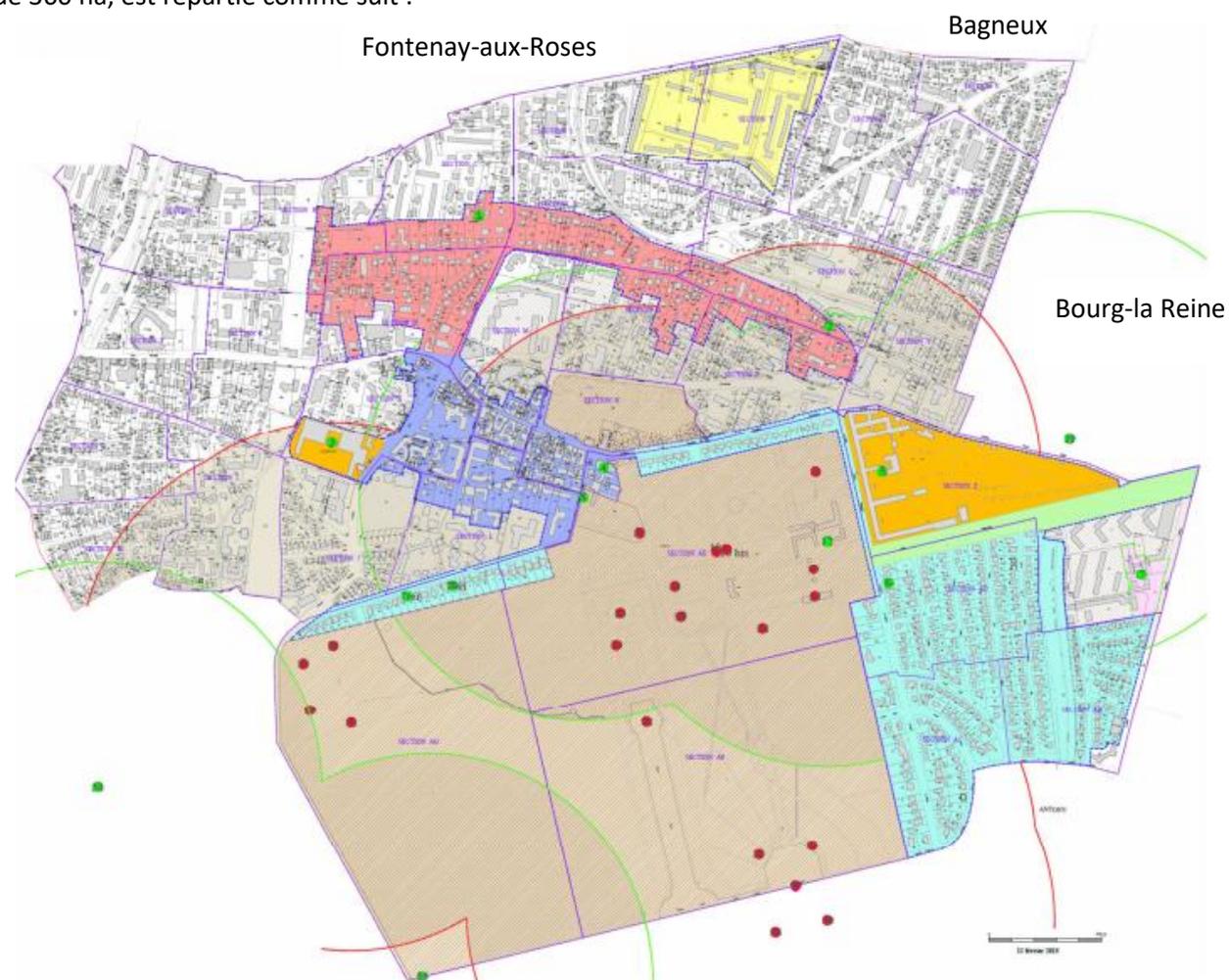
Figure 13 : Localisation des 4 AOP sectoriels

Le secteur du Panorama est une zone dédiée à la recherche et au développement autour de la science du vivant et de la technologie. L'aménagement de ce secteur, doit permettre l'implantation de nouvelles entreprises, d'espaces de travail partagé, incubateurs etc. Les besoins étant uniquement lié au froid et le taux d'occupation étant irrégulier il ne sera pas pris en compte comme potentiel de développement. Le périmètre sera focalisé sur le centre-ville élargi, le quartier Blagis, l'Ilot Scarron et les habitations longeant l'avenue du Maréchal Foch.

## 5.2.4 Ville de Sceaux

La ville de Sceaux est peu urbanisée. En effet, la surface totale de 360 ha, est répartie comme suit :

- 34% est utilisé pour l'habitat individuel,
- 39% pour les espaces verts,
- 15% pour les logements collectifs.



Le réseau de chaleur de BAGEOPS alimente actuellement la partie Sud de Bagneux. Son architecture ainsi que la configuration spatiale de la ville de Sceaux ont mené à réduire le périmètre d'étude à la rue Jean Mascré et la départementale 77. L'objectif étant de prendre en considération le secteur « Résidence des Bas-Coudrais » et les abords de la D77 (secteur « Pépinières », considérés comme fort potentiel de par la présence de logements sociaux.

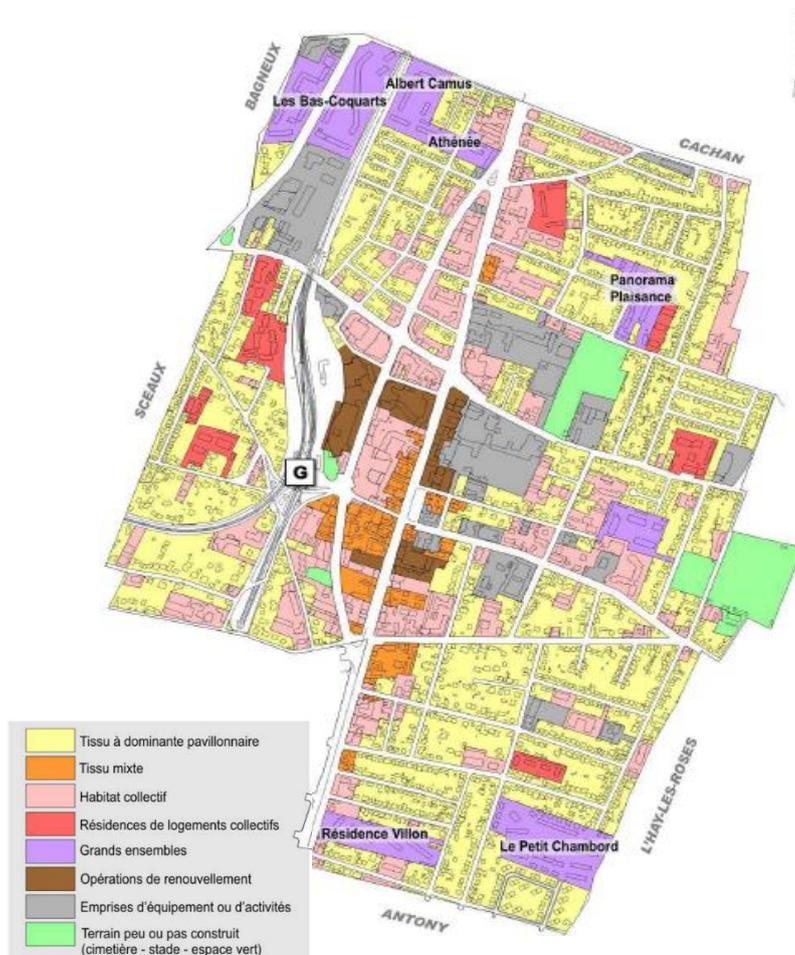
### 5.2.5 Bourg-la-Reine

Bourg-la-Reine est découpée selon 4 grands ensembles :

- Le centre-ville,
- Les ensembles d'habitat collectif représentant 14% du territoire,
- Les quartiers pavillonnaires occupant 50% du territoire,
- Les équipements collectifs et la zone d'activité recouvrant 10% de la surface totale.

Les principaux quartiers de grands ensembles immobiliers sont :

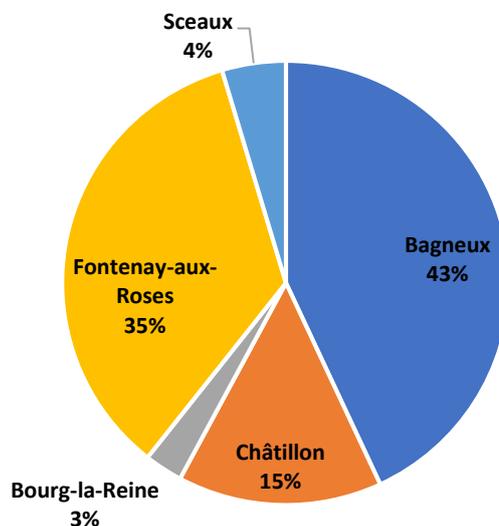
- Les Bas-Coquarts,
- Le sud du quartier Fontaine Grelot (résidence du petit Chambord et résidence Villon),
- Le nord-ouest de Joffre Nord (Albert Camus et Athénée),
- Le centre de la Faïencerie (panorama Plaisance).



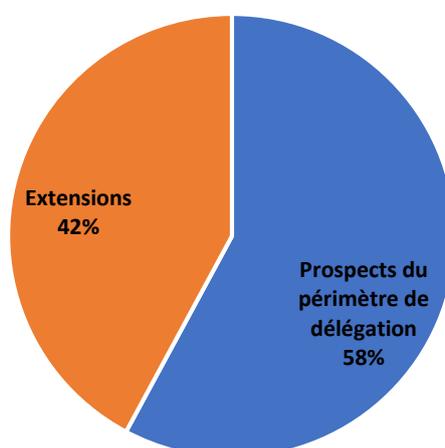
La densité de population à proximité de Bagneux n'est favorable au développement du réseau de chaleur que sur les ensembles Bas-Coquarts, Albert-Camus et Athénée. De plus, l'éloignement des autres grands ensembles, et la nécessité de traverser des zones pavillonnaires et des axes routiers ont permis de réduire l'étude des extensions à la rue de Fontenay et au boulevard du Maréchal Joffre.

### Synthèse :

Ainsi, grâce aux éléments transmis par les villes incluses dans le périmètre d'étude ainsi qu'aux patrimoines des bailleurs, une première liste exhaustive de prospects a été proposée. Ce premier potentiel d'extension représentait 325 prospects répartis sur les 5 communes de la façon suivante :



Graphique 19 : Répartition par ville des prospects identifiés



Graphique 20 : Répartition de la part des prospects du périmètre de délégation

Les villes de Bagneux et Châtillon représentent 58% des prospects identifiés dont la majeure partie provient de Bagneux. Le graphique ci-dessus illustre également le poids des communes de Bagneux et Fontenay-aux-Roses dans la totalité des prospects identifiés.

### 5.3 POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DU RESEAU RETENU

A partir de cette première sélection, le potentiel d'extension a été réduit en éliminant les prospects dont :

- Le chauffage est individuel électrique ou gaz,
- Le nombre de logements est inférieur à 20 même si le chauffage est collectif,
- La consommation totale estimée est inférieure à 200 MWh/an,
- La densité thermique estimée est inférieure à 3 MWh/ml.

