



03/01/2022

Schéma directeur du réseau de chaleur de Neuilly-Sur-Marne

MAÎTRE D'OUVRAGE

Commune de Neuilly-sur-Marne
1, Place François Mitterrand BP40
93331 NEUILLY SUR MARNE CEDEX



Destinataire

Marie-Agnès AUBIN

Commune de
Neuilly-Sur-Marne

Approbateur

Thibaud DUBOIS

SERMET

Rédacteur

Julie SCHWARTZ

SERMET

TABLE DES MATIERES

1. PREAMBULE.....	6
1.1 Contexte de la mission	6
1.2 Enjeux du schéma directeur	7
2. RENSEIGNEMENTS GENERAUX RELATIFS A L'ETUDE.....	8
2.1 Présentation des principaux interlocuteurs du réseau	8
2.2 Constitution d'un comité de pilotage du schéma directeur	11
2.3 Déroulement de l'étude	11
3. AUDIT DU RESEAU.....	12
3.1 Contexte et historique du réseau	12
3.1.1 Historique	12
3.1.2 Périmètre du service	15
3.1.3 Présentation des usagers du réseau.....	15
3.1.4 Développements prévus	17
3.2 Grille d'indicateurs de performance du réseau	20
3.2.1 Assurer les besoins des abonnés en chaleur et en eau chaude sanitaire.....	20
3.2.2 Préserver durablement le cadre de vie et le milieu naturel et assurer la sécurité.....	21
3.2.3 Assurer la pérennité de la fourniture de chaleur et d'eau chaude sanitaire	21
3.2.4 Satisfaire les attentes de service des abonnés et usagers.....	22
3.3 Contexte contractuel.....	23
3.3.1 Les différents intervenants	23
3.3.2 Exploitation technique du réseau de chaleur.....	23
3.3.3 Contrat de Délégation de Service Public	24
3.3.4 Examen du contrat de concession au terme des 5 premières années et avenant 2	26
3.3.5 Clauses de révision.....	27
3.3.6 Traité de Concession d'Aménagement.....	27
3.3.7 Police d'abonnement.....	28
3.3.8 Conditions générales et particulières.....	28
3.3.9 Echéance.....	28
3.4 Audit Technique.....	29
3.4.1 Principales caractéristiques du réseau existant	29
3.4.2 Production	29

3.4.3	Distribution.....	34
3.4.4	Sous-stations.....	38
3.5	Audit énergétique.....	43
3.5.1	Production.....	43
3.5.2	Livraison.....	46
3.5.3	Distribution.....	49
3.6	Audit économique.....	49
3.6.1	Structure tarifaire.....	49
3.6.2	Prix moyen du réseau.....	53
3.6.3	Synthèse de l'audit économique.....	56
4.	RECENSEMENT DES BESOINS.....	57
4.1	Récolte des données.....	57
4.1.1	Périmètre géographique de l'étude.....	57
4.1.2	Méthodologie de recensement.....	57
4.2	Hypothèses.....	59
4.3	Besoins recensés sur le territoire.....	60
1.1.1	Besoins de chaleur.....	60
1.1.2	Besoins de froid.....	63
4.4	Zoom sur les gros consommateurs.....	64
4.4.1	L'EPS Ville Évrard.....	65
4.4.2	USLD la Roseraie.....	67
4.4.3	Résidence les Renouillères (Neuilly Plaisance).....	67
5.	TRACE DES EXTENSIONS.....	69
5.1	Les extensions du réseau de distribution.....	69
5.2	Les sous-stations.....	71
5.2.1	Schéma de principe hydraulique.....	71
5.2.2	Calcul des puissances souscrites par sous-station.....	72
6.	EVOLUTION DES BESOINS.....	74
6.1	Hypothèses concernant l'évolution des consommations.....	74
6.1.1	Evolution de la rigueur climatique (DJU).....	74
6.1.2	Réhabilitation énergétique.....	75
6.1.3	Réduction de consommation par typologie de bâtiment.....	75
6.1.4	PRU Val Coteau.....	76
6.1.5	Autres projets d'aménagement.....	77
6.2	Evolutions des consommations des bâtiments raccordés.....	78
6.3	Evolution des besoins recensés.....	79

7. ETAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR A PROXIMITE	82
7.1 Démarche EnR'CHOIX.....	82
7.2 Réseaux publics et privés à proximité du réseau.....	83
7.3 Récupération de chaleur fatale	84
7.3.1 Principe	84
7.3.2 Ressource disponible.....	88
7.3.3 Contraintes	97
7.4 Géothermie profonde.....	98
7.4.1 Principe	98
7.4.2 Potentiel du territoire.....	101
7.5 Géothermie de surface	101
7.6 Biomasse.....	103
7.6.1 Principe de fonctionnement de la production de chaleur via la biomasse	104
7.6.2 La ressource	106
7.7 Solaire thermique.....	107
7.8 Synthèse et conclusion sur les sources ENR&R	108
8. PRESENTATION DES SCENARIOS	109
8.1 Scénario 0 : Référence	110
8.2 Scénario 1 : Référence + EPS Ville Evrard + la Roseraie.....	112
8.2.1 Variante 1 : + cession Ville Evrard	114
8.3 Scénario 2 : Référence + Densification + Extensions denses	116
8.3.1 Variante 1 : + Neuilly Plaisance	118
8.3.2 Variante 2 : + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie.....	120
8.3.3 Variante 3 : + Neuilly Plaisance + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie	122
8.4 Scénario 3 : Référence + Zones Neuilly-sur-Marne.....	124
8.4.1 Variante 1 : + Neuilly Plaisance + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie	126
8.5 Synthèse des scénarios.....	128
9. ETUDE ECONOMIQUE	130
9.1 Phasage des développements sur les scénarios retenus	130
9.1.1 Scénario 1 : Référence + EPS Ville Evrard + la Roseraie	130
9.1.2 Scénario 1 - Variante 1 : Référence + EPS Ville Evrard + la Roseraie + cession Ville Evrard	131
9.1.3 Scénario 2 : Référence + Densification + Extensions denses.....	132
9.1.4 Scénario 2 - Variante 2 : Référence + Densification + Extensions denses + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie	133

9.2	Coût d'investissement (CAPEX)	134
9.3	Coût d'exploitation	135
9.3.1	P1 – Achat de combustible et d'énergie	135
9.3.2	P2 – Entretien et maintenance courante et autres frais d'exploitation	136
9.3.3	P3 – Gros entretien et renouvellement (GER)	137
9.3.4	Synthèse des coûts d'exploitation (OPEX).....	138
9.4	Financement.....	139
9.4.1	Aides à l'investissement - Subventions	139
9.4.2	Droits de raccordement.....	139
9.4.3	Frais financiers.....	140
9.5	Prix de la chaleur	140
9.6	Analyse de la rentabilité des scénarios.....	142
10.	ETUDE CONTRACTUELLE.....	142
10.1	Scénario 0 : Référence	142
10.2	Scénario 1 : Référence + EPS Ville Evrard + la Roseraie.....	144
10.3	Scénario 1 - Variante 1 : Référence + EPS Ville Evrard + la Roseraie + cession Ville Evrard	145
10.4	Scénario 2 : Référence + Densification + Extensions denses.....	146
10.5	Scénario 2 - Variante 2 : Référence + Densification + Extensions denses + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie.....	147
10.6	Synthèse de l'analyse contractuelle.....	148
11.	CONCLUSION.....	149
12.	TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX.....	151
13.	ANNEXES.....	156

1. PREAMBULE

1.1 Contexte de la mission

Occupant une part de plus en plus importante au sein des préoccupations mondiales, le changement climatique est le résultat de l'influence des gaz à effet de serre produits par les activités humaines sur le climat de la terre. Ce changement climatique se traduit par plusieurs phénomènes : modification des températures à la surface de la terre, fonte des neiges et des glaces, perturbation des régimes de précipitations, etc.

Pour limiter l'impact qu'aura le réchauffement climatique sur nos sociétés, les pays du monde se sont engagés, par l'accord de Paris, à réduire drastiquement leurs émissions de gaz à effet de serre. Le réchauffement climatique trouve sa cause dans la production de gaz à effet de serre dont environ 70% résulte de la consommation d'énergies fossiles. C'est l'utilisation de charbon, de pétrole et de gaz qui rend la croissance non soutenable.

La commune de Neuilly-Sur-Marne s'inscrit dans un projet d'aménagement et de développement durables, lui permettant ainsi de définir un programme d'actions afin de définir les orientations générales des politiques d'aménagement, de fixer des objectifs chiffrés de modération de la consommation de l'espace et de lutte contre l'étalement urbain, de maîtriser le développement urbain en respectant l'identité des quartiers et d'offrir un cadre de vie agréable et respectueux de l'environnement.

La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) décrit la feuille de route de la France pour conduire la politique d'atténuation du changement climatique. Elle donne des orientations pour mettre en œuvre la transition vers une économie bas-carbone dans tous les secteurs d'activités. Elle définit des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la France à court/moyen terme et vise l'atteinte de la neutralité carbone, c'est-à-dire zéro émission nette, à l'horizon 2050.

Pour atteindre cet objectif, il sera nécessaire de réduire les consommations d'énergie, en priorisant la baisse de consommation des énergies les plus carbonées, et de substituer aux énergies fossiles des énergies décarbonées.

Le secteur résidentiel tertiaire est le secteur le plus consommateur d'énergie et le deuxième le plus émetteur de gaz à effet de serre en France (19% des émissions nationales en 2015, et 28% en ajoutant aux émissions directes, les émissions liées à la production d'énergie consommée dans les bâtiments). La SNBC définit une trajectoire ambitieuse de réduction des émissions de ce secteur avec un objectif de -49% en 2030 par rapport à 2015 et l'atteinte de la décarbonation complète de l'énergie consommée dans les bâtiments en 2050.

La production d'énergie génère en 2015 environ 100% des émissions de gaz à effet de serre nationales notamment liées au fait que les pointes hivernales conduisent à faire appel à des moyens de production carbonés. La stratégie vise une réduction de 33% des émissions du secteur en 2030 par rapport à 2015 et une décarbonation quasi-complète de la production d'énergie à l'horizon 2050.

Pour cela, la Stratégie Nationale Bas-Carbone prévoit la décarbonisation et la diversification du mix énergétique, tout en poursuivant le développement des énergies renouvelables et de récupération, ainsi qu'en identifiant par territoire les besoins en termes de réseaux de chaleur et de froid.

En outre, l'article 194 de la loi n°2015 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte rend obligatoire la réalisation du schéma directeur par les collectivités propriétaires d'un réseau de chaleur en service au 1er janvier 2009. Le schéma directeur facilitera également l'instruction des demandes de subvention au titre du fonds de chaleur ADEME.

La commune de Neuilly-sur-Marne s'inscrit dans cette démarche et a lancé la réalisation du présent schéma directeur. Il permettra de faire un état des lieux des réseaux de chaleur présents sur le territoire, d'identifier les besoins et d'étudier les différents scénarios de développement des réseaux de chaleur vertueux présents sur le territoire, dont le but de pérenniser un taux de couverture supérieure à 50% dans le mix énergétique du réseau, étendre le réseau pour bénéficier d'un effet échelle propice à une maîtrise des coûts et envisager de nouveaux investissements sur les équipements de production géothermaux et de garantir un tarif attractif permettant de raccorder les programmes immobiliers.

En parallèle, la ville de Neuilly-sur-Marne a également lancé une étude pour évaluer la faisabilité et la pertinence technico-économique de la création d'un réseau de froid sur son territoire à partir des sources d'énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) pour la production de froid.

Les étapes clés de ces études sont :

- L'évaluation de la ressource
- Le recensement des besoins énergétiques (existants et à venir à l'horizon 2050)
- L'élaboration des différents scénarii d'évolution avec leurs impacts techniques, économiques, environnementaux et contractuels

Ce schéma directeur s'inscrit dans une démarche d'assistance auprès de la ville de Neuilly-sur-Marne pour leur permettre de disposer des éléments offrant une vision sur le développement du réseau à l'horizon 2042 (fin de la concession) et la préservation des performances environnementales en considérant les aspects techniques, environnementaux et économiques.

1.2 Enjeux du schéma directeur

Le présent schéma directeur consiste en une projection pluridisciplinaire sur le devenir des réseaux de la Commune de Neuilly-Sur-Marne à horizon 2042, soit la date de fin du contrat de concession.

La projection réalisée prend notamment en compte l'évolution des besoins en énergie, le retard de développement de la ZAC Maison Blanche, la disponibilité des ressources renouvelables et de récupération, les possibilités de densification, d'extension et d'interconnexion, ainsi que la programmation de travaux.

Les enjeux particuliers identifiés sont les suivants :

- **Socio-économiques**
 - Continuité de service et confort des usagers
 - Coûts de chaleur compétitifs et homogènes
 - Lutte contre la précarité énergétique
 - Solutions pérennes sur le plan économique
- **Energétiques et environnementaux**
 - Réduction des émissions de GES du secteur résidentiel
 - Déploiement des EnR&R : la SNBC fixe des objectifs volontaristes et ambitieux de diminution des gaz à effet de serre et des énergies fossiles
 - Adéquation et faisabilités des solutions proposées
- **Juridico-financiers**
 - Investissements importants
 - Charges d'exploitation optimisées
 - Montages contractuels et financiers adaptés
- **Aménagement du territoire**
 - Extension du service public et commercialisation du réseau
 - Indépendance et maîtrise de la demande énergétique

2. RENSEIGNEMENTS GENERAUX RELATIFS A L'ETUDE

2.1 Présentation des principaux interlocuteurs du réseau

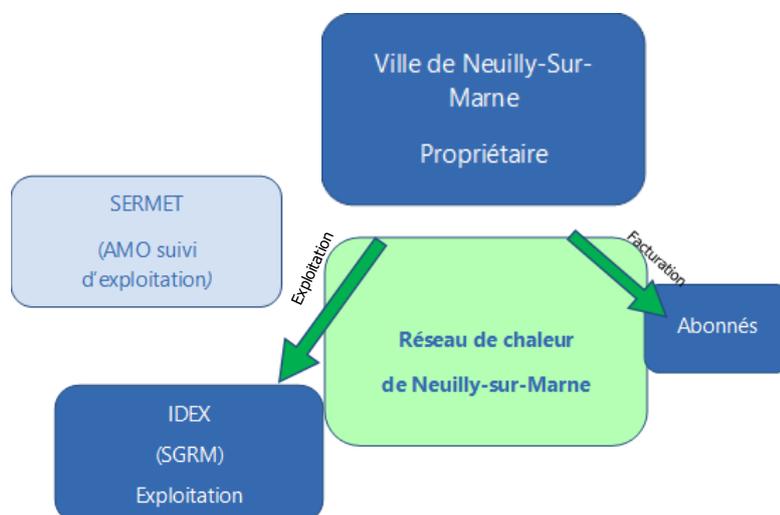
La ville de Neuilly-sur-Marne est l'autorité délégante du réseau de chaleur qui alimente le quartier des Fauvettes et la nouvelle zone de l'est Nocéen. Ce réseau est exploité en Délégation de Service Public par la société SGRM, filiale du groupe IDEX.

La production thermique du réseau de chaleur est à l'heure actuelle assurée par les sources suivantes :

- Géothermie
- Pompe à chaleur

- Chaufferie gaz appoint Est Nocéen
- Chaufferie gaz appoint-secours des Fauvettes

Le schéma structurel des interlocuteurs principaux peut se représenter de la manière suivante :



En 2020, le réseau alimente 5 389 logements (bailleurs et copropriétés), ainsi que des bâtiments communaux, du conseil général et commerciaux, pour un total de 56 693 MWh livrés¹.

Maître d'ouvrage - Le délégant

Le Maître d'Ouvrage est la ville de Neuilly-sur-Marne.

Adresse principale : 1, Place François Mitterrand
93331 Neuilly-sur-Marne

Les interlocuteurs sont les suivants :

Marie-Agnès AUBIN	Responsable du Service Transition Énergétique	marie-agnes.aubin@neuillysurmarne.fr
Sophie DEMEULLE	Directrice des Services Techniques	sophie.demeulle@neuillysurmarne.fr

¹ A noter une rigueur climatique particulièrement clémente sur l'année 2020. Pour une rigueur climatique standard de 2 300 DJU, la consommation 2020 s'élève à 68 198 MWh.

<i>Juline CHARNAY</i>	<i>Responsable du service Urbanisme et Développement Urbain</i>	<i>juline.charnay@neuillysurmarne.fr</i>
-----------------------	---	--

Délégataire

Le délégataire est la société SGRM filiale du Groupe IDEX

*Adresse principale : 3 avenue Jean Jaurès
93330 Neuilly-sur-Marne*

Les interlocuteurs sont les suivants :

<i>Anthony BILLON</i>	<i>Directeur d'Agence</i>	<i>anthony.billon@idex.fr</i>
-----------------------	---------------------------	-------------------------------

Assistance à Maîtrise d'Ouvrage pour l'étude

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

*Adresse principale : 1 Rue Séjourné,
94 000 CRETEIL*

Les interlocuteurs sont les suivants :

<i>Sébastien RODE</i>	<i>Directeur Adjoint</i>	<i>06 33 11 51 28 srode@manergy.fr</i>
<i>Thibaud DUBOIS</i>	<i>Responsable d'Opérations</i>	<i>06 77 92 13 40 tdubois@manergy.fr</i>
<i>Alex CHARPIGNON</i>	<i>Chargé d'affaires</i>	<i>06 74 32 49 53 acharpignon@manergy.fr</i>
<i>Julie SCHWARTZ</i>	<i>Chargée d'affaires</i>	<i>07 61 76 63 38 jschwartz@manergy.fr</i>

2.2 Constitution d'un comité de pilotage du schéma directeur

L'élaboration du schéma directeur du réseau de chaleur de la Ville de Neuilly-sur-Marne se fera dans la concertation de l'ensemble des acteurs suivants :

- Ville de Neuilly-sur-Marne :
 - Mme AUBIN
 - Mme DEMEULLE
 - Mme CHARNAY
- SERMET :
 - M. RODE
 - M. DUBOIS
 - M. CHARPIGNON
 - Mme SCHWARTZ

2.3 Déroutement de l'étude

Le présent mémoire vise à rendre compte des éléments suivants sur le réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne :

- Le diagnostic contractuel et technico-économique du réseau,
- Les évolutions et développements envisagés,
- Evaluer l'existence de sources EnR&R complémentaires sur le territoire (ex : chaleur fatale, eaux usées, ...)
- Fournir des pistes de réflexion sur les sujets du compte P3 et des droits de raccordements de la concession en cours
- L'analyse économique et l'évolution contractuelle des scénarii de développements.

3. AUDIT DU RESEAU

3.1 Contexte et historique du réseau

3.1.1 Historique

En signant et en ratifiant le protocole de Kyoto, la France s'est engagée vis-à-vis de la communauté internationale à retrouver d'ici 2008-2012 ses émissions de gaz à effet de serre de 1990.

Contenir la dérive climatique supposera d'aller au-delà, une division par 2 des émissions mondiales est l'ordre de grandeur minimal à atteindre, ce qui se traduit dans un pays comme le nôtre par une division par 4 (si on admet que l'effort à partager est le même pour tous). Par la voix de son premier ministre en 2003, la France s'est engagée à satisfaire cet objectif d'ici 2050.

La fin des années 70 et le début des années 80 furent synonymes d'une crise énergétique coûteuse pour les pays dépendants des tarifs de l'OPEP ; de ce fait, les pouvoirs publics français orientèrent la politique énergétique vers de nouveaux choix. En région Ile-de-France, eurent lieu des études d'inventaire des ressources géothermiques (leurs existences étant connues depuis les 1ères prospections pétrolifères dans le bassin parisien).

Le réseau de chaleur de la Ville de Neuilly-sur-Marne a été créé dans les années 70.

L'Ile de France bénéficie d'une ressource géothermale très intéressante située dans le réservoir du Dogger. Elle a été mise en exploitation par la réalisation de forages de doublets alimentant des réseaux de chaleur.

La technique du doublet consiste à réaliser deux puits mis simultanément en action dans un même aquifère, l'un pour la production, l'autre pour la réinjection.

Actuellement, il subsiste encore en Ile de France plus d'une quarantaine de doublets en fonctionnement qui exploitent l'aquifère du Dogger.

La Ville de Neuilly-sur-Marne a lancé un projet ambitieux de réaménagement de l'Est Nocéen pour lequel elle a fixé des objectifs environnementaux importants. La collectivité a décidé en ce sens la création d'un nouveau réseau de chaleur à base de géothermie au dogger afin d'assurer le chauffage et le réchauffage de l'eau chaude sanitaire des constructions neuves et des réhabilitations.

Par ailleurs, le quartier des Fauvettes de Neuilly-sur-Marne a subi de profondes modifications dans le cadre du Programme de Rénovation Urbaine (P.R.U) engagé depuis plusieurs années, qui se poursuit dans les années à venir avec le Nouveau Programme National de Renouvellement Urbain (NPNRU). Ce quartier des Fauvettes et le secteur centre-ville de Neuilly-sur-Marne étaient historiquement desservis par un réseau de chaleur (haute pression) existant. Ce réseau, créé dans les années 70, disposait d'une centrale thermique et d'un réseau de distribution à eau surchauffée.

Dans ce contexte, la Ville de Neuilly-sur-Marne a souhaité appréhender de façon commune le futur quartier de l'Est-Nocéen et le quartier des Fauvettes et du centre-ville. La Ville a donc décidé de créer un unique réseau de chauffage urbain à base de géothermie, et a délégué à la société S.G.R.M. (Société Géothermale des Rives de Marne) la concession de travaux publics pour la création du réseau de géothermie.

En conséquence, la concession de travaux publics comprend la création du réseau de chaleur sur l'Est Nocéen, la transformation du réseau existant du quartier des Fauvettes et du centre-ville, ainsi que l'exploitation et la gestion des installations et du service public de chauffage urbain.

La convention a été signée le 25 juin 2012 avec une prise d'effet au 1er juillet 2012, pour une durée initiale de trente (30) ans. Cette concession comprend :

- La réalisation d'un doublet de géothermie au Dogger,
 - La création du réseau de chaleur sur l'Est Nocéen,
 - La transformation du réseau du quartier des Fauvettes et du Centre-Ville,
 - L'exploitation et la gestion des installations et du service public de chauffage urbain.
-
- 1^{er} juillet 2012 : Attribution de la concession à la Société Géothermale des Rives de Marne (SGRM), dont le groupe IDEX est propriétaire à 100%, pour une durée de 30 ans.
 - Eté 2013 : lancement des travaux du double géothermal.
 - 2013 : La commune de Neuilly-sur-Marne compte 40% de logements sociaux, dont plus de la moitié se situe dans le quartier des Fauvettes, Ce quartier est en pleine mutation dans le cadre du programme de Rénovation Urbaine : il s'agit en particulier de démolir 349 logements anciens puis de créer 507 appartements neufs. En parallèle, l'arrêt de certaines activités hospitalières dans le quartier de l'Est Nocéen libère des terrains et permet de réaménager la zone, avec notamment la construction d'un écoquartier. Les aménageurs souhaitent intégrer à cet écoquartier une production d'énergie renouvelable.
 - Eté 2014 : Construction de la chaufferie géothermale pour alimenter en chaleur à la fois les Fauvettes et l'Est Nocéen
 - Eté 2014-2015 : conversion du réseau de chaleur haute température et haute pression à un réseau basse température et basse pression
 - 1^{er} février 2015 : Mise en service du doublet géothermal, couplée à la pompe à chaleur.

Le réseau, exploité par SGRM depuis le 1^{er} juillet 2012 jusqu'au 30 juin 2042, est désormais majoritairement alimenté par un doublet géothermique au Dogger, couplé à une pompe à chaleur et des chaudières gaz d'appoint-secours.

Le réseau s'est converti de la haute température (eau surchauffée : 200 °C) et haute pression (30 bars) à la basse température (<110°C) et à la basse pression (10 bars). Cette mutation technique a entraîné la rénovation du réseau enterré existant.

La centrale de production se situe au nord de l'ancien hôpital Maison Blanche, l'ancienne chaufferie dite des Fauvettes fournissant désormais une alimentation d'appoint au réseau.

La Ville de Neuilly-sur-Marne a lié cette nouvelle Concession de Travaux Publics à un développement urbain ambitieux de son territoire. En effet, en lieu et place de l'ancien hôpital psychiatrique Maison-Blanche, situé à l'est de la commune, doit se créer un écoquartier desservi par la future station de métro hôpitaux de la ligne 11. Les premières livraisons de bâtiments, initialement prévues en 2018, ont eu lieu en 2020, et devraient s'achever en 2030. La collectivité a décidé en ce sens la création d'un nouveau réseau de chaleur à base de géothermie au dogger afin d'assurer le chauffage et le réchauffage de l'eau chaude sanitaire des constructions neuves et des réhabilitations.

La proximité de la centrale géothermale avec ce projet d'écoquartier fut une décision délibérée : il s'agit de raccorder l'ensemble des nouveaux bâtiments, équipements publics et commerces au réseau de chaleur afin que l'Est Nocéen affiche un bilan environnemental exemplaire.

A l'issue du projet, le nombre d'équivalent-logements desservis par SGRM devrait avoir doublé, tout comme le nombre de mètres linéaires du réseau.

Les engagements de SGRM auprès de la ville de Neuilly-sur-Marne :

- Exploiter le service de production, de transport et de distribution d'énergie calorifique sur la durée de la concession.
- Assurer la construction, la gestion et l'exploitation des ouvrages de la Délégation de Service Public, la sécurité, le bon fonctionnement, l'entretien et la répartition de ces biens de retour.
- Produire de la chaleur issue d'énergies locales et renouvelables à plus de 50% et faire bénéficier aux abonnés du réseau d'une TVA à 5,5% sur la totalité de la fourniture d'énergie.
- Conserver un tarif compétitif et moins volatil que les énergies fossiles par le maintien du mix énergétique du réseau.
- Offrir un service public local de qualité et une présence locale des équipes d'exploitation.
- Développer et densifier le réseau auprès de nouveaux clients, copropriétés, bailleurs, équipements publics et bâtiments à usage de bureaux afin de faire bénéficier au plus grand nombre d'utilisateurs les avantages du réseau de chaleur.
- Améliorer la qualité de l'air en produisant une énergie propre respectueuse de l'environnement et des exigences de santé publique.
- Développer l'efficacité énergétique, c'est-à-dire la rationalisation des énergies.

La ville de Neuilly-sur-Marne a confié la création et l'exploitation de la centrale géothermale de l'Est Nocéen et du réseau correspondant à IDEX ENERGIES, via sa filiale SGRM de 2012 à 2042.

Jusqu'à 7°C de température extérieure, le couple géothermie + PAC suffit à alimenter l'ensemble des abonnés pour leur besoins en chauffage et eau chaude sanitaire. En deçà, le gaz vient en appoint de ces énergies pour assurer la fourniture.

Depuis février 2015, le puits de géothermie profonde de Neuilly-sur-Marne alimente le réseau de chaleur municipal et constitue sa principale source d'énergie.

3.1.2 Périmètre du service

Le périmètre de la concession s'étend sur l'ensemble du territoire de la commune de Neuilly-sur-Marne.



Figure 1 : Périmètre du service

3.1.3 Présentation des usagers du réseau

Les abonnés du réseau sont répartis sur la commune de Neuilly-sur-Marne tels que représentés sur le plan du réseau et le tableau suivant :

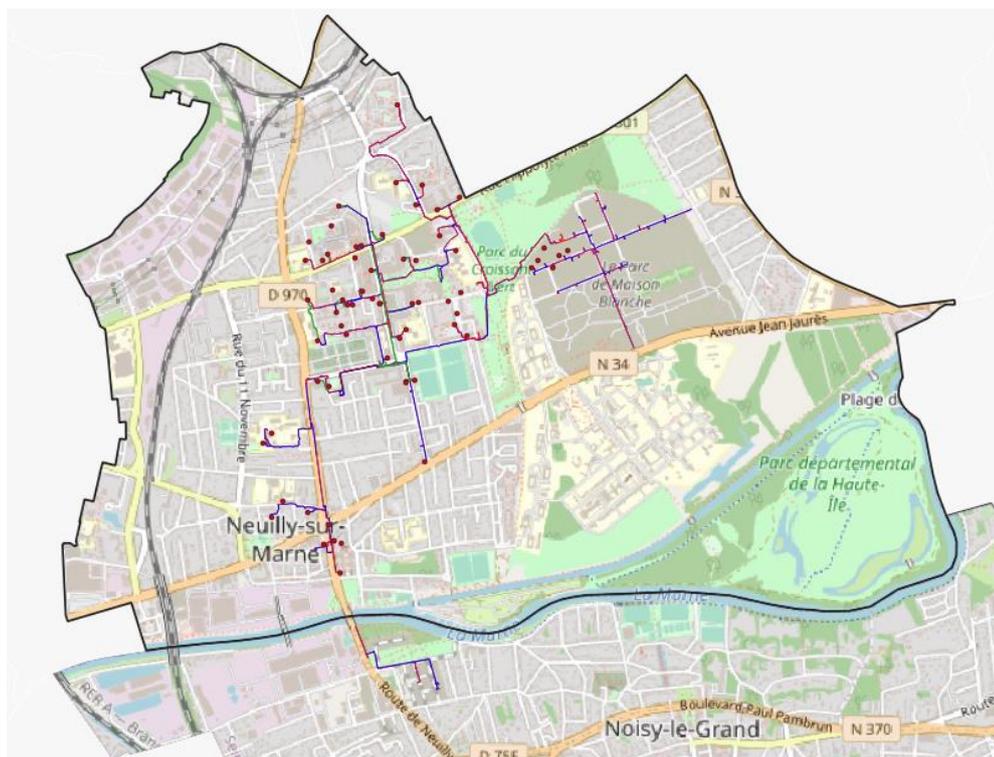


Figure 2 : Réseau de Neuilly-sur-Marne et ses abonnés au 31/12/2020

Les puissances souscrites, ainsi que leurs répartitions sur le réseau par type d'abonnés, au 31 décembre 2020, sont indiquées ci-dessous :

Type d'abonné	Puissance Souscrite (kW)
Bailleur	19 502
Commerce	304
Conseil Général	1 259
Copropriété	16 486
Ville	8 654
Total	46 205

Tableau 1 : Puissance souscrite par type d'abonné au 31/12/2020

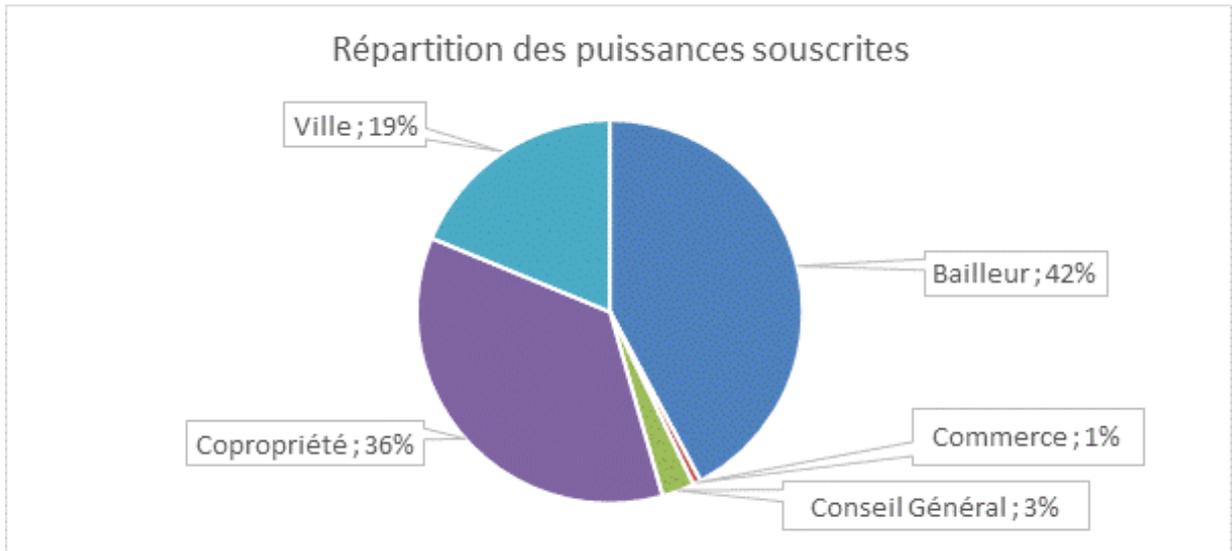


Figure 3 : Répartition des puissances souscrites par type d'abonné au 31/12/2020

3.1.4 Développements prévus

Les développements présentés ci-dessous pour le réseau de Neuilly-sur-Marne sont d'ores et déjà contractualisés. Ils ne seront donc pas considérés en tant que prospects de ce schéma directeur mais pris en compte dans le scénario de référence qui modélise l'état actuel et futur du réseau.

3.1.4.1 ZAC Maison Blanche

Les raccordements prévus sur la ZAC Maison Blanche suivent le rythme de livraison des bâtiments par l'aménageur Grand Paris Aménagement. Ces dernières se décomposent en 5 phases :



Figure 4 ; Phases de la ZAC Maison Blanche

Initialement, un total de 4 200 logements était prévu sur l'ensemble de la ZAC. Or une évolution à la baisse est fortement pressentie sur ce nombre. Afin de prendre une sécurité vis-à-vis du développement de la ZAC Maison Blanche, qui a, comme évoqué précédemment, déjà fait preuve de changements imprévus, une estimation pessimiste de 3 800 logements a été prise en compte dans l'étude des besoins futurs sur le réseau, soit environ 8,6MWh.

Au moment de la réalisation du présent schéma directeur, le détail exact du nombre de logements et équipements prévu par phase n'est connu que pour les 2 premières phases. Les informations connues sont les suivantes :

- Phase 1 :
 - 1176 logements
 - 106 logements étudiants
 - 1 école maternelle 8 classes - 2600m²
 - 1 crèche 40 berceaux - 600m²
- Phase 2 :
 - 668 logements
 - 1 GS 2024/2025 au Nord - 2600m²
 - 1 conservatoire / Pôle Culturel au Sud - 2780m²
- Phase 4 :
 - 1 GS2 sans terrain en 2027/2028 - 2600m²

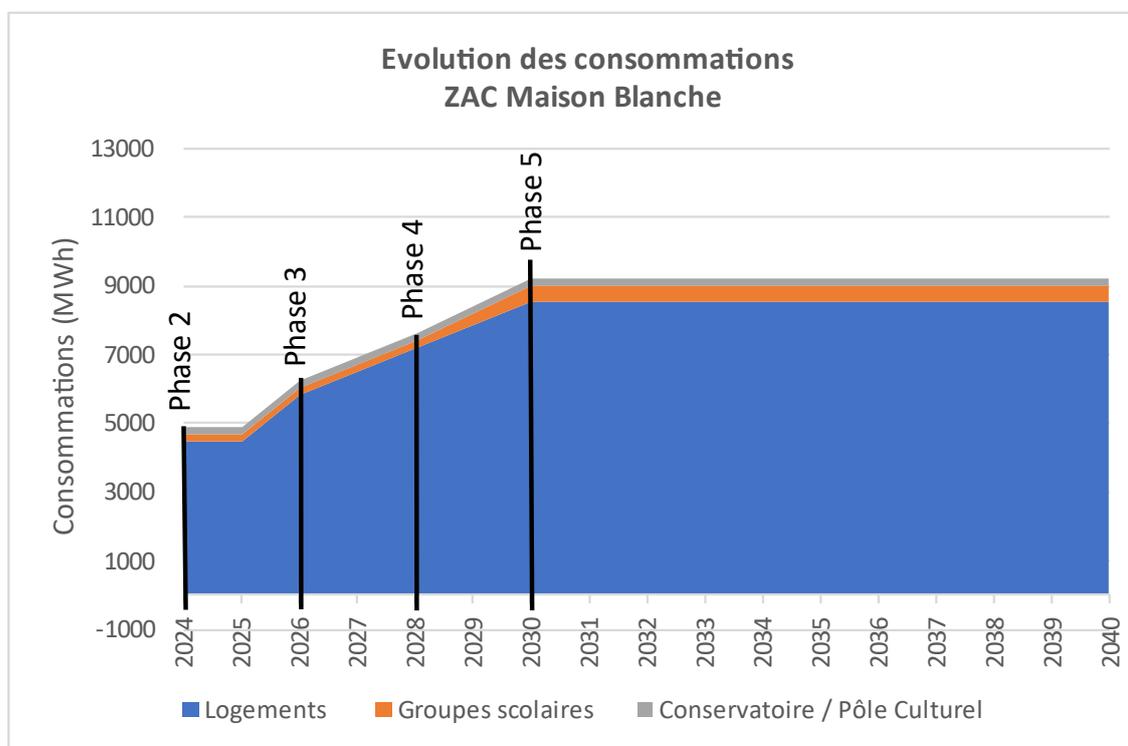


Figure 5 ; Evolution des besoins de la ZAC Maison Blanche par type de bâtiment

3.1.4.2 Export vers l'écoquartier Ile de Marne

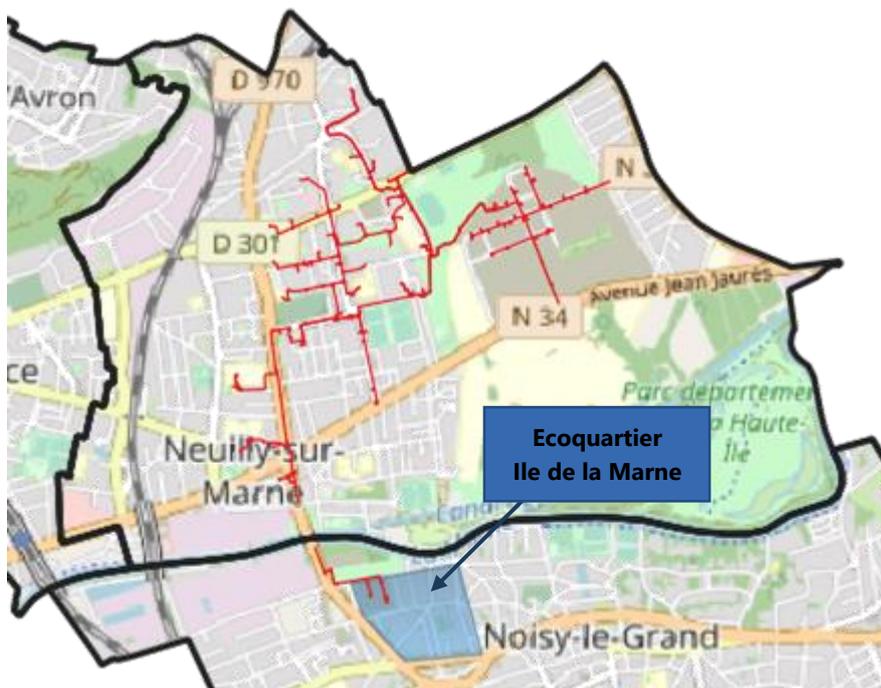


Figure 6 : Futur écoquartier Ile de Marne

L'écoquartier Ile de Marne, inscrit au PLU (plan local d'urbanisme) de Grand Paris Grand Est,

Conformément aux données issues du compte d'exploitation prévisionnel de l'export vers Noisy-le-Grand, la consommation prévue pour le raccordement de l'écoquartier Ile de Marne est de 2,6 GWh à partir de 2024, pour une puissance souscrite de 1 329 kW.

Les raccordements sont prévus de 2021 à 2024 avec l'évolution suivante :

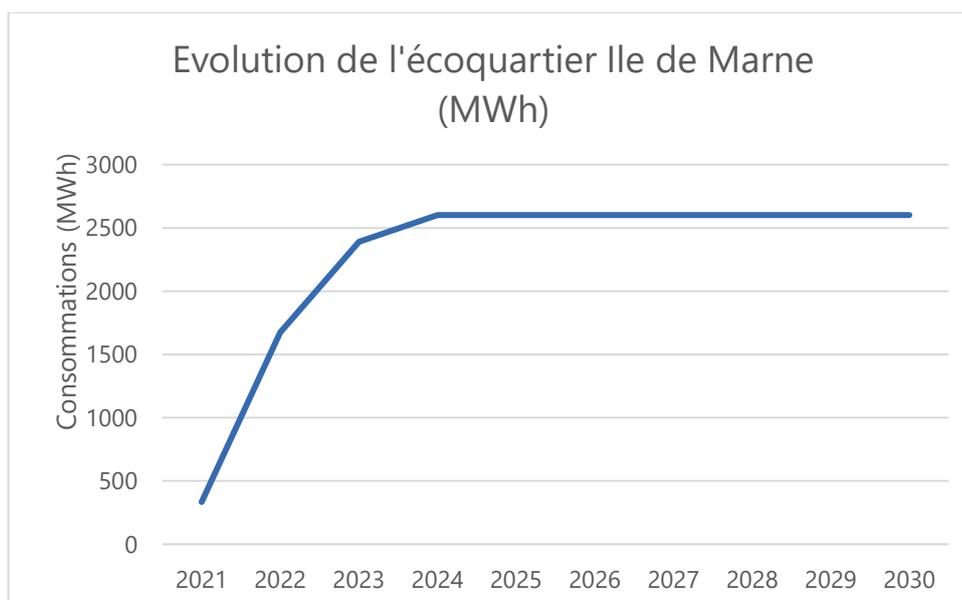


Figure 7 : Evolutions prévue des besoins de l'écoquartier Ile de Marne (Noisy-le-Grand)

3.2 Grille d'indicateurs de performance du réseau

La grille d'indicateurs de performance du réseau montre les aspects positifs et ceux à améliorer du réseau. Les données du CEP de l'avenant 1 sont reprises et comparées aux données de l'exercice 2020 afin d'identifier les écarts de performances par rapport aux prévisions.

3.2.1 Assurer les besoins des abonnés en chaleur et en eau chaude sanitaire

N°	Indicateur	Evaluation	
1.1	Taux d'appel de puissance	$\frac{\text{Puissance maximale appelée}}{\text{Puissance maximale de production}}$ <p>La puissance maximale de production est calculée en sommant les puissances nominales de chacune des installations de production centralisées, ainsi que les chaufferies décentralisées.</p> <p>La puissance maximale appelée est calculée en considérant une rigueur climatique théorique de 2300 DJU et une température extérieure de base de -7°C.</p>	Taux : 41 %
	Durée d'utilisation équivalente à pleine puissance	$\frac{\text{Quantité de chaleur livrée}}{\text{Puissance maximale appelée}}$ <p>Les calculs sont effectués à partir du bilan énergétique théorique pour 2450 DJU et une température extérieure de base de -7°C.</p>	Nombre d'heures équivalent d'utilisation : 3 213 h
1.2	Taux d'interruption pondérée du service	$\frac{\text{Somme des heures d'arrêt pondérés des puissances souscrites}}{\text{Période de fonctionnement} \times P_{\text{souscrite totale}}}$	0,0 %
	Taux d'interruption locale du service	$\frac{\text{Nombre d'heures d'arrêt}}{\text{Nombre d'heures de fonctionnement}}$	0,1 %
	Taux d'arrêt programmés par rapport aux arrêts effectifs	$\frac{\text{Nombre d'heures d'arrêts programmés}}{\text{Nombre d'heures d'arrêts effectifs}}$	100 %
1.3	Puissance installée au km	$\frac{P_{\text{installée totale}}}{\text{Longueur réseau distribution}}$	2,8 MW/km
	Densité	$\frac{\text{Quantité de chaleur livrée}}{\text{Longueur réseau distribution}}$	3,5 MWh/ml
	Développement	$\frac{P_{\text{souscrite totale 2020}} - P_{\text{souscrite totale 2013}}}{P_{\text{souscrite totale 2013}} \times \text{Nb d'exercices}}$	4%

3.2.2 Préserver durablement le cadre de vie et le milieu naturel et assurer la sécurité

N°	Indicateur	Evaluation	
2.1	Bouquet énergétique	$\frac{\text{Production d'une centrale}}{\text{Production totale}}$	20,1% Gaz 0,1% Fod 60,5% Géothermie 19,3% PAC
	Emission de CO₂	$\frac{\text{Quantité de CO}_2 \text{ rejetée}}{\text{Quantité d'énergie entrante}}$	0,064 kg/kWh
2.2	Facteur ressource primaire	$\frac{\text{Quantité d'énergie non renouvelable consommées}}{\text{Quantité d'énergie livrée}}$	42%
	Consommation d'eau	$\frac{\text{Quantité d'eau d'appoint consommée}}{\text{Quantité d'énergie fournie par le réseau}}$	0,092 m ³ /MWh
2.3	Coût des sinistres	$\frac{\text{Coût des sinistres TTC}}{\text{Part fixe des recettes tarifaires}}$ <ul style="list-style-type: none"> Pas de sinistre déclaré 	0 €
	Fréquence et gravité des accidents de travail	$\text{Nombre de jours d'arrêt de travail}$ <ul style="list-style-type: none"> Information non communiquée 	

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

N°	Indicateur	Evaluation	
3.1	Renouvellement des installations	$\frac{\text{Montant des travaux GER TTC}}{\text{Sommes des R2 perçus TTC}}$	7,5 %

3.2.4 Satisfaire les attentes de service des abonnés et usagers

N°	Indicateur	Evaluation	
4.1	Prix moyen de la chaleur	$\frac{CA (R1 + R2)}{\text{Quantité de chaleur livrée}}$	Secteur Fauvettes : 94,61 €TTC/MWh Secteur Maison Blanche ¹ : 214,28 €TTC/MWh
	Poids de la part proportionnelle	$\frac{R1 \text{ perçus TTC}}{CA (R1 + R2) \text{ TTC}}$	29 %
4.2	Enquête de qualité et satisfaction		Non connu
	Réclamations		0
4.3	Réunions avec les représentants des abonnés		Non connu
4.4	Actions et initiatives engagées par l'opérateur à l'attention des abonnés		Non connu

¹ Les abonnés du Secteurs Maison Blanche furent raccordés courant 2020, le prix de la chaleur au MWh n'est donc pas pertinent compte tenu de la faible consommation des bâtiments en comparaison à la part d'abonnements R2 réglée (87,5 % du total R1+R2). Le prix au logement sur la période de consommation incomplète de 2020 et de 364 €TTC/logement.

3.3 Contexte contractuel

3.3.1 Les différents intervenants

Les principaux intervenants sont :

- La ville de Neuilly-sur-Marne est l'autorité délégante du réseau de chaleur qui alimente le quartier des Fauvettes et la nouvelle zone de l'est Nocéen.
- La société SGRM, filiale du groupe IDEX, l'exploitant du réseau en Délégation de Service Public

3.3.2 Exploitation technique du réseau de chaleur

SGRM est l'exploitant du réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne, il assure l'ensemble des prestations nécessaires à l'exploitation, la conduite et la garantie totale de l'ensemble des installations, de production, de distribution et de livraison de chaleur constituant l'opération de géothermie.

Le contrat de base est une concession qui a été confié au Groupement IDEX / NeoElectra Group, dont le mandataire est la société IDEX Energies. La société dédiée SGRM a été créée pour assurer l'exploitation du réseau. La convention a été signée le 25 juin 2012 pour une prise d'effet le 1^{er} juillet 2012 et une durée contractuelle de 30 ans.

Cette concession comprend :

- La réalisation d'un doublet de géothermie au Dogger,
- La création du réseau de chaleur sur l'Est Nocéen,
- La transformation du réseau du quartier des Fauvettes et du Centre-Ville,
- L'exploitation et la gestion des installations et du service public de chauffage urbain

L'exploitant est chargé de

- L'optimisation de l'utilisation de la géothermie et la gestion des combustibles d'appoint
- L'optimisation de l'utilisation de l'énergie électrique (variation de débit)
- La conduite générale des installations, leur surveillance et le contrôle permanent des résultats avec restitutions périodiques au Maître d'Ouvrage et à son Bureau d'Etudes Techniques, et comprenant également toutes les informations requises par la réglementation en vigueur
- L'entretien courant, préventif et curatif, et la maintenance des installations
- Le gros entretien, les réparations et la garantie totale des installations (poste P3)

Les installations concernées et prises en charge par le Titulaire dans le cadre du marché d'exploitation sont les suivantes :

- La centrale géothermique, comprenant notamment les échangeurs géothermaux, la pompe de réinjection, ainsi que les installations en têtes de puits, la pompe d'exhaure et le système d'injection d'inhibiteurs de corrosion
- La chaufferie centralisée d'appoint et secours
- Toutes les sous-stations d'abonnés raccordées au jour de prise d'effet du contrat : échangeurs géothermiques et leur régulation, systèmes de production ECS, raccordements primaires, compteurs (énergie et m³ ECS)
- Les réseaux et sous-stations sur l'Est Nocéen
- La liaison entre le réseau de chaleur existant du quartier des Fauvettes et du centre-ville et l'Est Nocéen

3.3.3 Contrat de Délégation de Service Public

Contrat de base

Le contrat de concession a été confié au Groupement Idex / NeoElectra Group, dont le mandataire est la société Idex Energies. La société dédiée SGRM a été créée pour assurer l'exploitation du réseau.

La convention a été signée le 25 juin 2012 pour une prise d'effet le 1^{er} juillet 2012 et une durée contractuelle de 30 ans.

Avenant n°1 au contrat

Plusieurs évolutions/modifications aux conditions initiales de la Concession ont conduit SGRM et la Ville, à mettre au point l'avenant n°1 au contrat, qui intègre l'impact financier des problématiques ci-dessous. **Cet avenant a été validé au Conseil Municipal du 16 octobre 2015 et est entré en vigueur au 1^{er} novembre 2015.** Il impacte le contrat de la façon suivante :

- Subventions obtenues

En raison du durcissement des conditions d'attributions des subventions dans le cadre du Fonds Chaleur géré par l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, le montant de subventions attribué au projet au titre de la première tranche de travaux (2013-2016) s'élève à 5 991 000 euros au lieu de 7 566 000 euros initialement prévu par la Convention. Dans ce cas de figure, les conditions de revoyure du terme r24 sont fixées par l'Article 8.5.2.2 et l'Annexe 23 du contrat.

Les subventions attribuées par l'ADEME ont permis d'abaisser le prix de la chaleur sur le terme r24, cependant cette baisse est majorée de 3,81 € HT/kW par rapport à la valeur initialement prévue dans la convention.

- Taux de financement des travaux de 1^{er} établissement

Le taux de financement du projet, obtenu par SGRM auprès des établissements bancaires, est inférieur au taux attendu dans le contrat de concession : 3,2% contre 6%. Dans ce cas de figure, les conditions de revoyure sont fixées à l'article 2.1 de la Convention.

L'impact est de - 6,37 € HT/kW sur le terme r24.

- Actualisation du montant des investissements

En application de l'article 5.8.2 bis de la Convention, la Collectivité et le Concessionnaire ont convenus d'ajuster au début de l'année 2015 le terme r24a en fonction de l'actualisation du montant définitif des investissements de premier établissement à la charge du Concessionnaire (doublet géothermique, travaux de réseaux, chaufferie de l'Est Nocéen).

Cet ajustement abouti à une augmentation du terme R24a de + 0,51 € HT/kW.

- Température exhaure de la géothermie

La température d'exhaure du puits de géothermie atteinte et constatée après achèvement et mise en service du puits se situe entre 63,8°C et 64,2°C au lieu de 66°C, tel qu'initialement prévu par la Convention. En conséquence et en application de l'article 5.12.1 de la Convention, les taux de couverture des énergies (les coefficients) sont modifiés comme indiqué ci-dessous.

L'impact est de + 3,41 € HT/MWh sur le terme r1.

