



DIAGNOSTIC COMPLET
ET CONSTRUCTION
DES TRAJECTOIRES
POSSIBLES

1. SYNTHÈSE

Diagnostic

- Le réseau de chaleur constitue le premier réseau de France avec 5 TWh de chaleur livrée en sous-station par an (**20 % de l'énergie livrée par l'ensemble des réseaux** de chaleur français) ; il joue ainsi un rôle non négligeable dans la transition énergétique et écologique à l'échelle du territoire métropolitain et même à l'échelle nationale.
- Le réseau est géré via une **Délégation de service public (DSP)** qui ne comprend **que le réseau de transport et distribution d'énergie**. Les centrales de production et la grande majorité (90 %) des postes de livraison sont exclus du périmètre de la délégation.
- **5 880 abonnés** sont alimentés par le réseau de chaleur, d'une longueur de **près de 500 km**. Les abonnés sont majoritairement des logements (51 % des abonnés) et du tertiaire (27 % des abonnés). L'ensemble des Hôpitaux Parisiens sont raccordés au réseau de chaleur renforçant son importance stratégique.
- La surface du patrimoine non raccordé au réseau, et situé le long du tracé actuel, est équivalente à la surface du patrimoine déjà raccordé (pour les logements et bureaux) ; le taux de raccordement des copropriétés est faible (11 % à comparer à 24 % pour les logements sociaux) ; aussi le **potentiel de densification** du réseau est considérable et unique en France.
- Le réseau valorise l'énergie issue de l'incinération des déchets et participe à l'économie du traitement des déchets du SYCTOM de l'agglomération parisienne. **Un réseau vapeur** a été mis en œuvre pour pouvoir transporter l'énergie entre les sites de Saint-Ouen, Issy-les-Moulineaux et Ivry.
- Le réseau dessert **tous les arrondissements** parisiens, mais avec une densité inégale, et **16 villes voisines**. Le maillage du réseau, la multiplicité des points de production (12 centrales de production vapeur) contribuent à la grande robustesse du système. La très grande majorité de la chaleur (90 %) est produite dans des installations implantées au-delà de Paris intra-muros.
- D'un point de vue stratégique, pour la pérennité et l'attractivité de la ville à moyen et long terme, il est essentiel de maîtriser la sécurité

d'approvisionnement énergétique d'un réseau **qui alimente 20 % de ses besoins thermiques** (sans prendre en compte la part de l'électricité thermique, elle-même promise à de fortes évolutions tarifaires dans les années à venir).

- La Ville de Paris s'est fixée des objectifs très ambitieux de développement des EnR&R dans son Plan Climat, avec des jalons en 2020, 2030 et 2050. Le réseau est **le principal levier** pour mettre en œuvre ces objectifs. Le verdissement de la chaleur produite et la sortie du charbon sont engagés ; le taux d'EnR&R injectée sur le réseau de chaleur **dépasse 50 %** depuis 2016 ; l'abandon du charbon et le fonctionnement à partir de la biomasse, seule, de la centrale de Saint-Ouen devraient permettre d'atteindre 60 %.
- Le réseau est une infrastructure d'**attractivité** du territoire en distribuant une énergie décarbonée, **de résilience en s'approvisionnant en énergie locale, d'inclusion** en mutualisant l'approvisionnement énergétique entre plusieurs quartiers pour faire face à la nécessaire transition énergétique et à la sortie des énergies de stock.
- Le réseau fait face à un défi de maîtrise de ses coûts dans un contexte de réduction des consommations d'énergie par abonné et de réduction de la puissance souscrite par mètre linéaire de réseau.

Problématiques

Dans un contexte d'optimisation constante des moyens financiers, la politique de gestion du réseau de chaleur et de ses ressources est un levier pour réorienter les dépenses énergétiques actuelles vers des activités locales (économie circulaire et emplois associés).

Le réseau et les sites de production doivent accompagner les évolutions de la ville, pour améliorer la desserte (densification), s'ajuster aux besoins (rénovation énergétique) et accompagner les développements des quartiers (couvrir les nouveaux besoins et insérer les sites de production dans le tissu urbain).

- Le choix des ressources énergétiques du réseau répond à des enjeux environnementaux

1. SYNTHÈSE

majeurs, tant au niveau global (dérèglement climatique et émissions de CO₂) que local (pollution de l'air), et nécessite une approche croisée avec la stratégie de gestion des déchets, principale ressource énergétique du réseau actuel. Le recours aux énergies renouvelables et de récupération a été acté lors de l'élaboration du Plan Climat, le réseau devra distribuer une énergie 100 % EnR&R en 2050. **La quantité d'énergie EnR&R à produire est considérable**, et nécessitera de recourir à toutes les ressources possibles en complément de l'écoulement de la chaleur issue de l'incinération. Toutes les sources de chaleur fatale dans la ville, y compris celle issue du développement conjoint du réseau de froid, seront à privilégier. Cette diversification des productions nécessitera de **pouvoir capter toutes les énergies**, y compris celles à **basse température**, et implique de muter une partie de la distribution de la vapeur vers l'eau chaude. Le développement de boucles d'eau chaude et la possibilité de capter de nouvelles sources de chaleur constituent des priorités pour le développement de nouvelles branches de réseau.

La principale problématique réside dans l'évaluation de la quantité de chaleur à délivrer par le réseau, qui détermine les moyens et les investissements à mettre en œuvre. Cette quantité de chaleur est elle-même déterminée par :

- **L'évolution des besoins des bâtiments** à raccorder, en prenant en compte les efforts de sobriété et d'efficacité des bâtiments qui seront progressivement rénovés : là encore les efforts de réhabilitation énergétique ont été fixés dans le Plan Climat, en visant une diminution de 50 % des consommations énergétiques. Cette tendance est antinomique avec le modèle économique du réseau de chaleur, dont l'équilibre est plus compliqué avec une moindre quantité d'énergie délivrée.
- **Le périmètre géographique desservi** par le réseau, s'étendant aujourd'hui à l'ensemble du territoire parisien et à 16 communes périphériques. Le réseau doit-il s'étendre au-delà ? Quels partenariats avec les réseaux de chaleur proches ? Quelle gouvernance avec les villes desservies ou hébergeant des sites de production ?

- **L'ambition politique et « commerciale »** : de nombreux besoins sont encore à satisfaire à l'intérieur de Paris, dans les quartiers déjà desservis. Quelle ambition se donne-t-on pour la densification des abonnés ?

L'ambition est à mesurer au regard des investissements à engager pour ne pas surenchérir le prix de vente de la chaleur au détriment de sa compétitivité et de son accessibilité pour les Parisiens. Au-delà, les travaux de voirie à engager pour étendre et densifier la distribution doivent rester acceptables pour le métabolisme de la ville.

- L'ambition est aussi à confronter à la disponibilité foncière pour construire de nouvelles unités de production de chaleur, et leur positionnement géographique. Aujourd'hui, la part majoritaire de la chaleur est produite en dehors des limites de Paris. Si le recours à de multiples ressources renouvelables va conduire à une décentralisation de la production, l'implantation de nouveaux sites majeurs restera nécessaire, et passera par un **projet territorial concerté**, avec un partage des externalités positives du réseau de chaleur.

En outre, le réseau de chaleur est confronté à plusieurs défis techniques :

- Améliorer le taux de retour des condensats ; les délais de remise en état du réseau au niveau des fuites (90 jours) dégradent la disponibilité du réseau (30 % en chômage) et le taux de retour d'eau ; l'exclusion des postes de livraison du périmètre de la DSP ne permet pas au délégataire de maîtriser l'ensemble de la chaîne. La marge d'amélioration reste cependant élevée alors que le taux de retour condensats est de 44 % en 2019 et les pertes en sous-station évaluées à 20 %.
- Réduire les risques sur la disponibilité du réseau en cas de crue : les portions de réseau vapeur en zone inondables sont particulièrement sensibles au risque de crue ; ces portions doivent être mises à l'arrêt en cas de crue ; le redémarrage du réseau sera alors très progressif pour éviter les coups de bélier dus à la propulsion à grande vitesse de condensats ; le réseau devra être renouvelé dans les zones sensibles à la crue.

2. TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET ÉCOLOGIQUE, DES OBJECTIFS INTERNATIONAUX, NATIONAUX ET RÉGIONAUX

2.1 AU NIVEAU MONDIAL

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) alerte les États, dans son rapport publié le 8 octobre 2018, des lourdes conséquences d'une augmentation des températures au-delà de 1,5 °C.

Ce rapport sur le réchauffement mondial de 1,5 °C (par rapport à l'époque préindustrielle), commandé lors de la conférence des Nations unies de décembre 2015 en France (COP 21), est le premier rapport spécial jamais produit. Il donne à voir l'état de notre planète si l'accord de Paris, rédigé lors de cette conférence, était respecté. Ce traité international, signé par 197 États et ratifié par 188, vise à faire le maximum pour limiter le réchauffement du climat provoqué par les activités humaines à 2 °C, voire 1,5 °C.

Les émissions de Gaz à effet de serre (GES) des activités humaines sont la principale cause du réchauffement climatique. Il n'y a plus de doute là-dessus. Ce dernier se produit à un taux de 0,17 °C par décennie depuis 1950. Ainsi, au rythme actuel, le monde connaîtrait une hausse de 1,5 °C de la moyenne des températures entre 2030 et 2052. En 2017-2018, nous avons déjà atteint 1 °C d'augmentation du mercure depuis l'époque préindustrielle. L'objectif de l'accord de Paris est donc de ne « gagner » que 0,5 °C maximum d'ici à 2100.

Or, la trajectoire est mal engagée pour limiter la hausse à 1,5 °C. **Même si les États respectent leurs engagements pris à la COP 21**, ce qui n'est pour l'instant pas le cas pour la majorité des pays, **la planète se réchaufferait de 3 °C** d'ici à la fin du siècle. Ce qui entraînerait des catastrophes irréversibles autant pour les humains que pour beaucoup d'autres espèces vivantes. Le rapport du GIEC analyse les écarts d'impact entre un monde à +1,5 °C et un monde à +2 °C, illustrés ci-contre.

Il est donc plus qu'urgent d'agir et l'élaboration du Schéma directeur du réseau de chaleur parisien s'inscrit dans cette démarche.



Les dernières années (et les prochaines) ont été marquées par la **volatilité et l'instabilité** du prix des énergies fossiles. La plupart des prévisionnistes n'ont pas anticipé l'actuel niveau de prix au plus bas du pétrole et du gaz. C'est désormais une caractéristique de ces énergies, soumises à des aléas géopolitiques, sanitaires et sociétaux multiples et complexes, comme l'illustre la courbe ci-dessous :

2.2 AU NIVEAU EUROPÉEN

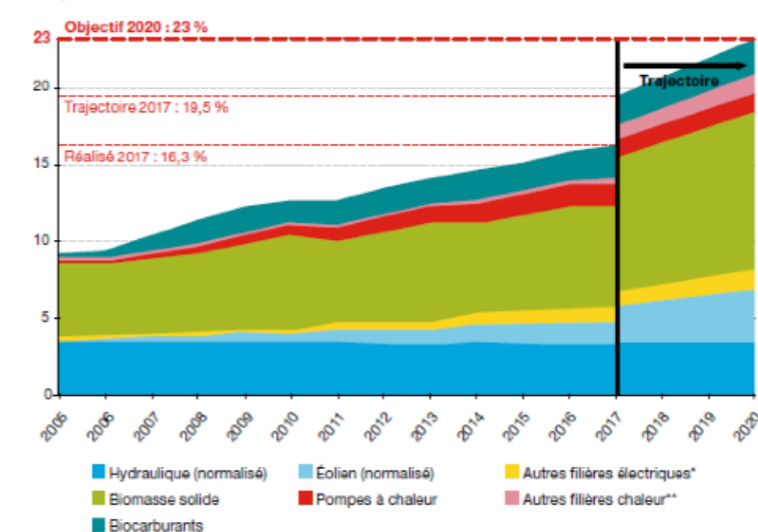
L'Union européenne fixe le cap, avec la prolongation des objectifs 3x20, avec de nouveaux objectifs pour 2030 :

- 40 % de réduction de GES par rapport à 1990
- 27 % d'EnR dans la consommation énergétique
- 27 % d'efficacité énergétique



Figure 19 : part d'énergie produite à partir des sources renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie

PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LA CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ÉNERGIE PAR FILIÈRE



* Solaire photovoltaïque, énergies marines et électricité à partir de géothermie et de biomasse (bois-énergie, bagasse, biogaz) et déchets.
** Solaire thermique, géothermie, biogaz.
Note : dans le cadre de la directive 2009/28/CE, la France a pour objectif de parvenir en 2020 à une part de 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie. En 2017, cette part s'élève à 16,3 %, en deçà des 19,5 % prévus par la trajectoire définie pour atteindre cet objectif (Plan national d'action EnR).
Source : SDES, d'après les sources par filière et PNA (trajectoire)

Figure 20 : équipements de la Ville de Paris raccordés et non raccordés au réseau de chaleur - Source : APUR

Le graphique ci-dessus montre que la France est partie en 2004 avec une longueur d'avance par rapport à l'Allemagne et globalement par rapport aux 28 autres pays européens. En 2012, les écarts se sont considérablement resserrés, mais surtout si la dynamique (pente de la courbe) de l'Allemagne et

des autres pays est bonne pour atteindre les objectifs fixés, la France doit imprimer une rupture pour espérer respecter ses engagements.

Cette nécessaire rupture se lit sous le graphique ci-dessous avec l'évolution réelle de 2005 à 2017 des

énergies renouvelables et de récupération dans le mix énergétique et la trajectoire à suivre pour respecter les objectifs fixés.

2.3 AU NIVEAU NATIONAL

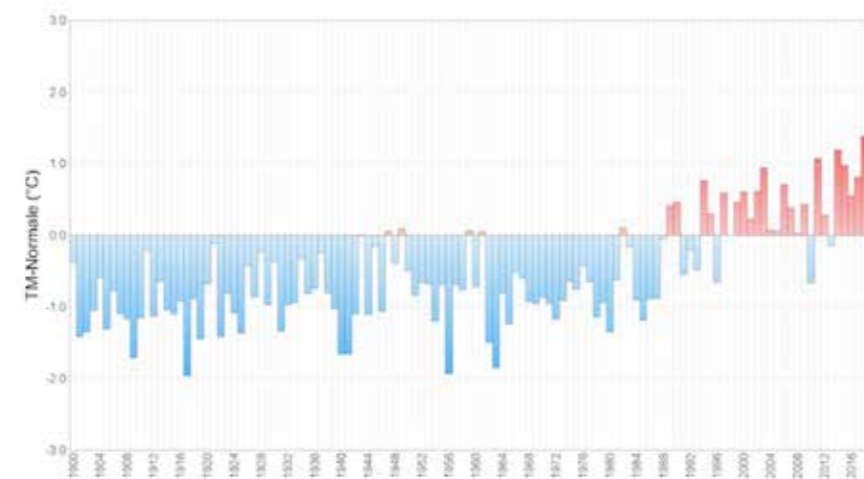
L'année 2018 est la plus chaude jamais mesurée en France métropolitaine. La moyenne annuelle des températures de l'Hexagone s'est élevée à 13,9 °C, du jamais-vu depuis les premières mesures

météorologiques recueillies en 1900. C'est 1,4 °C au-dessus des moyennes de la période de référence 1981-2010. Les précédents records avaient été enregistrés en 2014 (+ 1,2 °C) et en 2011 (+1,1 °C).

« 1,4 °C d'excédent par rapport aux températures moyennes, ça peut paraître peu, concède François Jobard, prévisionniste à Météo France, mais en réalité ça correspond à la différence thermique entre Paris et Toulouse. Or, en 2018, la capitale a justement expérimenté l'équivalent d'une année à Toulouse.⁷ » ▼

Ecart à la moyenne annuelle de référence 1981-2010 de l'indicateur de température moyenne Zone climatique : France

1900 à 2018



Ecart à la normale annuelle



Edité le : 04/01/2019 - Données du : 04/01/2019 à 15:49 UTC

Dans cette perspective de bouleversement climatique, le réseau de chaleur parisien devient un outil précieux de lutte contre le changement climatique, d'inclusion et de résilience. De toute

évidence, les orientations du futur schéma directeur devront être réexaminées régulièrement pour s'adapter à des besoins émergents de protection de la population.

7. Source : Alexandre-Reza Kokabi (Reporterre), 7 janvier 2019

RÉFORME TERRITORIALE

La réforme territoriale a entraîné de nombreux bouleversements dans la structuration intercommunale : la loi MAPAM (Modernisation de l'Action Publique des Métropoles) s'est poursuivie avec la loi NOTRe (Nouvelle Organisation Territoriale de la République) et la Loi de transition énergétique et pour la croissance verte (LTEPCV). Le SRADDET (Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable du Territoire) remplace 3 documents : le SRCAE (Schéma Régional Climat Air Energie), le Plan régional de prévention des déchets et le Schéma régional de l'intermodalité. Il a valeur prescriptive pour les documents élaborés par les collectivités (SCOT, PLU, PCAET...). Cette évolution traduit la volonté d'une politique intégrée et transversale déchets/énergie/mobilité.

Ces bouleversements sont encore plus importants en Île-de-France avec la création de la Métropole du Grand Paris, datant du 1^{er} janvier 2016. Nouvelle structure décisionnelle représentant près de 7 millions d'habitants (Paris et Première Couronne principalement) et 2,6 milliards d'euros de budget annuel. En lien avec l'énergie, elle a pour compétence et missions, depuis 2016 :

- Adoption d'un Plan Climat Énergie Territorial qui se déclinera ensuite aux différentes échelles.
- Élaboration d'un **Schéma directeur des réseaux** de distribution d'électricité, de gaz, de chaleur et de froid.
- Rédaction d'un Cahier de recommandations pour les PLU territoriaux.
- Organisation de la lutte contre la pollution de l'air.
- Définition, création et réalisation d'opérations d'aménagement d'intérêt métropolitain. ▼



Figure 21 : cartographie des EPCI en Île-de-France - Source : Mairie de Paris

Ainsi, le présent schéma directeur est réalisé par la Ville de Paris, en tant qu'autorité délégante de réseaux de chaleur et de froid. Une démarche transversale sera menée à la suite de la présente étude par la Métropole du Grand Paris.

LOI DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Après les lois Grenelle, la Loi de transition énergétique et pour la croissance verte du 17 août 2015 a impulsé une nouvelle dynamique vers la sobriété, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables et de récupération. Les mesures touchent l'énergie, mais aussi la mobilité et les déchets.

Les principales dispositions et objectifs qualitatifs et quantitatifs du domaine de l'énergie et des réseaux de chaleur sont rappelés ci-dessous :

Grands objectifs :

- Assurer la sécurité d'approvisionnement et réduire la dépendance aux importations, réduire le recours aux énergies fossiles (§1-I).
- Réduire les émissions de GES de 40 % entre 1990 et 2030 et les diviser par 4 entre 1990 et 2050 (§1-III).
- Réduire la consommation énergétique finale de 20 % en 2030 et 50 % en 2050 par rapport à 2012 (§1-III).
- Réduire la consommation énergétique primaire des énergies fossiles de 30 % en 2030 par rapport à 2012 (§1-III).
- Porter la part des EnR à 23 % de la consommation finale brute en 2020 et 32 % en 2030, avec 38 % d'EnR pour la consommation finale de chaleur (§1-III).

- Réseaux de chaleur : multiplication par cinq de la chaleur renouvelable et de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid à l'horizon 2030.

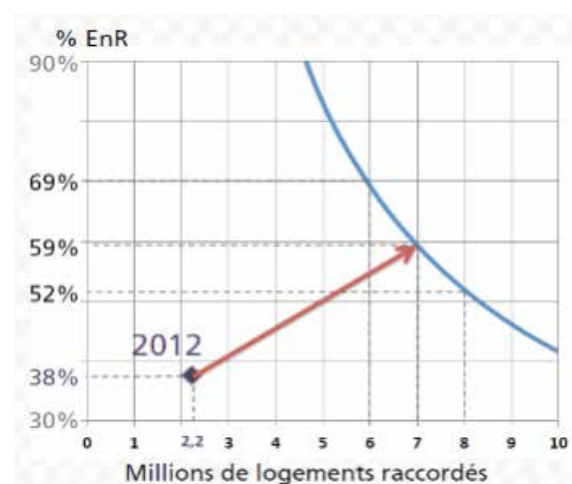


Figure 22 : trajectoire chaleur EnR&R à livrer par les RCU - Source : AMORCE

- Mise en place d'objectifs et d'un **plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques**

En lien avec les réseaux de chaleur :

- Une **programmation pluriannuelle de l'énergie** est fixée par décret et établit les priorités d'action, notamment le développement des EnR&R, le développement équilibré des réseaux électriques, gaz et chaud/froid (§ 176). Cette PPE comporte un **plan stratégique national de développement de la chaleur et du froid renouvelables et de récupération**.
- Mise à disposition par l'exploitant des données de production et de consommation de chaleur (§ 179, décret n° 2016-447 du 12 avril 2016).
- Les collectivités territoriales chargées d'un service de distribution de chaleur et de froid en service au 1^{er} janvier 2009 réalisent un **schéma directeur** de leur réseau avant le 31 décembre 2018 (§ 194).
- Mise en place du chèque énergie comme titre spécial de paiement pour acquitter les **factures d'énergie relatives au logement** ou des dépenses d'amélioration de la qualité environnementale (§ 201).

En lien avec les combustibles :

- Le gouvernement se fixe, comme objectif pour la composante carbone intégrée au tarif des taxes intérieures sur la consommation de produits énergétiques, d'atteindre une valeur de la tonne carbone de 56 € en 2020 et 100 € en 2030 (§1-VIII).

- Publication d'une stratégie carbone et de budgets carbone par grands secteurs pour les périodes 2015-2018, 2019-2023 et 2024-2028 (§ 173).
- Promotion de l'économie circulaire et des Combustibles solides de récupération (CSR) (§ 70).
- Le plan national de prévention des déchets intègre l'enjeu particulier du matériau bois et la nécessité de **coordonner la gestion des déchets de bois** et des produits dérivés du bois, et ses dispositions sont prises en compte dans les **schémas régionaux biomasse** (§ 97).
- L'État définit et met en œuvre une **stratégie nationale de mobilisation de la biomasse** pour permettre l'approvisionnement des installations de chauffage domestique, les chaufferies collectives industrielles et tertiaires et les unités de cogénération (§ 175).
- Chaque région et l'État élaborent conjointement un **schéma régional biomasse** qui inclut les **sous-produits et les déchets** avant le 17 janvier 2017 (§ 197).

En lien avec la gouvernance

- La région est définie comme l'échelon pertinent pour coordonner les études, un programme régional pour l'efficacité énergétique dans le logement et le tertiaire est mis en place (§ 188).
- Les EPCI à fiscalité propres existants au 1^{er} janvier 2015 et de plus de 50 000 habitants établissent un PCAET avant le 31 décembre 2016 (31 décembre 2018 pour les plus de 20 000 habitants). Les EPCI qui ont adopté un PCAET deviennent les coordinateurs de la transition énergétique (§ 188).
- Les communes et leurs groupements peuvent participer au capital de SA ou SAS dont l'objet est la production d'EnR sur leur territoire ou à proximité (§ 109).

Dans le domaine du bâtiment, on peut souligner les points suivants :

- Un parc immobilier dont l'ensemble des bâtiments est entièrement rénové BBC ou assimilé d'ici 2050 (§1).
- Objectif de 500 000 logements rénovés par an (§ 3).
- Tous les bâtiments privés résidentiels de plus de 330 kWhep/m².an doivent faire l'objet d'une rénovation énergétique avant 2025 (§5).
- Il est possible de déroger aux règles du PLU pour des opérations d'isolation extérieure des bâtiments (§ 7).
- Création d'un **carnet numérique de suivi et d'entretien du logement**, obligatoire pour les constructions neuves à partir du 1^{er} janvier 2017, et pour tous les logements en mutation à partir de 2025 (§11).
- «La surconsommation énergétique ne permettant l'utilisation de l'ouvrage qu'à un coût exorbitant» peut être retenue comme impropreté à la destination : **la performance énergétique entre dans la garantie décennale** (§ 31).
- Plusieurs mesures sur le financement, dont la création d'un fonds de garantie pour la rénovation énergétique et un fonds «enveloppe spéciale transition énergétique» (§ 20), le cadrage de tiers financement (§ 23), et la définition de l'investissement participatif dans les projets de production d'EnR (§ 111).

LOI ÉNERGIE-CLIMAT

La loi «Énergie-Climat» a été adoptée le 8 novembre 2019. Elle fixe les grands objectifs énergétiques et climatiques de la France. «L'urgence écologique et climatique» est désormais inscrite dans ce texte. Celui-ci rehausse les ambitions en remplaçant le facteur 4 par un objectif de neutralité carbone à

l'horizon 2050, «en divisant les émissions de gaz à effet de serre par un facteur supérieur à six». Le texte inscrit le report à 2035 de l'objectif de baisse de la part du nucléaire dans la production d'électricité. Il fait passer de 30 à 40 % l'objectif de réduction de la consommation énergétique primaire des énergies fossiles en 2030 par rapport à 2012.

La part des énergies renouvelables est portée à «au moins» 33 % de la consommation finale brute en 2030. La consommation d'énergie finale devra être réduite de 50 % en 2050 par rapport à 2012, avec des objectifs intermédiaires «d'environ» 7 % en 2023 et 20 % en 2030. Le texte formalise une baisse de 40 % de la consommation d'énergies fossiles d'ici à 2030 (contre 30 % précédemment) et donne une base législative à la fermeture des quatre dernières centrales à charbon de la Métropole (Cordemais, Le Havre, Saint-Avold et Gardanne), prévue pour 2022. Plusieurs dispositions concernent le biogaz et l'hydrogène. Ainsi, l'article 49 étend le droit d'accès du biogaz aux réseaux de gaz aux producteurs de gaz renouvelables, d'hydrogène bas carbone et de gaz de récupération.

À partir de 2023, puis tous les cinq ans, une loi déterminera les objectifs et fixera les priorités d'action de la politique énergétique nationale à cinq, dix et quinze ans. Jusque-là, la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) était adoptée par décret. La PPE, la Stratégie nationale bas carbone (SNBC) ainsi que le budget carbone devront être compatibles avec cette loi.

En marge de cette loi, on peut noter d'autres travaux qui témoignent des fortes attentes et des forts développements sur les sujets de la chaleur renouvelable et des gaz renouvelables :

- Le Groupe de Travail «Emmanuelle Wargon», après un grand nombre de réunions et d'ateliers de travail réunissant les professionnels de la filière, a ébauché une série de mesures court terme pour accélérer le développement des réseaux de chaleur et de froid, vecteurs des EnR&R.
- Une grande concertation sur la nouvelle réglementation thermique des bâtiments RE 2020, et l'obligation d'intégrer des productions d'énergies renouvelables aux bâtiments neufs.
- La mise en place de la Convention citoyenne pour le climat, expérience démocratique inédite en France, qui a pour vocation de donner la parole aux citoyennes et aux citoyens pour accélérer la lutte contre le changement climatique. Elle a pour mandat de définir une série de mesures permettant d'atteindre une baisse d'au moins 40 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 (par rapport à 1990), dans un esprit de justice sociale. Décidée par le président de la République, elle réunit cent cinquante personnes, toutes tirées au sort ; elle illustre la diversité de la société française.



PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DE L'ÉNERGIE

Menée courant 2019, la consultation des professionnels sur la PPE a débouché. Elle fixe pour 2028 l'objectif d'une accélération significative du rythme de développement des énergies renouvelables. Le système énergétique aura alors la capacité d'atteindre les objectifs de la loi pour 2030. En particulier, les objectifs de la PPE permettront de :

- doubler la capacité installée des énergies renouvelables électriques en 2028 par rapport à 2017 avec une capacité installée de 101 à 113 GW en 2028 et 36 % de renouvelable dans la production d'électricité en 2028 (fourchette haute). Les capacités installées seront augmentées de 50 % d'ici 2023 ;
- augmenter de 40 à 60 % la production de chaleur renouvelable par rapport à 2016, avec une production entre 218 et 247 TWh en 2028, soit entre 34 % et 38 % de la consommation totale de chaleur ;
- porter le volume de biogaz injecté à 14 à 22 TWh en 2028, contre 0,4 TWh en 2017. Le biogaz (injecté ou utilisé directement) représentera une part de 6 à 8 % de la consommation de gaz en 2028 ;
- porter la part de biocarburants dans les carburants liquides à 348 TWh en 2028 en stabilisant les biocarburants de première génération à 7 % d'incorporation et en multipliant par 12 la part des biocarburants avancés pour l'essence et par 9 pour le diesel par rapport à 2017 ;
- atteindre une quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrés par les réseaux entre 32,4 et 38,7 TWh en 2028, soit une hausse de 50 % à 100 % du rythme de développement actuel de la chaleur et du froid renouvelables et de récupération livrés par réseaux.

	2017	2023	2028 bas	2028 haut
Biomasse	120	145	157	169
PAC aérothermiques	23,5	35	39	45
PAC géothermiques	3,14	4,6	5	7
Géothermie profonde	2	3	4	5,2
Solaire thermique	1,18	1,75	1,85	2,5
Biogaz (dont biogaz injecté)	4	7	12	18
Total	154	196	219	247

Tableau 1 : Objectifs de consommation finale des filières de chaleur renouvelable (TWh)

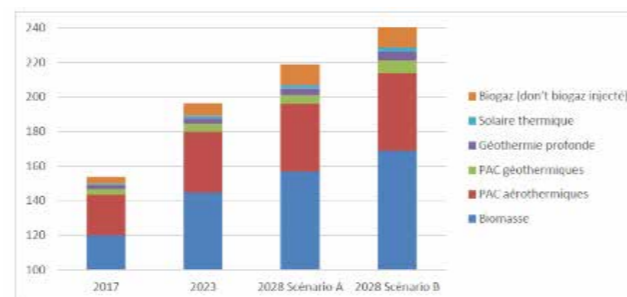


Figure 4 : Evolutions des consommations finales de chaleur par filières (TWh)

	2017	2023	2028 Scénario A	2028 Scénario B
Livraison de chaleur renouvelable et de récupération (TWh)	14	24,4	31	36
Livraison de froid renouvelable et de récupération par les réseaux (TWh)*	0,76	1,4	2	2,7

*Évaluation de la filière sur la base des types de production suivantes : Free cooling, groupe froid à compression avec évacuation des calories sur source d'eau, thermofrigopompe, groupe froid à absorption.