La totalité des prospects identifiés ont été répartis par zone selon la carte ci-dessous :

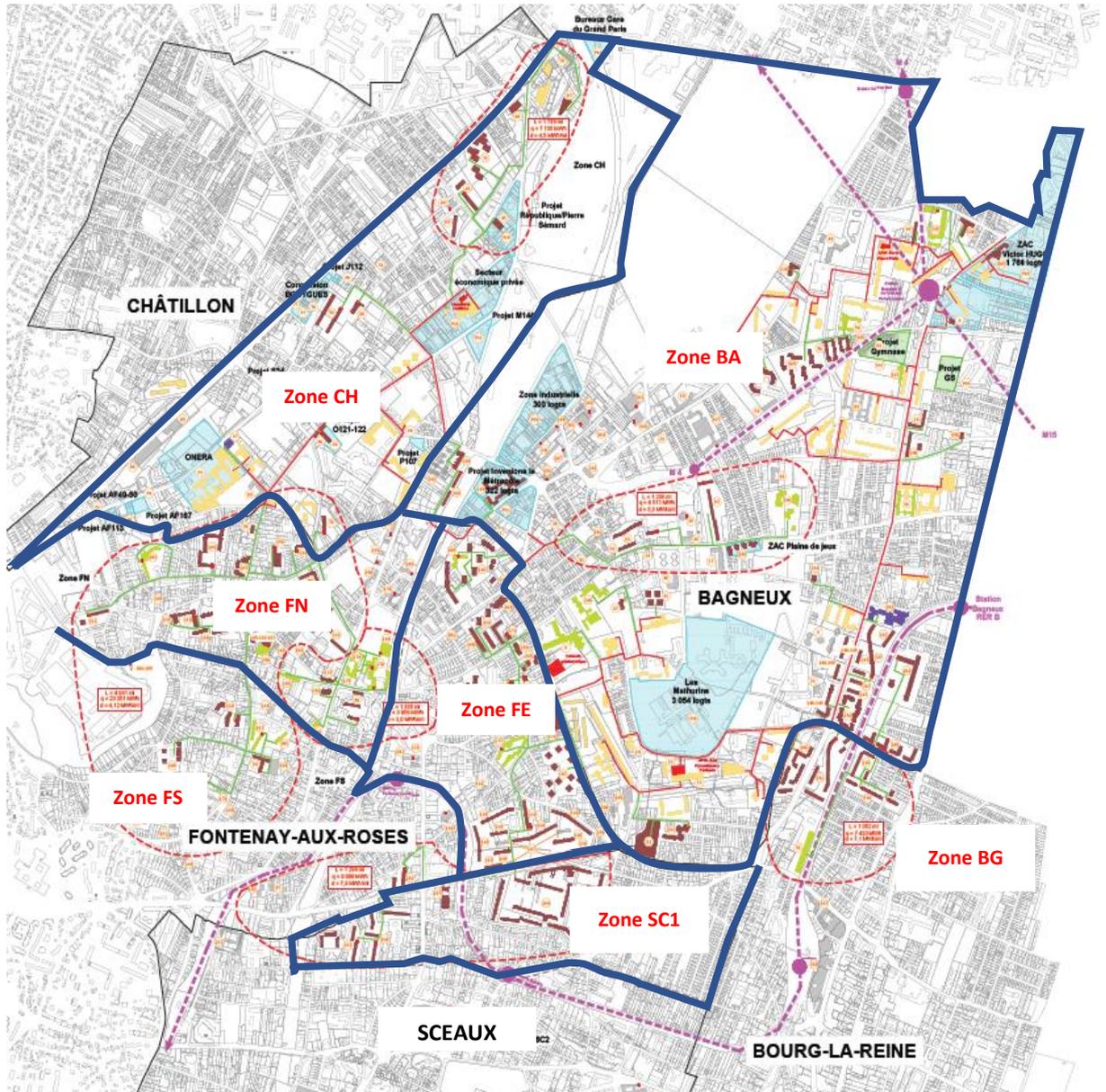


Figure 14 : Zonage du périmètre d'étude

Le plan de prospection est donné se trouve en annexe 5.1.

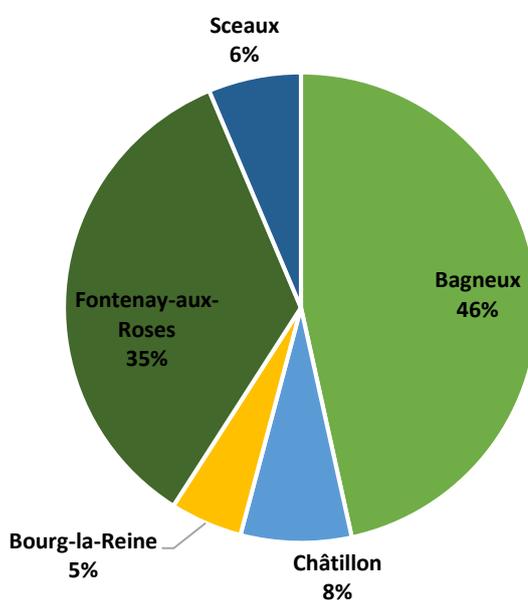
Ainsi, la liste complète des bâtiments retenus au termes des échanges avec les membres du Comité de Pilotage est présentée en annexe 5.2.

Le périmètre de développement retenu représente finalement **149 prospects** pour un potentiel énergétique supplémentaire de l'ordre de **152 GWh** soit une **augmentation de 210%** par rapport à l'énergie consommée sur le réseau **en 2017**.

La répartition de la consommation totale par ville est donnée ci-dessous :

Densification	
Densification Bagneux (BA)	71 183 MWh
Densification Châtillon (CH)	11 926 MWh
	<b>83 109 MWh</b>

Développement	
Développement Fontenay-aux-Roses - Zone Nord (FN)	18 027 MWh
Développement Fontenay-aux-Roses - Zone Est (FE)	26 377 MWh
Développement Fontenay-aux-Roses - Zone Sud (FS)	7 663 MWh
Développement Sceaux - Zone Nord (SC1)	9 517 MWh
Développement Bourg-la-Reine (BG)	7 420 MWh
	<b>69 004 MWh</b>



Graphique 21 : Répartition de la consommation totale

**Le total des consommations (abonnés existant et prospects identifiés) est estimé à 224 GWh à l'horizon 2030.**

## 6 ETUDE DES SCENARIOS D'EVOLUTION DU RESEAU DE CHALEUR

### 6.1 ANALYSE TECHNIQUE

Les projets d'évolution et de développement du réseau peuvent être décomposés en plusieurs échéanciers selon les dates de raccordement prévisionnelles. Ainsi, les 149 prospects identifiés ont été répartis selon des extensions à court termes (de 2018 à 2020), à moyen terme (jusqu'à 2025) et à long terme (à l'horizon 2030). Ces évolutions sont de la nature suivante :

- Les évolutions énergétiques des bâtiments raccordés et futurs prospects,
- La densification du réseau existant avec le raccordement de bâtiments situés sur le périmètre de DSP,
- L'extension du réseau sur les communes de Fontenay-aux-Roses, Sceaux, Bourg-la-Reine.

#### 6.1.1 Evolution énergétique sur les bâtiments raccordés et prospects futurs

Sur le périmètre actuel, les bâtiments neufs sont les suivants. Ils ne subiront aucun gain énergétique :

- Bouygues – ARENA,
- DAMPIERRE 1,
- DAMPIERRE 2,
- Lot B3 -SCI résonance,
- Lot L7 - Jardins du Théâtre.

De manière à tenir comptes des futures opérations de rénovation thermique, des hypothèses de baisse de consommation sur les bâtiments actuellement raccordés au réseau de chaleur ainsi que les futurs prospects ont été attribuées selon le tableau ci-dessous :

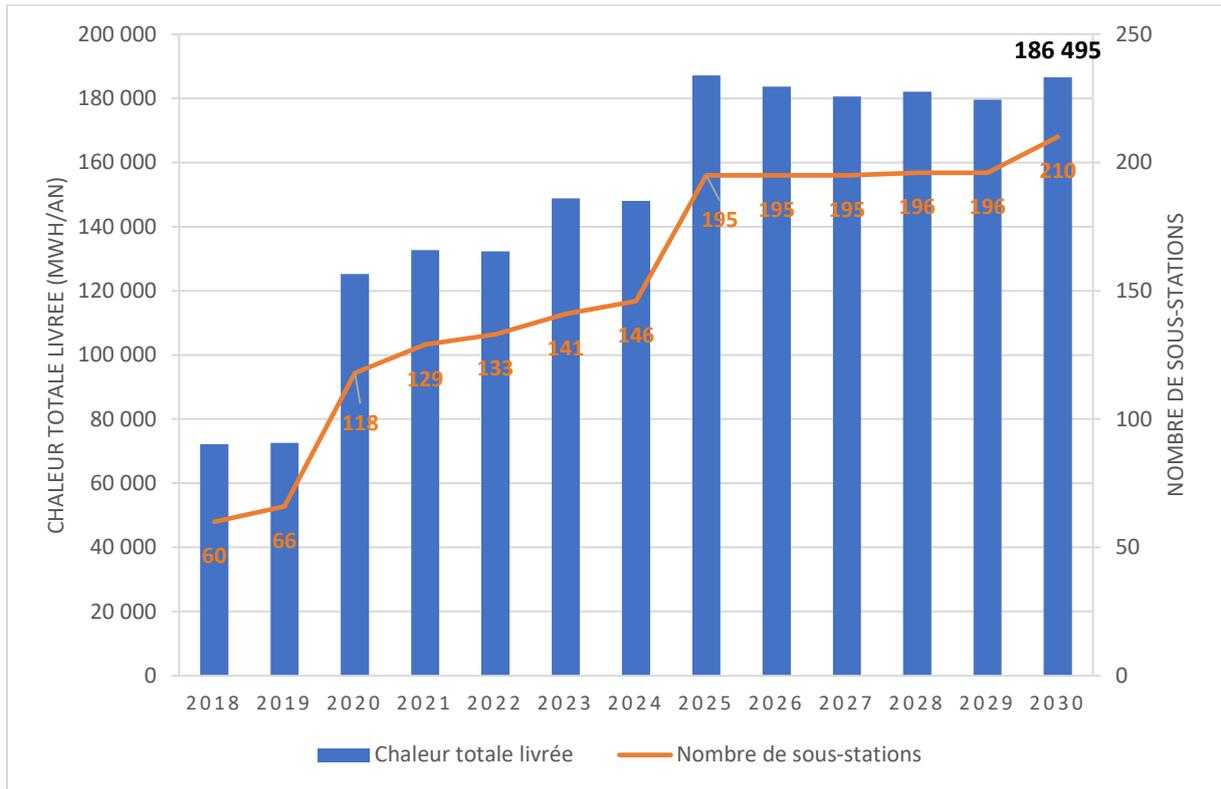
	Public	Logements > RT 2005	Tertiaire	Autre	
Catégorie URF	1	2	3	4	5
% baisse consommation	15%	30%	0%	0%	0%
% baisse annuel	2%	3%	0%	0%	0%

Pour l'ensemble des scénarios d'évolution du réseau de chaleur il a été considéré un gain énergétique à partir de 2020 pour les bâtiments raccordés et les prospects futurs.

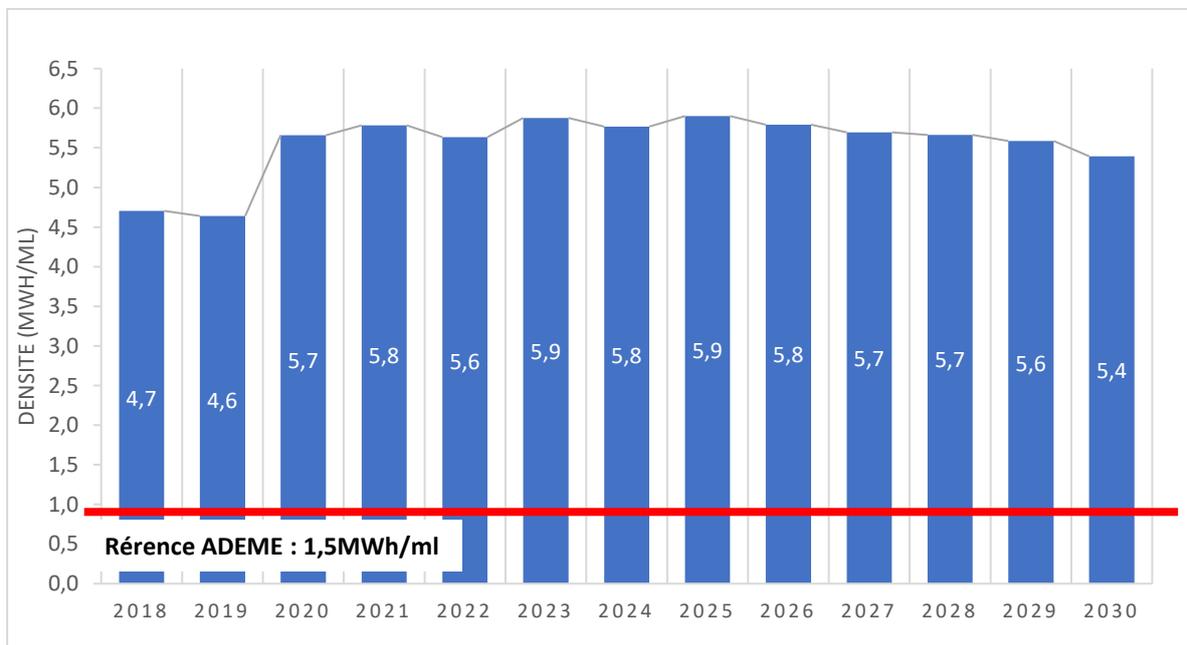
Ce gain permet une réduction des consommations de l'ordre de **17% sur la consommation totale comprenant le périmètre 2017 et les extensions sur Bagneux, Châtillon, Fontenay-aux-Roses, Sceaux et Bourg-la-Reine.**

Dans la suite de l'étude, 3 scénarios d'évolution des besoins, listés dans le tableau suivant, seront étudiés :

	Besoins en 2030 (GWh)	% de baisse	Périmètre
<b>Scénario 1</b>	122,6	14%	Bagneux
<b>Scénario 2</b>	144,1	15%	Bagneux/Châtillon
<b>Scénario 3</b>	186,5	17%	Bagneux/Châtillon/Fontenay-aux-Roses/Sceaux/Bourg-la-Reine



Graphique 22 : Evolution de la chaleur livrée et du nombre d'abonnés



Graphique 23 : Evolution de la densité thermique du réseau

## 6.1.2 Scénario n°1 - Densification sur Bagneux

Le premier scénario d'évolution s'appuie sur :

- Une densification du réseau de chaleur actuel uniquement sur la commune de Bagneux,
- Les moyens de production actuel.