Le récapitulatif de l'impact sur la tarification de ces quatre ajustements est indiqué ci-dessous :

	Unité	Base	Avenant 1
R1géo	€HT/MWh	7.04	7.04
R1gaz	€HT/MWh	64.02	64.02
R1PAC	€HT/MWh	21.83	21.83
% Géo	% contractuel	60.67%	54.10%
% GAZ	% contractuel	21.47%	27.26%
% PAC	% contractuel	17.86%	18.64%
R1 (TOTAL)	€HT/MWh	21.92	25.33
R21	€HT/KW	7.02	7.02
R22	€HT/KW	28.56	28.56
R23	€HT/KW	14.15	14.15
R24a	€HT/KW	25.27	23.22
R24b	€HT/KW	53.00	53.00
R2 Fauvettes (TOTAL)	€HT/KW	75.00	72.95
R2 Est Nocéen (TOTAL)	€HT/KW	128.00	125.95

Tableau 2 : Récapitulatif de l'impact de l'avenant n°1 sur la tarification

- Indexation du tarif gaz et souscription des contrats gaz

Le tarif de vente de gaz règlementé S2S, sur lequel était indexée la révision mensuelle du tarif gaz de vente de chaleur sur le réseau, a pris fin au 31 décembre 2014. L'avenant n°1 prévoit :

- Une nouvelle formule de révision du tarif gaz
- Une méthodologie transparente de souscription des contrats gaz permettant aux abonnés d'obtenir un tarif compétitif :
 - Communiquer à la Collectivité, préalablement à la consultation pour approbation, les conditions techniques de consommation des sites et les hypothèses formulées
 - Procéder à la consultation préalable d'au moins trois fournisseurs,
 - Communiquer à la Collectivité, préalablement au choix final, les conditions techniques et économiques des propositions de chaque fournisseur consulté.

Conformément aux modalités de l'avenant n°1, SGRM a lancé une consultation transparente pour l'attribution du contrat gaz débutant le 01/01/18 à la société SAVE pour une durée de 2 ans.

3.3.4 Examen du contrat de concession au terme des 5 premières années et avenant 2

SGRM et la Ville de Neuilly-sur-Marne ont réalisé en 2018 l'examen des conditions du contrat au terme des 5 premières années d'exploitation, comme prévu à l'article 5.12.1 de la Convention de Concession.

Un certain nombre de dérives ont été identifiées par rapport au compte d'exploitation prévisionnel, qui ne sont pas actuellement de nature à remettre en cause l'équilibre économique du contrat. En conséquence, et en l'absence de fourniture par SGRM d'éléments complémentaires, la mise en œuvre d'un avenant à très court-terme n'est pas justifiée, hormis concernant l'adaptation du « Cahier des Charges type pour raccordement au réseau ».

Par la même occasion, la nécessité de la rédaction d'un Avenant n°2 au contrat de Concession fut évaluée. Les principales motivations de la rédaction de ce second avenant sont :

- Des consommations observées sur le réseau inférieures aux niveaux attendus qui constituent un point de vigilance car un risque de déclenchement des clauses de révision présentées ci-dessous
- Le retard sur le cadencement de l'Est Nocéen, pour lequel est proposé un assouplissement de la méthode de calcul des droits de raccordement de la ZAC Est Nocéen.

- La définition des modalités d'export vers Noisy-le-Grand,
- La nécessité d'adaptations du « Cahier des Charges type pour raccordement au réseau »

L'avenant 2 au contrat de concession fut rédigé en concertation entre le délégataire SGRM, la ville de Neuilly-sur-Marne et son AMO le bureau d'étude SERMET. Cependant, au moment de la rédaction de ce schéma directeur, il n'a pas été signé par la ville.

3.3.5 Clauses de révision

Une révision du prix de la chaleur est prévue par le contrat de concession tous les cinq ans lorsque les conditions suivantes sont réunies :

- 1) Dans le cas où une réduction d'au moins -20% des consommations totales est observée par rapports aux prévisions du CEP
- 2) Dans le cas où une réduction d'au moins -15% des puissances souscrites totales est observée par rapports aux prévisions du CEP
- 3) Dans le cas où une réduction d'au moins -10% des puissances souscrites de l'Est Nocéen est observée par rapports aux prévisions du CEP (clause appliquée tous les 2 ans)

La 3^{ème} clause de révision, spécifique aux puissances souscrites de l'Est Nocéen, est appliquée tous les 2 ans à partir de 2017. Or le retard acquis sur la livraison de la ZAC Maison Blanche présage une révision des prix de la chaleur lors des prochains points d'avancement (2021, 2023, ...), et donc un risque élevé d'augmentation du prix de la chaleur du réseau.

L'avenant 2 a été rédigé afin de permettre de sécuriser le prix de la chaleur par les moyens suivants :

- Actualiser le planning de cadencement de l'Est Nocéen dans le CEP, permettant ainsi de réduire les écarts de consommation et puissances souscrites par rapport au CEP
- Intégrer aux puissances souscrites de l'Est Nocéen les puissances de l'export vers Noisy-le-Grand ainsi qu'une part des nouvelles puissances souscrites du secteur Fauvettes.

Tel que rédigé au 31/12/2021, la signature de l'avenant 2 permettrait ainsi d'éviter une révision des prix de la chaleur jusqu'à 2023.

Note :

Les modifications du contrat de concession prévues à la suite de la signature de l'avenant 2 furent prises en compte dans les analyses contractuelles et économiques de chaque scénario.

3.3.6 Traité de Concession d'Aménagement

Le Traité de Concession d'Aménagement de la ZAC Maison Blanche a été signé entre la Ville et l'aménageur Grand Paris Aménagement.

Ce traité précise notamment les responsabilités de Grand Paris Aménagement vis-à-vis de la Concession SGRM, telles que le respect du calendrier de souscriptions des polices d'abonnement des lots auprès du concessionnaire du réseau de chaleur SGRM.

En cas de retard dans ce calendrier de souscription, le traité prévoit l'application de pénalités de la Ville auprès de GPA.

Aussi, SGRM pourra justifier d'un manquement de la Ville dans la bonne tenue du calendrier de développement de la ZAC Maison Blanche, entraînant un niveau de puissances souscrites inférieur de plus de 10% par rapport au niveau prévisionnel attendu dans le compte d'exploitation prévisionnel contractuel de la Concession SGRM. Conformément au contrat de Concession, un tel écart permet à SGRM de réajuster la tarification de la redevance R2.

La compétence du Traité de Concession d'Aménagement de la ZAC Maison Blanche fut transférée de la Ville vers l'Etablissement Public Territorial, via un avenant de transfert signé en 2019. La Ville reste responsable sur tout ce qui est en lien avec la concession de géothermie.

3.3.7 Police d'abonnement

Chaque abonné souscrit une police d'abonnement auprès du SGRM. Le traité d'abonnement est composé de deux documents :

- Les conditions particulières
- Les conditions générales
- Régime des abonnements

3.3.8 Conditions générales et particulières

Les conditions générales définissent les modalités tarifaires indiquées dans le règlement de service

Les conditions particulières du traité d'abonnement précisent les données propres à chaque abonné.

Annexe 1 : Police d'abonnement

3.3.9 Echéance

La concession de service public a débuté le 1^{er} juillet 2012 pour une durée de 30 ans, soit une fin de concession le 1^{er} juillet 2042.

3.4 Audit Technique

3.4.1 Principales caractéristiques du réseau existant

Le réseau de chaleur de la Ville de Neuilly-sur-Marne est composé de :

- La chaufferie historique des Fauvettes au gaz naturel et fioul domestique
- La centrale de l'Est Nocéen comprenant :
 - Une géothermie profonde au Dogger comprenant 2 échangeurs à eau de 6 MW chacun, pour une puissance actuelle du doublet géothermique de 12 MW
 - Une pompe à chaleur de 7,7 MW
 - Une chaufferie au gaz naturel (3 chaudières gaz de 6 MW chacune)

Désignation	
Longueur du réseau (ml de tranchée)	16 345
Nombre de sous-stations	72
Nombre d'équivalent-logements ¹	6 820
Puissance souscrite (kW)	46 205
Chaleur livrée (MWh/an)	56 693
Chaleur EnR géothermie livrée (MWh/an)	32 214
Taux d'EnR&R (géothermie+PAC)	2018 : 44,8 % 2019 : 67,7% 2020 : 71,7%
Densité globale du réseau	3,47

Tableau 3 : Synthèse des caractéristiques du réseau existant au 31/12/2020

3.4.2 Production

Les moyens de production du réseau de chaleur de la ville de Neuilly-sur-Marne sont les suivants :

- Centrale Est-Nocéen : composée d'un doublet de géothermie au Dogger couplée à une pompe à chaleur d'une puissance de 7,7 MW ainsi qu'une chaufferie de secours et d'appoint composée de 3 chaudières gaz de 6 MW unitaire, soit une puissance totale de 18 MW.

¹ Base de 10 MWh/logement, et une rigueur climatique de référence de 2 300 DJU.

- Chaufferie Fauvettes : chaufferie de secours et d'appoint composée de 3 chaudières mixtes gaz naturel / fioul domestique de 6 MW unitaire, soit une puissance totale de 18 MW.



Figure 8 : Vue aérienne de la Centrale Est-Nocéen



Figure 9 : Vue aérienne de la Chaufferie Fauvettes

Ces moyens de production ont permis en 2020 d'injecter sur le réseau de chaleur 57 GWh avec un taux EnR de 72%.

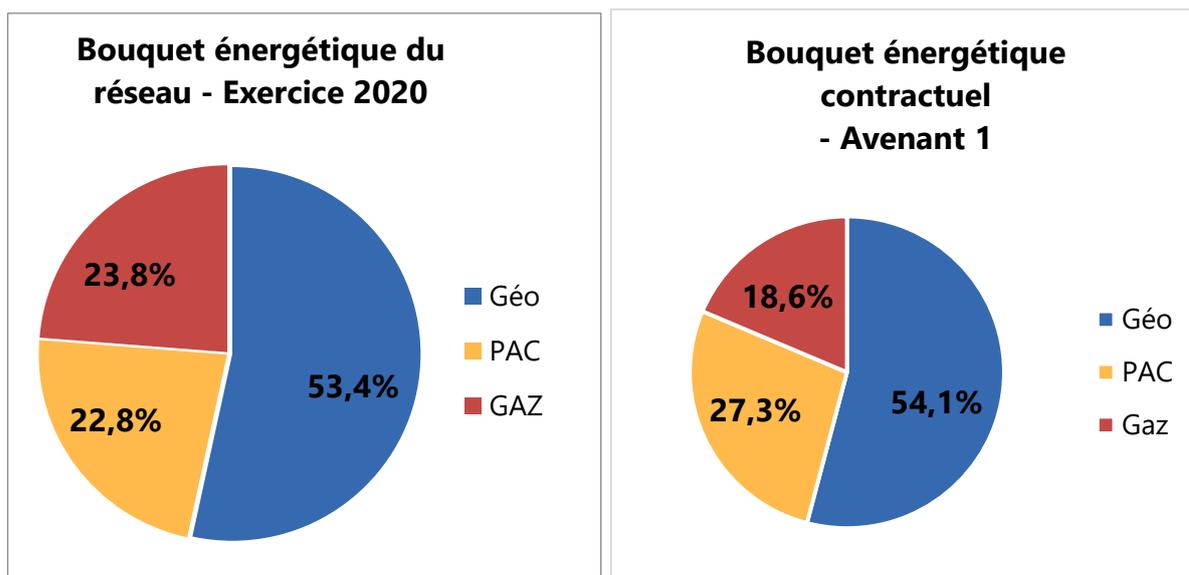


Figure 10 : Bouquet énergétique du réseau

3.4.2.1 Le doublet géothermique au Dogger

Le doublet de géothermie au Dogger couplé à une pompe à chaleur et à une chaufferie gaz (appoint/secours) situé sur la commune de Neuilly-sur-Marne se compose de deux puits : un producteur, duquel l'eau géothermale est extraite, et un injecteur, employé pour renvoyer l'eau géothermale vers l'aquifère du Dogger représentant un forage d'environ 1 650 mètres de profondeur.

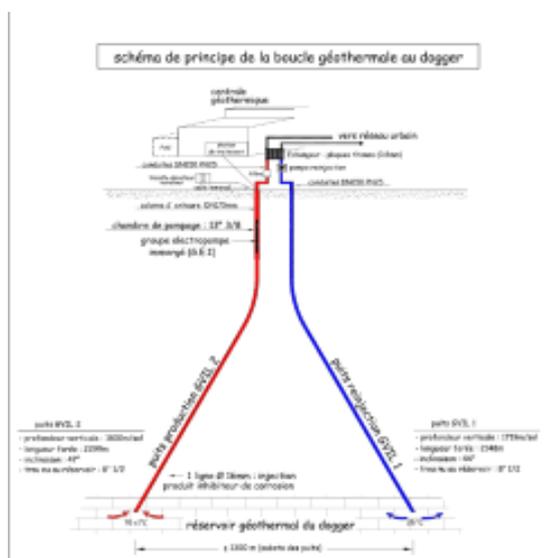


Figure 11 : Principe doublet géothermique

Le puits a été mis en service en février 2015.

DOUBLET DE NEUILLY-SUR-MARNE	
Température exhaure	64 °C
Température réinjection mini.	25 °C
Débit géothermal maxi	350 m3/h
Débit usuel réel	270 m3/h
Puissance maxi	16 MW

Tableau 4 : Caractéristiques actuelles du doublet géothermique

Le fonctionnement de principe de la centrale de géothermie est présenté dans le synoptique ci-dessous :

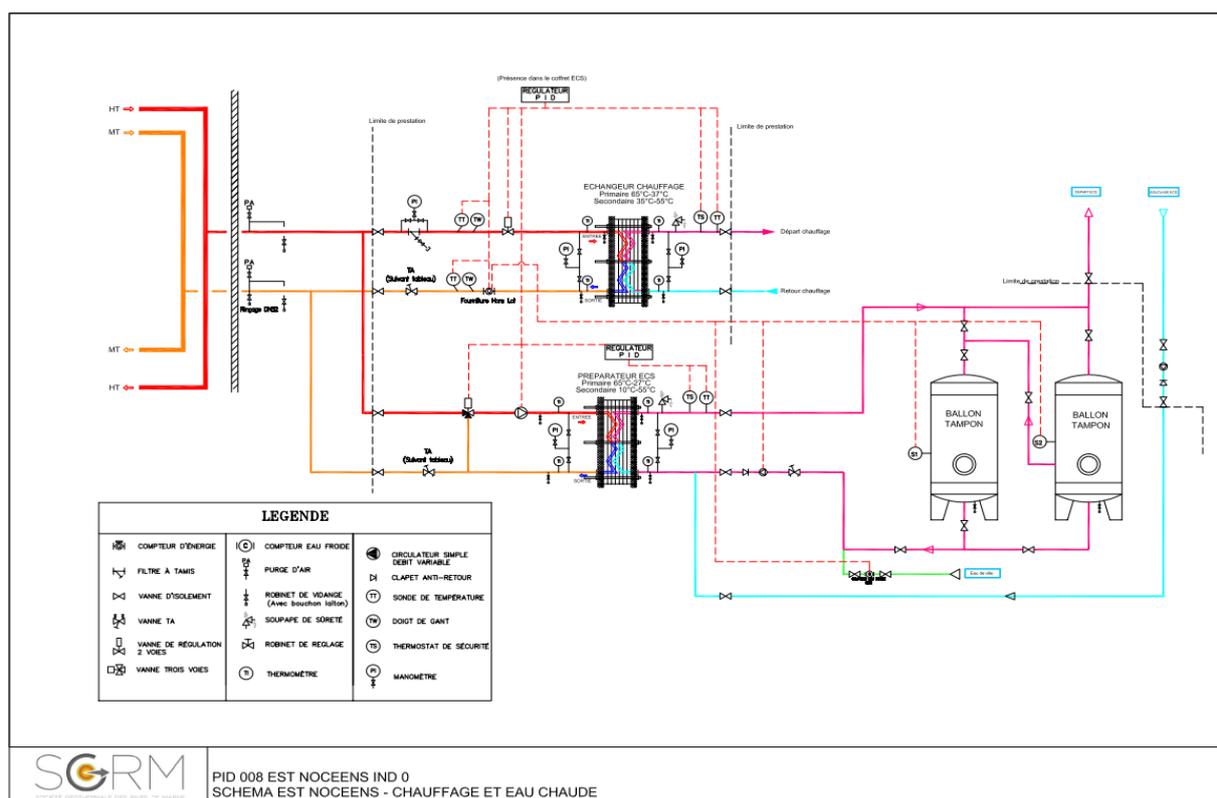


Figure 12 : Schéma de principe de la centrale géothermique d'Est Nocéen

La Centrale géothermique Est-Nocéen

- Local Géothermie

Les principaux équipements hydrauliques de la centrale de géothermie de l'Est Nocéen sont :

- La pompe exhauve immergée dans le puits producteur
- La pompe de réinjection du réseau géothermal située dans la centrale
- Les 2 échangeurs géothermaux qui fonctionnent en parallèle (2 x 6,027 MW)
- Compteur d'énergie réseau primaire Est Nocéen
- Compteur Energie Secondaire Echangeurs de Chaleur
- Les filtres
- Extraction Air Local Géothermale/Distribution

- Local Chaufferie

Les équipements du local chaufferie de la centrale de géothermie d'Est Nocéen sont :

- 3 chaudières gaz naturel de 6 MW chacune comprenant un bruleur Gaz et une pompe de charge
- Extracteur Air local chaufferie

- Local distribution

- Pompe filtre Désemboueur
- 3 pompes réseau distribution Fauvette (débit maxi : 400 m³/h)

- Local PAC

Les équipements du local PAC de la centrale de géothermie d'Est Nocéen sont :

- Compteur Energie pompe à chaleur
- Compteur Energie chaudière
- Compteur Energie réseau primaire Est Nocéen
- Compteur Energie retour primaire Chaud vers PAC
- Pompe à chaleur de 7,7 MW
- Pompe de circulation condenseur PAC
- Pompe de circulation évaporateur PAC
- Pompe de circulation refroidissement PAC

- Le local électrique

Les équipements du local électrique de la centrale de géothermie d'Est Nocéen comprennent :

- Transformateur HT n°1 avec une puissance de 1600 kVA
- Transformateur HT n°2 avec une puissance de 1600 kVA
- Transformateur pompe Exhaure (groupe électropompe immergé) avec une puissance de 800 kVA
- Transformateur PAC avec une puissance de 3150 kVA
- 2 disjoncteurs PAC T33 et T22
- Disjoncteur condenseur
- 3 Disjoncteurs pour les 3 transformateurs respectivement
- Compteur triphasé
- 3 onduleurs Est Nocéen
- 3 onduleurs Fauvettes
- Le variateur de la pompe exhaure
- Le variateur de la pompe de réinjection
- Les armoires électriques de commande

Annexe 2 : Schéma de principe Chaufferie Est Nocéen

3.4.2.2 Chaufferie des Fauvettes

Les principaux équipements de la chaufferie des Fauvettes sont les suivants :

- Les chaudières et leurs équipements
 - 3 chaudières mixtes gaz/FOD de 6 MW chacune
 - 3 pompes de recyclage des chaudières (1 par chaudière)
- Les équipements annexes
 - 3 pompes réseau :
 - 3 pompes à débit variable (350 m³/h 65 mCE)
 - Bâche alimentaire (ex-accumulateur) de 50 m³
 - Bâche alimentaire réformée de 40 m³
 - Traitement d'eau de chauffage par adoucisseur
 - Bac d'introduction de réactif de traitement d'eau
 - 1 cuve FOD de 50 m³ unitaire
 - Cheminée mono conduit d'une hauteur de 34,6 m et de diamètre 2,4 m

3.4.3 Distribution

Le réseau d'une longueur de 16 kilomètres dessert environ 5 400 logements à travers 73 sous-stations partagées entre le secteur historique des Fauvettes et l'Est Nocéen.

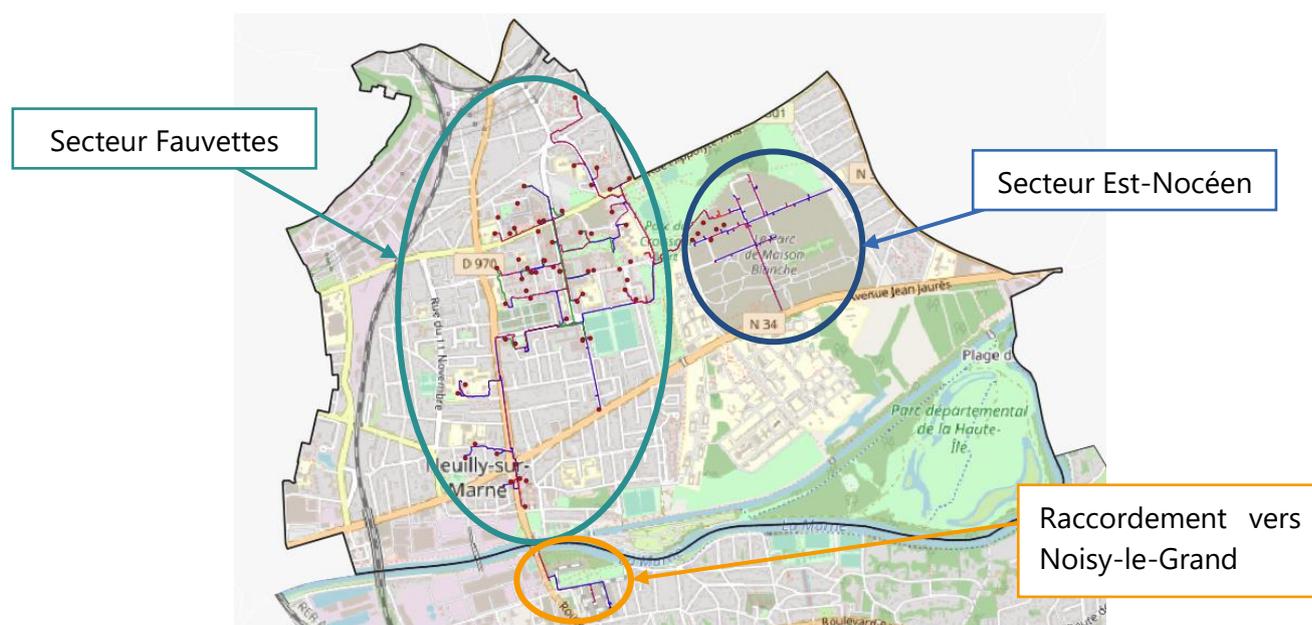


Figure 13 : Secteurs du réseau de Neuilly-sur-Marne

En 2014, le réseau est passé en basse température dans le but de le rendre compatible avec la géothermie.

Analyse des fuites réseau

Les fuites réseaux demeurent extrêmement faibles au regard de la taille du réseau. Les fuites sont principalement dues à la corrosion extérieure des matériaux.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nombre	2	1	0	2	2		1	1

Tableau 5 : Nombre de fuites sur le réseau de Neuilly-sur-Marne depuis 2013

Pertes thermiques et rendement du réseau

Les pertes thermiques du réseau résultent principalement des déperditions de chaleur depuis les canalisations vers leur environnement.

	Unité	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pertes réseaux	%	23,0%	21,4%	16,6%	9,1%	8,7%	5,8%	7,3%	7,5%

Tableau 6 : Pertes thermiques du réseau depuis 2013

Avancement des travaux de 1er établissement

- Travaux de la centrale de l'Est Nocéen-Terminés

La réception de la centrale, initialement prévue au cours du mois de novembre 2014, avait été retardée au 1^{er} février 2015. SGRM avait justifié ce retard par la conjonction de trois facteurs : retard dans l'obtention du permis de construire, changement imprévu d'architecte en cours de projet et défaillance d'un transformateur électrique peu avant la mise en route de la pompe à chaleur.

La centrale de l'Est Nocéen a donc alimenté le réseau de chaleur à compter du mois de février 2015 (géothermie + chaudières gaz), avec un débit et une température de puisage géothermale respectivement de 300 m³/h et 64°C. La pompe à chaleur a également été mise en service en février 2015 mais son fonctionnement est resté partiel durant plusieurs semaines en raison de divers facteurs : mise en sécurité lorsque les retours sont supérieurs à 63°C, problèmes supervision, fuite d'huile. Le passage du constructeur (Friotherm) et la mise au point des paramètres par SGRM ont été nécessaires pour obtenir un fonctionnement satisfaisant.

SGRM n'ayant pas été en mesure d'appliquer le tarif géothermique au 04/12/14 conformément au contrat de concession (Articles 2.10.2 et 5.3.3), la Ville a procédé en 2015 à une application négociée des pénalités prévues (Article 8.2.2.a) envers SGRM pour un montant fixé à 100 000 € HT.

- Travaux réseaux et sous-stations-Terminés

Les travaux de remplacement/modifications de tronçons du réseau pour passage en basse température, débutés en 2013, sont terminés au 31 décembre 2014, conformément au planning des travaux en Annexe 7 au contrat de concession.

L'adaptation des sous-stations au réseau basse pression a été mise en œuvre au cours de l'été 2014. Au 31 décembre 2016, toutes les sous-stations sont fonctionnelles mais les installations de télégestion rencontrent encore des problèmes de communication entre émetteur et régulation.

- Extension de 3 tubes avec la Sablière-Terminé

L'extension du réseau, en 3 tubes, ayant pour but de raccorder plusieurs abonnés au Nord du réseau, jusqu'à La Sablière a été terminée au 31 décembre 2015.

- Rénovation de la chaufferie des Fauvettes- Terminé

Le passage en basse pression du réseau et de la chaufferie des Fauvettes a été réalisé à la fin du mois de mai 2014. SGRM a informé la DRIE du passage en eau chaude du réseau, pour déclassement de la chaufferie. Les remplacements du groupe de maintien de pression du réseau, situé dans la chaufferie des Fauvettes, et d'une pompe réseau ont été réalisés à l'été 2015.

La rénovation complète de la chaufferie, contractuellement programmée à l'été 2015, a débuté au 4e trimestre 2016. SGRM a informé la Ville par courrier de ce décalage.

Les travaux réalisés consistent au remplacement complet de la production de chaleur : désamiantage, dépose des équipements, mise en conformité du bâtiment et mise en œuvre de 3 chaudières mixtes de 6 MW (GN / FOD). La chaufferie des Fauvettes n'est plus soumise aux obligations du PNAQ (< 20 MW). A l'issue de l'exercice 2018, les travaux sont en cours de réception. Les PV complets de mise en service n'ont pas été transmis par SGRM, en raison des mesures de rejets au fioul à pleine puissance qui doivent être finalisées en début d'année 2021.

- Aménagement de l'Est Nocéen –En cours

La livraison par Grand Paris Aménagement des bâtiments de la 1^e tranche, initialement prévue en 2018, sera plus tardive : initialement prévue avec un an de retard, elle est attendue en 2021. Les travaux de réseau correspondants, réalisés par SGRM, ont débuté à l'été 2017 et se sont terminés mi-2018. Lors de ces travaux, SGRM a également mis en place l'antenne structurante (DN250) vers Ville-Evrard.

Les travaux de raccordement des nouvelles constructions ont débuté en 2020, en raison du retard évoqué sur les délais de construction des bâtiments de l'Est Nocéen.

Des rencontres entre la Ville, l'aménageur et SGRM sont régulièrement organisées afin de convenir d'une méthodologie pour le raccordement de l'Eco-quartier au réseau. L'impact potentiel d'un décalage de la livraison des bâtiments sur l'économie du contrat est notamment suivi avec attention.

Au 31 décembre 2020, ce décalage est d'ores et déjà acquis en raison du retard accumulé sur la ZAC.

Travaux supplémentaires réalisés

- Adaptation de certaines productions ECS - Terminé

Un certain nombre de sous-stations disposaient historiquement d'une production ECS secondaire déportée. Afin d'optimiser les températures retours réseau en mi-saison et en été, SGRM a procédé durant l'exercice 2015 aux adaptations suivantes, avec comme second objectif un comptage spécifique pour l'ECS dans la mesure du possible :

Comptage ECS séparé :

- F17 - Piscine : Raccordement de l'échangeur ECS au primaire en SSTA. La piscine présente désormais 3 échangeurs : chauffage, ECS et bassin
- F18 - GS Duhamel : Raccordement de l'échangeur ECS au primaire en SSTA
- R22 - Collège Balzac : Raccordement de l'échangeur ECS au primaire en SSTA
- F13 : Extension du réseau primaire jusqu'à l'échangeur ECS

Comptage commun CH + ECS

- F11A, F12 (Patinoire) et F20 - Adaptation de la production ECS
- F9 - Salle des Fêtes : Remplacement du ballon électrique déporté
- Requalification de l'Avenue du 8 Mai 1945 - Terminé

Afin d'anticiper la rénovation de la voirie de l'Avenue du 8 mai 1945, la Ville a demandé à SGRM de remplacer les tronçons historiques de réseau de l'avenue (500 ml). Les travaux, imputés au compte P3, ont été réalisés durant l'été 2016 et sont réceptionnés au 31 décembre de l'exercice.

NB : Comme convenu, SGRM a distingué les dépenses liées au désamiantage afin de les présenter à la Ville de façon transparente pour refacturation.

- Amélioration du poste filtration eau géothermale - Terminé

La mise en place d'une passerelle et d'un moyen de manutention furent mis en service en 2019 afin d'améliorer le nettoyage périodique des filtres d'eau géothermale.

- Travaux en vue de l'export vers Noisy-le-Grand

SGRM a réalisé en 2019 la première phase de travaux pour permettre le raccordement d'abonnés à Noisy-le-Grand. Une attente a également été créée rue Gaubert pour une future construction SEMINOC.

En 2020, le tracé du raccordement vers Noisy-le-Grand par le pont de la rue Marx Dormoy fut effectué, pour une réalisation des travaux en 2021.

3.4.4 Sous-stations

3.4.4.1 Liste des abonnés

Sous-station	Client	Typologie	Nb lgts	Puissance souscrite (KW)
F01	Mairie - Centre technique municipal	Ville		275
F01	OPIEVOY	Bailleur	180	1 623
F01bis	Mairie - Stade Georges Foulon	Ville		260
F02	OPIEVOY	Bailleur	325	1 650
F03	OPH de la Seine St Denis	Bailleur	191	1 604
F04	Mairie - Médiathèque	Ville		340
F04bis	OPH de la Seine St Denis	Bailleur	148	600
F05	Synd. Copropriété Bailli de Suffren 1	Copropriété	266	2 460
F06	Synd. Copropriété - Bailli de Suffren 2	Copropriété	112	1 205
F06	Synd. Copropriété Bailli de Suffren 1	Copropriété	127	1 058
F07	Synd. Copropriété - Orée de Marne	Copropriété	284	2 275
F08	SOVAL	Bailleur	262	1 926
F09	Mairie - Maternelle Les Oiseaux	Ville		101
F09	Mairie - Salle des Fêtes	Ville		317
F09	SOVAL	Bailleur	140	1 128
F10a	FRANCE HABITATION	Bailleur	91	750
F10bis	FRANCE HABITATION	Bailleur	64	383
F10ter	FRANCE HABITATION	Bailleur	104	640
F11	Synd. Copropriété - Résidence du Lac	Copropriété	184	1 848
F11a	FRANCE HABITATION	Bailleur	51	430
F12	Mairie - Crèche Henri Dunant	Ville		202
F12	Mairie - Patinoire	Ville		580
F12	Synd. Copropriété - Les Fauvettes	Copropriété	104	911
F12	Synd. Copropriété - Square des Amis (Touraine)	Copropriété	62	539

F13	CC des Fauvettes	Commerce		246
F13	Foyer-logements Pierre Bérégofoy	Ville	60	503
F14	Synd. Copropriété - Square des Amis (Auvergne)	Copropriété	149	1 555
F15	Mairie - Gymnase Deglane	Ville		457
F15A	Mairie - Centre Culturel S. Allende	Ville		174
F16	CES Georges BRAQUE	Conseil Général		624
F17	Mairie - Piscine	Ville		703
F18	Mairie - Gymnase Marcel CERDAN	Ville		610
F19	Mairie - Maternelle "les papillons"	Ville		100
F20	Mairie - G.S. G. Duhamel	Ville		795
F20	SEMINOC	Ville	95	110
F21	Mairie - G.S. Chénier-Rouget de Lisle	Ville		610
F22	EFIDIS - Résidence Le Marais	Bailleur	280	1 000
N01	OPH de la Seine St Denis	Bailleur	42	280
N02	Résidence du Petit Bois	Bailleur	95	400
N03	Maison de la Petite Enfance	Ville		571
N04	Les Terrasses du Parc	Bailleur	54	280
N05	LOGIREP - Les Pommiers	Bailleur	201	800
N06	GS La Fontaine	Ville		580
N08	ICF - Les Bouleaux	Bailleur	453	2 370
R01	Les Balcons de la Fontaine 1	Copropriété	33	290
R01	les Balcons de la Fontaine 2	Copropriété	32	201
R02	Antin Résidences	Bailleur	54	411
R03	Commerces - Berges de la Marne	Commerce		58
R03	Immobilière 3 F - Berges de la Marne	Bailleur	123	999
R03	Synd. Copropriété - Berges de la Marne	Copropriété	34	301
R04	Les Croisés	Copropriété	173	1 525
R05	Mairie Hotel de Ville	Ville		412
R06	EFIDIS - Résidence Carnot	Bailleur	109	602
R07	GS Amiard	Ville		550
R10	Paroisse St Baudile	Ville		22
R22	CES H. de Balzac	Conseil Général		635
R23	Mairie Gymnase Jules Ferry	Ville		271
F0	L'Avenue	Bailleur		320
F23	Le Marais Bât. A	Bailleur	56	261
F24	Le Marais Bât. B	Bailleur	61	290
F26	Ilot Touquet _ Legendre	Bailleur	38	230
F25	Batigère	Bailleur	65	289
F25	CCAS	Ville		67
F25	LA POSTE	Ville		44

TOTAL Secteur Fauvettes			4 902	43 651
MB1	Parc Horizon	Copropriété	71	425
MB2A	Unisph'air	Copropriété	81	375
MB2B	Les Apparts côté Parc	Copropriété	112	545
MB3A	Les Apparts côté Chaufferie	Copropriété	48	261
MB3BA	Illum'In	Copropriété	25	160
MB3BB	Illum'In	Copropriété	26	130
MB10A&B	Parc&Jardin Forever	Copropriété	86	422
MB10C	I3F	Bailleur	38	236
TOTAL Maison Blanche			487	2 554
TOTAL 2020			5 389	46 205

Tableau 7 : Abonnés et caractéristiques de raccordement au réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne

3.4.4.2 Caractéristiques techniques des sous-stations

L'alimentation de chaque abonné se fait, selon le cas, par deux ou trois canalisations. Ce choix est fait en fonction des besoins de l'abonné et de l'objectif de maximiser l'utilisation de l'énergie géothermique.

La géothermie met à disposition une eau de type « haute température », voisine de 64°C. Le couplage avec une pompe à chaleur permet de relever la température de l'eau du réseau aux alentours de 90°C lorsque nécessaire. Sous réserve que les débits requis soient fournis, celle-ci est suffisante pour la plupart des usages :

Usage	Besoin type en température primaire
La production d'eau chaude sanitaire	65°C
Le chauffage par panneaux de sol	≤ 50°C
Le chauffage par radiateurs basse température	≤ 60°C
Le chauffage par radiateurs haute température	≤ 90°C
Le chauffage par aérothermes, centrales de traitement d'air (CTA)	90°C

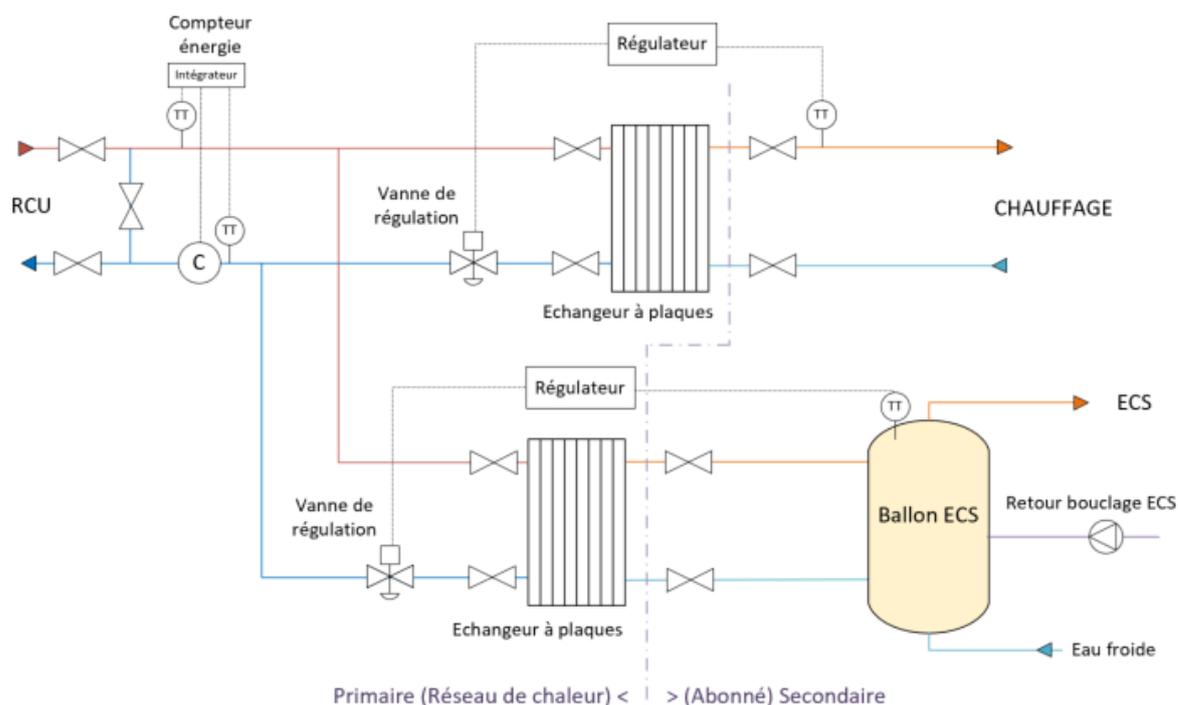


Figure 14 : Exemple d'architecture de sous-station performante

3.4.4.3 Comptage et métrologie

Le comptage est ainsi réalisé :

- En production :
 - Centrale de géothermie :
 - Comptage primaire géothermal / secondaire géothermique ;
 - Comptage d'énergie condenseur / évaporateur de la pompe à chaleur ;
 - Comptage de l'appoint effectué par les chaudières gaz sur le réseau de chaleur ;
 - Chaufferie Fauvettes : comptage de l'appoint-secours effectué par les chaudières sur le réseau de chaleur ;
- En consommation d'ECS : présence d'un comptage des volumes d'eau utilisés pour l'ECS chez tous les abonnés consommateurs d'eau chaude sanitaire collective à l'exception de la sous-station F11A (France Habitation), pour laquelle le comptage thermique comprend à la fois le chauffage et l'eau chaude sanitaire ;
- En consommation de chauffage : comptage d'énergie sur le primaire de chaque sous-station d'abonné.

Les compteurs présents permettent de déterminer de manière précise la production de chaleur pour chaque moyen de production.

Concernant la consommation, les moyens de comptage existants permettent de connaître la consommation globale de chaleur pour chaque abonné.

3.4.4.4 Adaptation des puissances souscrites

Les graphiques ci-dessous représentent la part de chaque abonné par rapport à leur consommation et par rapport à leur puissance souscrite :

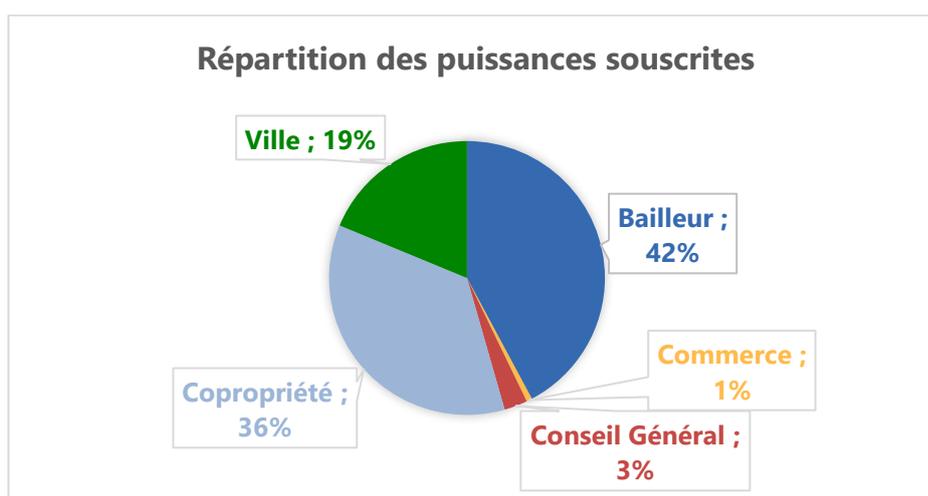


Figure 15 : Répartition de la puissance souscrite par abonnés

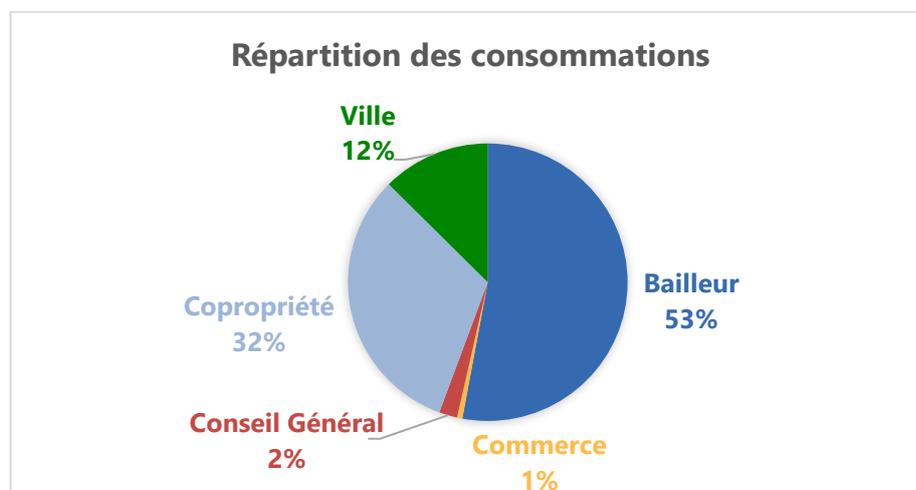


Figure 16 : Répartition des consommations par abonnés

La comparaison de ces deux graphiques montre que dans l'ensemble :

- Les équipements ont une consommation plus faible par rapport à leur puissance souscrite ;
- Les logements sociaux ont au contraire une consommation plus forte que leur part de puissance souscrite.

Ce phénomène s'explique par les appels de puissance différents en fonction de l'utilisation qui est faite de la chaleur, et donc de la typologie d'abonné. Ce constat influera sur le prix de la chaleur qui sera décrit par la suite.

3.5 Audit énergétique

Des compteurs sont présents sur chaque unité de production, de distribution et de livraison. Ils sont relevés mensuellement. Les données utilisées dans la présente étude sont celles qui ont été fournies par SGRM sur les années 2018, 2019 et 2020.

3.5.1 Production

3.5.1.1 Mixité EnR&R

La production de chaleur est essentiellement assurée par le doublet de géothermie :

Années	Prod. Géothermie MWh _{ut}	Prod. PAC MWh _{ut}	Prod. Gaz MWh _{ut}	Prod. totale MWh _{ut}	DJU	Mix ² ité ENR&R
2018	17 442	12 665	31 600	61 708	2 132	45.9%
2019	29 347	15 804	18 150	63 301	2 112	67.7%
2020	32 214	13 780	14 333	60 327	1 912	71.7%
Avenant 1	54,1% soit 32 637	27,3% soit 16 469	18,6% soit 11 221	60 327		72.7%

Figure 17 : Evolution de la mixité EnR&R au cours des derniers exercices

Contrairement à l'année 2018, qui avait vu un fonctionnement partiel de la centrale de l'Est Nocéen, le démarrage de l'installation géothermique a provoqué une forte baisse des consommations de gaz en 2019. Lors de l'exercice 2020, la consommation de gaz a été réduite au profit de la production thermique de la géothermie. La diminution de consommation gaz s'explique également par une faible rigueur climatique sur l'exercice 2020.

Le couple géothermie / PAC permet d'atteindre un taux de couverture des besoins par les EnR&R plutôt satisfaisant, bien qu'inférieur au taux contractuel de l'Avenant 1 de 72,7%.

Et pour cause, on remarque que la PAC n'atteint pas la production attendue. Cela s'explique par le bridage de son débit intégré dans sa programmation, avec pour objectif d'assurer un COP performant. Cependant, cette programmation empêche l'utilisation de la PAC à sa puissance maximale, et restreint la quantité d'énergie produite par cette dernière.

La modélisation du réseau nous donne la courbe monotone ci-dessous représentant les appels de puissance de chaque source de production du réseau correspondant aux besoins (chauffage + ECS + pertes) des usagers du réseau :

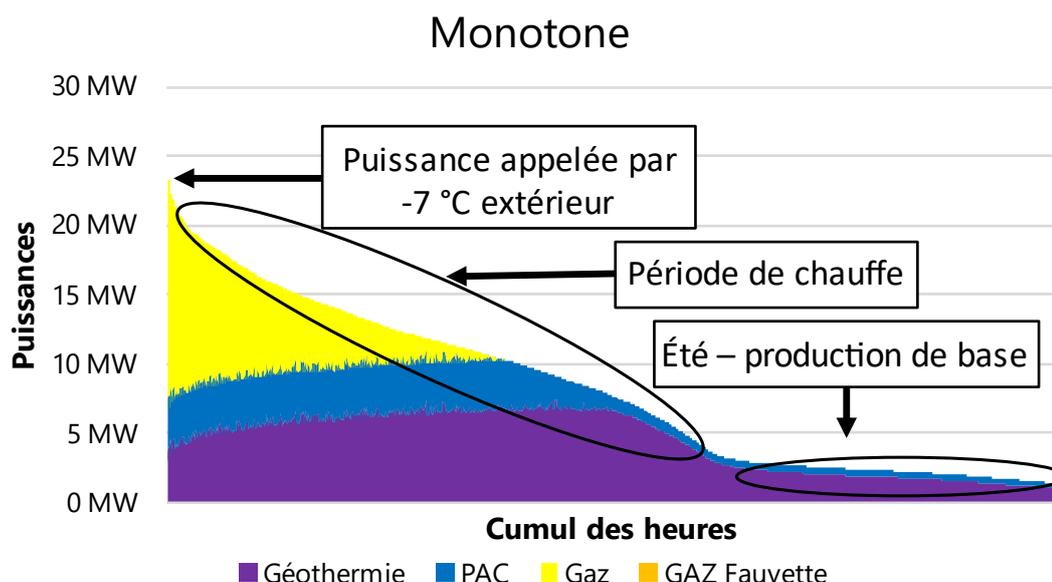


Figure 18 : Monotone du réseau de chaleur pour une année classique

La production de base correspond aux besoins ECS des abonnés, qui sont globalement constants sur l'année, et aux pertes thermiques.

La puissance maximale appelée en chaufferie est légèrement supérieure à 24 MW contre plus de 46 MW de puissances souscrites en sous-stations. Cette différence s'explique par la différence entre les puissances appelées et les puissances souscrites ainsi que par le foisonnement sur le réseau de chaleur.

3.5.1.2 Contenu CO₂ du réseau et quotas

Contenu CO₂

Au cours des dernières années, le contenu CO₂ du réseau se stabilise autour de 0,07 kgCO₂/kWh livré.

Années	Prod. Géothermie MWh _{ut}	Prod. PAC MWh _{ut}	Prod. Gaz MWh _{ut}	Emission de CO ₂ T	Contenu CO ₂ kg/kWh
2018	17 442	12 665	31 600	7 835	0.127
2019	29 347	15 804	18 150	4 763	0.075
2020	32 214	13 780	14 333	4 025	0.067

Tableau 8 : Evolution des émissions et contenu CO₂ du réseau de chaleur sur les derniers exercices

Le contenu CO₂ du réseau est stable et bien inférieur au contenu d'une production de chaleur à 100% gaz, qui est de 0,240 kgCO₂/kWh.

Quotas de CO₂

Suite au protocole de Kyoto, un système communautaire d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre a été instauré en Europe afin de réduire les émissions. Chaque État membre élabore un plan national d'allocation de quotas d'émission de gaz à effet de serre (PNAQ). Les quantités de tonnes de CO₂ que sont autorisées à émettre les entreprises de chaque état membre de l'Union européenne sont règlementées par ce PNAQ. Il indique la quantité totale de quotas que l'État membre a l'intention d'allouer et la manière dont il se propose de les attribuer.

Seule la chaufferie « historique » des Fauvettes, en qualité d'installation de combustion > à 20 MW, était soumise au PNAQ. Pour la période 2013 à 2017, les quotas alloués par le PNAQ III pour le réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne sont :

	PNAQ III				
	2013	2014	2015	2016	2017
Quotas alloués (Tonnes CO ₂)	10 754	9 624	8 525	-	-
Emissions réelles (Tonnes CO ₂)	14 246	10 286	69	-	-
Solde (Tonnes CO ₂)	-3 492	-662	8 456	-	-
Solde cumulé	-3 492	-4 154	4 302	4 302	4 302

Tableau 9 : Quotas alloués et émissions réelles du réseau dans le cadre du PNAQ III

Les émissions sont validées annuellement par un organisme de contrôle. Les quotas alloués sont dégressifs, afin de contraindre le gestionnaire à proposer une production de chaleur moins émettrice.

La forte baisse des émissions à partir de l'exercice 2015 s'explique par l'utilisation quasi-nulle du site des Fauvettes, avec la mise en service de la Centrale de l'Est Nocéen (non soumise au PNAQ). Conformément à la réglementation, une révision du plan de surveillance, avec cessation partielle des activités, a été déposé en fin d'année 2015 par SGRM. **Un arrêté, en date du 21 avril 2016, est venu modifier le montant des quotas alloués à SGRM sur le PNAQ III. Le site des Fauvettes est définitivement sorti du dispositif en 2017.**

Les dispositions contractuelles prévues pour l'apurement du compte de quotas CO₂ sont les suivantes :

- En cas de solde positif, le produit de valorisation sera partagé entre Ville (60%) et SGRM (40%)
- En cas de solde négatif, SGRM prendra à sa seule charge l'acquisition sur le marché des quotas nécessaires à couvrir les émissions de l'installation

Le montant valorisé lors de la vente des quotas de CO₂ a été présenté par SGRM et le gain sera réparti avec la Ville. Elle prendra la forme d'un titre de recettes.

Année	Achats stockés quotas CO2	Variation stocks quotas CO2	Ventes quotas CO2	Impact
2014	- 16 713.04	8 270.64	-	- 8 442.40
2015	- 4 057.80	11 002.76	35 233.38	42 178.34
2016	-	- 19 273.40	5 101.74	- 14 171.66
				19 564.28

Le montant à répartir s'élève à 19 564 €. Par ailleurs, les arrêts des postes de livraison, nécessaires pour permettre l'entretien et les visites réglementaires des appareils en service durant 1 à 2 jours, se sont échelonnés de mai à septembre.

3.5.2 Livraison

Sur l'ensemble des sous-stations, 42 utilisent le réseau de chaleur pour produire de l'eau chaude sanitaire.

Les consommations des dernières années ont été les suivantes :

En MWh ut	2018	2019	2020
Consommation Chauffage	43 583	43 523	39 637
Consommation ECS	15 325	15 507	17 056
Consommation totale	58 908	59 030	56 693
DJU	2 132	2 112	1 912

Tableau 10 : Evolution des besoins du réseau de chaleur au cours des derniers exercices

Les DJU repris correspondent à la période de chauffe définie au contrat de concession.