2.4 AU NIVEAU RÉGIONAL : LE SRCAE

La nouvelle stratégie régionale Énergie-Climat de la Région Île-de-France a été votée le 3 juillet 2018. Cette stratégie vise en particulier à augmenter la part d'énergies locales dans le mix francilien, alors que l'Île-de-France importe plus de 90 % de son énergie et que sa production locale d'énergies renouvelables et de récupération n'est que d'à peine plus de 8 %.

La Région s'est fixée pour objectif de réduire de moitié la dépendance aux énergies fossiles et au nucléaire de l'Île-de-France par rapport à 2015.

Pour 2050, l'objectif est de tendre vers une région 100 % EnR&R et zéro carbone grâce à :

- La réduction de 30 % de la consommation énergétique régionale.
- La multiplication par 4 de la quantité d'énergie renouvelable produite sur le territoire francilien.

2.5 PLAN LOCAL DE L'ÉNERGIE DE LA MÉTROPOLE

L'APUR a dévoilé, en novembre 2015, un important travail sous la forme d'une contribution à l'élaboration du futur Plan Climat-Air-Énergie métropolitain.

Le document et ses déclinaisons (synthèse, support et déclinaison pour l'adaptation au changement) s'intéressent spécifiquement à l'énergie (et aux émissions de GES associées) consacrée à l'habitat (tertiaire et résidentiel) en excluant de son champ d'intervention la mobilité et l'industrie.

Avec une base cartographique extrêmement riche adossée à plusieurs bases de données conséquentes, le document explore les modalités pratiques de mise en œuvre des objectifs du SRCAE, en les déclinant sur le territoire de la métropole.

En particulier, le document distingue le tissu parisien de celui de la Première Couronne, en ce qui concerne 6 indicateurs discriminants :

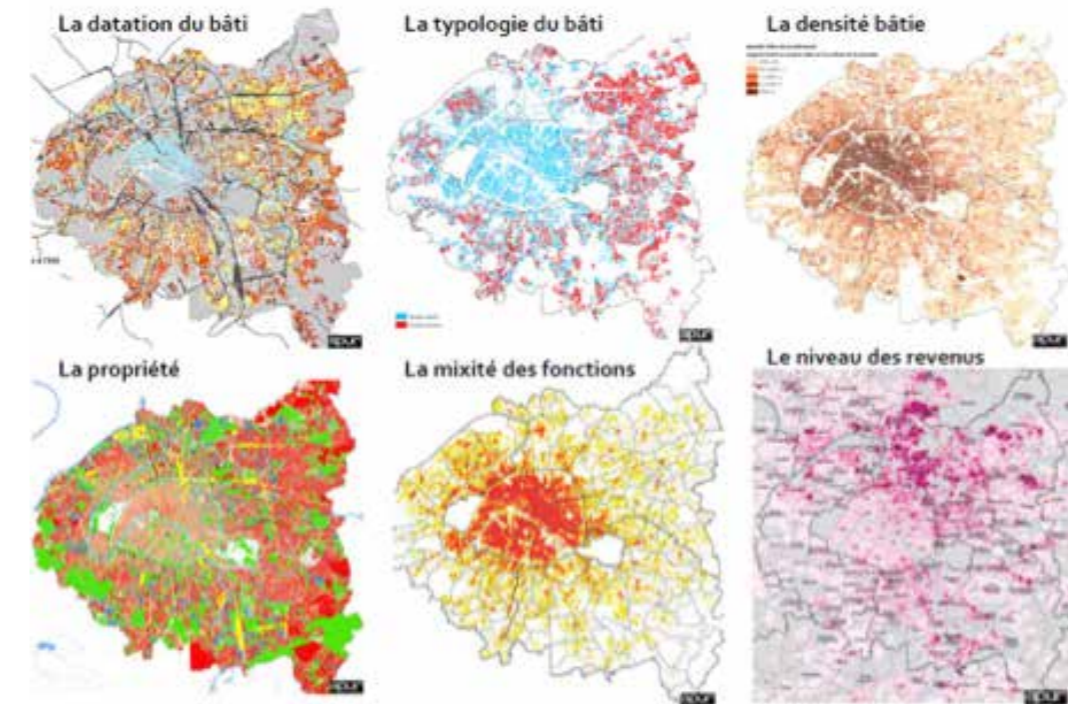


Figure 23 : cartographies réalisées dans le PLE - Source : APUR, novembre 2015

Trois principales familles de leviers d'actions sont étudiées :

- La **réhabilitation du bâti**, avec 3 scénarios d'intervention en fonction de l'âge du bâtiment, de la typologie de l'habitat et de la nature des travaux de réhabilitation, respectant la réduction de 50 % prévue au SRCAE.
- Le **verdissage des réseaux énergétiques** (réseau électrique par injection d'électricité renouvelable, réseau gaz avec injection de biométhane, réseau de chaleur et froid par le développement de production renouvelable : géothermie au Dogger, biomasse, augmentation de la part thermique de la production des UIOM en cogénération et CSR). ▼

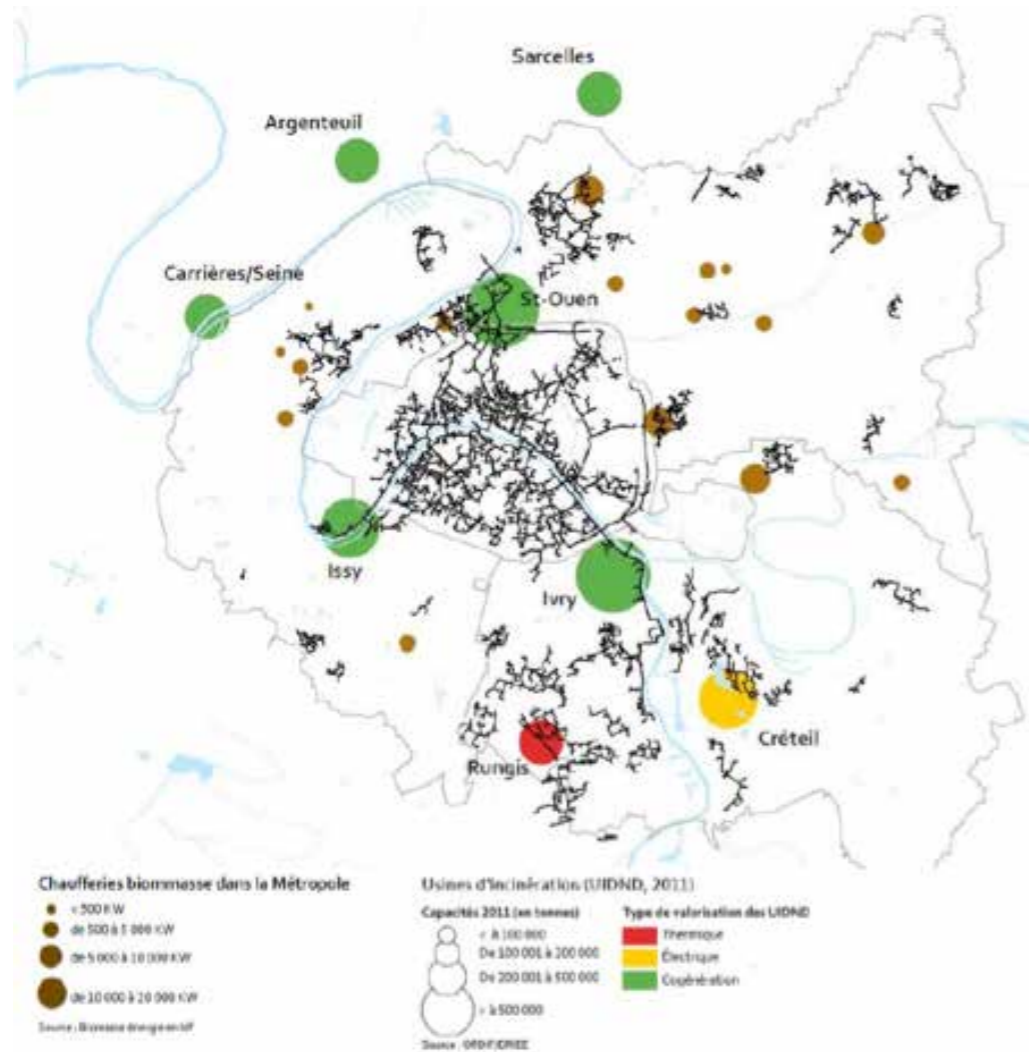


Figure 24 : cartographie des installations de production d'énergie à partir d'UED et de la biomasse - Source : APUR

- Enfin le **développement d'EnR&R locales**, c'est-à-dire directement rattachées au bâtiment ou à l'îlot (énergie des eaux usées, géothermie peu profonde sur nappe ou sur sondes sèches, solaire thermique et photovoltaïque, chaleur fatale par mutualisation à l'échelle de l'îlot).

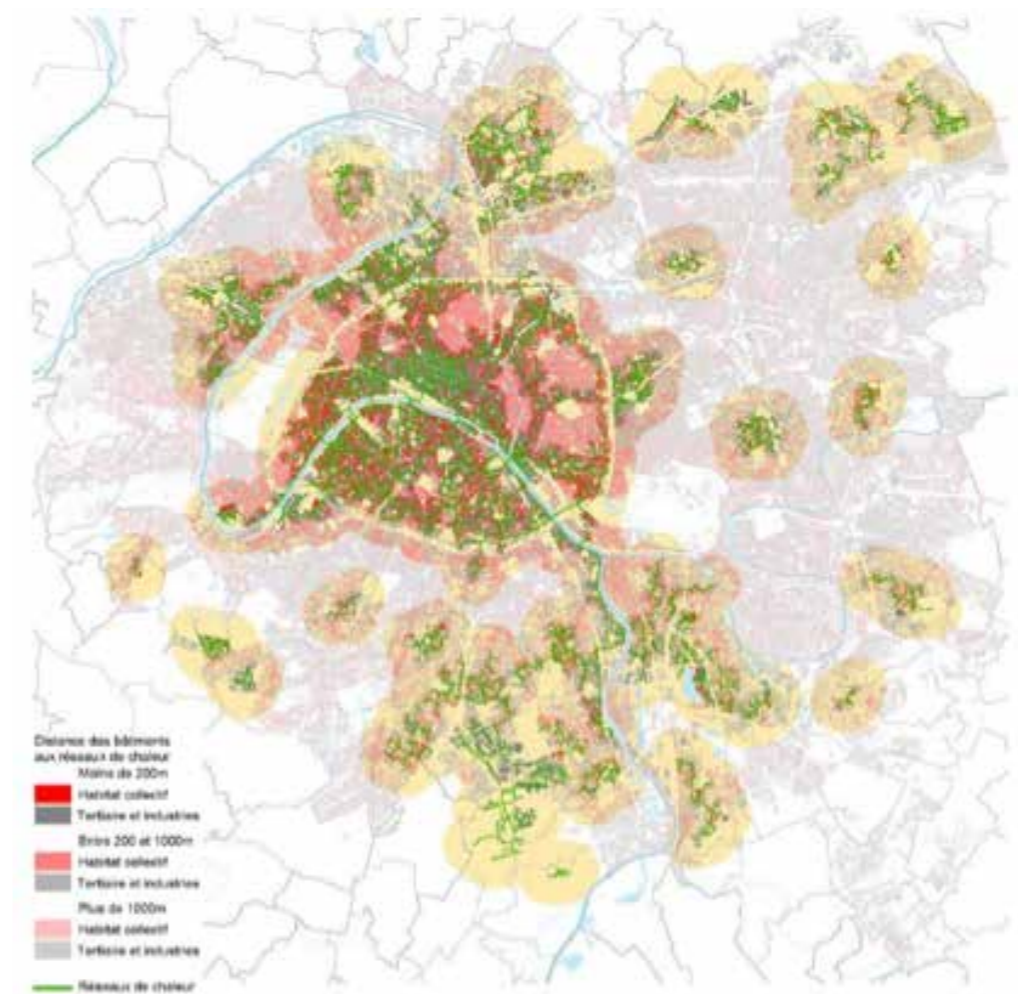
Concernant les réseaux de chaleur, et de froid plus spécifiquement, au-delà des mesures de base (la densification, l'extension, voire la création de réseaux), 3 pistes de progrès sont évoquées :

- Le développement des EnR&R par intégration de centrales de production issues de chaleur fatale, de géothermie et de biomasse.

- L'amélioration de l'efficacité de production-distribution.
- Le maillage des réseaux entre eux, pour mutualiser les productions renouvelables et améliorer leur rendement et taux de couverture.

L'étude évoque l'objectif du SRCAE qui vise un accroissement de 40 % équivalent logements desservis d'ici à 2020, soit environ 450 000 logements supplémentaires, ce qui correspond à l'équivalent d'un réseau comme celui de la CPCU.

- Le potentiel de **densification** à l'échelle de la métropole apparaît très important. ▼



Le potentiel de développement à l'échelle de la seule Ville de Paris est traité dans la partie 1.2.5.

2.6 PLAN CLIMAT DE LA VILLE DE PARIS

Le Plan Climat parisien, adopté en 2018, fixe des objectifs à trois horizons différents.

À l'horizon 2020, il est prévu la diminution de 25 % des consommations énergétiques et 25 % de production renouvelable, par rapport à 2004.

À l'horizon 2030, Paris se donne notamment pour objectifs de :

- réduire de 50 % les émissions locales de GES, de 40 % l'empreinte carbone du territoire et de 35 % la consommation d'énergie par rapport à 2004 ;
- atteindre 45 % d'énergies renouvelables dans la consommation dont 10 % produites localement ;
- se passer des carburants fossiles et du fioul domestique ;
- respecter les recommandations de l'OMS sur la qualité de l'air ;
- garantir un cadre de vie agréable et adapté au climat pour tous les Parisiens.

Les objectifs à 2050 sont les suivants :

- devenir un territoire à zéro émission de gaz à effet de serre intra-muros ;

- favoriser la réduction de 80 % de l'empreinte carbone du territoire par rapport à 2004, en compensant les émissions résiduelles pour atteindre le zéro carbone net du territoire parisien ;
- réduire de 50 % la consommation énergétique du territoire par rapport à 2004 ;
- produire 100 % d'énergies renouvelables et de récupération dans la consommation, dont 20 % produites localement ;
- assurer la résilience climatique de Paris en conduisant une transition écologique socialement juste.

La Ville de Paris s'est fixée comme objectif d'être 100 % EnR en 2050. Le développement, la densification et le verdissement des réseaux de chaleur et de froid seront des leviers importants pour atteindre cet objectif.

Le Plan Climat parisien prévoit sur le mix du réseau de chaleur les objectifs suivants :

- 75 % EnR&R en 2030 ;
- 100 % EnR&R en 2050.

Un mix 100 % EnR&R est prévu pour le réseau de froid à l'horizon 2050. ▼

En outre, plusieurs pistes de développement des réseaux de chaleur et de froid sont identifiées dans le Plan Climat.

Pour le réseau de chaleur, les pistes identifiées sont :

- La sortie du charbon avant 2024.
- La conversion des centrales gaz et fioul au biogaz et biofioul d'ici 2030.
- L'étude d'un doublet géothermique à l'Albien pour la ZAC Bercy-Charenton.
- L'augmentation de la production géothermale pour atteindre 330 GWh/an à l'horizon 2050.

Pour le réseau de froid, la principale piste identifiée est le développement d'une centrale sur Eau de Seine supplémentaire.

Enfin, le Plan Climat prévoit que 20 % des toitures parisiennes soient équipées d'installations solaires d'ici 2050. Néanmoins, la part dédiée à la production thermique et la part de photovoltaïque ne sont pas précisées. En outre, il pourra s'agir de systèmes de production pour une autoconsommation ou pour mutualisation sur le réseau.



Source : Ville de Paris

3. ÉTAT DES LIEUX DU RÉSEAU DE CHALEUR PARISIEN

3.1 NOTE DE PRÉSENTATION

3.1.1 GÉNÉRALITÉS

Le réseau de chaleur est un ensemble constitué d'un réseau primaire de canalisations, empruntant le domaine public, transportant de la chaleur et aboutissant à plusieurs bâtiments ou sites. Il peut

également exister des réseaux de chaleur privés, sous domaine privé, sur le même principe mais qui sont hors de contrôle de la Ville de Paris.

Le réseau de distribution de chaleur est alimenté par plusieurs installations de production de chaleur à partir de sources externes (fossiles, renouvelables, récupérées ou autres) qui délivrent la chaleur au réseau. ▼

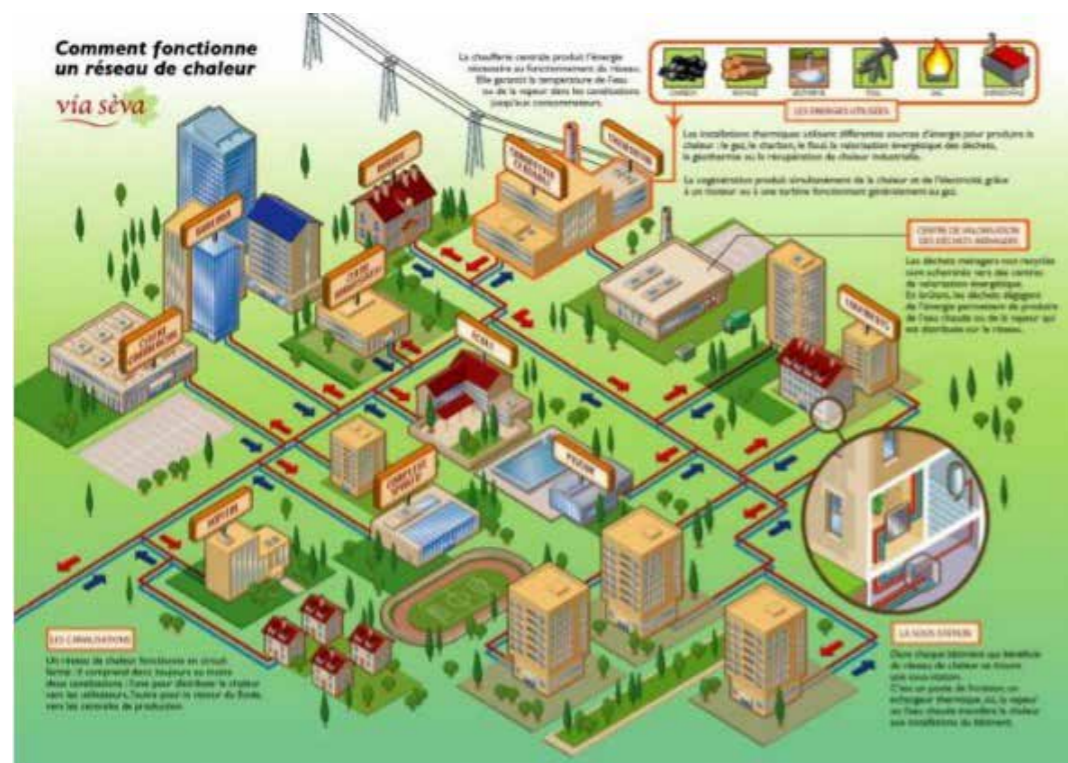


Figure 25 : représentation schématique d'un réseau de chauffage urbain - Source : FEDENE

La chaleur est transportée dans des canalisations calorifugées, vers plusieurs points de livraison, où elle fait l'objet d'un comptage avant de servir au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire.

En Europe, 4 500 réseaux de chaleur permettent

d'alimenter 100 millions d'habitants en chaleur, dans 32 pays. Ils représentent 10 % du marché de chauffage, avec de fortes disparités selon les pays de 3 % à plus de 50 % des besoins de chauffage couverts par ces systèmes de distribution. Certaines villes ont mis l'accent sur ces équipements. On pourra citer

3. ÉTAT DES LIEUX DU RÉSEAU DE CHALEUR PARISIEN

l'exemple de Copenhague où le réseau dessert 98 % des besoins de chaleur de la ville.

La France compte de l'ordre de 780 réseaux de chaleur et 23 réseaux de froid. Les réseaux de chaleur alimentent 2,42 Millions d'équivalents-logements (source enquête annuelle du Syndicat national du chauffage urbain, édition 2019).

Le réseau de chaleur parisien distribue environ 5 TWh d'énergie calorifique à ses abonnés, en sous-station, chaque année, soit **20 % de l'énergie totale** livrée par l'ensemble des réseaux de chaleur français.

Les principaux atouts du réseau de chaleur sont :

- La maîtrise, l'optimisation et la mutualisation des coûts énergétiques.
- L'approvisionnement par des énergies variées, et le recours à des énergies renouvelables et surtout c'est le seul réseau qui peut récupérer de la chaleur fatale.
- La possibilité de faire évoluer plus simplement le mix énergétique en intervenant directement sur les chaudières et par une gouvernance locale.
- La diffusion des énergies renouvelables et de récupération en milieu urbain dense.
- Le traitement des rejets atmosphériques diffus et la maîtrise des émissions issues d'installations centralisées performantes et contrôlées, à l'inverse des installations décentralisées.
- L'amélioration de la sécurité d'approvisionnement.
- Le gain de place chez le client et la réduction des risques par l'absence de chaudière et de cheminées d'évacuation pour les bâtiments desservis.

3.1.2 SPÉCIFICITÉS DU RÉSEAU PARISIEN

Le réseau de chaleur parisien est atypique à de nombreux égards :

- Sa taille : c'est le plus important réseau de chaleur en France et parmi les plus importants au monde, à comparer aux réseaux de New York et Moscou.
- Le transport et la majeure partie de la distribution de chaleur sont réalisés par des canalisations vapeur, qui permettent un transport efficace de la chaleur sur de grandes distances, mais imposent des conditions de fonctionnement et de sécurité très particulières.
- Le développement depuis les années 2000 de boucles d'eau chaude locales, visant notamment à valoriser les ressources EnR&R locales.
- La puissance des unités de production : le réseau collecte la chaleur produite par les 3 plus importantes Usines d'incinération des ordures

ménagères françaises, et s'appuie sur un parc de chaudière totalisant plusieurs milliers de MW.

- Deux importantes cogénérations qui permettent une production locale d'électricité, soutenant l'équilibre local du réseau électrique.
- Le patrimoine raccordé, la Ville de Paris concentrant des particularités uniques au monde en termes de formes urbaines (haussmannien), de patrimoine historique et de contraintes d'interventions associées.
- Le nombre de villes desservies par le réseau : outre la Ville de Paris, principale consommatrice des calories distribuées par le réseau, 16 autres communes sont également alimentées en partie par ce réseau.
- Le maillage du réseau : il s'agit d'un réseau maillé de manière à distribuer la chaleur sur l'ensemble du territoire ; il a été prévu plusieurs collecteurs au nord du réseau pour distribuer en toute sécurité l'énergie produite depuis les unités de production de Saint-Ouen.
- L'existence d'une multitude de points de production sur le réseau vapeur essentiellement, mais également de manière plus marginale sur les boucles d'eau chaude ; pas moins de 12 unités de production alimentent le réseau vapeur, dont 8 appartenant à CPCU.
- L'achat de vapeur ou d'eau chaude à plusieurs sociétés tierces (SYCTOM, Vitry Cogé et Géométropole) ; CPCU étant actionnaire de Vitry Cogé et Géométropole.

3.1.3 SCHÉMA JURIDIQUE ET HISTORIQUE DU DÉVELOPPEMENT DE LA DSP

LA CONCESSION

La concession confiée par la Ville de Paris à la Compagnie parisienne de chauffage urbain (CPCU) concerne le service public de distribution de chaleur pour tous usages par la vapeur ou l'eau chaude, sur le territoire de la Ville de Paris. On notera que la production de chaleur n'est pas incluse dans le cadre de la concession. Les postes de livraison sont également hors du périmètre concédé.

La convention de concession a été conclue le 10 décembre 1927 et modifiée par 11 avenants, dont le dernier en date 23 et 24 juillet 2020. La date d'échéance du contrat de concession est le 31 décembre 2024.

ORIGINE DE LA CPCU

Reprenant ses activités professionnelles en 1920, date de sa démobilisation suite à la fin de la Première Guerre mondiale, Monsieur Gourdeau, ingénieur au sein du groupe EMPAIN, créa en 1925 la « Compagnie

générale française de chauffage urbain», bureau d'études et d'ingénierie du groupe Empain-Schneider, pour la promotion du chauffage urbain. Le 10 décembre 1927, une concession de la Ville de Paris fut accordée par Monsieur le Préfet de la Seine pour la distribution de chaleur dans Paris, à l'aide de vapeur ou d'eau chaude, au moyen de canalisations sous voie publique. Elle donna lieu le 10 juillet 1928 à la constitution de la « Compagnie parisienne de chauffage urbain », CPCU.

Tout d'abord accordée pour une durée de 40 ans, la concession a dans un premier temps été prolongée de 20 ans en 1954 puis à nouveau de 30 ans jusqu'au 31 décembre 2017, par l'avenant n° 5 à la convention en 1983.

EXPANSION DES INSTALLATIONS

Les années 1930

Le réseau a été mis en service le 1^{er} octobre 1930 et était alimenté par la centrale de Bercy, appartenant anciennement à la Compagnie parisienne du Métropolitain, l'ancêtre de la RATP. Quelques centaines de mètres de canalisations, depuis la rue de Bercy jusqu'au boulevard Diderot, alimentaient en vapeur basse pression (4 bars) les premiers clients : la gare de Lyon et quelques hôtels.

Alors que l'on commençait à peine à réaliser le réseau, un grand projet se dessinait déjà : couvrir tout Paris à partir d'un réseau s'appuyant sur trois pôles de production : au sud-ouest (il existait depuis 1927 une usine d'incinération d'ordures ménagères à Issy-les-Moulineaux), au sud-est (l'usine de Bercy, la centrale électrique d'Ivry et l'usine d'incinération d'Ivry) et au nord (la centrale électrique de Saint-Ouen).

Pour couvrir tout Paris, de la vapeur à 4 bars ne convenait pas : il aurait fallu des tuyaux gigantesques. On décida alors que, hors le petit réseau local amorcé dans le 12^e arrondissement, Paris serait alimenté en vapeur à 18 bars puis portée à 20 bars : 18 au départ des usines, 5 chez les clients, soit une perte de charge totale de 13 bars ; pour une portée de l'ordre de 4,5 km, cela faisait en moyenne une perte de 3 bars par kilomètre, ratio choisi pour l'ensemble du réseau.

L'usine de Bercy, dotée à l'origine d'anciennes chaudières, fut équipée en 1933 puis 1935 de quatre chaudières Babcock et Wilcox (2 de 25 t/h et 2 de 50 t/h), alimentées au charbon au moment de leur installation (puis aménagées en 1950 au fioul lourd). Dans le même temps, des canalisations furent construites, toujours à partir de cette même centrale, vers les quartiers de l'Hôtel de ville (alimentés en 1935), du Palais-Royal et de l'Opéra (alimentés en 1937).

Au 31 décembre 1939, le réseau de chaleur de CPCU était constitué de 4 chaudières, 13,5 km de réseau et alimentait 190 clients, pour 117 MW.

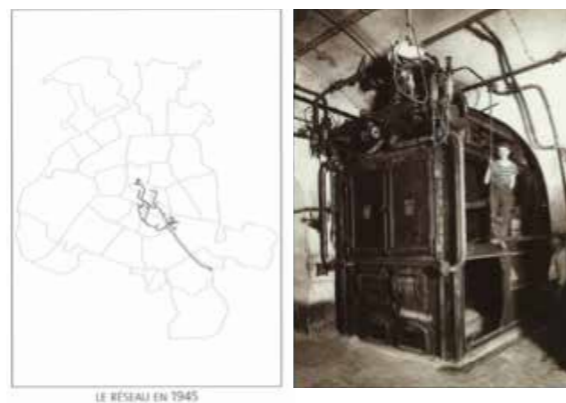


Les années 1940

Pour permettre à la centrale électrique d'Ivry, appartenant à la Société d'électricité de la Seine, et à l'usine d'incinération d'Ivry d'approvisionner en vapeur le réseau de chaleur CPCU, la construction d'un feeder avait été envisagée dès 1936.

Mais l'argent manquait pour dépasser le stade d'étude. En 1940-41, les autorités municipales, dans le cadre d'un programme contre le chômage et d'un programme de travaux d'équipement et d'urbanisme, décidèrent de prêter à CPCU les fonds nécessaires pour la construction de ce feeder, ce qui permit à la compagnie de doubler la longueur de son réseau (28 km en 1945) et d'alimenter d'autres quartiers (notamment sur la rive gauche, le quartier des écoles).

Dans le même temps, l'usine de Bercy, qui brûlait du charbon sur des chaudières à grille, fut équipée en 1945 de brûleurs au fioul pour réduire les émissions de poussière à l'atmosphère. On y abandonna définitivement le charbon au profit du fioul lourd en 1950.



Les années 1950

L'extension du réseau des années précédentes rendait nécessaire le développement des moyens de production de la Compagnie. Ainsi, on acheta en juillet 1954, au « Caoutchouc SIT », une usine dans le 15^e arrondissement, proche des ateliers de Citroën. Après Bercy, c'était le tour de la chaufferie de Grenelle d'alimenter en vapeur le réseau de distribution. L'entrée en service d'une première chaudière de 75 t/h en décembre 1955 et d'une deuxième de même capacité début 1957 permit d'augmenter de 30 % les moyens de production de chaleur existants antérieurement.

Dans le même temps, la TIRU rouvrit en 1951 le chantier de construction commencé en 1942 de la nouvelle usine d'incinération des ordures ménagères, à Saint-Ouen. En 1954, le troisième pôle de production du plan d'origine prenait tournure, ce qui induisait la réalisation d'une longue liaison Saint-Ouen/Opéra.

La centrale électrique d'Ivry fut également équipée de deux nouvelles chaudières haute pression, débitant sur un groupe turbo alternateur, qui pouvait délivrer au réseau 40 t/h de vapeur en contre-pression.

C'est à cette époque que le personnel de CPCU passa du statut d'agent municipal à celui de personnel des industries électriques et gazières. En effet, quasiment l'ensemble de l'appareil de production d'électricité avait été nationalisé en 1946, en particulier la centrale d'Ivry. Or, c'était par l'intermédiaire de la Société d'électricité de la Seine que le groupe Empain détenait l'essentiel des actions de CPCU. La nationalisation fit d'EDF un second actionnaire important (28 %). La Ville de Paris, quant à elle, accepta de convertir le solde de son prêt en parts du capital, et devint, en 1954, avec 40 % l'actionnaire principal de CPCU.