En effet, comme exposé dans la partie 5.3 – « POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DU RESEAU RETENU » les prospects identifiés sur la commune représente 46% du potentiel total et compte tenu du taux d'EnR de la situation de référence (65,3%) il est nécessaire d'appréhender la capacité du réseau à assurer l'évolution de la ville de Bagneux.

### 6.1.2.1 Analyse de la capacité de production énergétique

Bilan de puissance à -7°C (kW)	
Besoins max + pertes	43 126
Appoint réseau max	13 330
Appoint local max	28 793
Excédent de secours	<b>-1 003</b>

Le tableau ci-dessus illustre la capacité du réseau à assurer les besoins et le secours jusqu'au développement prévu en 2030. On remarque que le système de production actuel ne pourra pas fournir la totalité des besoins et qu'un manque de puissance gaz à hauteur de 1,5 MW sera à combler pour secourir un éventuel arrêt de la géothermie. Avec l'ajout d'une chaufferie de 1,5 MW on obtient le tableau ci-dessous :

Bilan de puissance à -7°C (kW)	
Besoins max + pertes	43 126
Appoint réseau max	14 830
Appoint local max	28 793
Excédent de secours	<b>497</b>

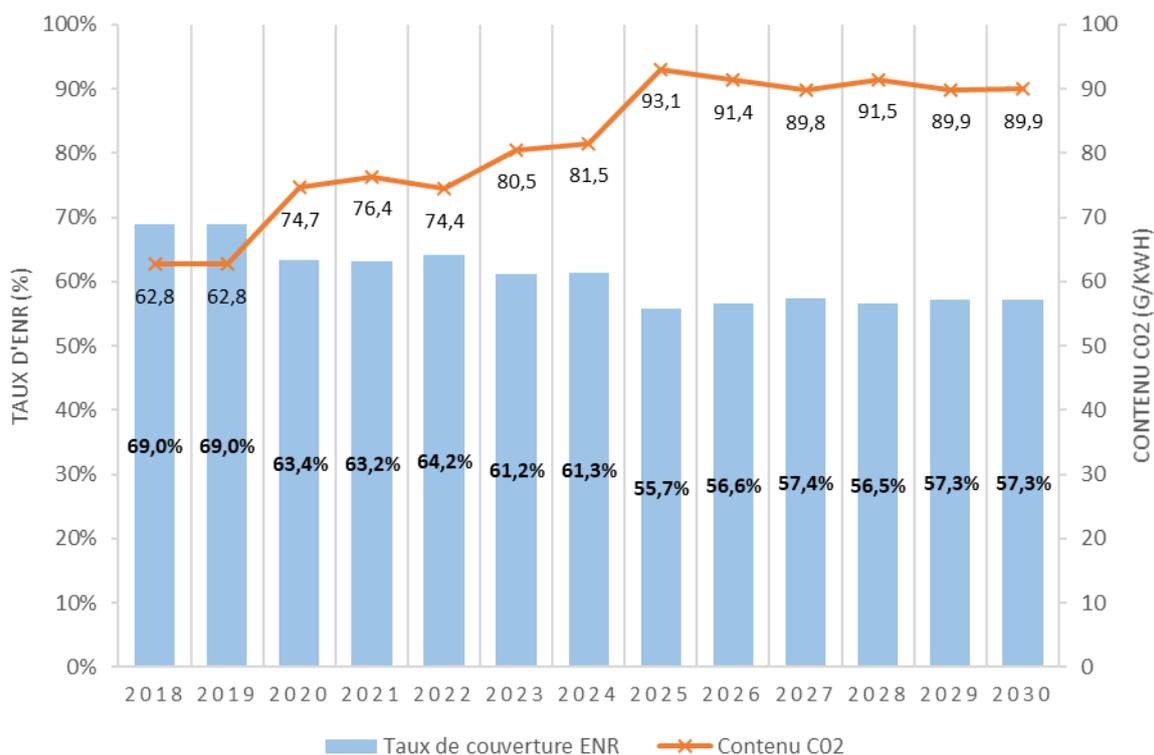
## 6.1.2.2 Analyse de l'évolution du bouquet énergétique



Graphique 24 : Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°1

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

- Une diminution de 18 points de la part géothermie dans le mix énergétique entre 2018 et 2030,
- La stabilisation des parts PACs, appoint local et appoint réseau à partir de 2026.



Graphique 25 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO<sub>2</sub> - Scénario n°1

Cette augmentation des besoins, entraine :

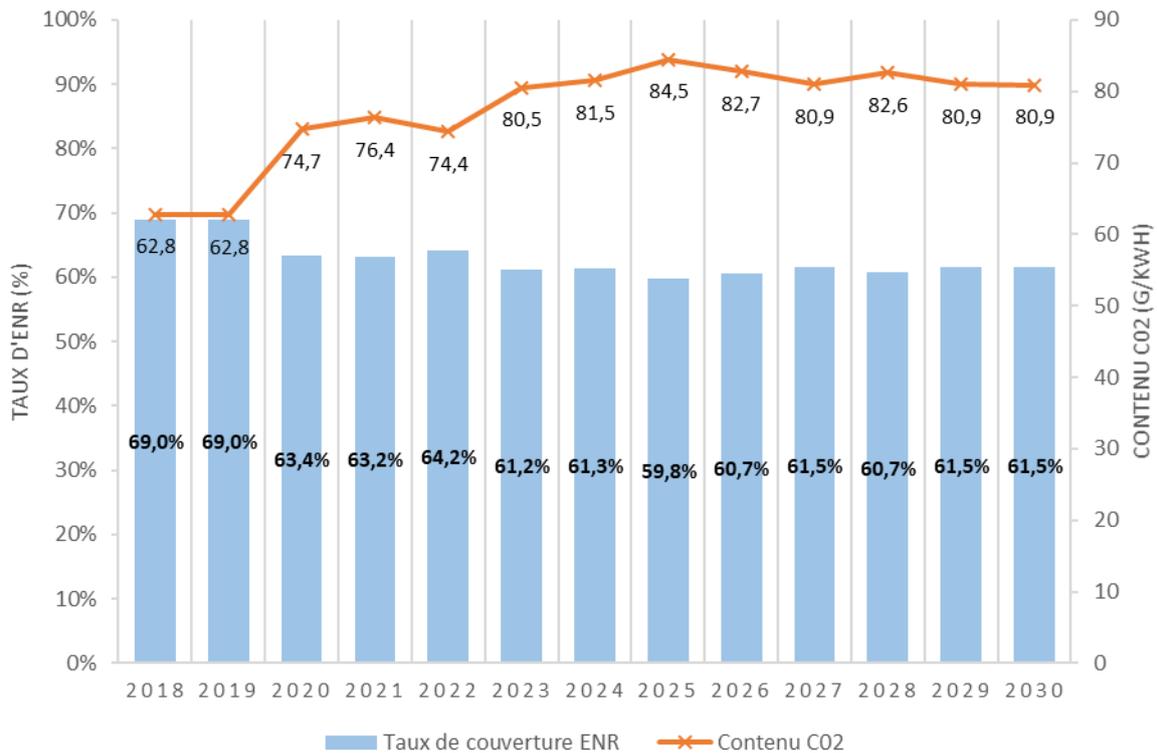
- La baisse du taux d'EnR avec une valeur inférieure au taux défini contractuellement (60%) dès 2025,
- L'augmentation du contenu CO<sub>2</sub> et le dépassement du titre V (92 gCO<sub>2</sub>/kWh PCI) dès 2025.

Compte tenu de l'importance d'assurer un taux d'EnR minimal de 50% permettant d'assurer le taux de TVA réduit et de respecter le taux d'EnR défini contractuellement il sera envisagé un complément à la production énergétique.

### 6.1.2.3 Moyens de productions complémentaires

Le complément gaz peut être assuré par la mise en œuvre de 1,5 MW supplémentaires permettant de palier la baisse de la réserve de puissance disponible ainsi que l'arrêt des puits géothermiques. Ces nouveaux moyens de production pourront être envisagés par le raccordement de nouveaux abonnés possédant des chaufferies décentralisées au fur et à mesure du développement du réseau ou par la construction d'une nouvelle chaufferie.

De plus, le taux d'EnR pourra être assuré par la mise en place d'une chaufferie biomasse de 1 MW à partir de 2025.



Graphique 26 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO<sub>2</sub> après mise en service chaufferie biomasse – Scénario n°1

La mise en place de la chaufferie biomasse permet d'assurer le taux d'EnR défini contractuellement. L'étude du potentiel en énergie renouvelable a révélé l'opportunité d'un approvisionnement en bois sur Bagneux/Châtillon. La construction de la chaufferie biomasse nécessitera un foncier disponible d'environ 4 000 m<sup>2</sup> pouvant accueillir le local de la chaufferie ainsi qu'un silo de stockage permettant d'assurer la continuité de la fourniture de chaleur en cas d'absence d'approvisionnement.

### 6.1.3 Scénario n°2 - Densification sur Bagneux et Châtillon

Le second scénario d'évolution étudié tient compte :

- D'une densification du réseau de chaleur actuel sur l'ensemble du périmètre de la DSP à savoir Bagneux et Châtillon,
- Des moyens de production actuel.

Le précédent scénario a montré la difficulté du système de production actuel à assurer les besoins d'un développement sur la ville de Bagneux sans l'apport de ressources supplémentaires gaz et EnR.

#### 6.1.3.1 Analyse de la capacité de production énergétique

Bilan de puissance à -7°C (kW)	
Besoins max + pertes	51 753
Appoint réseau max	13 330
Appoint local max	28 793
Excédent de secours	<b>- 9 630</b>

Le tableau ci-dessus illustre la capacité du réseau à assurer les besoins jusqu'au développement prévu en 2030. On remarque qu'avec le développement prévu et les moyens de production actuel, un apport supplémentaire gaz de 10 MW sera nécessaire pour secourir l'arrêt de la production géothermique, comme le montre le tableau suivant.

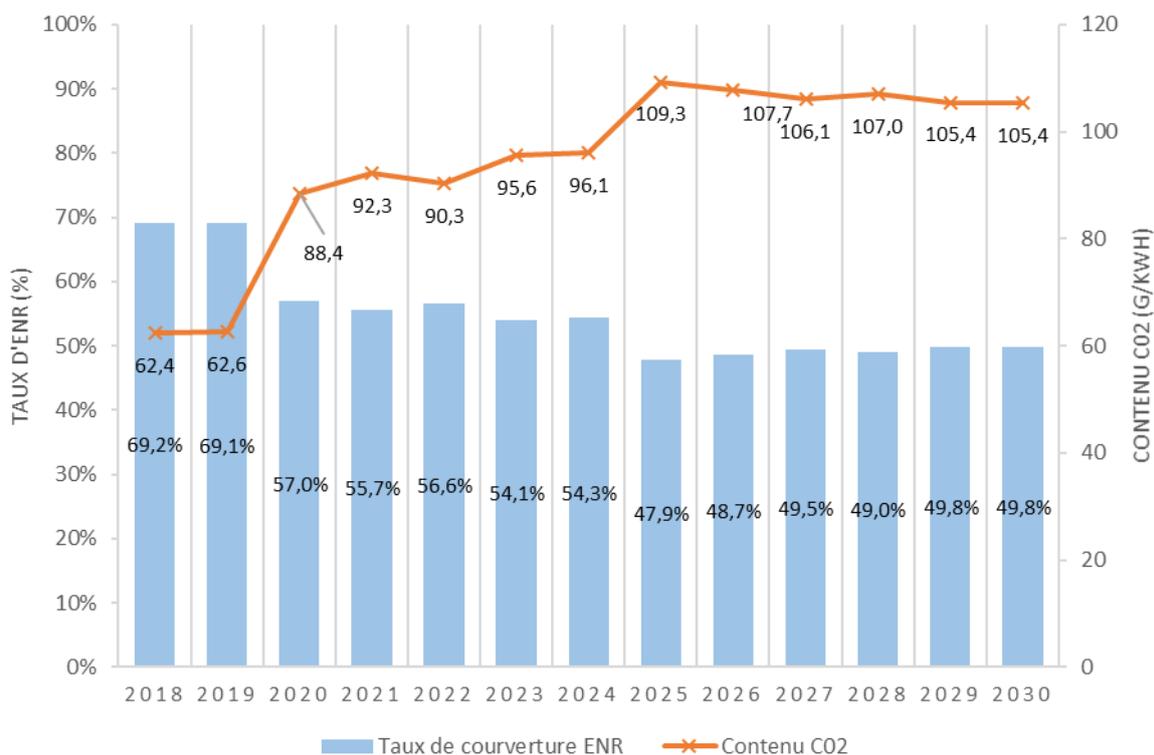
Bilan de puissance à -7°C (kW)	
Besoins max + pertes	51 753
Appoint réseau max	23 330
Appoint local max	28 793
Excédent de secours	<b>370</b>

### 6.1.3.2 Analyse de l'évolution du bouquet énergétique



Graphique 27 : Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°2

Le graphique ci-dessus permet de montrer une diminution de 24 points de la part géothermie dans le mix énergétique entre 2018 et 2030.