Dans des conditions de rigueur climatique standard, les consommations suivantes ont été estimées :

Id	Nom Immeuble	Consommation chauffage (MWh)	Consommation ECS (MWh ut)	Consommation totale (MWh ut)
1	CTM	223	-	223
2	OPH 93	890	690	1 580
3	STADE FOULON	183	27	210
4	OPH 93	1 568	1 484	3 052
5	OPH 93	1 307	1 330	2 636
6	MEDIATHEQUE	442	-	442
7	OPH 93	1 000	770	1 769
8	BAILLI SUFFREN 1	2 820	830	3 650
9	BAILLI SUFFREN 2	1 505	402	1 907
10	BAILLI SUFFREN 1	1 297	380	1 677
11	OREE DE MARNE	2 327	951	3 279
12	SOVAL	1 817	1 151	2 967
13	MATERNELLE LES OISEAUX	107	-	107
14	SALLE DES FETES	255	-	255

15	SOVAL	1 050	590	1 640
16	FRANCE HABITATION	658	357	1 015
17	FRANCE HABITATION	292	277	568
18	FRANCE HABITATION	490	573	1 063
19	RESIDENCE DU LAC	1 552	714	2 266
20	FRANCE HABITATION	740	-	740
21	CRECHE HENRI DUNANT	226	-	226
22	PATINOIRE	729	-	729
23	SAGEFRANCE LES FAUVETTES	1 018	271	1 290
24	SQUARE DES AMIS		160	
25	CENTRE COMMERCIAL	420	-	420
26	RESIDENCE BEREGOVOY	540	72	613
27	SAGEFRANCE SQUARE DES AMIS	1 503	495	1 998
28	GYMNASE DEGLANE	322	10	332
29	CENTRE SOCIAL ALLENDE	241	-	241
30	COLLEGE BRAQUE	831	13	845
31	PISCINE	588	14	602
32	GYMNASE CERDAN	446	11	456
33	MATERNELLE LES PAPILLONS	148	-	148
34	GS DUHAMEL / VALERY	943	12	955
35	SEMINOC	123	-	123
36	GS CHENIER	522	-	522
37	EFIDIS	2 992	-	2 992
38	OPH 93	255	197	453
39	PETIT BOIS	425	284	709
40	MPE	408	19	428
41	FONCIA	193	179	373
42	LOGIREP	2 313	-	2 313
43	GS LA FONTAINE	679	-	679
44	ICF	3 514	2 221	5 735
45	BALCONS DE LA FONTAINE 1	240	89	330
46	BALCONS DE LA FONTAINE 2	214	100	314
47	ANTIN RESIDENCE	562	299	860
48	COMMERCES	47	-	47
49	I3F	897	462	1 360
50	BERGES DE LA MARNE	308	126	434
51	LES CROISES	1 892	395	2 287
52	HOTEL DE VILLE	473	-	473
53	RESIDENCE CARNOT	616	-	616
54	GS AMIARD	661	-	661

55	EGLISE SAINT BAUDILE	79	-	79
56	COLLEGE BALZAC	661	15	676
57	GYMNASE JULES FERRY	211	1	212
58	L'Avenue	235	155	391
59	Le Marais Bât. A	305	237	543
60	Le Marais Bât. B	348	244	593
61	Ilot Touquet _ Legendre	192	77	268
62	Batigère	233	135	369
63	CCAS	24	-	24
64	LA POSTE	111	-	111
65	SDC PARC HORIZON (Cabinet FONCIA Giep Marne la vallée)	376	32	407
66	SDC UNISPH'AIR (TRANSIM 93)	340	43	383
67	SDC APPARTS COTE PARC (Cabinet FONCIA Giep Marne la vallée)	412	43	455
68	CDC HABITAT - LES APPARTS COTE CHAUFFERIE	184	0	184
69	SDC ILLUM'IN (TRANSIM 93)	168	5	173
70	SDC ILLUM'IN (TRANSIM 93)	-	7	7
71	SDC Parc & Jardins Forever (FONCIA ICV)	603	27	630
72	SDC Parc & Jardins Forever (FONCIA ICV)	18	62	79
73	I3F (FONCIA ICV)	18	17	35

Tableau 11 : Besoins de chaleur par abonnés en conditions standards

Soit la répartition suivant les besoins présentés ci-dessous :

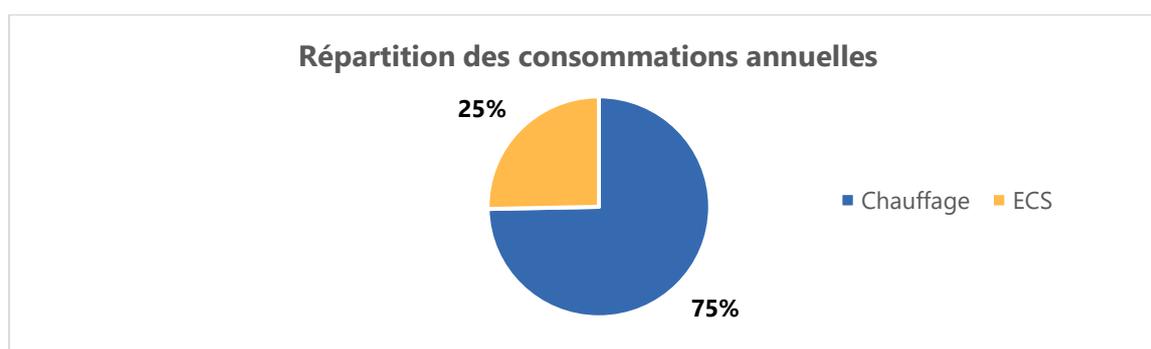


Figure 19 : Répartition des besoins de chaleur entre production d'ECS et de chauffage

Cette répartition correspond bien à une répartition moyenne entre les programmes de logements qui disposent d'une production d'ECS, mais également à la présence de bâtiments tertiaires et municipaux.

La répartition des consommations par typologie d'abonné est la suivante :

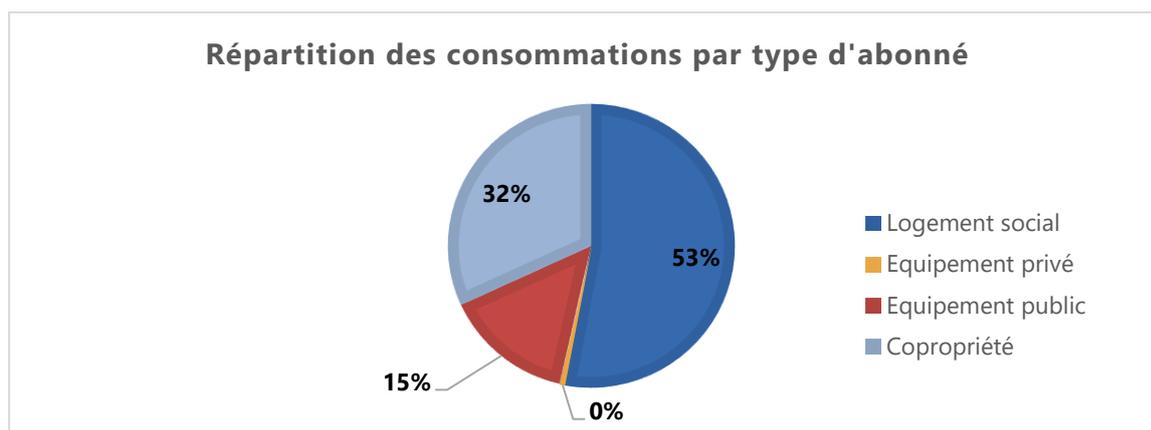


Figure 20 : Répartition des consommations par typologie d'abonnés

En comparant au graphique de répartition de la puissance souscrite par typologie d'abonné (voir paragraphe 3.4.4.1 *Liste des abonnés*), on constate que les programmes de logement (copropriétés et logements sociaux) disposent d'une faible part de la puissance souscrite par rapport à leur part des consommations. Ceci s'explique par les besoins et usages différents, justifiant une puissance supérieure pour les équipements.

3.5.3 Distribution

La chaleur produite en chaufferie est transmise aux abonnés à travers le réseau de distribution.

	2020
Longueur (ml)	16 345
Consommation annuelle (MWh_{ut})	56 693
Production réseau (MWh_{ut})	60 327
Densité linéaire (MWh_{livré}/ml)	3,5
Rendement du réseau	94%

Figure 21 : Caractéristiques du réseau au 31/12/2020

On constate un bon rendement du réseau de Neuilly-sur-Marne.

3.6 Audit économique

3.6.1 Structure tarifaire

Les abonnés sont soumis à une tarification de type binôme :

- r1 : Facturation sur la consommation de chaleur (€ HT / MWh)
- r2 : Facturation sur la puissance souscrite (€ HT / kW)

La valeur R du prix de vente de l'énergie calorifique aux abonnés est déterminée par la formule :

$$R = r1 \times (\text{Nombre de MWh consommés par l'abonné}) + r2 \times (\text{Puissance souscrite (en kW) de l'abonné})$$

3.6.1.1 Terme r1

Le r1 est l'élément proportionnel (€HT/MWh) représentant le coût des combustibles et sources d'énergies nécessaires pour assurer la fourniture de chauffage et d'ECS. Le terme r1 est décomposé en trois termes :

$$r1 = a \times r1\text{géo} + b \times r1\text{gaz} + c \times r1\text{PAC}$$

Avec :

- a = taux de couverture géothermique
- b = taux de couverture de l'appoint secours gaz
- c = taux de couverture de la pompe à chaleur

et $a + b + c = 1$ et $a > 0,50$ quelle que soit la période après la mise en service du doublet géothermique.

Dans le cadre de la présente concession, la tarification R1 connaît deux phases :

- ⇒ Une phase « transitoire gaz » (2012-2014)
- ⇒ Une phase « géothermique » (2014-2032)

Le tableau ci-dessous reprend les tarifs contractuels avant et après la mise en service de la géothermie :

	Période transitoire (2012-2014)		Période géothermique (2014-2042)		
	Coefficient	Tarif (€ HT/MWh)	Coefficient contrat base	Coefficient Avenant n°1	Tarif (€ HT/MWh)
R1geo	0%	-	60,67%	54,10%	7,04
R1gaz	100%	59,4	21,47%	27,26%	64,02
R1PAC	0%	-	17,86%	18,64%	21,83
R1o	100%	59,4	100%	100%	21,92

Tableau 12 : Coefficients utilisés pour la tarification du r1 selon la période contractuelle

La part de chaque énergie au sein de la facturation a évolué dans le cadre de l'avenant n°1 au contrat, au profit du taux de couverture gaz, en raison de la température géothermale, plus faible qu'attendue.

Le basculement de la facturation entre période transitoire et géothermique a eu lieu le **1^{er} février 2015**.

Les termes r1géo et r1PAC sont révisés sur le tarif Electricité 35111403 (Electricité vendue aux entreprises ayant souscrit un contrat de capacité >36 kVA), publié au Moniteur.

L'avenant n°1 est venu modifier la formule d'actualisation du terme r1 gaz :

$$r1_{\text{gaz}} = r1(0) \times G1/G1_0 + R1_{\text{taxes}}$$

Avec:

- $G1_0 = 34,73 \text{ €HTT/MWh PCS}$
- G1 est le prix moyen annuel hors toutes taxes du MWh PCS de gaz livré aux chaufferies, suivant offre indexé PEG nord, déterminé chaque mois m par application de la formule :
 - $G1 = \text{Coût annuel (€ HT)} / \text{Consommation de référence (MWh PCS)}$
 - Le Coût annuel représente la somme :
 - des coûts d'Acheminement comprenant les parts Transport et Distribution
 - de la CTA
 - des coûts de stockage, fonction du profil de consommation des sites
 - des coûts de molécule, indexée selon l'indice « PEG Nord Monthly Index »
- $R1_{\text{taxes}} = \text{TAXES} / \eta \text{ PCS} / \eta \text{ Production} / \eta \text{ Distribution}$
 - Avec TAXES = Somme des taxes applicables au gaz naturel en €/MWh PCS dont TICGN

3.6.1.2 Terme r2

Le terme r2 est l'élément fixe constituant l'abonnement, représentant la somme des prestations suivantes :

- r21 : Coût de l'énergie électrique utilisée en chaufferie
 - r22 : Coût des prestations de conduite et d'entretien courant nécessaires pour assurer le fonctionnement des installations primaires, ainsi que les frais fixes administratifs nécessaires à l'exécution du service public concédé, y compris impôts, taxes et redevances,
 - r23 : Coût du gros entretien et renouvellement des installations,
 - r24 : Coût du financement des investissements de 1er établissement
- **Tarif secteur Fauvettes : r24a**
 - **Tarif secteur Est Nocéen : r24a + r24b**

$$r2 = r21 + r22 + r23 + r24$$

Le tableau ci-dessous reprend les tarifs contractuels en phase transitoire (2012-2014) et en phase géothermique (2014-2032) :

	Période transitoire (2012-2014)	Période géothermique (2014-2042)	
	Tarif (€ HT / kW souscrit)	Tarif (€ HT / kW souscrit) Contrat Base	Tarif (€ HT / kW souscrit) - Avenant n°1
r21	4,34	7,02	7,02
r22	19,17	28,56	28,56
r23	9,49	14,15	14,15
r24a	-	25,27	23,22
r24b	-	53	53
r2o Fauvettes	33	75	72,95
r2o Est Nocéen	-	128	125,95

Tableau 13 : Coefficients utilisés pour la tarification du r2 selon la période contractuelle

La répercussion du montant des investissements de 1^{er} établissement sur les abonnés (r24a) a été revue à la baisse dans le cadre de l'avenant n°1, en raison du taux d'emprunt souscrit par SGRM, plus faible qu'attendu. La tarification r2 sera plus importante pour les Abonnés situés sur la partie Est Nocéen, en raison des investissements importants (réseau structurant et sous-stations) consentis sur ce périmètre (r24b).

Les éléments constitutifs du terme r2 sont révisés selon les formules suivantes :

- $r21 = r21(0) * (0,10 + 0,90 * \frac{IMT}{IMT(0)})$
- $r22 = r22(0) * (0,10 + 0,135 * \frac{IMT}{IMT(0)} + 0,09 * \frac{FSD2}{FSD2(0)} + 0,27 * \frac{BT40}{BT40(0)} + 0,405 * \frac{ICHT-IME}{ICHT-IME(0)})$
- $r23 = r23(0) * (0,10 + 0,9 * \frac{BT40}{BT40(0)})$
- Le terme r24 n'est pas révisé

Avec:

- ICHT-IME = valeur de l'indice du coût horaire de travail, tous salariés, charges salariales comprises dans les industries mécaniques et électriques.
- FSD2 = valeur de l'indice du coût des frais et des services divers catégorie 2
- BT40 = valeur de l'indice chauffage central
- IMT = Electricité Tarif vert A5 Option base
- EBIQ = Energie, biens intermédiaires et biens d'investissements (MIGS) - EBIQ

3.6.2 Prix moyen du réseau

3.6.2.1 Régime fiscal du réseau de chaleur

Les taux de TVA en vigueur à la date de la présente étude pour les réseaux de chaleur sont les suivants :

- TVA à 5,5% sur la partie proportionnelle R1 si le réseau est alimenté à plus de 50% par des EnR&R, TVA à 20% sinon ;
- TVA à 5,5% sur l'abonnement R2.

La mixité du réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne permet un taux de couverture en énergies renouvelables et de récupération supérieur à 50%, ce qui permet au réseau de bénéficier du taux de TVA réduit à 5,5% sur l'ensemble de la facture énergétique.

3.6.2.2 Prix de la chaleur

Le prix moyen du réseau correspond à l'ensemble des ventes de chaleur (R1 + R2) rapporté aux consommations réelles de chaleur.

	Consommation MWh	Vente de chaleur (R1 + R2) €HT	Prix moyen de la chaleur €HT/MWh	Prix moyen de la chaleur €TTC/MWh
2018	58 908	5 228 633	88,76	93,64
2019	59 030	5 308 384	89,93	94,87
2020	56693	5 183 180	91,43	96,45

Figure 22 : Recettes de ventes de chaleur et prix de la chaleur moyen de 2018 à 2020

L'augmentation du prix de la chaleur au fil des années s'explique par la rigueur climatique de plus en plus faible. En effet, la part abonnement fixe est alors étalée sur des consommations moins importantes, faisant ainsi mécaniquement augmenter le prix de l'unité de chaleur.

Le prix moyen du MWh par logement du secteur historique des Fauvettes était d'environ 865 € TTC/lgt en 2020, soit environ 96 €TTC/MWh, dans un contexte de rigueur climatique largement inférieure aux moyennes trentenaires. Sur les années précédentes, la facture moyenne du Nocéen s'élevait à environ 950 €TTC/lgt, soit environ 90 €TTC/MWh. L'estimation de prix moyen par logement de l'Est Nocéen neuf est d'environ 600 € TTC/lgt.

Il est important de différencier les abonnés de type logements des abonnés tertiaires. En effet, les appels de puissance ne sont pas les mêmes en raison des profils de consommations. Les puissances souscrites des abonnés tertiaires, à consommations identiques, sont supérieures du fait de cette différence de profil de consommation, cela entraînant un prix de la chaleur plus important.

Le prix de la chaleur en 2020 est donc :

- Pour les logements : 90,59 €TTC/MWh, soit 85,86 €HT/MWh
- Pour les équipements : 129,08 €TTC/MWh, soit 122,35 €HT/ MWh

3.6.2.3 Positionnement par rapport à d'autres réseaux de chaleur

L'association AMORCE réalise chaque année avec le SNCU (Syndicat National du Chauffage Urbain) une étude sur les prix de la chaleur des réseaux de chauffage urbain à l'échelle nationale.

Selon l'étude 2019, la moyenne nationale du prix pondéré du chauffage par réseau de chaleur (tout type d'énergie confondu) est de 79,3 €TTC/MWh. Concernant les réseaux de chaleur alimentés en majorité par des EnR&R, cette moyenne s'élève à 78,3 €TTC/MWh.

Le positionnement du réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne par rapport aux moyennes nationales est repéré dans le graphique ci-dessous.

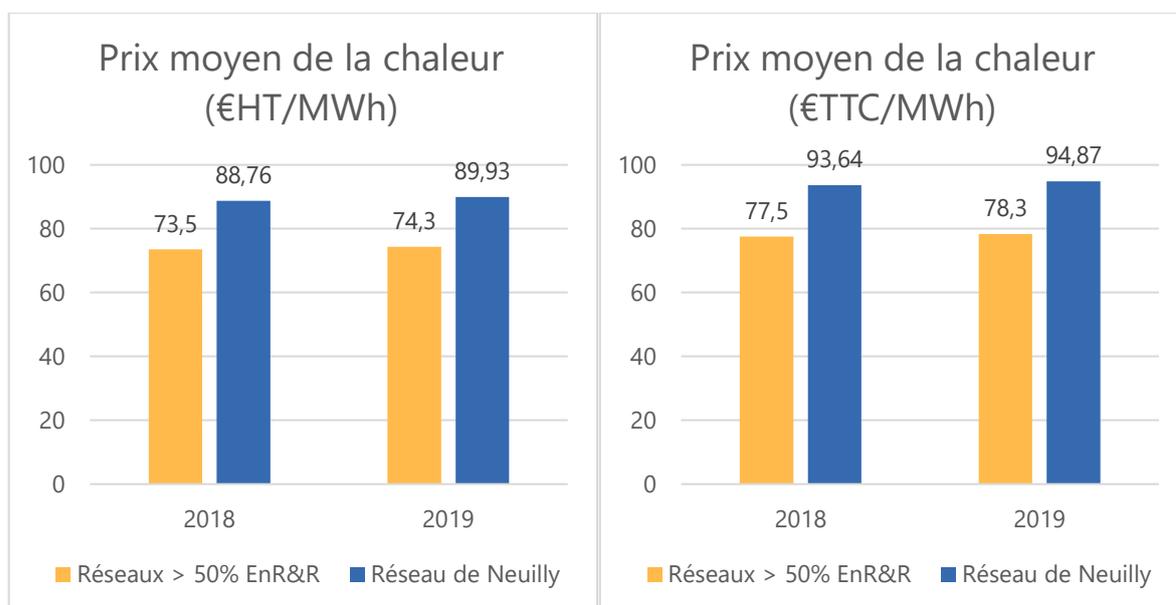


Figure 23 : Positionnement du prix de la chaleur du réseau de Neuilly-sur-Marne par rapport à la moyenne nationale

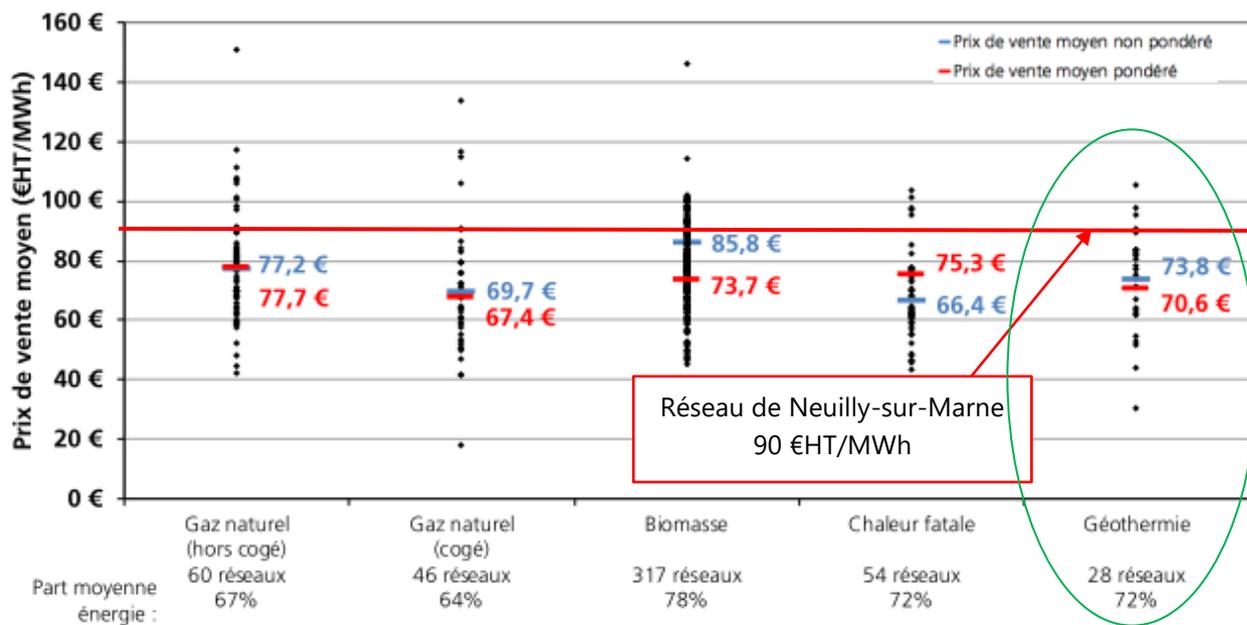


Figure 24 : Prix de vente HT de la chaleur en 2019 selon l'énergie primaire (source : AMORCE)

➔ Le prix de la chaleur du réseau de Neuilly-sur-Marne est élevé par rapport à la moyenne des réseaux similaires et des autres types de réseaux de chaleur (gaz, biomasse, cogénération).

3.6.3 Synthèse de l'audit économique

Le prix de la chaleur du réseau de Neuilly-sur-Marne est élevé par rapport aux réseaux de chaleur similaires (à base de doublet de géothermie au Dogger), mais également par rapports à tous les autres types de réseaux (gaz, biomasse, ...).

Ceci s'explique en partie par la part importante de R2 dans la tarification depuis la mise en place de la géothermie, alors que l'on observe une diminution des consommations des abonnés causée par les rénovations du patrimoine ainsi que la diminution de la rigueur climatique.

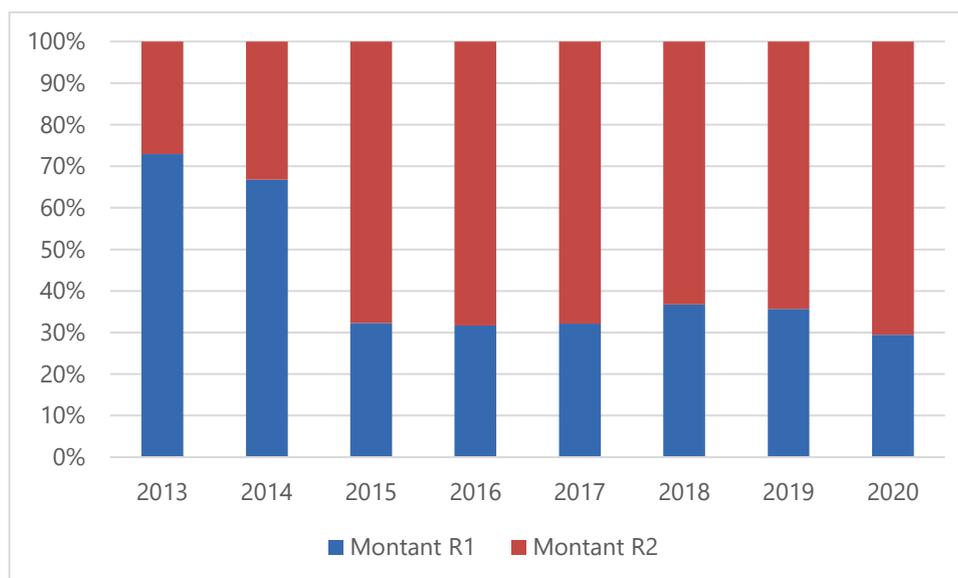


Figure 25 : Répartition de la tarification entre R1 et R2 depuis de début de la concession

De plus, le réseau de Neuilly-sur-Marne court un risque de hausse de tarif en raison de l'activation des clauses de révision, en particulier à cause du retard de commercialisation sur l'Est Nocéen.

4. RECENSEMENT DES BESOINS

4.1 Récolte des données

Les besoins énergétiques non raccordés au réseau de chaleur ont été recensés sur le périmètre de la ville de Neuilly-sur-Marne ainsi qu'à sa périphérie. Ils consistent en :

- Des besoins de chauffage,
- Des besoins d'eau chaude sanitaire,

Ils ont été classés par type d'usage (usage principal), par gestionnaire, etc. Les caractéristiques des systèmes de production ont été également investigués.

4.1.1 Périmètre géographique de l'étude

Le périmètre investigué concerne les villes :

- Neuilly-sur-Marne
- Noisy-le-Grand (à proximité de l'export prévu)
- Neuilly Plaisance



4.1.2 Méthodologie de recensement

La phase de recensement a été réalisée en plusieurs étapes :

1^{ère} étape - Prospection à grande échelle :

Les données traitées dans cette étape furent principalement les consommations GRDF afin d'obtenir un recensement grande échelle permettant d'apprécier le potentiel du territoire. Un tri des consommations grâce à un seuil de consommation par point de livraison (100 MWh utiles) permet d'écartier les « petits consommateurs », difficilement raccordables au réseau de chaleur. A cette étape, le potentiel identifié sur les communes de Neuilly-sur-Marne et Neuilly Plaisance était de **68 GWh**, répartis sur 129 points de livraison.

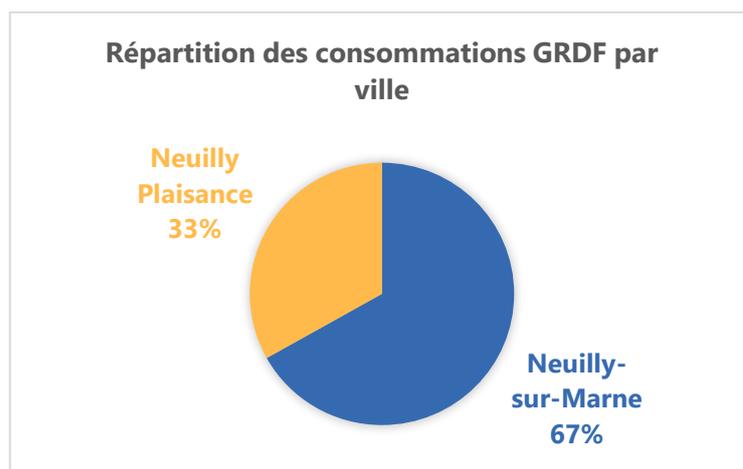


Figure 26 : Répartition par ville des consommations GRDF conservées pour la prospection à grande échelle

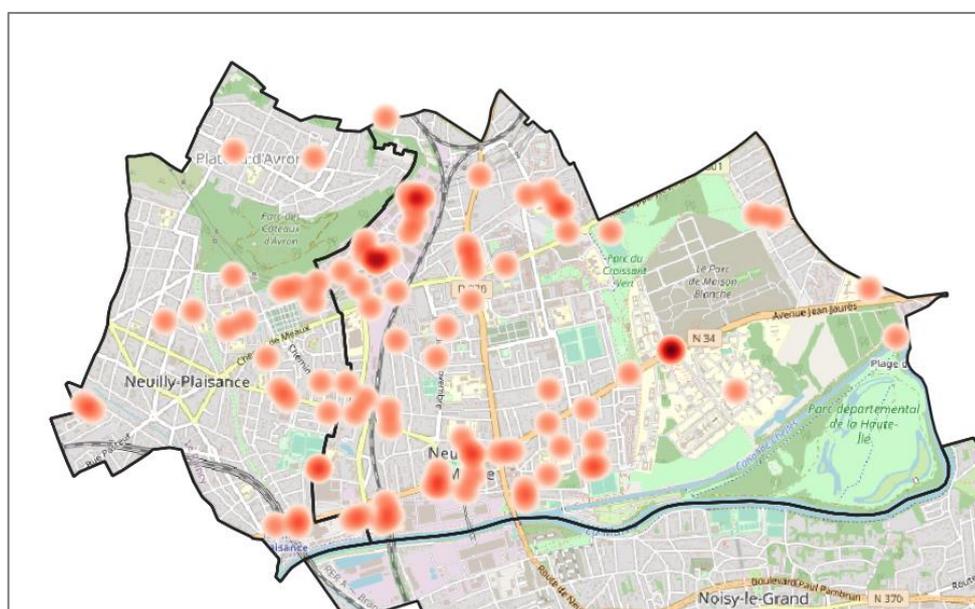


Figure 27 : Carte de chaleur - recensement à grande échelle

2^{ème} étage - Prospection détaillée :

L'objectif de cette étape est de consolider les données déjà recueillies. Pour cela, les différents maîtres d'ouvrages et organismes présents sur le territoire ont été contactés afin de collecter leurs données de consommations précisément.

Annexe 3 : Liste des contacts

Les organismes contactés sont :

- La Région
- Le département
- La ville de Neuilly-sur-Marne
- L'EPS de Ville Evrard
- Les bailleurs sociaux

Une fois ces données récoltées, l'étape de prospection précise a pu être clôturée pour laisser place à l'analyse des données.

4.2 Hypothèses

Afin de sélectionner les sites étant considérés raccordables au réseau de chaleur, il a été défini des critères de sélection :

- Les sites dont les consommations sont inférieures à 50 MWh/an ne sont pas sélectionnés,
- Les sites doivent posséder des installations collectives de chauffage et/ou ECS.

Il a été appliqué un coefficient de rendement chaudières gaz de 90% afin de déterminer la consommation de chaleur en MWh utile.

Les données récoltées ne présentant pas systématiquement de consommations, les consommations énergétiques de certains prospects furent estimées grâce à des ratios surfaciques présentés dans le tableau ci-dessous. Lorsqu'un nombre de logements était précisé, l'hypothèse de 70m² par logement fut appliquée.

kWh ut/m ²	Ecole		Equipement public	Gymnase	Logement		Logistique	Piscine	Santé	Tertiaire	
	Ancien	Neuf			Ancien	Neuf				Ancien	Neuf
Chauffage	80	43	70	20	110	20	20	-	80	80	43
ECS	10	10	10	5	46	30	0	30	10	7	7

Tableau 14 : Hypothèses de consommations des prospects

De plus, un coefficient de sécurité de 50% fut appliqué sur l'ECS afin de combler le manque d'information sur le caractère collectif de la production ECS le cas échéant.

Lors de la prospection précise, certaines données n'ont pas pu être récoltées. Des sites identifiés sur les données GRDF ont pu être ajoutés au recensement afin d'obtenir une liste de prospects la plus complète possible.

4.3 Besoins recensés sur le territoire

1.1.1 Besoins de chaleur

Les besoins de chaleur recensés sur la zone étudiée et techniquement raccordables à un réseau de chaleur sont estimés à **117 GWh/an** répartis sur **137 sites**. Cette valeur a été consolidée par un travail cartographique particulièrement approfondi afin d'être le plus exhaustif possible sur les potentiels raccordements.

La répartition des besoins par ville est présentée ci-dessous :

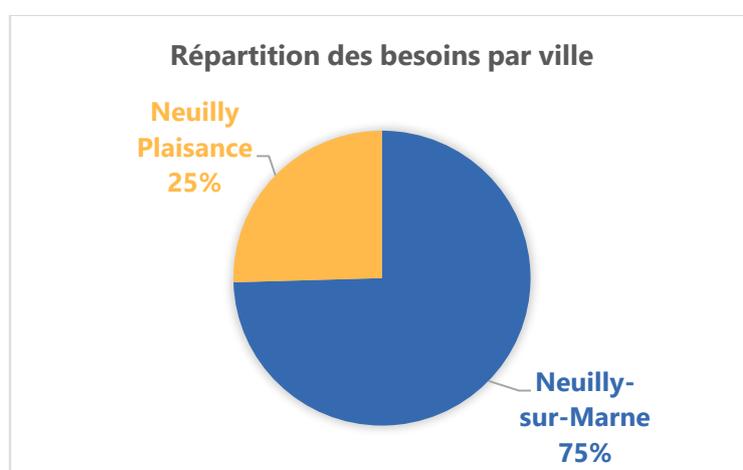


Figure 28 : Répartition des besoins par ville

La répartition des besoins par typologie de bâtiments est présentée ci-dessous :

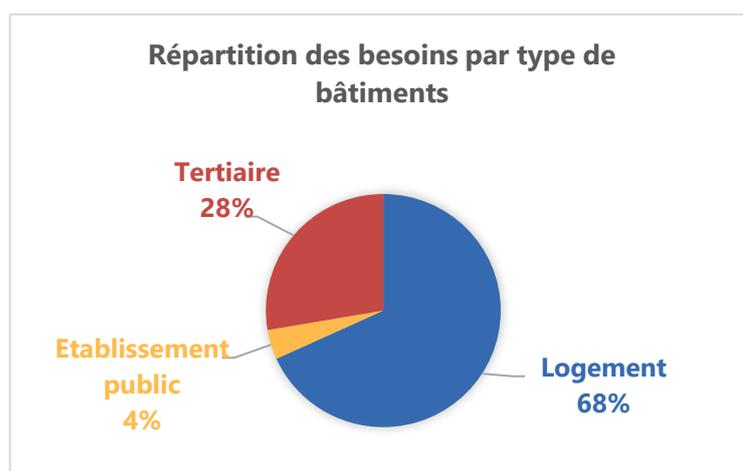


Figure 29 : Répartition des besoins par typologie de bâtiment

Il est également possible de décomposer la part des logements en fonction des bailleurs et des copropriétés :

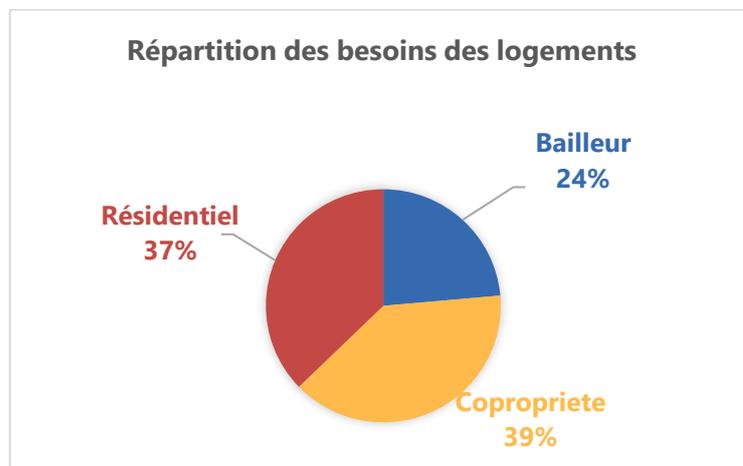


Figure 30 : Répartition des besoins des logements

Les logements de la catégorie « Résidentiel » sont des logements dont la gestion n'a pas été identifiée, soit car il s'agit de programmes de construction, soit car il s'agit de données provenant de données GRDF.

La répartition des logements et leurs consommations par rapport à l'état des bâtiments (ancien, récent ou neuf) est la suivante :

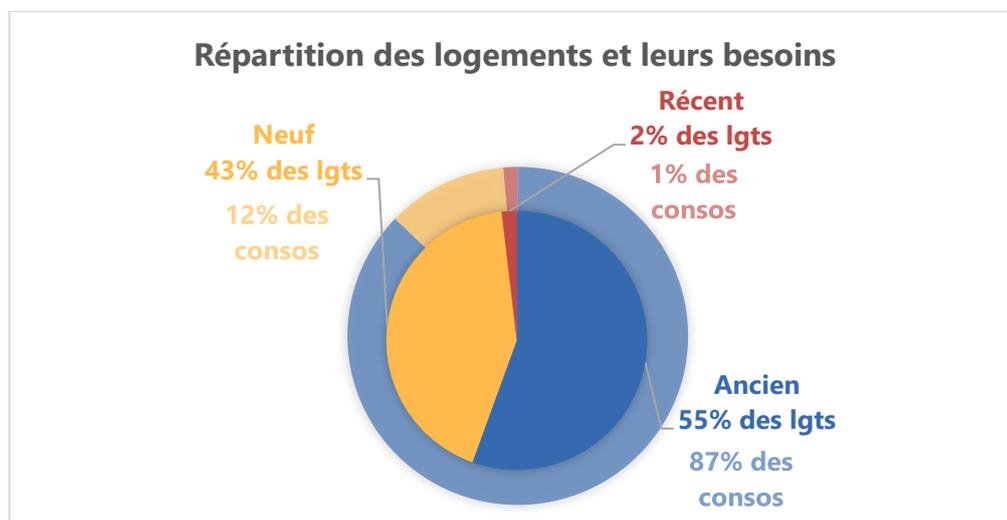


Figure 31 : Répartition des logements et leurs besoins en fonction de l'état des bâtiments

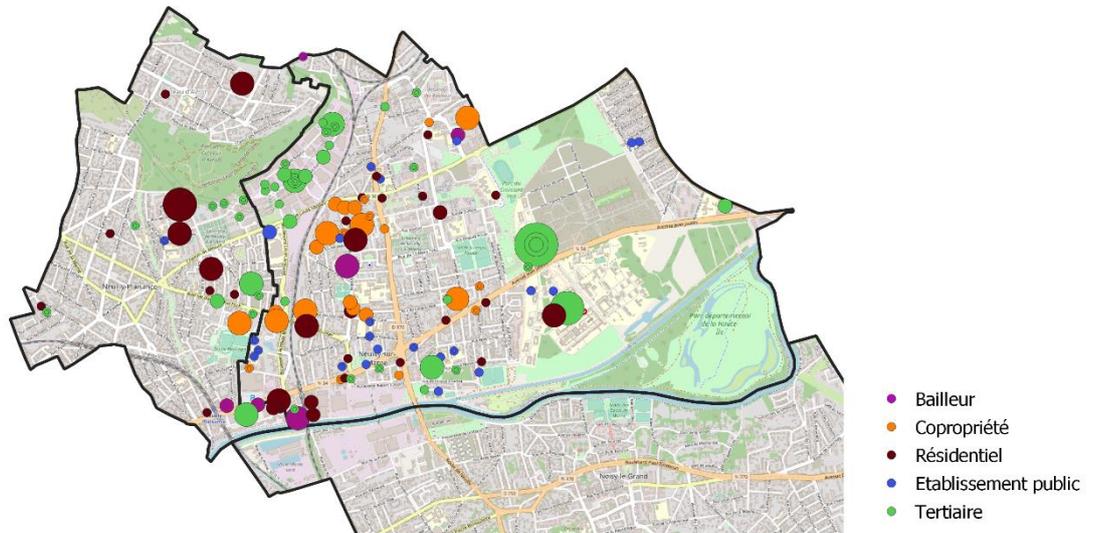


Figure 32 : Cartographie par typologie de bâtiment

Annexe 4 : Liste complète des sites retenus et de leurs besoins

Ci-dessous, la carte de chaleur du territoire permettant d'observer la répartition des besoins non raccordés au réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne :

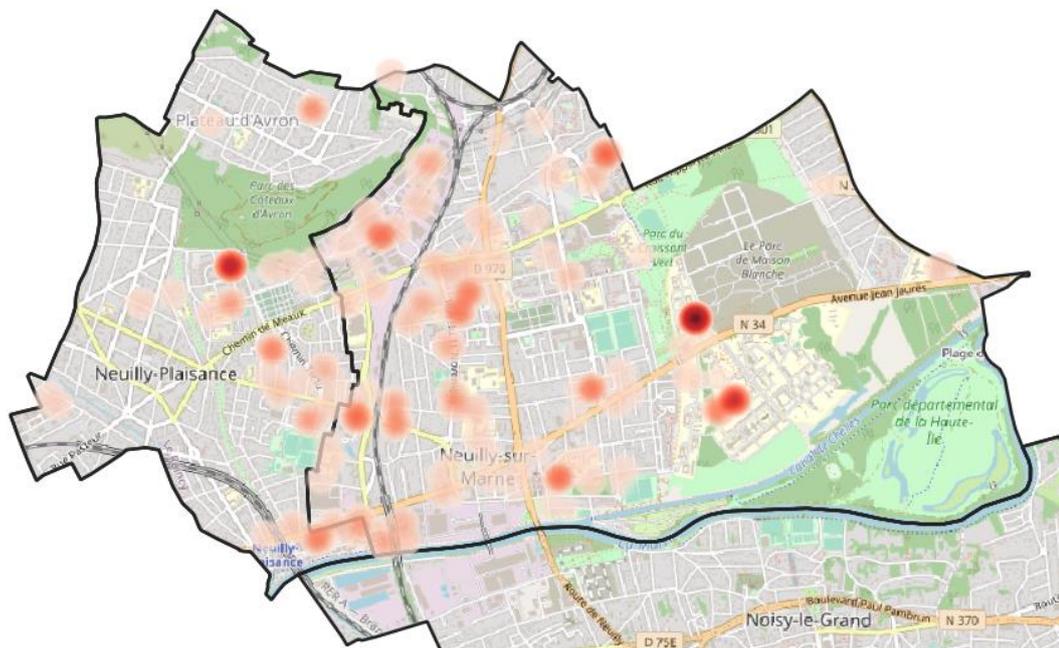


Figure 33 : Carte de chaleur des prospects recensés

1.1.2 Besoins de froid

Une étude de pré-faisabilité de création de réseau de froid a été réalisée par la commune de Neuilly-sur-Marne. Cette étude a permis de définir les besoins de froid à venir en prenant compte du réchauffement climatique probable des prochaines années. Des besoins de 21,3 GWh/an répartis sur 115 points de consommation ont été identifiés.

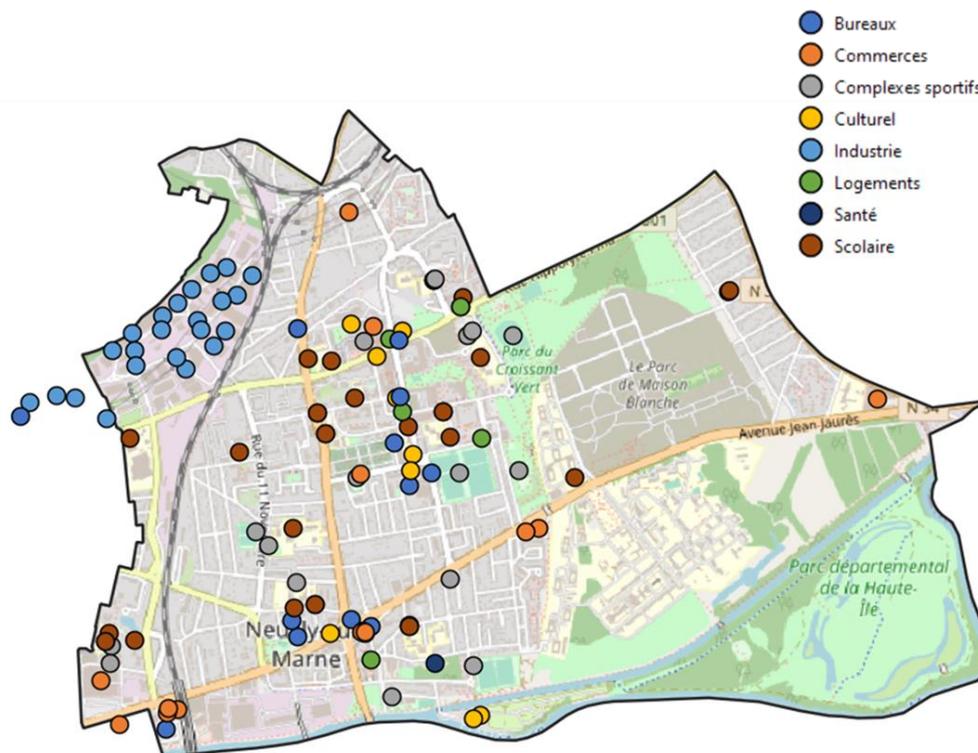


Figure 34 : Carte des prospects « froid » recensés

La pertinence de créer un réseau de froid à l'échelle de la ville n'a pas été décelée. En revanche, l'étude a identifié quelques zones ayant les meilleurs intérêts énergétiques pour le développement de petits réseaux :

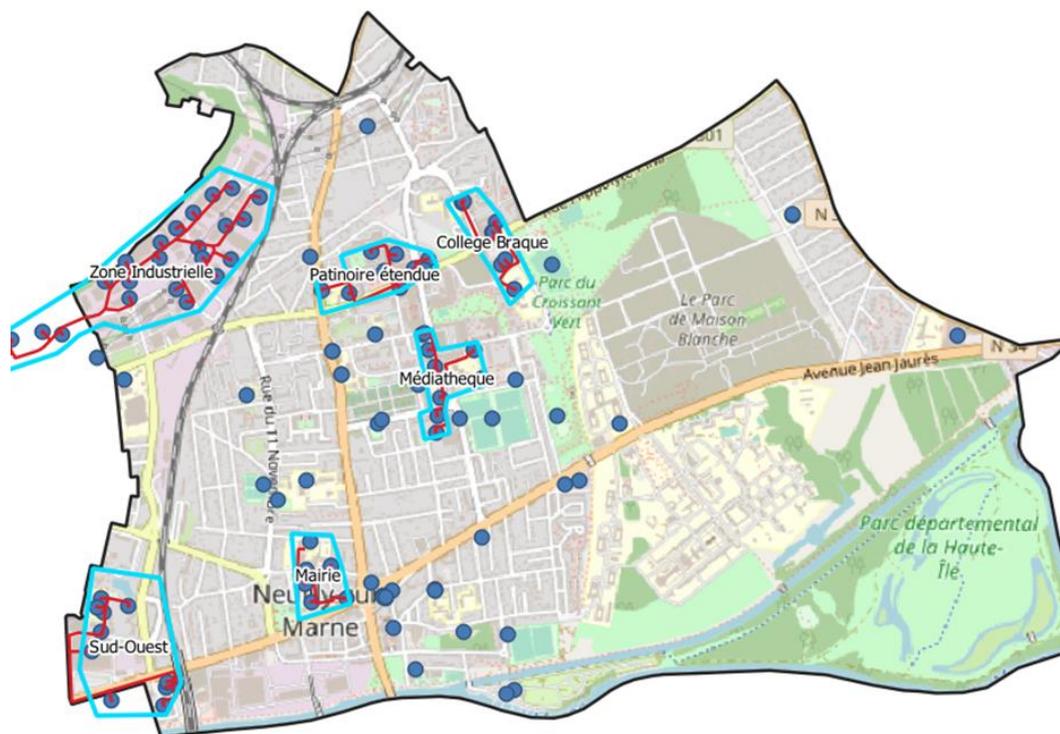


Figure 35 : Carte zone de développement de petits réseaux

Les densités observées sur ces zones sont :

Zone	Longueur	Nombre points	Conso Froid	Densité Froid
Collège Braque	883	10	1920,51	2,17
Mairie	729	7	1221,41	1,68
Médiathèque	996	10	979,14	0,98
Patinoire	1162	9	1970,63	1,70
Sud-Ouest	1870	12	3815,48	2,04
Zone Industrielle	3414	23	5629,84	1,65

Figure 36 : Tableau récapitulatif des zones de développement de petits réseaux

L'étude économique a porté sur la zone « Collège Braque » car elle avait le meilleur intérêt énergétique. Les conclusions de cette étude montrent la difficulté à mettre en place un réseau de froid sur cette zone et donc, par déduction, sur les autres zones du territoire.

4.4 Zoom sur les gros consommateurs

La consommation prévue en 2030 des trois plus gros consommateurs identifiés sur le territoire et non raccordés au réseau de chaleur est de **29 GWh/an, soit 39% des besoins projetés sur tous les prospects de l'étude.**

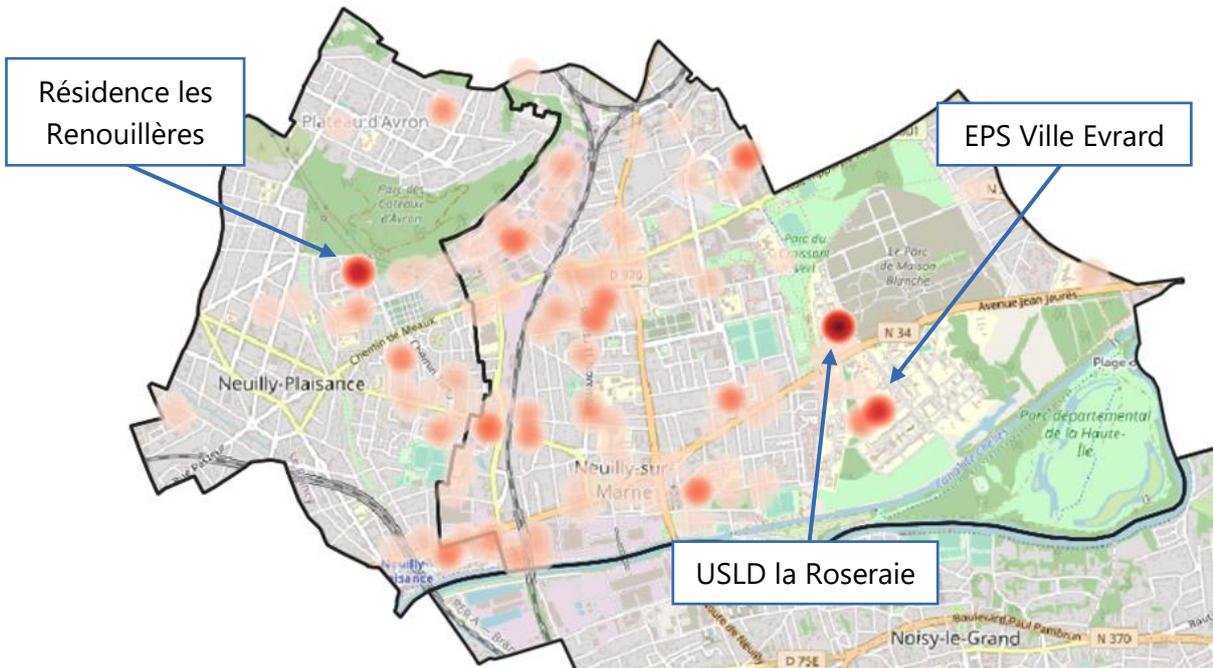


Figure 37 : Identification des consommations les plus importantes prospectées

Dans la perspective de lancement d'une consultation, la sécurisation du raccordement de ces prospects en amont constitue une piste d'optimisation intéressante.