En 1958, pour stabiliser la production du site de Saint-Ouen, on construisit de l'autre côté de la rue une petite chaufferie de pointe, équipée de deux chaudières au fioul d'une capacité de production de 50 t/h, mise en service en 1959. Une d'entre elles fut démolie en 1981, pour permettre la construction de la nouvelle chaufferie charbon, et la seconde en 1982.

Le développement commercial s'accélérait : on avait raccordé 280 abonnés (114 MW) en 10 ans, on en raccorda 350 (254 MW) en 5 ans ; on avait construit 8 km de canalisations en 10 ans, on en construisit 26 en 6 ans. Ainsi, le 1^{er} janvier 1960, CPCU comptait 1 100 clients (660 MW) et 615 km de réseau.



Les années 1960 À 1965

Un tel développement nécessitait à nouveau des moyens de production supplémentaires. En effet, en 1969 on atteignit une situation critique à l'Opéra. Longtemps « nombril » du réseau, scruté tout au long de la journée par le dispatching à l'époque installé dans la chaufferie de Bercy, on y atteignit une pression critique de 1 bar.

À situation critique, remède de choc :

- À l'entrée de l'hiver 1960-1961, CPCU disposa d'une petite chaudière transportable de 25 t/h au fioul, qui pouvait être déplacée selon les besoins en un point ou un autre du réseau (elle fut ramenée à Bercy au cours de l'été 1961 et transportée en 1966 à la chaufferie de La Villette puis de nouveau à Bercy en 1970).
- Deux nouvelles chaudières au fioul, de 75 t/h chacune, furent mises en service durant l'hiver 1961 à Grenelle et Bercy. Parallèlement, on rouvrit le quai de la Râpée pour y installer une seconde canalisation de 400 mm de diamètre.

Cela ne suffisant pas, il fallut rapidement ouvrir d'autres sites :

- En 1961, CPCU acheta un terrain au bord du canal de l'Ourcq dans le 19^e, près des abattoirs de La Villette, et y installa en 1964 une chaudière charbon de 150 t/h.
- En 1962, elle acquit un terrain rue Georges-Pitard dans le 15^e et y installa une chaudière fioul également de 150 t/h, mise en service en 1965.

L'année 1965 fut également l'année de la mise en service de la nouvelle usine d'incinération d'Issy-les-Moulineaux, de la TIRU.

En 6 ans, un joli bout de chemin avait été parcouru, complété par le développement du réseau qui atteignait 120 km en 1966, l'accroissement du nombre de clients à 1 700 (1 250 MW) sous l'effet du raccordement d'hôpitaux, ministères, facultés ou encore grands magasins. Quant à l'effectif de la Compagnie, il passa de 135 agents à 251.

Les années 1966 à 1974

Les années suivantes jusqu'en 1974 furent moins agitées ; on s'occupa des moyens de production existants :

- Équipement des chaufferies avec des chaudières fioul de 150 t/h : Bercy (1967,1968), Grenelle (1968, 1972), Vaugirard (1970, 1974), La Villette (1969).
- Installation d'une chaudière à l'hôpital Bichat de 70 t/h en 1973.
- Restructuration de la chaufferie de Grenelle : opération du « front de Seine » ramenant l'emprise de la chaufferie à 4 620 m².
- Restructuration de la chaufferie de Bercy : démolition des anciennes cheminées et de la façade sur la rue de Bercy ; réaménagement du stockage fioul pour permettre notamment la construction de la tour de Lyon, où fut transféré le siège de CPCU en 1971.
- Construction de la chaufferie d'Ivry équipée de 3 chaudières fioul de 150 t/h, CPCU ayant acheté à EDF une partie du terrain de la centrale thermique, déclassée en 1974.

Ainsi, au début de l'année 1975 : le réseau atteignait 193 km (développement ralenti à 7,3 km/an) ; la puissance raccordée était de 2 790 MW pour 2 820 clients ; la capacité de production propre de CPCU était de 2 470 t/h pour 24 chaudières. L'effectif de la Compagnie atteignait presque les 400 agents.

Les années 1975 À 1989

Ces années furent marquées par le prolongement de la modernisation des équipements et surtout de profonds bouleversements quant au choix des combustibles alimentant les chaudières :

- 1975 : mise en service au Kremlin-Bicêtre d'une petite chaufferie de 2 x 20 t/h, raccordée au réseau en 1979.
- Entre 1975 et 1977, sur un terrain de 7465 m², loué à la SNCF, réalisation du parc à fioul de Vaugirard où le combustible arrive par train.
- 1977 : mise en service d'une chaudière (la 6^e et dernière) de 150 t/h à Grenelle.
- 1980 : 9^e chaudière à Bercy (150 t/h) et démolition des 4 plus anciennes chaudières en 1983-1984.
- 1982 : mise en service de la tranche Saint-Ouen I, avec deux chaudières charbon Ignifluid de 170 t/h à la place de la petite chaufferie fioul, et mise en service du feeder Nord.
- 1982 : raccordement d'un poste de prélèvement de vapeur de 200 t/h installé dans la centrale EDF de Vitry-sur-Seine et mise en service du feeder Sud.
- 1983 : mise en service d'un site géothermal à Ivry, sur une parcelle jouxtant le terrain de la chaufferie fioul.

- 1984 : mise en service d'une centrale géothermique, quai Saint-Exupéry près de la porte de Saint-Cloud.
- 1984-1985 : conversion au gaz de 2 chaudières à Grenelle et Ivry et mise en service d'une chaudière électrique de 34 MW à Ivry, arrêtée en 1988,
- 1987-1988 : mise en service d'une chaudière au fioul de 100 t/h à Vaugirard et à La Villette.



Le réseau en 1980

- 1989 : mise en service de la tranche Saint-Ouen II, avec deux chaudières charbon Ignifluid de 340 t/h et un système de désulfuration et de dépoussiérage des fumées.

Dans le même temps, on mettait en service le plus grand chantier de l'histoire de CPCU depuis sa création : la liaison Nord-Ouest, une canalisation de transport de vapeur haute pression en diamètre 700 à 950 mm sur 6,4 km, reliant la centrale de Saint-Ouen au centre Ouest de Paris avec 5,6 km de ramifications importantes ; en tout, un poids d'acier égal à plus de la moitié de celui de la tour Eiffel.

Ainsi, au 1^{er} janvier 1990, le réseau atteignait 371 km (presque doublé en 15 ans) ; le nombre de clients était de 4 837 (augmentation de près de 42 % en 15 ans) pour une puissance de 4 411 MW ; la capacité de production propre de CPCU atteignait 3 770 t/h avec un total de 7,8 millions de tonnes de vapeur livrée, dont 25,1 % issue du charbon, 13,6 % du fioul, 22 % du gaz, 0,1 % de la géothermie et 39,2 % des ordures ménagères (SYCTOM).

3. ÉTAT DES LIEUX DU RÉSEAU DE CHALEUR PARISIEN

Les années 1990 À 2005

En 1991, UFINER, holding du pôle « Énergie et Chaleur » du Groupe Lyonnais des eaux-Dumez devenait actionnaire majoritaire de CPCU (64,24 % des parts) et devint Elyo en 1994. En termes d'évolution des moyens de production, la fin de la décennie est marquée par les projets de cogénération au gaz naturel à Saint-Ouen et Vitry. À partir d'un seul combustible, CPCU peut désormais produire de la vapeur et de l'électricité, tout en diminuant fortement ses émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre.



L'extension du réseau s'est poursuivie avec notamment la construction du feeder Nord-Est, liaison de 5 km reliant les réseaux de départ de Saint-Ouen aux quartiers de La Villette dans le 19^e arrondissement et permettant d'arrêter définitivement la chaudière charbon de la chaufferie de La Villette. Au 1^{er} janvier 2001, le réseau atteignait 413 km dont 54 km de branchement ; le nombre de clients était de 5 226 pour une puissance de 4 336 MW ; un peu plus de 8 millions de tonnes de vapeur livrées en 2000 à partir de trois sources d'énergie : les ordures ménagères (SYCTOM), le charbon et le fioul lourd.

En 2004 et 2005 encore, CPCU a entrepris d'importants travaux de rénovation sur deux sites de production :

- À Grenelle, chaufferie au fioul lourd, remplacement des 3 plus anciennes chaudières par 2 chaudières équipées d'un traitement de fumées (SOx, NOx, poussières), ce qui constitue une première en France sur du fioul lourd.
- À Saint-Ouen, transformation au gaz naturel des deux chaudières au charbon les plus anciennes.

En 2004 également, CPCU a renouvelé son partenariat avec le SYCTOM par un contrat de longue durée (jusqu'en 2017), ce qui permet de pérenniser l'utilisation de l'énergie provenant de l'incinération des ordures ménagères. ▼

Evolution du mix énergétique depuis 1930

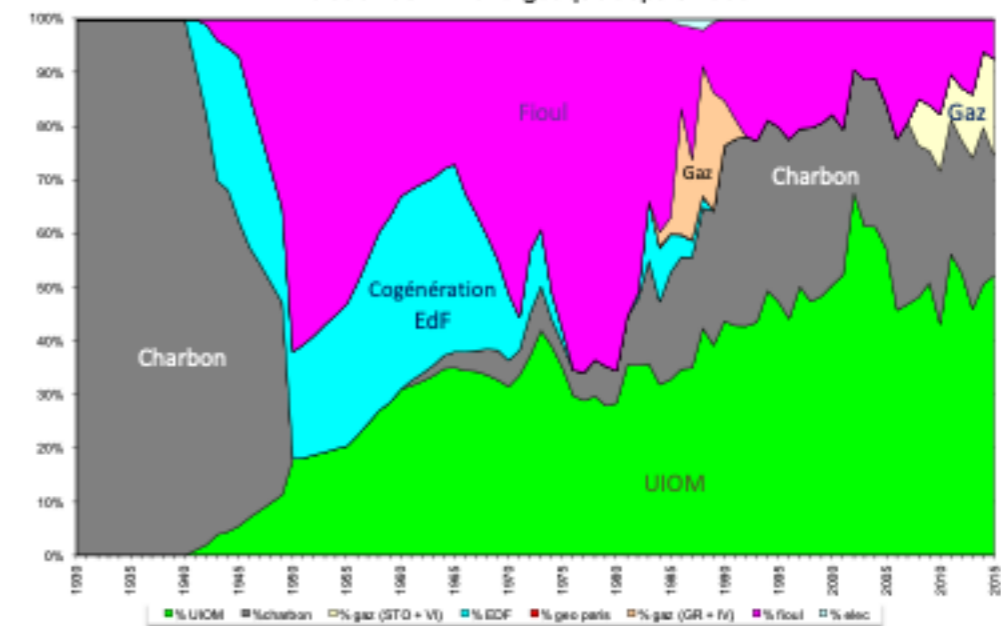


Figure 26 : évolution du mix énergétique du réseau de chaleur parisien depuis 1930 - Source : CPCU

Et en décembre 2004, CPCU a signé avec la Ville de Paris le 8^e avenant à la Convention de concession. Cet avenant permet, en particulier, de poursuivre les investissements de modernisation et de développement. Il introduit également des engagements forts en matière de performance environnementale : maintien de la certification ISO 14001, établissement d'un bilan annuel des actions en faveur de l'environnement et d'un plan d'action pluriannuel...

Depuis le début des années 2000, un important programme de travaux est engagé en vue de fiabiliser le réseau :

- Amélioration de la purge des tuyauteries vapeur,
- Protection contre les inondations et réduction des pertes thermiques,

- Amélioration de la qualité de la vapeur (pH) pour limiter les phénomènes d'érosion-corrosion,
- Élimination du risque lié à certains ouvrages (reprises de pentes),
- Amélioration de la restitution des condensats,
- Standardisation des sous-stations.

CPCU accompagne ses clients au travers de l'évolution technologique des sous-stations (réduction des coûts et maîtrise des consommations) et du conseil. Toutes ces actions ont pour objectifs d'accroître la sécurité du réseau, d'augmenter son rendement en diminuant les fuites et les pertes thermiques, de réduire les consommations d'énergie ainsi que les émissions de gaz à effet de serre.

Les années 2006 à 2017 ▼

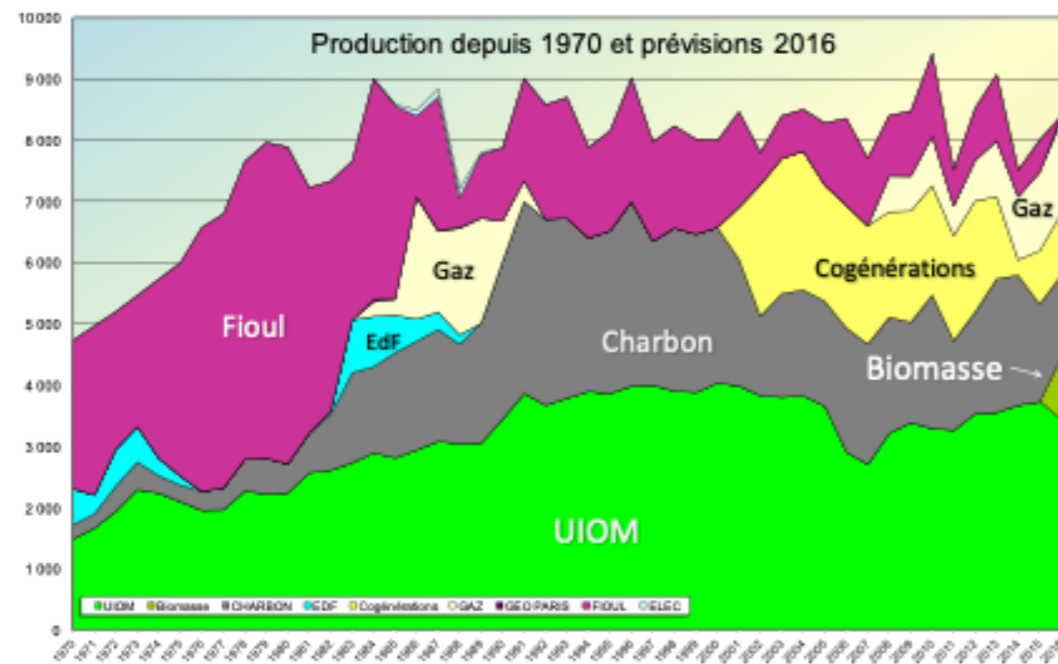


Figure 27 : évolution du mix énergétique de 1970 à 2016 - Source : CPCU

Sur la période de 2006 à 2017, le fioul a cédé sa place au gaz. Une part biomasse est apparue en 2016 avec la conversion à la cocombustion bois/charbon sur le site de Saint-Ouen. Le mix énergétique de cette centrale a été composé de 25 % de biomasse pour

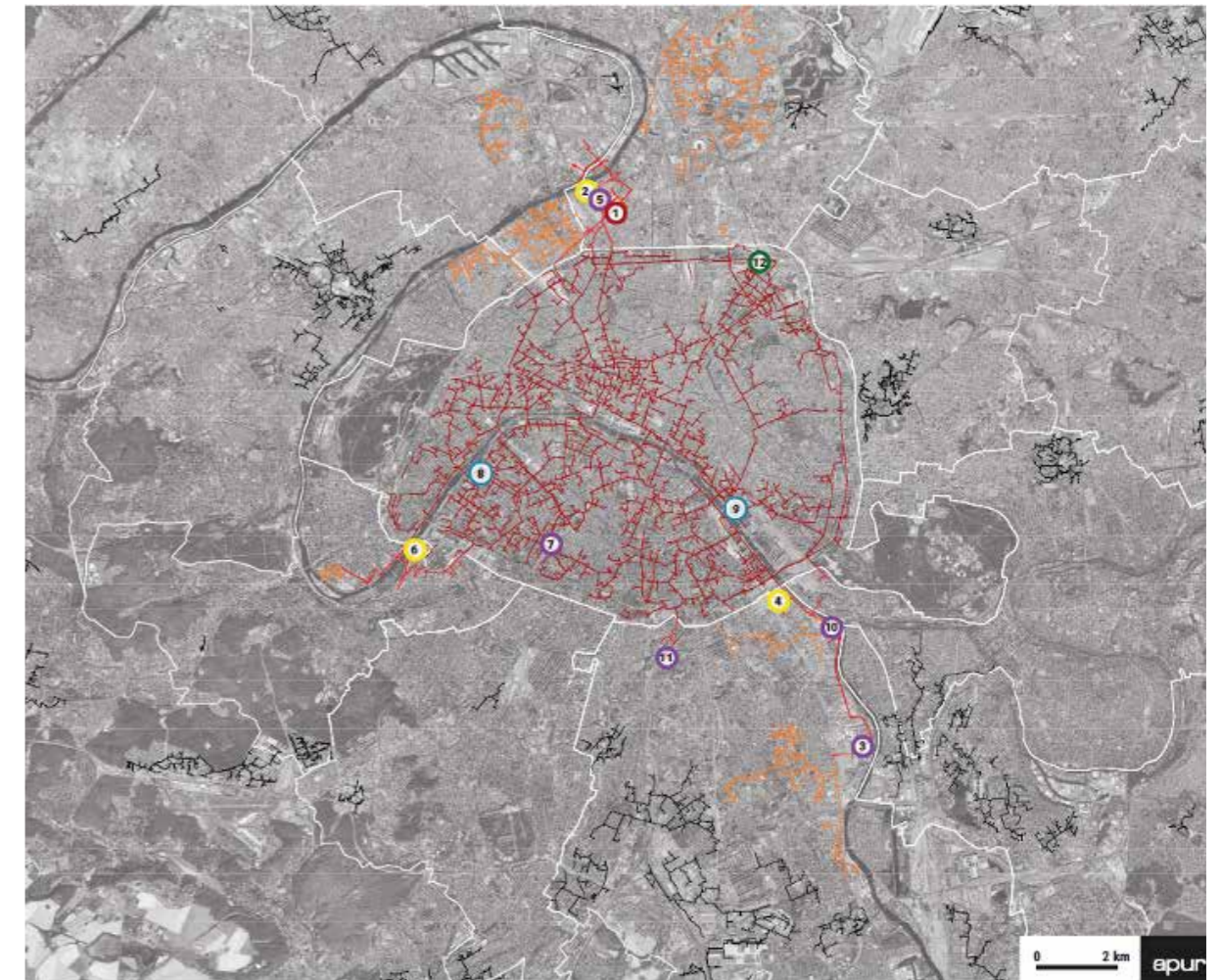
la première année de fonctionnement (2016) et 33 % pour la deuxième année (2017). En outre, l'utilisation de biocombustibles et biogaz au niveau des centrales fioul et gaz permet de garantir un taux EnR&R supérieur à 50 % en cas d'indisponibilité des

autres sources d'EnR&R 3.1.4 LE PLAN DU RÉSEAU

Le réseau de chaleur parisien est un réseau de chaleur maillé dont le réseau de transport est un réseau vapeur. Ce réseau vapeur est alimenté par 12 unités de production. On notera également la présence de 27 Boucles d'eau chaude (BEC). La plupart des BEC (22) sont approvisionnées en chaleur exclusivement

à partir du réseau vapeur. 5 d'entre elles bénéficient de moyens de production propre pour tout ou partie de l'énergie livrée.

Le plan du réseau de chaleur est joint ci-dessous. Il permet de visualiser le développement du réseau sur le territoire parisien, ainsi que les interconnexions avec des réseaux tiers. Les moyens de production vapeur sont également reportés sur ce plan. ▼



CARTOGRAPHIE DU RÉSEAU - 2018

Classement de sites selon l'énergie livrée en GWh/an

- 1 Centrale biomasse Saint-Ouen 2 / 1469 GWh
- 2 UIND de Saint-Ouen / 1258 GWh
- 3 Cogénération gaz de Vitry / 900 GWh
- 4 UIND d'Ivry / 899 GWh
- 5 Centrales gaz Saint-Ouen 1&3 / 736 GWh
- 6 UIND Issy-les-Moulineaux / 737 GWh
- 7 Centrale gaz Vaugrard / 227 GWh
- 8 Centrale biocombustible-gaz Grenelle / 217 GWh
- 9 Centrale biocombustible-gaz Bercy / 209 GWh
- 10 Centrale gaz Ivry / 111 GWh
- 11 Centrale gaz Kremlin-Bicêtre / 1 GWh
- 12 Centrale géothermie PNE

Sites de production alimentant le réseau CPCU

- Réseau CPCU Paris
- Réseau CPCU hors Paris
- Réseaux alimentés par le réseau CPCU
- Autres réseaux de chaleur

Unités d'incinération des déchets non dangereux (UIND) - Systèmes

- Centrale biomasse
- Centrale géothermique
- Centrale biocombustible/gaz
- Centrale gaz

Sources : CPCU, DRHE, Apur

Figure 28 : cartographie du réseau de chaleur parisien, 2018 - Source : APUR

3.1.5 PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU DE CHALEUR

Le réseau de chaleur Parisien est le **1^{er} réseau de chaleur français** et le 11^e au monde. Il compte près de **5 900 abonnés (dont 5 650 dans le périmètre de la concession)**.

La **quantité d'énergie livrée** annuellement par le réseau est d'environ **5 TWh/an, dont 4,1 TWh/an dans le périmètre de la concession**, soit 15 % des distributions totales d'énergie de Paris.

Le réseau de chaleur permet de couvrir 20 % de la consommation en énergie finale parisienne pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. ▼

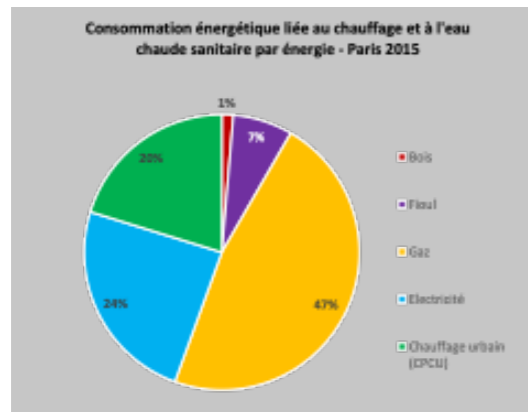


Figure 29 : consommation de chaleur parisienne par ressource énergétique - Source : Airparif 2018

La longueur totale de réseau dédiée au transport, à la distribution de chaleur et aux retours d'eau est de 487 km. La longueur du réseau dans le périmètre de la concession approche les 450 km (dont 45 km de branchements).

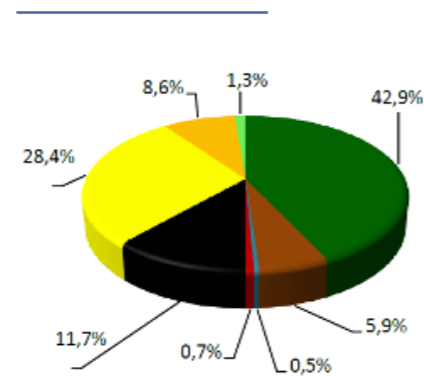
La vapeur alimentant le réseau principal est principalement produite à partir des unités de production suivantes pour l'année 2019 :

- Usines de valorisation énergétique des déchets (UVED) – 42,7 %
- Centrales gaz et Unités de cogénération gaz – 33 %
- Centrale charbon – 17 %
- Biomasse sous forme de granulés bois en cocombustion dans la centrale charbon - >5 %
- Biocombustibles – 2 %
- Fioul - >1 %

La géothermie est également valorisée sous forme de production d'eau chaude et représente moins

8. UVED : Unité de Valorisation Énergétique des Déchets.

de 1 % du mix énergétique.



■ OM ■ Bois ■ Biocombustible liq
■ Géothermie (Eq tv) ■ Charbon
■ Gaz AA/PC ■ Gaz RS ■ Biogaz

Figure 30 : mix énergétique du réseau de chaleur - Source : PCPU, année 2019

La priorité sur le réseau de chaleur est la valorisation de la vapeur produite par les Unités de Valorisation Énergétique des Déchets⁸ du SYCTOM. Elles constituent la base de production de chaleur sous forme de vapeur, complétée par la biomasse en cocombustion avec le charbon.

La géothermie constitue la base de la production d'eau chaude de la portion Paris Nord-Est. Le gaz constitue l'appoint sur le réseau pour répondre aux pointes d'appel de puissance. L'intégration des biocombustibles permet de garantir le dépassement du seuil de 50 % d'EnR&R sur le réseau, ouvrant l'accès à un taux de TVA réduite sur le terme de facturation proportionnel à la quantité d'énergie consommée.

Le bois consommé pour la production d'énergie sur le réseau de chaleur parisien est quasi exclusivement consommé au niveau de la centrale à charbon de Saint-Ouen. L'énergie thermique de cette centrale est obtenue par la cocombustion dans les fours charbon du bois et du charbon.

Le taux de charbon utilisé dans cette installation est appelé à décroître dans les années à venir, alors que la part du bois devrait augmenter. L'arrêt du charbon est prévu pour 2024.

3.1.6 LES ABONNÉS

Le réseau de transport de chaleur parisien est un réseau vapeur. La chaleur peut être distribuée aux abonnés directement sous forme de vapeur mais il existe plusieurs sous-réseaux basse température.

L'utilisation directe de chaleur sous forme de vapeur chez les abonnés est minoritaire. Une grande majorité d'abonnés dispose d'un poste de livraison destiné à transférer la chaleur du réseau de transport et distribution vers le réseau propre de l'abonné, sous forme d'eau chaude. Certains abonnés peuvent présenter des tailles considérables et des sous-stations de distribution sur leur réseau propre. Il s'agit de petits réseaux techniques alimentés par le réseau de chaleur parisien.

D'autre part, **le réseau de chaleur parisien est interconnecté avec 8 réseaux de chaleur sur des villes voisines**. Grâce à ces interconnexions, le réseau parisien permet de fournir tout ou partie de l'énergie livrée par les réseaux concernés. Pour l'un des réseaux, l'interconnexion représente seulement un secours.

Le réseau de chaleur compte 5 880 abonnés dont 5 656 dans le périmètre de la concession (au 31 décembre 2019). La répartition des abonnés est présentée dans le tableau suivant. Le poids de chaque abonné en nombre de contrats, part de puissance souscrite et part de livraisons de chaleur, y est précisé. **Deux typologies d'abonnés représentent 65 % de l'énergie vendue. Il s'agit du résidentiel et du tertiaire.** ▼

Type d'abonné	Nombre de contrats	Puissance souscrite (MW)	Energie livrée (GWh/an)	Part des contrats	Part de puissance	Part énergie
Logements	2 971	1 707	2 137	51%	39%	45%
Tertiaire	1 617	1 218	957	27%	28%	20%
Commerces	94	77	54	2%	2%	1%
Hôtels	264	148	165	4%	3%	3%
Piscines / Gymnases / Douches	80	66	62	1%	2%	1%
Santé	131	285	485	2%	7%	10%
Enseignement	452	343	279	8%	8%	6%
Musées	105	96	119	2%	2%	2%
Divers	167	401	499	3%	9%	10%
TOTAL	5 881	4 340	4 756	100%	100%	100%

Le graphique suivant représente la répartition de la typologie d'abonnés en fonction du nombre de contrats. Abonnés résidentiels et tertiaires sont très largement prépondérants.

Établissements de santé (hôpitaux et EHPAD) et piscines constituent souvent des leviers forts pour le développement des réseaux de chaleur. Ces abonnés présentent des niveaux de consommation élevés et réguliers toute l'année. Leur raccordement revêt une importance particulière pour la valorisation de la chaleur issue des UVED en été. Dans le cas présent, leur part est marginale dans les quantités d'énergie vendue. L'augmentation de cette part pourra être un axe de développement du réseau. ►



Figure 31 : répartition des abonnés du réseau de chaleur parisien

Logements et activités tertiaires représentent près de 80 % des abonnés et 65 % de l'énergie livrée en sous-station.

Parmi ces deux typologies, on observe des disparités

de taux de raccordement en fonction du :

- type de logements (copropriétés ou logements sociaux) ;
- type d'activités (bureaux ou équipements) ▼

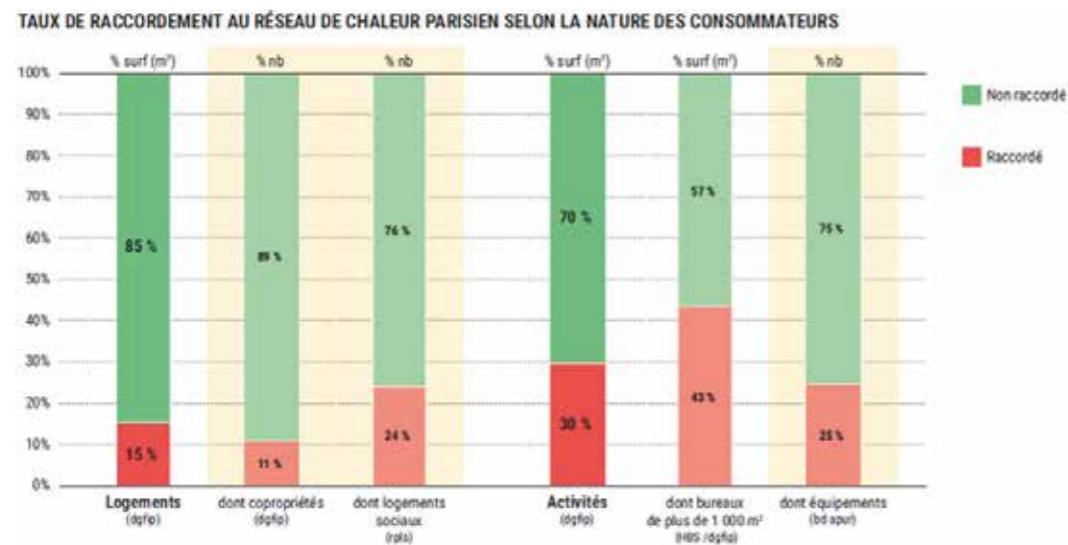


Figure 32 : taux de raccordement au réseau de chaleur selon la nature des consommateurs - Source : APUR

Pour les logements, de grandes disparités de taux de raccordement sont observées selon la période de construction : ▼

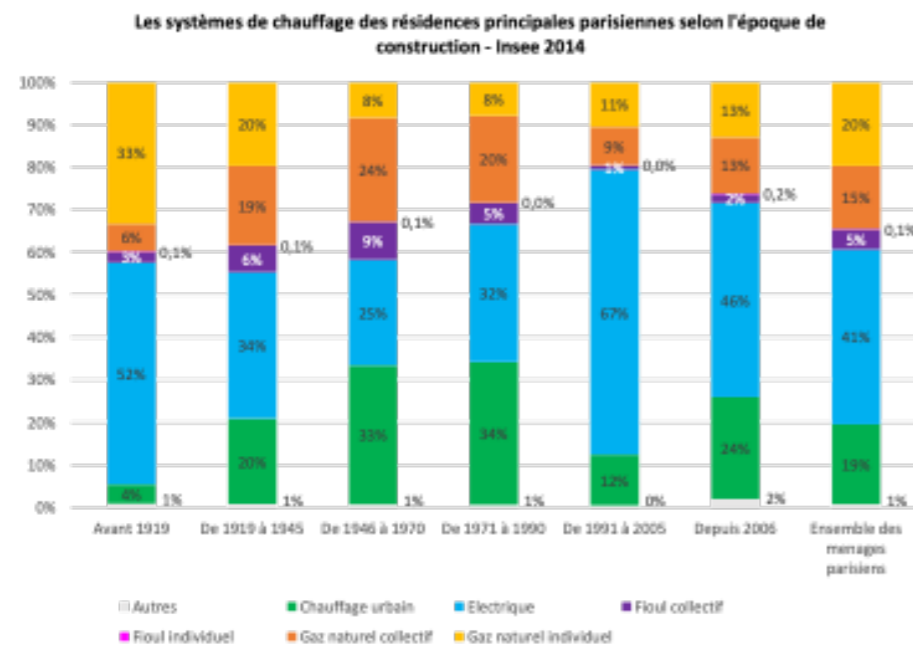


Figure 33 : système de chauffage selon la période de construction - Source : INSEE

3. ÉTAT DES LIEUX DU RÉSEAU DE CHALEUR PARISIEN

Ainsi, les logements sociaux, construits de 1946 à 1990, sont largement raccordés au réseau de chaleur. En revanche, le patrimoine plus ancien et les copropriétés sont peu desservis par le réseau.