**Graphique 28 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO<sub>2</sub> - Scénario n°2**

Cette augmentation des besoins, entraine :

- La baisse du taux d'EnR avec une valeur inférieure au taux défini contractuellement (60%) dès 2020, de 19 points entre 2018 et 2030,
- L'augmentation du contenu CO<sub>2</sub> et le dépassement du titre V (92 gCO<sub>2</sub>/kWh PCI) à partir de 2021.

Compte tenu de l'importance d'assurer un taux d'EnR minimal de 50% permettant d'assurer le taux de TVA réduit et de respecter le taux d'EnR défini contractuellement il sera envisagé un complément à la production énergétique.

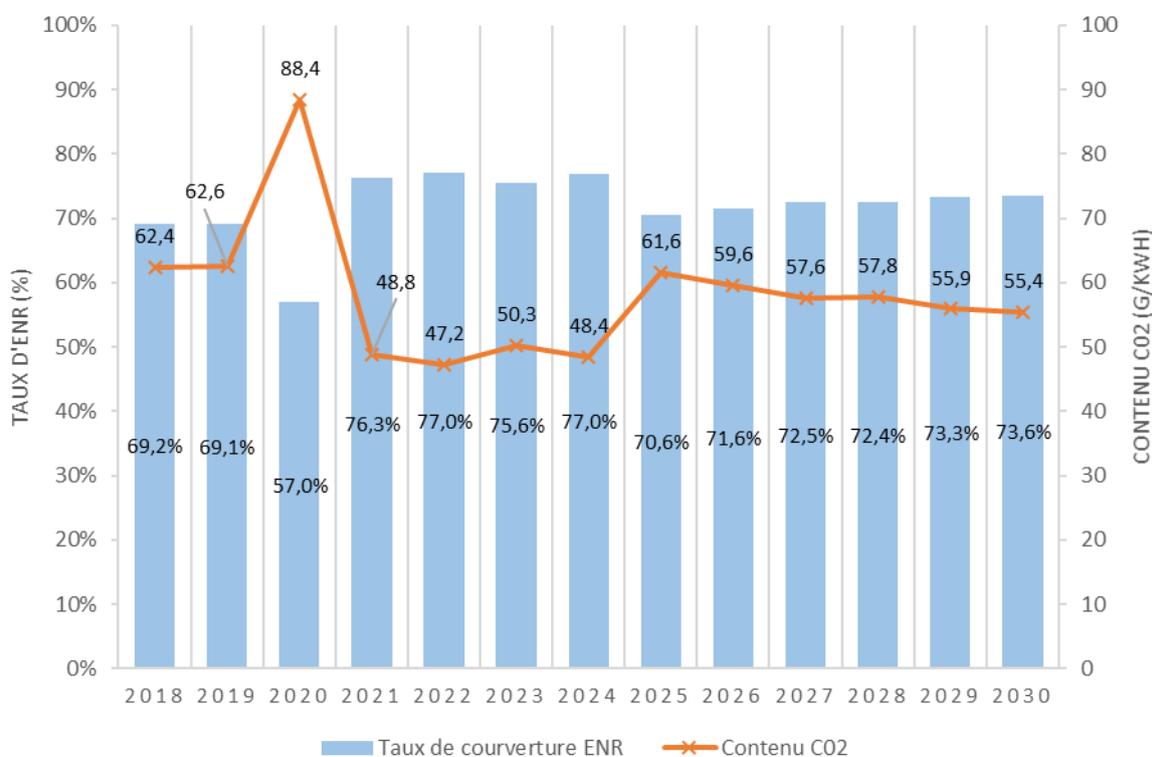
### 6.1.3.3 Moyens de productions complémentaires

Quel que soit le moyen de production EnR complémentaire, les ajouts d'une chaudière gaz de 6 MW dès 2020 puis d'une chaudière complémentaire de 4 MW en 2025 sont nécessaires tel que vu précédemment.

Suite aux discussions sur le fonctionnement actuel du réseau, plusieurs chaufferies considérées dans les simulations pourraient difficilement fonctionner en appoint du réseau. Dans la suite, il sera donc considéré **un ajout de 12 MW en 2020 suivi d'une chaudière de 8 MW en 2025**.

#### 6.1.3.3.1 Second doublet de géothermie

Le taux d'EnR pourra être assuré jusqu'à 2030 par la mise en place d'un second doublet à partir de 2020. Ce second doublet est estimé avoir les mêmes conditions techniques que le doublet existant à Bagneux.

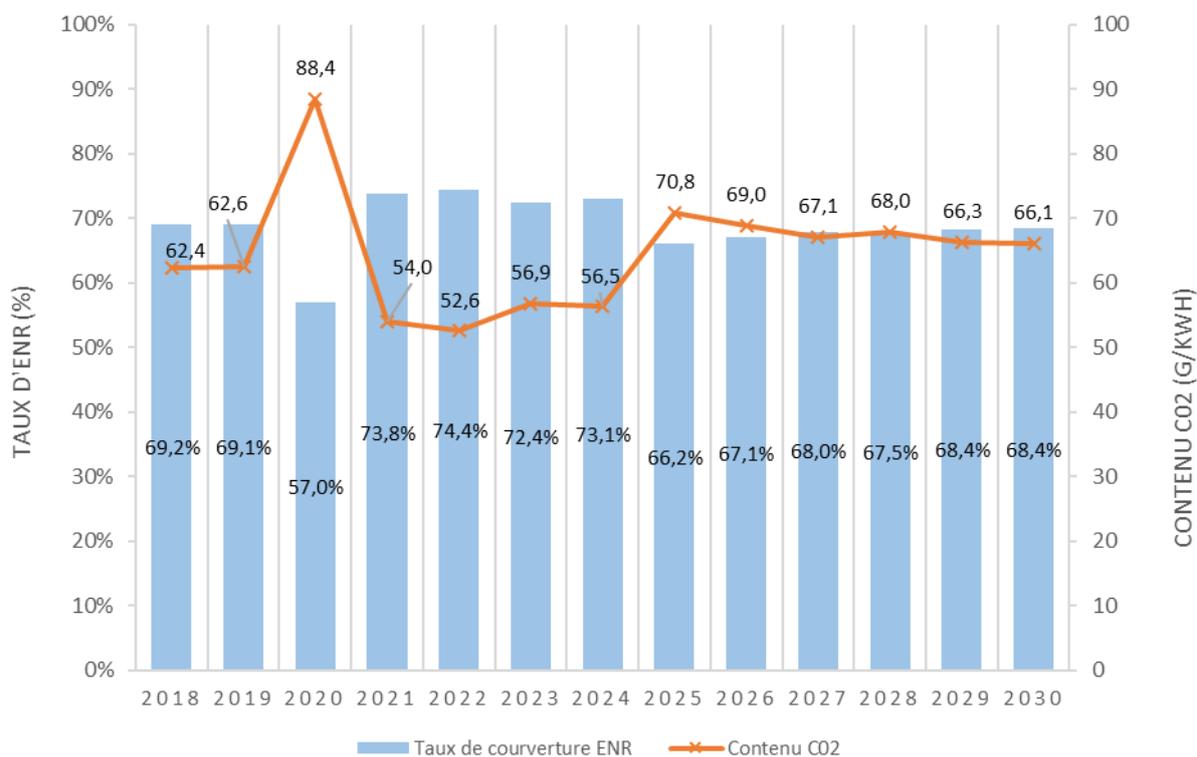


Graphique 29 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO2 après mise en service second doublet – Scénario n°2

La mise en place du second doublet en 2020 permet d'assurer le taux d'EnR défini contractuellement. De plus, le contenu CO<sub>2</sub> diminue et est inférieur au taux défini au titre V.

#### 6.1.3.3.2 Chaufferie Biomasse

Le taux d'EnR pourra également être assuré jusqu'à 2030 par la mise en place d'une chaufferie biomasse à partir de 2020.



**Graphique 30 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO2 après mise en service chaufferie biomasse – Scénario n°2**

La mise en place d'une chaufferie biomasse de 6 MW en 2020 permet d'assurer le taux d'EnR défini contractuellement. De plus, le contenu CO<sub>2</sub> diminue et est inférieur au taux défini au titre V.

## 6.1.4 Scénario n°3 - Densification sur Bagneux et Châtillon et développement sur Fontenay-aux-Roses, Bourg-la-Reine et Sceaux.

Le troisième scénario d'évolution étudié tient compte :

- D'une densification du réseau de chaleur actuel sur l'ensemble du périmètre de la DSP à savoir Bagneux et Châtillon,
- Le développement du réseau sur les communes de Fontenay-aux-Roses, Sceaux et Bourg-la-Reine,
- Des moyens de production actuel.

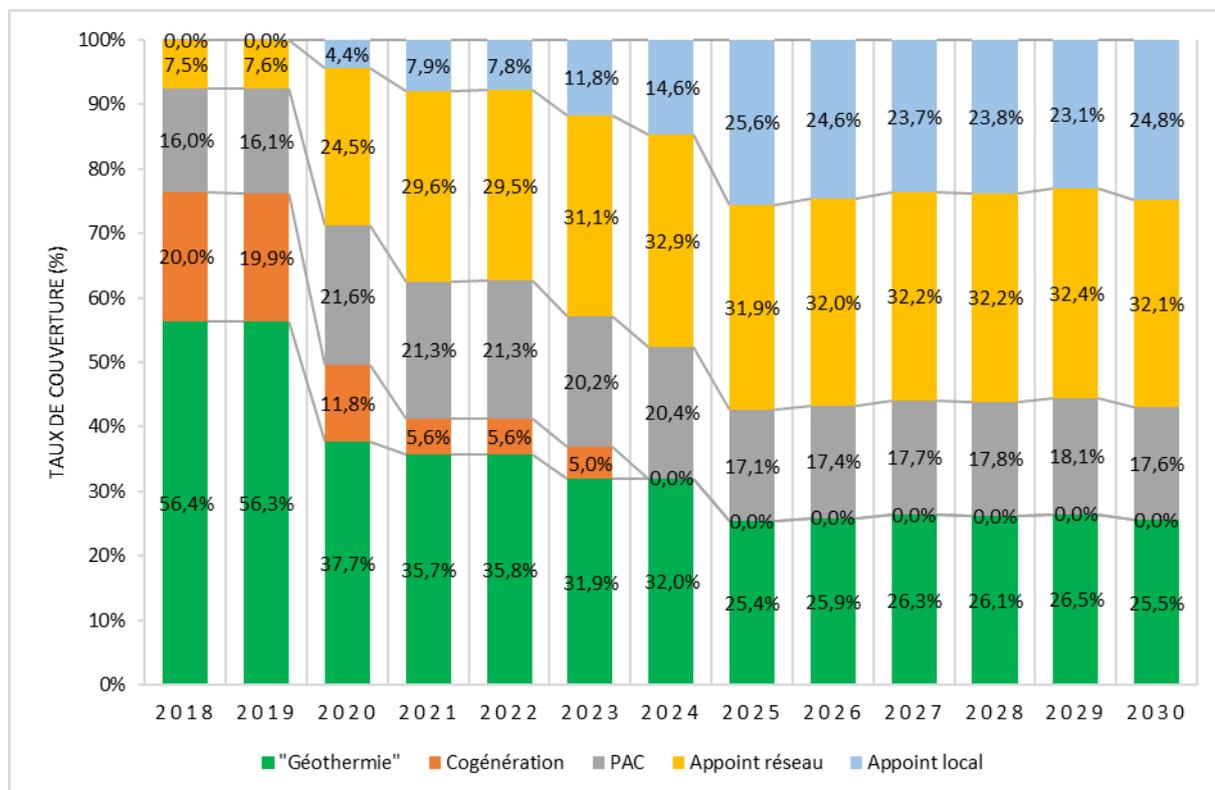
### 6.1.4.1 Analyse de la capacité de production énergétique actuelle

Bilan de puissance à -7°C (kW)	
Besoins max + pertes	67 324
Appoint réseau max	13 330
Appoint local max	28 793
Excédent de secours	-25 201

Le tableau ci-dessus illustre la capacité du réseau à assurer les besoins jusqu'au développement prévu en 2030. On remarque que le système de production actuel ne pourra pas fournir la totalité du secours et que des chaudières gaz de 25,5 MW seront nécessaire pour secourir l'arrêt de la production géothermique, comme le montre le tableau suivant. Ce complément peut être assuré par la mise en œuvre de 15 MW supplémentaires de gaz à partir de 2020 et de 10,5 MW supplémentaires à partir de 2025 permettant de palier à ce manque de puissance disponible en cas d'arrêt des puits géothermiques.