4.4.1 L'EPS Ville Évvard



Figure 38 ; Vue aérienne de l'EPS Ville Evrard

L'établissement public de santé (EPS) de Ville Evrard spécialisé en santé mentale est un établissement de référence du département de la Seine-Saint-Denis. Le site historique de l'établissement à Neuilly-sur-Marne accueille près des deux tiers des patients hospitalisés mais également les résidents de la maison d'accueil spécialisée. Situé au sud de la ZAC Maison Blanche, il possède son propre réseau de chaleur privé.

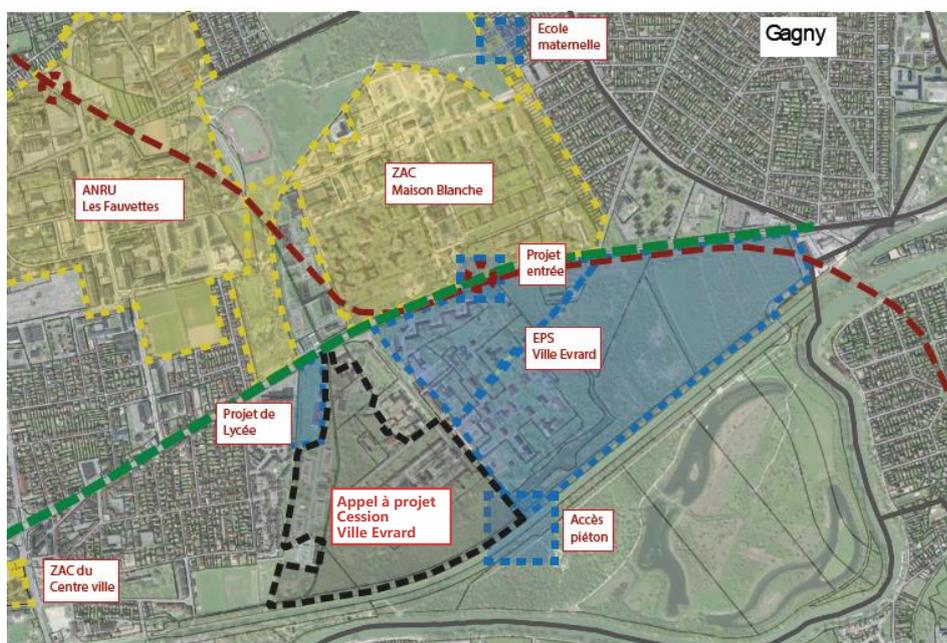


Figure 39 : Cartographie de l'EPS Ville Evrard et projets en cours aux alentours

Le réseau privé de l'EPS Ville Evrard est un **réseau haute température équipé d'une chaufferie gaz**, qui couvre une **consommation en 2021 de 13,9 GWh/an**, à la suite de l'arrêt définitif de la blanchisserie. Cependant, l'hôpital fait l'objet d'un programme de constructions, rénovations et extensions important à horizon 2028, incluant le passage de son réseau de chaleur en basse température. Les besoins prévus à terme du projet pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont de **7,6 GWh/an**.

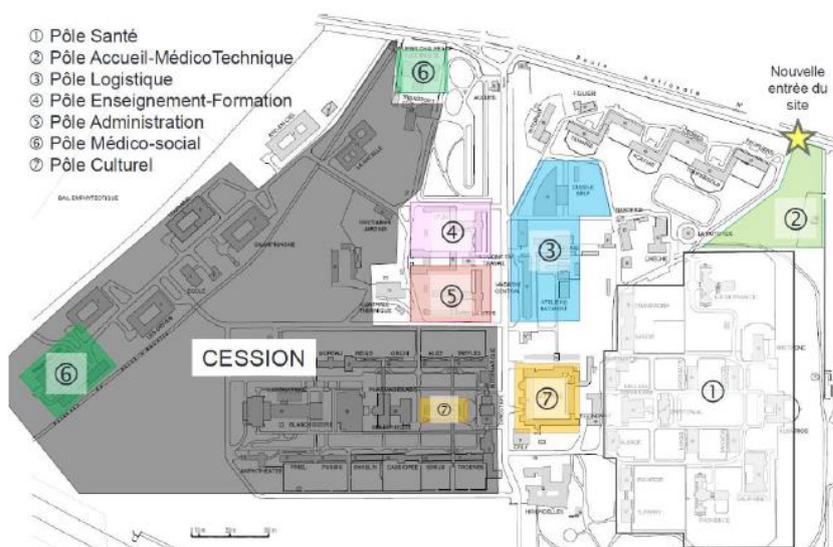


Figure 40 : Évolution de l'EPS Ville Evrard prévue après cession et réorganisation

De plus, une partie **cession** comprenant des logements, un lycée, un gymnase et un groupe scolaire est en phase de définition. L'estimation des futurs besoins de chaleur de la partie cession de Ville Evrard a été estimée par SERMET à environ **3 GWh/an**, à horizon 2030.

4.4.2 USLD la Roseraie

L'**unité de soins de longue durée (USLD) la Roseraie** est une dépendance de l'EPS Ville Evrard. Située à l'ouest de la ZAC Maison Blanche, ses besoins en chaleur furent estimés à partir de données de consommations GRDF à **15,2 GWh/an**, actuellement assuré par une chaufferie gaz.

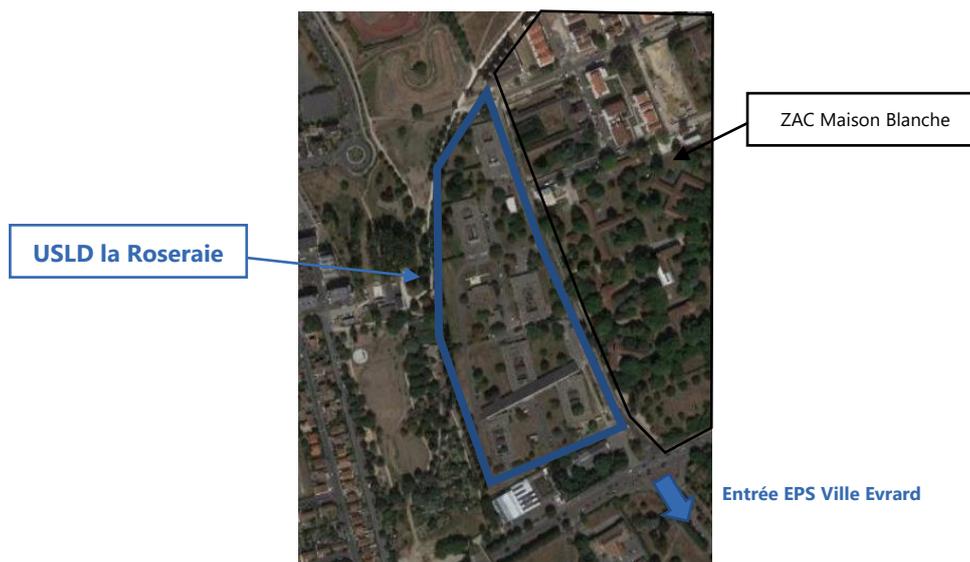


Figure 41 : Vue aérienne de la Roseraie

Le raccordement de ce site au réseau de chaleur est envisagé à la condition d'une rénovation énergétique du site, ce qui permettra des régimes de températures adaptés à la production du doublet de géothermie de l'Est Nocéen, et une baisse des consommations de chaleur d'environ - **20% à partir de 2030, soit 12,2 GWh/an**.

4.4.3 Résidence les Renouillères (Neuilly Plaisance)

Le troisième plus gros consommateurs identifié se situe sur la commune de Neuilly-Plaisance, rendant ainsi intéressant une extension en dehors du périmètre de la concession. Il s'agit de la **Résidence des Renouillères** dont les maîtres d'ouvrages sont les bailleurs Batigère et France habitation. L'estimation des besoins de la résidence à partir de données de consommations GRDF est de **9,9 GWh/an** pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

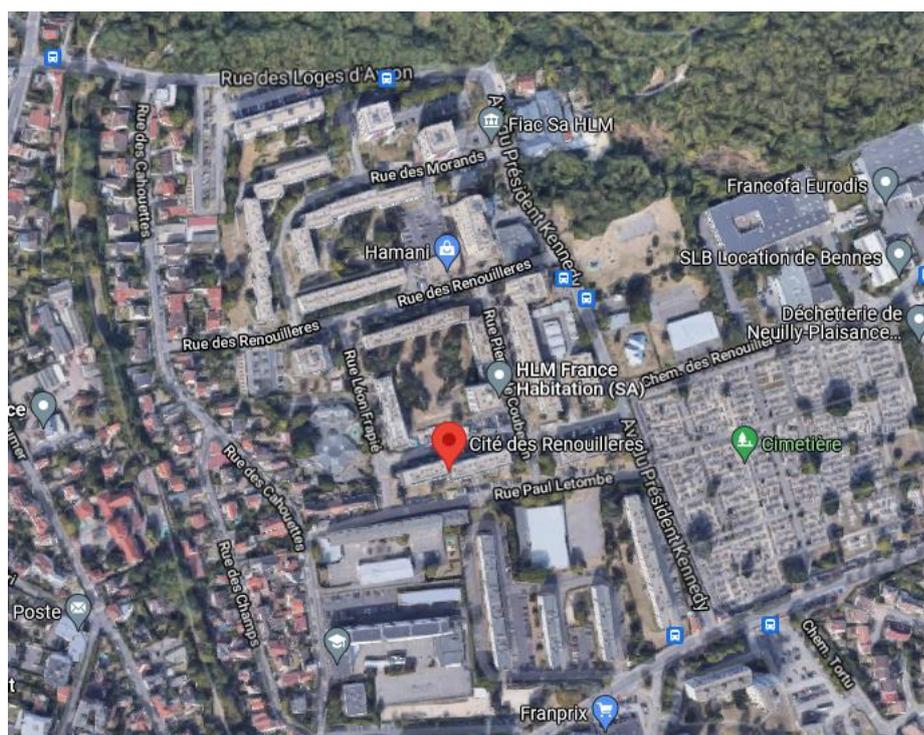


Figure 42 : Vue aérienne de la résidence les Renouillères

5. TRACE DES EXTENSIONS

5.1 Les extensions du réseau de distribution

Les extensions du réseau de chaleur ont été tracées pour alimenter les points de consommation identifiés et présentés précédemment. Ce tracé a fait l'objet d'une analyse de densité par zone afin d'optimiser les longueurs de réseau et de supprimer les branches très défavorables au réseau global. Cette approche a été réalisée en conservant un objectif de raccordement du maximum de bâtiments.

Les extensions tracées permettent d'alimenter **112 GWh/an**, avec une longueur totale prévisionnelle de **22 km**, soit une densité de **5,1 MWh/ml**.

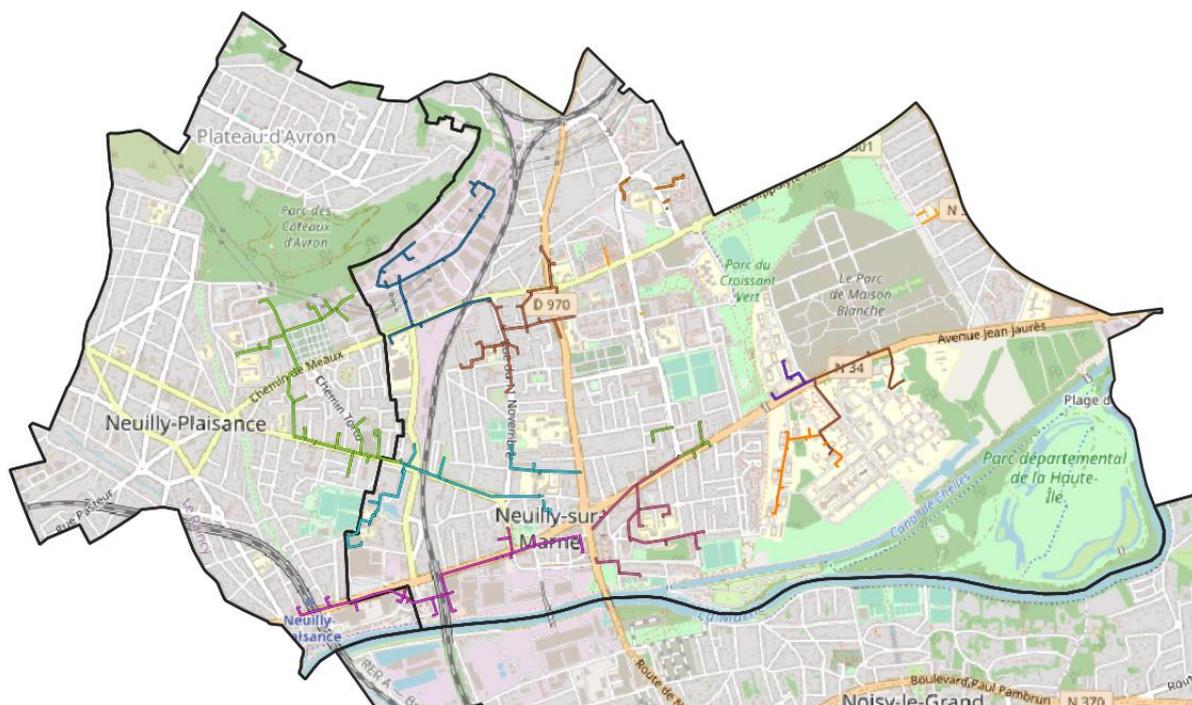


Figure 43 : Tracé des extensions du réseau

Annexe 5 : Liste des prospects raccordés

Annexe 6 : Carte des extensions du réseau

Les extensions ont été réparties par zones, présentant les caractéristiques suivantes :

Zone	Longueur (ml)	Besoins (GWh)	Densité (MWh/ml)
DENSIFICATION	294	1	4,7
FAUVETTES	442	5	12,4
LA ROSERAIE	583	19	32,8
NEUILLY PLAISANCE	3 625	20	5,5
OUEST NOCEEN	2 586	14	5,4
PRIMEVERES-REPUBLIQUE	2 998	12	4,0
SIMONE BIGOT	603	4	6,2
SUD NOCEEN	2 468	5	2,0
SUD-OUEST NOCEEN	3 061	11	3,7
VILLE EVRARD	1 438	8	5,4
CESSION VILLE EVRARD	963	3	3,4
ZONE INDUS	2 846	9	3,1
Total général	21 907	112	5,1

Tableau 15 : Caractéristiques des zones de prospects

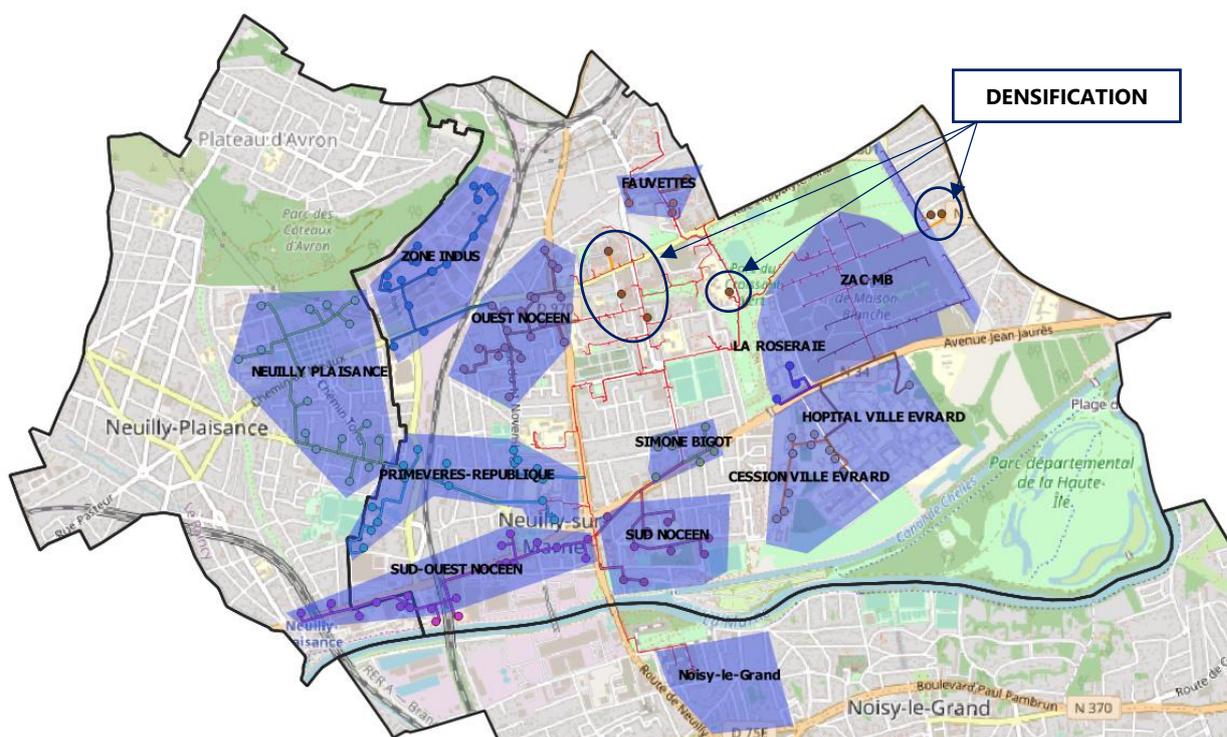


Figure 44 : Répartition géographique des zones de prospects

Note :

- ➔ **SGRM a indiqué une difficulté majeure de commercialisation sur la zone « SIMONE BIGOT ». Par conséquent, cette zone sera exclue dans l'étude à venir. Il reste cependant primordial de continuer les efforts de commercialisation sur cette zone qui présente une densité intéressante (6,2 MWh/ml).**

- **Les prospects de la « ZONE INDUSTRIELLE » sont exclusivement issus de données GRDF. Par conséquent, il n'est pas exclu qu'une partie des consommations de gaz identifiées ne soit pas destinée au chauffage ou à l'eau chaude sanitaire mais à des process industriels. De plus, la commercialisation des réseaux de chaleur auprès des industriels est d'expérience difficile à concrétiser pour cause des difficultés à s'engager sur de longues périodes pour ce type d'abonné. Pour ces raisons, cette zone sera également écartée de l'étude à suivre.**

Une attention particulière sera à porter dans le cas de passage de la voie ferrée. Une enveloppe budgétaire supplémentaire est à prévoir pour ce passage (prise en compte dans la suite de cette étude).

5.2 Les sous-stations

Le réseau tel que défini permet de desservir **127 sous-stations**. Les points de raccordement considérés dans l'étude sont fournis dans un tableau (*Annexe 5*) et sur un plan (*Annexe 6*).

Les sous-stations seront conçues afin de minimiser les températures de retour du réseau, avec notamment :

- Des **échangeurs de chaleur performants**, isolés et dimensionnés pour un **pincement** (différence de température primaire/secondaire) **inférieur à 5°C**, notamment sur les installations les plus consommatrices (idéalement 2°C) ;
- Une **régulation** de chaque sous-station avec **vanne deux voies modulante** de 0 à 100% avec régulateur de pression différentielle ;
- Des **pompes de distribution réseau** avec variateur de fréquence et régulée sur le différentiel de pression départ/retour ;
- Des **échangeurs ECS séparés**, disposant de leur propre régulation, potentiellement montés en amont des **échangeurs de chauffage**.

5.2.1 Schéma de principe hydraulique

Des schémas-type de sous-station sont fournis en annexe.

Annexe 7 : Schémas type de sous-station

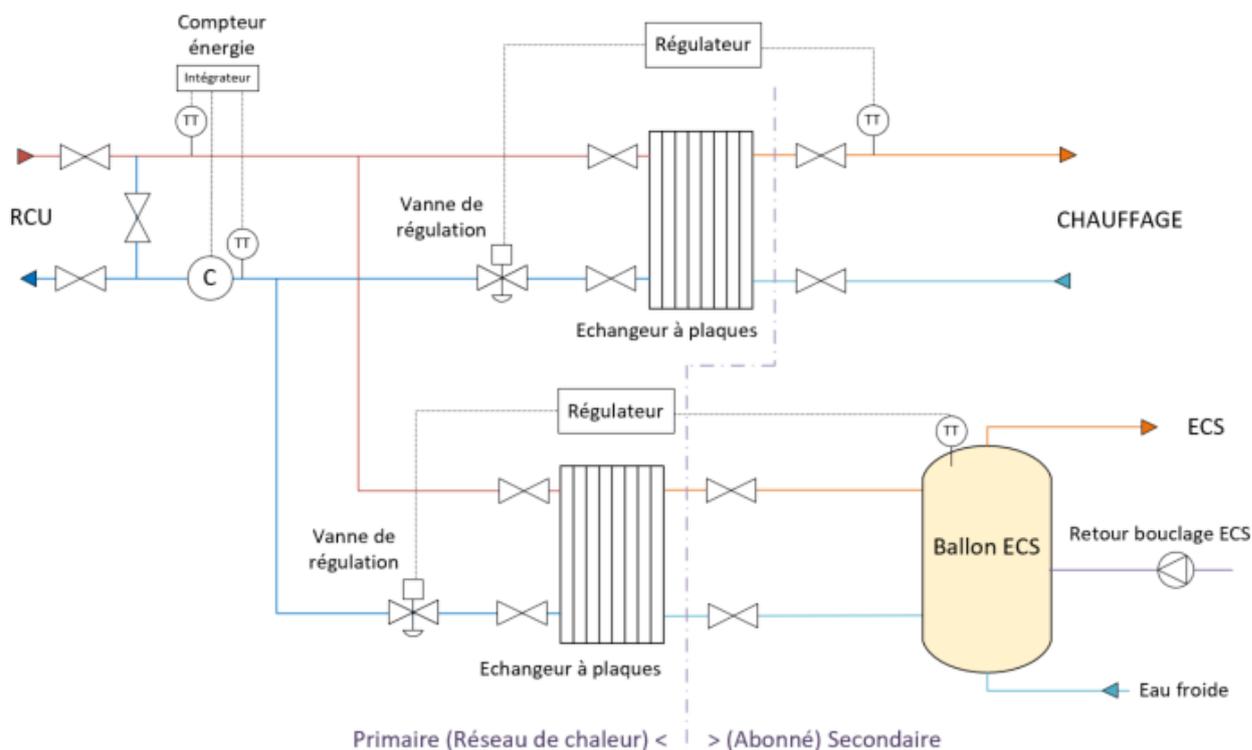


Figure 45 - Exemple d'architecture de sous-station performante

5.2.2 Calcul des puissances souscrites par sous-station

Afin de dimensionner les équipements, il a été nécessaire d'estimer les puissances appelées en sous-station. Pour cela, les formules utilisées sont :

$$P_{\text{chauffage appelée}} = \text{Consommation}_{\text{chauffage}} \times \frac{(T_{\text{non chauffage}} - T_{\text{extérieur de base}})}{(DJU_{\text{ref}} \times 24)}$$

Avec :

- $\text{Consommation}_{\text{chauffage}}$ = consommation annuelle en kWh
- $T_{\text{non chauffage}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- $T_{\text{extérieur de base}} = -7 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- $DJU_{\text{ref}} = 2\,300 \text{ DJU}$

$$P_{\text{ECS appelée}} = \frac{\text{Consommation}_{\text{ECS}}}{\text{Lissage}_{\text{ECS}} \times 365}$$

Avec :

- $\text{Consommation}_{\text{ECS}}$ = consommation annuelle en kWh
- $\text{Lissage}_{\text{ECS}} = 6 \text{ h}$, à l'exception des établissements de santé (12 h)

La puissance souscrite a ensuite été déterminée à l'aide des formules contractuelles de la concession :

$$\text{Logements : } PS_{\text{chauffage}} = \frac{P_{\text{chauffage appelée}} + 10\%}{\text{Intermittence}}$$

$$\text{Autre : } PS_{\text{chauffage}} = \frac{P_{\text{chauffage appelée}} + 20\%}{\text{Intermittence}}$$

$$PS_{\text{ECS}} = P_{\text{ECS appelée}}$$

$$PS_{\text{totale}} = PS_{\text{chauffage}} + PS_{\text{ECS}}$$

Avec ces formules, il a été déterminé les puissances souscrites de chaque abonné retenu pour obtenir une estimation de la puissance appelée maximale d'environ 71 MW.

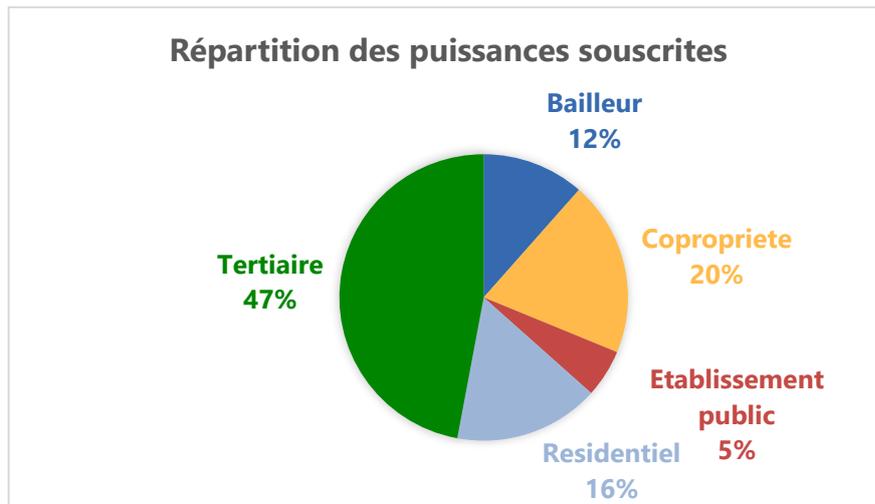


Figure 46 : Répartitions des puissances souscrites des prospects par type d'abonné

6. EVOLUTION DES BESOINS

Notre étude prend en compte une évolution des besoins énergétiques au fil des années, autant pour les abonnés acquis du réseau que pour les prospects recensés. Ces évolutions sont liées à :

- Un phasage des raccordements ;
- De nouvelles constructions se raccordant au fur et à mesure sur le réseau (ZAC, nouveaux bâtiments) ;
- La prise en compte de baisses de consommation liées aux rénovations énergétiques des bâtiments.

Les paragraphes suivants présentent ces différents aspects de l'évolution des besoins et comment ils sont pris en compte dans la conception du réseau de chaleur.

6.1 Hypothèses concernant l'évolution des consommations

6.1.1 Evolution de la rigueur climatique (DJU)

Les DJU chauffage enregistrés à Neuilly-sur-Marne diminuent en moyenne de **-2% par an**, entre 2010 et 2020. La rigueur climatique de référence utilisée pour l'étude est de 2 300 DJU, moyenne des 10 dernières années :

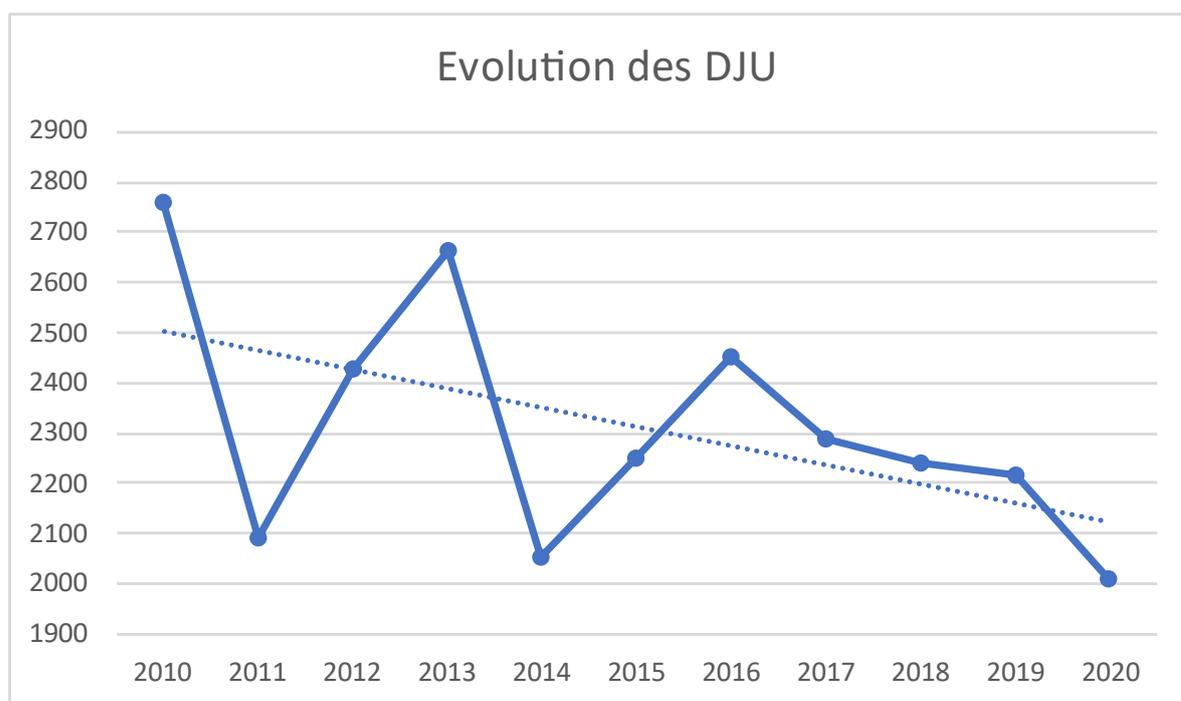


Figure 47 - Evolution des DJU au cours des 10 dernières années

En prenant en compte une base de **2 300 DJU en 2021** pour les calculs, et une baisse similaire aux 10 années précédentes, la **rigueur climatique en 2030 sera de 1 955 DJU**.

6.1.2 Réhabilitation énergétique

La réhabilitation des bâtiments, en vue d'une diminution des consommations, est nécessaire pour atteindre les objectifs fixés par Grand Paris Grand Est au sein du PCAET. Plusieurs outils ont été mis en place à l'échelle nationale et locale pour faciliter la réalisation de ces rénovations, parmi lesquels :

- Le récent « **Décret Tertiaire** » qui vise la diminution des consommations en énergie finale des bâtiments tertiaires de plus de 1000 m² de 40% en 2030 et 50% en 2040 par rapport à une année de référence à fixer ;
- La Règlementation Thermique sur la réhabilitation à venir (RE 2020) ;
- Le mécanisme des **Certificats d'Economies d'Energies**, reconduit pour une nouvelle période à compter de 2021

Dans ce cadre, la réduction des besoins en chaleur a été calculée pour les sites sur la base d'un taux de réduction à échéance 2030 et 2040. Ce taux est alors appliqué sur les besoins de chauffage :

- A une année donnée si une information sur la date de réhabilitation est connue ;
- En % constant jusqu'à 2030 et 2040 sinon.

6.1.3 Réduction de consommation par typologie de bâtiment

Le tableau, ci-dessous, présente les taux appliqués en fonction des typologies de bâtiment :

Typologie bâtiment	Diminutions conso chauffage	
	2030	2040
Bailleur	-15%	-30%
Copropriété	-10%	-20%
Etablissement public	-15%	-30%
Résidentiel	-10%	-20%
Tertiaire	-10%	-10%

Tableau 16 - Taux appliqués pour les réductions de consommation

6.1.4 PRU Val Coteau

Le **Nouveau Programme National de Renouvellement Urbain (NPNRU)** a pour objectif de poursuivre la dynamique engagée afin d'améliorer la qualité de vie, de dynamiser les quartiers et favoriser la mixité sociale. Le **Projet de Renouvellement Urbain (PRU) de Val Coteau**, qui fait suite au PRU des Fauvettes, s'inscrit au NPNRU, et prévoit 5 orientations stratégiques :

- **Démolir et/ou rénover les constructions anciennes** pour favoriser des espaces d'habitations de qualité.
- **Diversifier le parc de logements** pour favoriser la mixité sociale
- **Proposer de nouveaux services** pour répondre aux besoins de proximité et dynamiser le quartier.
- **Aménager les espaces extérieurs** pour améliorer le cadre de vie et la mobilité.
- **Promouvoir une démarche développement durable exemplaire** pour répondre aux grands enjeux environnementaux et améliorer la qualité de vie.

Ce projet fait l'objet d'un partenariat entre acteurs publics (Ville de Neuilly-sur-Marne et EPT Grand Paris Grand Est porteurs du projet) et privés (bailleurs Batigère Ile de France et Seine-Saint-Denis Habitat maîtres d'œuvre).

Au total le projet prévoit à horizon 2028 la démolition de 206 logements, la réhabilitation de 202 logements et la résidentialisation de 442 logements, ainsi que la construction de logements et services, et la reprise de voiries.

Les opérations prévues au PRU de Val Coteau qui impacteront les besoins déjà raccordés au réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne ou faisant partie des prospects de la présente étude sont indiqués sur la cartographie suivante :

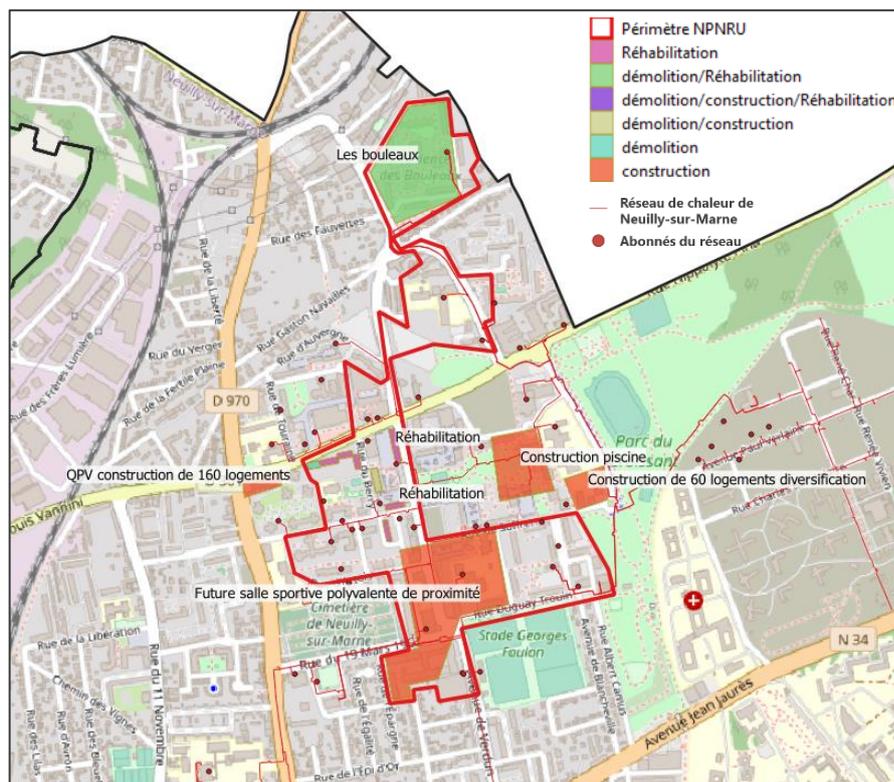


Figure 48 : Projets de démolition, construction et rénovation inscrits au PRU de Val Coteau

NPNRU Val Coteau Horizon 2028		
Consommation actuelle des bâtiments existants concernés	Consommation prévues en 2030 (réhabilitation + construction)	Impact du NPNRU sur les consommations
8 866 MWhu	4 050 MWhu	- 4 816 MWhu

Tableau 17 : Bilan de l'impact du NPNRU sur les consommations recensées

Note :

Les projets de construction d'une piscine et d'une salle sportive polyvalente de proximité ne furent pas inclus à l'étude par manque de données rendant difficile l'estimation de besoins.

6.1.5 Autres projets d'aménagement

En dehors du PRU de Val Coteau, les projets suivants ont été identifiés en concertation avec le service urbanisme de la ville :

- Futur centre de bus opérationnel : Le manque d'information sur ce projet empêche l'estimation des consommations du futur bâtiment. A priori, ce type de bâtiment ne présente pas de consommations importantes en chauffage et eau chaude sanitaire. Il ne sera donc pas considéré pour la suite de l'étude.

- **Résidence les Fauvettes** : La démolition de 140 logements anciens, la construction de 358 logements neufs ainsi que la rénovation de 60 logements est prévue et prise en compte dans la suite de l'étude.
- **Réhabilitation façade I3F** : une baisse de consommation de -30% sur les consommations de chaleur a été prise en compte à horizon 2030 suite à la réhabilitation de l'abonné I3F – Berges de la Marne.
- **Projet logements étudiants** : La construction de 270 logements étudiants est prise en compte pour la suite de l'étude.

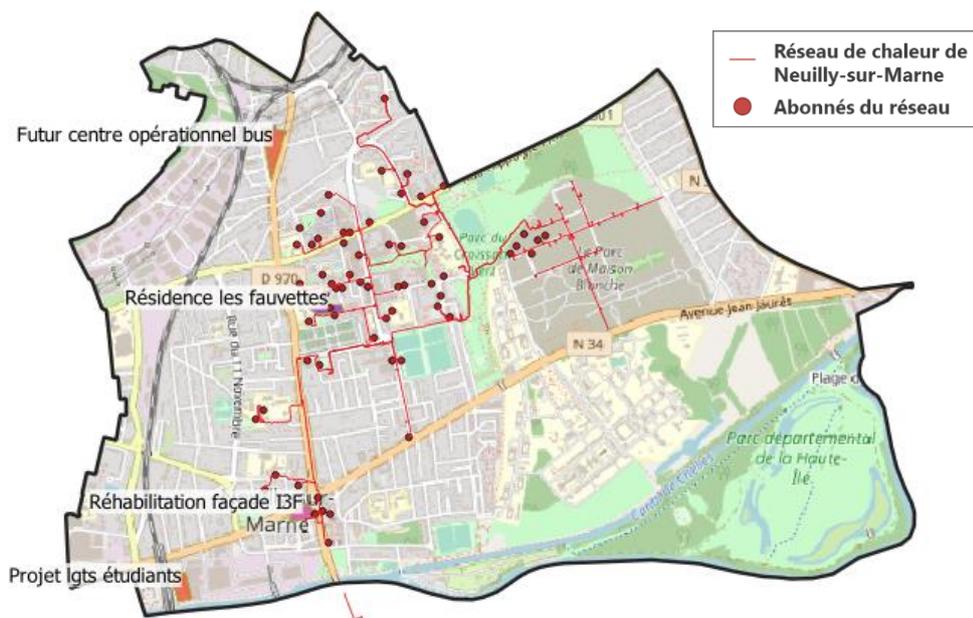


Figure 49 : Carte des aménagements (hors PRU Val Coteau) prévus à Neuilly-sur-Marne

Total aménagements hors NPNRU Val Coteau		
Consommation actuelle des bâtiments existants concernés	Consommation prévue en 2030 (réhabilitation + construction)	Impact sur les consommations
2 749 MWh	3 694 MWh	+ 945 MWh

Tableau 18 : Bilan des aménagements hors NPNRU

6.2 Evolutions des consommations des bâtiments raccordés

L'évolution des consommations des bâtiments raccordés considérée pour la suite de l'étude est présentée dans le tableau ci-dessous. A noter qu'il s'agit des bâtiments raccordés au 31/12/2020 hors ZAC Maison Blanche, car aucune diminution de consommation n'est prévue pour les bâtiments neufs.

MWh DJU std 2300	Consommations 2020	Consommations 2030	Evolution	Consommations 2040	Evolution
Bailleur	34 603	28 646	-17%	26 534	-23%
Commerce	467	393	-16%	393	-16%
Conseil Général	1 521	1 305	-14%	1 081	-29%
Copropriété	19 432	18 341	-6%	16 832	-13%
Ville	8 852	7 768	-12%	6 450	-27%
Total général	64 874	56 454	-13%	51 291	-21%

Tableau 19 : Evolution des consommations par type d'abonné

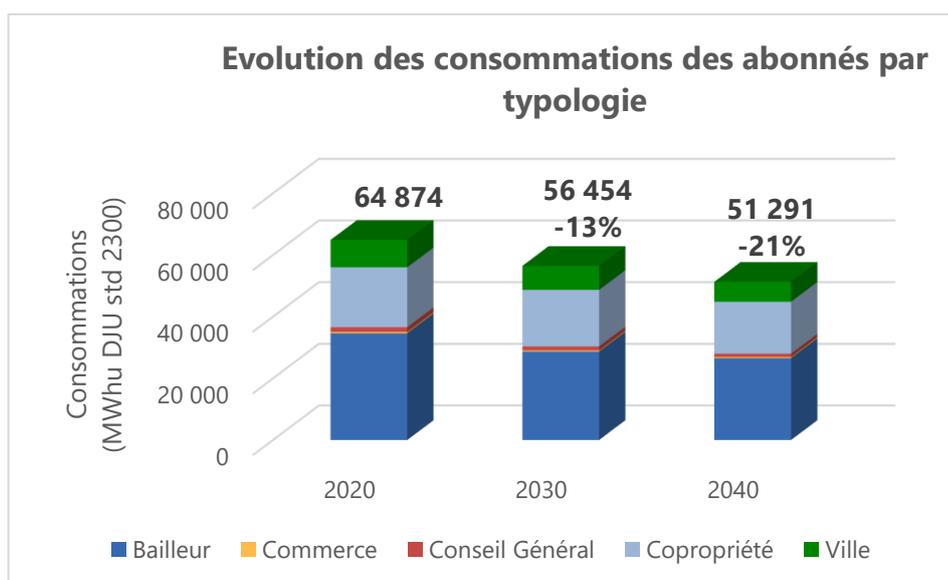


Figure 50 : Evolution des consommations par type d'abonné

La densité du réseau existant (hors Est Nocéen) passera ainsi de 3,8 MWh/ml à 3,4 MWh/ml.

La densité globale du réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne (ZAC de Maison Blanche et export vers Noisy-le-Grand compris) sera de 3,5 MWh/ml en 2030 en prenant en compte les diminutions de consommations des bâtiments anciens.

6.3 Evolution des besoins recensés

Les évolutions des besoins recensés sont présentées ci-dessous, dans un premier temps en fonction de la typologie de bâtiment sur l'ensemble des prospects, puis dans un second temps par zone sur les prospects raccordés par le tracé des extensions (voir 5.1 ci-dessus).

MWh DJU std 2300	Consommations 2020	Consommations 2030	Evolution	Consommations 2040	Evolution
Bailleur	2 983	2 237	-25%	1 878	-37%
Copropriété	22 488	20 738	-8%	18 989	-16%
Etablissement public	4 801	4 113	-14%	3 530	-26%
Résidentiel	54 264	45 872	-15%	43 735	-19%
Tertiaire	32 350	28 342	-12%	28 342	-12%
Total général	116 885	101 302	-13%	96 473	-17%

Tableau 20 : Evolution des besoins recensés par type de bâtiment

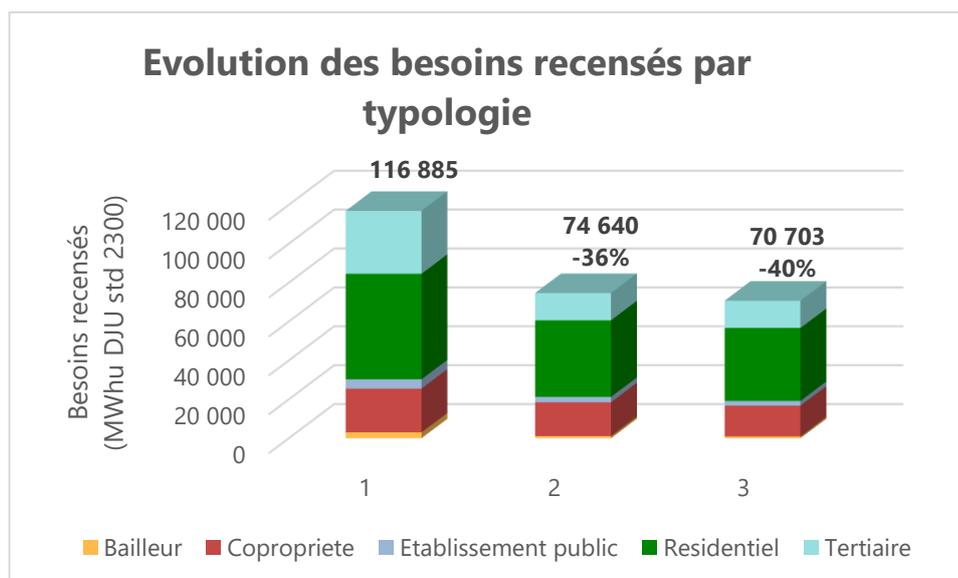


Figure 51 : Evolution des besoins recensés par type de bâtiment

MWh DJU std 2300	2020	2030	Evolution	2040	Evolution
DENSIFICATION	1 370	1 331	-3%	1 307	-5%
FAUVETTES	5 489	5 076	-8%	4 663	-15%
LA ROSERAIE	19 149	15 359	-20%	15 342	-20%
NEUILLY PLAISANCE	19 895	18 462	-7%	17 239	-13%
OUEST NOCEEN	14 015	12 728	-9%	11 440	-18%
PRIMEVERES-REPUBLIQUE	12 074	11 045	-9%	10 029	-17%
SIMONE BIGOT	3 759	3 509	-7%	3 273	-13%
SUD NOCEEN	4 940	4 437	-10%	4 319	-13%
SUD-OUEST NOCEEN	11 411	10 646	-7%	10 184	-11%
VILLE EVRARD	7 797	7 637	-2%	7 637	-2%
CESSION VILLE EVRARD	3 286	3 001	-9%	3 046	-7%
ZONE INDUS	8 949	8 070	-10%	7 995	-11%
Total général	112 134	101 302	-10%	96 473	-14%

Tableau 21 : Evolution des besoins recensés par zone

Zone	Longueur (ml)	Densité (MWh/ml)		
		2020	2030	2040
DENSIFICATION	294	4,7	4,5	4,4
FAUVETTES	442	12,4	11,5	10,5
LA ROSERAIE	583	32,8	26,3	26,3
NEUILLY PLAISANCE	3 625	5,5	5,1	4,8
OUEST NOCEEN	2 586	5,4	4,9	4,4
PRIMEVERES-REPUBLIQUE	2 998	4,0	3,7	3,3
SIMONE BIGOT	603	6,2	5,8	5,4
SUD NOCEEN	2 468	2,0	1,8	1,7
SUD-OUEST NOCEEN	3 061	3,7	3,5	3,3
VILLE EVRARD	1 438	5,4	5,3	5,3
CESSION VILLE EVRARD	963	3,4	3,1	3,2
ZONE INDUS	2 846	3,1	2,8	2,8
Total général	21 907	5,1	4,6	4,4

Tableau 22 : Impact des diminutions de besoins sur les densités par zone

La diminution de la densité des extensions envisagées liée aux baisses de consommations n'est pas conséquent au point d'écarter certaines zones de la suite de l'étude.

7. ETAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR A PROXIMITE

Dans le cadre du présent schéma directeur, un état des lieux des sources de chaleur situées à proximité du réseau actuel est réalisé, dans le but de :

- Mutualiser les équipements existants, en envisageant des interconnexions entre réseaux de chaleur ;
- Améliorer la valorisation des énergies renouvelables et de récupération, en utilisant des sources d'énergie déjà existantes.

7.1 Démarche EnR'CHOIX

Dans le cadre de sa politique d'accompagnement énergétique auprès des différents acteurs du territoire francilien (collectivités territoriales, aménageurs publics ou privés), l'ADEME Ile-de-France a développé un outil méthodologique et d'information afin de guider les décideurs dans leurs orientations énergétiques. Cet outil d'aide à la décision a été baptisé **EnR'CHOIX**.

Le premier volet de ce guide correspond aux notions de **sobriété et d'efficacité énergétique**.

- La sobriété énergétique correspond à la suppression ou la limitation des consommations d'énergie superflues par un meilleur usage du bâtiment et de ses équipements ;
- L'efficacité énergétique d'un bâtiment ou d'un équipement est le rapport entre la quantité d'énergie utilisée et la quantité d'énergie consommée. Son amélioration passe par :
 - L'isolation, la ventilation des bâtiments, et le renouvellement des équipements de chauffage ;
 - La mise en place de pratiques permettant de diminuer et réguler la consommation d'énergie tout en maintenant un niveau de service équivalent.

Mis à part un rôle d'accompagnement des Maîtres d'Ouvrage de patrimoine, les opérateurs de réseaux de chaleur ont peu de possibilités d'implication dans ce 1er volet.

Le deuxième volet consiste à **mutualiser les besoins via le développement des réseaux de chaleur**. La stratégie développée vise à mettre en commun les ressources, en mettant l'accent sur :

- La diminution globale des besoins des bâtiments,
- L'interconnexion des réseaux de chaleur pour mutualiser les installations,
- L'augmentation de la part des EnR&R dans le bouquet énergétique,
- L'augmentation du nombre de bâtiments ayant recours aux réseaux de chaleur.

Le troisième volet correspond à **l'optimisation du choix de la source de chaleur EnR&R** en vue d'alimenter un réseau de chaleur (démarche également valable pour l'alimentation d'un bâtiment isoler, après avoir vérifié que la mutualisation via un réseau n'est pas envisageable), en favorisant les énergies locales et non délocalisables. Cela consiste à **prioriser les EnR&R** de la façon suivante :

- Valoriser les énergies de récupération et favoriser la génération de ces énergies en commun sur le territoire (chaleur fatale)
- Encourager le développement et l'exploitation durable des géothermies
- Assurer une utilisation plus cohérente de la biomasse énergie sur le territoire avec des systèmes de dépollution performants et une filière d'approvisionnement durable

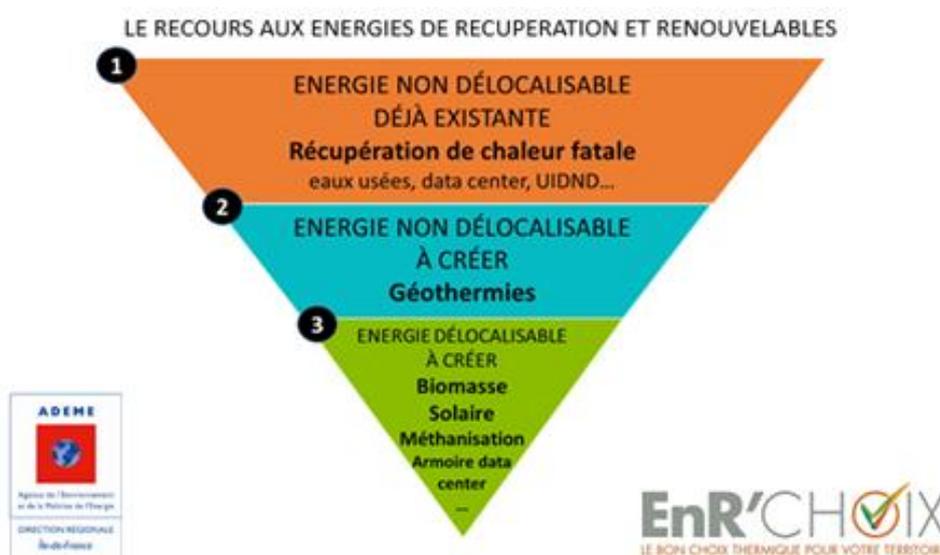


Figure 52 : Priorisation des sources de chaleur EnR&R selon la démarche EnR'CHOIX

La suite de cette partie présentera l'état des lieux des sources de chaleur EnR&R à proximité du réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne en priorisant les ressources suivant le schéma ci-dessus.

7.2 Réseaux publics et privés à proximité du réseau

Les réseaux de chaleur publics et privés sont répertoriés sur la carte suivante.