On notera la quantité d'énergie vendue par le réseau CPCU : environ 5 TWh/an, soit 500 000 équivalent logements⁹. La quantité d'énergie vendue dans le périmètre de la concession est de 4,1 TWh/an environ, soit 410 000 équivalent logements.

La figure ci-dessous présente l'évolution du nombre de clients desservis par le réseau.

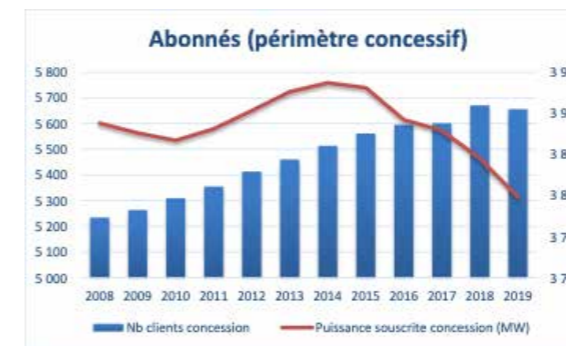


Figure 34 : système de chauffage selon la période de construction - Source : INSEE

3.1.7 LES COMMUNES VOISINES

Le réseau de chaleur dessert également 16 autres collectivités selon des modes de gestion très variables (DSP, vente en gros, appoint secours...). Le tableau suivant récapitule les modes de livraison :

COMMUNE	Points de livraison individuels desservis par la CPCU	Réseau alimenté par le réseau parisien
Gennevilliers	X	
Aubervilliers	X	
Asnières	X	
Charenton-le-Pont	X	
Gentilly	X	
Le Kremlin-Bicêtre	X	
Issy-les-Moulineaux	X	
Île-St-Denis	X	X
Boulogne-Billancourt	X	X
Ivry-sur-Seine	X	X
St-Ouen	X	X
Levallois-Perret		X
Clichy-la-Garenne		X
St-Denis		X
Choisy-le-Roy		X
Vitry-sur-Seine		X

Parmi ces collectivités, 5 d'entre elles accueillent des sites de production :

COMMUNE	Centrale de production CPCU	Centrale de production autre que CPCU
Le Kremlin-Bicêtre	X	
St-Ouen	X	X
Ivry-sur-Seine	X	X
Issy-les-Moulineaux		X
Vitry-sur-Seine		X

De fait, ces imbrications font de ce réseau un outil de collaboration territoriale à la disposition des collectivités pour leur transition énergétique rapide.

⁹ L'équivalent logement est une unité de quantité d'énergie. Elle permet d'afficher des données plus facilement appréhendables que le MWh. L'équivalent logement correspond à la consommation moyenne de chaleur d'un logement collectif en France : 10 MWh/an/logement.

3.1.8 MESURES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Un premier plan quadriennal de maintenance du réseau retour d'eau structurant a été mis en place en 2008-2013, suivi d'un second de 2014 à 2017. Le premier plan quadriennal a échoué pour différentes raisons et notamment à cause de difficultés de coordination entre la Ville de Paris et le service public de la chaleur urbaine. Le second plan quadriennal se traduit par la fiabilisation de 10 km de retour d'eau par an, dont 3 km de remplacement de retour d'eau chaque année. L'effet de ce plan est un redressement du taux de restitution des condensats jusqu'aux unités de production de chaleur, de 2014 à 2017, après une baisse quasi continue de 1998 (60 %) de taux de retour à 2014 (34 %). Ainsi, le taux de retour de condensats a atteint 43,8 % en 2017. Cette performance stagne depuis (40 % en 2018 et 43,9 % en 2019).

Taux de retour d'eau

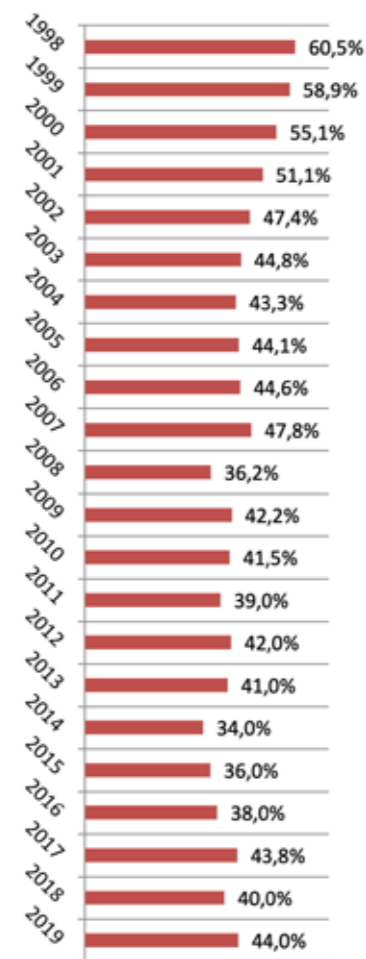


Figure 35 : suivi du taux moyen annuel de retours condensats du réseau de chaleur parisien

L'énergie est essentiellement transportée sous forme de vapeur sur le réseau de chaleur parisien. Néanmoins, il compte 27 boucles d'eau chaude représentant 34 km de réseau. Le développement des boucles d'eau chaude date des années 2000. La longueur de ce réseau a doublé de 2012 à 2016. L'intérêt des boucles d'eau chaude est de permettre de valoriser des ressources basse température et notamment des ressources renouvelables et de récupération. En outre, le rendement réseau est nettement plus élevé sur ces boucles (eau chaude à 110 °C et 6 bars au lieu de 235 °C et 20 bars).

3.1.9 CARACTÉRISTIQUES DES CENTRALES DE PRODUCTION ET DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION

Le tableau suivant présente la synthèse des moyens de production de vapeur livrée sur le réseau parisien. Les données suivantes sont présentées dans le tableau : nom du site de production, puissance installée, combustibles utilisés, quantité d'énergie produite par installation et part de l'énergie produite dans le mix énergétique (année 2019).

SITES	Puissance		Énergie livrée au réseau		
	Mwut	Nombre	Combustible	GWh	RATIO
CPCU					
BERCY	455	4	Biocombustible / Gaz	139	2,2%
IVRY	341	3	Gaz	96	1,5%
GRENELLE	505	5	Biocombustible / Gaz	151	2,3%
VAUGIRARD	341	3	Gaz	233	3,6%
KR. BICETRE + SALPETRIER	17	1	Gaz	7	0,1%
ST OUEN 1	258	2	Gaz	434	6,7%
ST OUEN 2	450	2	Bois / Charbon	1136	17,7%
ST OUEN 3	326	1	Gaz	550	8,6%
SOUS TOTAL CPCU	2 693	21		2 746	42,7%
VITRY - Cogé	350	1	Gaz	880	13,7%
SOUS TOTAL VITRY COGE	350	1		880	13,7%
SYCTOM					
		FOURS			
IVRY	146	2	Déchets	1118	17,4%
ST OUEN	146	3	Déchets	950	14,8%
ISSEANE	105	2	Déchets	694	10,8%
SOUS TOTAL SYCTOM	397	7		2 762	43,0%
PNE (géothermie)	18			23	0,4%
Clichy Batignolles	6,3			18	0,3%
SOUS-TOTAL Basse Temp	24	0		41	0,7%

On notera que plusieurs sites de production basse température permettent de contribuer au mix énergétique des boucles d'eau chaude. La boucle Paris Nord-Est est alimentée par la géothermie au Dogger (11 MW) avec pompes à chaleur (7MW) de GÉOMÉTROPOLE et des thermofrigopompes.

3. ÉTAT DES LIEUX DU RÉSEAU DE CHALEUR PARISIEN

La boucle Clichy-Batignolles est en partie alimentée par la géothermie à l'Albien, avec 3 pompes à chaleur de 2,1 MW chacune.

La boucle Boulevard Suchet est alimentée par une chaufferie bois de 800 kW. Une récupération sur data

centers avec 2 PAC de 350 kW alimente la boucle Chapelle internationale. ▼

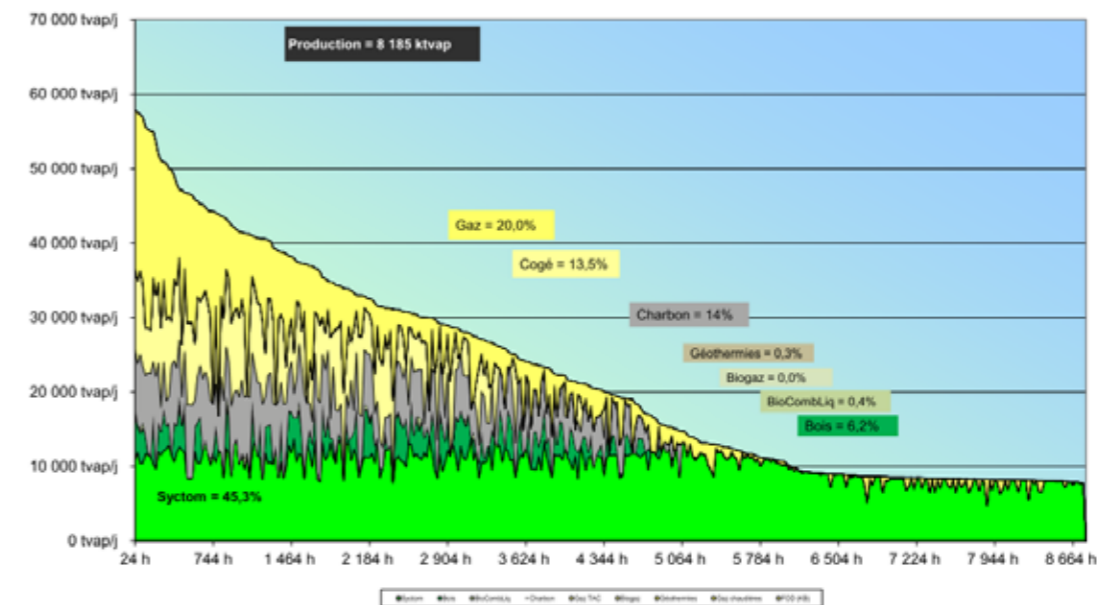


Figure 36 : monotone 2017 du réseau de chaleur - Source : CPCU

Le taux d'EnR&R injectée sur le réseau est supérieur à 50 % d'EnR&R depuis 2016, avec une incidence directe sur le prix de la chaleur pour les abonnés (application d'une TVA réduite à 5,5 % sur le terme RI). Ce taux EnR&R supérieur à 50 % reste largement dépendant de l'achat de vapeur produite par les usines de valorisation énergétique des déchets du SYCTOM (85 % de la chaleur EnR&R livrée sur le réseau). L'installation de cocombustion avec de la biomasse de Saint-Ouen est le second contributeur (près de 12 % de la chaleur EnR&R livrée sur le réseau).

3.1.10 SYNTHÈSE DE LA PRÉSENTATION DU RÉSEAU

Le réseau de chaleur parisien se distingue par ses dimensions (près de 500 km de réseau desservant 5 880 abonnés) et par la quantité d'énergie livrée : 5 TWh/an, soit 20 % de l'énergie livrée par l'ensemble des réseaux de chaleur français. Il s'étend sur le territoire de 17 communes et est alimenté par 12 centrales de production vapeur localisées dans Paris et sur le

territoire des communes périphériques. Les premières installations constituant le réseau historique datent du début du 20^{ème} siècle. Aussi, le réseau a-t-il fortement muté au cours du 20^{ème} siècle pour desservir un nombre croissant d'abonnés, s'adapter aux évolutions de la Ville, réduire les émissions dans les fumées et construire un outil d'économie circulaire permettant de valoriser l'énergie thermique issue de l'incinération des déchets du territoire.

La mutation des unités de production d'énergie permet de garantir un taux d'énergie renouvelable injecté dans le mix énergétique supérieur à 50 % depuis 2016. La recherche d'amélioration de la performance énergétique et de valorisation des ressources locales tend à développer des boucles d'eau chaude depuis le début du 21^{ème} siècle.

Le réseau continue à raccorder de nouveaux abonnés. Cette croissance est nécessaire au maintien de son équilibre, compte tenu de l'érosion constatée des puissances souscrites et des quantités d'énergie consommée par chaque abonné.

4. ANALYSE DU RÉSEAU EXISTANT

4.1 GRILLE D'INDICATEURS DE PERFORMANCE DU RÉSEAU

4.1.1 FOURNITURE DES BESOINS AUX ABONNÉS

LE TAUX D'APPEL DE PUISSANCE

Le tableau suivant présente un rappel des principales caractéristiques des sites de production de vapeur : puissance installée, combustible utilisé et quantité d'énergie livrée. Le nombre d'heures équivalent pleine puissance est précisé par site et par producteur d'énergie.

Ces indicateurs mettent en évidence la priorisation des installations de production dans le mix énergétique et leur disponibilité. Les données de référence utilisées sont les données 2016.

Ainsi, la priorité donnée à la vapeur des usines d'incinération est effective, avec des disparités observées selon les usines d'incinération, qui peuvent s'expliquer par des disponibilités effectives différentes. L'usine de Saint-Ouen a fourni de la vapeur à pleine puissance quasiment en continu sur toute l'année 2016.

Après la vapeur issue des usines du SYCTOM, la centrale de Saint-Ouen, en cocombustion charbon biomasse a été appelée en priorité, avec un équivalent pleine puissance de près de 3 000 heures. Les cogénérations gaz (VITRY COGE) ont fonctionné en appoint, avec un équivalent pleine puissance moyen de près de 2 600 heures. Les autres installations de production de vapeur, exploitées par CPCU, ont fonctionné pour répondre aux besoins de pointe entre 60 et 1 330 heures équivalent pleine puissance selon l'installation. ▼

SITES	Puissance	Générateurs	Energie livrée au réseau		Nb heures équivalent P nominale
	Mwut	Nombre	Combustible	GWh	
CPCU					
BERCY	455	4	Biocombustible / Gaz	139	281
IVRY	341	3	Gaz	96	259
GRENELLE	505	5	Biocombustible / Gaz	151	276
VAUGIRARD	341	3	Gaz	233	628
KR. BICETRE + SALPETRIER	17	1	Gaz	7	412
ST OUEN 1	258	2	Gaz	434	1 550
ST OUEN 2	450	2	Bois / Charbon	1136	2 295
ST OUEN 3	326	1	Gaz	550	1 687
SOUS TOTAL CPCU	2 693	21		2 746	946
VITRY - Cogé	350	1	Gaz	880	2514
SOUS TOTAL VITRY COGE	350	1		880	2 514
SYCTOM					
		FOURS			
IVRY	146	2	Déchets	1118	7 658
ST OUEN	146	3	Déchets	950	6 507
ISSEANE	105	2	Déchets	694	6 610
SOUS TOTAL SYCTOM	397	7		2 762	6 957

Chiffres 2019

4. ANALYSE DU RÉSEAU EXISTANT

Ainsi, la puissance installée sur le réseau vapeur est de 3 650 MW. La puissance complémentaire installée sur boucles d'eau chaude est de 25 MW. La quantité d'énergie totale livrée sur le réseau s'élève à 4 756 GWh/an en 2019, **soit un taux d'appel pleine puissance de 1 300 heures**. Plus cette valeur est élevée, plus elle traduit une sollicitation à régime de puissance élevée sur une longue période et ainsi un meilleur amortissement des investissements dans les équipements de production.

LE TAUX D'INTERRUPTION DE SERVICE PONDÉRÉ

Le taux d'interruption pondéré du service est un indicateur représentatif de la continuité de service.

La pondération vise à affecter un poids plus important aux interruptions de services touchant des gros abonnés ou des portions importantes du réseau.

L'indicateur est construit selon la formule suivante :

$$\frac{\Sigma (\text{heures d'arrêt des sous-stations} \times \text{puissance souscrite})}{\text{période de fonctionnement} \times \text{puissance souscrite totale}}$$

Le taux d'interruption est stable sur la période 2011 - 2019, hormis 2016. Une crue de la Seine a engendré une forte hausse en 2016. ▼

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Taux moyen d'interruption du service	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,4%	0,09%	0,1%	0,13%
Durée moyenne d'interruption (en heure)	11	10	9	9	19	39	10	9	10

La durée moyenne d'interruption du service est également suivie. Les mêmes variations sont observées que pour le taux d'interruption pondéré du service. Hors phénomènes liés à la crue de la Seine en 2016, la durée moyenne d'interruption est de 9 heures.

Une baisse constante de cet indicateur est observée de 2008 à 2019. Cette baisse est liée à une réduction de la densité d'abonnés par km (-5 % de 2008 à 2019) et une diminution des puissances souscrites par abonné (-7 % sur la même période).

LA DENSITÉ DE PUISSANCE SOUSCRITE

L'évolution de la densité de puissances souscrites par km de réseau est suivie.

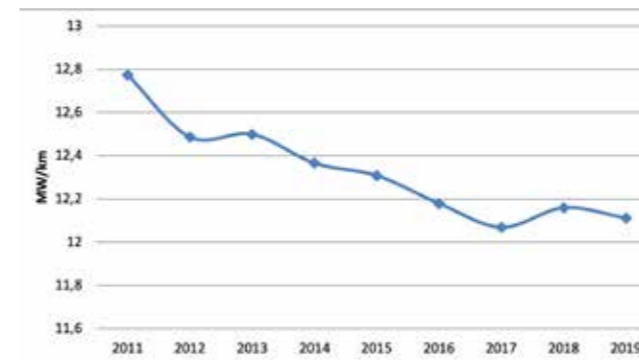


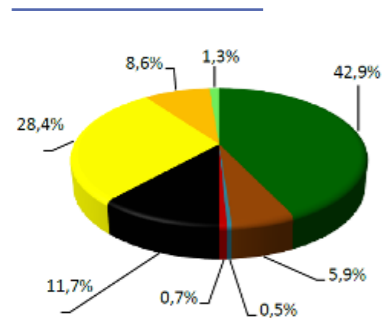
Figure 37 : Évolution de la puissance souscrite - Source Analyse Ville de Paris

La baisse de la puissance souscrite par km est due à plusieurs phénomènes : des optimisations des puissances souscrites chez les clients, le développement de boucles d'eau chaude avec des densités moindres d'abonnés par km, en raison de bâtiments plus performants.

4.1.2 PRÉSERVATION DU CADRE DE VIE, DU MILIEU NATUREL ET SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS

BOUQUET ÉNERGÉTIQUE

Depuis 2016, la couverture EnR&R est supérieure à 50 %, avec une part prépondérante de fourniture de vapeur par les usines de valorisation énergétique des déchets du SYCTOM.



■ OM ■ Bois ■ Biocombustible liq
■ Géothermie (Eq tv) ■ Charbon
■ Gaz AA/PC ■ Gaz RS ■ Biogaz

Figure 38 : mix énergétique du réseau de chaleur (2019)

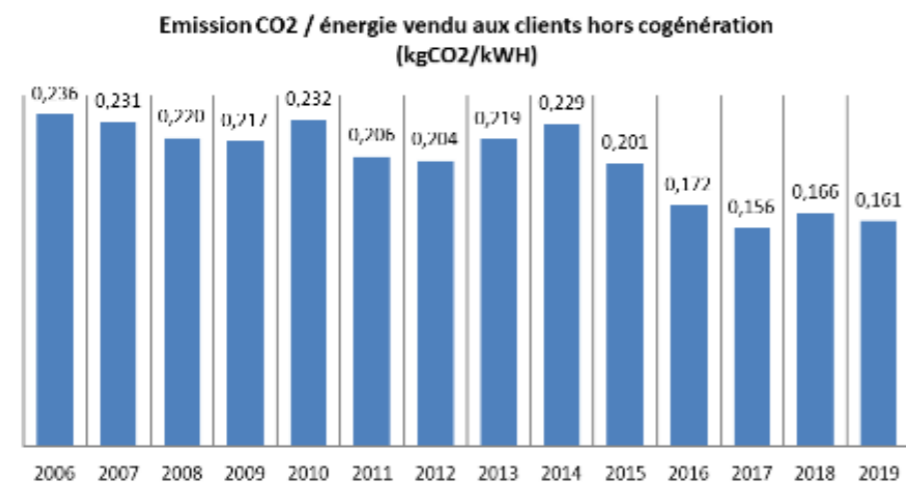


Figure 39 : évolution des émissions de CO₂ par rapport à l'énergie thermique livrée au réseau sur la période 2006 à 2018 - Sources : CPCU, Ville de Paris

Les principales évolutions du mix énergétique sur ces dernières années sont les suivantes :

- Arrêt complet du fioul lourd sur les 5 derniers sites (travaux 2014-2017).
- Introduction des biocombustibles – Conversion de 4 chaudières du parc fioul au biocombustible.
- Mise en place au 1^{er} trimestre 2016 de la cocombustion charbon/biomasse à Saint-Ouen II.
- Mise en service de la géothermie Clichy-Batignolles en 2017.

EMISSIONS DE CO₂ ET POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

Emissions de CO₂

Sur les trois dernières années, les émissions de CO₂ sont en diminution, notamment grâce à la diminution progressive du fioul et à l'intégration d'énergies moins émettrices, comme la biomasse, ou encore le recours prioritaire à la vapeur produite par le SYCTOM.

De 2012 à 2018 il a ainsi été observé une baisse de 19 % des émissions par unité d'énergie produite, mais le ratio global reste supérieur à la moyenne des réseaux français : **147 kg CO₂/MWh**, pour une moyenne nationale de 116 kg CO₂/MWh. ▼

4. ANALYSE DU RÉSEAU EXISTANT

Autres polluants atmosphériques

Les différents polluants atmosphériques suivis sont :

- les NO_x : oxydes d'azote ;
- le SO₂ : dioxyde de soufre ;
- les poussières. ▼

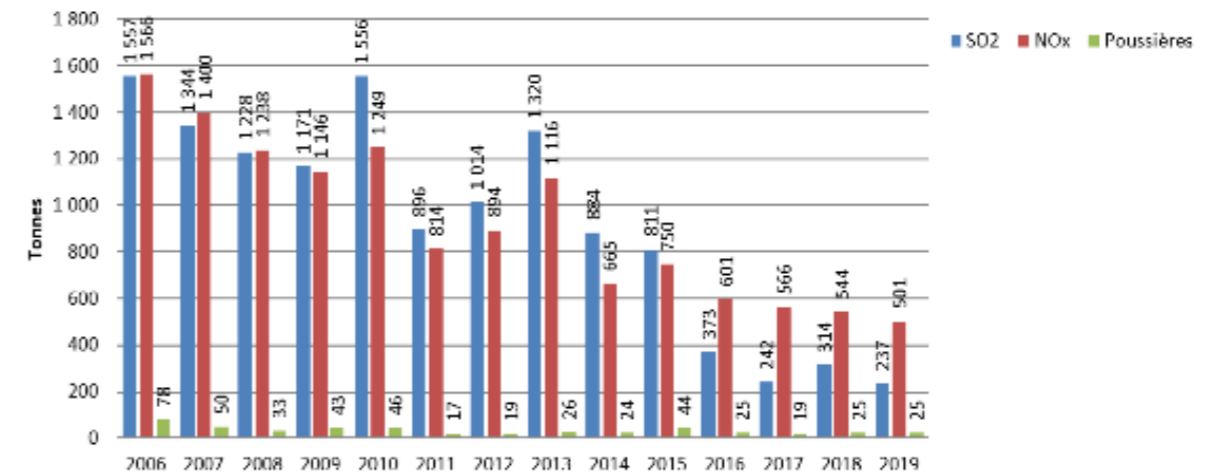


Figure 40 : évolution des quantités de polluants rejetés dans l'atmosphère de 2010 à 2016 - Sources : CPCU, Ville de Paris

Les émissions sont en baisse sur ces dernières années, avec notamment la diminution progressive puis arrêt du fioul, ainsi que la diminution de la part du charbon.

L'augmentation d'émission de poussières en 2015 s'explique par un recours plus important au fioul pour vider les cuves et une baisse de la qualité du charbon brûlé.

Par rapport à 2006, la quantité d'émissions par unité d'énergie produite a diminué de :

- 65 % pour les NO_x ;
- 80 % pour le SO₂ ;
- 68 % pour les poussières.

Les centrales sont soumises à des Valeurs limites d'émissions (VLE). Les taux d'émissions instantanées sont transmis à la DRIEE, et les dépassements des valeurs sont consignés et peuvent être sanctionnés. Ces dépassements peuvent, entre autres, entraîner une indisponibilité des centrales (524 heures sur la saison 2015-2016). ▼

NOMBRE DE DÉPASSEMENTS PAR TYPE DE COMPOSÉS	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Suivi du nombre de dépassements d'une durée supérieure à 48 h du seuil réglementaire de NO_x	25	2	0	1	0	0	0
Suivi du nombre de dépassements d'une durée supérieure à 48 h du seuil réglementaire de SO₂	11	5	1	1	0	0	0
Suivi du nombre de dépassements d'une durée supérieure à 48 h du seuil réglementaire de poussières	5	7	0	0	0	0	0

Figure 41 : nombre de dépassements des VLE des centrales CPCU - Source : Audit technique 2017 E3C

Le nombre de dépassements des VLE a fortement diminué entre 2015 et 2016, à la suite des changements des combustibles.

Les efforts sont à continuer, surtout avec des VLE avec une tendance à la baisse.

FACTEUR DE RESSOURCE PRIMAIRE

La mise en place de la cocombustion charbon et biomasse ainsi que le recours aux biocombustibles et la géothermie ont permis d'atteindre, en 2016, le seuil de 50 % d'EnR&R.

Le verdissement du réseau permet ainsi une amélioration de la qualité de l'air en diminuant la part des énergies primaire, induisant une baisse des émissions CO2 et des polluants locaux.

Cette diminution du recours aux énergies primaires peut s'évaluer avec le facteur de ressource primaire, représentant le ratio de la quantité d'énergie primaire consommée sur la quantité d'énergie thermique consommée. Une baisse très nette de cet indicateur est observée depuis 2014. L'année 2018 marque cependant une légère hausse à cause d'une moindre production issue des cogénérations. Les consommations des cogénérations sont déduites du calcul du cumul des énergies primaires non renouvelables (calcul normé pour favoriser la production d'énergie avec une efficacité énergétique élevée). ▼

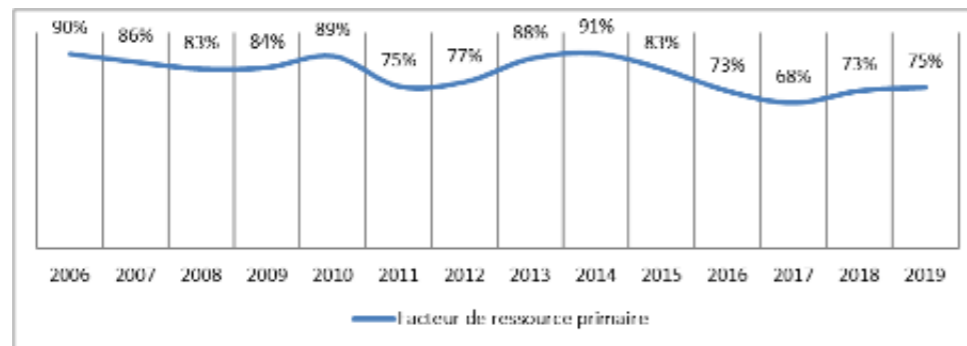


Figure 42 : évolution du facteur de ressource primaire sur les dernières années - Sources : Ville de Paris, CPCU

CONSOMMATION D'EAU SUR LE RÉSEAU

Le volume d'eau injecté dans le réseau en 2019 était de 8 031 milliers de tonnes de vapeur (8 009 en 2015). La restitution en eau était de 3 527 milliers de tonnes (2575 en 2015).