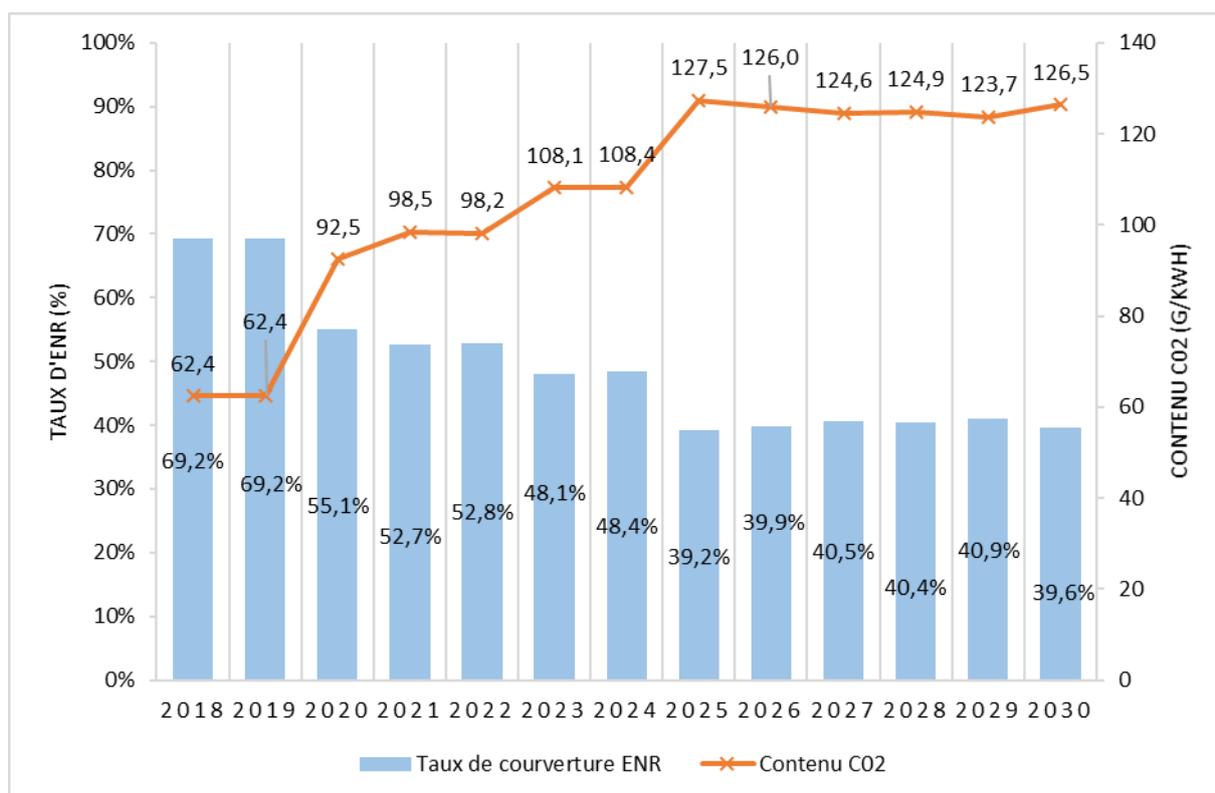
Bilan de puissance à -7°C (kW)	
Besoins max + pertes	67 324
Appoint réseau max	38 830
Appoint local max	28 793
Excédent de secours	299

### 6.1.4.2 Analyse de l'évolution du bouquet énergétique



**Graphique 31 : Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°3**

Le graphique ci-dessus permet de montrer une diminution du taux d'EnR de 31 points à l'horizon 2030.



Graphique 32 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO<sub>2</sub> – Scénario n°3

Cette augmentation des besoins, entraine :

- La baisse du taux d'EnR avec une valeur inférieure au taux défini contractuellement (60%) dès 2020,
- L'augmentation du contenu CO<sub>2</sub> et le dépassement du titre V (92 gCO<sub>2</sub>/kWh PCI) dès 2020.

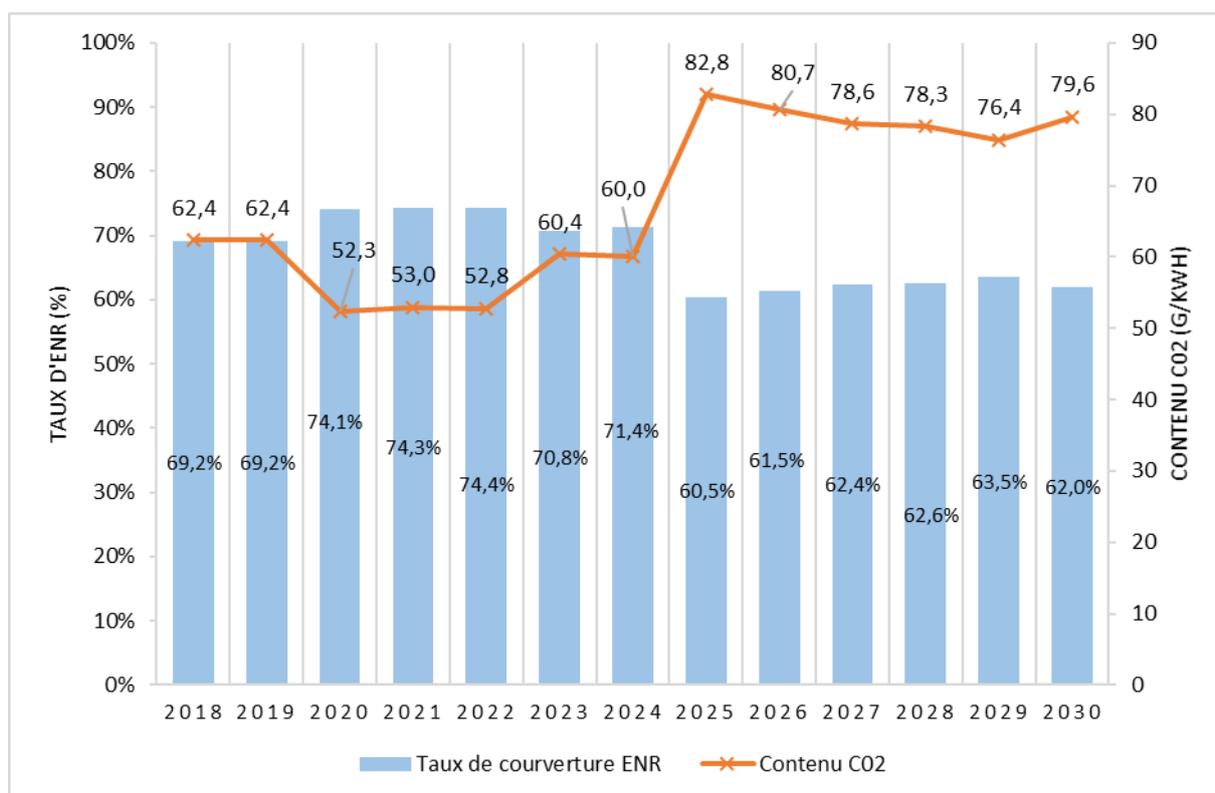
Compte tenu de l'importance d'assurer un taux d'EnR minimal de 50% permettant d'assurer le taux de TVA réduit et de respecter le taux d'EnR défini contractuellement il sera envisagé un complément à la production énergétique.

### 6.1.4.3 Moyens de productions complémentaires

Quel que soit le moyen de production EnR complémentaire, l'ajout de chaudières gaz pour un total de puissance de 25,5 MW est nécessaire tel que vu précédemment.

#### 6.1.4.3.1 Second doublet de géothermie

Le taux d'EnR pourra être assuré jusqu'à 2030 par la mise en place d'un second doublet à partir de 2020. Ce second doublet est estimé avoir les mêmes conditions techniques que le doublet existant à Bagneux.

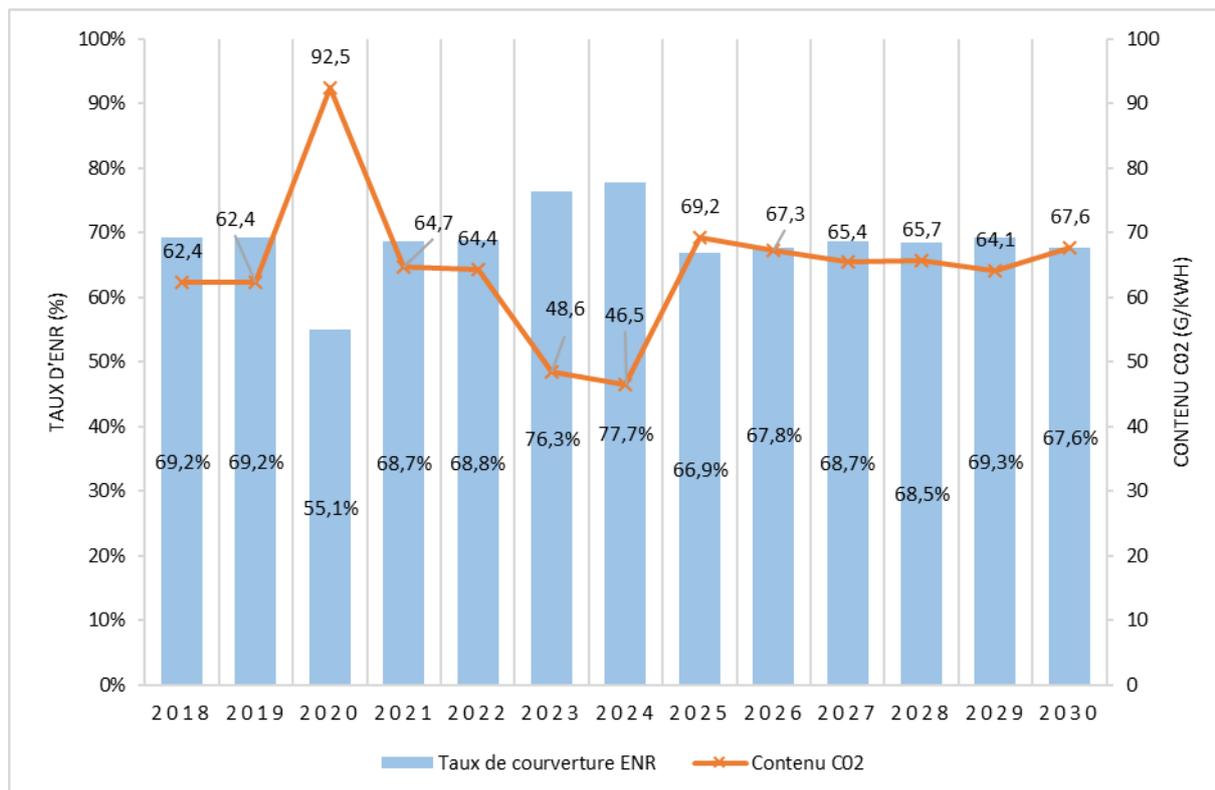


**Graphique 33 : Evolution du taux d'Enr et du contenu CO2 après mise en service du second puits – Scénario n°3**

La mise en place du second doublet en 2020 permet d’assurer le taux d’EnR supérieur à 60% jusqu’à 2030. De plus, le contenu CO<sub>2</sub> diminue et est inférieur au taux défini au titre V jusqu’à 2030.

#### 6.1.4.3.2 Chaufferie biomasse

Le taux d’EnR pourra également être assuré jusqu’à 2030 par la mise en place d’une chaufferie biomasse à partir de 2020.



**Graphique 34 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO2 après mise en service chaufferie biomasse – Scénario n°3**

La mise en place d'une chaufferie biomasse de 5 MW en 2020 permet d'assurer le taux d'EnR défini contractuellement jusqu'à 2023. Une seconde chaudière de 6 MW serait à prévoir à partir de 2023 pour assurer le taux d'EnR contractuel jusqu'à 2030. De plus, le contenu CO<sub>2</sub> diminue et est inférieur au taux défini au titre V.