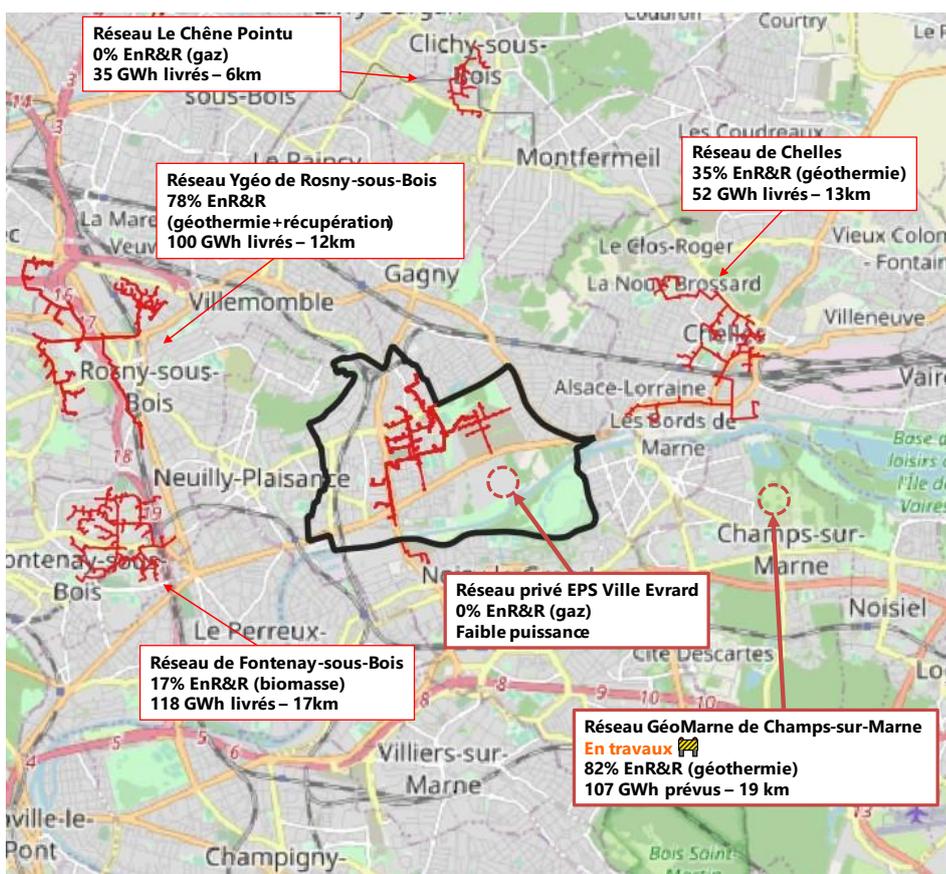


Figure 53. Réseaux de chaleur situés à proximité du réseau de Neuilly-sur-Marne

➔ **Les réseaux de chaleur identifiés à proximité présentent un faible intérêt pour le réseau de Neuilly-sur-Marne. En effet, seul le réseau de Chelles se situe à une distance raisonnable (<3km). Or le doublet de géothermie de Chelles montre déjà des difficultés à produire suffisamment d'énergie renouvelable pour son propre réseau.**

7.3 Récupération de chaleur fatale

7.3.1 Principe

En France, l'industrie est le 3^{ème} secteur consommateur d'énergie après le secteur Résidentiel et le Transport. Les combustibles, essentiellement importés et d'origine fossile (ENR&R ≈ 6% suivant l'ADEME), représentent la principale énergie pour la production de chaleur dans l'industrie.

La chaleur fatale correspond à la chaleur générée lors du fonctionnement d'un procédé qui n'en constitue pas la finalité première, et qui n'est pas nécessairement récupérée. Par exemple, l'objectif d'un incinérateur est de traiter les déchets en les brûlant. Ce faisant, il produit de la chaleur qui, si elle n'est pas valorisée est perdue, c'est donc de la chaleur fatale.

NOTA : la chaleur issue de la cogénération gaz n'est pas considérée comme une chaleur de récupération car son but premier est de produire simultanément de la chaleur et de l'électricité à partir de combustible fossile.

PROVENANCE DE LA CHALEUR FATALE

La chaleur fatale peut être issue :

- De sites industriels : raffineries, agro-alimentaire, métallurgie, industrie automobile, production d'électricité...
- De Stations d'Épuration des Eaux Usées (STEP) et réseaux d'assainissement,
- D'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM),
- De Data Centers,
- D'Hôpitaux,
- D'autres sites tertiaires...

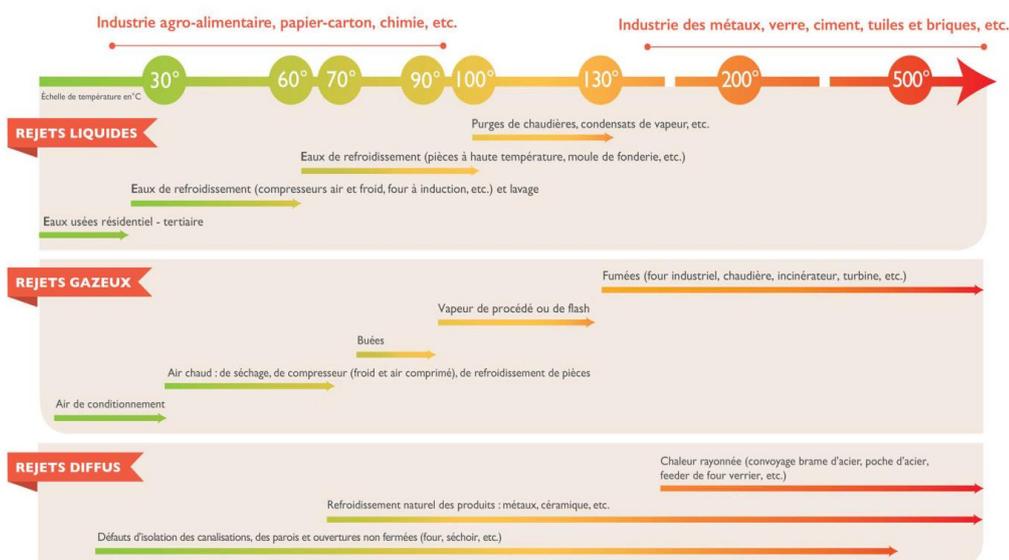
LES ENJEUX DE RECUPERATION DE LA CHALEUR FATALE A L'ECHELLE DU TERRITOIRE

Au niveau du territoire du Val d'Europe, les enjeux de la récupération de la chaleur fatale sont multiples :

- Créer une synergie économique et environnementale avec le tissu industriel. Il s'agit dans notre cas de créer des synergies de substitution de ressources avec des échanges de flux de matières et d'énergie entre structures : des déchets, sous-produits, effluents ou énergies pour se substituer aux flux habituellement utilisés.
- Répondre à un besoin en chaleur d'un bassin de population.
- Limiter les émissions de Gaz à Effet de Serre et contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique.

LES ORIGINES ET CARACTERISTIQUES DE LA CHALEUR FATALE

La chaleur fatale est caractérisée suivant 2 aspects : sa forme et sa température.



- Les différentes formes de chaleur fatale :

Les rejets de chaleur fatale peuvent être gazeux, liquides ou diffus. Le captage de ces rejets est plus ou moins facile : les rejets liquides sont les plus faciles à capter alors que les rejets diffus sont logiquement les plus difficiles à capter.

- Le niveau de température de la chaleur fatale :

La température de la chaleur fatale est une caractéristique essentielle de la stratégie de valorisation à mettre en œuvre. Dans la pratique, les niveaux de températures varient entre 20°C (eaux usées par exemple, qui nécessite d'être remontés en température pour être valorisée dans les réseaux) et 500°C (gaz de combustion).

LA VALORISATION DE LA CHALEUR FATALE

La chaleur fatale peut être valorisée sous deux formes :

- La chaleur :

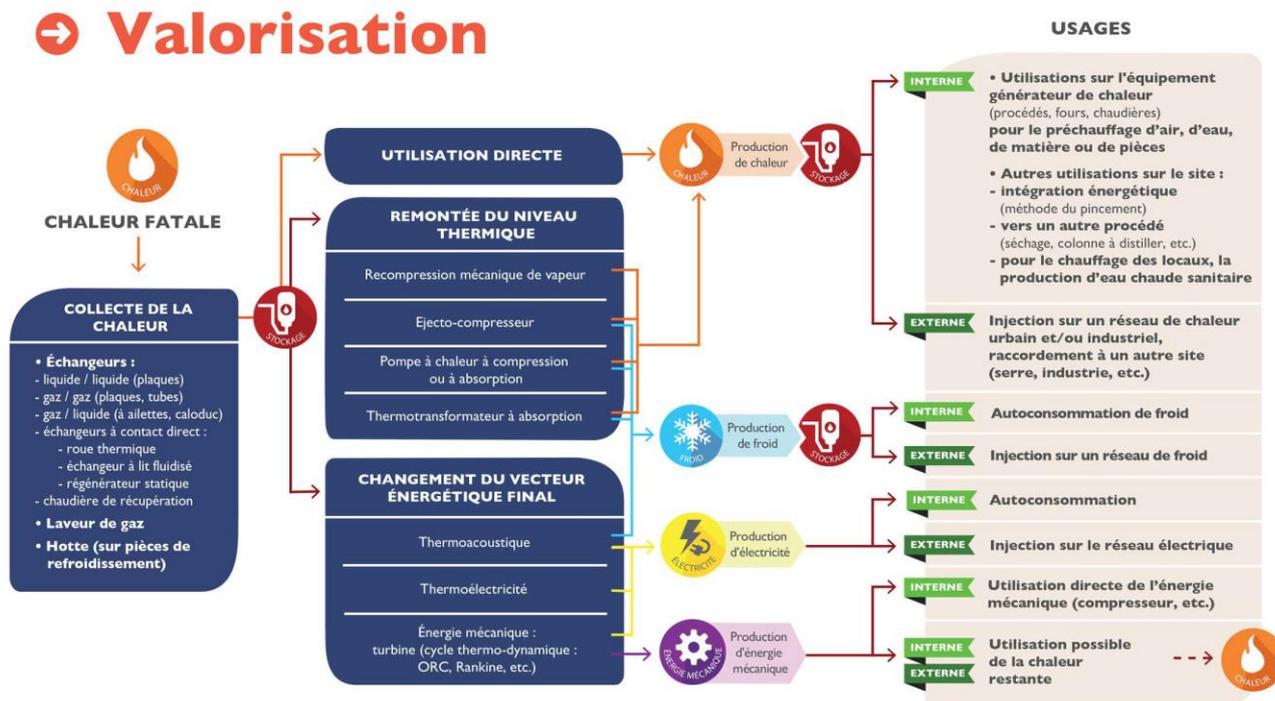
Cette chaleur peut être utilisée pour répondre à des besoins internes à l'entreprise ou bien pour répondre à des besoins d'autres entreprises ou bâtiments situés à proximité (possiblement via un réseau de chaleur urbain).

- L'électricité :

La chaleur peut également être utilisée pour produire de l'électricité pour répondre à des besoins internes ou bien des besoins collectifs externes. Il faut alors des besoins très haute température, qui peuvent ensuite être valorisés en chaleur (exemple des incinérateurs de déchets avec Groupe Turbo-Alternateur et valorisation sur réseau de chaleur).

Les niveaux de températures requis pour ces deux formes de valorisation sont différents : la température requise pour produire de l'électricité doit être supérieure à 150°C alors que celle utilisée pour alimenter un réseau de chaleur est inférieure. Ces deux formes de valorisation sont complémentaires.

→ Valorisation



Pour pallier une éventuelle discontinuité de la ressource de chaleur fatale et pouvoir la valoriser de façon optimale, un système de stockage de chaleur ([voir partie 2.3.2 Le stockage thermique](#)) peut être mis en place.

LA VALORISATION DU GISEMENT SUR UN RESEAU DE CHALEUR

La chaleur fatale sera valorisée de différente manière suivant sa température. Trois régimes de températures sont distingués pour la valorisation des gisements de chaleur.

Les gisements de chaleur supérieurs à 90°C :

Les gisements de température supérieure à 90°C peut être valorisé sur les réseaux de chaleurs, sans élévation de température. Parmi les sources de chaleur fatale supérieures à 90°C, il existe :

- Rejets liquides : purges de chaudières, condensats de vapeur...
- Rejets gazeux : vapeur de procédé ou de flash, fumées généralement supérieures à 150°C (fours industriels, chaudières, incinérateur, turbines...)

Les gisements de chaleur entre 60°C et 90°C :

Pour exploiter des gisements de chaleur fatale compris entre 70°C et 90°C deux solutions sont envisageables :

- Directement sur une boucle eau chaude locale permettant des régimes de chaleur optimisés, où les émetteurs sont compatibles avec des régimes basse température.
- Utiliser une pompe à chaleur haute température pour élever la température du gisement de chaleur fatale à une température proche de celle du réseau de chaleur existant et adaptée aux

besoins des bâtiments. Cette solution est d'autant plus pertinente que l'écart de température à combler est faible.

Parmi les sources de chaleur fatale basse température, il existe :

- Rejets liquides : eaux de refroidissement de pièces haute température, moules de fonderie...
- Rejets gazeux : Buées

Les gisements de chaleur inférieurs à 60°C :

Les gisements de chaleur dont la température est inférieure à 60°C peuvent être valorisés de deux manières :

- Via une boucle d'eau tempérée. Un réseau unique achemine de l'eau à très basse température jusqu'à des pompes à chaleur eau/eau décentralisées, généralement en pied de bâtiments ou d'ilots, qui élèvent ou abaisse la température pour répondre aux besoins de chauffage, d'eau chaude sanitaire et éventuellement de froid des bâtiments, parfois simultanément.
- Via un réseau de chaleur basse température, dont la température des gisements de chaleur a été relevée grâce à un système de pompe à chaleur en centrale de production. La chaleur élevée en température alimente ensuite un réseau de chaleur de type basse température.

Les sources de chaleur fatale très basse température sont multiples :

- Rejets liquides : eaux de refroidissement des compresseurs et fours à induction, eaux de lavage, eaux usées.
- Rejets gazeux : air de conditionnement, air chaud de séchage, de compresseurs (froid et air comprimé) et de refroidissement de pièces.

7.3.2 Ressource disponible

7.3.2.1 Usines d'Incinération des Déchets Non Dangereux (UIDND)

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

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

L'UIOM la plus proche du réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne est l'incinérateur de Saint-Thibault-des-Vignes situé à environ 9 km du réseau.

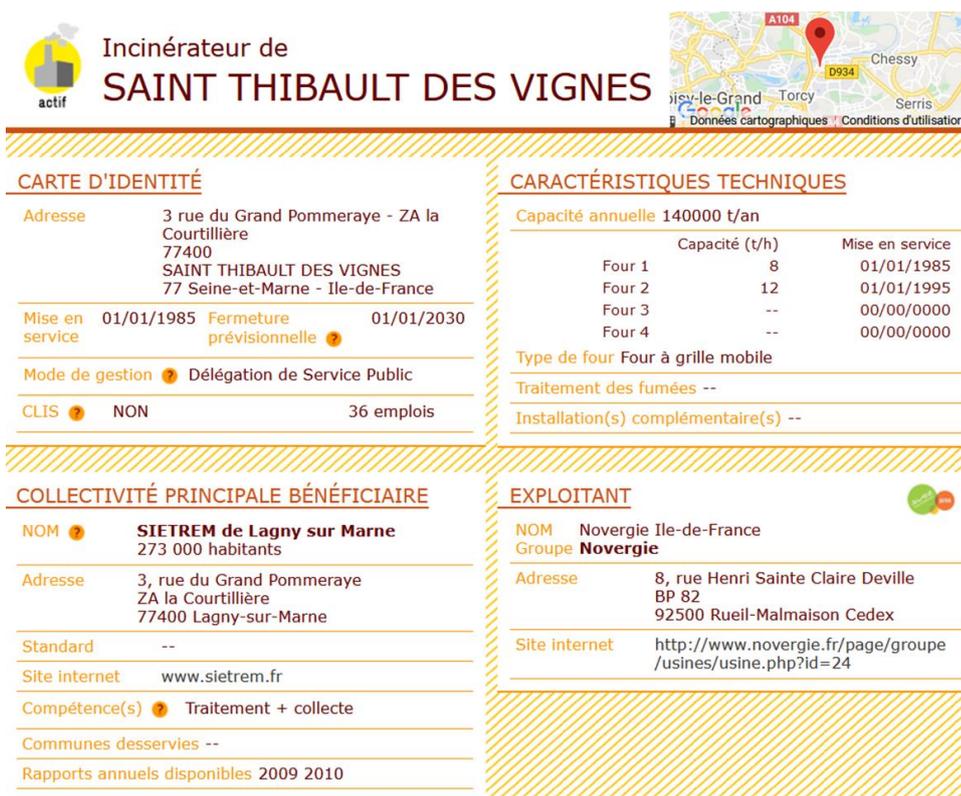


Figure 54 : Caractéristiques de l'incinérateur de Saint-Thibault-des-Vignes (source : france-incineration.fr)

SERMET a réalisé des études relatives au projet d'adaptation des installations du SIETREM pour de la fourniture de chaleur à un réseau. Cette mission a été réalisée en 2019 pour la communauté d'agglomération de Marne et Gondoire puisque que le SIETREM est implanté sur ce territoire.

Elle faisait suite à une étude menée pour la création d'un réseau de chaleur sur la commune voisine de Lagny-sur-Marne et pour l'alimentation d'un site industriel à proximité.

L'UVE avait été initialement conçu pour exporter de la vapeur haute pression à un industriel. Actuellement, l'UVE n'exporte plus de chaleur et fonctionne uniquement en production d'électricité.

L'exportation de chaleur pour un réseau de chaleur nécessite des travaux et notamment l'installation d'un hydro-condenseur.

A partir des données d'entrée et des simulations réalisées sur le procédé de l'UVE, les puissances exportables sur un réseau de chaleur depuis le site du SIETREM en fonction des lignes en fonctionnement sont les suivantes :

- Ligne 1 & 2 27 000 kW
- Ligne 1 7 000 kW
- Ligne 2 13 000 kW

La valorisation de la puissance totale pourrait nécessiter des travaux beaucoup plus lourds sur l'incinérateur (remplacement de GTA), et venir bousculer l'équilibre économique du SIETREM (vente de chaleur fortement réduites).

L'exportation de chaleur sur le réseau de Lagny est estimée à 34 GWh, pour une alimentation du réseau à 95% et une puissance nécessaire de 15 MW.

*Il resterait donc, pour l'alimentation d'autres réseaux, **jusqu'à 12 MW disponible en hiver**, et jusqu'à 20 MW supplémentaires en mi-saison et en été, mais qui ne seraient pas valorisables par le réseau de Neuilly-sur-Marne car déjà couvert par le couplage géothermie/PAC. Soit un export d'environ 27 GWh.*

- **Le raccordement au réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne nécessite plus de 10km de réseau, ainsi que le passage de la Marne et d'une voie ferrée. La réalisation de ce raccordement est estimée à environ 12 millions d'euros.**
- **Des études en cours proposent une valorisation de la chaleur de l'UIOM dans un périmètre plus proche que notre étude. La valorisation sur ces autres périmètres est donc prioritaire. Cette solution n'est donc pas envisagée pour l'alimentation du réseau de Neuilly-sur-Marne, mais pourra être étudiée à nouveau en fonction de l'issue de ces études.**

7.3.2.2 Data Centers

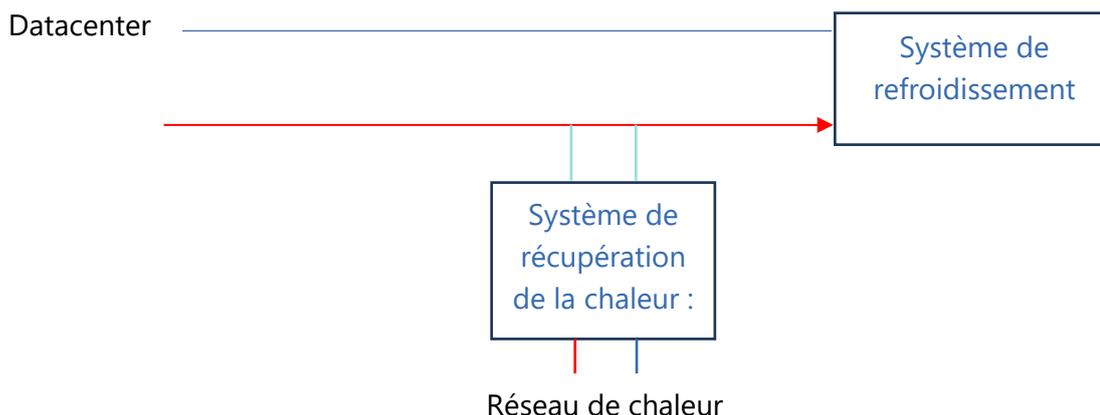
Ces bâtiments sont des gros consommateurs d'énergie puisqu'approximativement 2,5 kW/m² sont nécessaires à leur bon fonctionnement. A titre de comparaison, un Data Center aussi grand qu'un terrain de football consommerait autant d'électricité qu'une ville de 60 000 habitants.

Un Data Center nécessite d'être refroidi en permanence via des groupes froids, qui consomment une grande quantité d'énergie (plus de la moitié de la consommation totale du centre). La chaleur dégagée par ces groupes froids est habituellement évacuée sous forme d'air chaud. Cette chaleur fatale peut donc être récupérée et valorisée sur un réseau de chaleur.

Principe de fonctionnement

La chaleur fatale, énergie perdue lors du process de refroidissement des datacenters, peut être valorisée notamment par la mise en place d'un système de récupération liée à un réseau de chaleur. Au lieu d'être perdue, la chaleur peut être utilisée pour augmenter la température de l'eau des réseaux, venant ainsi céder son énergie, qui sera utilisée par des usagers pour le chauffage de leurs logements (par exemple).

La récupération de chaleur consiste à placer un système d'échange (échangeur, PAC,..) sur le retour du circuit de refroidissement, ayant récupéré l'énergie dans les locaux à refroidir, afin de céder la chaleur au réseau. La chaleur n'est plus évacuée par le système de refroidissement sous forme de chaleur fatale mais valorisée auprès des usagers du réseau.

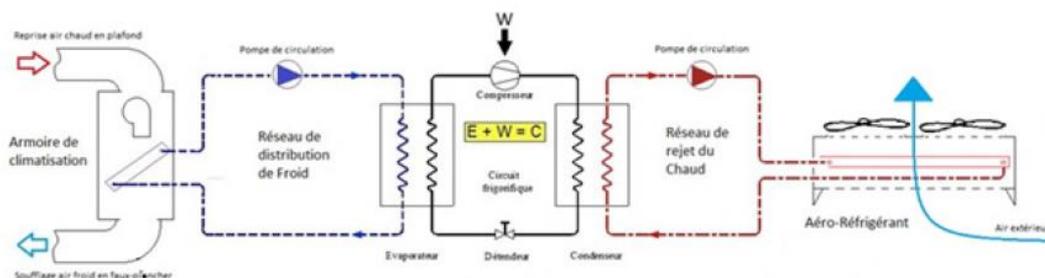


Valorisation de la chaleur sur un réseau

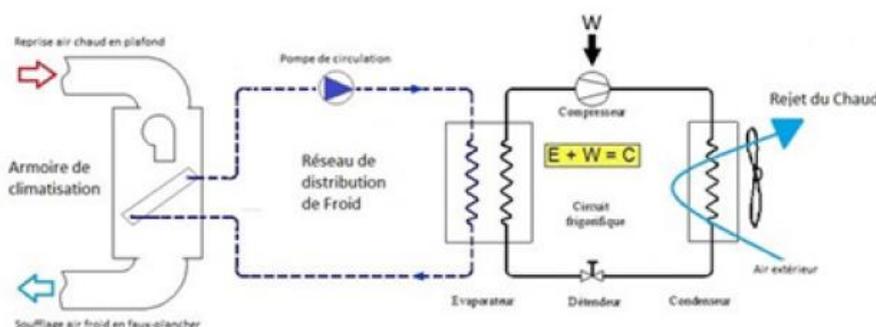
La valorisation de la chaleur fatale sur un réseau de chaleur va dépendre de la compatibilité des régimes de température du système de refroidissement du datacenter et du réseau. On distinguera notamment :

- Pour le système de refroidissement du datacenter : Différent systèmes de refroidissement existe. On notera notamment :

- Système avec système de rejet déporté :



- Système avec système de rejet intégré



- Système en free cooling : Le principe est d'utiliser l'air extérieur lorsque la température descend en dessous d'un certain seuil pour refroidir les installations. Différents systèmes de mise en œuvre existent.

Système	Déporté	Intégré	Free Cooling
Faisabilité de la récupération			

Le système déporté permet l'intégration, sans travaux lourds d'adaptation, d'un système d'échange de chaleur avec le réseau,

Pour le réseau de chaleur :

Les régimes de température des réseaux de chaleur varient fortement. Ces derniers sont influencés par plusieurs facteurs (type de besoins, système de production de la chaleur, ...). Une étude au cas par cas selon le régime réel transmis par l'exploitant doit être menée. Pour qu'un projet soit cohérent, il faut néanmoins que la température du réseau, sur l'aller ou le retour, soit à un seuil proche de 70 °C.

Des aides sont mobilisables via le fond de chaleur de l'ADEME pour la réalisation des travaux de ce type. L'obtention de ces aides est soumise à étude du dossier par l'ADEME, avec un taux d'EnR minimum à atteindre et une garantie de fourniture pérenne. En cas de non atteinte de ce taux, l'utilisation d'électricité verte pour alimenter le système de récupération est une solution viable.

LES DATA CENTERS PRESENTS SUR LE TERRITOIRE

→ ***Aucun Data Center n'a été identifié à proximité du périmètre de l'étude. Cependant, la mairie de Neuilly-sur-Marne a eu échos d'un projet de création d'un Data Center dans la zone industrielle des Chanoux. Etant donné le caractère hypothétique et le manque d'informations à ce stade du projet, il n'a pas été pris en compte dans la présente étude, mais pourra l'être au cours des prochains schémas directeurs du réseau.***

7.3.2.3 La récupération sur eaux usées, eaux grises et les stations d'épuration

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

On parle d'eaux « grises » pour des eaux peu polluées d'origine domestique résultant de douches, de lavage de mains, de vaisselles ou les eaux pluviales. On parle d'eaux « noires » lorsque les matières qu'elles contiennent sont des substances plus polluantes.

LA RECUPERATION DE CHALEUR SUR EAUX GRISES

La récupération de chaleur sur eaux grises a lieu généralement à l'échelle d'un bâtiment, pour la production d'ECS.

Les eaux grises collectées dans des cuves sont utilisées comme source froide de pompes à chaleur assurant seules ou avec un appoint le réchauffage de ballons d'ECS.

Ces eaux grises sont filtrées en amont par un système autonettoyant ou bien au sein d'une cuve par un filtre décanteur. Les volumes de stockage des eaux grises et d'ECS sont relativement importants.

Un calorifugeage des réseaux d'évacuation est également nécessaire afin d'obtenir une température de source froide la plus élevée possible.

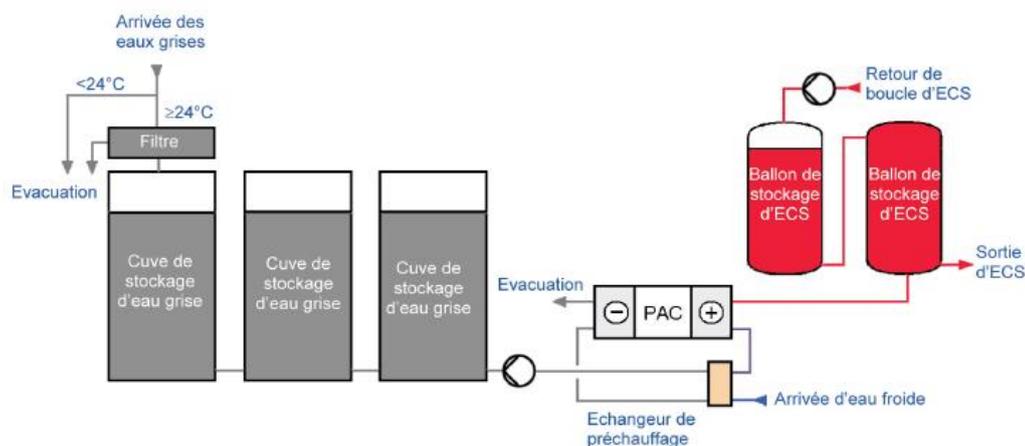


Figure 55 : Schéma de principe système de récupération de chaleur sur les eaux grises pour la production d'ECS [Source RAGE]

Cette solution n'est donc pas adaptée pour les réseaux de chaleur.

LA RECUPERATION DE CHALEUR SUR EAUX USEES

La récupération de chaleur sur eaux usées est possible :

Sur les collecteurs structurants du réseau d'assainissement :

Plus le débit des collecteurs est élevé et meilleur sera le potentiel de récupération de chaleur. Dans les configurations de récupération sur collecteurs, une partie du débit est dévié en vue d'alimenter une pompe à chaleur qui permet de diminuer la température de ces effluents de 4 à 5°C et de remonter la température du réseau de chaleur.

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

- **ENERGIDO®** de Véolia : Ce système dérive une partie (fonction de la puissance souhaitée et du débit minimum de fonctionnement du réseau d'assainissement) des eaux usées vers des échangeurs en surface. Les échangeurs transfèrent les calories issues des eaux usées au fluide caloporteur. Des pompes à chaleur utilisent ensuite l'énergie contenue dans le fluide caloporteur pour relever en température les retours du réseau de chaleur jusqu'à un maximum de 70°C. Le schéma de principe suivant décrit la technologie :

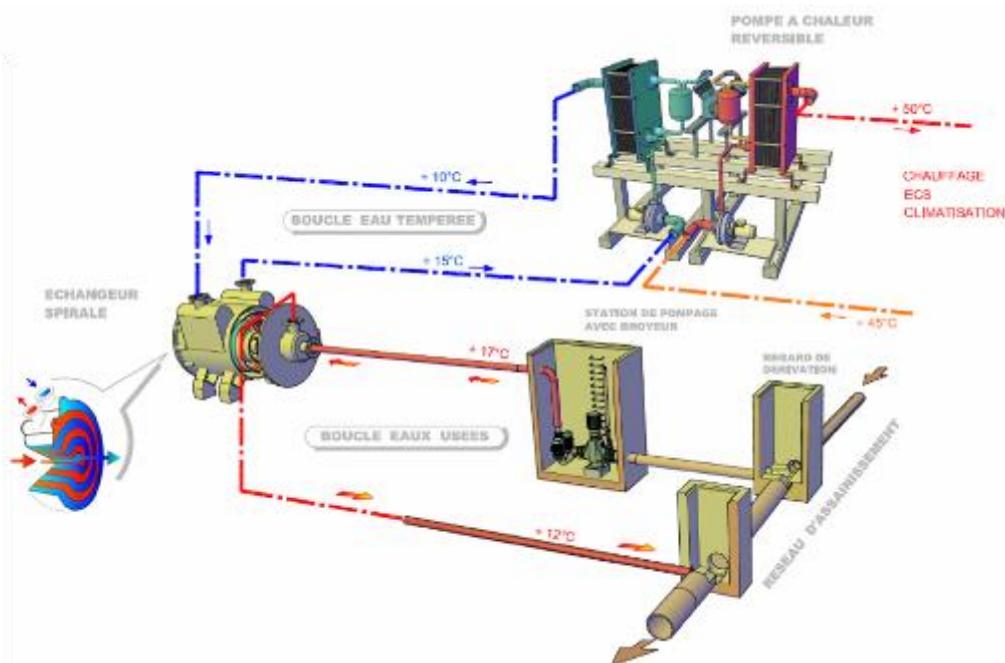


Figure 56. Récupération de chaleur sur eaux usées. Process Energido. Source : Veolia.

- Degrés Bleus®, de Suez Environnement : Un échangeur est rajouté à l'intérieur du collecteur pour en épouser la forme. Il n'y a pas besoins de dévier tout ou partie du débit, celui-ci circule normalement dans le collecteur et est refroidi au fur et à mesure de son avancement. La longueur de collecteur-échangeur à mettre en place dépend de la puissance souhaitée. Le fluide caloporteur circulant dans l'échangeur est ensuite remonté en surface pour alimenter la pompe à chaleur.

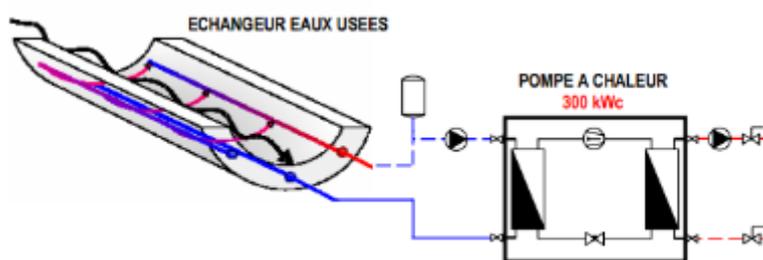
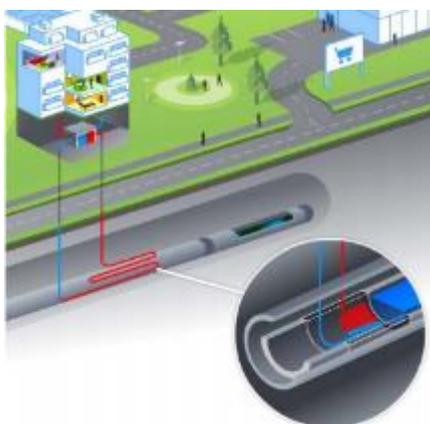


Figure 57. Récupération de chaleur sur eaux usées. Process Degrés Bleus. Source : Suez Environnement.

Au niveau des stations d'épuration :

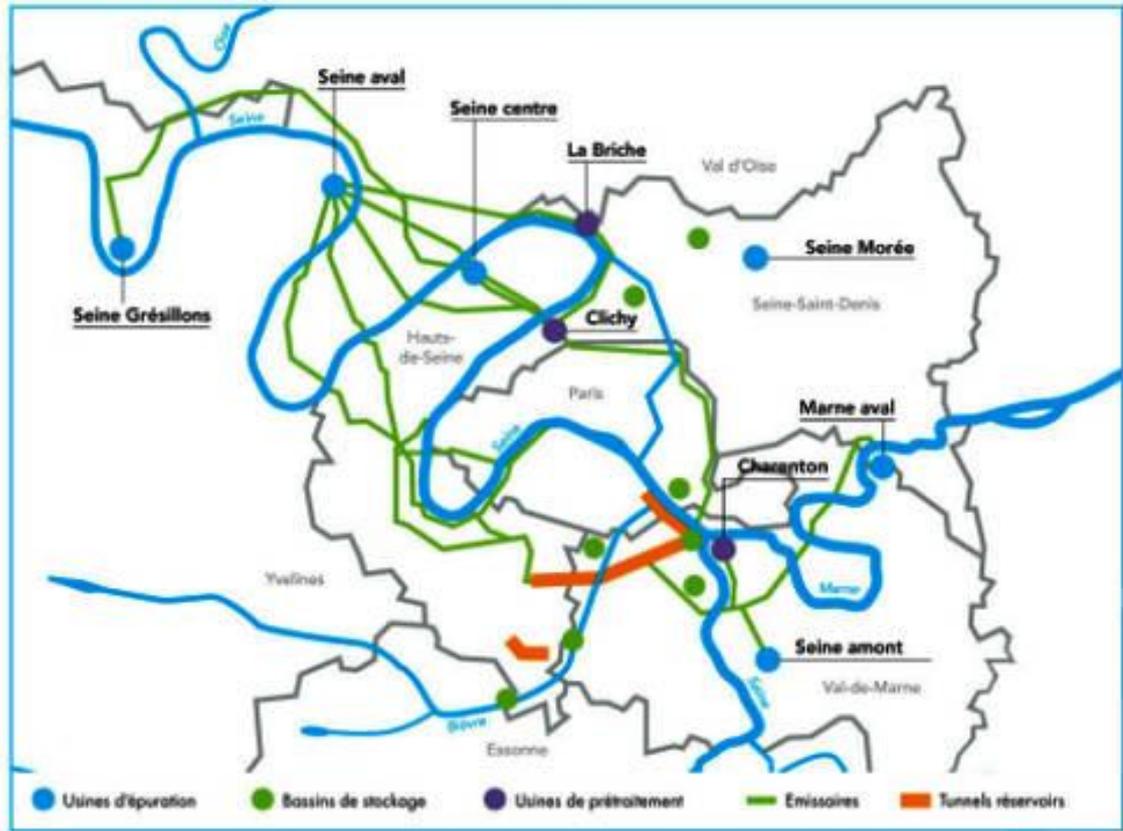


Figure 58. Principales installations d'assainissement en région parisienne. Source : SIAAP.



Figure 59 : Emplacement de l'usine de traitement Marne Aval du SIAAP

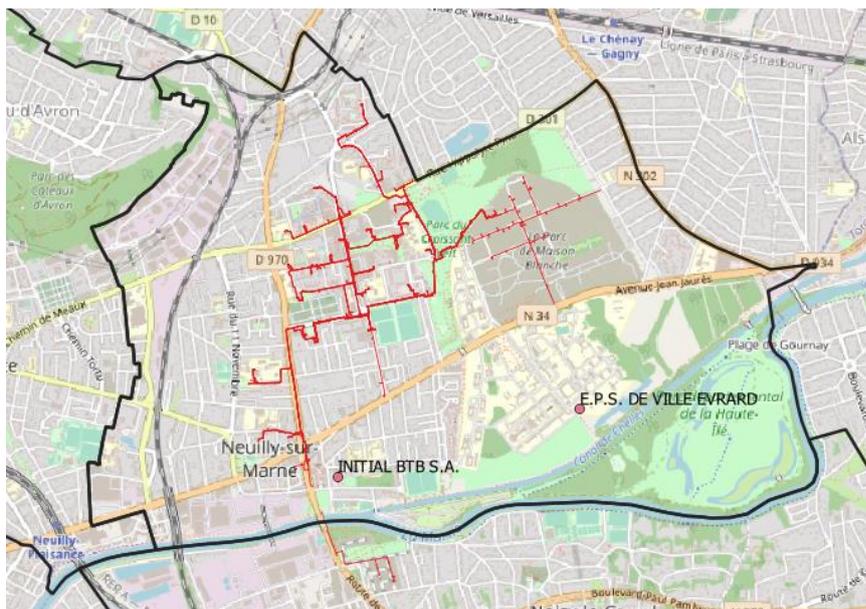


Figure 61 : Cartographie de la chaleur fatale des industries sur le périmètre de l'étude

➔ Ces sites industriels n'ont pas été retenus pour le réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne par manque de pertinence énergétique et économique de ces potentiels projets.

7.3.3 Contraintes

Les UIDND, STEP, Data Center et autres sites industriels sont souvent excentrés des zones résidentielles en vue de limiter les nuisances aux riverains. La récupération de chaleur fatale sur ces installations nécessite donc un gisement suffisant pour justifier économiquement les investissements de liaison.

Ces installations sont aussi entourées d'un certain secret industriel en vue de protéger le savoir-faire de l'entreprise. Ce secret industriel entraîne une difficulté supplémentaire dans la mise en œuvre d'une récupération de chaleur, et en particulier dans l'analyse de la faisabilité, avec une partie des données nécessaires au dimensionnement pas forcément disponibles.

La récupération de chaleur fatale est aussi soumise aux variations des process industriels, comme les arrêts des machines la nuit, les périodes de maintenance ou de pannes, ne permettant pas une disponibilité constante. Les exigences particulières aux différents sites (tenue, accès, ...) peuvent aussi être un frein à la mise en place d'une récupération de chaleur fatale.

Quel que soit le type de récupération de chaleur fatale mis en place, la contractualisation de ce processus via une convention de vente de chaleur est impérative en vue de déterminer :

- Les modalités de financement des ouvrages ;
- Les caractéristiques de la chaleur fournie ;
- Les limites de prestations ;
- Les quantités de chaleur et la disponibilité de celle-ci, sur une année, et dans le temps ;

- Les modalités de répartition des quotas CO₂ le cas échéant ;
- Le prix de la chaleur fournie et son évolution ;
- Les engagements des différentes parties et les éventuelles pénalités, ...

Il est à noter que les industriels (hors UIDND), sont peu habitués à ce type de projets de récupération de chaleur fatale ainsi qu'aux engagements de longue durée. En effet, les cycles industriels sont de quelques années quand les projets de service public sont portés sur des périodes beaucoup plus longues. Ils peuvent donc se montrer réticents à prendre de tels engagements contractuels.

7.4 Géothermie profonde

7.4.1 Principe

La géothermie est l'exploitation de la chaleur de la terre grâce à un fluide, circulant dans une formation géologique ciblée (aquifère), dont on utilise les calories en fonction de la température, soit directement par un échangeur de chaleur, soit par transformation thermodynamique dans une pompe à chaleur ou une turbine, soit un mixte des différentes solutions. Cette ressource locale et non délocalisable présente un gradient géothermal de 3,3°C tous les 100 mètres de profondeur.

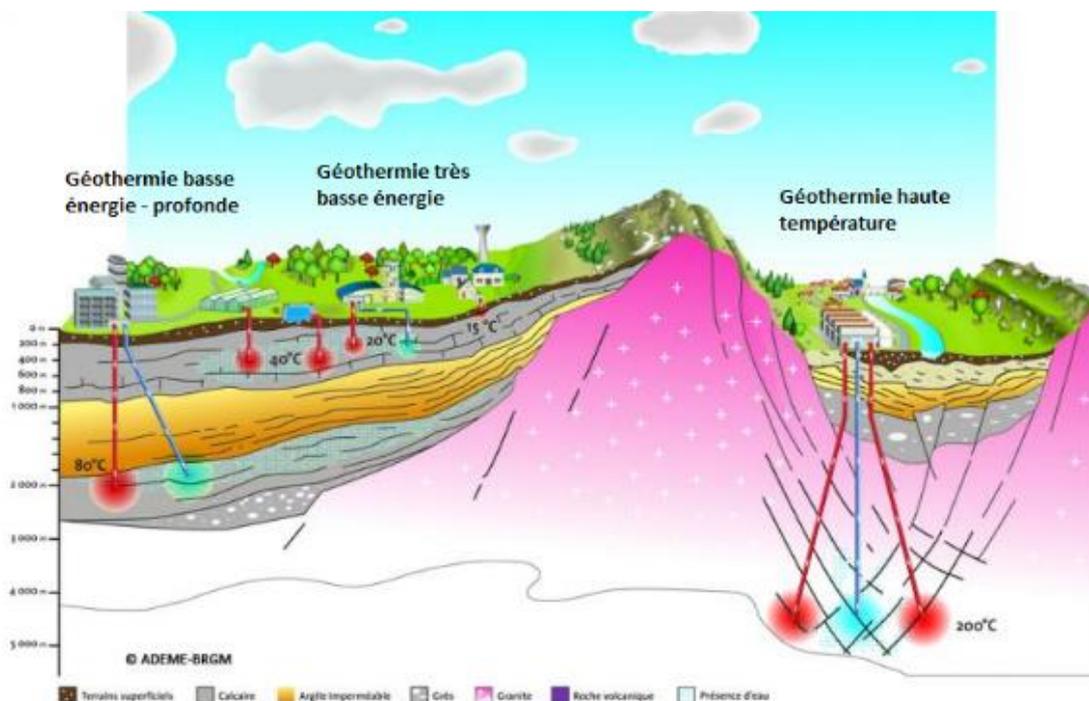


Figure 62 : Différents types de géothermie. Sources : ADEME et BRGM

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

- La géothermie très basse énergie (10 à 40 °C) et à faible profondeur. Cette énergie peut être soit utilisée directement pour les besoins de chaleur nécessitant de très faibles températures, soit couplée à une pompe à chaleur en vue d'utilisation à des températures plus élevées.

- La géothermie basse énergie, qui est habituellement utilisée dans le cadre du chauffage urbain et sur laquelle cette étude se concentrera.
- La géothermie haute énergie, dénommée profonde ci-dessus, permettant d'alimenter en vapeur des centrales de production d'électricité.

Le Bassin parisien, du fait de son histoire géologique, présente un potentiel géothermique exceptionnel en Europe. La coupe hydrogéologique du Bassin parisien est présentée ci-dessous :

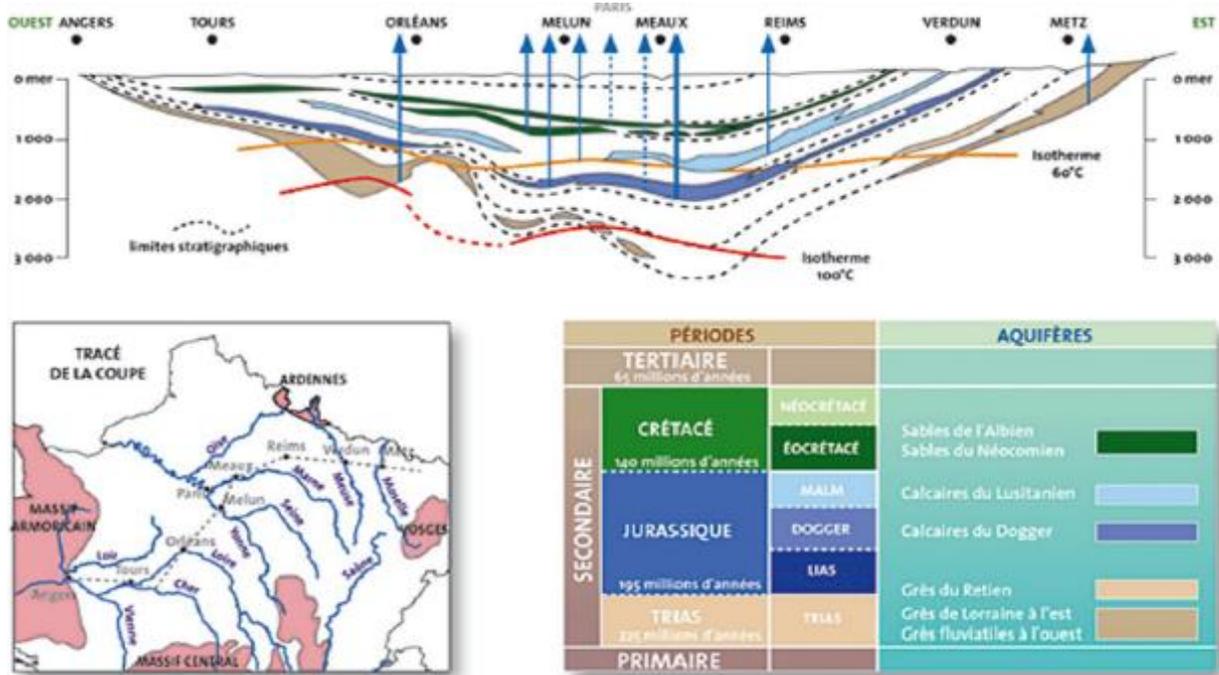


Figure 63 : Coupe hydrogéologique du Bassin parisien (Source : BRGM)

Quelle que soit la ressource géothermale utilisée, les contraintes environnementales ou réglementaires imposent l'exploitation géothermique des aquifères avec un doublet géothermique. Il s'agit de créer au minimum un puits de production et un puits de réinjection permettant de réintroduire la quantité de fluide extraite du puits de production dans son réservoir d'origine en vue de pérenniser la ressource.

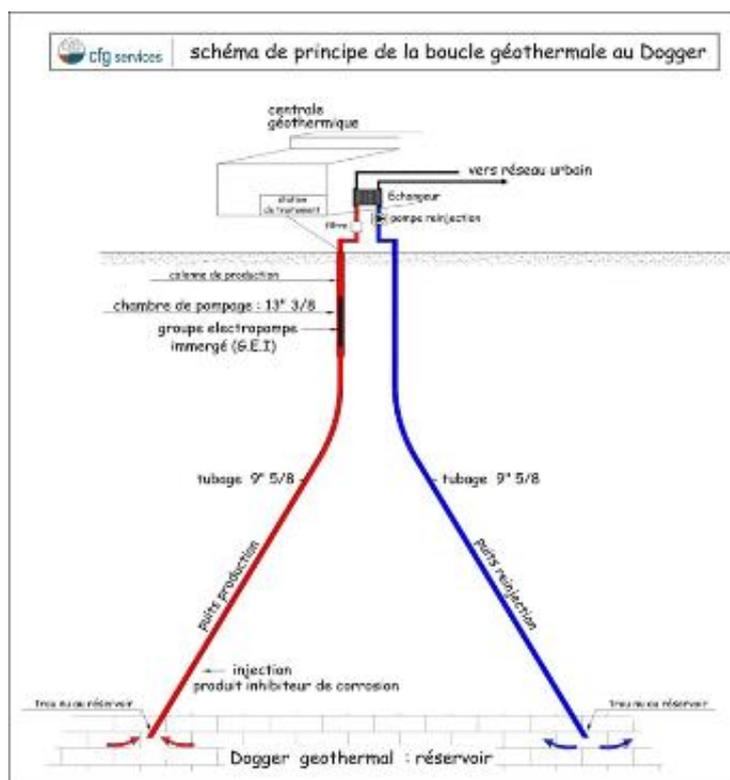


Figure 64 : Schéma de principe d'un doublet géothermique au Dogger (Source : Cfg Services)

Le point de prélèvement dans le réservoir et le point de réinjection dans ce même réservoir doivent être suffisamment espacés, afin de ne pas dégrader, au cours de la durée d'exploitation, la température au puits de production par la venue d'une bulle froide en provenance du puits de réinjection (phénomène de percée thermique).

La boucle géothermale, c'est-à-dire de l'eau prélevée au sous-sol, est constituée :

- D'un puits de production dans lequel une pompe d'exhaure immergée assure le débit de production ;
- D'un système de prélèvement de chaleur (échangeur géothermique) ;
- D'une ou plusieurs pompes de réinjection pouvant pousser le fluide géothermique « froid » vers le puits de réinjection ;
- Du puits de réinjection véhiculant le fluide « froid » dans l'aquifère.

Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie profonde (haute et basse énergie) a l'avantage de ne pas dépendre des conditions atmosphériques (soleil, pluie, vent). Elle est disponible 24h/24 toute l'année. C'est donc une source d'énergie quasi-continue car elle est interrompue uniquement par des opérations de maintenance sur la boucle géothermale, la centrale géothermique ou le réseau de distribution d'énergie. Les gisements géothermiques, en fonction de leur dimensionnement, ont une durée de vie de plusieurs dizaines d'années (plus de 30 ans en moyenne).

7.4.2 Potentiel du territoire

Le périmètre de l'étude présente de **bonnes caractéristiques géologiques** pour la mise en place de doublets de géothermie. D'ailleurs, le doublet de géothermie de Neuilly-sur-Marne présente des **performances satisfaisantes**. La mise en place d'un doublet de géothermie supplémentaire serait possible à condition de respecter la non-superposition des gélules géothermiques.