Le graphique suivant présente le suivi de l'indicateur de consommation d'eau du réseau par MWh livrée. La consommation en eau est fortement liée aux pertes d'eau sur le réseau retour d'eau. Aussi, la dégradation du taux de retour d'eau jusqu'à 2014 s'observe sur le graphique suivant. Une légère amélioration est constatée depuis. ▼

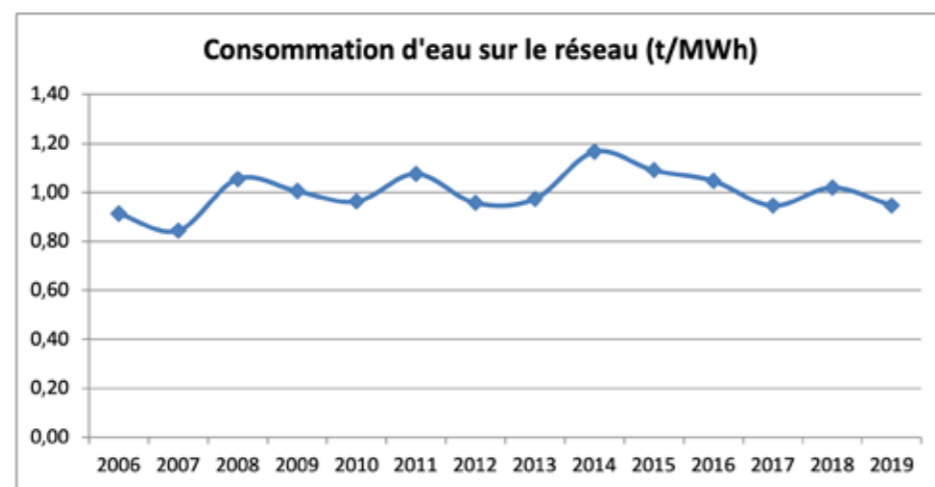


Figure 43 : consommation d'eau sur le réseau - 2006 à 2019 - Sources : Ville de Paris, CPCU

4. ANALYSE DU RÉSEAU EXISTANT

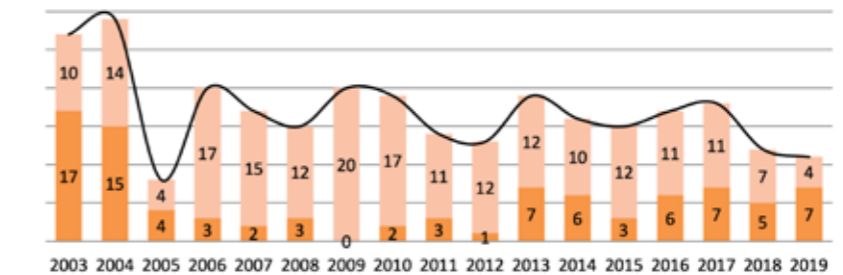
SINISTRES

Les données sur les sinistres et leur durée pour l'année 2019 sont :

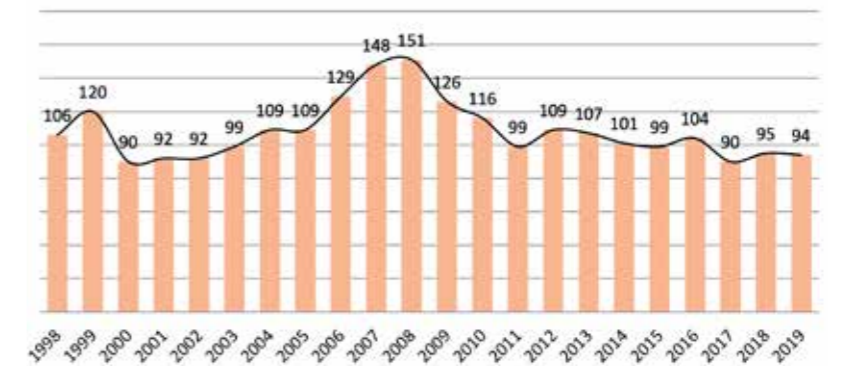
- Réseau vapeur : 11 fuites contre 12 en 2018 et 18 en 2017, d'une durée moyenne de 2 jours.
- Retour d'eau : 94 fuites contre 95 en 2018 et 90 en 2017, d'une durée moyenne de 87 jours. ▼

Nombre de fuite vapeur

- Fuites liées aux corrosions-érosions
- Fuites non liées aux corrosions-érosions



Nombre de fuites sur réseau retour



La durée moyenne de réparation correspond au temps écoulé entre le début de l'incident et la remise en service de la canalisation. Pour le réseau vapeur, ce délai est court car l'intervention est réalisée en urgence. Pour le retour d'eau, il faut compter une dizaine de jours de recherche de fuite, 38 jours pour les démarches administratives et 30 jours pour la réalisation des travaux. Le délai peut être majoré d'une vingtaine de jours en cas d'intervention sur chaussée amiantée. ▼

Ce taux progresse tendanciellement depuis 2013, en raison notamment de l'impact du plan quadriennal de fiabilisation des retours condensats : le volume horaire des arrêts consacrés à la maintenance sur ce réseau a une incidence directe sur le taux d'heures d'arrêts programmés.

Les interventions préventives pour le gros entretien des installations permettent de réduire les incidents sur le réseau et de sécuriser la pérennité de la fourniture d'énergie. Le graphique suivant permet de visualiser les moyens consacrés au gros entretien et renouvellement des installations, via l'indicateur de rapport des dépenses d'entretien sur recettes fixes. On constate une hausse marquée des dépenses de gros entretien et renouvellement de 2009 à 2015. En revanche, depuis 2015, les efforts sont moins soutenus. ▼

4.1.3 PÉRENNITÉ DE LA FOURNITURE D'ÉNERGIE

Taux d'heures d'arrêts programmés

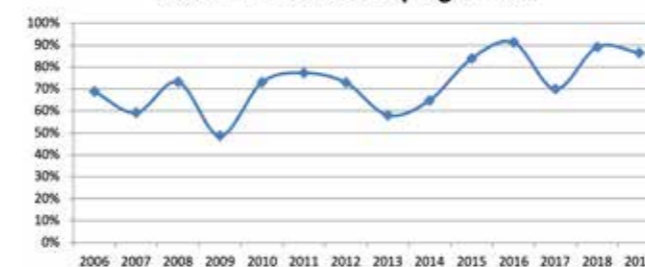


Figure 44 : évolution du taux d'heures d'arrêts programmés - Source : Analyse Ville de Paris

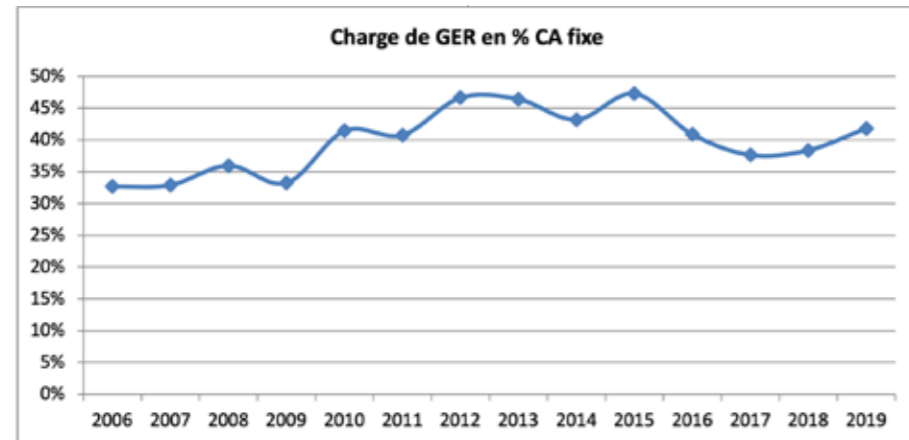


Figure 45 : évolution du GER - Source : analyse Ville de Paris

4.1.4 SATISFACTION DES ATTENTES DES ABONNÉS ET USAGERS VIS-À-VIS DU SERVICE

PRIX DU SERVICE

Le tableau suivant présente les tarifs figurant dans la Convention du service de distribution de chaleur par le réseau parisien. Il s'agit des tarifs depuis le 1^{er} Janvier 2016 qui n'ont pas évolué depuis.

Ces tarifs sont déclinés en fonction de la nature du fluide caloporteur mis à disposition du poste de livraison (vapeur ou eau chaude), de la position du comptage (sur circuit primaire ou secondaire) et du niveau de besoins de l'utilisateur (moyenne ou longue utilisation).

Les tarifs moyens des termes R1 et R2 sont calculés sur l'année 2016 en sommant l'ensemble des recettes R1 et R2 et en les divisant respectivement par le volume d'énergie vendue sur le réseau et par la puissance souscrite par l'ensemble des abonnés. ▼

Fourniture d'énergie (Tarifs HORS TVA)					
Réseau Vapeur		Abonnement	Consommation (€/t)		
Comptage sur condensats		Annuel (€/kW)	Hiver	Été	
T100	Longue utilisation	33,00	45,40	28,15	
T110	Moyenne utilisation	25,70	51,20	35,95	
			Consommation (€/MWh)		
Comptage sur circuit secondaire			Hiver	Été	
T200	Longue utilisation	33,00	68,50	42,45	
T210	Moyenne utilisation	25,70	77,20	54,30	
Réseau Eau Chaude		Abonnement	Consommation (€/MWh)		
Comptage sur circuit primaire		Annuel (€/kW)	Hiver	Été	
T300	Longue utilisation	33,00	68,50	42,45	
T310	Moyenne utilisation	25,70	77,20	54,30	
Vente de chaleur (Tarifs HORS TVA)					
Réseau Vapeur		Abonnement Annuel (€/kW)		Consommation (€/t)	
Comptage sur circuit secondaire		Public	Privatif	Hiver	Été
T231	P > 400 kW Contrat > 15 ans	33,00	27,45	68,50	42,45
T232	P < 400 kW Contrat > 15 ans	33,00	47,40	68,50	42,45
Réseau Eau Chaude		Abonnement Annuel (€/kW)		Consommation (€/MWh)	
Comptage sur circuit primaire		Public	Privatif	Hiver	Été
T334	Contrat > 15 ans	33,00	24,65	68,50	42,45

RÉCLAMATIONS DES USAGERS

Le nombre de réclamations clients est suivi chaque année avec distinction de la nature des réclamations : relations clients, techniques, financières, communication, autre. Sur les années 2012 à 2017, une relative stabilité du volume global de réclamations est observée. Le nombre de réclamations techniques est en forte baisse en 2016. Des réclamations tarifaires sont observées en 2016 et un très fort pic de réclamations techniques en 2018.

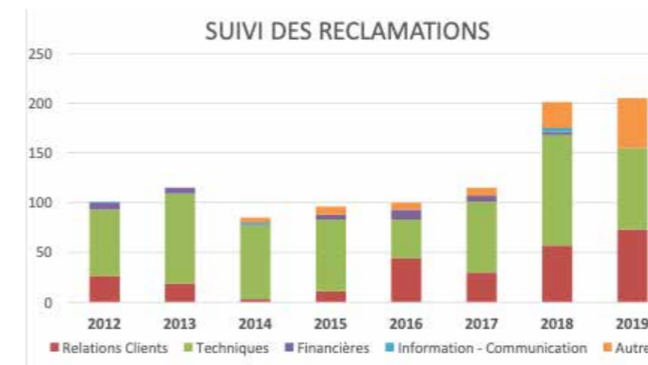


Figure 46 : évolution des réclamations entre 2012 et 2019. Source : CPCU, Ville de Paris

4.1.5 SYNTHÈSE DES INDICATEURS DE PERFORMANCE DU RÉSEAU

En bref

Le réseau de distribution de chaleur maillé, avec de multiples sites de production, offre une sécurité d'approvisionnement aux abonnés du réseau. Cette sécurité est liée à la mobilisation de multiples ressources énergétiques, la possibilité de fournir l'énergie en un point du réseau à partir de plusieurs branches, la maîtrise des arrêts non programmés et l'effort sur les ressources consacrées aux travaux de gros entretien.

La sécurisation de la production d'énergie induit le fonctionnement intermittent de certaines centrales de production, avec un taux d'appel plus faible. Les unités de production constituant la base de la fourniture d'énergie au réseau (UVED) présentent des taux d'appel de puissance très élevés. Après une période de stabilité du nombre de réclamations, un pic est constaté en 2018 et appelle une vigilance pour les années à venir.

La forte mobilisation de ces installations, associée au développement de la biomasse en cocombustion et au déploiement de solutions renouvelables sur boucle d'eau chaude, participe au verdissement du réseau, fortement engagé depuis 2016.

Le réseau fait face à un défi de maîtrise de ses coûts dans un contexte de réduction des consommations d'énergie par abonné et de réduction de la puissance souscrite par mètre linéaire de réseau.

4.2 ANALYSE TECHNIQUE

4.2.1 LES INSTALLATIONS CONCÉDÉES

4.2.1.1 LINÉAIRE DE RÉSEAU

Le réseau de distribution comprend un linéaire de près de 500 km pour relier les centrales de production à l'ensemble des abonnés, répartis comme suit :

LINÉAIRE RÉSEAU	Paris	Hors Paris
Vapeur et retour d'eau	346 km	31 km
Vapeur sans retour	19 km	2 km
Boucle eau chaude	31 km	3 km
SOUS-TOTAL	396 km	36 km
Branchement	45 km	2 km
Transport d'eau	5 km	1 km
TOTAL	446 km	39 km

Tableau 1 : linéaires de réseau - Source : CPCU, 2019

Les canalisations de « transport d'eau » sont des liaisons d'eau froide entre centrales, qui ne participent pas directement à la distribution de chaleur aux clients. Il s'agit d'un transport d'eau entre la centrale de Grenelle et la centrale de Vaugirard, d'une part, et l'usine SYCTOM D'ISSÉANE, d'autre part.

L'âge moyen des installations est de :

- 39 ans pour le réseau vapeur ;
- 34 ans pour le réseau retour d'eau ;
- 33 ans pour les compensateurs.

À noter que plus de 48 % des canalisations concédées ont plus de 40 ans. Compte tenu de la nature des installations, l'ancienneté des équipements est moyenne. Il convient de noter que le taux d'intervention sur le réseau vapeur est faible, traduisant un bon état d'usage des équipements de transport et distribution.

Le DN moyen du réseau est proche du DN 250, avec une épaisseur standard d'isolant de 60 mm, les isolants principalement utilisés étant la laine de roche et la laine de verre.

Fluides caloporteurs

En moyenne, la vapeur est à une température de 235 °C, et une pression de 20 bars. Sur les BEC, de l'eau chaude est utilisée à une température de départ inférieure à 110 °C et une pression de 6 bars.

4.2.1.2 ÉVOLUTION DU LINÉAIRE DU RÉSEAU

Le graphique suivant illustre la croissance du réseau parisien entre 2011 et 2019, **avec une croissance moyenne de 5 km/an** de canalisations vapeur, retours d'eau et boucles d'eau chaude (dans Paris). **Les boucles d'eau chaude se sont développées** sur un rythme moyen annuel de **2,5 km/an** depuis 2012. **Ces modes de distribution sont de plus en plus mobilisés** pour valoriser davantage les ressources locales et de récupération et bénéficier d'un rendement réseau plus élevé.



Figure 47 : évolution du linéaire du réseau parisien de 2011 à 2019

La cartographie suivante présente l'état du réseau en 2018 et localise les boucles d'eau chaude. ▼

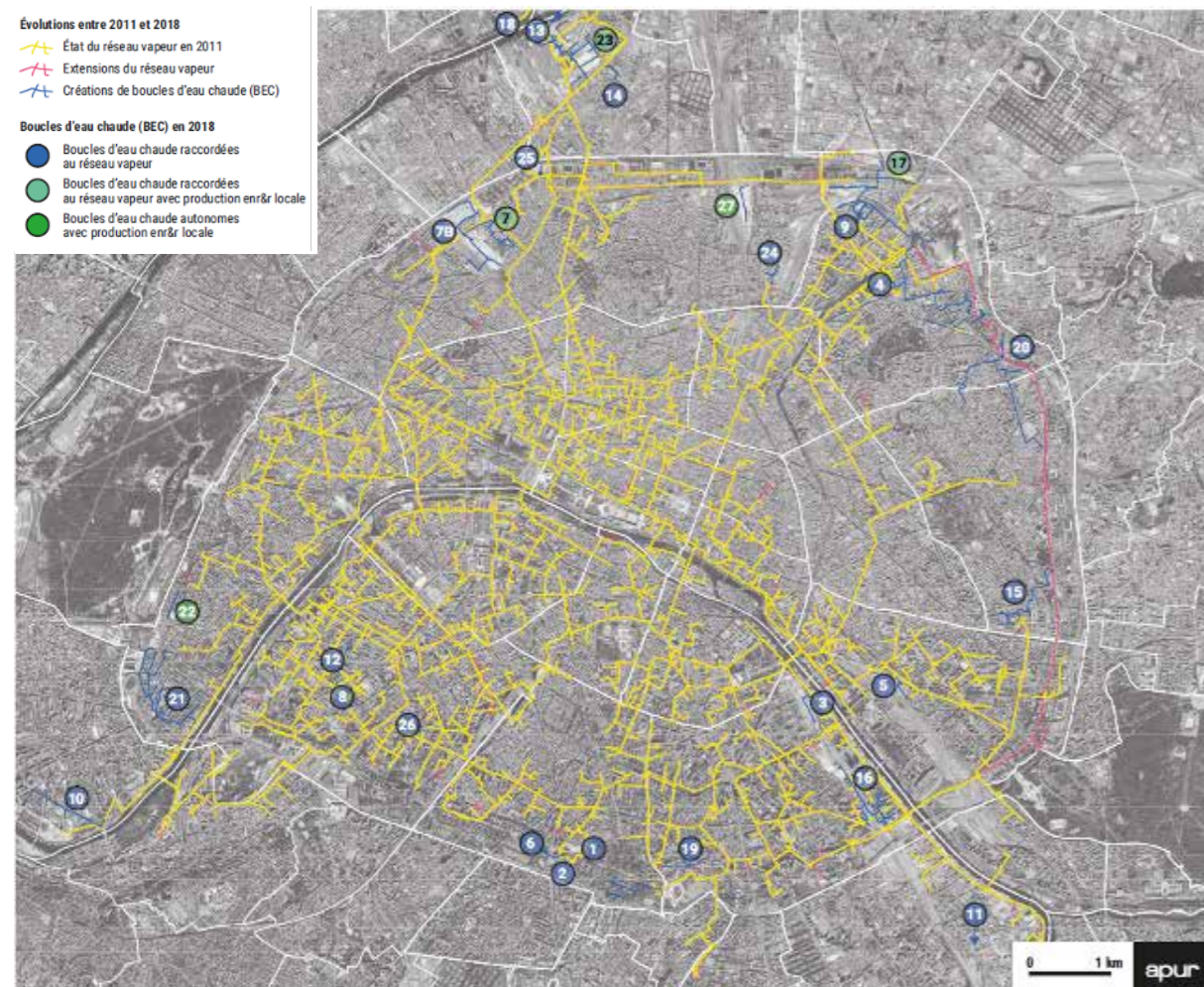


Figure 48 : cartographie du réseau de chaleur parisien en 2018 - Source APUR

4. ANALYSE DU RÉSEAU EXISTANT

4.2.2 ÉTAT DU RÉSEAU

RÉSEAU VAPEUR

L'état général du réseau vapeur est plutôt satisfaisant. Les bonnes conditions d'exploitation sont à conserver, notamment la maîtrise du pH (depuis 2013, un traitement inapproprié de la vapeur de l'UIOM d'Ivry a eu pour conséquence la recrudescence de fuites par corrosion-érosion sur un tronçon). **La sinistralité du réseau est faible**, avec moins de 20 fuites en moyenne sur les 5 dernières années.

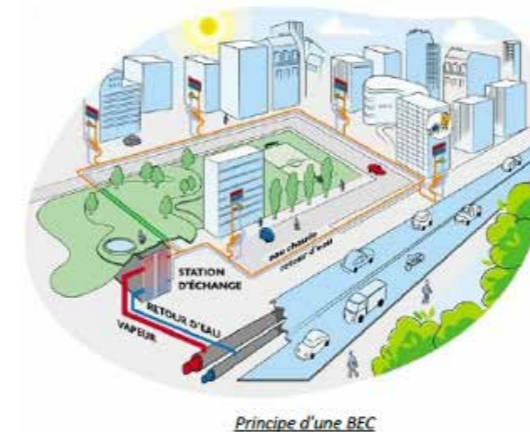
Un faible vieillissement du réseau est constaté. L'espérance de vie des canalisations est actuellement estimée à 150 ans, échéance à réévaluer périodiquement.

RÉSEAU DES RETOURS D'EAU (RÉSEAU RE)

Le réseau de retour des condensats est plus vétuste que le réseau vapeur, avec une sinistralité plus importante, une centaine de fuites par an. Ce point est développé dans la partie 1, point 2.4.

BOUCLES D'EAU CHAUDE (BEC)

Le réseau de chaleur CPCU compte 27 BEC. Elles connaissent un fort développement depuis 10 ans. Compte tenu de l'âge moyen des BEC (10 ans) et de la technologie connue et éprouvée, l'état des BEC est jugé correct. Cependant, peu de données permettent d'en juger.



Il a ainsi été envisagé un projet de conversion du réseau vapeur en BEC, avec pour objectif le passage de 60 % des clients sur 36 BEC.

Ce projet a été mis en œuvre sur le secteur Ardennes, qui présentait des signes de vieillissement. Le retour d'expérience a été plutôt négatif : un retard dans le projet, notamment dû à un impact important d'occupation de voirie et de difficulté à obtenir les autorisations, et des coûts plus importants que le prévisionnel (coûts hors premiers investissements supérieurs de 10 % au prévisionnel).

Il a donc été conclu la non-possibilité de conversion du réseau vapeur en BEC, qui seront donc développées principalement en création.

Le détail des BEC est fourni en Annexe 1.3



Figure 49 : emplacement des BEC - Source : CPCU

4.2.2.1 RENDEMENTS ÉNERGÉTIQUES

Le rendement énergétique de production moyen sur l'ensemble des installations CPCU, en légère baisse (baisse d'un point par rapport à la moyenne des 6 années précédentes), s'établit à 84,7 % pour 2016. Le fonctionnement des installations avec la biomasse et les biocombustibles à partir de 2016 explique en partie cette baisse.

Le Rendement global du réseau (REG) est quant à lui plutôt stable sur les dernières années. Il est de 70 % en 2016.

Le rendement de la distribution (IPDV – Indicateur de Performance Distribution Vapeur) est de 74,37 % en 2016. ▶

Les BEC présentent certains avantages face au réseau vapeur, notamment :

- moins de pertes ;
- moins de risques d'accidents ;
- faible sinistralité ;
- développement de systèmes alternatifs de production ou de récupération de chaleur.

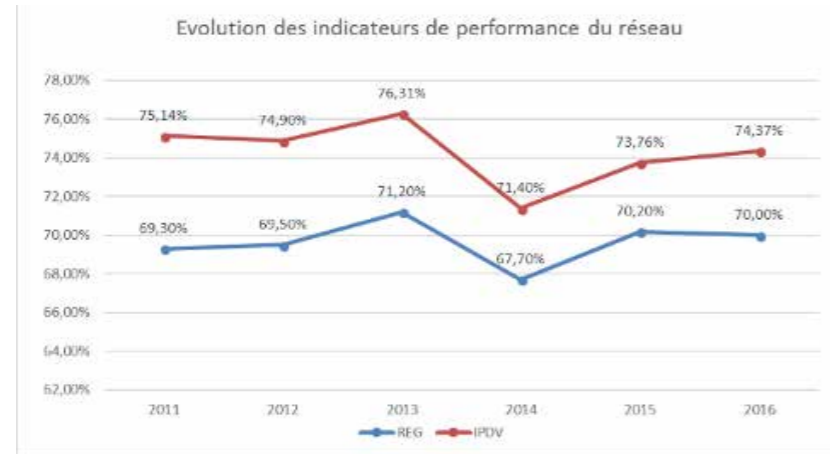


Figure 50 : évolution des indicateurs de performance du réseau sur les cinq dernières années - Sources : CPCU, Ville de Paris

Les pertes se répartissent de la façon suivante : ▼

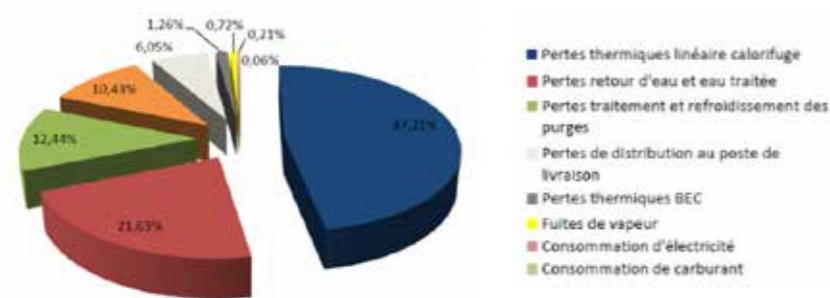


Figure 51 : répartition des pertes sur le réseau - 2016 - Source : Audit technique 2017 E3C

Les valeurs présentées dans les pages suivantes correspondent à l'état du réseau fin 2016.

4.2.3 SYNTHÈSE DE L'ANALYSE TECHNIQUE

Le réseau de distribution se développe chaque année, permettant d'éviter la baisse des quantités d'énergie livrées, malgré les améliorations réalisées par les usagers pour réduire leurs besoins de chaleur. Sur la période 2011-2019, la croissance du réseau de distribution est de 5 km/an en moyenne. Les boucles d'eau chaude occupent une place de plus en plus

importante dans le développement. Depuis 2010, le développement des boucles d'eau chaudes représente la moitié du linéaire de nouveaux réseaux. Ces boucles ont pour intérêt de faciliter la valorisation de ressources renouvelables et de récupération et de présenter de meilleurs rendements de distribution (90 % au lieu de 70 %).

Le suivi du réseau met en évidence un bon état du réseau de vapeur. Le risque lié à la dégradation de l'état du réseau concerne prioritairement le retour d'eau.

4. ANALYSE DU RÉSEAU EXISTANT

4.3 CADRE JURIDIQUE ET CONTRACTUEL

4.3.1 LA COMPAGNIE PARISIENNE DE CHAUFFAGE URBAIN

Entreprise publique locale, filiale de la Ville de Paris et d'Engie Énergie Services (Groupe Engie), CPCU est délégataire de la Ville de Paris du service public de distribution de chaleur pour tous usages par la vapeur ou l'eau chaude sur le territoire de la Ville de Paris.

CPCU est une société anonyme au capital de 27 605 120 €, cotée en bourse, dont l'actionnariat se décompose comme suit :

- 66,50 % : Engie Énergie Services
- 33,50 % : Ville de Paris

4.3.2 LA CONVENTION DE CONCESSION

La Convention de concession a été conclue le 10 décembre 1927.

Elle a été modifiée par onze avenants : n°1 du 1^{er} mars 1930, n°2 du 3 juin 1933, n°3 du 26 mars 1948, n°4 du 27 janvier 1954, n°5 du 13 juin 1983, n°6 du 9 janvier 1987, n°7 du 10 juin 1993, n°8 du 20 décembre 2004, n°9 du 9 avril 2009, n°10 du 27 juillet 2012 et n°11 du 17 septembre 2020.

La date d'échéance est le 31 décembre 2024.

LE PÉRIMÈTRE DE LA DÉLÉGATION DE SERVICE PUBLIC

CPCU est délégataire du service public de **distribution de chaleur** pour tous usages par la vapeur ou l'eau chaude sur le **territoire de la Ville de Paris**, par convention de concession en date du 10 décembre 1927, modifiée par ses avenants 1 à 11. Dans ce cadre, le concessionnaire s'engage à réaliser, financer et exploiter les installations et équipements entrant dans le domaine concédé, et plus largement à assurer le service public de distribution de chaleur à ses risques et périls et dans le cadre des dispositions définies à la présente Convention de concession et ses annexes. **Le terme de la concession est fixé au 31 décembre 2024.**

Le périmètre des installations concédées est atypique puisque **seul le réseau de transport et distribution de l'énergie calorifique y est intégré**. Sont **exclus** du périmètre les ouvrages de **production** d'énergie calorifique

Une grande partie (90 %) des postes de livraison sont gérés directement par les clients via des contrats de service.

RÉSEAU DE CHALEUR - PÉRIMÈTRE DE LA CONCESSION PARISIENNE PAR RAPPORT À UNE SITUATION CLASSIQUE

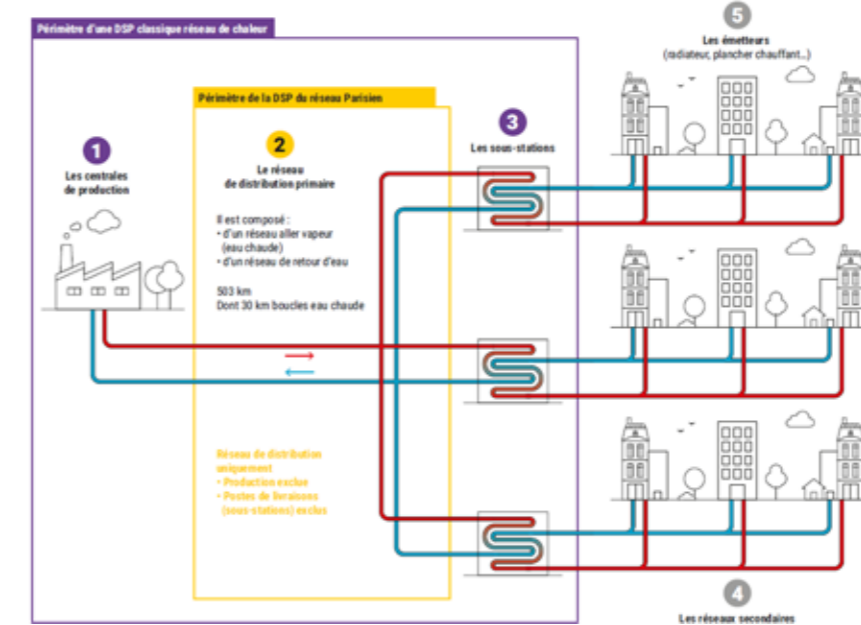
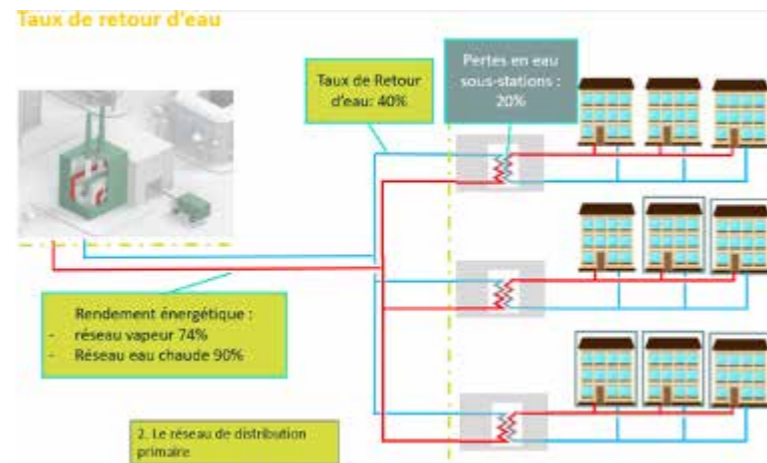


Figure 52 : représentation schématique du périmètre de la DSP - Source APUR

Cette situation rend le cas du réseau parisien atypique par rapport au périmètre retenu pour les réseaux de chaleur français, en général. Avec cette configuration, le délégataire ne maîtrise pas les moyens de production par le contrat de concession

mais par sa position d'actionnaire, et maîtrise partiellement l'interface avec les abonnés, ce qui ne permet pas d'avoir une vision de l'état de ce patrimoine et en particulier du bon fonctionnement du retour d'eau. ▼



Le concessionnaire fait usage des ouvrages et canalisations établis en vertu de la concession pour toutes distributions de chaleur, y compris en dehors du territoire de Paris, à la condition expresse qu'il n'en résulte aucune entrave au bon fonctionnement du service public concédé et que toutes les dispositions du traité de concession soient remplies. Pour les fournitures de chaleur faites en dehors du territoire de la Ville de Paris, le concessionnaire est tenu de prévoir la substitution de la Ville de Paris dans les droits et obligations du concessionnaire, en cas de reprise des installations par la Ville de Paris, soit en fin de concession, soit en cas de rachat ou de déchéance.