## 6.2 ANALYSE ECONOMIQUE

---

L'analyse technique des trois scénarii a montré que, quel que soit le plan de raccordement envisagé, il sera nécessaire à l'avenir de mettre en œuvre :

- Une nouvelle source d'énergie d'appoint/secours pour renforcer la capacité de production actuelle afin de répondre aux besoins des usagers même en cas d'arrêt de la production géothermique,
- Une nouvelle source d'EnR afin d'atteindre le taux d'EnR contractuel de 60%, malgré l'augmentation des besoins.

Dans la suite de ce schéma directeur, seul le scénario 2, avec une densification sur Bagneux et Châtillon, sera approfondi. Lors des comités de pilotage de ce schéma directeur, les Villes de Bagneux et Châtillon ont souhaité privilégier le développement du réseau de chaleur en priorité sur leurs territoires.

Le but de cette analyse économique est d'établir des Comptes d'Exploitation Prévisionnel (CEP) qui permettent d'illustrer l'équilibre économique du scénario malgré les nouveaux investissements à prévoir.

Ce scénario a été analysé en deux sous-scénarios :

- La mise en œuvre d'une nouvelle chaufferie gaz d'appoint/secours et d'un nouveau doublet géothermique,
- La mise en œuvre d'une nouvelle chaufferie gaz d'appoint/secours et d'une chaufferie biomasse.

Pour chacun de ces sous-scénarios, le CEP a été réalisé en marginal afin d'analyser l'équilibre économique du développement du réseau de chaleur en plus du développement prévu dans le cadre du premier établissement du contrat de DSP actuel.

Cette analyse se base principalement sur deux critères : le Taux de Rentabilité Interne (TRI) et le coût de la chaleur des abonnés.

### 6.2.1 Procédure générale

---

#### 6.2.1.1 Compte d'exploitation prévisionnel

L'AT15 de l'avenant 1 au contrat de DSP précise que BAGEOPS s'engage sur un volume de ventes thermiques à hauteur de 110 GWh sur la ville de Bagneux, et 130 GWh en tout. SERMET a ainsi étudié l'équilibre économique du projet en marginal, soit uniquement à partir de l'année où ce volume de ventes est dépassé. Dans le cadre de notre étude, cette limite est dépassée en 2020 (118 GWh). Ainsi, les nouvelles installations (production et distribution) sont amorties par les abonnés se raccordant au réseau de chaleur à partir de cette date.

Les plans d'affaire des comptes d'exploitation des deux scénarios étudiés sont joints en annexe du présent rapport.

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 2018 (la moyenne des termes de janvier 2018 à octobre 2018). Nous avons considéré les variations suivantes :
  - Le tarif R1 varie en fonction de la TICGN (voir plus loin) et des besoins totaux des abonnés. En effet, le contrat prévoit une modification de la mixité des termes R1Géo et R1Gaz en fonction du volume de vente (seuil à 80 000 MWh/an),
  - Le R2 est ajusté en fonction de la puissance souscrite totale du réseau, conformément à l'article 5 de l'avenant 1 au contrat de DSP (seuil à 47 730 kW). De plus, conformément à l'article 42 du contrat de DSP, un coefficient de surpuissance de 1,1 est appliqué à la puissance appelée par -7°C extérieur calculée pour chacun des nouveaux abonnés pour définir leur puissance souscrite.

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>	<b>1,27</b> €/MWh	<b>2,64</b> €/MWh	<b>4,34</b> €/MWh	<b>5,88</b> €/MWh	<b>8,45</b> €/MWh	<b>10,34</b> €/MWh	<b>12,24</b> €/MWh	<b>14,13</b> €/MWh	<b>16,02</b> €/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 l'année de référence, hors augmentation de la TICGN et évolution du R2 est égal à **76 €HT/MWh** en considérant la rigueur climatique de l'année 2017,
- Le coût de la chaleur moyen sur le reste de la DSP en considérant l'augmentation de la TICGN et la variation du terme R2 telle qu'envisagée dans la révision tarifaire est égale à **76 €HT/MWh** (voir variation des termes R1 et R2 dans le tableau ci-dessous). Cela implique que la réduction du R2 liée à l'augmentation des puissances souscrites permet de gommer la hausse de TICGN du R1.

Année	2017 (référence)	2019	2020	2021
R1 moyen (€HT/MWh)	25,31	24,21	27,24	25,89
R2 Bagneux moyen (€HT/MWh)	104,30	112,75	99,64	98,82
R2 Châtillon moyen (€HT/MWh)	118,36	118,36	113,70	112,88

## 2/ Les charges

Ce poste est présenté en écart par rapport au scénario de référence et comprend :

- **Charges d'énergie (P1)** : les charges de combustible gaz et biomasse et les charges d'électricité évoluent en fonction du bouquet énergétique de l'année considérée en marginal avec le bouquet énergétique théorique du premier établissement.

On distingue :

- Les consommations de gaz utilisées par les chaufferies d'appoint-secours,
- Les consommations de bois de l'éventuelle centrale biomasse,
- La taxe TICGN sur le gaz,
- Les consommations d'électricité utilisées par la centrale 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 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 : 45% de l'investissement de la centrale (bâtiment à construire, forage, équipements hydrauliques et électriques),
  - Centrale biomasse : 35% de l'investissement de la chaufferie biomasse (bâtiment, chaudière, équipements et fumisterie),
  - Chaufferie gaz : 25% de l'investissement de la chaufferie (bâtiment, chaudière, équipements et fumisterie),
  - Réseau primaire : 15% de l'investissement pour la construction du réseau,
  - Sous-station : 33% de l'investissement pour l'aménagement des sous-stations.
- **Autres charges :**
- Amortissement des investissements des nouveaux équipements,
  - Amortissement des subventions des nouveaux équipements.

### 6.2.1.2 Investissements communs aux scénarii

#### Réseau

Les deux scénarii prévoient de construire 4 756 ml de réseau à l'horizon 2030 afin de raccorder 48 sous-stations supplémentaires. En considérant les prix unitaires empiriques de 45 000 €/sous-station et 1 000 €/ml, les investissements totaux pour les extensions du réseau et les sous-stations valent **6 916 k€**.

Dans l'état actuel du contrat de DSP, ces investissements ne sont en aucune partie financés par des droits de raccordement.

#### 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 les villes de Bagneux et Châtillon.

### 6.2.1.3 Mécanismes de financement mobilisables

Les projets d'extensions d'un réseau de chaleur bénéficiant d'un taux d'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 **3 071 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, soit dans ce cas **1 427 k€**. Ce montant sera considéré dans l'étude économique.

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 n°2.1 - Densification sur Bagneux et Châtillon - Géothermie

### 6.2.2.1 Investissements

Le scénario n°2.1 prévoit les travaux suivants :

- Travaux d'extension du réseau de chaleur (VRD et tuyauterie),
- Mise en place de 20 MW supplémentaire gaz,
- Mise en œuvre d'un nouveau doublet géothermique.

Les investissements des travaux d'extensions du réseau ont été présentés plus haut.

Les investissements de la chaufferie gaz ont été estimés comme suit :

- Construction d'un bâtiment d'environ 300 m<sup>2</sup> : 600 k€,
- Chaudière de 20 MW : 1 200 k€,
- Equipements hydrauliques : 300 k€,
- Equipements électriques : 300 k€,
- Fumisterie (carneau + cheminée) : 50 k€.

Les investissements de la nouvelle installation géothermique ont été estimés comme suit :

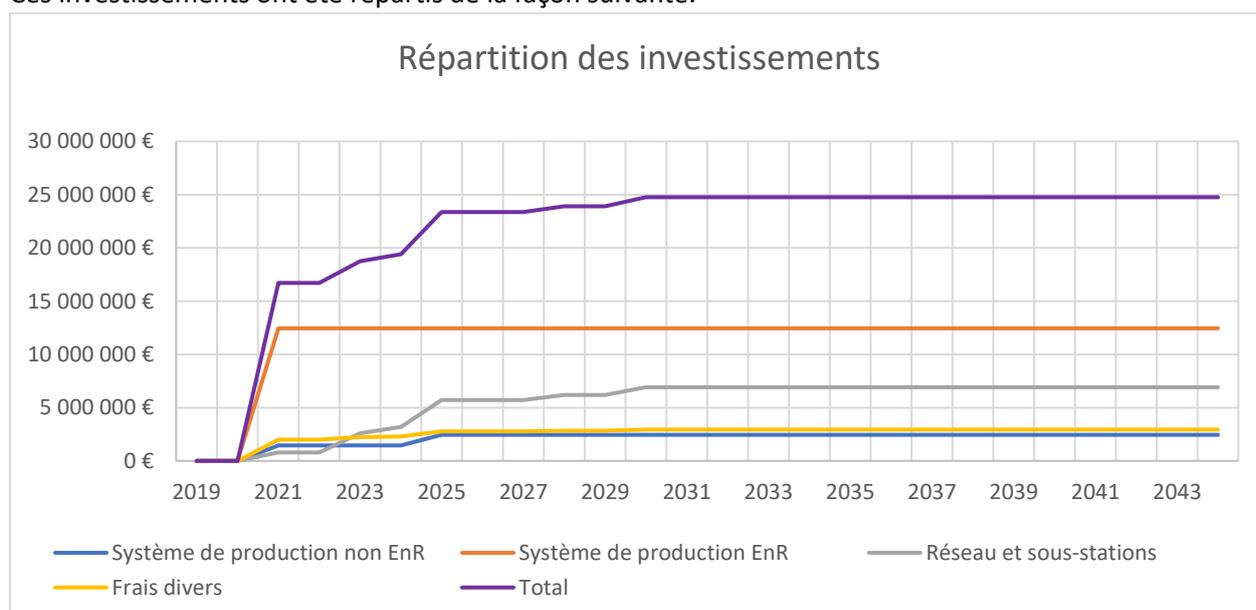
- Construction d'un bâtiment d'environ 300 m<sup>2</sup> : 750 k€,
- Forage : 10 000 k€,
- Equipements hydrauliques : 1 200 k€,
- Equipements électriques : 500 k€.

Le tableau suivant présente les investissements totaux nécessaires au scénario 2.1.

Investissement production non EnR supplémentaire	2 450 k€
Investissement production EnR supplémentaire	12 450 k€
Investissements réseau et sous-stations	6 916 k€
Investissements frais divers	2 945 k€
<b>Total</b>	<b>24 762 k€</b>

**Tableau 10: Synthèse des investissements - scénario 2.1**

Ces investissements ont été répartis de la façon suivante.



### 6.2.2.2 Mécanismes de financement mobilisables

Les montants de subvention envisagés sont présentés dans le tableau ci-dessous :

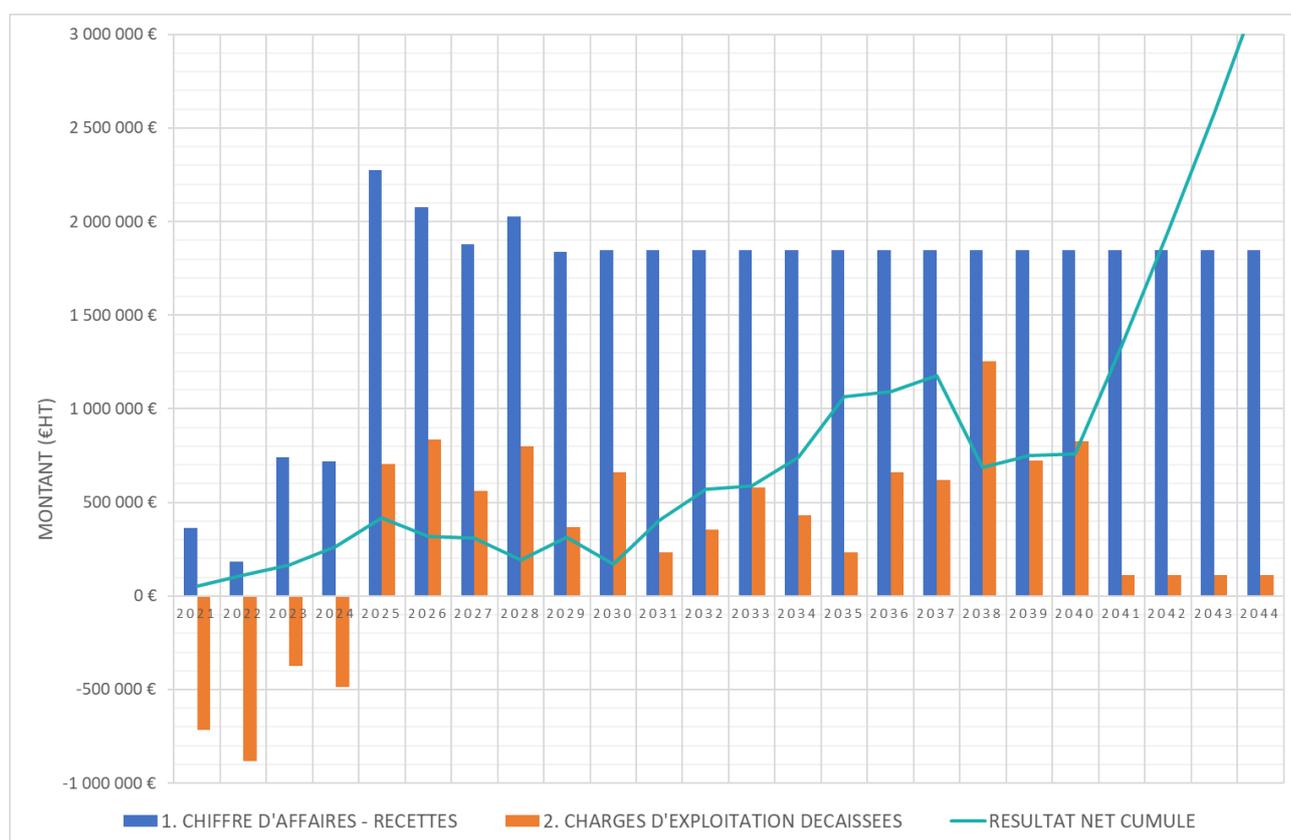
Subventions considérées	Montant total (€ HT)
Subvention production	4 357 500
Subvention réseau	1 426 900
<b>TOTAL</b>	<b>5 784 400</b>

**Tableau 11: Synthèse des subventions - scénario 2.2**

Ces subventions constituent 23% des investissements totaux du scénario, présentés plus haut.