- ➔ **La mise en place d'un nouveau doublet géothermique implique tout d'abord d'avoir exploité pleinement le premier doublet actuellement en cours d'exploitation. De plus, les besoins supplémentaires devront être suffisants pour justifier la mise en place d'un nouveau doublet.**
- ➔ **Sur le périmètre de concession, il faudrait donc implanter une nouvelle géothermie soit au sud de la ville de Neuilly-sur-Marne, soit à l'est de la ville, avec une incidence forte de la gélule sur la commune de Neuilly Plaisance. Un nouveau doublet de géothermie nécessite également la mise à disposition d'un terrain d'environ 5 000m².**

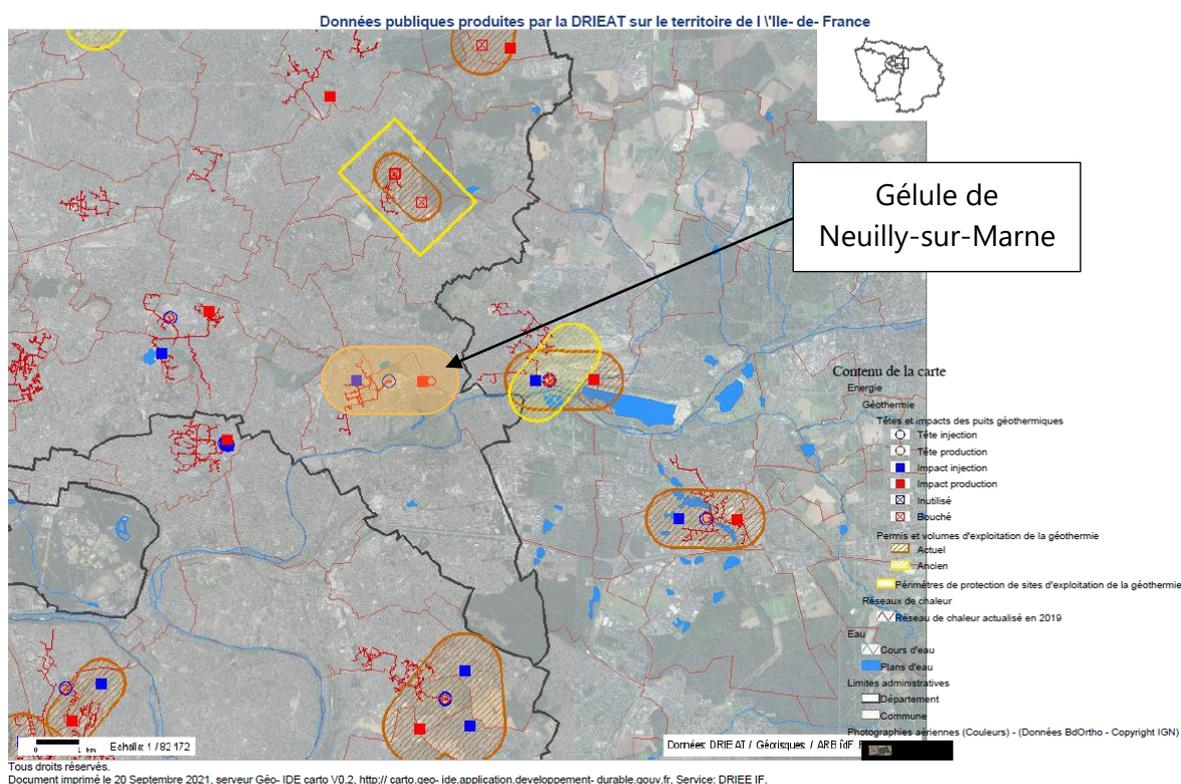


Figure 65 : Géothermies à proximité du réseau de Neuilly-sur-Marne

7.5 Géothermie de surface

La géothermie de surface est une énergie verte présente presque partout en France.

Ces ressources se situent soit au sein de roches du sous-sol (alors exploitées en boucle fermée), soit dans des nappes d'eau souterraine (alors exploitées en boucle ouverte), à des profondeurs généralement inférieures à 200 mètres.

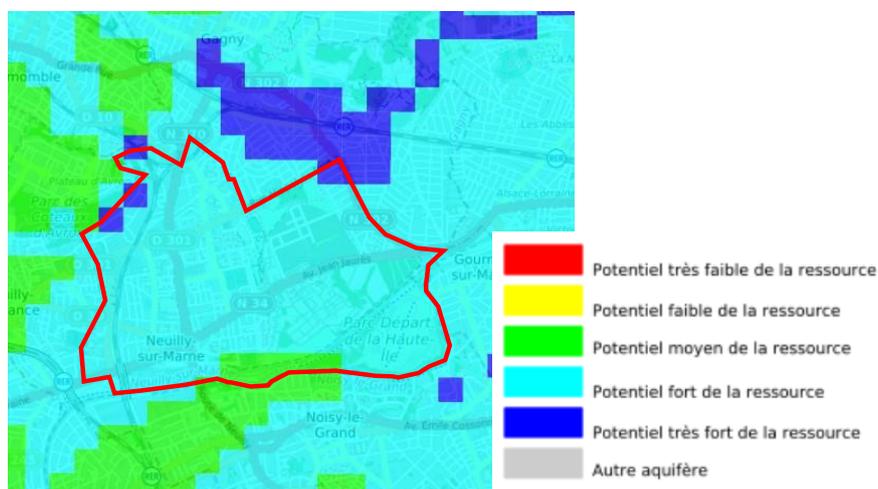


Figure 66 : Ressources géothermiques de surface sur nappe à Neuilly-sur-Marne

L'installations de tels dispositifs permet de diminuer considérablement la facture énergétique par rapport à une solution conventionnelle.

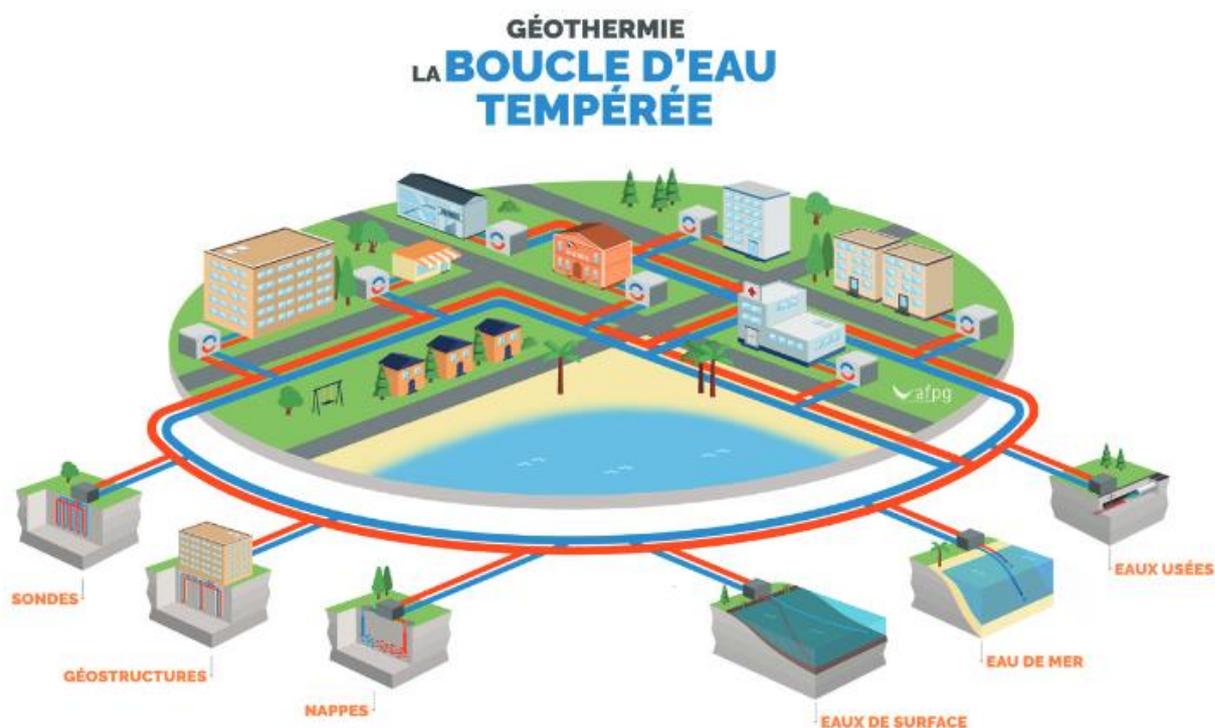
Toujours associée à une **pompe à chaleur**, la géothermie de surface peut permettre de produire simultanément du chaud et du froid.

Le système de **boucle d'eau tempérée** peut être assimilé à un réseau de chaleur urbain avec, comme différence principale, la température de l'eau circulant dans la boucle, qui est généralement comprise entre 5°C et 30°C, contre plus de 50°C dans un réseau de chaleur. L'autre point de différence majeur est la fonction de production décentralisée qui permet d'assurer le chauffage, la production d'ECS et de froid adaptés à chaque bâtiment.

La boucle d'eau tempérée à énergie géothermique (BETEG) présente de nombreux avantages :

- Une performance énergétique, économique et environnementale ;
- Une adaptabilité à tout type de besoins (chaud et/ou froid, ECS) ;
- Une capacité de stockage thermique inter saisonnier ;
- La possibilité de disposer de plusieurs sources d'énergies sur une même boucle (géothermie sur nappe ou sondes, récupération de chaleur sur eaux usées, eau de mer, eau de stations d'épuration, eau de lac, de rivière, ...) susceptibles d'être reliées en plusieurs phases selon l'évolution des besoins à satisfaire ;
- Une valorisation intelligente de l'énergie entre les différents consommateurs avec leurs besoins spécifiques (par exemple, un bâtiment avec des besoins de froid pourra rejeter ses calories sur la boucle afin qu'elles servent à chauffer un autre bâtiment).

C'est pour cela que la BETEG peut être qualifiée de « smart grid thermique ».



Les projets de boucles d'eau tempérée se sont multipliés au cours des dernières années. Du fait de leurs hautes performances environnementales, ces installations sont particulièrement adaptées pour l'approvisionnement énergétique de nouveaux écoquartiers et de ZAC (Zone d'Aménagement Concerté).

L'ADEME accompagne cette technologie à travers ses dispositifs d'aides, notamment ses appels à projets NTE (Nouvelles Technologies Emergentes) jusqu'en 2018 et depuis 2019 le Fonds Chaleur. Jusqu'à aujourd'hui, ce sont 19 installations de boucles d'eau tempérée qui ont bénéficié du soutien de l'ADEME, aussi bien pour la création de nouvelles boucles que pour l'extension de boucles déjà existantes. L'ADEME a également participé au financement d'une étude de faisabilité en 2020 dans le Loiret.

➔ **La géothermie de surface n'est pas adaptée aux températures ni du réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne ni des prospects recensés.**

7.6 Biomasse

La matière première de la filière biomasse provenant de sources vivantes, celle-ci répond donc à un certain cycle de vie. Pour que la ressource soit qualifiée de renouvelable, il ne faut pas que cette dernière soit surexploitée, ni que son exploitation bouleverse la biodiversité ou l'équilibre entre les différents usages des terres.

Cette énergie est donc considérée comme une énergie renouvelable à condition que les forêts bénéficient d'une gestion durable et que la somme des émissions de gaz à effet de serre liées aux transformations, aux transports et à la combustion puisse être absorbée lors de la croissance des arbres. La biomasse s'appuie donc sur le cycle du carbone et la capacité métabolique des arbres à réaliser la photosynthèse.

7.6.1 Principe de fonctionnement de la production de chaleur via la biomasse

Le principe de fonctionnement est simple mais impose des contraintes pour la livraison/stockage, pour le contrôle des émissions, pour le traitement des fumées ainsi que pour la récupération des cendres. Cette filière permet d'intégrer facilement une énergie renouvelable à l'ensemble des réseaux, qu'ils soient vapeur, eau surchauffée ou eau chaude.

Elle permet aussi une revalorisation des résidus cendreux issus de la combustion (en engrais) et même dans certains cas une revalorisation des fumées permettant ainsi un développement de l'économie locale avec l'apparition de nouveaux emplois.

Une fois livré, le combustible est stocké avant d'être inséré dans le foyer de la chaudière. Il subit alors différentes transformations lors du passage à travers les deux types d'échangeurs (radiatif et convectif) :

- L'eau contenue dans le combustible s'évapore grâce à la chaleur du foyer,
- Une fois l'eau évaporée, ce sont les gaz combustibles volatils qui sont libérés par pyrolyse. Cette partie sera ensuite brûlée en phase gazeuse,
- La fraction solide restante (résidus charbonneux) brûle vers l'aval du foyer, il ne reste alors plus que des cendres,
- Un traitement des fumées s'effectue ensuite par un dépoussiéreur multicyclones, un filtre à manches traite alors les poussières restantes les plus fines.

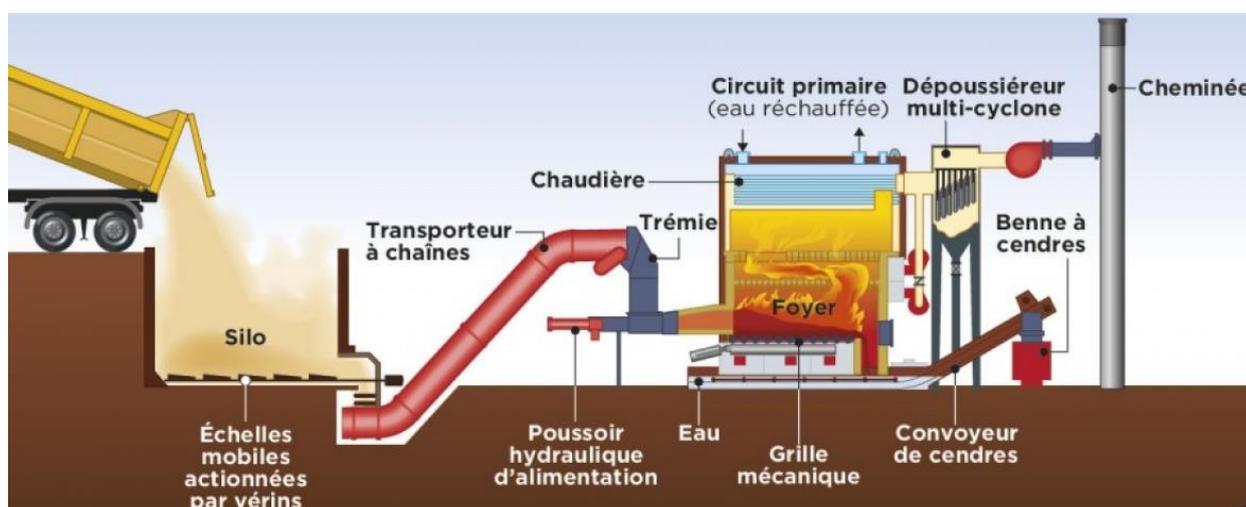


Figure 68 : Schéma de principe du fonctionnement d'une chaufferie biomasse [Source : IDÉ]

On distingue, selon les technologies et l'utilisation souhaitée, différents combustibles pour le chauffage au bois :

- Les produits connexes issus des industries du bois : sciures, copeaux, plaquettes et broyats, dosses, chutes de tronçonnage, éléments de charpentes...
- Les produits en fin de vie : palettes ou autres éléments de bois. Ces éléments sont majoritairement issus de la grande distribution, d'industries, de déchetteries ou encore de plateformes de construction.
- Les plaquettes forestières : obtenues à partir du broyage/déchetage de végétaux ligneux sur des peuplements n'ayant subi aucune transformation.

Sur les deux premiers produits, une classification a été faite en fonction de la qualité de la biomasse :

- Classe A : en majorité des palettes à usage unique et appelé bois propre est exempt de toutes peintures, plastiques, colle, traitement... Cette catégorie de bois est celle principalement utilisée dans les chaudières biomasse classique.
- Classe B : issu majoritairement des déchets du bâtiments ainsi que d'autres secteurs d'activités. Le bois de recyclage de catégorie B est composé de poutre, bois de démolition, bois pouvant être peint, vernis avec présence de colle, et nécessite donc un traitement des fumées plus approfondi.

Dans tous les cas, les paramètres jouant sur l'efficacité de ces combustibles sont l'humidité, la granulométrie, les taux des différents composés (azote, soufre, chlore, potassium), le taux de cendres ainsi que la température de fusion de ces cendres.

A cette classification des combustibles d'origine exclusivement d'origine végétale peut s'ajouter les combustibles solides de récupération (CSR), qui se trouvent à la frontière entre la biomasse et le déchet habituellement incinéré ou enfoui. Il s'agit d'un combustible fabriqué à partir de déchets combustibles (refus de tri, encombrants, ordures ménagères résiduelles...), pour être brûlé dans des chaudières adaptées, sur le même principe que la biomasse. Ce CSR est issu du tri des déchets, et composé principalement :

- De bois, provenant par exemple de meubles déposés en déchetterie, de menuiserie de démolition, de déchets de chantier ou de palettes ;
- Des textiles ;
- Des plastiques, mousses, polystyrène ou élastomères ;
- De cartons et papiers ;
- De matière indésirables non combustibles (métaux, minéraux) qui se retrouvent dans les CSR par imperfection du tri ;

La composition du CSR impose donc une plus grande robustesse des installations, et un traitement plus poussé des fumées en raison des différents composés.

7.6.2 La ressource

Les différentes ressources de biomasse mobilisables peuvent être les suivantes :

- Plaquettes forestières ;
- Connexes de scierie ;
- Bois recyclé de classe A ;
- Bois d'élagage et de refus de criblage ;
- Anas de Lin ;
- Miscanthus.

De nombreuses chaufferies biomasse sont présentes en Ile-de-France. A proximité du territoire :

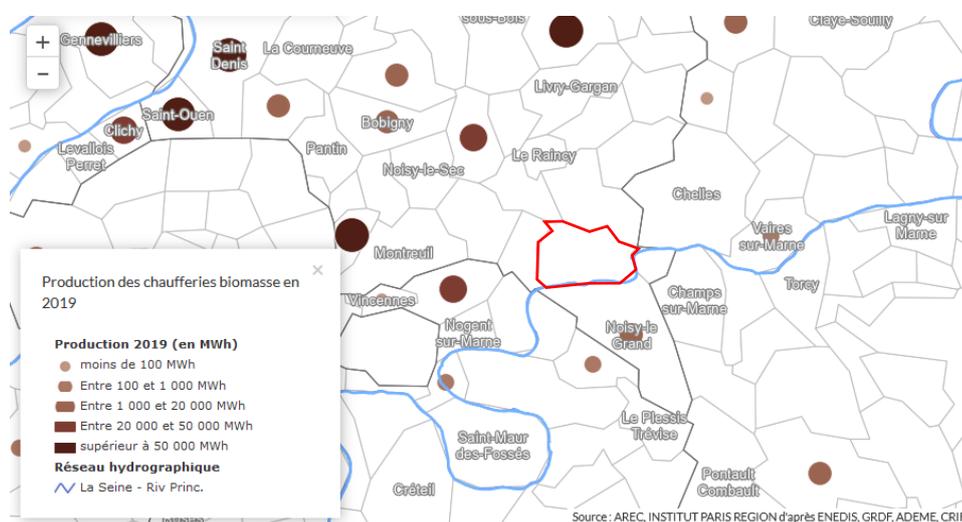


Figure 69 : Chaufferies biomasses autour de Neuilly-sur-Marne

Ces nombreuses installations de plus ou moins forte puissance commencent à créer une forte pression sur l'approvisionnement dans cette zone de l'Ile-de-France et ajoutent un nombre important de camion sur les routes pour le transport de cette énergie, mais témoignent néanmoins des possibilités offertes.

De manière générale, la fourniture doit se faire dans un rayon de moins de 100 km. Ceci est rendu possible, avec l'existence de nombreuses plateformes de distribution comme repris sur la carte ci-dessous. Le cercle rouge représente le rayon de 50 km autour du périmètre d'étude.

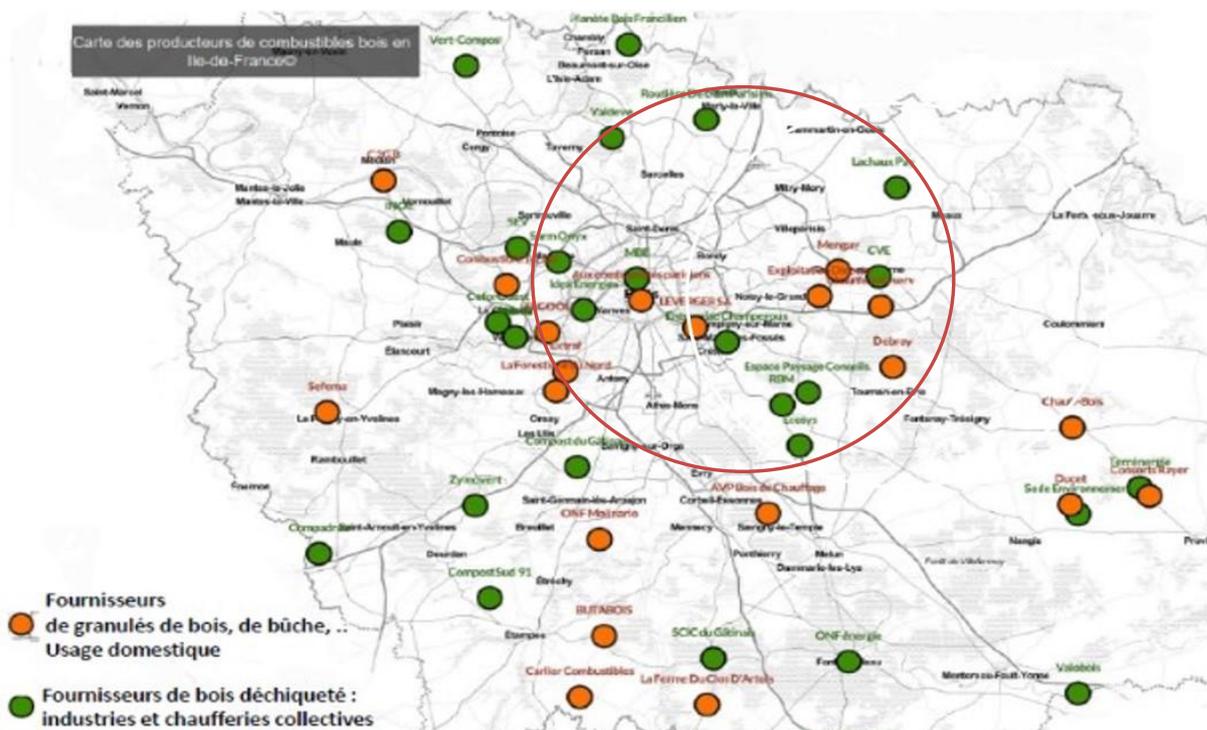


Figure 70 : Carte des producteurs de combustibles bois en Ile de France

On constate grâce à cette carte la présence de plateformes biomasse-énergie dans un rayon de 50km autour du terrain d'étude.

➔ **En cas de développement du réseau de chaleur ne permettant pas de garantir un taux d'EnR&R suffisant avec la géothermie, la création d'une chaufferie biomasse en appoint EnR&R pourrait être envisagée.**

7.7 Solaire thermique

L'énergie solaire thermique est la valorisation du rayonnement solaire sous forme de chaleur.

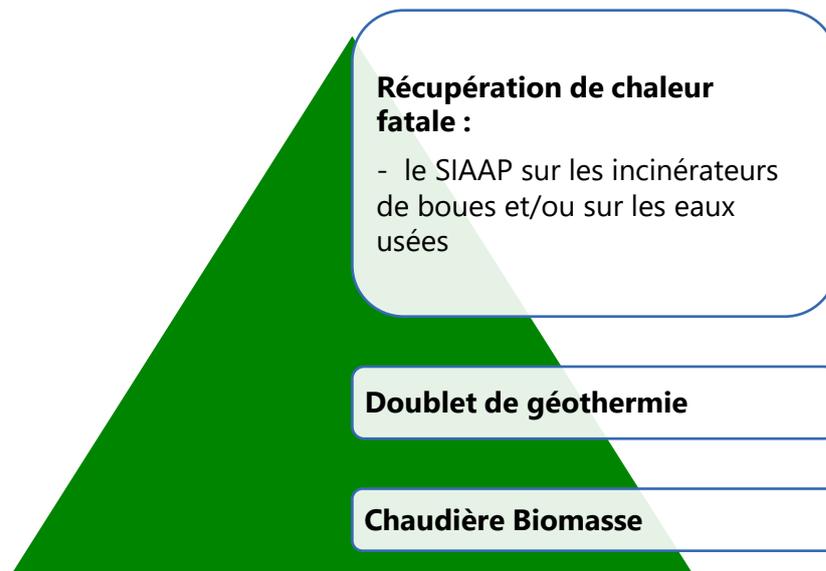
Les **installations solaires thermiques sur réseau de chaleur** sont des opérations qui ont d'abord vu le jour au Danemark et en Allemagne. Elles offrent une solution particulièrement adaptée pour couvrir les besoins en période estivale. Elles peuvent également constituer une première mutation pour des réseaux 100 % gaz. Dans certains pays, des opérations avec stockage inter saisonnier et relève par gaz ou pompe à chaleur permettent d'assurer plus de 60 % des besoins d'un réseau.

Ces installations se font avec des capteurs de grande dimension double vitrage ou à tube sous vide. Les dimensionnements les plus courants permettent de couvrir plus de 80 % des besoins de chaleur en période estivale.

➔ **La chaleur solaire viendrait en compétition avec le couple géothermie/PAC sur la période estivale.**

7.8 Synthèse et conclusion sur les sources ENR&R

Aux vues des sources d'ENR&R disponibles sur le territoire et de leur pertinence à être mises en place sur ce périmètre, l'alimentation du réseau de Neuilly-sur-Marne pourrait être complémentée par :



8. PRESENTATION DES SCENARIOS

Définition des scénarios

Afin d'étudier les perspectives du réseau, la définition de scénarios fut réalisée. Pour cela, différents choix de développements pour les années à venir ont été sélectionnés et combinés afin de peindre une vue panoramique la plus exhaustive possible des possibilités. Tous les scénarios possèdent un socle commun : le scénario de référence. Ce dernier permettra par la suite de réaliser pour chaque scénario une étude économique « marginale », c'est-à-dire qui prendra en compte uniquement le complément d'investissements et recettes correspondant aux développements spécifiques du scénario étudié.

Au vu du contexte de l'étude, nous utiliserons en guise de scénario de référence le scénario prévu actuellement, c'est-à-dire les abonnés acquis du réseau, les aménagements de la ZAC Maison Blanche prévus ainsi que l'export de chaleur vers Noisy-le-Grand. Cependant, des réductions de consommations seront appliquées aux abonnés (sauf bâtiments neuf), ce qui n'était pas le cas des études prévisionnelles réalisés précédemment par SGRM (notamment pour les CEP).

La liste des scénarios proposés est la suivante :

- **Scénario 0 (Référence) :**
 - Réseau actuel **projeté à 2030** (ZAC Maison Blanche et DSP Noisy-le-Grand inclus)
- **Scénario 1 :**
 - Référence + **EPS Ville Evrard + Roseraie**
 - **Variante 1 : + cession Ville Evrard**
- **Scénario 2 :**
 - Référence + **Densification¹ + Extensions denses²**
 - **Variante 1 : + Neuilly Plaisance**
 - **Variante 2 : + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie**
 - **Variante 3 : + Neuilly Plaisance + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie**
- **Scénario 3 :**
 - Référence + **Zones Neuilly-sur-Marne³**
 - **Variante 1 : + Neuilly Plaisance + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie**

¹ Fauvettes + prospects sur le réseau

² Primevères-République et Ouest Nocéen

³ Toutes les zones de Neuilly-sur-Marne hors Ville Evrard, La Roseraie, Zone Indus et Simone Bigot

Démarche de pré-étude et sélection des scénarios

Une pré-étude énergétique à horizon 2030 fut réalisée pour chacun des scénarios. Présentées ci-dessous, elles ont entre autres permis d'évaluer la capacité des moyens de production actuels du réseau à fournir suffisamment d'EnR&R pour chaque scénario, afin que les développements ne pénalisent pas le mix énergétique du réseau. Le taux EnR&R cible choisi est de 70%, afin de garantir un taux de TVA réduit à 5,5% et permettre la subvention des extensions par l'ADEME.

Une pré-estimation d'investissements fut réalisée pour chaque scénario. En cas de manque d'EnR&R dans un scénario donné, une source complémentaire est proposée, avec une enveloppe budgétaire associée.

Les scénarios les plus intéressants énergétiquement, économiquement et également contractuellement sont ensuite sélectionnés pour une étude énergétique, économique et contractuelle plus précise, en comparaison avec la référence. Les scénarios seront ensuite comparés marginalement au scénario de référence.

Les résultats de cette démarche sont présentés ci-dessous.

8.1 Scénario 0 : Référence

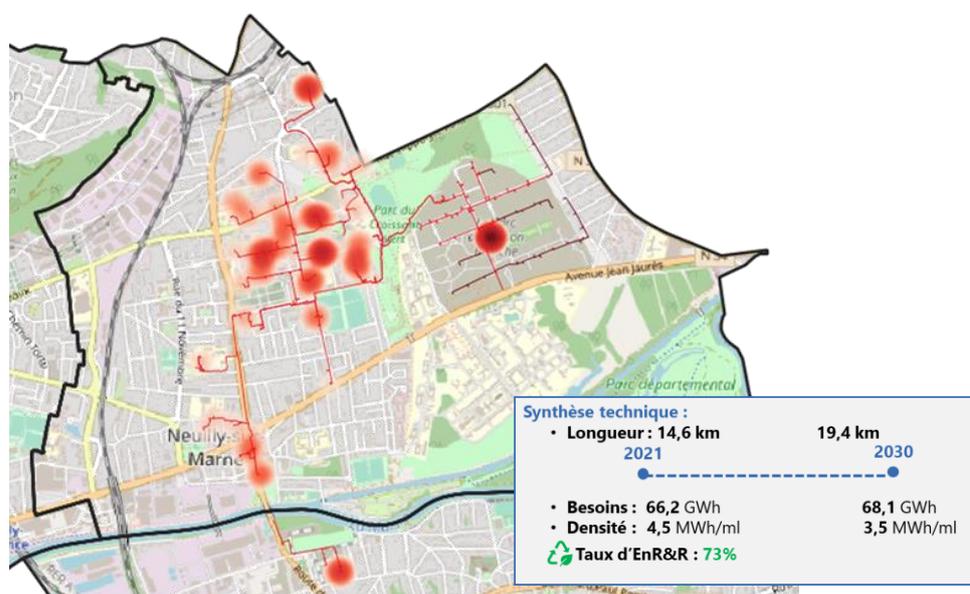


Figure 71 : Illustration du scénario 0 (Référence)

Comme évoqué ci-dessus, le scénario de référence correspond aux abonnés actuels (auxquels on applique les diminutions de consommations explicitées dans la partie 6. Evolution des besoins), et les développements prévus sur la ZAC Maison Blanche ainsi que l'export vers Noisy-le-Grand (développements exposés dans la partie 3.1.4 de l'audit du réseau).

Les équipements de production pour ce scénario sont ceux déjà en place sur le réseau.

Profil de production annuel

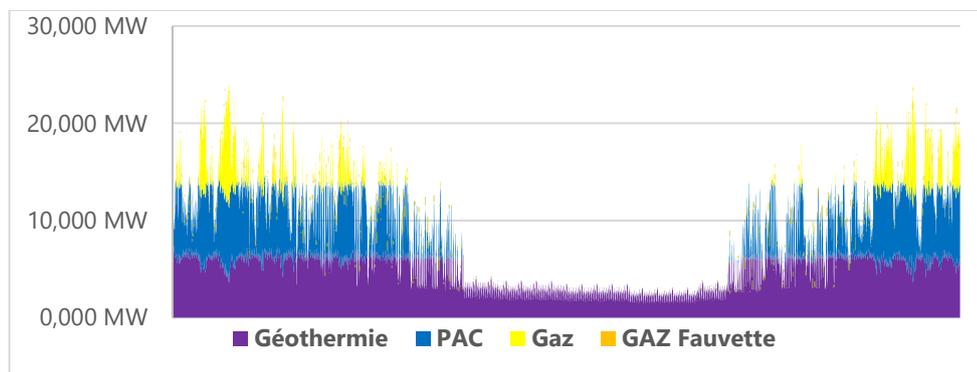


Figure 72 - Profil horaire de production du scénario 0 à l'horizon 2030

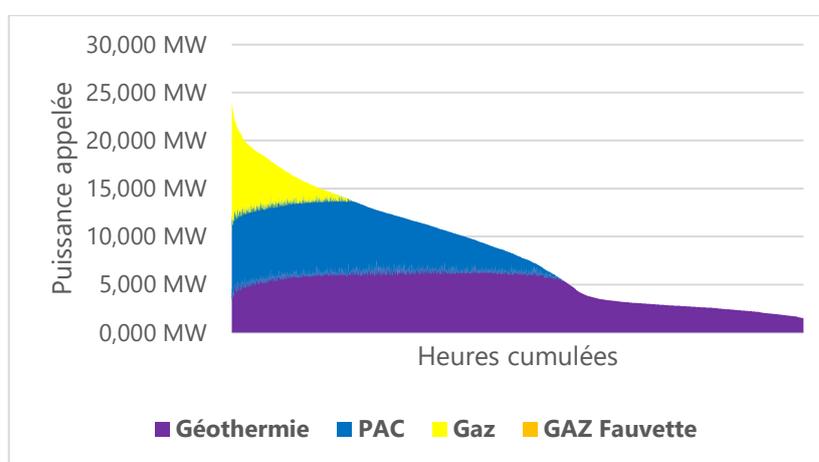


Figure 73 : Monotone du scénario 0 sur l'année 2030

Dans ce scénario, le couple géothermie/pompe à chaleur fonctionne toute l'année et assure les besoins estivaux. Le complément de la production (pointe) est assuré par du gaz de la chaufferie Est-Nocéen. La chaufferie des Fauvettes sert uniquement en secours.

Nota : un outil de simulation reste théorique sur les hypothèses d'appel de puissance et de fonctionnement de la géothermie.

Bilan énergétique en 2030

Production géothermie	42 GWh
Production PAC	26 GWh
Production gaz Est Nocéen	6 GWh
Production gaz Fauvettes	0 GWh
Taux ENR&R	84%
Livraison chaleur	68 GWh
Rendement réseau	92%

Bilan de production

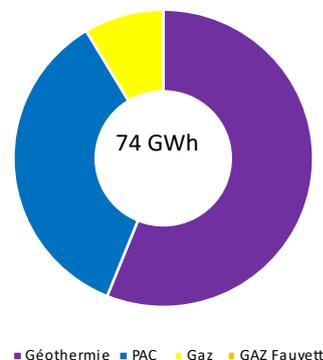


Figure 74 - Mix énergétique projeté en 2030 du scénario 0

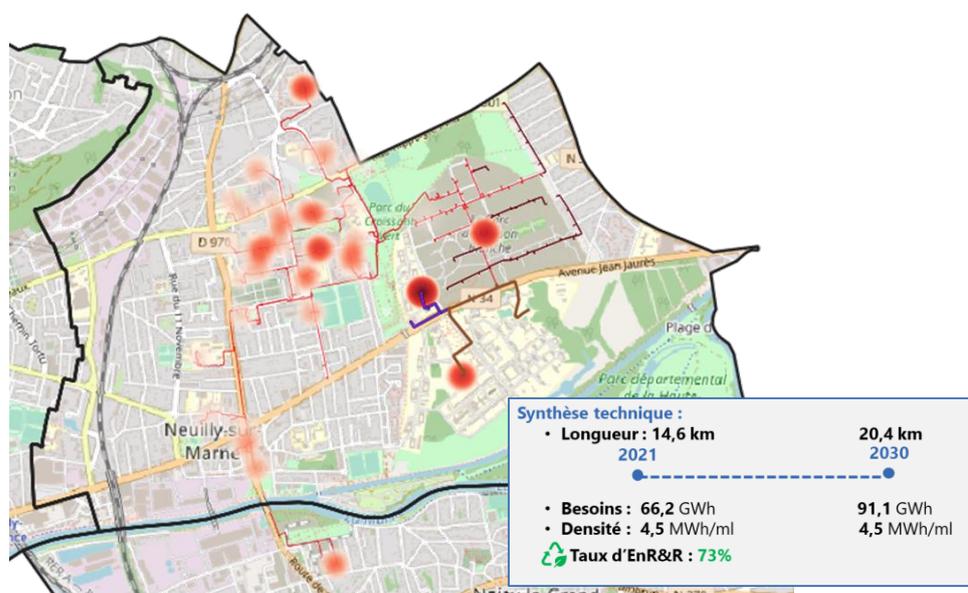
8.2 Scénario 1 : Référence + EPS Ville Evrard + la Roseraie

Figure 75 : Illustration du scénario 1

L'EPS Ville Evrard et la Roseraie sont des prospects proches du réseaux et présentant des consommations très importantes. De plus, le projet de réhabilitation complète de l'EPS Ville Evrard et la transformation de son réseau de chaleur privé en réseau basse température constitue une opportunité particulièrement intéressante pour le réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne. Ce scénario présente une solution qui semble optimisée aux problèmes de manque de puissance souscrites du réseau.

Note :

La partie cession du projet sur Ville Evrard n'a pas été pris en compte dans ce scénario pour une question de sécurisation, car il n'y a pas de vision précise pour le moment sur cette cession, notamment sur le nombre exact de logements, ainsi que sur le calendrier de livraison des bâtiments.

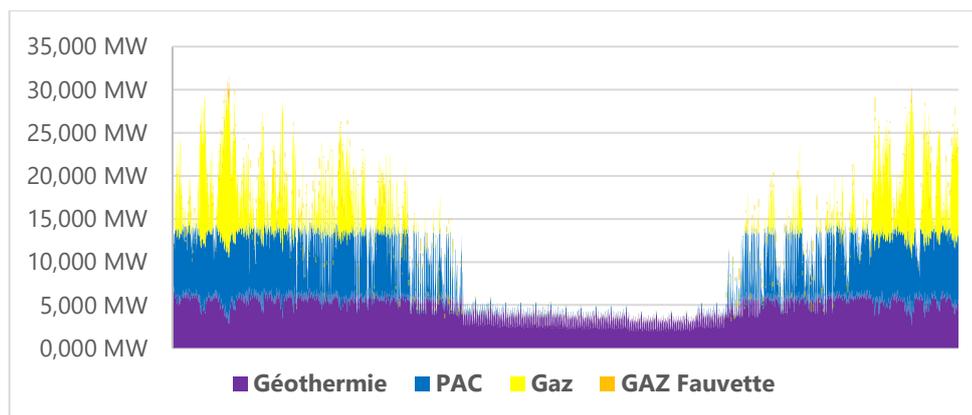
Profil de production annuel

Figure 76 - Profil horaire de production du scénario 1 à l'horizon 2030

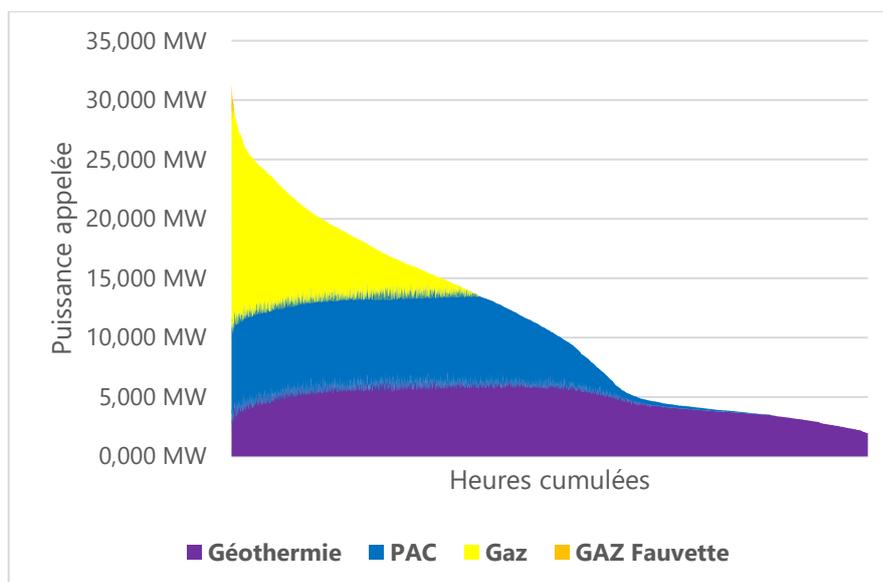


Figure 77 : Monotone du scénario 1 sur l'année 2030

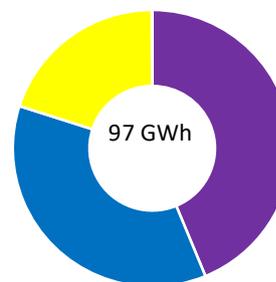
Dans ce scénario, le couple géothermie/pompe à chaleur fonctionne toute l'année et assure les besoins estivaux. Le complément de la production (pointe) est assuré par du gaz de la chaufferie Est-Nocéen et complété ponctuellement par la chaufferie des Fauvettes.

Nota : un outil de simulation reste théorique sur les hypothèses d'appel de puissance et de fonctionnement de la géothermie.

Bilan énergétique en 2030

Production géothermie	43 GWh
Production PAC	35 GWh
Production gaz Est Nocéen	20 GWh
Production gaz Fauvettes	0 GWh
Taux ENR&R	73%
Livraison chaleur	91 GWh
Rendement réseau	94%

Bilan de production



■ Géothermie ■ PAC ■ Gaz ■ GAZ Fauvette

Figure 78 - Mix énergétique projeté en 2030 du scénario 1

8.2.1 Variante 1 : + cession Ville Evrard

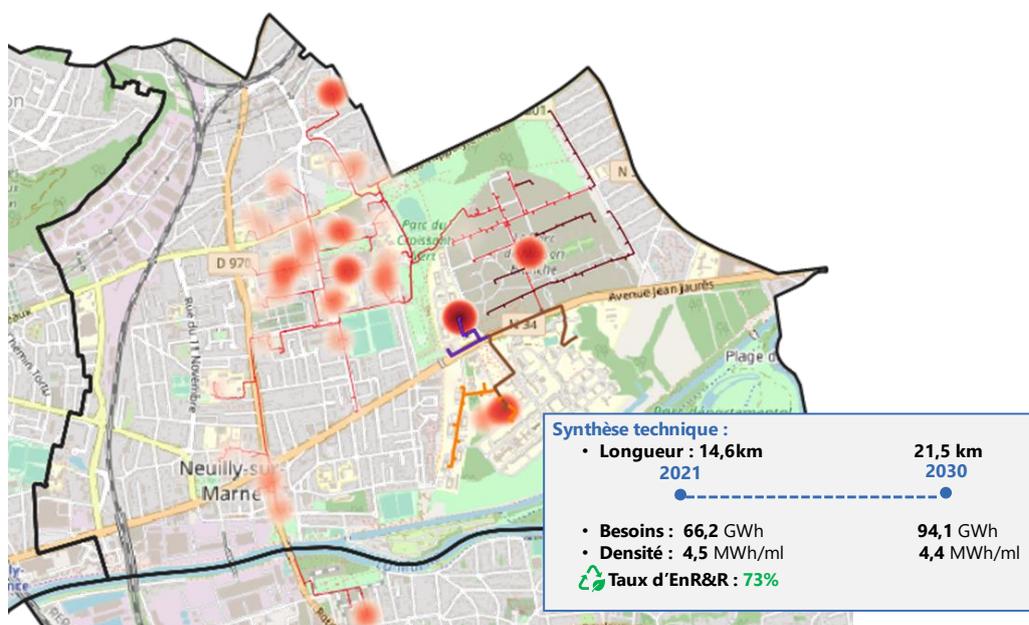


Figure 79 : Illustration de la variante 1 du scénario 1

La partie cession du projet sur Ville Evrard est intégrée à partir de 2030 dans cette variante du scénario 1 afin d'en étudier l'impact.

Profil de production annuel

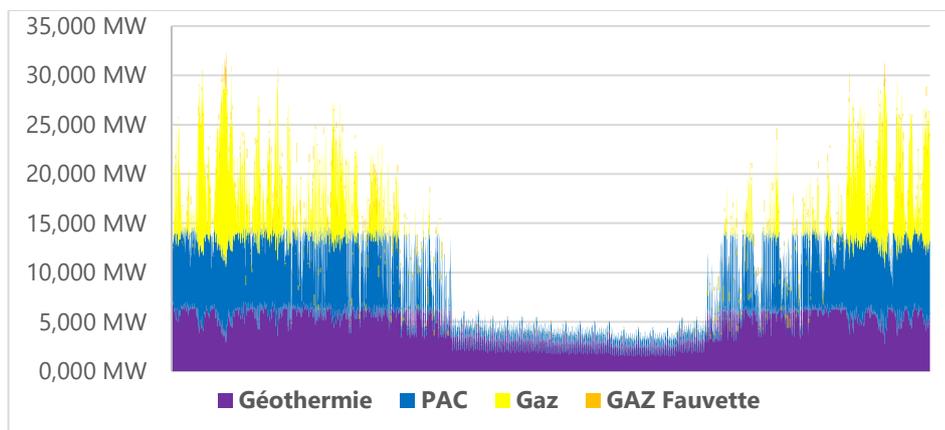


Figure 80 - Profil horaire de production de la variante 1 du scénario 1 à l'horizon 2030

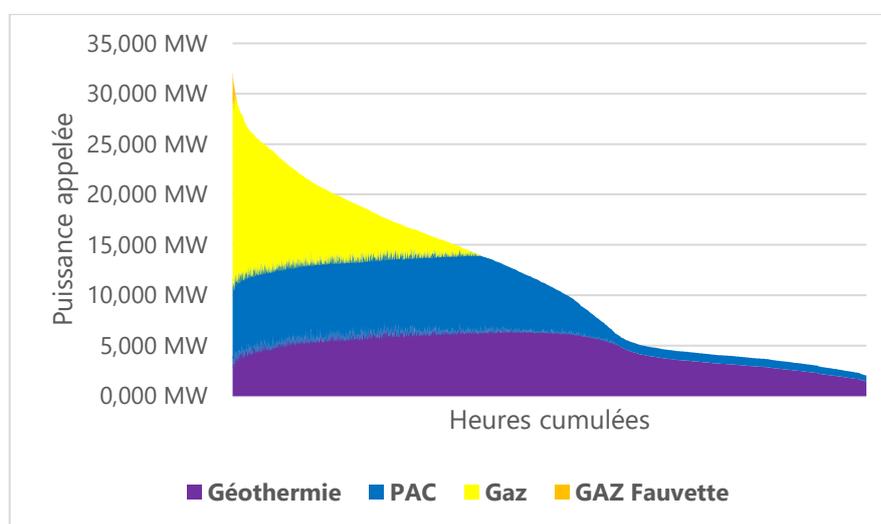


Figure 81 : Monotone de la variante 1 du scénario 1 sur l'année 2030

La variante 1 du scénario 1 a a priori peu d'impact sur le fonctionnement énergétique global de la production.

Nota : un outil de simulation reste théorique sur les hypothèses d'appel de puissance et de fonctionnement de la géothermie.

Bilan énergétique en 2030

Production géothermie	42 GWh
Production PAC	38 GWh
Production gaz Est Nocéen	21 GWh
Production gaz Fauvettes	0 GWh
Taux ENR&R	71%
Livraison chaleur	94 GWh
Rendement réseau	93%

Bilan de production

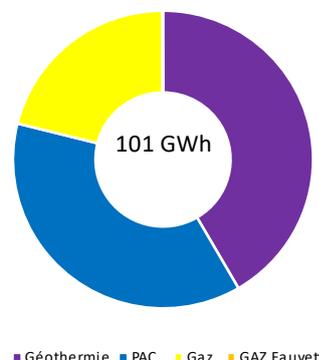


Figure 82 - Mix énergétique projeté en 2030 de la variante 1 du scénario 1

L'étude de cette variante au scénario 1 permet de conclure que le raccordement de la partie cession pourra être réalisé avec l'EPS Ville Evrard et la Roseraie sans la nécessité de réalisation de changements sur la production existante sur le réseau de Neuilly-sur-Marne.

8.3 Scénario 2 : Référence + Densification + Extensions denses

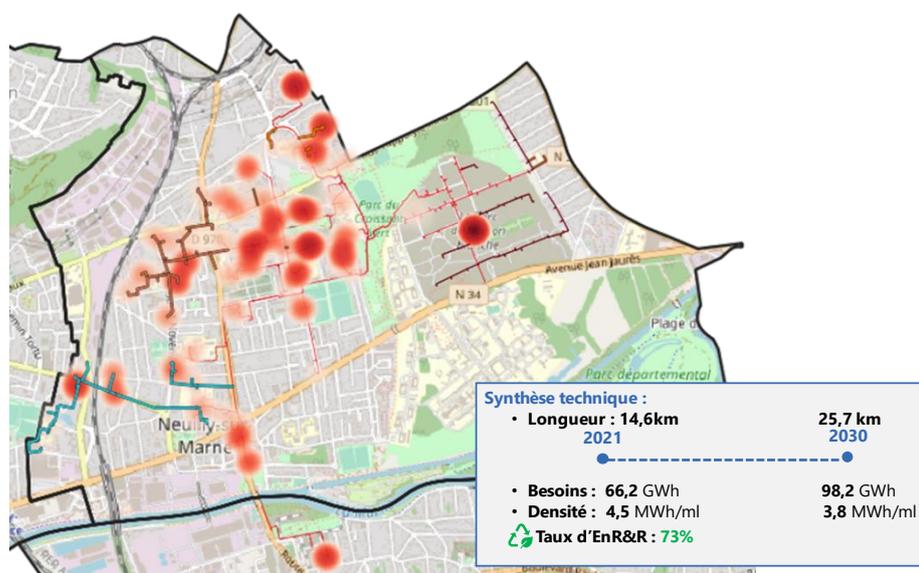


Figure 83 : Illustration du scénario 2

Les zones de « densification » correspondent aux prospects recensés très proches du passage du réseau et éparpillés, et ceux de la zone « Fauvettes », à la fois rapprochés les uns des autres et proches du réseau. Ces prospects furent également identifiés par SGRM et la plupart font l'objet de discussions avec le délégataire au sujet d'un potentiel raccordement au réseau de chaleur. Ce

scénario considère également le raccordement des zones « Ouest-nocéen » et « Primevères-République », toutes deux situées à l'ouest du territoire de la ville. Il s'agit des zones de développement du réseau sur la commune de Neuilly-sur-Marne qui présentent des densités intéressantes à horizon 2030, respectivement de 4,9 et 3,7 MWh/ml.

Ce scénario est moins évident à commercialiser que le scénario 1, car il présente un nombre bien plus important de futurs abonnés à mobiliser, et nécessite un développement de réseau sur une longueur plus importante. Il reste cependant intéressant et permet d'améliorer légèrement la densité du réseau (3,8MWh/ml en 2030, contre 3,5 MWh/ml pour le scénario de référence).