L'ensemble des branchements dans les conditions définies à l'article 30 de la Convention de DSP, canalisations, installations et ouvrages accessoires, nécessaires à la distribution et au transport de chaleur par la vapeur ou l'eau chaude, situés sur le territoire de la Ville de Paris, ainsi que ceux qui seront réalisés sur le territoire de la Ville de Paris par le concessionnaire, dans le cadre des programmes pluriannuels de travaux de premier établissement ou de modernisation approuvés par le Maire de Paris, la liste des clients et les contrats en cours avec la clientèle qui entrent dans l'objet de la concession, **font partie du domaine concédé et constituent des biens de retour** qui seront repris par le concédant à l'expiration de la concession ainsi qu'en cas de déchéance ou de rachat.

ÉCONOMIE GÉNÉRALE DU CONTRAT

La Ville de Paris concède à CPCU la distribution de chaleur pour tous usages par la vapeur ou l'eau chaude sur le territoire de la Ville de Paris et lui accorde, pendant toute la durée de la concession, un privilège exclusif pour l'occupation du sol de la voie publique.

Le concessionnaire doit établir, conserver et entretenir sur le territoire de la Ville de Paris les canalisations et installations nécessaires au service concédé.

Descriptif général des biens de la concession

La convention de concession définit les biens du concessionnaire faisant partie du domaine concédé, dits « biens de retour », par opposition aux biens ne faisant pas partie du domaine concédé, dits « biens de reprise ».

Les biens de retour sont les suivants :

- les canalisations, installations et ouvrages accessoires nécessaires à la distribution ou au transport de la chaleur, situés sur le territoire de la Ville de Paris ;
- les branchements ;
- la liste des clients et les contrats en cours.

Ces biens sont remis gratuitement à la Ville de Paris au terme de la concession, dans des conditions définies par la convention, sauf dérogation.

4. ANALYSE DU RÉSEAU EXISTANT

Les biens de reprise sont les suivants :

- les terrains, le mobilier, le matériel mobile, les biens immatériels et les stocks seront indemnisés à leur valeur vénale ;
- les centrales de production quels que soient leur implantation et leur terrain ;
- l'ensemble des canalisations, installations et ouvrages accessoires de distribution et transport situés en dehors de la Ville de Paris.

Ces biens pourront être repris par le concédant. Les conditions de reprise des installations en fin de concession par la Ville de Paris sont détaillées à l'article 39 de la concession.

Plusieurs situations :

- BEC en DSP ;
- contrat de fourniture assurant la totalité des besoins ou juste l'appoint/secours ;
- CPCU exploite la station d'échange et/ou le réseau, ou aucun.

DESCRIPTIF GÉNÉRAL DES INSTALLATIONS UTILISÉES

CPCU utilise la chaleur produite :

- dans les usines de valorisation énergétique des déchets ménagers, propriétés du SYCTOM (sites d'Ivry-sur-Seine, Saint-Ouen, Issy-les-Moulineaux) ;
- dans les centrales dont CPCU est propriétaire : sites de Bercy, Vaugirard, Grenelle à Paris, sites de Saint-Ouen, Ivry-sur-Seine, Kremlin-Bicêtre en proche banlieue ;
- dans les centrales situées à Vitry-sur-Seine, propriété de COGE VITRY, filiale à 50 % de CPCU, et à Paris 19^e, propriété de GÉOMÉTROPOLE SAS, filiale à 44 % de CPCU ;
- dans des centrales EnR&R de plus faible puissance : datacenter à Chapelle internationale, 2 géothermies à PNE et Clichy-Batignolles, une chaudière bois sur la BEC Suchet...

Le délégataire distribue, grâce à un réseau de canalisations enterrées, principalement sous voie publique, la chaleur depuis les sites de production jusqu'aux postes de livraison, situés dans les sous-stations de ses abonnés.

La vapeur ou l'eau chaude livrée par CPCU chauffent le circuit d'eau du client via le poste de livraison, cette eau pouvant être utilisée pour des fins de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire.

La vapeur est récupérée sous forme de condensats et acheminée par des canalisations de retours d'eau dans les centrales pour être retransformée en vapeur.

4.3.3 ACHATS DE VAPEUR/D'ÉNERGIE

Le délégataire est lié à 3 opérateurs via des contrats d'achats d'énergie/de vapeur.

4.3.3.1 LE CONTRAT D'ACHAT DE VAPEUR AU SYCTOM

CPCU, le SYCTOM et TIRU ont conclu, le 21 décembre 2004, un contrat de fourniture à CPCU de la vapeur issue de valorisation énergétique du SYCTOM. Ce contrat a fait l'objet de 9 avenants intégrant notamment deux autres exploitants : TSI et Paris XIII, ainsi que le prolongement de sa durée. Ce contrat vient à **expiration le 31 décembre 2024**, date à laquelle prend fin la concession de distribution de chaleur conclue entre CPCU et la Ville de Paris.

Selon les termes de ce contrat, le SYCTOM s'engage à valoriser en priorité l'énergie thermique disponible en sortie des usines concernées (Saint-Ouen, Issy-les-Moulineaux et Ivry-sur-Seine).

CPCU s'engage à donner la priorité maximale à la vapeur mise à disposition par le SYCTOM.

Sur la période 2017-2024, le SYCTOM a décidé de réviser à la hausse son engagement minimum sur les volumes de vapeur livrée à CPCU, avec une augmentation de 2 % au profit des réseaux de chaleur de Première Couronne alimentés par CPCU.

Selon l'avenant n°8 au contrat de fourniture à CPCU de vapeur issue des centres de valorisation énergétique du SYCTOM de l'agglomération parisienne, le SYCTOM garantit pour l'année 2017 un volume de vapeur de 3 672 000 tonnes de vapeur. Pour les années 2018 à 2024, le volume de vapeur annuel garanti est de 3 519 000 tonnes de vapeur.

La vapeur est fournie à CPCU aux conditions de température et de pression définies contractuellement, selon un prix de vente saisonnier. Trois prix de vente sont ainsi définis dans le contrat en fonction de la saison. La vapeur est fournie à une température ne devant pas dépasser 240 °C. Selon les usines, la pression de vapeur en sortie d'usine est comprise entre 20 et 21 bars.

4.3.3.2 LE CONTRAT D'ACHAT DE VAPEUR À COGE VITRY

Un contrat d'achat de vapeur, conclu le 18 décembre 2002, modifié par 5 avenants, lie CPCU à COGE VITRY pour la production de vapeur issue des cogénérations de Vitry-sur-Seine, jusqu'au 31 décembre 2024. COGE VITRY est détenue à 50 % par CPCU.

La quantité de vapeur fournie par COGE VITRY correspond à environ 4 000 GWh/an.

Le contrat d'obligation d'achat de l'électricité s'est terminé au 2 novembre 2013. En contrepartie, COGE VITRY se voit dans l'obligation d'augmenter ses prix de vente de chaleur et demander une garantie financière, demandes acceptées par CPCU.

4.3.3.3 LE CONTRAT D'ACHAT D'ÉNERGIE À GÉOMÉTROPOLE (PARIS NORD-EST)

GÉOMÉTROPOLE est une société dédiée (détenue à 44 % par CPCU et 56 % Climespace) à l'exploitation de la centrale de production combinée de chaleur et de froid à partir de la géothermie, située boulevard MacDonald dans le 19^e arrondissement de Paris. La centrale PNE fonctionne principalement avec deux thermofrigopompes, un groupe froid et un échangeur de chaleur interconnecté aux puits géothermiques situé sur une dépendance du domaine public fluvial de la Ville de Paris et dont CPCU est propriétaire.

La centrale est cédée par CPCU à GÉOMÉTROPOLE et les puits géothermiques et les canalisations de la boucle géothermale interconnectant le puits à la centrale PNE sont mis à disposition de GÉOMÉTROPOLE par CPCU.

Les modalités de fourniture de la chaleur par GÉOMÉTROPOLE à CPCU sont définies dans la Convention de fourniture d'énergie thermique signée le 22 janvier 2014 et revue en 2020. GÉOMÉTROPOLE s'engage dans cette convention à fournir l'intégralité de la production de chaleur issue de la centrale PNE, tandis que CPCU s'engage à acquérir dans son intégralité la chaleur. Cette production a vocation à couvrir une partie des consommations prévisionnelles des clients de CPCU identifiés sur le secteur Paris Nord-Est, pouvant représenter à terme jusqu'à 50 % de ces consommations prévisionnelles.

La température maximale de l'eau chaude fournie par GÉOMÉTROPOLE à CPCU, en entrée de station d'échange CPCU, est de 70 °C. La puissance issue des puits géothermiques et des thermofrigopompes est de 15,6 MW, dont 9,5 MW issus de la géothermie et 3 MW par thermofrigopompe.

Le prix de la chaleur vendue par GÉOMÉTROPOLE à CPCU se décompose selon un tarif binôme R1 et R2, avec R1 = 39 €/MWh et R2 = 2 360 k€ pour l'année 2012 au prorata temporis, à compter de la date d'entrée en vigueur de la convention.

La convention entre en vigueur à compter de la date de la cession de la centrale PNE par CPCU à GÉOMÉTROPOLE et pour une durée de 30 ans.

La centrale PNE dispose de deux sources de production de chaleur :

- Récupération de chaleur géothermique : l'eau du réseau de distribution de chaleur de CPCU est réchauffée par l'eau géothermale par le biais d'un échangeur interconnecté avec le puits.
- Récupération de chaleur sur la production d'eau glacée par les thermofrigopompes : la chaleur produite par les thermofrigopompes pour produire l'eau glacée permet de monter en température l'eau du réseau de chaleur CPCU, avant son entrée à la station d'échange vapeur/eau, située dans la centrale PNE.

La station d'échange vapeur/eau appartenant à CPCU et située dans la centrale PNE a la capacité de produire de la chaleur supplémentaire. L'appoint en puissance est réalisé à partir de cette installation.

4.3.4 VENTE DE CHALEUR

CPCU vend de la chaleur à plusieurs réseaux situés sur des villes voisines. Elle est liée par un contrat de vente de chaleur à :

- réseau Choisy-Vitry (délégataire Choisy-Vitry Énergie : filiale à 55 % de CPCU/45 % ENGIE Réseaux) ;
- réseau Choisy-Vitry (délégataire CVD) ;
- réseau Île-Saint-Denis (délégataire Plaine Commune Énergie) ;
- réseau de chaleur de Boulogne-Billancourt (délégataire IDEX) ;
- réseau ZAC des Docks de Saint-Ouen (CPCU) ;
- réseau de Saint-Denis (délégataire Plaine Commune Énergie) ;
- clichy-la-Garenne (CEVE : IDEX/CORIANCE) ;
- réseau de Levallois-Perret (IDEX).

4.3.5 LE POSTE DE LIVRAISON

Le réseau de chaleur parisien présente une spécificité : dans la plupart des cas, le poste de livraison est propriété de l'abonné et non du délégataire. Plusieurs types de contrats existent en fonction du fluide caloporteur alimentant le poste de livraison (vapeur ou eau chaude) et en fonction du propriétaire de la partie primaire du poste de livraison de chaleur. Dans le cas le plus répandu (90 % environ des postes) où le poste de livraison est propriété de l'abonné, on parle de contrats de vente d'énergie. Dans le cas où le poste de livraison est propriété du délégataire, il s'agit de contrats de vente de chaleur.

4.3.6 SYNTHÈSE DE L'ANALYSE JURIDIQUE ET CONTRACTUELLE

Le périmètre de concession de la délégation de service public du réseau de chaleur parisien est atypique : les installations de production de chaleur et la majorité (90 %) des postes de livraison en sont exclus.

Cette situation rend plus complexe la maîtrise technique et économique de l'ensemble du système.

L'énergie fournie au réseau est issue d'installations gérées par CPCU mais également par d'autres structures. Le délégataire du réseau de chaleur est lié par des contrats d'achat d'énergie calorifique :

4. ANALYSE DU RÉSEAU EXISTANT

- Au SYCTOM : jusqu'au 31 décembre 2024 pour l'achat de la vapeur issue de la valorisation énergétique des déchets.
- À COGE VITRY : jusqu'au 31 décembre 2024 pour l'achat de la vapeur issue de cogénérations gaz.
- À GÉOMÉTROPOLE : jusqu'au 1^{er} janvier 2045 pour l'achat d'énergie calorifique issue de thermofrigopompes sur forage géothermique.

Le réseau de chaleur parisien exporte de l'énergie vers des réseaux limitrophes. Ainsi, le délégataire est lié contractuellement à 8 réseaux de chaleur pour la vente de chaleur à ces installations.

4.4 TARIFICATION

4.4.1 PRINCIPE DE TARIFICATION

Le chapitre 4 (article 13) de la convention DSP en cours traite des tarifs de vente.

De manière générale, les tarifs d'un réseau de chaleur sont définis au moins à travers deux termes :

- Le terme R1 est « proportionnel » à la consommation d'énergie qui peut être composée de sous-termes correspondant aux coûts de production de l'énergie, fonction des énergies utilisées pour produire la chaleur comme :
 - R1gaz : relatif à la chaleur produite à partir de gaz.
 - R1bois : relatif à la chaleur produite à partir du bois.
 - ...
- Le terme R2 est « fixe » et correspond à une sorte d'abonnement du service qui est souvent fonction de la puissance souscrite par l'abonné ou d'URF (Unité de Répartition Forfaitaire) et peut être décomposé en sous-termes, tels que :
 - R21 : représente les coûts relatifs à la consommation d'électricité des installations.
 - R22 : représente les coûts relatifs à la conduite et à l'entretien du réseau de chaleur.
 - R23 : représente les coûts relatifs aux travaux de gros entretien et de renouvellement.
 - R24 : représente les coûts d'investissement des travaux d'investissement.
 - R25 (terme négatif) : représente la subvention d'équipement relative aux investissements.

Les tarifs de CPCU relèvent donc d'une tarification dite « binôme », comme évoqué ci-dessus, puisque la facture de fourniture d'énergie comprend un terme « consommation » facturé au MWh et un terme « abonnement » facturé au kW (puissance souscrite) mais ne sont pas aussi détaillés.

De plus, il existe des tarifs différents en fonction de la méthode de comptage et du profil de consommation.

Dans ce cadre, le concessionnaire fait bénéficier des mêmes tarifs tous les abonnés placés dans les mêmes conditions de puissance, d'horaire, d'utilisation, de consommation et de durée d'abonnement.

L'abonnement (R2) est l'élément fixe de la facture (appelé « partie fixe », ou « redevance d'abonnement » selon les contrats) qui correspond aux frais de mise à disposition de la puissance calorifique maximale garantie (exprimée en euros par kilowatt) au point de livraison (production et acheminement).

Le montant de cet abonnement est fonction des besoins thermiques du bâtiment et est calculé en fonction de la puissance souscrite par le client.

L'ensemble des dépenses afférentes aux contrats de fourniture d'énergie est récupérable sur les locataires, en application du décret n° 87-713 du 26 août 1987.

Dans le cadre des contrats de vente de chaleur, seul le terme R2, appelé « partie fixe privative », n'est pas récupérable auprès des locataires car il correspond à l'amortissement et aux coûts d'entretien du poste de livraison.

Les tarifs en vigueur sont fournis dans la partie 9.4.

Le suivi de la répartition tarifaire entre part R1 et part R2 est présenté dans le tableau suivant pour les années 2010 à 2019. La part de facturation du terme R1 (proportionnel aux consommations) est très nettement majoritaire. Le poids du R2 a une légère tendance à augmenter. Cependant, les recettes permettant de couvrir les frais fixes restent très nettement minoritaires (environ 25 %).

Le prix moyen de la chaleur livrée par le réseau a subi plusieurs hausses significatives : en 2011, en 2014 et en 2016.

4.4.2 ÉVOLUTION DE LA TARIFICATION MOYENNE

Le suivi de l'évolution des tarifs moyens R1, R2 et prix moyen de la chaleur sur la période 2012-2019 figure dans le tableau suivant. ▼

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Variation 2019/2018	Variation 2019/2016
Prix moyen R1 (€ HT/MWh)	56,44	58,15	58,99	65,69	64,89	65,53	64,78	-1,15%	-1,52%
Taux de TVA appliqué au R1	19,6%	20,0%	20,0%	5,5%	5,5%	5,5%	5,5%		
Prix moyen R1 (€ TTC/MWh)	67,50	69,78	70,79	69,31	68,46	69,13	68,34	-1,15%	-1,52%
Prix moyen R2 (€ HT/kW)	18,66	18,93	21,17	22,78	22,59	22,75	22,83	0,33%	0,23%
Taux de TVA appliqué au R2	5,5%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%		
Prix moyen R2 (€ TTC*/MW)	19,68	19,97	22,33	24,03	23,84	24,00	24,08	0,33%	0,23%
Prix moyen R1+R2 (€ HT/MWh)	71,70	78,20	79,37	85,80	86,07	87,14	86,44	-0,80%	0,62%
Prix moyen R1+R2 (€TTC/MWh)	83,60	90,94	92,29	90,52	90,80	91,93	91,20	-0,80%	0,62%

Une hausse est observée chaque année sur le prix moyen R1 (en € HT/MWh) depuis 2012, (+30 % de 2012 à 2018), avec une évolution marquée en 2016 par rapport à 2015 : +11,37 %.

L'évolution du prix moyen R2 (€ HT/kW) est similaire sur la période 2012-2018.

Ainsi, le prix moyen de la chaleur subit une hausse chaque année, avec une évolution à la hausse de 2012 à 2016 sur le prix en € HT/MWh. Cette évolution est néanmoins compensée par l'évolution du mix énergétique en 2016 et le passage à un mix supérieur à 50 % EnR&R, permettant de bénéficier d'une TVA à taux réduit à 5,5 % sur le terme R1. Ainsi, le prix moyen en € TTC baisse de 2015 à 2016 et reste inférieur en 2019 au tarif de 2015.

DESCRIPTIF DES PRESTATIONS FOURNIES

L'abonné conclut avec le délégataire un contrat de fourniture d'énergie (ou contrat d'abonnement) sur la base des conditions générales de la police type d'abonnement et des caractéristiques des installations, dites « secondaires », appartenant à l'abonné.

Le contrat de fourniture d'énergie précise la nature et les modalités financières de la fourniture d'énergie et éventuellement d'eau chaude sanitaire. La

puissance souscrite correspond à la puissance calorifique maximale que le délégataire garantit pour satisfaire les besoins thermiques du client.

Le contrat de fourniture de chaleur, proposé par le délégataire dans le périmètre de sa concession, peut être soit :

Un contrat de fourniture d'énergie

Le délégataire est propriétaire du branchement, l'abonné est propriétaire du poste de livraison. La limite de prestation du délégataire se situe à la vanne de branchement située en amont du poste de livraison de chaleur.

Le branchement assure la liaison entre le réseau public entretenu par le délégataire et le poste de livraison de l'abonné. Le poste de livraison est un équipement dont la fonction est de transférer la chaleur résultant de la vapeur ou de l'eau chaude distribuée par le réseau public de distribution de chaleur vers les circuits de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire internes à l'immeuble. La vanne de branchement permet d'interrompre la livraison de l'énergie. Elle fait partie intégrante de la délégation de service public.

Le contrat liant l'abonné au délégataire est signé pour une durée minimale de trois ans.

4. ANALYSE DU RÉSEAU EXISTANT

La puissance souscrite peut être révisée d'un commun accord entre l'abonné et le délégataire, et peut être réajustée sur demande de l'abonné à la suite de travaux de réhabilitation thermique.

Un contrat de vente de chaleur

Le contrat de vente de chaleur est un contrat de fourniture d'énergie, auquel des services sont associés. Dans ce cas, le branchement et le poste de livraison de chaleur sont exploités dans le cadre de la délégation de service public.

La limite de prestation du délégataire se situe en aval du poste de livraison. Les équipements primaires sont constitués du ou des échangeurs et de leurs organes de sécurité et de régulation (hors installations secondaires chauffage et eau chaude sanitaire appartenant au client).

La durée du contrat est établie à dix ans minimum.

La puissance souscrite peut être révisée d'un commun accord entre l'abonné et le délégataire, et peut être réajustée sur demande de l'abonné à la suite de travaux de réhabilitation thermique.

Ces contrats représentent seulement 9,2 % des postes de livraison.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE PARTAGE DES RESPONSABILITÉS ET DES CHARGES ENTRE LE DÉLÉGANT ET LE DÉLÉGATAIRE

Le délégataire assume et finance tous les travaux et entretiens nécessaires à la distribution et au transport de la chaleur dans Paris (articles 6 et 7).

Le délégataire a des engagements à respecter en matière d'environnement. Il doit favoriser l'utilisation, à titre prioritaire, des énergies les moins polluantes, utiliser rationnellement l'énergie et les ressources en eau (article 23), en présentant au concédant un plan pluriannuel d'action en faveur de l'environnement et un bilan environnemental annuel, qui détaillent notamment :

- l'action du délégataire contre les émissions de gaz à effet de serre ;
- ses efforts pour améliorer son efficacité énergétique ;
- sa contribution à la limitation de l'intensité et de la durée des pics de pollution.

Le délégataire doit absorber, à titre prioritaire, la totalité de la vapeur issue de la valorisation énergétique des déchets ménagers, dans les limites des besoins de son exploitation (article 23.2), dans le cadre de conventions négociées avec l'organisme chargé de la valorisation énergétique des déchets ménagers de la Ville de Paris et soumises à l'approbation du concédant. Cette approbation est considérée comme

acquise si elle n'est pas expressément refusée dans un délai de 3 mois, après réception par la Ville de Paris (article 7.1).

Le délégant est chargé de contrôler le délégataire, en particulier pour les travaux et entretiens entrepris (article 7). Le délégant doit donner tout son concours au délégataire pour l'obtention des autorisations nécessaires pour ces travaux (article 26).

4.4.3 SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE LA TARIFICATION

L'avenant du 17 septembre 2020 a modifié certaines modalités de tarification en insérant la grille tarifaire dans le corps de la convention de concession.

5. PRINCIPALES PROBLÉMATIQUES ET ÉVOLUTIONS

5.1 PRODUCTION

5.1.1 PROBLÉMATIQUES OBSERVÉES

Le réseau de chaleur Parisien utilise comme fluide caloporteur principal la vapeur. Cette production de vapeur est réalisée actuellement en moyenne avec 45 % provenant de l'incinération des déchets, et 45-50 % d'énergies fossiles. Le réseau est ainsi **fortement dépendant de la valorisation thermique de l'incinération des déchets**, ainsi que des énergies fossiles, dont l'évolution des coûts et l'impact environnemental sont deux points

sur lesquels il faudra rester vigilants dans les années à venir.

La cartographie suivante illustre la part d'énergie produite dans les centrales alimentant le réseau. Elle permet de visualiser deux phénomènes :

- La prépondérance de la **production d'énergie hors du territoire Parisien** (90 %)
- La dépendance du réseau vis-à-vis de **trois points de production** qui représentent 90 % de l'énergie produite : Saint-Ouen au Nord, Ivry-sur-Seine et Vitry-sur-Seine au Sud-Est et Issy-les-Moulineaux au Sud-Ouest. ▼

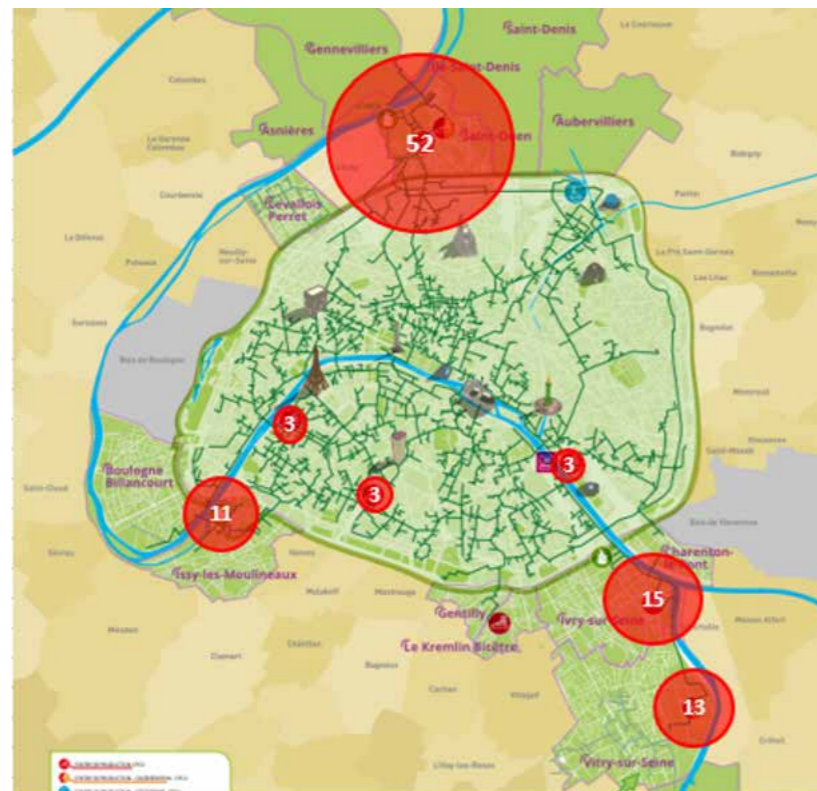


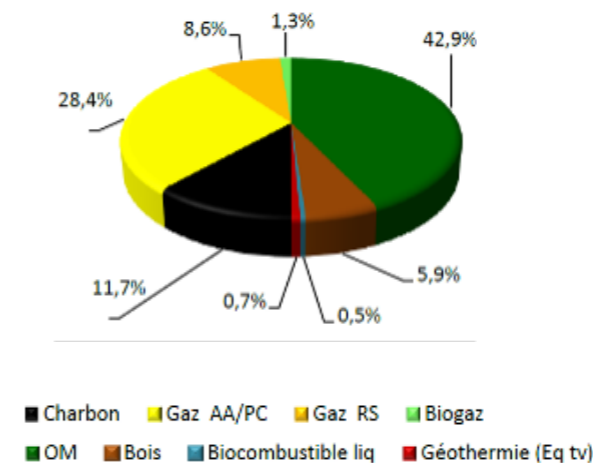
Figure 53 : Cartographie de la part d'énergie produite par unité de production

5. PRINCIPALES PROBLÉMATIQUES ET ÉVOLUTIONS

La dépendance physique vis-à-vis de ces points d'injection a été réduite grâce à un maillage du réseau et à la redondance des collecteurs principaux de transport d'énergie.

Les centrales de production localisées sur le territoire parisien - Bercy et Vaugirard - sont relativement anciennes (ancienneté supérieure à 40 ans). Ces installations produisent de l'énergie d'origine fossile (gaz) en très grande majorité ; une part de biocombustible est utilisée dans la centrale de Bercy.

Si la couverture EnR&R est supérieure à 50 % depuis 2016, la fourniture de vapeur par les usines de valorisation énergétique des déchets du SYCTOM représente 85 % de cette production EnR&R. La biomasse, utilisée en cocombustion dans la centrale de Saint-Ouen, représente 12 % de la production EnR&R. Biogaz, biocombustible, géothermie (Paris-Nord-Est et Clichy-Batignolles) représentent 3 % de l'énergie EnR&R livrée sur le réseau.



Ainsi, **le mix EnR&R du réseau est très fortement dépendant de l'apport du SYCTOM**. Cette ressource présente plusieurs intérêts :

- Sécuriser la quantité d'énergie livrée sur le réseau
- Garantir la puissance disponible
- Garantir l'atteinte des objectifs EnR&R

5.1.2 ÉVOLUTIONS RÉCENTES ET À VENIR

On peut notamment évoquer :

VALORISATION DE L'ÉNERGIE ENR&R DE L'INCINÉRATION

Évolution des volumes produits

Dans les années à venir il est à prévoir la stabilisation, voire la baisse des volumes produits. Cela est déjà observé sur certaines centrales. Cette tendance sera renforcée par la baisse des tonnages destinés à l'incinération dans les dix prochaines années en Île-de-France, grâce à l'amélioration du tri. Par ailleurs, le remplacement de l'usine d'Ivry par une nouvelle UIOM prévoit une capacité d'incinération réduite de moitié. En revanche, l'amélioration du tri permettra d'orienter vers l'incinération les déchets au plus fort pouvoir calorifique inférieur. Ainsi, la baisse de production d'énergie liée à la baisse de tonnage valorisable sera compensée par une augmentation de la quantité d'énergie produite par tonne de déchets incinérée. Le SYCTOM a, néanmoins, signé en avenant en 2017, s'engageant sur une augmentation des livraisons de vapeur, en diminuant notamment sa production d'électricité au profit de la vapeur.

Transformation du centre SYCTOM d'Ivry-Paris XIII

Le projet de nouvelle Unité de valorisation énergétique d'Ivry Paris XIII consiste à remplacer, en 2023, l'usine d'incinération actuelle vieillissante (mise en service en 1969) d'une capacité de 730 000 tonnes par une installation d'incinération de dernière génération, dont la capacité est réduite de moitié : 350 000 tonnes.

Elle sera potentiellement complétée par une Unité de valorisation organique (UVO) à partir de l'horizon 2025-2030.

Récupération de chaleur sur fumées à l'UIOM de Saint-Ouen

Des travaux démarrés en juin 2017 sont réalisés sur l'UIOM de Saint-Ouen pour la mise en place du traitement sec des fumées, avec objectifs de réduction du panache en sortie de cheminée et une meilleure captation des polluants.