### 6.2.2.3 Présentation du compte d'exploitation

Les résultats de l'analyse économique sont présentés par le graphe suivant.



Cette figure montre que l'augmentation des recettes de ventes de chaleur permet d'améliorer le bilan de BAGEOPS en absorbant à la fois 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 considérant la variation des termes R1 et R2 décrite plus haut, et ainsi un prix de la chaleur moyen sur le reste de la DSP de **76 €/MWh**, **le TRI obtenu pour ce scénario est de 5,2%**.

**Ce TRI positif démontre l'intérêt économique du scénario car il est proche du TRI de l'offre de BAGEOPS de 6,5%.**

Les hypothèses économiques de ce scénario ne prennent pas en compte :

- **La redevance propre à l'occupation du terrain** pour le nouveau doublet géothermique,
- **La liaison** entre le réseau existant et la nouvelle centrale géothermique,
- L'éventuel **renforcement du réseau** nécessaire pour répondre aux nouveaux besoins des usagers (augmentation des sections de certains tronçons, etc.).

Plusieurs pistes peuvent être imaginées afin d'améliorer sa rentabilité économique :

- La mise en place de **droits de raccordement** aux nouveaux usagers qui ne font pas partie du périmètre de 1er établissement afin de participer au financement des investissements lié à leur raccordement,
- En considérant par exemple le versement de **subventions à hauteur de 32%** des investissements totaux, nous obtenons un TRI de 6,5%, identique à celui de l'offre initiale de BAGEOPS,
- En imaginant **une valeur de reprise en fin de DSP** qui permettrait d'amortir le nouveau puits de géothermie sur 30 ans au lieu de se limiter à la fin de la DSP,
- En augmentant le **volume de chaleur vendue**, c'est-à-dire en raccordant des zones denses permettant d'augmenter les ventes avec de faibles investissements.

## 6.2.3 Scénario n°2.2 - Densification sur Bagneux et Châtillon - Biomasse

### 6.2.3.1 Investissements

Le scénario n°2.2 intègre les investissements suivants :

- Travaux d'extension du réseau de chaleur (VRD et tuyauterie),
- Mise en place de 20 MW supplémentaire gaz,
- Mise en œuvre d'une chaufferie biomasse de 6 MW.

Les investissements des travaux d'extensions du réseau ont été présentés plus haut.

Les investissements de la chaufferie gaz ont été estimés comme suit :

- Construction d'un bâtiment d'environ 300 m<sup>2</sup> : 600 k€,
- Chaudière de 20 MW : 1 200 k€,
- Equipements hydrauliques : 300 k€,
- Equipements électriques : 300 k€,
- Fumisterie (carneau + cheminée) : 50 k€.

Les investissements de la nouvelle chaufferie biomasse ont été estimés comme suit :

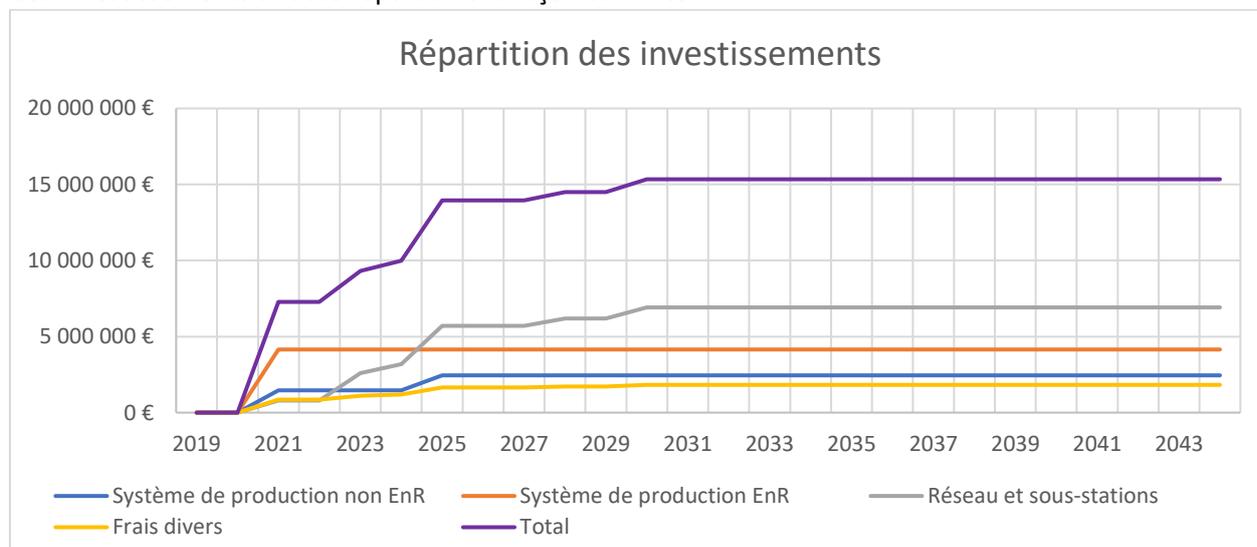
- Construction d'un bâtiment d'environ 1 000 m<sup>2</sup> : 2 000 k€,
- Chaudière de 6 MW : 1 500 k€,
- Equipements hydrauliques : 300 k€,
- Equipements électriques : 300 k€,
- Fumisterie (carneau + cheminée) : 50 k€.

Le tableau suivant présente les investissements totaux nécessaires au scénario 2.2.

Investissement production non EnR supplémentaire	2 450 k€
Investissement production EnR supplémentaire	4 150 k€
Investissements réseau et sous-stations	6 916 k€
Investissements frais divers	1 825 k€
<b>Total</b>	<b>15 341 k€</b>

**Tableau 12: Synthèse des investissements - scénario 2.2**

Ces investissements ont été répartis de la façon suivante.



### 6.2.3.2 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.

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 27 581 MWh, qui correspond à 2 372 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
<b>TOTAL</b>		<b>1 584 040</b>

Ce montant sera conservé pour la suite de l'étude.

Le tableau suivant présente les aides considérées pour ce scénario.

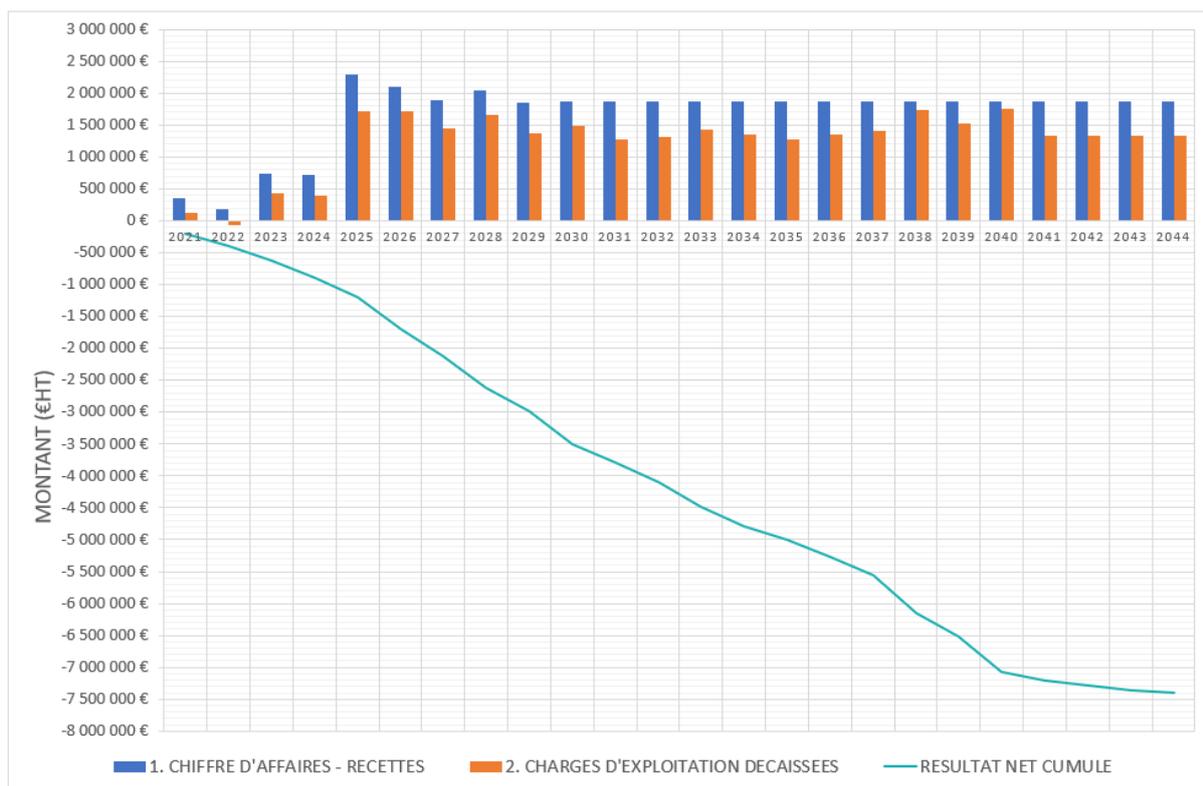
Subventions considérées	Montant total (€ HT)
Subvention production	1 584 040
Subvention réseau	1 426 900
<b>TOTAL</b>	<b>3 010 940</b>

**Tableau 13: Synthèse des subventions - scénario 2.2**

Ces subventions constituent 20% des investissements présentés plus haut.

### 6.2.3.3 Présentation du compte d'exploitation

Les résultats de l'analyse économique sont présentés par le graphe suivant.



En considérant la variation des termes R1 et R2 décrite plus haut, et ainsi un prix de la chaleur moyen sur le reste de la DSP de **76 €/MWh**, **le TRI obtenu pour ce scénario est de -1,9%**. Ce TRI est négatif, ce qui démontre que l'intérêt économique du scénario serait difficile à atteindre.

L'augmentation des recettes de ventes de chaleur ne permet pas 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.

## 7 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

### **Réseau existant :**

Le réseau de chaleur de Bagneux et Châtillon, alimenté par un nouveau puits de géothermie, a été mis en œuvre entre les années 2016 et 2017. Le réseau de chaleur dispose d'installations de production et de distribution neuves. Des investissements réguliers permettront de maintenir à un bon niveau de fonctionnement l'ensemble des équipements tout au long de la durée de la DSP qui encadre cette opération. Suite au diagnostic de l'étude, un enjeu important consiste à optimiser les températures retours du réseau pour augmenter la chaleur valorisable sur la géothermie qui n'est aujourd'hui pas à son maximum. En effet, la température de réinjection autorisée par le permis d'exploiter est de 27°C et en réalité, BAGEOPS réinjecte plutôt aux alentours de 35°C.

### **Potentiel identifié :**

L'étude prospective réalisée pour ce schéma directeur a montré que le réseau possède un potentiel de développement important, à la fois sur son périmètre de DSP (sur les communes de Bagneux et les quartiers Est de Châtillon) mais également sur certaines communes limitrophes comme Fontenay-aux-Roses, Sceaux ou Bourg-la-Reine. L'exploitation de ce potentiel pourrait permettre de proposer à un plus grand nombre d'usagers le service public de chaleur dans des conditions d'exploitation et de tarification optimisées et un déploiement des énergies renouvelables sur le territoire.