Profil de production annuel

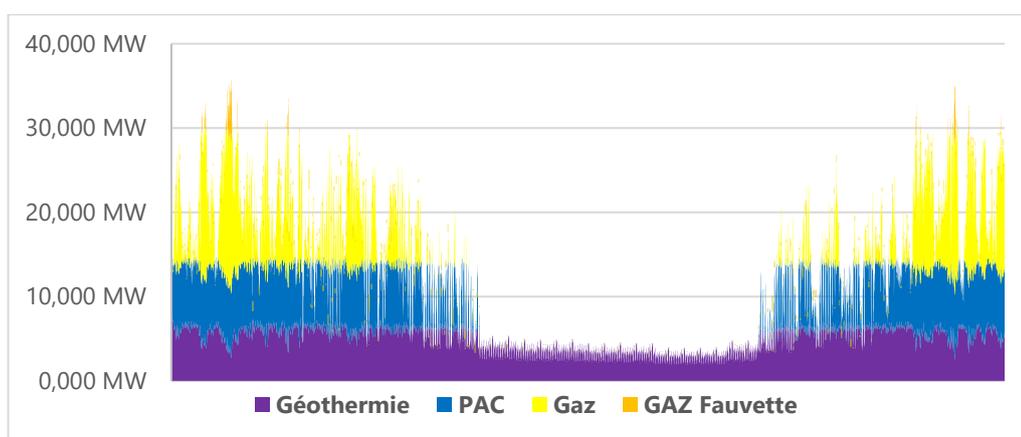


Figure 84 - Profil horaire de production du scénario 2 à l'horizon 2030

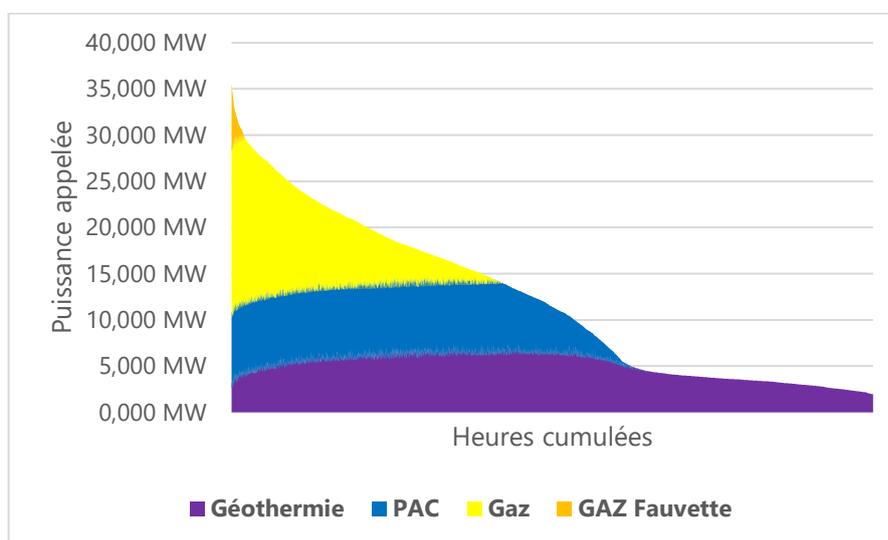


Figure 85 : Monotone du scénario 2 sur l'année 2030

Dans ce scénario, le couple géothermie/pompe à chaleur fonctionne toute l'année et assure les besoins estivaux. Le complément de la production (pointe) est assuré par du gaz de la chaufferie Est-Nocéen et complété ponctuellement par la chaufferie des Fauvettes.

Nota : un outil de simulation reste théorique sur les hypothèses d'appel de puissance et de fonctionnement de la géothermie.

Bilan énergétique en 2030

Production géothermie	44 GWh
Production PAC	35 GWh
Production gaz Est Nocéen	27 GWh
Production gaz Fauvettes	0 GWh
Taux ENR&R	68%
Livraison chaleur	98 GWh
Rendement réseau	93%

Bilan de production

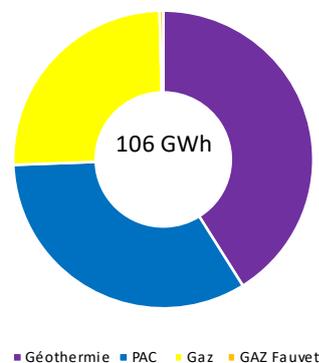


Figure 86 - Mix énergétique projeté en 2030 du scénario 2

Note :

Les moyens de production actuels ne permettent pas de conserver un taux EnR&R supérieur ou égale à 70% pour ce scénario. Pour cela, une production supplémentaire devra être mise en place. Par exemple, une chaudière biomasse de 800kW permettrait d'atteindre un taux EnR&R de 70%.

8.3.1 Variante 1 : + Neuilly Plaisance

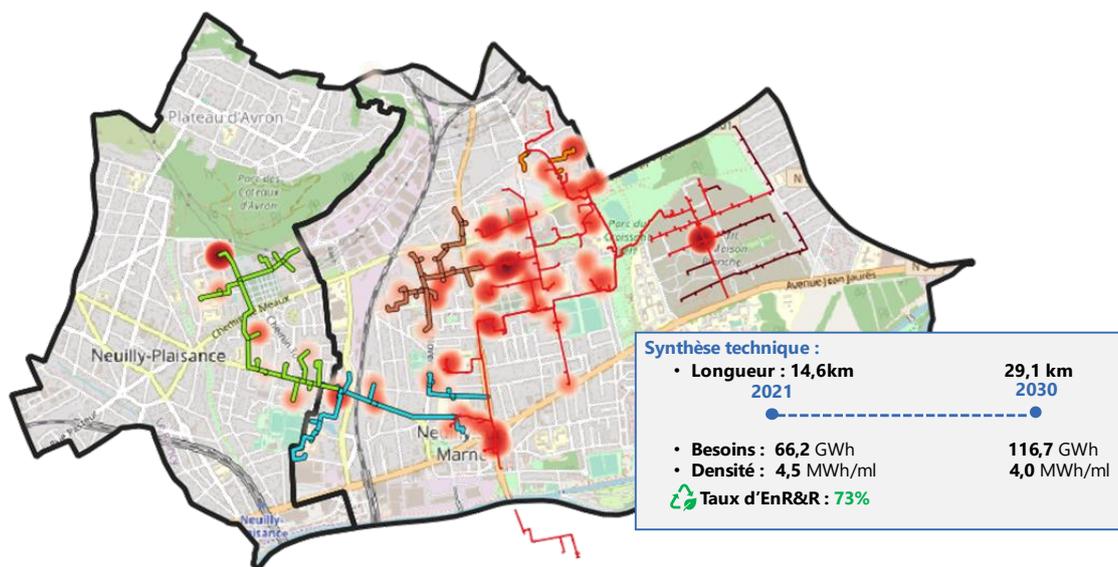


Figure 87 : Illustration de la variante 1 du scénario 2

Cette variante prend en compte le développement du réseau jusqu'à Neuilly-Plaisance. Bien que possible, le développement du réseau hors du périmètre de concession nécessite un montage financier et juridique réfléchi et adapté, qui pourrait prendre la forme d'un avenant supplémentaire au contrat de concession.

Profil de production annuel

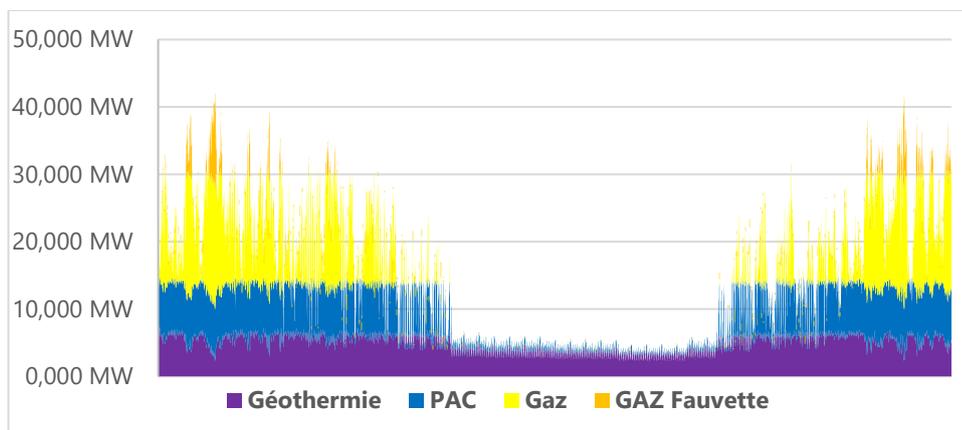


Figure 88 - Profil horaire de production de la variante 1 du scénario 2 à l'horizon 2030

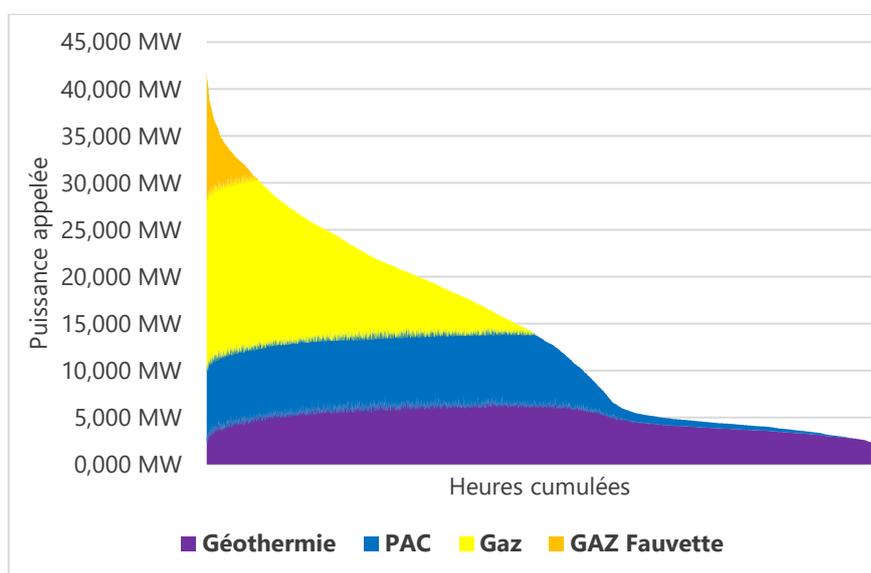


Figure 89 : Monotone de la variante 1 du scénario 2 sur l'année 2030

Les chaudières gaz d'appoint-secours installées ne permettent pas pour ce scénario de couvrir tous les besoins du réseau en cas d'arrêt du doublet de géothermie lorsque les besoins sont à leur apogée, soit une puissance appelée maximale de 42MW, contre une puissance installée d'appoint-secours de 36MW. Un moyen de production d'appoint-secours supplémentaire devra donc être installé pour cette variante du scénario 2.

Nota : un outil de simulation reste théorique sur les hypothèses d'appel de puissance et de fonctionnement de la géothermie.

Bilan énergétique en 2030

Production géothermie	44 GWh
Production PAC	40 GWh
Production gaz Est Nocéen	40 GWh
Production gaz Fauvettes	3 GWh
Taux ENR&R	60%
Livraison chaleur	117 GWh
Rendement réseau	93%

Bilan de production

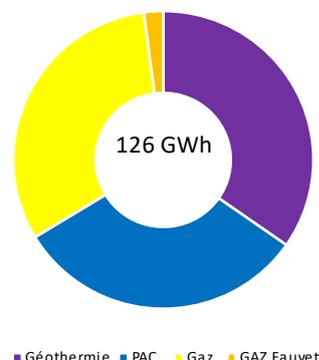


Figure 90 - Mix énergétique projeté en 2030 de la variante 1 du scénario 2

Note :

Les moyens de production actuels ne permettent pas de conserver un taux EnR&R supérieur ou égale à 70% pour ce scénario. Pour cela, une production supplémentaire devra être mise en place. Par exemple, une chaudière biomasse de 4MW permettrait d'atteindre un taux EnR&R de 71%.

8.3.2 Variante 2 : + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie

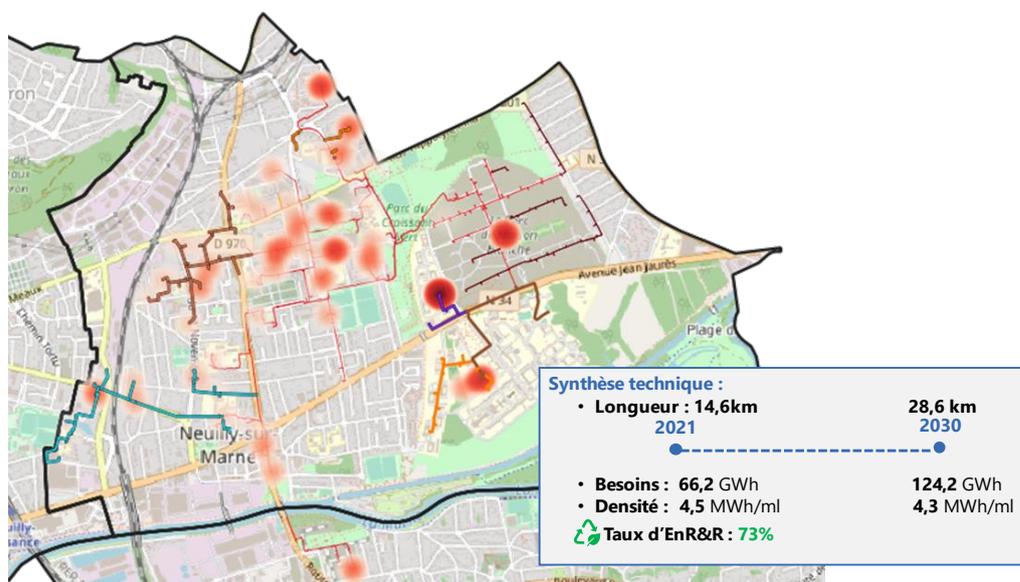


Figure 91 : Illustration de la variante 2 du scénario 2

Cette variante ajoute l'EPS Ville Evrard, la cession associée et la Roseraie aux développements du réseau de Neuilly-sur-Marne pris en compte dans le scénario 2. Il s'agit de développements ambitieux du réseau de chaleur, avec une densité améliorée sur le réseau (4,3 MWh/ml en 2030, contre 3,5 MWh/ml pour le scénario de référence).

Profil de production annuel

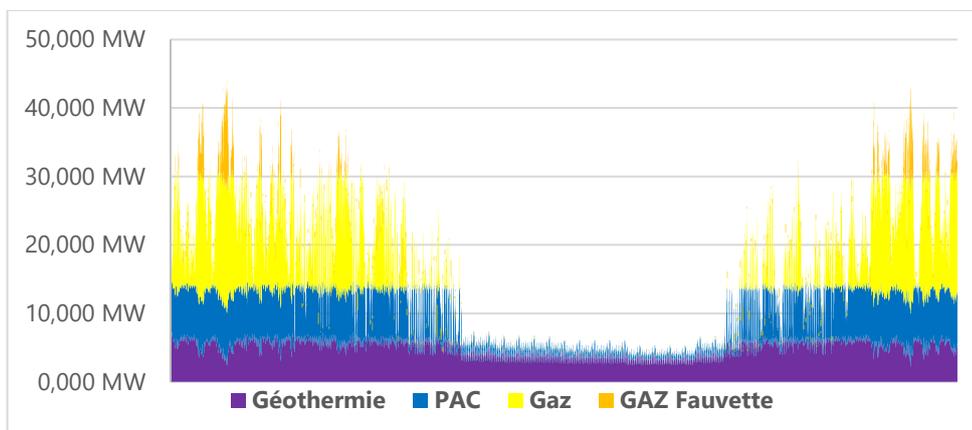


Figure 92 - Profil horaire de production de la variante 2 du scénario 2 à l'horizon 2030

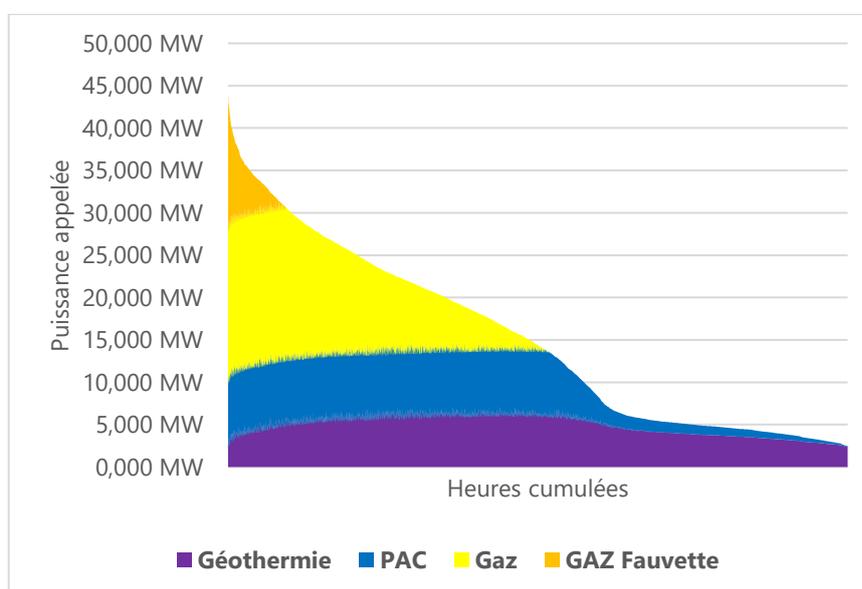


Figure 93 : Monotone de la variante 2 du scénario 2 sur l'année 2030

Les chaudières gaz d'appoint-secours installées ne permettent pas pour ce scénario de couvrir tous les besoins du réseau en cas d'arrêt du doublet de géothermie lorsque les besoins sont à leur apogée, soit une puissance appelée maximale de 44 MW, contre une puissance installée d'appoint-secours de 36 MW. Un moyen de production d'appoint-secours supplémentaire devra donc être installé pour cette variante du scénario 2.

Nota : un outil de simulation reste théorique sur les hypothèses d'appel de puissance et de fonctionnement de la géothermie.

Bilan énergétique en 2030

Production géothermie	43 GWh
Production PAC	42 GWh
Production gaz Est Nocéen	44GWh
Production gaz Fauvettes	4 GWh
Taux ENR&R	58%
Livraison chaleur	124 GWh
Rendement réseau	93%

Bilan de production

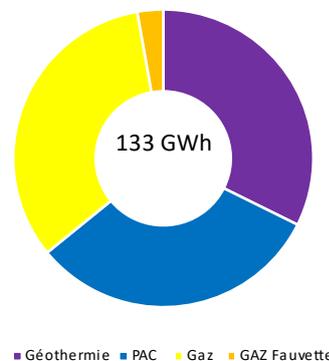


Figure 94 - Mix énergétique projeté en 2030 de la variante 2 du scénario 2

Note :

Les moyens de production actuels ne permettent pas de conserver un taux EnR&R supérieur ou égale à 70% pour ce scénario. Pour cela, une production supplémentaire devra être mise en place. Par exemple, une chaudière biomasse de 4,7MW permettrait d'atteindre un taux EnR&R de 70%.

8.3.3 Variante 3 : + Neuilly Plaisance + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie

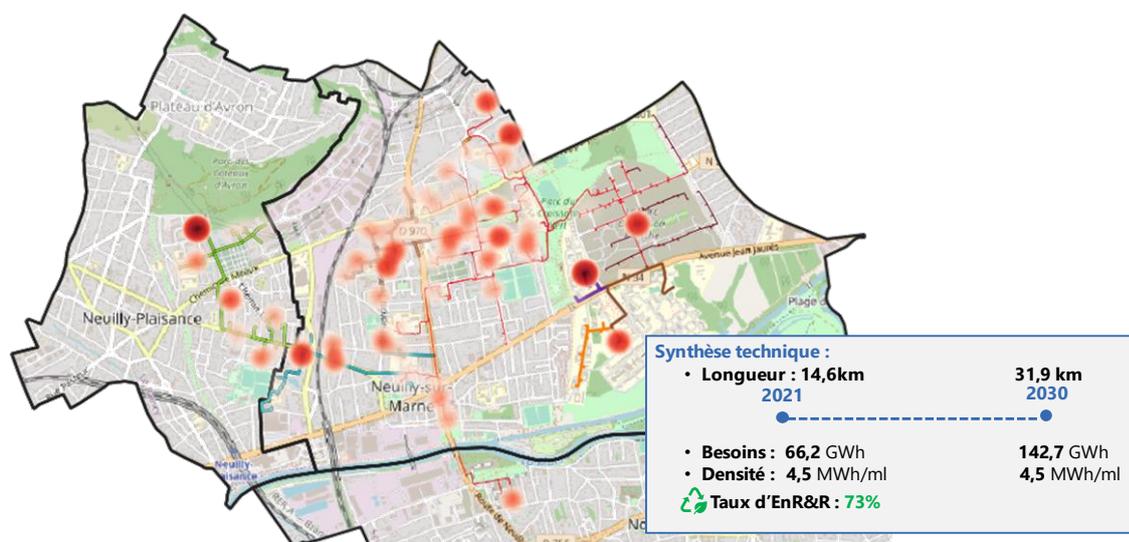


Figure 95 : Illustration de la variante 3 du scénario 2

Cette variante est une composition des variantes 1 et 2 du scénario 2. Il s'agit de développements très ambitieux du réseau de chaleur, avec les difficultés énoncées ci-dessus concernant l'extension vers Neuilly-Plaisance, mais qui présente une densité intéressante sur le réseau (+1 MWh/ml en 2030 par rapport au scénario de référence).

Profil de production annuel

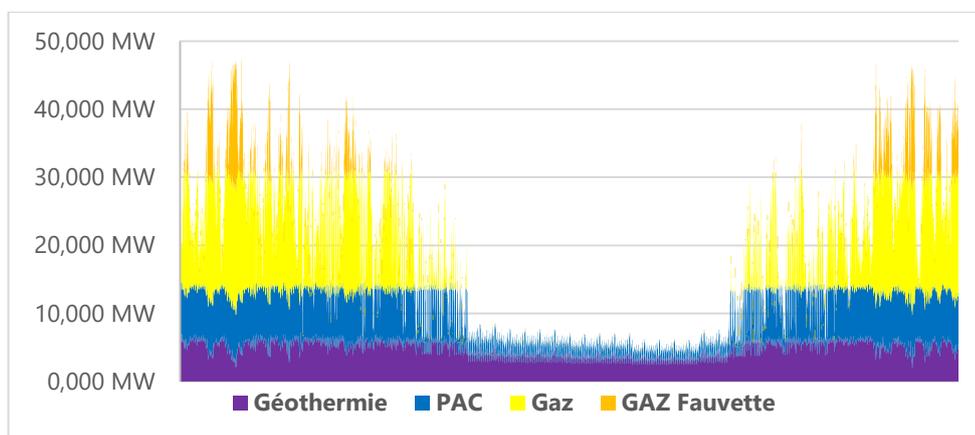


Figure 96 - Profil horaire de production de la variante 3 du scénario 2 à l'horizon 2030

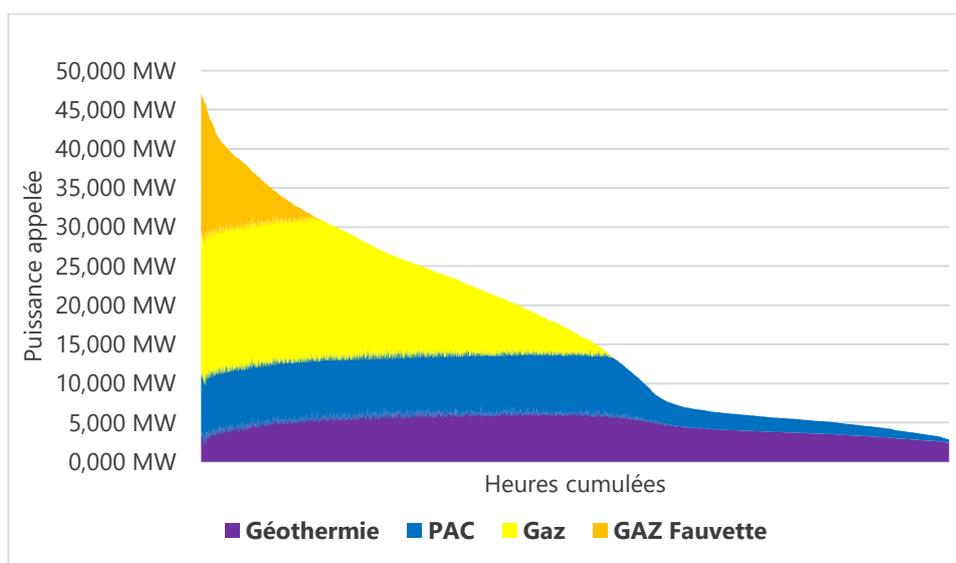


Figure 97 : Monotone de la variante 3 du scénario 2 sur l'année 2030

Les chaudières gaz d'appoint-secours installées ne permettent pas pour ce scénario de couvrir tous les besoins du réseau en cas d'arrêt du doublet de géothermie lorsque les besoins sont à leur apogée, soit une puissance appelée maximale de 50 MW, contre une puissance installée d'appoint-secours de 36 MW. Un moyen de production d'appoint-secours supplémentaire devra donc être installé pour cette variante du scénario 2.

Nota : un outil de simulation reste théorique sur les hypothèses d'appel de puissance et de fonctionnement de la géothermie.

Bilan énergétique en 2030

Production géothermie	43 GWh
Production PAC	46 GWh
Production gaz Est Nocéen	55 GWh
Production gaz Fauvettes	9 GWh
Taux ENR&R	52%
Livraison chaleur	143 GWh
Rendement réseau	94%

Bilan de production

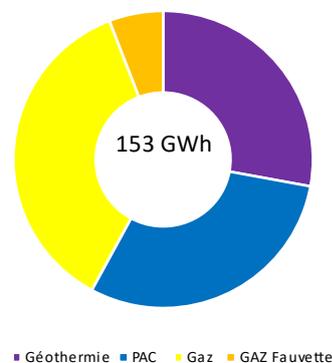


Figure 98 - Mix énergétique projeté en 2030 de la variante 3 du scénario 2

Note :

Les moyens de production actuels ne permettent pas de conserver un taux EnR&R supérieur ou égale à 70% pour ce scénario. Pour cela, une production supplémentaire devra être mise en place. Par exemple, une chaudière biomasse de 7,5 MW permettrait d'atteindre un taux EnR&R de 70%.

8.4 Scénario 3 : Référence + Zones Neuilly-sur-Marne

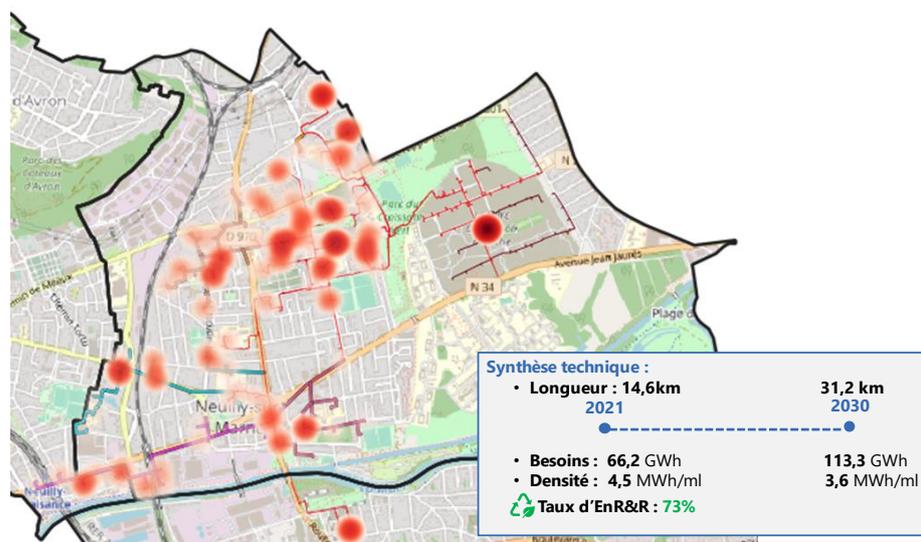


Figure 99 : Illustration du scénario 3

Le troisième scénario proposé considère le raccordement de toutes les zones identifiées sur Neuilly-sur-Marne, hors zones spécifiques telles que l'EPS Ville Evrard, la cession et la Roseraie.

Ce scénario est très ambitieux avec un nombre important de futurs abonnés à mobiliser et une longueur de réseau à tirer non négligeable. Il reste cependant intéressant et permet de conserver la densité du réseau tout en augmentant considérablement les besoins desservis dans le périmètre de la concession.

Profil de production annuel

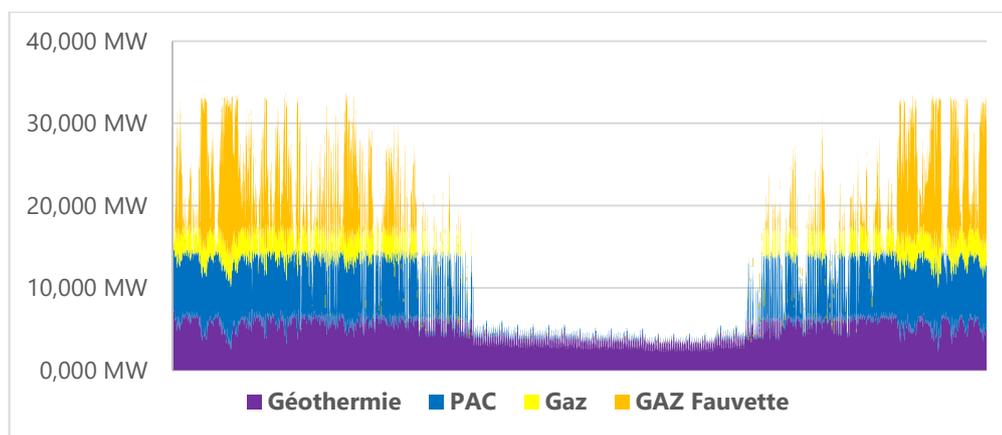


Figure 100 - Profil horaire de production du scénario 3 à l'horizon 2030

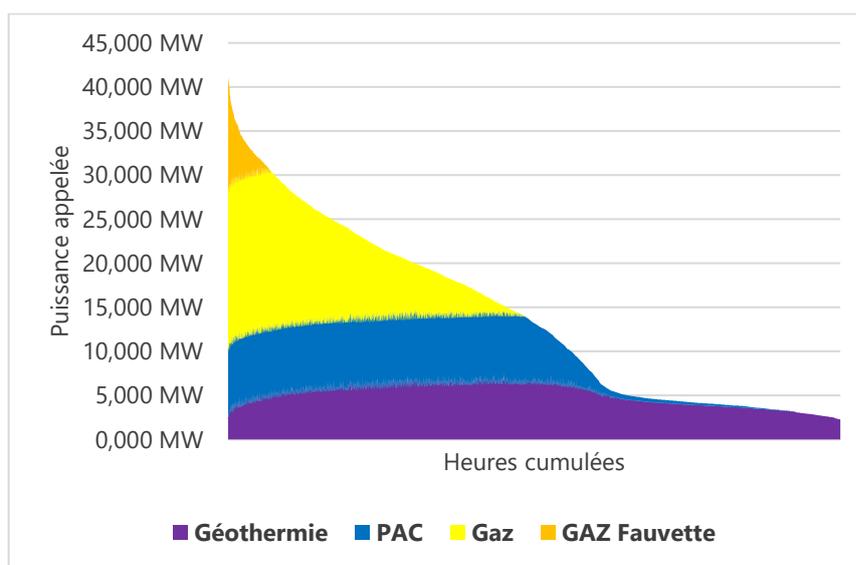


Figure 101 : Monotone du scénario 3 sur l'année 2030

Les chaudières gaz d'appoint-secours installées ne permettent pas pour ce scénario de couvrir tous les besoins du réseau en cas d'arrêt du doublet de géothermie lorsque les besoins sont à leur apogée, soit une puissance appelée maximale de 42 MW, contre une puissance installée d'appoint-secours de 36 MW. Un moyen de production d'appoint-secours supplémentaire devra donc être installé pour le scénario 3.

Nota : un outil de simulation reste théorique sur les hypothèses d'appel de puissance et de fonctionnement de la géothermie.

Bilan énergétique en 2030

Production géothermie	44 GWh
Production PAC	38 GWh
Production gaz Est Nocéen	38 GWh
Production gaz Fauvettes	2 GWh
Taux ENR&R	61%
Livraison chaleur	113 GWh
Rendement réseau	92%

Bilan de production

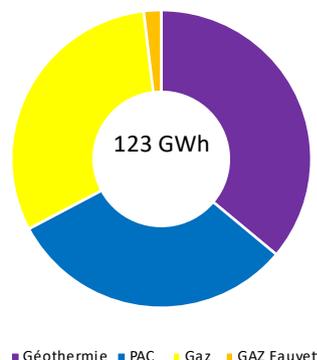


Figure 102 - Mix énergétique projeté en 2030 du scénario 3

Note :

Les moyens de production actuels ne permettent pas de conserver un taux EnR&R supérieur ou égale à 70% pour ce scénario. Pour cela, une production supplémentaire devra être mise en place. Par exemple, une chaudière biomasse de 3,5 MW permettrait d'atteindre un taux EnR&R de 70%.

8.4.1 Variante 1 : + Neuilly Plaisance + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie

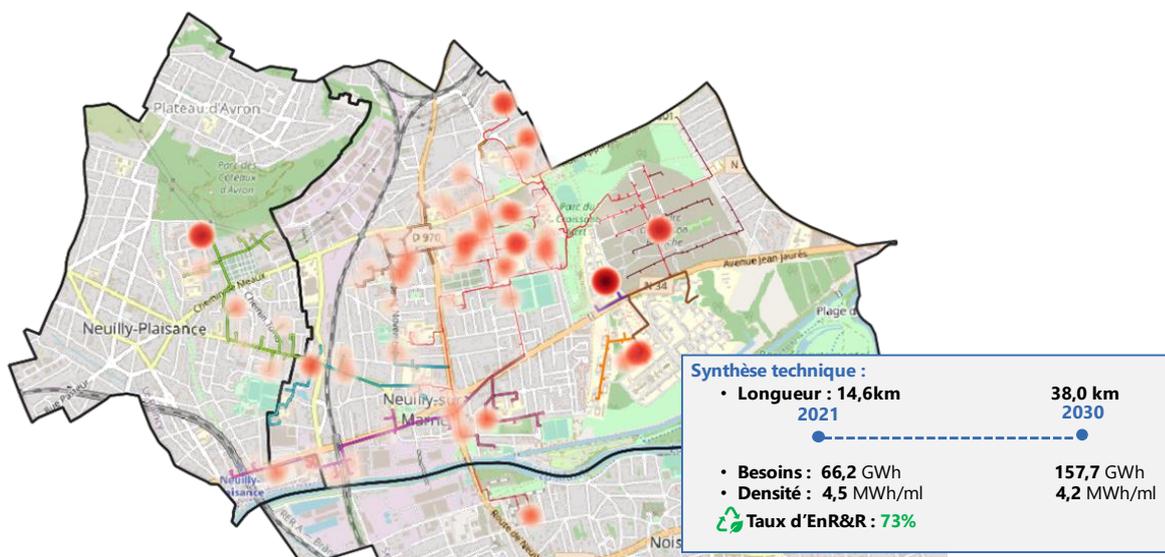


Figure 103 : Illustration de la variante 1 du scénario 3

Cette variante raccorde un maximum de besoins en ajoutant au scénario 3 le développement vers Neuilly-Plaisance, la cession et l'EPS Ville Evrard et la Roseraie.

Profil de production annuel

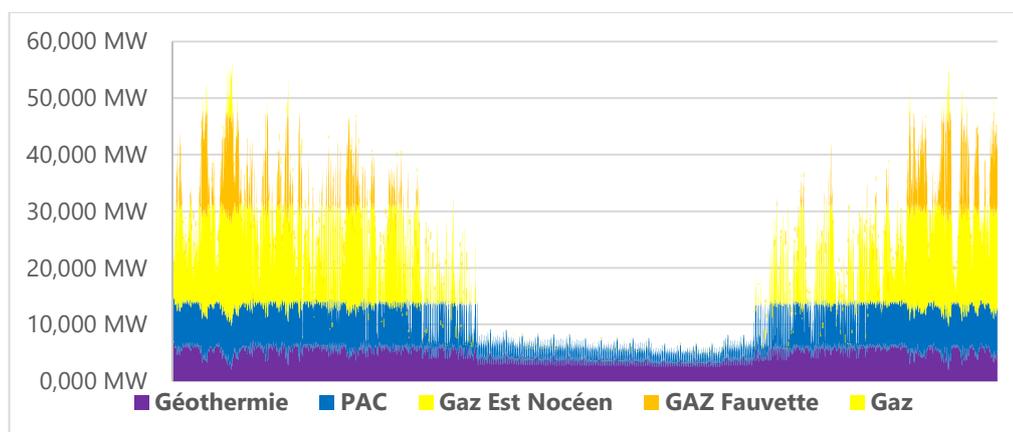


Figure 104 - Profil horaire de production de la variante 1 du scénario 3 à l'horizon 2030

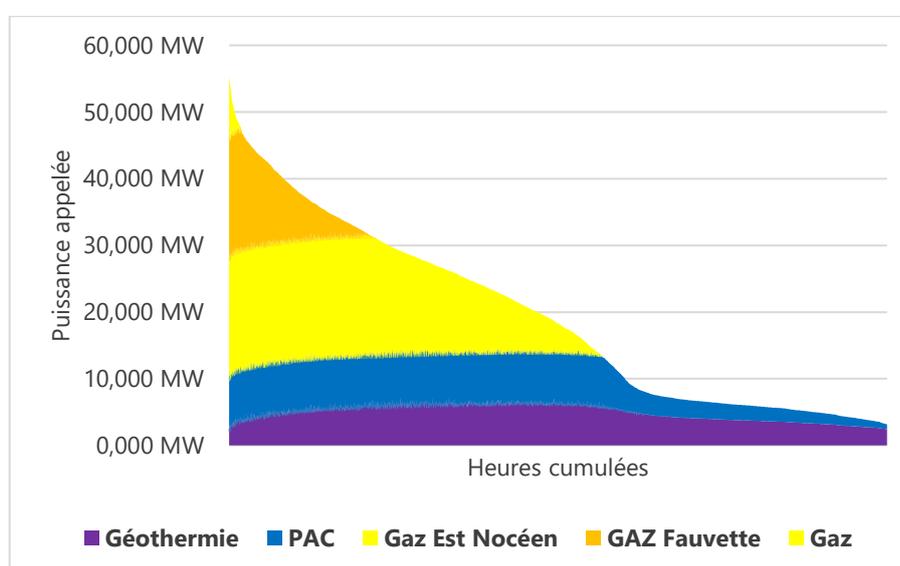


Figure 105 : Monotone de la variante 1 du scénario 3 sur l'année 2030

Dans ce scénario où les besoins couverts sont maximaux, les moyens de productions ne permettent pas de couvrir tous les besoins du réseau lorsque ces derniers sont à leur apogée, soit une puissance appelée maximale de 56 MW. Un moyen de production supplémentaire devra par conséquent être installé pour cette variante du scénario 3, afin de couvrir les besoins et d'assurer l'appoint-secours du réseau.

Nota : un outil de simulation reste théorique sur les hypothèses d'appel de puissance et de fonctionnement de la géothermie.

Bilan énergétique en 2030

Production géothermie	43 GWh
Production PAC	48 GWh
Production gaz Est Nocéen	63 GWh
Production gaz Fauvettes	15 GWh
Production gaz supplémentaire	1 GWh
Taux ENR&R	48%
Livraison chaleur	158 GWh
Rendement réseau	93%

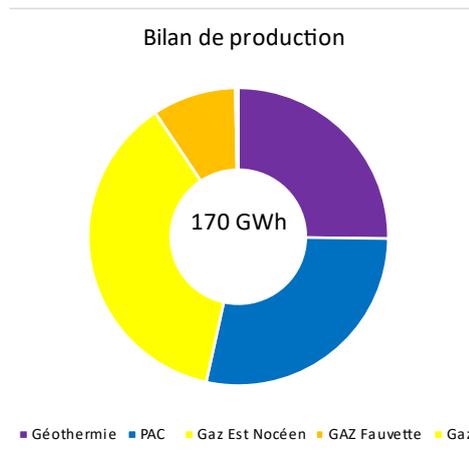


Figure 106 - Mix énergétique projeté en 2030 de la variante 1 du scénario 3

Note :

Les moyens de production actuels ne permettent pas de conserver un taux EnR&R supérieur ou égale à 70% pour ce scénario. Pour cela, une production supplémentaire devra être mise en place, par exemple une chaudière biomasse de 10 MW ou une centrale géothermique permettrait d'atteindre un taux EnR&R supérieur à 70%.

8.5 Synthèse des scénarios

	Scénario 0	Scénario 1		Scénario 2				Scénario 3	
		Base	Variante 1	Base	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Base	Variante 1
Zones	Réseau actuel projeté à 2030 (ZAC Maison Blanche et DSP Noisy-le-Grand)	Référence + Hôpital Ville Evrard + Roseraie	+ cession Ville Evrard	Référence + Densification + Extensions denses	+ Neuilly-Plaisance	+ Hôpital Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie	+ Neuilly Plaisance + Hôpital Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie	Référence + Zones Neuilly-sur-Marne	+ Neuilly Plaisance + Hôpital Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie
Besoins 2030	68 GWh	91 GWh	94 GWh	98 GWh	117 GWh	124 GWh	143 GWh	113 GWh	158 GWh
Densité 2030	3,5 MWh/ml	4,5 MWh/ml	4,4 MWh/ml	3,8 MWh/ml	4,0 MWh/ml	3,8 MWh/ml	4,5 MWh/ml	3,6 MWh/ml	4,2 MWh/ml
Taux d'EnR&R 2030	84%	73%	71%	68%	60%	58%	52%	61%	48%
Puissance EnR&R nécessaire pour atteindre 70% d'EnR&R				0,8 MW EnR&R	4 MW EnR&R	4,7 MW EnR&R	7,5 MW EnR&R	3,5 MW EnR&R	10 MW EnR&R
Besoin d'un terrain	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Estimation investissements		3 M€	4,5 M€	10 M€	20 M€	21 M€	29 M€	23 M€	43 M€

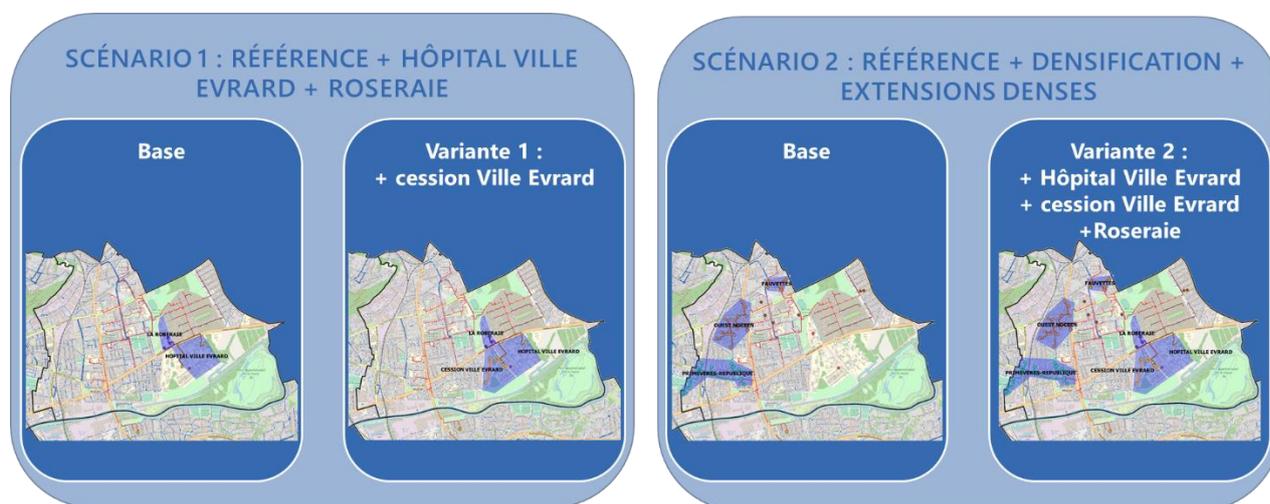
Le potentiel de chaleur non raccordé sur le territoire de l'étude permet d'envisager de multiples scénarios de développement pour le réseau de chaleur de Neuilly-Sur-Marne.

Cependant, plusieurs de ces scénarios nécessitent l'ajout de production EnR&R afin de conserver un taux supérieur à 70% EnR&R. Cet ajout représente des investissements supplémentaires allant d'environ 5 M€ à 40 M€ en fonction de la puissance ajoutée. La mise à disposition de foncier supplémentaire est également nécessaire dans le cas d'ajout d'une production, quelle qu'elle soit.

De plus, certains scénarios envisagés ci-dessus considèrent des prospects situés sur la commune de Neuilly-Plaisance. Bien que le raccordement à un réseau de chaleur entre plusieurs communes ne soit pas impossible, il s'agit souvent de montages juridiques longs à mettre en place. Etant donnée l'urgence de la mise en place de solutions pour le réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne, l'étude des scénarios impliquant Neuilly-Plaisance ne sera pas poursuivi dans la suite de ce schéma directeur.

La réactivité nécessaire face aux difficultés du réseau impose de ne pas étudier les scénarios de développement les plus ambitieux dans le cadre de ce schéma directeur. Il est cependant intéressant de les garder en réserve pour les futurs développements du réseau.

Par conséquent, les scénarios retenus pour la suite de l'étude sont les suivants :



9. ETUDE ECONOMIQUE

Dans ce chapitre sont évalués pour chaque scénario retenu :

- Les coûts d'investissement et les aides envisageables,
- Les coûts d'exploitation (P1, P2 et P3),
- Les frais financiers,
- Le prix moyen de vente de la chaleur à l'échelle du réseau,
- La présentation des différents indicateurs économiques (TRI).

Les études économiques concerneront uniquement les extensions et non le réseau complet.

Pour chaque solution étudiée un **compte d'exploitation prévisionnel** a été établi dont le plan d'affaire est fourni en [Annexe 8](#).

Annexe 8 : Plans d'affaires

9.1 Phasage des développements sur les scénarios retenus

9.1.1 Scénario 1 : Référence + EPS Ville Evrard + la Roseraie

Les développements supplémentaires prévus pour le scénario 1 suivent le phasage suivant :

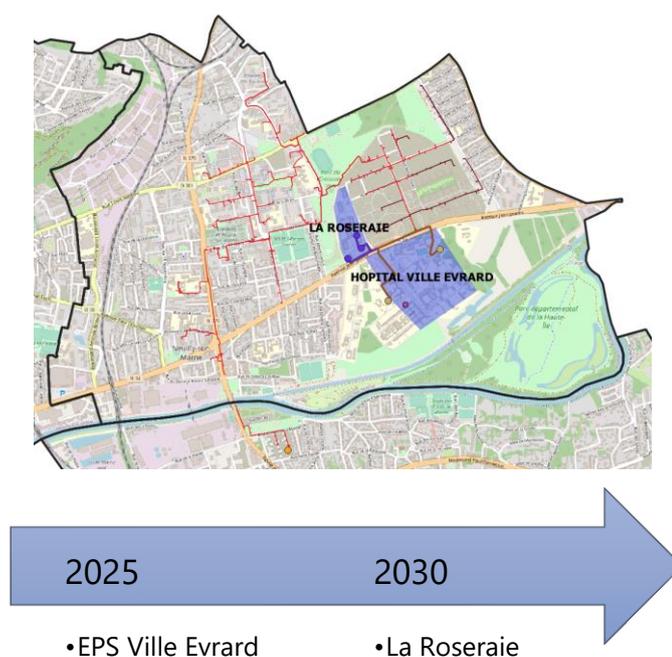


Figure 107 : Phasage des développements prévus pour le scénario 1

9.1.2 Scénario 1 - Variante 1 : Référence + EPS Ville Evrard + la Roseraie + cession Ville Evrard

Les développements supplémentaires prévus pour la variante 1 du scénario 1 suivent le phasage suivant :

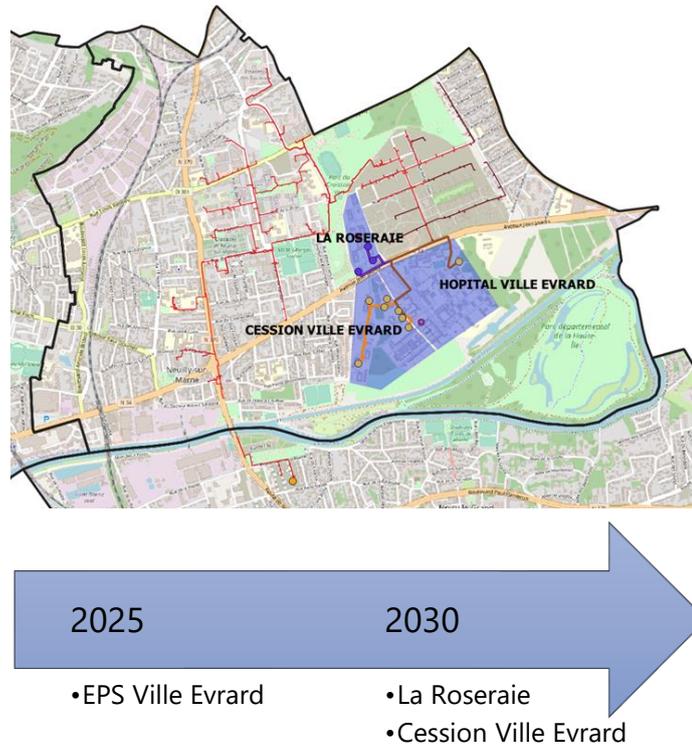


Figure 108 : Phasage des développements prévus pour la variante 1 du scénario 1

9.1.3 Scénario 2 : Référence + Densification + Extensions denses

Les développements supplémentaires prévus pour le scénario 2 suivent le phasage suivant :

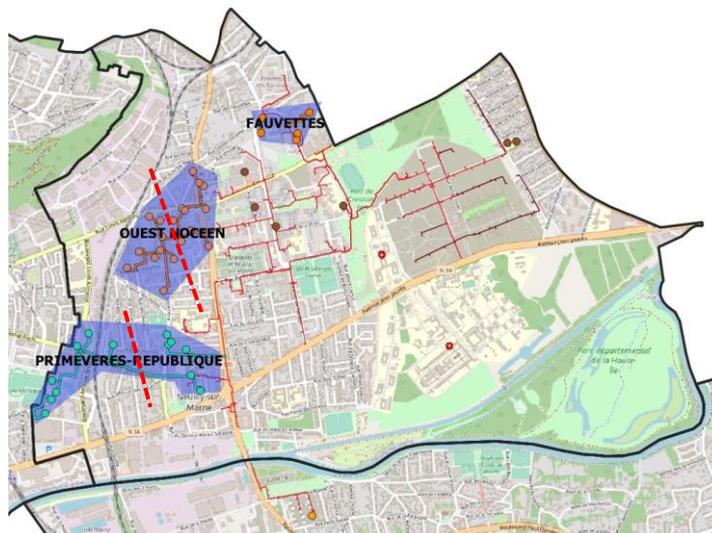


Figure 109 : Phasage des développements prévus pour le scénario 2

9.1.4 Scénario 2 - Variante 2 : Référence + Densification + Extensions denses + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie

Les développements supplémentaires prévus pour la variante 2 du scénario 2 suivent le phasage suivant :

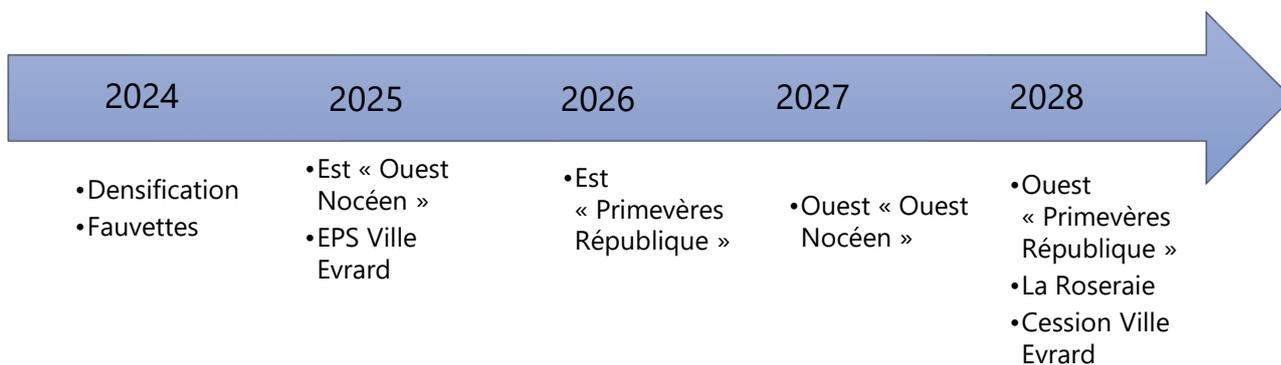
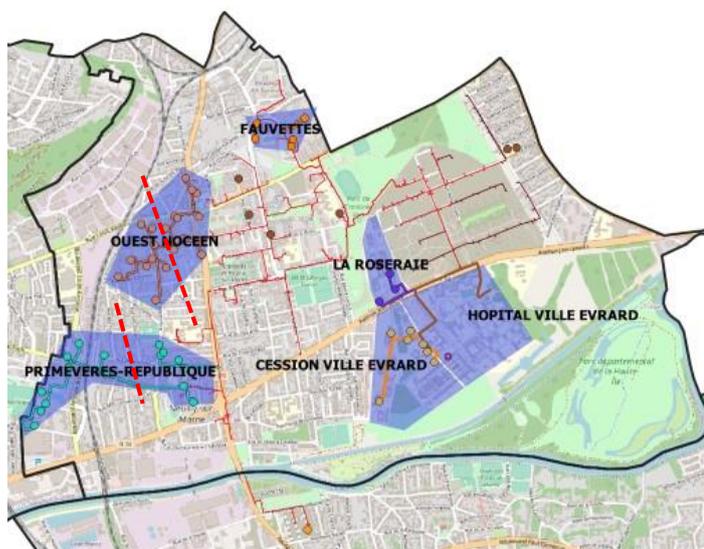


Figure 110 : Phasage des développements prévus pour la variante 2 du scénario 2

9.2 Coût d'investissement (CAPEX)

Les coûts d'investissement ont été estimés pour les postes suivants, en fonction des scénarios concernés :

- Travaux de chaufferie :
 - Travaux d'optimisation sur la PAC
 - Le cas échéant, création d'une chaufferie (achat du terrain non compris) pour les chaudières biomasse et gaz naturel d'appoint/secours comprenant :
 - Le gros œuvre et la VRD notamment les terrassements, création des voies d'accès, création du bâtiment, réseaux secs et humides,
 - Les équipements de chaudière(s) biomasse et de chaudières gaz, y compris fumisterie, équipements hydrauliques, électriques et automatismes, amenée gaz,
- Travaux de réseau : création des réseaux de distribution enterrés en acier pré-isolé, y compris la réalisation :
 - Des passages complexes,
 - Des antennes et piquages jusqu'à chaque sous-station,
 - De l'ensemble des équipements nécessaires au fonctionnement et à la surveillance des réseaux (chambres à vannes, détecteur de fuite, ...).
- Travaux de sous-station : la fourniture et la pose en sous-station des équipements nécessaires à la fourniture de chaleur (skid hydrauliques) y compris le comptage, pilotage, raccordement électrique.