Un projet est en cours sur la valorisation de l'énergie des fumées de l'UIOM de Saint-Ouen, pour la boucle d'eau chaude de la ZAC des Docks et le préchauffage de l'eau brute de la centrale CPCU de Saint-Ouen.

DIVERSIFICATION ET VERDISSEMENT DE LA PRODUCTION

Projet de centrale CSR à Vitry-sur-Seine

Afin de diversifier la production, de réduire la part du charbon dans le mix et d'augmenter la part d'EnR&R, un projet de centrale CSR (Combustibles Solides de Récupération) a été étudié à Vitry-sur-Seine.

Le délégataire du réseau de chaleur a répondu au second appel à projets CSR national de l'ADEME, et le projet a été retenu.

Les caractéristiques techniques de la centrale seraient les suivantes : 120 MWPCI, 5 000 heures de fonctionnement par an, pour une livraison de 650 kilotonnes de vapeur par an. La quantité d'énergie annuelle fournie au réseau est estimée à 510 GWh/an.

L'objectif, avec ce projet, était de porter le mix énergétique à 60-65 % EnR&R.

Ce projet est mis à l'arrêt depuis 2019.

Récupération d'énergie sur data center et appoint biogaz à Paris-Chapelle

Au nord de Paris, l'écoquartier Chapelle International a été mis en service en 2018. Il est alimenté par une boucle d'eau chaude avec récupération d'énergie sur un data center. L'appoint est à 50 % par du biogaz, 50 % par du gaz naturel. Une pompe à chaleur de 350 kW est installée pour valoriser la chaleur très basse température récupérée sur des data centers. Un appoint gaz permet de compléter le mix énergétique. Cette installation a été mise en service en 2018 avec un subvention ADEME de 176 000€.

Augmentation de la part de biomasse dans le mix Saint-Ouen II

Des essais 100 % biomasse ont été réalisés en novembre 2017. Ils se sont révélés concluants, même si l'allumage à froid n'a pas abouti. Ces essais se poursuivent depuis, notamment pour vérifier le respect des seuils d'émission de polluants atmosphérique. Aujourd'hui, des granulés torréfiés alimentent la chaudière à partir d'une filière d'Europe de l'Est mais la recherche d'une filière française pour des volumes suffisants est en cours.

Des recherches sont réalisées aussi pour diversifier le combustible, notamment via les agropellets.

Un point d'étape est en cours d'étude pour passer de 30 % de biomasse actuellement à 50 % de biomasse, sans investissement majeur.

Le passage à 100 % de biomasse pourrait nécessiter des investissements sur la logistique et le traitement de fumées. Une demande de subvention est en cours d'instruction auprès de l'ADEME et de la Région Île-de-France.

Enfin, la suppression du charbon prévue en 2024 nécessiterait également de légers investissements sur les chaudières (remplacement des grilles de combustion et injection d'air). Le sujet est toujours en étude.

Recherche sur les biocombustibles

Le biocombustible utilisé actuellement est un biocarburant, l'EMAG (Ester Méthylique d'Acide Gras). Des recherches sont en cours, notamment sur le Bio Tech D., développé par Total, moins onéreux que l'EMAG. D'autres recherches sont aussi en cours sur des Diester.

Étude géothermique en cours

Une étude sur de la géothermie peu profonde est en cours, en vue d'une production chaud/froid avec Climespace. Le mix énergétique est encore à l'étude. Le principal client à alimenter est le projet Réinventons Paris «Mille Arbres» pour une puissance proche de 4 MW.

Le Plan Climat prévoit également une géothermie sur la ZAC Bercy-Charenton dont les études sont en cours.

5.2 DISTRIBUTION

5.2.1 PROBLÉMATIQUES OBSERVÉES

FORTE SINISTRALITÉ DU RÉSEAU DES RETOURS D'EAU

L'une des principales problématiques sur la distribution est le **fort taux de fuites du réseau de retour des condensats**.

Il est observé une centaine de fuites par an, soit une fuite tous les 4 km environ. En comparaison, on observe sur le réseau vapeur une fuite tous les 22 km environ.

La majorité des fuites se situeraient selon le délégataire au niveau des canalisations (59 %) et des branchements (31 %).

Au total, c'est 30 % du réseau qui est arrêté dans l'année en moyenne.

Ceci a un impact important sur le taux de retour d'eau, et sur la pérennité des canalisations, notamment par le phénomène de corrosion qui est accéléré, dû à l'ambiance humide qui se crée dans la tuyauterie vidangée.

Quelques causes sont identifiées, dont notamment :

- Les problèmes de dénoyage, mais depuis 2011 le réseau est maintenu en charge.
- L'effet « boule de neige » : lorsqu'il y a fuite, une accélération de la corrosion autour du premier point est observée, dégradant l'état. Les canalisations sont ainsi souvent multisinistrées.

L'hypothèse d'abandon du réseau des retours d'eau avait été soulevée, mais le bilan environnemental serait lourd et les investissements conséquents, notamment sur le refroidissement des condensats avant rejet.

Fiabilisation

Des plans de fiabilisation du réseau de retour des condensats, appelés plans quadriennaux, ont été mis en place. Un réseau prioritaire est identifié, et un objectif de taux de fiabilisation est fixé sur une période de quatre ans.

Deux plans quadriennaux (2014-2017 et 2018-2021) ont permis de fiabiliser 117km de réseau de retour d'eau, en se focalisant sur le réseau dit prioritaire (175 km).

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Linéaire traité (km)	6,4	12,6	11,4	16,4	27,3	17,6

Le plan pour 2018-2021 fixe un taux de fiabilisation de 12,5 km/an, sur un réseau prioritaire de 200 km. Le plan 2021-2024 est en cours de négociation. ▼

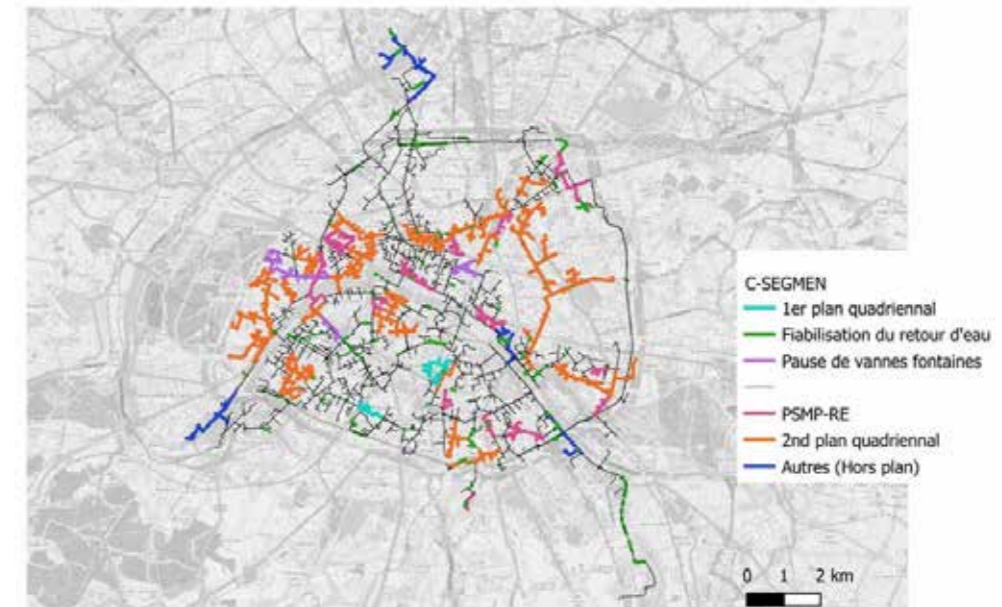


Figure 1 - illustration du plan de fiabilisation du RE (carte Itherm)

Figure 54 : tracé du réseau de retour d'eau prioritaire - Plan quadriennal 2018-2021 - Source : audit 2017 E3C

Selon les retours du délégataire, les linéaires de réseau retour d'eau fiabilisés en 2018 et 2019 sont de respectivement 27 et 17,6 km, dépassant les objectifs fixés.

Depuis 2014, 7 km de réseau retour d'eau sont remplacés chaque année. Le taux de renouvellement annuel de ce réseau est de 1,5 %. De 2014 à 2019, ce sont 42 km (sur 375 km) de réseau retour d'eau qui ont été renouvelés.

FAIBLE TAUX DE RETOUR DES CONDENSATS

À l'origine, chaque centrale alimentait son bassin environnant et gérait son retour de condensats, par écoulement gravitaire ou pompe de renvoi.

Puis peu à peu, les centrales se sont excentrées, les points de retour des condensats et la localisation de production étant alors en inadéquation.

Il y a donc une problématique de gestion de ces retours d'eau qui est peu à peu apparue. Il y a aujourd'hui un objectif de gestion de ces condensats comme le réseau vapeur : de manière centralisée et maîtrisée.

Des groupes de travail sont en cours, avec divers moyens et axes d'étude : maintien en charge du réseau, modélisation des retours d'eau, comptage, télé-exploitation et dispatching.

L'état du réseau de retour des condensats s'est dégradé depuis la fin des années 1990, avec pour effet une baisse continue du taux de retour de 1,5 %/an sur la période 1998-2014. Un point bas a ainsi été atteint **en 2014, avec un taux de 34 %**.

Depuis 2014, la tendance est toutefois inversée, grâce à la mise en œuvre de plans spécifiques de fiabilisation et renouvellement du réseau retour

condensats. Les efforts sont à maintenir, l'objectif du délégataire était de 60 % en 2024, avant de rabaisser ses ambitions à 50 % de retour d'eau pour la fin de la concession.

Les conséquences d'un non-retour d'eau sont :

- Un surcoût lié à la quantité d'eau supplémentaire prélevée sur la Seine et à l'énergie à fournir pour chauffer cette eau, inférieure à la température de retour de ses condensats, estimée à 4 % de la chaleur livrée par CPCU. Estimation du surcoût (chauffage, traitement d'eau, infrastructures : 20 millions d'euros par an).
- Des capacités de production d'eau d'appoint pouvant devenir insuffisantes et entraînant un risque de défaillance de la fourniture de chaleur par grand froid.
- Un risque pour la sécurité : brûlures, effondrement de chaussées et glissement de terrains...
- Des risques sanitaire et environnemental : augmentation des consommations d'eau et modification des écosystèmes due à l'augmentation de la température dans le réseau d'assainissement.

SENSIBILITÉ DU RÉSEAU VAPEUR EN CAS DE CRUE

Le réseau vapeur présente une sensibilité particulière par rapport à la crue. Dans sa configuration actuelle, le réseau de distribution de chaleur ne peut fonctionner en cas de crue (risque de choc thermique au niveau des canalisations). En cas d'arrêt de portions de réseau à cause d'une crue, celles-ci doivent être remises en service très progressivement afin d'éviter les coups de bélier dus à des condensats propulsés à très grande vitesse.

Afin de réduire le risque pesant sur la continuité de service du réseau en cas de crue, il est nécessaire d'engager un Plan de renouvellement des canalisations en zone sensible (PPRI). Sur ces portions, le réseau vapeur existant devrait être remplacé notamment par des canalisations vapeur double enveloppe (tube acier étanche autour du calorifuge) ou par du réseau eau chaude.

5.2.2 ÉVOLUTIONS

PROGRAMME DE REMPLACEMENT CIBLÉ DES COMPENSATEURS

Les compensateurs du réseau vapeur, points sensibles (risques d'usure et de fuite) ont un âge moyen de 33 ans. Ils font l'objet d'un plan de renouvellement avec un objectif de remplacement de 25 par an. 124 compensateurs ont été renouvelés sur le réseau vapeur de 2012 à 2019, soit 16 par an en moyenne (en deçà de l'objectif fixé jusqu'à la fin de la convention). Les compensateurs du réseau d'eau font également l'objet de renouvellement sur un rythme identique. 8 % des compensateurs sur réseau vapeur et 10 % sur réseau d'eau ont été remplacés de 2012 à 2019.

POURSUITE DE LA FIABILISATION DU RÉSEAU DES RETOURS D'EAU

Pour rappel, les objectifs de taux de retour des condensats sont fixés à 56 % en 2021 et 60 % en 2024, pour un taux de 38 % en 2016, 44 % en 2017 et 2019. Le graphique suivant permet d'observer l'évolution des taux de retours d'eau depuis 1998 : ▼

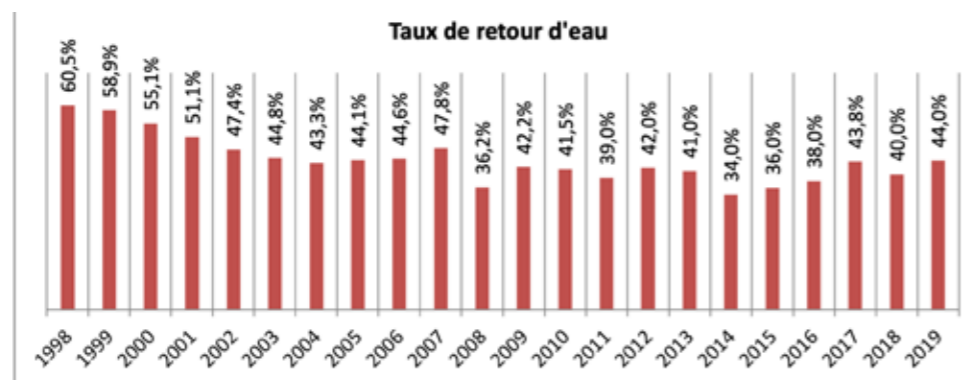


Figure 55 : évolution des taux de retours d'eau - Source : rapport d'analyse Ville de Paris

5. PRINCIPALES PROBLÉMATIQUES ET ÉVOLUTIONS

Les axes de travail pour l'amélioration des taux de retour des condensats et de l'état général du réseau sont : fiabilisation du réseau, amélioration des procédés d'inspection et des techniques de réparation, définition d'un réseau prioritaire.

L'état du réseau retour d'eau est préoccupant. Le plan de renouvellement spécifique de ce réseau a permis d'endiguer la chute du taux de retour d'eau et **d'amorcer l'amélioration de cet indicateur.**

De 2014 à 2019, le taux de retour d'eau a progressé en moyenne de 1,8 %/an.

Un second plan est ainsi prévu pour 2018-2021, avec un taux de fiabilisation prévu de 12,5 km/an.

À noter qu'en 2017, c'est 16,4 km qui ont été fiabilisés. Des campagnes de pompes sont lancées en parallèle par la CPCU pour régler les problèmes de retour d'eau chez les clients. Ce dernier avance laborieusement compte tenu des difficultés d'accès aux bâtiments. À ce rythme, le taux de retour condensats devrait atteindre 47,5 % en 2021 et 53 % en 2024.

POURSUITE DU TRAVAIL SUR LA GESTION DES RETOURS D'EAU

Les travaux de groupes sont à poursuivre, sur les différents axes identifiés : instrumentation, modélisation...

Afin de mieux connaître et réduire les pertes en eau, des « Smart Valves » vont être installées chez certains clients significatifs, en remplacement des vannes manuelles de branchement retour.

Ces « Smart Valves » équipées d'une instrumentation renforcée (débitmètre totaliseur, module de communication) permettront de déterminer plus précisément les pertes en eau.

5.3 SYNTHÈSE DES PRINCIPALES PROBLÉMATIQUES

Le taux d'énergies renouvelables et de récupération injectées sur le réseau de chaleur dépasse 50 % depuis 2016. Les ressources sollicitées pour augmenter la part d'EnR&R tendent à se diversifier (récupération de chaleur sur data center ZAC Chapelle internationale) ; cependant, le réseau reste très largement dépendant de la production d'énergie thermique issue des usines d'incinération (85 % de l'énergie d'origine EnR&R injectée sur le réseau).

Le réseau de chaleur parisien présente également la singularité de distribuer l'essentiel de son énergie sur le territoire intra-muros mais d'être alimenté très majoritairement en dehors du territoire parisien (90 % de l'énergie produite).

La pression foncière et les contraintes urbanistiques compliquent la création de nouvelles centrales de production vapeur. Avec une mutation vers l'eau chaude, les projets d'aménagement urbain pourraient néanmoins contribuer à l'approvisionnement du réseau en ressource locale basse température, notamment avec des synergies chaud/froid à l'image de Géométropole.

La mutation du réseau sera également nécessaire sur les secteurs les plus sensibles par rapport au risque de crue pour améliorer la résilience de cette infrastructure.

Des plans de renouvellements spécifiques au réseau de retour condensats ont été mis au point pour répondre à la problématique de forte dégradation du taux de retour d'eau (de 60 % en 1998 à 34 % en 2014). Ces plans ont permis de redresser le taux de retour d'eau (43,9 % en 2019). Le niveau atteint est cependant jugé insuffisant. Les temps d'intervention pour réparer les fuites sur ce réseau (90 jours) engendrent un fort taux de chômage du réseau (30 %), dont la dégradation s'accélère lorsqu'il est dénoyé.

5.4 FORCES, FAIBLESSES, OPPORTUNITÉS, MENACES POUR LE RÉSEAU DE CHALEUR PARISIEN

Les concertations et ateliers de travail ont permis de dresser et de hiérarchiser les forces, faiblesses, opportunités et menaces suivantes. Les items ayant récolté le plus de points sont ceux jugés les plus importants.

Les forces

Le taux d'EnR&R (supérieur à 50 % depuis 2016) est reconnu comme étant l'atout le plus fort du réseau de chaleur. La résilience du tarif du réseau par rapport à des tensions sur certaines ressources, garantie par la diversité des ressources mobilisées, constitue également une force du réseau. Le réseau de chauffage urbain présente une capacité de mutation singulière par rapport aux autres réseaux de distribution d'énergie.

ATOUTS du réseau de chaleur	Points
Taux ENR&R >50%	19
Mix de production diversifié, gage de stabilité en cas de tension sur certaines ressources	14
Capacité du réseau à muter	11
Contribue à améliorer la qualité de l'air	6
Favorise l'économie locale : transformation des dépenses énergétiques en emplois locaux	5
Sécurité et continuité de service très hautes grâce au maillage du réseau : importante pour les abonnés de type hôpitaux	4
Vapeur permet de transporter de grosses quantités d'énergies sur de grandes distances; outil adapté à la densité de l'haussmannien	4
Outil de solidarité entre quartiers (péréquation tarifaire)	3
Assise d'abonnés sécurisante : forte proportion de bâtiments publics raccordés (ville, mais aussi instances régionales et nationales)	2

Les faiblesses

Les frais de raccordement constituent une importante barrière à l'entrée sur le réseau pour les potentiels nouveaux abonnés. Le coût global de la chaleur ainsi que la structure tarifaire pénalisent l'attractivité du raccordement au réseau. Le faible taux de retour d'eau en centrale dégrade le bilan environnemental du système.

FAIBLESSES du réseau de chaleur	Points
Frais de raccordement élevés dissuadant les nouveaux raccordements	14
Faible taux de retour des condensats, engendrant des pertes thermiques inutiles et un gaspillage de la ressource en eau	11
Coût global de la chaleur élevé	11
Manque de résilience du réseau, notamment en cas de crue	9
Forte inertie d'une grosse infrastructure rendant difficiles les évolutions et nécessitant de grosses capacités de production difficiles à implanter	7
Les interventions sur réseau (création ou renouvellement) sont plus difficilement acceptables que celles pour les réseaux d'électricité ou de gaz	5
Propriété des sous-stations à 90% chez les clients compliquant la captation des retours condensats et la garantie d'un bon niveau de performance	3
Le réseau vapeur ne permet pas la captation/redistribution d'EnR&R basse température	3
La vapeur entraîne de fortes contraintes d'exploitation et coûts associés	1
Tarif unique de la chaleur bridant les adaptations de prix aux configurations techniques ou économiques locales	0

Les opportunités

Le potentiel de densification du réseau est considérable et unique en France : il permet d'envisager le raccordement de nouveaux abonnés sans engager d'investissements majeurs pour le gestionnaire du réseau. Une meilleure communication sur les atouts du réseau de chaleur permettrait de gagner en appropriation de cette infrastructure par les Parisiens. Le classement du réseau par défaut (sauf si la Ville s'y oppose et refuse le classement) pourrait contribuer à dynamiser la vitesse de raccordement au réseau. ▶

OPPORTUNITÉS du réseau de chaleur	Points
Il existe un potentiel de densification énorme à iso périmètre desservi	18
Il y aurait à gagner en notoriété et acceptabilité à mieux communiquer auprès des Parisiens sur l'intérêt du réseau de chaleur et aux usagers finaux au niveau des immeubles raccordés	11
Il pourrait être intéressant de classer le réseau	11
Il est possible de développer des boucles locales d'eau chaude alimentées par le réseau vapeur	9
Le réseau peut être un outil de captage et redistribution des ressources énergétique locales	6
Le dynamisme des ZAC peut justifier des antennes/extensions qui du coup irriguent les bâtiments sur le trajet	5
Il existe des mutualisations possibles avec les réseaux de chaleur voisins, la mise en place de garantie d'origine chaleur pourraient démultiplier ces mutualisations	5
Les critères d'achat des grands propriétaires immobiliers intègrent de plus en plus des critères environnementaux qui favorise la solution réseau de chaleur EnR&R	3
L'évolution de la réglementation favorisera la production d'énergie d'origine EnR&R	0

Les menaces

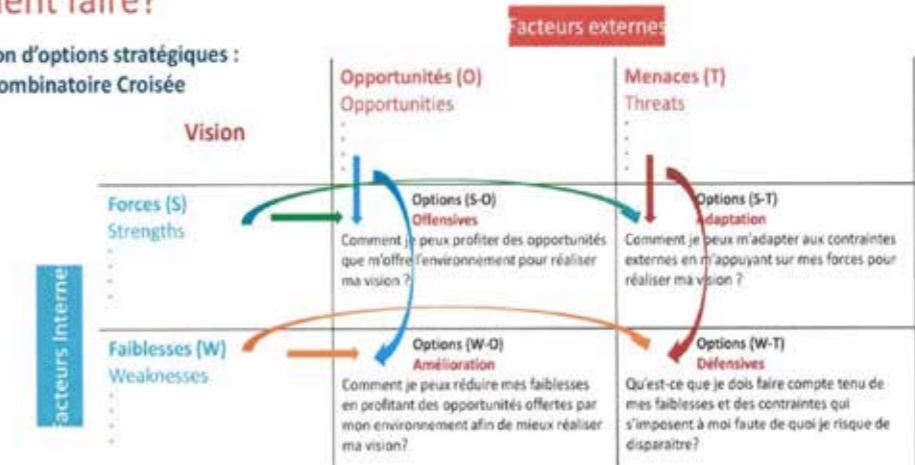
Le manque de maîtrise des sous-stations et circuits secondaires complique l'amélioration de la performance du système. La question de la soutenabilité du modèle économique se pose en cas de baisse des quantités d'énergie livrée ou du nombre d'abonnés, et des recettes associées. Une telle évolution devrait être compensée par une politique commerciale offensive. Sur le court terme, le prix des énergies fossiles peut encore baisser (ou rester bas) et dégrader la comparaison économique. Le mix énergétique affecté aux boucles locales alimentées en EnR&R est identique à celui de l'ensemble du réseau.

MENACES sur le réseau de chaleur	Points
Le manque de maîtrise des sous-stations et des circuits secondaires complique toute évolution vertueuse du fonctionnement global du système	15
De manière générale, peut se poser la question de la soutenabilité du modèle économique en cas d'effondrement des quantités vendues et des recettes	14
Le coût des énergies fossiles peut baisser	9
Il n'est pas possible d'avoir des boucles énergétiques locales desservies en appoint par le réseau avec des taux d'EnR&R distincts du réseau principal	9
Le coût prohibitif pourrait accélérer les dé raccordements et bouleverser l'équilibre économique actuel du contrat	5
Les travaux de voirie sont mal acceptés, et parfois mal compris (emprises sans activité, communication de chantier insuffisantes)	5
L'amortissement du réseau est rendu plus difficile compte tenu de l'émergence des bâtiments consommant moins	4
La facturation individuelle est impossible (à moins de développer des sous-stations individuelles), ce qui limite l'incitation à des comportements vertueux et renforce le sentiment d'opacité de l'utilisateur final	2

Le plan d'action du schéma directeur de la chaleur a été établi à partir de ce travail collaboratif, en utilisant la matrice combinatoire (SWOT combinatoire) présentée dans le schéma ci-dessous : ▼

Elaborer des options stratégiques Comment faire?

Construction d'options stratégiques : Le SWOT Combinatoire Croisé



6. ÉTAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR À PROXIMITÉ

6.1 NOTE PRÉLIMINAIRE

L'objet de cette partie est de présenter les études sources utilisées ainsi que les hypothèses de travail pour évaluer les ressources EnR&R disponibles pour une valorisation sur les réseaux de chaleur et de froid parisiens.

Pour la valorisation sur réseau de chaleur, une distinction est effectuée entre les gisements valorisables pour la production de vapeur et les gisements valorisables pour la production d'eau chaude. Le réseau de chaleur parisien est présent sur le territoire de 17 communes dont Paris, essentiellement sous forme de réseau vapeur. Des boucles d'eau chaude ont été développées localement sur certaines portions du réseau. Néanmoins, le réseau de transport est un réseau vapeur. Ainsi, les ressources EnR&R¹⁰ permettant de produire de la vapeur pourront être valorisées en tout point du réseau (à Paris et dans les villes voisines). En outre, certaines de ces ressources nécessitent la mise en place d'une logistique pour l'approvisionnement (biomasse, chaleur fatale issue des UIOM¹¹, CSR¹², méthanisation). Dans ce cas, le périmètre d'étude de disponibilité de la ressource est la Région Île-de-France, bien que les filières actuelles mobilisent des ressources nettement plus lointaines.

La valorisation de ressources de récupération à basse température (sous forme d'eau chaude et non de vapeur) ne pourra être réalisée que localement sur une boucle d'eau chaude existante ou en développant une nouvelle boucle d'eau chaude. Le présent schéma directeur portant sur les réseaux parisiens, les gisements disponibles pour une valorisation énergétique à basse température ne sont étudiés que sur le strict territoire de la Ville de Paris.

Pour chaque ressource énergétique sont présentées :

- la ressource disponible actuellement ;
- la ressource disponible à l'horizon 2030 ;
- la ressource disponible à l'horizon 2050.

10. EnR&R : Énergies renouvelables et de récupération.
11. UIOM : Usine d'incinération des ordures ménagères.
12. CSR : Combustible solide de récupération.

Les notions de gisement et de potentiel valorisable, utilisées dans la suite du document, sont ainsi définies :

- Gisement maximal : il s'agit de la ressource disponible, indépendamment de tout frein technique ou juridique pour sa valorisation sous forme de chaleur ou de froid.
- Gisement restant : ce gisement correspond au gisement maximal, duquel est déduit le gisement déjà valorisé.

Le potentiel valorisable : ce potentiel correspond à un croisement des données sur le gisement valorisable avec les freins techniques, juridiques et économiques.

Les hypothèses de développement de nouvelles unités de production d'énergie seront définies dans la phase d'élaboration des scénarios d'évolution des réseaux. Ainsi, l'étude des ressources EnR&R vise à évaluer, dans un premier temps, le gisement restant pour une valorisation énergétique.

Cependant, cette notion de gisement restant est difficilement quantifiable pour certaines ressources comme la géothermie. Il s'avère donc nécessaire de formuler, dès la présente phase, des hypothèses de développement d'unités de production pour les ressources concernées.

Ainsi, pour les ressources suivantes, les données présentées correspondent à un potentiel valorisable :

- Géothermie
- Récupération de chaleur et/ou de froid sur eaux usées
- Solaire thermique
- Récupération sur Eau de Seine

6.2 UNITÉS DE VALORISATION ÉNERGÉTIQUE (UVED)

Cette ressource pourra être valorisée pour la production de chaleur uniquement.

6.2.1 ÉTUDES MOBILISÉES

L'UVED d'Issy-les-Moulineaux présente un faible potentiel de valorisation pour des projets de création de réseaux ou d'évolution du mix énergétique de réseaux. Malgré une très forte quantité de chaleur produite, celle-ci est valorisée sur le réseau de la Ville de Paris. Un contrat lie le SYCTOM, gestionnaire de l'installation ISSEANE et CPCU, délégataire du réseau de chauffage urbain de la Ville de Paris.

Dans l'étude « Étude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France » de 2017, l'ADEME (avec SERMET et EXPLICIT) évalue « gisement restant » et « potentiel valorisable ».

Le potentiel valorisable est déterminé dans cette étude à partir du gisement restant, qui est comparé aux besoins externes, que représentent les bâtiments et les réseaux de chaleur à proximité.

Il n'existe pas d'installation à Paris même ; une seule installation présente un gisement haute température non valorisé, susceptible d'alimenter le réseau CPCU : celle d'Issy-les-Moulineaux, dans les Hauts-de-Seine (92). ▼

UVED	Gisement max. BT ¹³	Gisement max. HT ¹⁴	Part valorisée BT	Part valorisée HT	Valorisation
Issy-les-Moulineaux (GWh/an)	39 GWh	1061 GWh	0 %	81 %	- Injection de vapeur dans le réseau CPCU - Production d'électricité

UVED	Gisement restant BT	Gisement restant HT
Issy-les-Moulineaux (GWh/an)	39 GWh	195 GWh

Selon l'étude de l'ADEME, le gisement haute température augmentera de 10 % à l'horizon 2030, tandis que le gisement basse température prévisionnel est nul (2030).

6.2.2 HYPOTHÈSES FORMULÉES DANS LE CADRE DU PRÉSENT SCHÉMA DIRECTEUR

La projection de l'évolution du gisement disponible est réalisée jusqu'à l'horizon 2030 dans l'étude ADEME. Une hypothèse de stabilité du gisement est disponible de 2030 à 2050 est formulée dans le cadre du présent schéma directeur. ►

6.2.3 GISEMENT ENR&R RETENU (PRODUCTION DE CHALEUR)

Le tableau suivant présente les gisements restants selon les données de l'étude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France et l'hypothèse de stabilité du gisement disponible à l'horizon 2050.

	Gisement restant, ressource francilienne		
	Actuel	2030	2050
TOTAL	195	215	215

Le gisement restant en haute température s'élève à 195 GWh actuellement. La valeur projetée aux horizons 2030 et 2050, de 215 GWh, est identique.