Compte tenu du potentiel important identifié sur les villes citées ci-dessus et les investissements nécessaires pour traverser le tramway présent sur la ville de Châtillon, l'étude prospective s'est concentrée sur la densification du périmètre actuel et le limitrophe des villes voisines. Cependant, le délégataire pourra démontrer, selon les opportunités et volontés politiques, l'intérêt de raccorder la partie ouest de la ville de Châtillon.

### **Scénarios envisagés :**

Les scénarios de développement envisagés sont soit une densification du périmètre de la DSP soit un développement sur les villes limitrophes. Ces derniers ont montré qu'un tel développement nécessiterait de mettre en œuvre de nouveaux appareils de production, tant pour sécuriser le taux d'EnR (et ainsi diminuer le contenu en CO<sub>2</sub> du réseau) que pour assurer l'appoint et le secours suffisant.

Pour faire face à ces contraintes, le scénario privilégié dans le schéma directeur est le suivant :

- **Poursuivre la densification du réseau sur le périmètre de DSP,**
- **Prévoir un nouveau moyen de production EnR pour faire face à la demande des nouveaux raccordements en ayant recours à la construction d'un nouveau doublet géothermique en priorité et sinon d'une centrale biomasse.**

### **Méthodologie :**

**La principale contrainte des deux scénarii est la nécessité de trouver un terrain suffisamment important sur les communes de Bagneux ou Châtillon qui présente une urbanisation dense.**

De plus, à l'échelle des villes limitrophes de Bagneux, la densité est telle que cela dépasserait un développement seul du réseau de chaleur de BAGEOPS, tant au niveau technique que contractuel. De plus, le territoire nécessite la mise en œuvre de plusieurs nouveaux doublets de géothermie. Une bonne coordination des projets est importante. **Une étude sous-sol doit être réalisée afin d'estimer la faisabilité d'un nouveau doublet sur Bagneux ou Châtillon en vérifiant l'interférence avec le puits actuel et les projets situés à proximité (notamment le projet Malakoff-Montrouge).**

**Il s'agirait en particulier de s'assurer que le projet d'un nouveau doublet de géothermie sur Bagneux n'obère pas des opérations limitrophes. Si tel était le cas, alors il pourrait être envisagé un import de chaleur depuis la nouvelle opération en question.**

Les scénarios d'évolution de ce schéma directeur ont pris en compte d'un point de vue technique la fin des cogénérations ainsi que l'objectif fixé par le contrat de DSP d'atteindre les 60% d'EnR sur le réseau. De plus, les orientations politiques qui ont influencées les scénarios sont principalement :

- Le raccordement du maximum d'utilisateurs sur les villes de Bagneux et Châtillon,
- La baisse, si possible, de la facture énergétique pour les usagers,
- La sécurisation de la fourniture de chaleur.

Les investissements ont été estimés pour l'ensemble des scénarios simulés avec une part de subventions d'environ 20%.

Les variations des termes R1 et R2 ont également été prises en compte dans cette étude, conformément au contrat de DSP, lié à la hausse de TICGN et les modifications de termes prévues.

### **Résultats :**

Le coût de la chaleur moyen sur la durée de la DSP résultant est estimé à **76 €HT/MWh**.

**Les résultats des simulations montrent que les deux solutions sont viables techniquement, le forage d'un nouveau doublet de géothermie ou la construction 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 un éventuel export de chaleur vers les communes voisines,**
- **Elle ne produit aucune pollution de l'air contrairement à la biomasse qui rejette des particules polluantes sans compter la gêne liée à la rotation des camions pour l'approvisionnement du bois.**

L'équilibre économique de chaque scénario a été étudié, en fonction du prix de la chaleur calculé, en utilisant l'indicateur du Taux de Rentabilité Interne (TRI). Ce mécanisme permet de comparer les scénarios et de déterminer leur viabilité.

**A ce stade, la solution consistant à forer un nouveau doublet de géothermie entraînerait un TRI plus important (5%) que la mise en place d'une chaufferie biomasse (-2%), malgré des investissements plus importants. A titre de comparaison, le TRI du projet initial de BAGEOPS est de 6,5%.**

**Cela s'explique par l'augmentation de la TICGN, si elle est maintenue, qui participerait à augmenter de manière non négligeable les charges P1. Le gain réalisé sur les charges gaz grâce à la mise en place d'un nouveau doublet joue très fortement à l'équilibre économique de ce scénario.**

Une sécurisation de l'équilibre économique ou **une baisse du prix de la chaleur** pour le scénario comprenant un nouveau doublet de géothermie pourraient éventuellement être atteints par le biais d'autres mécanismes financiers à étudier comme par exemple :

- L'attribution d'un pourcentage de subvention suffisant pour l'atteinte de l'équilibre économique de la DSP. Nous avons par exemple montré que l'attribution de subventions à hauteur de 32% des investissements totaux engendrent un TRI de 6,5% pour le scénario avec le nouveau doublet de géothermie,
- La mise en place de droits de raccordement pour les nouveaux abonnés qui ne font pas partie du périmètre de premier établissement,
- L'export de chaleur vers les communes de Fontenay-aux-Roses, Châtillon ouest, Bourg-la-Reine et/ou Sceaux sur des quartiers limitrophes, sans toutefois obérer la création de nouvelles potentialités de création de réseau et de la limite des contraintes contractuelles,
- Ou l'import de chaleur si le nouveau doublet de géothermie venait à être créé sur une nouvelle opération limitrophe.

---

## 7.1 PLAN D' ACTIONS

---

L'objectif d'un schéma directeur est de définir un plan d'actions. Il s'agit d'une feuille de route qui a pour but d'imaginer l'évolution du réseau à l'horizon 2030. Ce plan d'action concerne le scénario privilégié qui consiste en la densification du périmètre actuel de la DSP.

1) Optimisation du fonctionnement hydraulique du réseau actuel

Aujourd'hui, la chaleur provenant de la centrale de géothermie n'est pas valorisée à son maximum autorisé par le permis d'exploiter. Pour pouvoir optimiser ce fonctionnement, un travail d'amélioration des températures de retour est à réaliser. L'installation d'une 3<sup>ème</sup> PAC pourrait compléter ce travail d'amélioration.

2) Réalisation d'études sous-sol

Quelles que soient les conclusions du premier point, le développement envisagé du réseau de chaleur nécessite la mise en place d'un nouveau moyen de production EnR.

Afin de déterminer la faisabilité d'un nouveau doublet de géothermie, il est nécessaire de réaliser une étude sous-sol prenant en compte les différents projets existants et à venir sur le territoire.

3) Recherche d'un terrain disponible

Les deux moyens de production envisagés nécessitent la mise à disposition ou l'achat d'un terrain sur la ville de Bagneux ou de Châtillon. Deux terrains au nord de Bagneux sont en cours d'étude.

4) Mise à jour du projet industriel

Ce schéma directeur permet de tracer les grandes lignes du projet industriel à mettre en place. Certains points sont à approfondir afin de passer en phases conception puis réalisation du développement envisagé à 2030 :

- **Analyses techniques** : renforcement de tronçons de réseau (principalement vers la ZAC Victor Hugo), capacités d'appoint/secours des chaufferies mises à disposition existantes ou futures,
- **Analyses économiques** : redevance pour nouveau terrain, liaison hydraulique vers la nouvelle centrale de production,
- **Analyses juridiques** : conditions d'acceptabilité d'un avenant, modification du périmètre de DSP, montage pour de l'export de chaleur.

## Table des illustrations et tableaux

Figure 1 : Schéma des différents intervenants.....	26
Figure 2 : Schéma simplifié du fonctionnement du réseau.....	31
Figure 3 : Plan cadastral du terrain .....	32
Figure 4 : Cartographie des réseaux de chaleur situés à proximité du réseau de BAGEOPS.....	63
Figure 5 : Cartographie des principales stations d'épuration d'Ile de France.....	65
Figure 6 : Potentiel de développement de la géothermie intermédiaire et profonde .....	68
Figure 7 : Carte des fournisseurs de bois déchiqueté et producteurs de combustible bois en Ile de France .....	69
Figure 8 : Répartition de l'occupation des sols en 2012 à Bagneux .....	74
Figure 9 : Répartition de l'occupation des sols en 2012 à Châtillon .....	76
Figure 10 : Répartition de l'occupation des sols .....	77
Figure 11 : Répartition de la densité de la population .....	77
Figure 12 : Localisation des zones d'activités.....	78
Figure 13 : Localisation des 4 AOP sectoriels .....	80
Figure 14 : Zonage du périmètre d'étude.....	84
Graphique 1 : Mixité énergétique en 2017 .....	13
Graphique 2 : Répartition du nombre d'équivalent-logements selon le type de bâtiment raccordé ..	14
Graphique 3 : Répartition de la puissance souscrite totale selon la ville en 2017.....	15
Graphique 4 : Évolution du nombre de sous-stations et des polices d'abonnement signées .....	15
Graphique 5 : Répartition de la production et des ventes.....	16
Graphique 6 : Comparaison du contenu CO <sub>2</sub> de BAGEOPS par rapport aux autres sources d'énergies et au titre V.....	17
Graphique 7 : Répartition de la puissance souscrite par type d'abonné .....	40
Graphique 8 : Répartition de la part « produit » sans les droits de raccordement et les ventes électriques.....	45
Graphique 9 : Répartition de la part « charges » du compte d'exploitation .....	45
Graphique 10 : Poids des termes R1 et R2 dans le chiffre d'affaires .....	50
Graphique 11 : Évolution des composantes tarifaires du R1 .....	51
Graphique 12 : Évolution du terme R1.....	51
Graphique 13 : Évolution du terme R2 de Bagneux.....	52
Graphique 14 : Évolution du terme R2 de Châtillon .....	53
Graphique 15 : Prix de vente moyen HT de la chaleur en 2016 en fonction de l'énergie majoritaire utilisée sur le réseau (Enquêtes annuelles des réseaux de chaleur et de froid SOEs/SNCU/AMORCE 2017).....	55
Graphique 16 : Monotone des prix de vente moyens e la chaleur en 2016 (Enquêtes annuelles des réseaux de chaleur et de froid SQes/SNCU 2017).....	56
Graphique 17 : Monotone des prix de vente moyens de la chaleur en 2016 (Enquêtes annuelles des réseaux de chaleur et de froid SOEs/SNCU 2017) .....	57
Graphique 18 : Courbe monotone scénario de référence .....	72
Graphique 19 : Répartition par ville des prospects identifiés.....	83
Graphique 20 : Répartition de la part des prospects du périmètre de délégation.....	83
Graphique 21 : Répartition de la consommation totale .....	85
Graphique 22 : Evolution de la chaleur livrée et du nombre d'abonnés .....	87
Graphique 23 : Evolution de la densité thermique du réseau .....	87

Graphique 24 : Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°1 .....	89
Graphique 25 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO <sub>2</sub> - Scénario n°1.....	90
Graphique 26 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO <sub>2</sub> après mise en service chaufferie biomasse – Scénario n°1.....	91
Graphique 27 : Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°2 .....	93
Graphique 28 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO <sub>2</sub> - Scénario n°2.....	94
Graphique 29 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO <sub>2</sub> après mise en service second doublet – Scénario n°2.....	95
Graphique 30 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO <sub>2</sub> après mise en service chaufferie biomasse – Scénario n°2.....	96
Graphique 31 : Evolution du bouquet énergétique - Scénario n°3 .....	98
Graphique 32 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO <sub>2</sub> – Scénario n°3 .....	99
Graphique 33 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO <sub>2</sub> après mise en service du second puits – Scénario n°3.....	100
Graphique 34 : Evolution du taux d'EnR et du contenu CO <sub>2</sub> après mise en service chaufferie biomasse – Scénario n°3.....	101
Tableau 1 : Evolution des ventes et de la production .....	16
Tableau 2 : Synthèse du compte d'exploitation .....	44
Tableau 3 : Comparaison des ventes prévisionnelles et actuelles .....	50
Tableau 4 : Evolution du coût unitaire moyen annuel du terme R1 par rapport au marché.....	52
Tableau 5 : Prix moyen de la chaleur .....	54
Tableau 6 : Décomposition des ventes et abonnements et comparaison à la DSP .....	54
Tableau 7 : Répartition de la facture énergétique pour un logement type .....	58
Tableau 8 : Liste des UIOM à proximités du réseau de BAGEOPS.....	64
Tableau 9 : Liste des ICPE situés à proximité du réseau de chaleur de BAGEOPS .....	65
Tableau 10: Synthèse des investissements - scénario 2.1.....	107
Tableau 11: Synthèse des subventions - scénario 2.2.....	108
Tableau 12: Synthèse des investissements - scénario 2.2.....	110
Tableau 13: Synthèse des subventions - scénario 2.2.....	111