Pour chaque scénario, le tableau suivant présente les coûts d'investissement par grand poste :

k€ HT	Scénario 1	Scénario 1 – Variante 1	Scénario 2	Scénario 2 – Variante 2
Travaux d'optimisation PAC	200	200	200	200
Chaufferie Biomasse	0	0	1 200	7 050
Etudes « Production »	16	16	112	580
Réseaux	2 036	3 398	6 570	9 968
Sous-stations	230	530	1 380	1 850
Etudes « Distribution »	181	314	636	945
Aléas totaux	107	178	404	824
TOTAL (k€ HT)	2 770	4 637	10 502	21 417

Tableau 23 : Coûts d'investissement

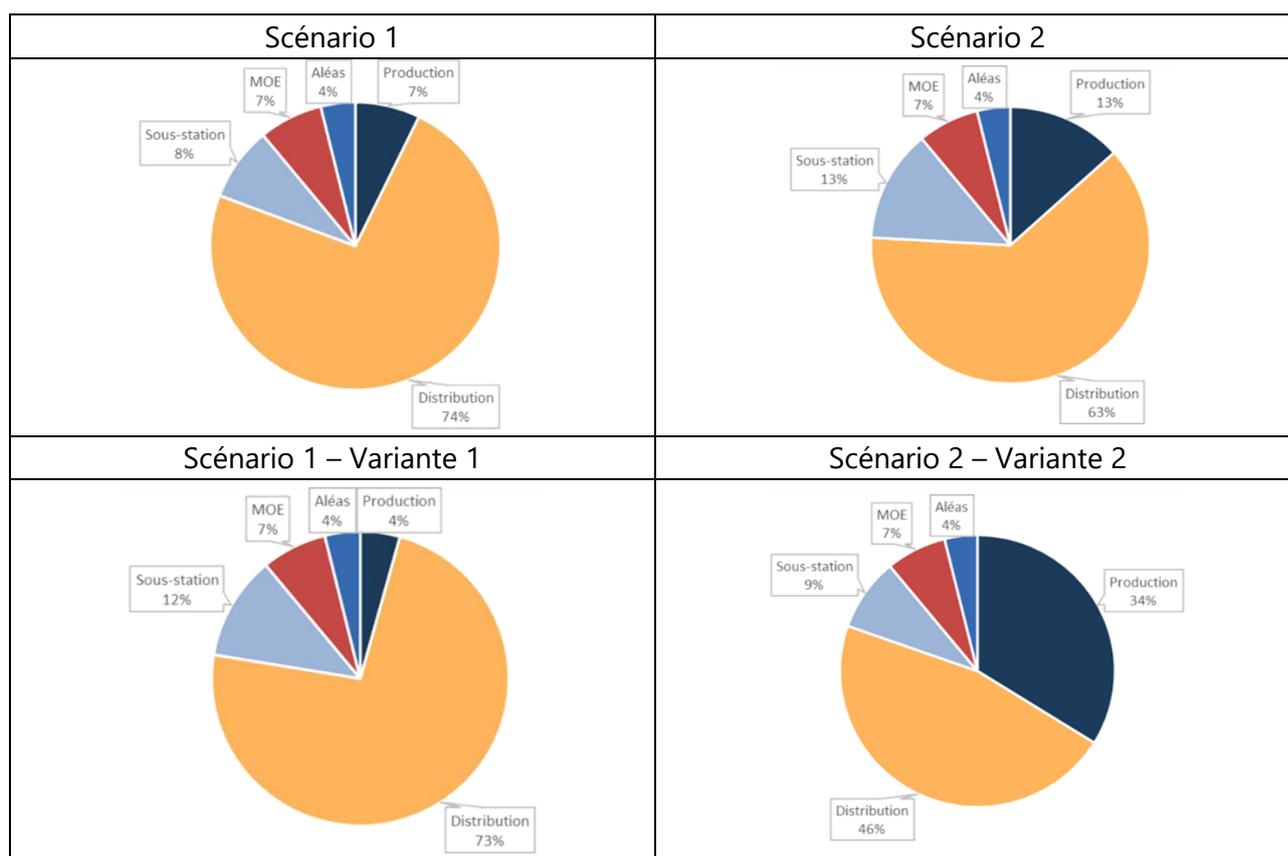


Figure 111 : Répartition des coûts d'investissement pour chaque scénario

Les travaux de réseau représentent la majeure partie des investissements à réaliser pour tous les scénarios.

➔ **Les investissements à envisager, quel que soit le scénario, sont compris entre 2,8 M € et 21,4 M €**

9.3 Coût d'exploitation

9.3.1 P1 – Achat de combustible et d'énergie

Les achats de combustible concernent :

- Achats de **biomasse** pour la chaufferie du réseau à 30 € HT/MWh utile
- Achat de **gaz naturel** pour la chaufferie du réseau à 40 € HT/MWh PCS
- Achat d'**électricité** pour le fonctionnement de la géothermie et de la pompe à chaleur : 90 €/MWh élec.

Les coûts d'exploitation (2040) sont présentés dans le tableau suivant.

k€ HT	Scénario 1	Scénario 1 – Variante 1	Scénario 2	Scénario 2 – Variante 2
Gaz naturel	578	676	294	615
Biomasse	0	0	67	476
Electricité géothermie	10	13	20	28
Electricité PAC	189	210	335	438
TOTAL (k€ HT)	777	898	716	1 556

Tableau 24 : Coût des achats de combustible (1 an)

9.3.2 P2 – Entretien et maintenance courante et autres frais d'exploitation

Les dépenses **d'entretien et de maintenance courant** sont liées aux postes suivants :

- Electricité réseau/chaufferie
- Eau et produits de traitement
- Fourniture d'entretien courant et de maintenance
- Impôts et taxes
- Charges de personnel (dont charges sociales)
- Autres frais de fonctionnement
- Frais de siège
- Redevances versées à la collectivité
- Charges diverses de gestion courante

Les coûts d'entretien et autres frais d'exploitation P2 (2040) sont présentés dans le tableau suivant.

k€ HT	Scénario 1	Scénario 1 – Variante 1	Scénario 2	Scénario 2 – Variante 2
Electricité réseau/chaufferie	21	23	25	48
Eau et produits de traitement	8	9	9	18
Fourniture d'entretien courant et de maintenance	80	90	95	186
Impôts et taxes	33	37	40	77
Charges de personnel (dont charges sociales)	11	27	74	98
Autres frais de fonctionnement	29	33	35	68
Frais de siège	71	79	84	163
Redevances versées à la collectivité	41	47	49	96
Charges diverses de gestion courante	9	10	11	21
TOTAL P2 (k€ HT)	302	356	420	773

Tableau 25 : Coûts d'entretien et autres frais d'exploitation P2 (1 an)

9.3.3 P3 – Gros entretien et renouvellement (GER)

Les travaux de gros entretien et de renouvellement consistent en des provisions annuelles et concernent l'ensemble des équipements mis en place sur le réseau.

k€ HT	Scénario 1	Scénario 1 – Variante 1	Scénario 2	Scénario 2 – Variante 2
TOTAL P3 (k€ HT)	138	156	165	321

Tableau 26 : Coûts du GER P3 (1 an)

9.3.4 Synthèse des coûts d'exploitation (OPEX)

Le tableau ci-dessous fait la synthèse des coûts d'exploitation par scénario en 2040 :

k€ HT	Scénario 1	Scénario 1 – Variante 1	Scénario 2	Scénario 2 – Variante 2
P1	777	898	716	1 556
P2	302	356	420	773
P3	138	156	165	321
TOTAL	1 217	1 410	1 301	2 650

Tableau 27 : Tableau récapitulatif des coûts d'exploitation (1 an)

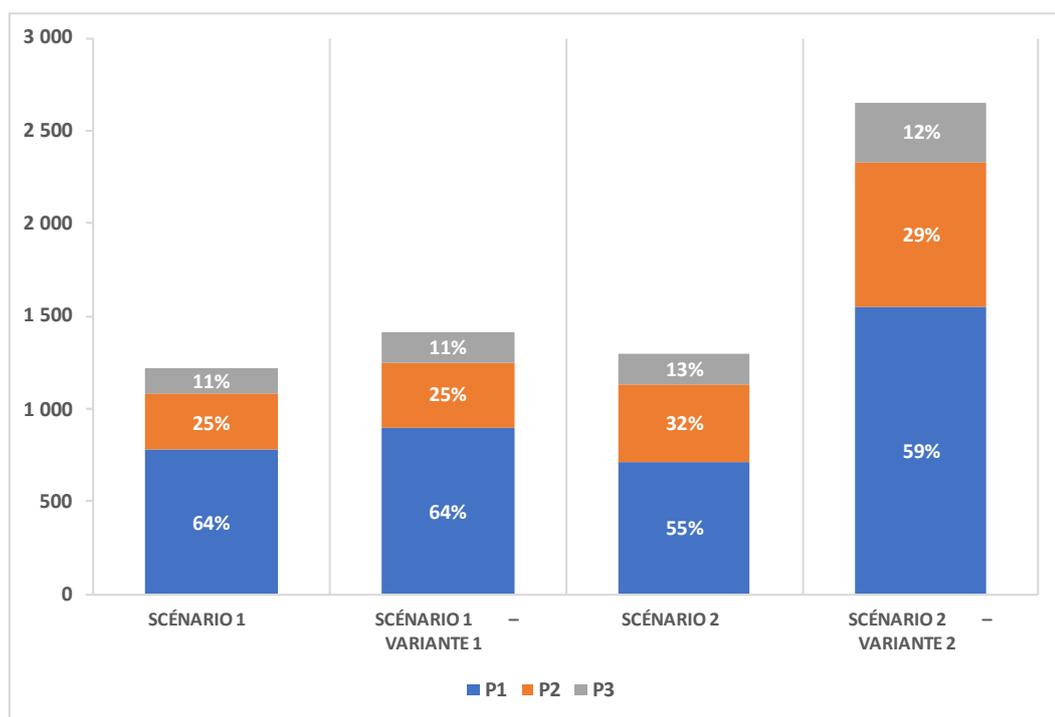


Figure 112 : Synthèse des coûts d'exploitation (1 an)

Les dépenses majeures sont liées aux achats d'énergie (P1), ils représentent en moyenne 60% des dépenses annuelles. Les frais d'exploitation (entretien, redevances, ...) représentent en moyenne 28% des coûts annuels (P2). Les frais de gros entretien renouvellement (GER) représentent une moindre partie (P3).

➔ **Les coûts d'exploitation supplémentaires à envisager sont compris entre 1,2 M €/an et 2,7 M €/an selon le scénario.**

9.4 Financement

9.4.1 Aides à l'investissement - Subventions

Les aides à l'investissement qu'il est possible d'avoir sur ce projet sont :

- Des **subventions du Fonds Chaleur géré par l'ADEME pour la partie réseau** : ces aides s'appliquent sur les dépenses liées aux travaux de réseau de distribution. Elles sont calculées forfaitairement en fonction du diamètre et du linéaire de canalisation, elles ne sont pas plafonnées.
- Des **subventions du Fonds Chaleur géré par l'ADEME pour la partie production EnR&R** : ces aides s'appliquent sur les dépenses de création de la chaufferie biomasse. Ces subventions étant délivrées à la condition du respect de la démarche EnR'CHOIX, il faudra donc, pour y avoir accès, démontrer l'impossibilité technico-économique d'une production à base de géothermie ou de chaleur fatale.

L'obtention des aides est conditionnée par un certain nombre de critères et l'atteinte de certaines performances, le projet ici proposé respecte ces contraintes.

Les coûts éligibles aux aides concernent donc toutes les dépenses liées au réseau de distribution et sous-station et toutes les dépenses liées à la production biomasse. Les coûts d'investissement liés à la mise en œuvre de chaufferie gaz naturel (travaux hydrauliques, génie civile et études) ne sont pas éligibles. Les montants de subventions estimés sont présentés dans le tableau suivant :

k€ HT	Scénario 1	Scénario 1 – Variante 1	Scénario 2	Scénario 2 – Variante 2
Réseaux	794	1 325	2 465	3 790
Production biomasse	0	0	300	1 763
TOTAL SUBVENTION (k€ HT)	794	1 325	2 765	5 553
Taux de subvention du projet	29%	29%	26%	26%

Tableau 28 : Subventions estimées

9.4.2 Droits de raccordement

Les droits de raccordement ont été déterminé à partir des puissances souscrites, calculées selon la méthode décrite dans le contrat de concession (calculs présentés au paragraphe 5.2.2 ci-dessus)

Le droit de raccordement considéré correspond à l'application de l'avenant 2 : **90 €/HT/kW (prospects du secteur Fauvettes)**.

Un droit de raccordement particulier de **800 k€HT** a été considéré pour l'EPS Ville Evrard.

Le chiffre d'affaires lié aux droits de raccordement sont les suivants, pour chaque scénario.

k€ HT	Scénario 1	Scénario 1 – Variante 1	Scénario 2	Scénario 2 – Variante 2
Droits de raccordement	1 931	2 102	1 367	3 468

Tableau 29 : Droits de raccordement

Ces montants sont répartis en fonction du phasage de développement présenté pour chaque scénario ci-dessus (voir 9.1).

Afin d'assurer une compétitivité pour les abonnés, les CEE éligibles pour le raccordement d'un nouvel abonné n'ont pas été considérés dans l'équilibre économique et permettront aux abonnés de venir en déduction de ces droits de raccordement.

9.4.3 Frais financiers

Les frais financiers ont été pris en compte pour l'établissement du compte d'exploitation prévisionnel, ils correspondent au financement par prêt bancaire des investissements restant (après subventions). Ils sont calculés à partir des hypothèses suivantes :

- Durée d'emprunt : 20 ans (fin en 2042 coïncidente avec la fin du contrat de concession)
- Taux d'intérêt : 1,4%

Les frais financiers calculés pour sur la durée de l'emprunt sont les suivants, pour chaque scénario.

k€ HT	Scénario 1	Scénario 1 – Variante 1	Scénario 2	Scénario 2 – Variante 2
Total à financer	1 976	3 311	7 737	15 565
Intérêt d'emprunt	303	508	1 187	2 435
TOTAL	2 279	3 820	8 924	18 299

Tableau 30 : Intérêt d'emprunt

9.5 Prix de la chaleur

Le prix de la chaleur est calculé grâce à la formule de tarification du réseau de Neuilly-sur-Marne, expliquée au paragraphe 3.6.1 ci-dessus Structure tarifaire :

$$R = r1 \times (\text{Nombre de MWh consommés par l'abonné}) + r2 \times (\text{Puissance souscrite (en kW) de l'abonné})$$

	r1 €HT/MWh	r2 €HT/kW
Fauvettes	25,33	72,95
Est-Nocéen	25,33	125,95
EPS Ville Evrard	60,00	

Tableau 31 : Prix de référence de la chaleur par usage

Note :

L'EPS Ville Evrard étant un consommateur du domaine de la santé, il est fort probable qu'il bénéficie actuellement de prix avantageux du gaz. Pour cette raison, un tarif de la chaleur particulier lui est appliqué dans le cadre de cette étude. Cependant, il est nécessaire d'échanger avec ce prospect afin de définir les paramètres économiques d'un futur raccordement qui conviendrait à l'EPS et au délégataire.

€ HT/MWh	Scénario 1	Scénario 1 – Variante 1	Scénario 2	Scénario 2 – Variante 2	Référence contractuelle
Prix moyen de la chaleur	72,07	71,59	72,53	73,78	78,89
Prix moyen de la chaleur hors EPS Ville Evrard	85,04	82,71	72,53	76,70	
Écart par rapport à la référence contractuelle	+ 8%	+ 5%	- 8%	- 3%	

Tableau 32 : Prix moyen de la chaleur

On remarque que pour le scénario 1 et sa variante, le prix moyen de la chaleur (hors EPS Ville Evrard qui bénéficie d'un tarif particulier) est supérieur au prix indiqué dans les prévisions du CEP (moyenne de 78,89€HT/MWh entre 2024 et 2041). Or, si l'on compare le prix de la chaleur réel observé sur le réseau ces trois dernières années par rapport au prix prévu par le CEP, on remarque des écarts supérieurs à + 25%. On en conclut donc que les scénarios étudiés permettront de réduire les écarts constatés sur le prix de la chaleur du réseau de Neuilly-sur-Marne.

€HT/MWh	Référence contractuelle	Prix de la chaleur réel	Écart
2018	69,96	88,76	+ 27%
2019	69,96	89,93	+ 29%
2020	72,61	91,43	+ 26%

Tableau 33 : Écart constaté entre le prix réel de la chaleur et la référence contractuelle (CEP) entre 2018 et 2020

9.6 Analyse de la rentabilité des scénarios

Le critère étudié pour estimer la rentabilité d'un scénario est le TRI (Taux de Rentabilité Interne), cette valeur est exprimée en %.

	Scénario 1	Scénario 1 – Variante 1	Scénario 2	Scénario 2 – Variante 2	Référence contractuelle
TRI après impôt	18,3%	12,7%	5,8%	3,4%	6,9%

Tableau 34 : Taux de Rentabilité Interne

1) Le scénario 1 et sa variante présente des TRI largement supérieurs au TRI de la concession

→ **Pistes d'optimisation**

2) Le scénario 2 (base) présente un TRI après impôts inférieur de 1% au TRI de la concession.

→ **Scénario à retravailler**

3) La variante 2 du scénario 2 présente un TRI dégradé par rapport à celui de la concession. Cela est dû aux investissements importants à effectuer pour pouvoir fournir les besoins raccordés dans ce scénario.

→ **Scénario à écarter**

10. ETUDE CONTRACTUELLE

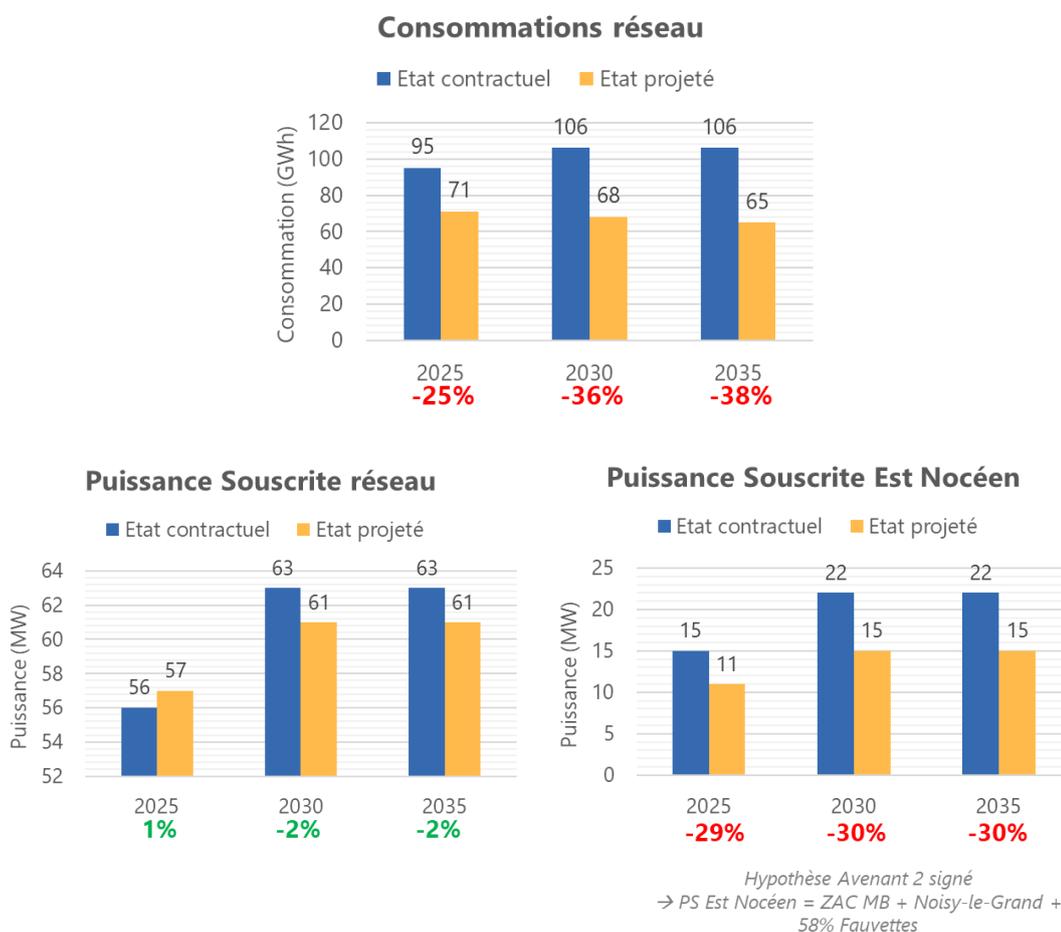
10.1 Scénario 0 : Référence

Afin de tester l'enclenchement ou non des clauses de révision pour le scénario de référence, les développements prévus pour le scénario de référence suivent les programmes de développement des ZAC de Noisy-le-Grand et de Maison-Blanche tels qu'ils sont définis lors de la réalisation du présent schéma directeur. Soit le phasage suivant :



Figure 113 : Phasage des développements prévus pour le scénario 0 (référence)

Les consommations et puissances souscrites projetées pour le scénario de référence, en comparaison avec les prévisions au CEP (état contractuel) sont les suivantes :



Pour rappel, les conditions de révisions tarifaires contractuelles sont les suivantes :

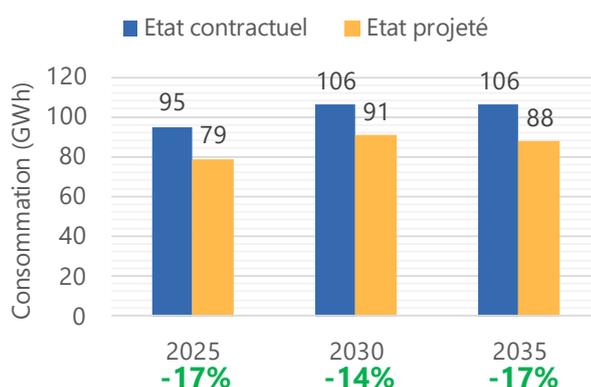
- Dans le cas où une réduction d'au moins -20% des consommations totales est observée par rapports aux prévisions du CEP
- Dans le cas où une réduction d'au moins -15% des puissances souscrites totales est observée par rapports aux prévisions du CEP
- Dans le cas où une réduction d'au moins -10% des puissances souscrites de l'Est Nocéen est observée par rapports aux prévisions du CEP (clause appliquée tous les 2 ans)

En cohérence avec les clauses de révision, ce scénario implique une révision des prix de la chaleur en 2025, 2030 et 2035. Tel que pressenti, le scénario de référence ne constitue pas une solution pérenne pour le réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne, et implique, dès 2025, une hausse du tarif de la chaleur.

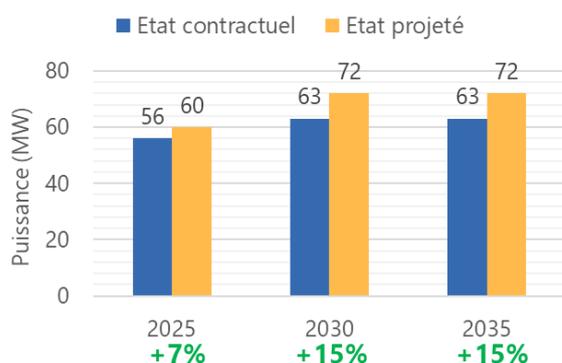
10.2 Scénario 1 : Référence + EPS Ville Evrard + la Roseraie

Les consommations et puissances souscrites projetées pour le scénario 1, en comparaison avec les prévisions au CEP (état contractuel) sont les suivantes :

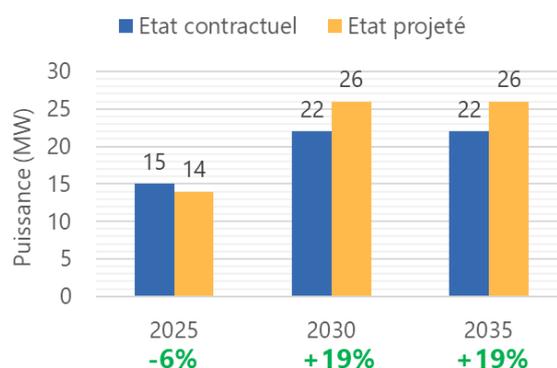
Consommations réseau



Puissance Souscrite réseau



Puissance Souscrite Est Nocéen



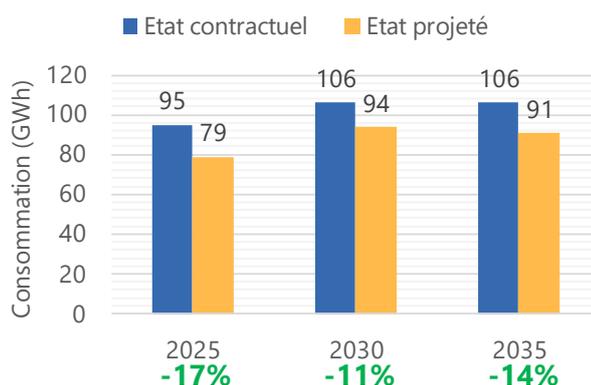
Hypothèse Avenant 2 signé
 → PS Est Nocéen = ZAC MB + Noisy-le-Grand +
 58% Fauvettes/Ville Evrard

En vue des clauses contractuelles, le scénario 1 n'enclenchera pas de révision des prix de la chaleur en 2025, 2030 et 2035. Il permet donc une sécurisation du prix de la chaleur à long terme, à condition que la signature de l'avenant 2 permette d'éviter une révision des prix en 2023.

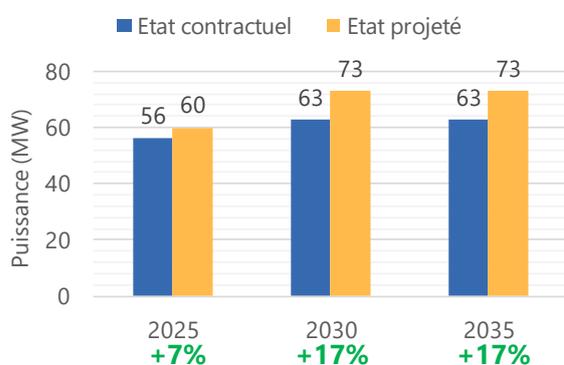
10.3 Scénario 1 - Variante 1 : Référence + EPS Ville Evrard + la Roseraie + cession Ville Evrard

Les consommations et puissances souscrites projetées pour la variante 1 du scénario 1, en comparaison avec les prévisions au CEP (état contractuel) sont les suivantes :

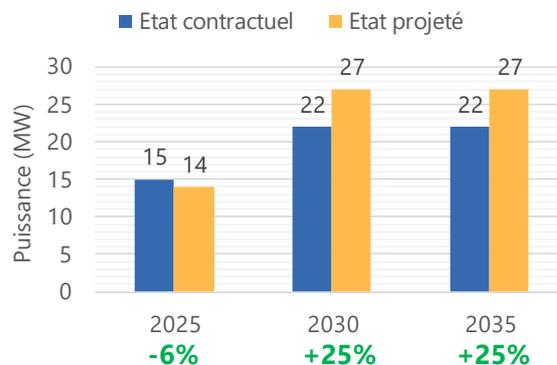
Consommations réseau



Puissance Souscrite réseau



Puissance Souscrite Est Nocéen



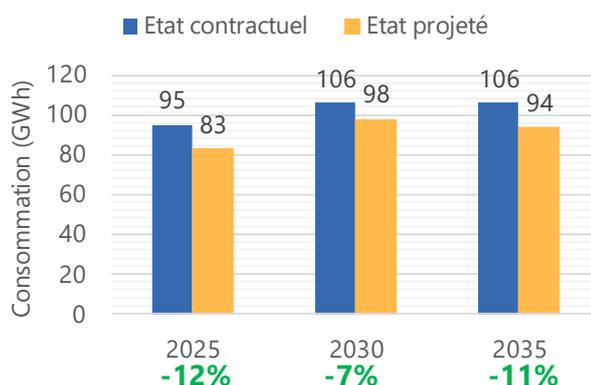
Hypothèse Avenant 2 signé
 → PS Est Nocéen = ZAC MB + Noisy-le-Grand + 58% Fauvettes/Ville Evrard

En vue des clauses contractuelles, la variante 1 du scénario 1 n'enclenchera pas de révision des prix de la chaleur en 2025, 2030 et 2035. Elle permet donc une sécurisation du prix de la chaleur à long terme, à condition que la signature de l'avenant 2 permette d'éviter une révision des prix en 2023.

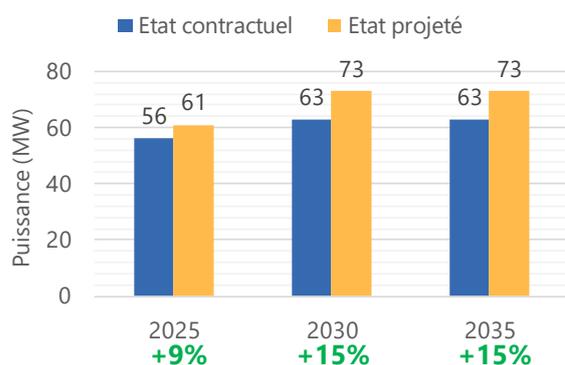
10.4 Scénario 2 : Référence + Densification + Extensions denses

Les consommations et puissances souscrites projetées pour le scénario 2, en comparaison avec les prévisions au CEP (état contractuel) sont les suivantes :

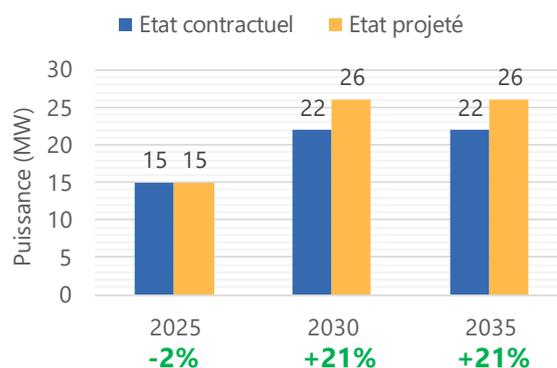
Consommations réseau



Puissance Souscrite réseau



Puissance Souscrite Est Nocéen



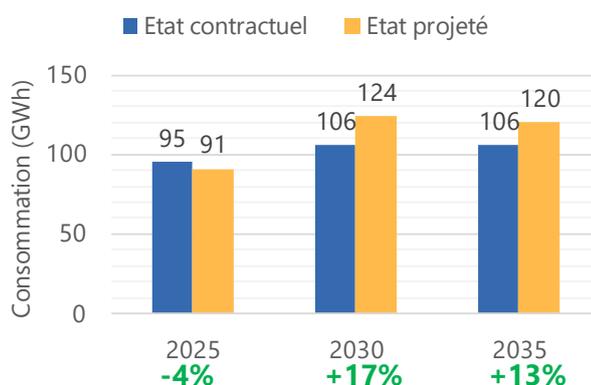
Hypothèse Avenant 2 signé
 → PS Est Nocéen = ZAC MB + Noisy-le-Grand + 58% Fauvettes/Ville Evrard

En vue des clauses contractuelles, le scénario 2 n'enclenchera pas de révision des prix de la chaleur en 2025, 2030 et 2035. Il permet donc une sécurisation du prix de la chaleur à long terme, à condition que la signature de l'avenant 2 permette d'éviter une révision des prix en 2023.

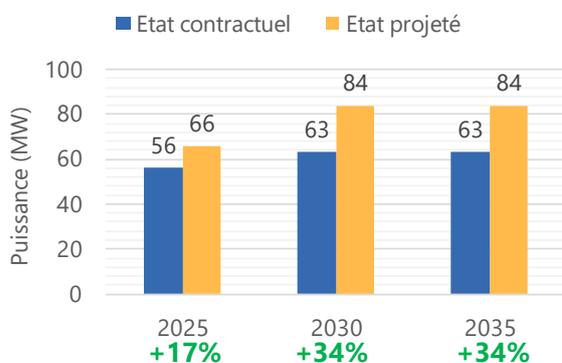
10.5 Scénario 2 - Variante 2 : Référence + Densification + Extensions denses + EPS Ville Evrard + cession Ville Evrard + Roseraie

Les consommations et puissances souscrites projetées pour la variante 2 du scénario 2, en comparaison avec les prévisions au CEP (état contractuel) sont les suivantes :

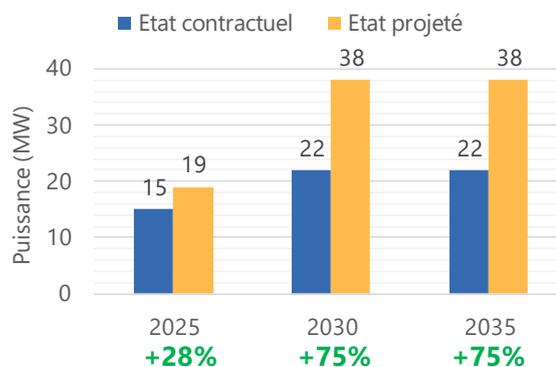
Consommations réseau



Puissance Souscrite réseau



Puissance Souscrite Est Nocéen



Hypothèse Avenant 2 signé
→ PS Est Nocéen = ZAC MB + Noisy-le-Grand +
58% Fauvettes/Ville Evrard

En vue des clauses contractuelles, la variante 2 du scénario 2 n'enclenchera pas de révision des prix de la chaleur en 2025, 2030 et 2035. Elle permet donc une sécurisation du prix de la chaleur à long terme, à condition que la signature de l'avenant 2 permette d'éviter une révision des prix en 2023.

10.6 Synthèse de l'analyse contractuelle

Tous les scénarios de développement proposés permettent d'éviter à long terme l'activation des clauses de révisions et donc une révision des prix.

Cependant, la signature de l'avenant 2 est nécessaire afin de pallier le manque de puissance souscrite avant 2023.

11.CONCLUSION

Le réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne est en bon état, et sa production fonctionne correctement. Cependant, les retards de développement de la ZAC Maison Blanche et les baisses de consommations des abonnés dues aux rénovations des bâtiments et à la diminution de la rigueur climatique mettent en péril l'équilibre économique du réseau. En effet, le réseau se dirige vers une activation des clauses de révisions tarifaires prévues au contrat dans les prochaines années, et par conséquent une augmentation tarifaire probable.

Le présent schéma directeur présente les solutions afin de sécuriser le tarif et développer le réseau. Les scénarios de développement étudiés sont les suivants :

	Scénario 0	Scénario 1		Scénario 2	
		Base	Variante 1	Base	Variante 2
Zones	Réseau actuel projeté à 2030 (avec ZAC Maison Blanche)	Référence + Hôpital Ville Evrard + Roseraie	Référence + Hôpital et cession Ville Evrard + Roseraie	Référence + Densification + Extensions denses	+ Hôpital et cession Ville Evrard + Roseraie
Besoins 2030	68 GWh	91 GWh	94 GWh	98 GWh	124 GWh
Densité 2030	3,5 MWh/ml	4,5 MWh/ml	4,4 MWh/ml	3,8 MWh/ml	4,3 MWh/ml
Taux d'EnR&R 2030	84%	73%	71%	68%	58%
Puissance EnR&R nécessaire pour atteindre 70% d'EnR&R				0,8 MW EnR&R	4,7 MW EnR&R
Déclenchement des clauses de révision contractuelles ?	Oui	Non	Non	Non	Non
Investissements		2,8 M€	4,6 M€	10,5 M€	21,4 M€
Intérêt économique et contractuel		+++	++	+	+

Tableau 35 : Synthèse des études énergétiques, économiques et contractuelles des scénarios retenus

A court terme, la signature de **l'avenant 2** permettra une sécurisation du tarif jusqu'en 2023, en évitant l'activation des clauses de révision.

A moyen terme, le **scénario 1** est favorisé. En effet, l'extension du réseau vers **l'EPS Ville Evrard** dès 2025 permettra de pallier le retard de développement sur l'Est-Nocéen. Les échanges avec l'EPS n'ayant pas pu avoir lieu au cours de l'élaboration de ce schéma directeur, des échanges restent cependant à prévoir afin de définir précisément les paramètres économiques du raccordement de l'EPS.

Le scénario 1 présente l'avantage de permettre la conservation des performances environnementales du réseau sans nécessiter l'investissement d'une production EnR&R supplémentaire, que ce soit dans sa formule de base comprenant les extensions vers l'EPS Ville Evrard et la Roseraie ou dans sa variante 1 qui permet de raccorder de surcroît la partie cédée de l'hôpital.

Le **scénario 2** propose un développement du réseau vers l'Ouest de la ville. Raccordant un nombre plus important de prospects, ce scénario nécessite une longueur de réseau importante, le passage de la voie ferrée et l'ajout d'une production EnR&R. Par conséquent, les investissements sont doublés voire quadruplés (option base versus variante 2). De plus, les prospects étant multiples, le risque sur la commercialisation est plus important que celui du scénario 1. Cette solution est donc proposée comme une vision **à long terme** de développements possibles pour le réseau, notamment si le SIAAP s'avère être à l'avenir une source de chaleur fatale possible pour l'alimentation du réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne.

12. TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 : Périmètre du service.....	15
Figure 2 : Réseau de Neuilly-sur-Marne et ses abonnés au 31/12/2020	16
Figure 3 : Répartition des puissances souscrites par type d'abonné au 31/12/2020	17
Figure 4 ; Phases de la ZAC Maison Blanche.....	17
Figure 5 ; Evolution des besoins de la ZAC Maison Blanche par type de bâtiment.....	18
Figure 6 : Futur écoquartier Ile de Marne.....	19
Figure 7 : Evolutions prévue des besoins de l'écoquartier Ile de Marne (Noisy-le-Grand).....	19
Figure 8 : Vue aérienne de la Centrale Est-Nocéen.....	30
Figure 9 : Vue aérienne de la Chaufferie Fauvettes	30
Figure 10 : Bouquet énergétique du réseau.....	31
Figure 11 : Principe doublet géothermique.....	31
Figure 12 : Schéma de principe de la centrale géothermique d'Est Nocéen.....	32
Figure 13 : Secteurs du réseau de Neuilly-sur-Marne	35
Figure 14 : Exemple d'architecture de sous-station performante.....	41
Figure 15 : Répartition de la puissance souscrite par abonnés.....	42
Figure 16 : Répartition des consommations par abonnés	42
Figure 17 : Evolution de la mixité EnR&R au cours des derniers exercices	43
Figure 18 : Monotone du réseau de chaleur pour une année classique	44
Figure 19 : Répartition des besoins de chaleur entre production d'ECS et de chauffage	48
Figure 20 : Répartition des consommations par typologie d'abonnés	49
Figure 21 : Caractéristiques du réseau au 31/12/2020.....	49
Figure 22 : Recettes de ventes de chaleur et prix de la chaleur moyen de 2018 à 2020	53
Figure 23 : Positionnement du prix de la chaleur du réseau de Neuilly-sur-Marne par rapport à la moyenne nationale	54
Figure 24 : Prix de vente HT de la chaleur en 2019 selon l'énergie primaire (source : AMORCE)	55
Figure 25 : Répartition de la tarification entre R1 et R2 depuis de début de la concession.....	56
Figure 26 : Répartition par ville des consommations GRDF conservées pour la prospection à grande échelle.....	58
Figure 27 : Carte de chaleur - recensement à grande échelle.....	58
Figure 28 : Répartition des besoins par ville	60
Figure 29 : Répartition des besoins par typologie de bâtiment.....	60
Figure 30 : Répartition des besoins des logements	61

Figure 31 : Répartition des logements et leurs besoins en fonction de l'état des bâtiments	61
Figure 32 : Cartographie par typologie de bâtiment	62
Figure 33 : Carte de chaleur des prospects recensés.....	62
Figure 34 : Identification des consommations les plus importantes prospectées.....	65
Figure 35 ; Vue aérienne de l'EPS Ville Evrard	65
Figure 36 : Cartographie de l'EPS Ville Evrard et projets en cours aux alentours	66
Figure 37: Évolution de l'EPS Ville Evrard prévue après cession et réorganisation	66
Figure 38 : Vue aérienne de la Roseraie.....	67
Figure 39 : Vue aérienne de la résidence les Renouillères.....	68
Figure 40 : Tracé des extensions du réseau.....	69
Figure 41 : Répartition géographique des zones de prospects.....	70
Figure 42 - Exemple d'architecture de sous-station performante	72
Figure 43 : Répartitions des puissances souscrites des prospects par type d'abonné.....	73
Figure 44 - Evolution des DJU au cours des 10 dernières années.....	74
Figure 45 : Projets de démolition, construction et rénovation inscrits au PRU de Val Coteau	77
Figure 46 : Carte des aménagements (hors PRU Val Coteau) prévus à Neuilly-sur-Marne	78
Figure 47 : Evolution des consommations par type d'abonné.....	79
Figure 48 : Evolution des besoins recensés par type de bâtiment	80
Figure 49 : Priorisation des sources de chaleur EnR&R selon la démarche EnR'CHOIX.....	83
Figure 50. Réseaux de chaleur situés à proximité du réseau de Neuilly-sur-Marne.....	84
Figure 51 : Caractéristiques de l'incinérateur de Saint-Thibault-des-Vignes (source : france-incineration.fr).....	89
Figure 52 : Schéma de principe système de récupération de chaleur sur les eaux grises pour la production d'ECS [Source RAGE].....	93
Figure 53. Récupération de chaleur sur eaux usées. Process Energido. Source : Veolia.....	94
Figure 54. Récupération de chaleur sur eaux usées. Process Degrés Bleus. Source : Suez Environnement.....	94
Figure 55. Principales installations d'assainissement en région parisienne. Source : SIAAP.....	95
Figure 56 : Emplacement de l'usine de traitement Marne Aval du SIIAP	95
Figure 57 : Origine du gisement de chaleur fatale en France [Source : ADEME]	96
Figure 58 : Cartographie de la chaleur fatale des industries sur le périmètre de l'étude	97
Figure 59 : Différents types de géothermie. Sources : ADEME et BRGM	98
Figure 60 : Coupe hydrogéologique du Bassin parisien (Source : BRGM).....	99
Figure 61 : Schéma de principe d'un doublet géothermique au Dogger (Source : CfG Services)....	100
Figure 62 : Géothermies à proximité du réseau de Neuilly-sur-Marne	101
Figure 63 : Ressources géothermiques de surface sur nappe à Neuilly-sur-Marne	102
Figure 64 : Principe d'une boucle d'eau tempérée géothermique.....	103

Figure 65 : Schéma de principe du fonctionnement d'une chaufferie biomasse [Source : IDé]	104
Figure 66 : Chaufferies biomasses autour de Neuilly-sur-Marne.....	106
Figure 67 : Carte des producteurs de combustibles bois en Ile de France.....	107
Figure 68 : Illustration du scénario 0 (Référence).....	110
Figure 69 - Profil horaire de production du scénario 0 à l'horizon 2030.....	111
Figure 70 : Monotone du scénario 0 sur l'année 2030.....	111
Figure 71 - Mix énergétique projeté en 2030 du scénario 0	112
Figure 72 : Illustration du scénario 1.....	112
Figure 73 - Profil horaire de production du scénario 1 à l'horizon 2030.....	113
Figure 74 : Monotone du scénario 1 sur l'année 2030.....	113
Figure 75 - Mix énergétique projeté en 2030 du scénario 1	114
Figure 76 : Illustration de la variante 1 du scénario 1.....	114
Figure 77 - Profil horaire de production de la variante 1 du scénario 1 à l'horizon 2030.....	115
Figure 78 : Monotone de la variante 1 du scénario 1 sur l'année 2030.....	115
Figure 79 - Mix énergétique projeté en 2030 de la variante 1 du scénario 1	116
Figure 80 : Illustration du scénario 2.....	116
Figure 81 - Profil horaire de production du scénario 2 à l'horizon 2030.....	117
Figure 82 : Monotone du scénario 2 sur l'année 2030.....	117
Figure 83 - Mix énergétique projeté en 2030 du scénario 2	118
Figure 84 : Illustration de la variante 1 du scénario 2.....	118
Figure 85 - Profil horaire de production de la variante 1 du scénario 2 à l'horizon 2030.....	119
Figure 86 : Monotone de la variante 1 du scénario 2 sur l'année 2030.....	119
Figure 87 - Mix énergétique projeté en 2030 de la variante 1 du scénario 2	120
Figure 88 : Illustration de la variante 2 du scénario 2.....	120
Figure 89 - Profil horaire de production de la variante 2 du scénario 2 à l'horizon 2030.....	121
Figure 90 : Monotone de la variante 2 du scénario 2 sur l'année 2030.....	121
Figure 91 - Mix énergétique projeté en 2030 de la variante 2 du scénario 2	122
Figure 92 : Illustration de la variante 3 du scénario 2.....	122
Figure 93 - Profil horaire de production de la variante 3 du scénario 2 à l'horizon 2030.....	123
Figure 94 : Monotone de la variante 3 du scénario 2 sur l'année 2030.....	123
Figure 95 - Mix énergétique projeté en 2030 de la variante 3 du scénario 2	124
Figure 96 : Illustration du scénario 3.....	124
Figure 97 - Profil horaire de production du scénario 3 à l'horizon 2030.....	125
Figure 98 : Monotone du scénario 3 sur l'année 2030.....	125
Figure 99 - Mix énergétique projeté en 2030 du scénario 3	126
Figure 100 : Illustration de la variante 1 du scénario 3	126
Figure 101 - Profil horaire de production de la variante 1 du scénario 3 à l'horizon 2030	127

Figure 102 : Monotone de la variante 1 du scénario 3 sur l'année 2030	127
Figure 103 - Mix énergétique projeté en 2030 de la variante 1 du scénario 3.....	128
Figure 104 : Phasage des développements prévus pour le scénario 1	130
Figure 105 : Phasage des développements prévus pour la variante 1 du scénario 1	131
Figure 106 : Phasage des développements prévus pour le scénario 2	132
Figure 107 : Phasage des développements prévus pour la variante 2 du scénario 2	133
Figure 108 : Répartition des coûts d'investissement pour chaque scénario.....	135
Figure 109 : Synthèse des coûts d'exploitation (1 an).....	138
Figure 110 : Phasage des développements prévus pour le scénario 0 (référence).....	142
Tableau 1 : Puissance souscrite par type d'abonné au 31/12/2020	16
Tableau 2 : Récapitulatif de l'impact de l'avenant n°1 sur la tarification.....	25
Tableau 3 : Synthèse des caractéristiques du réseau existant au 31/12/2020	29
Tableau 4 : Caractéristiques actuelles du doublet géothermique.....	32
Tableau 5 : Nombre de fuites sur le réseau de Neuilly-sur-Marne depuis 2013.....	35
Tableau 6 : Pertes thermiques du réseau depuis 2013	35
Tableau 7 : Abonnés et caractéristiques de raccordement au réseau de chaleur de Neuilly-sur-Marne	40
Tableau 8 : Evolution des émissions et contenu CO ₂ du réseau de chaleur sur les derniers exercices	44
Tableau 9 : Quotas alloués et émissions réelles du réseau dans le cadre du PNAQ III	45
Tableau 10 : Evolution des besoins du réseau de chaleur au cours des derniers exercices.....	46
Tableau 11 : Besoins de chaleur par abonnés en conditions standards.....	48
Tableau 12 : Coefficients utilisés pour la tarification du r1 selon la période contractuelle.....	50
Tableau 13 : Coefficients utilisés pour la tarification du r2 selon la période contractuelle.....	52
Tableau 14 : Hypothèses de consommations des prospects.....	59
Tableau 15 : Caractéristiques des zones de prospects.....	70
Tableau 16 - Taux appliqués pour les réductions de consommation	75
Tableau 17 : Bilan de l'impact du NPNRU sur les consommations recensées	77
Tableau 18 : Bilan des aménagements hors NPNRU	78
Tableau 19 : Evolution des consommations par type d'abonné.....	79
Tableau 20 : Evolution des besoins recensés par type de bâtiment	80
Tableau 21 : Evolution des besoins recensés par zone	80
Tableau 22 : Impact des diminutions de besoins sur les densités par zone	81
Tableau 23 : Coûts d'investissement.....	134
Tableau 24 : Coût des achats de combustible (1 an).....	136
Tableau 25 : Coûts d'entretien et autres frais d'exploitation P2 (1 an)	137

Tableau 26 : Coûts du GER P3 (1 an).....	137
Tableau 27 : Tableau récapitulatif des coûts d'exploitation (1 an)	138
Tableau 28 : Subventions estimées.....	139
Tableau 29 : Droits de raccordement.....	140
Tableau 30 : Intérêt d'emprunt.....	140
Tableau 31 : Prix de référence de la chaleur par usage	141
Tableau 32 : Prix moyen de la chaleur.....	141
Tableau 33 : Écart constaté entre le prix réel de la chaleur et la référence contractuelle (CEP) entre 2018 et 2020.....	141
Tableau 34 : Taux de Rentabilité Interne	142
Tableau 35 : Synthèse des études énergétiques, économiques et contractuelles des scénarios retenus	149

13. ANNEXES

<i>Annexe 1 : Police d'abonnement</i>	28
<i>Annexe 2 : Schéma de principe Chaufferie Est Nocéen</i>	34
<i>Annexe 3 : Liste des contacts</i>	58
<i>Annexe 4 : Liste complète des sites retenus et de leurs besoins</i>	62
<i>Annexe 5 : Liste des prospects raccordés</i>	69
<i>Annexe 6 : Carte des extensions du réseau</i>	69
<i>Annexe 7 : Schémas type de sous-station</i>	71
<i>Annexe 8 : Plans d'affaires</i>	130