13. BT : Basse Température (≤ 60 °C).
14. HT : Haute Température (> 60 °C).

6.3 LES COMBUSTIBLES SOLIDES DE RÉCUPÉRATION (CSR)

Cette ressource pourra être valorisée pour la production de chaleur uniquement.

6.3.1 CARACTÉRISTIQUES DES CSR

Les CSR sont des mélanges de matériaux combustibles non dangereux et non recyclables (matériaux en mélange, souillés, de petite taille), issus de déchets non dangereux, essentiellement de :

- déchets d'activités économiques ;
- refus de tri de centres de tri de collecte sélective ;
- refus de tri d'installations de tri-compostage ou tri-méthanisation ;
- refus de tri d'installations de traitement d'OMR (Ordures Ménagères Résiduelles) ayant fait l'objet d'un tri à la source des recyclables et des biodéchets.

Les CSR comprennent une part d'origine fossile (les plastiques) et une part d'origine renouvelable (papier/carton, bois, textiles souillés, n'ayant pas pu faire l'objet d'une valorisation matière). Avec un pouvoir calorifique (PCI) de 3,3 à 6,4 kWh/kg en moyenne, les CSR ont une efficacité énergétique bien souvent très supérieure à celle de l'incinération d'ordures ménagères.

6.3.2 GISEMENT DISPONIBLE

6.3.2.1 USINES DE PRÉPARATION DE CSR

Actuellement (décembre 2016), la base des installations classées pour l'environnement ne fait état d'aucune installation soumise à la nouvelle rubrique 2971. On connaît cependant quelques usines de préparation de CSR (liste non exhaustive), mais aucune n'est située en Île-de-France :

NOM DE L'INSTALLATION	Commune
Ikos Fresnoy	Fresnoy-Folny
Azuréo	Carros
SMITED	Champdeniers
SYMEVAD	Évin-Malmaison
Puy-en-Velay	Polignac
PENA MÉTAUX SAS PRIVÉ	Mérignac
CODERES	Gonfreville-l'Orcher
Provence Valorisation - SITA	Istres
Propreté Nord Normandie - VEOLIA	Oissel
OPALE ENVIRONNEMENT - SÉCHÉ	Calais

6.3.2.2 VOLUME ET GESTION DES DÉCHETS EN ÎLE-DE-FRANCE

La production de CSR s'inscrit dans un cadre existant : la gestion des déchets. Le gisement de CSR dépend donc du volume de déchets produits et de leur traitement.

Les déchets peuvent être convertis en CSR s'ils respectent une double condition :

- Être destinés à l'enfouissement. Les autres modes de gestion des déchets valorisent déjà les déchets en énergie (incinération) ou en matière (recyclage).
- Transiter par un centre de tri ou de transit. La production de CSR nécessite une préparation qui ne peut s'effectuer qu'au sein d'un circuit prévu à cet effet, c'est-à-dire un centre de tri ou de transit.

6.3.3 HYPOTHÈSES FORMULÉES DANS LE CADRE DU PRÉSENT SCHÉMA DIRECTEUR

On peut raisonnablement estimer qu'à l'horizon 2030, la part des déchets orientés vers un centre de tri ou de transit augmentera, au détriment des déchets destinés à l'enfouissement sans tri préalable. Les déchets pouvant être convertis en CSR sont actuellement enfouis et non incinérés pour deux raisons majeures :

- Raison économique : l'enfouissement est plus économique que l'incinération.
- Raison technique : les usines d'incinération ne sont pas dimensionnées pour traiter davantage de volume.

Le gisement de CSR en Île-de-France à l'horizon 2030 peut être évalué en intégrant les répercussions de la politique nationale des déchets (interdiction de l'enfouissement notamment) et sans impact de prévention (compensée par l'augmentation démographique).

On estime la part de CSR produit en Île-de-France à l'horizon 2030 et 2050 à partir de la démographie. La production de CSR par habitant par année est évaluée à environ 22,64 kg/hab/an.

Les hypothèses d'évolution de la ressource s'appuient sur l'évolution démographique prévisionnelle de la population estimée par l'INSEE.

6. ÉTAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR À PROXIMITÉ

6.3.4 GISEMENT ENR&R RETENU (PRODUCTION DE CHALEUR)

	Gisement restant, ressource francilienne			
	Actuel	2020	2030	2050
Population	12 027 565	12 048 308	12 409 075	13 504 900
Somme (t/an)	30 000	35 000	282 000	362 000
TOTAL (Île-de-France)	120	140	1 126	1 450

Le gisement de production de chaleur issu des CSR en Île-de-France est estimé à environ 1 126 GWh à l'horizon 2030 et de 1 450 GWh en 2050.

6.4 DATA CENTERS – GISEMENT IDENTIFIÉ

Cette ressource pourra être valorisée pour la production de chaleur uniquement.

6.4.1 ÉTUDES MOBILISÉES

Dans l'étude « Étude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France » de 2017, l'ADEME évalue le gisement restant pour la récupération de chaleur fatale sur les data centers en Île-de-France. Les données concernant une partie des installations existantes demeurant confidentielles, le gisement évalué n'est pas exhaustif. Le gisement connu est estimé à 183 GWh. Cette ressource pourra être valorisée uniquement sur des réseaux de chaleur très basse température.

6.4.2 HYPOTHÈSES FORMULÉES DANS LE CADRE DU PRÉSENT SCHÉMA DIRECTEUR

L'incertitude liée à la pérennité des data centers et à l'estimation de l'augmentation ou la diminution du nombre de locaux est très élevée. L'hypothèse formulée dans le présent document est une stabilité de la ressource disponible aux horizons 2030 et 2050.

6.4.3 GISEMENT ENR&R RETENU (PRODUCTION DE CHALEUR)

Le tableau suivant présente l'évaluation du gisement disponible et son évolution prévisionnelle jusqu'à l'horizon 2050.

	Gisement restant, ressource parisienne (GWh/an)		
	2020	2030	2050
TOTAL (Paris)	183	183	183

6.5 CHALEUR FATALE INDUSTRIELLE

Cette ressource pourra être valorisée pour la production de chaleur.

6.5.1 ÉTUDES MOBILISÉES

L'ADEME, a piloté une « Étude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France » réalisée en mai 2017. À travers cette étude, elle a identifié le gisement de chaleur fatale à partir des installations classées ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) génératrices de chaleur fatale, à partir des inventaires de la DRIEE et des bases de données de la Chambre de commerce et d'industrie (CCI).

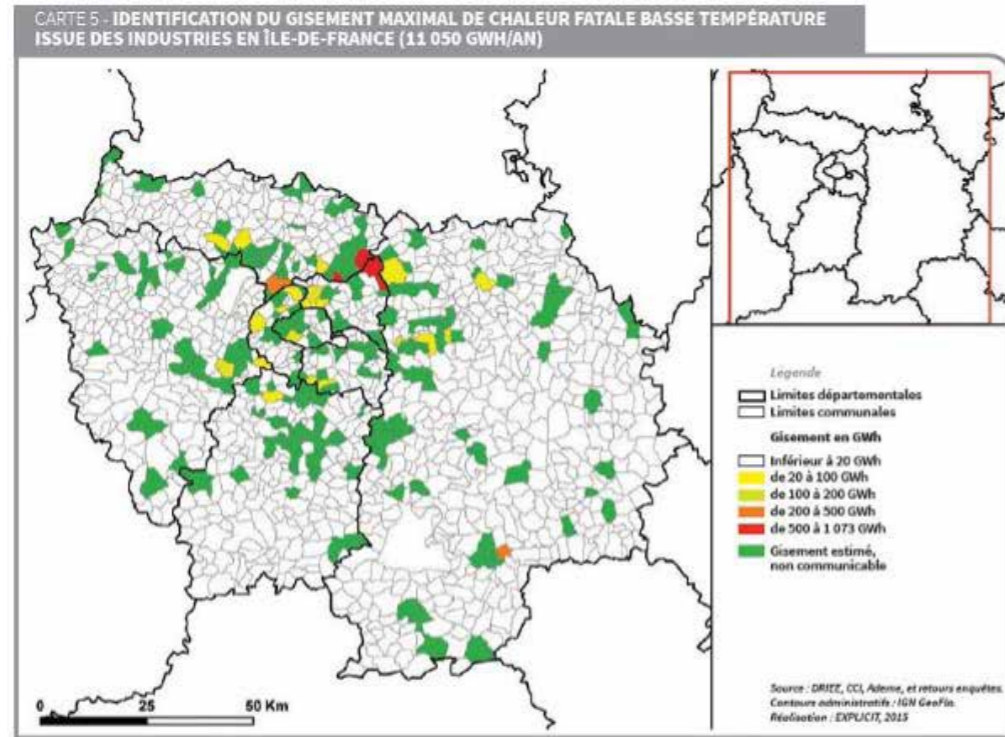
L'ADEME a identifié deux types de gisement :

- Gisement basse température. Il est issu des procédés industriels tels que les groupes froids, les

compresseurs à air et les tours aéroréfrigérantes. Il correspond typiquement à l'industrie agroalimentaire, papier-carton et chimique.

- Gisement haute température. Il est issu des

procédés industriels de combustion (four, étuve...). Il correspond typiquement à l'industrie des métaux, du verre, du ciment, des tuiles et des briques. ▼



D'après l'étude de l'ADEME « Étude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France » de 2017, sur 26 sites répertoriés dans Paris, seulement 8 disposeraient d'un potentiel valorisable. Le gisement disponible concerne surtout la chaleur basse température, il est évalué à 752 GWh, contre 33 GWh pour la haute température. ►

6.5.2 HYPOTHÈSES FORMULÉES DANS LE CADRE DU PRÉSENT SCHÉMA DIRECTEUR

Seul le gisement actuel est présenté dans l'étude. L'évolution du gisement disponible est difficile à encadrer à l'horizon 2030 puis 2050. Ainsi, l'hypothèse retenue dans le cadre du présent schéma directeur est une stabilité de la ressource aux horizons 2030 et 2050.

6.5.3 GISEMENT EnR&R RETENU (PRODUCTION DE CHALEUR)

L'évaluation du gisement disponible est présentée dans le tableau ci-dessous :

	Gisement restant, ressource parisienne (GWh/an)					
	2020		2030		2050	
	BT ¹⁵	HT	BT	HT	BT	HT
TOTAL (Paris)	752	33	752	33	752	33

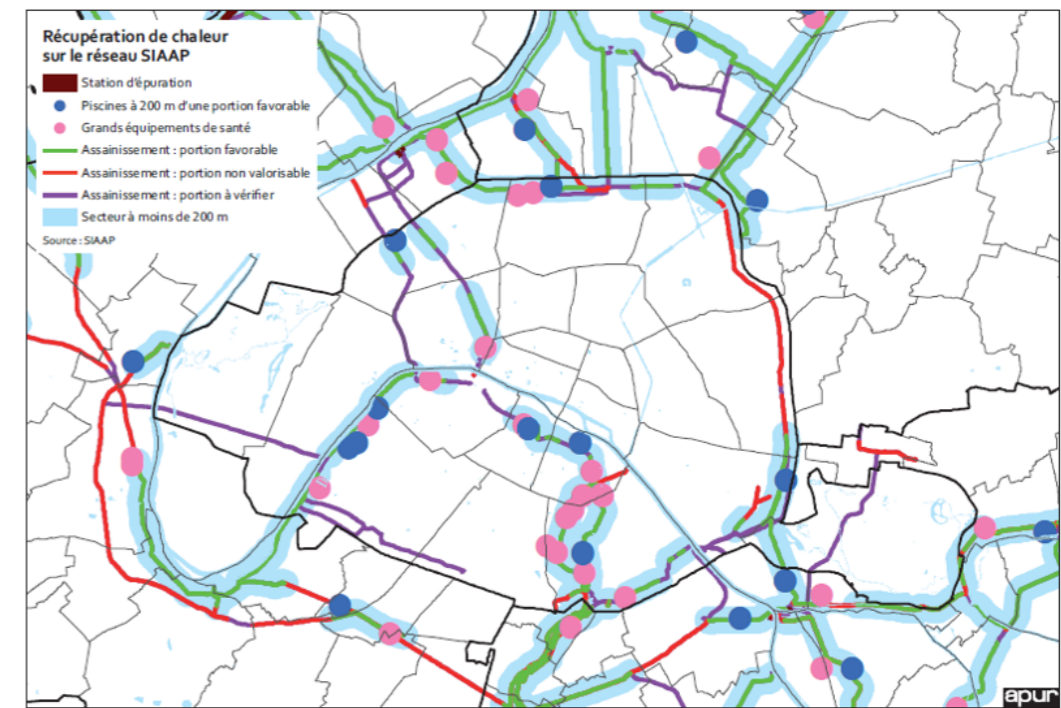
15. Basse Température.

6.6 RÉCUPÉRATION DE CHALEUR ET FROID SUR EAUX USÉES

Cette ressource pourra être valorisée pour la production de chaleur et de froid.

6.6.1 ÉTUDES MOBILISÉES

Les eaux usées des bâtiments parisiens sont collectées au pied de chaque immeuble dans des collecteurs. L'acheminement des eaux collectées vers les centres de traitement est assuré grâce à des émissaires du SIAAP¹⁶. Cette ressource est étudiée en priorité, du fait des débits très élevés disponibles et de gisements mobilisables à l'échelle de projets d'aménagement ou de quartiers. Une carte de ce réseau est affichée ci-dessous. ▼



La Mairie de Paris (avec ECOMÉ) a réalisé une étude intitulée « Actualisation du potentiel d'énergie renouvelable et de récupération de Paris en 2020 et intégration des smart-grids » en 2015.

Cette étude traite notamment des systèmes collectifs récupérateurs des eaux usées des logements parisiens.

Afin de caractériser la ressource disponible au niveau des émissaires du SIAAP, **des échanges ont eu lieu avec le SIAAP**. Un projet de valorisation de la ressource eaux usées pour la production de chaleur est en cours de développement à Clichy-la-Garenne. Ce type de projet pourra être dupliqué sur d'autres points du réseau.

La valorisation de la ressource pour la production de froid, seul, est en revanche interdite afin de ne pas réchauffer l'eau du réseau (problématiques d'émission de H₂S). La production de froid pourra être envisagée uniquement sur des projets avec thermofrigopompes.

Le projet de production de chaleur à partir des eaux usées à Clichy : une installation d'une puissance de 10 MW environ est en cours de développement. Cette installation permettra de valoriser 70 GWh/an d'énergie de récupération. La quantité de chaleur délivrée en sortie de pompe à chaleur (PAC) sera de 90 GWh/an.

16. Service public de l'assainissement urbain.

6.6.2 HYPOTHÈSES FORMULÉES DANS LE CADRE DU PRÉSENT SCHÉMA DIRECTEUR

Le gisement restant est une notion difficile à définir pour la récupération d'énergie sur eaux usées sur un territoire donné. En revanche, le potentiel valorisable peut être évalué sur la base d'hypothèses de réalisation d'installations de récupération d'énergie. Cette approche est retenue pour la présente étude. Les hypothèses suivantes ont été formulées dans le cadre du présent schéma directeur pour le développement de nouvelles centrales à Paris : Réalisation de deux installations de production de chaleur à l'horizon 2030 sur les émissaires du SIAAP et une installation complémentaire (3 centrales au total) pour 2050.

La réalisation d'une installation avec thermofrigopompe pour la production de chaleur et de froid nécessite la présence d'un émissaire et de bâtiments avec des besoins annuels stables de chaleur et de froid. Ainsi, le développement de ce type de projets est plus complexe.

L'hypothèse formulée dans le cadre du présent schéma directeur est le développement d'une centrale de production de chaleur et de froid avec thermofrigopompes à l'horizon 2050. Les caractéristiques prévisionnelles de la centrale sont les suivantes :

DONNÉES	Chaleur	Froid
Puissance (MW)	8	10
Production (GWh/an)	16	20
Production EnR (GWh/an)	14	17

6.6.3 POTENTIEL VALORISABLE EnR&R RETENU (PRODUCTION DE CHALEUR)

Pour la ressource sur eaux usées, le résultat présenté est le potentiel valorisable et non le gisement restant, vu les fortes contraintes techniques, économiques et juridiques pour le développement de projets de cette nature.

Le potentiel valorisable pour la production de chaleur à partir des eaux usées est détaillé ci-dessous :

Potentiel valorisable, ressource parisienne (GWh/an)				
	Actuel	2020	2030	2050
SIAAP	0	0	140	224
Systèmes collectifs (Mairie de Paris)	0	30	30	30
TOTAL (Île-de-France)	0	30	170	254

Ainsi, à l'horizon 2030, le potentiel valorisable pour la production de chaleur issue des eaux usées est évalué à 170 GWh et 254 GWh à l'horizon 2050.

6.6.4 POTENTIEL VALORISABLE EnR&R RETENU (PRODUCTION DE FROID)

Une installation de récupération d'énergie sur eaux usées avec thermofrigopompes permet de produire environ 17GWh/an de froid EnR&R.

Potentiel valorisable, ressource parisienne (GWh/an)				
	Actuel	2020	2030	2050
Total (Paris)	0	0	0	17

L'hypothèse formulée est la suivante : la réalisation d'une centrale avec thermofrigopompes sur la ressource eaux usées à Paris, à l'horizon 2050.

Ainsi, à l'horizon 2050, le potentiel valorisable pour la production de froid issu des eaux usées est évalué à 17 GWh.

6.7 GÉOTHERMIE

Cette ressource pourra être valorisée pour la production de chaleur et de froid.

6.7.1 ÉTUDES MOBILISÉES

Le potentiel de développement de la géothermie a été étudié dans l'« Actualisation du potentiel d'énergie renouvelable et de récupération de Paris en 2020 et intégration des smart-grids », réalisée par la Mairie de Paris (avec ECOMÉ) en 2015. Des hypothèses sur le développement des projets sur aquifères superficiels, et sur les ressources de l'Albien et du Dogger, ont été formulées dans le cadre de cette étude.

Le gisement restant est une notion difficile à définir pour la géothermie sur un territoire donné. En revanche, le potentiel valorisable peut être évalué sur la base d'hypothèses de réalisation d'installations géothermiques. Cette approche est retenue pour la présente étude.

Aquifères de surface (0 à -100 m)

L'espacement entre deux installations de géothermie superficielle doit être au minimum de 500 mètres, cela représente environ 25 hectares par installation. En comptabilisant la surface de Paris, sans prendre en compte les bois de Boulogne et de Vincennes, on estime au nombre de 350 les installations potentielles géothermiques dans Paris.

6. ÉTAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR À PROXIMITÉ

Selon l'étude citée ci-dessus, le débit pompé moyen est estimé à 30 m³/h avec un gradient de température de 5 °K. Les productions à prévoir sont d'environ 1 500 h/an de chauffage et 500 h/an de froid. Sur la base de ces hypothèses de développement de la géothermie, le potentiel de chaleur productible est de 90 GWh/an. Le productible de froid est de 45 GWh/an à l'échelle de la capitale.

Aquifère moyenne profondeur : l'Albien (-600 à -700 m)

L'aquifère albien est caractérisé par 3 bancs de sable séparés par des formes argileuses. Au droit de Paris, l'aquifère albien se situe entre -600 m NGF et -700 m NGF. Il présente de bonnes transmissivités en région parisienne.

Selon le SDAGE¹⁷ Seine-Normandie, 4 nouveaux ouvrages seraient possibles sur Paris sachant qu'un doublet a été réalisé sur la ZAC de Clichy-Batignolles. Il resterait donc encore 3 ouvrages supplémentaires possibles mais les difficultés réglementaires ralentissent ce processus. En effet, chaque nouveau dossier doit faire l'objet d'une demande à juger

par l'Administration départementale et régionale (DRIEE) associée à l'Agence régionale de santé (ARS). Une hypothèse de réalisation d'un doublet à l'Albien a été formulée dans l'étude « Actualisation du potentiel d'énergie renouvelable et de récupération de Paris en 2020 et intégration des smart-grids », soit une quantité de chaleur productible de 14 GWh/an.

Aquifère profond : le Dogger (-1 500 m)

Deux nouveaux doublets exploitant le Dogger pourraient potentiellement être créés à Paris, selon l'étude « Actualisation du potentiel d'énergie renouvelable et de récupération de Paris en 2020 et intégration des smart-grids », pour un productible de 156 GWh/an de chaleur.

6.7.2 HYPOTHÈSES FORMULÉES DANS LE CADRE DU PRÉSENT SCHÉMA DIRECTEUR

Une hypothèse de stabilité de la ressource disponible aux horizons 2030 et 2050 est formulée dans le cadre du présent schéma directeur.

6.7.3 POTENTIEL VALORISABLE EnR&R RETENU (PRODUCTION DE CHALEUR)

Le tableau suivant présente le potentiel valorisable pour la production de chaleur à partir de la géothermie. ▼

Potentiel valorisable, ressource parisienne (GWh/an)				
	Installations	2020	2030	2050
Superficielle	350	90	90	90
Profonde (Albien/Néocomien)	1 doublet	14	14	14
Profonde (Dogger)	2 doublets	156	156	156
TOTAL, Paris		260	260	260

6.7.4 POTENTIEL VALORISABLE EnR&R RETENU (PRODUCTION DE FROID)

Le tableau suivant présente le potentiel valorisable pour la production de froid à partir de la géothermie. ►

Potentiel valorisable, ressource parisienne (GWh/an)			
	2020	2030	2050
Total (Paris)	45	45	45

17. SDAGE : Schéma d'Aménagement et de gestion des eaux

6.8 SOLAIRE THERMIQUE

Cette ressource pourra être valorisée pour la production de chaleur.

6.8.1 ÉTUDES MOBILISÉES

L'APUR, avec de nombreux contributeurs, comme l'ADEME, a réalisé une étude intitulée « Atlas des grandes fonctions métropolitaines » en 2017. L'évaluation du potentiel solaire thermique en 2050 est présentée à l'échelle régionale dans ce document. Ce potentiel s'élève à 3 700 GWh en 2020 et à 4 500 GWh à l'horizon 2050. Par ailleurs, L'APUR a réalisé l'étude intitulée « Paris : un Plan local énergie » en 2015. Le potentiel valorisable solaire thermique actuel a été estimé à 766 GWh/an pour la Ville de Paris. La Mairie de Paris (avec ECOME) a également réalisé une évaluation du potentiel solaire thermique dans l'étude intitulée « Actualisation du potentiel d'énergie renouvelable et de récupération de Paris en 2020 et intégration des smart-grids », réalisée en 2015, en croisant l'évaluation du gisement disponible avec les contraintes de disponibilité des toitures et les conflits d'usage. La surface totale de toiture des bâtiments de la Ville de Paris est de 31 888 779 m² avec un ensoleillement annuel moyen de ces surfaces de toiture de 650 kWh/m²/an, soit un potentiel brut de 2 073 GWh/an.

Un grand nombre des toitures de Paris ne peuvent pas recevoir de panneaux solaires thermiques. Parmi celles-ci, on rencontre des toitures végétalisées, des toitures possédant des équipements techniques (ex : ventilation) ou encore des Velux. Du fait des différents usages, des contraintes techniques, économiques et réglementaires, la surface disponible pour l'installation de panneaux évaluée est nettement inférieure à la surface globale de toitures.

De plus, l'étude s'appuie sur plusieurs hypothèses ; seules les parcelles abritant du logement ont été prises en compte, la priorité est donnée au solaire thermique à hauteur de 40 % des besoins de production d'eau chaude des bâtiments (rendement de 30 %). Néanmoins, l'étude montre que le solaire est particulièrement adapté à l'habitat individuel de la Petite Couronne. Les toitures-terrasses des ensembles des logements des années 1950 ou 1960 représentent un potentiel très intéressant pour l'ECS dont la rentabilité est d'ores et déjà assurée. À ce jour, 30 000 m² sont déjà occupées par des panneaux photovoltaïques, et 20 000 m² sont destinées au solaire thermique.

La Mairie de Paris a réalisé une étude spécifique pour déterminer l'ensoleillement d'un mètre carré

de panneau. L'étude se base sur une installation collective de production d'ECS comprenant 100 m² de panneaux solaires thermiques. Plusieurs calculs de production thermique annuelle ont été réalisés en fonction des paramètres suivants :

- Technologie de panneaux : vitrés (80 %), tubes sous vide (20 %).
- Modèles de panneaux : 2 modèles par technologie.
- Orientation des panneaux : 5 orientations entre nord et sud.
- Inclinaison des panneaux : 3 inclinaisons (0°, 20° et 40° par rapport à l'horizontale).
- L'étude a permis d'obtenir une production annuelle de 435 kWh/m² de panneaux solaires thermiques.

La surface disponible, en prenant en compte l'ensemble des contraintes d'installation, est de 280 000 m². Avec une irradiation solaire évaluée à 435 kWh/m²/an en moyenne, le potentiel solaire thermique valorisable de Paris est de 122 GWh/an.

Cette ressource dépend de nombreux paramètres, son caractère intermittent est un facteur limitant et questionne sur la capacité à stocker l'énergie.

6.8.2 HYPOTHÈSES FORMULÉES DANS LE CADRE DU PRÉSENT SCHÉMA DIRECTEUR

L'étude de référence retenue est l'étude réalisée par ECOME pour la Ville de Paris. En effet, elle intègre les contraintes techniques de développement d'installations solaires.

En outre, l'hypothèse formulée concernant l'évolution du gisement est une stabilité des performances des panneaux et du productible aux horizons 2030 et 2050.

6.8.3 POTENTIEL VALORISABLE EnR&R RETENU (PRODUCTION DE CHALEUR)

Le tableau suivant présente le potentiel valorisable retenu pour la ressource solaire à Paris.

Potentiel valorisable, ressource parisienne (GWh/an)			
	2020	2030	2050
Total (Paris)	122	122	122

6. ÉTAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR À PROXIMITÉ

6.9 LA VALORISATION DE LA RESSOURCE SUR EAU DE SEINE

La ressource Eau de Seine peut être valorisée pour la production de chaleur ou de froid.

6.9.1 ÉTUDES MOBILISÉES

La Mairie de Paris (avec ECOME) a réalisé une étude intitulée « **Actualisation du potentiel d'énergie renouvelable et de récupération de Paris en 2020 et intégration des smart-grids** » en 2015.

Selon cette étude, 2 centrales pourraient être développées pour la production de froid et 5 centrales pour la production de chaleur.

L'énergie totale fournie par la centrale serait de 220 GWh/an, dont 165 GWh par hydrothermie (en sortie PAC). Une installation sur Eau de Seine pourrait produire 110 GWh/an d'énergie renouvelable, dont le COP moyen annuel est de 3. Une centrale de 100 MW permettrait de desservir 20 000 équivalents logements. Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques potentielles d'une installation sur Eau de Seine :

DONNÉES	Chaleur	Unités
Puissance	100	MW
Alimentation logements	20 000	nombre
Puissance PAC hydrothermie	50	MW
Production totale sortie PAC	165	GWh/an
Production EnR	110	GWh/an
Chaleur en sortie	220	GWh

Les hypothèses formulées dans le rapport de la mairie de Paris débouchent sur les estimations suivantes :

- Développement de 5 centrales de 50 MW pour la production de chaleur
- Développement de 2 centrales de 50 MW pour la production de froid

6.9.2 HYPOTHÈSES FORMULÉES DANS LE CADRE DU PRÉSENT SCHÉMA DIRECTEUR

Le réseau Climespace exploite d'ores et déjà 3 installations sur Eau de Seine. Les données d'exploitation de ces équipements sont utilisées pour caractériser le productible prévisionnel de nouvelles installations

de production de froid sur Eau de Seine. Il est retenu un productible 130 GWh de froid produits à partir d'une installation sur Eau de Seine, avec un COP 4 (Coefficient de Performance) par installation sur Eau de Seine.

6.9.3 POTENTIEL VALORISABLE EnR&R RETENU (PRODUCTION DE CHALEUR)

Le potentiel valorisable sous forme de chaleur à partir de la ressource Eau de Seine est présenté dans le tableau suivant :

Potentiel valorisable, ressource parisienne (GWh/an)			
	2020	2030	2050
TOTAL (Paris)	110	330	550
Nombre d'installations	1	3	5

6.9.4 POTENTIEL VALORISABLE EnR&R RETENU (PRODUCTION DE FROID)

Le potentiel valorisable sous forme de froid à partir de la ressource Eau de Seine est présenté dans le tableau suivant :

Potentiel valorisable, ressource parisienne (GWh)			
	2020	2030	2050
TOTAL (Paris)	130	260	260
Nombre d'installations	1	2	2

6.10 BIOMASSE

Cette ressource pourra être valorisée pour la production de chaleur uniquement.

6.10.1 ÉTUDES MOBILISÉES

Une première estimation des gisements biomasse

Gisement restant, ressource francilienne (GWh/an)				
	Actuel	2020	2030	2050
Forestier	93	187	407	407
Élagage	81	151	500	500
Déchets bois	1256	1256	1256	1256
TOTAL (Île-de-France)	1430	1594	2163	2163

Toutes essences confondues en Île-de-France, le gisement disponible pour la production de chaleur à partir du bois-énergie est évalué de 2 163 aux horizons 2030 et 2050, sur la base des données issues du SRCAE.

Ces données sont consolidées avec les résultats de l'étude réalisée par L'ADEME, l'IGN et le FCBA, intitulée « Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035 », du 22 février 2016.

L'annexe 25 de cette étude nationale précise pour chaque région les gisements supplémentaires disponibles à l'horizon 2031-2035. Les gisements en bois d'œuvre (BO)/bois industrie/bois énergie (BIBE) et en menu bois (MB) sont présentés.

Pour la région Île-de-France, le gisement disponible supplémentaire en BO/BIBE est évalué à 602 000 m³/an. Le gisement supplémentaire en menu bois est évalué à 124 000 m³/an.

Seuls les gisements BIBE et MB seront sollicités pour une valorisation énergétique. Ainsi, ces données sont croisées avec celles de l'annexe 30 de l'étude, précisant les disponibilités supplémentaires en bois d'œuvre par région. Pour l'Île-de-France,

pour la valorisation énergétique s'appuie sur l'Étude de la ressource biomasse du SRCAE¹⁸ de 2012.

Selon cette étude, la combustion de déchets bois (bois en fin de vie Classe A) représente 315 kt/an à court, moyen et long terme. Cette quantité équivaut à 108 ktep/an, soit 1 256 GWh. En ce qui concerne le bois d'élagage, le gisement actuel est d'environ 33 kt/an, ce représente 81 GWh de production de chaleur, et 200 kt/an, soit 500 GWh de chaleur produite à l'horizon 2030-2050. ▼

la disponibilité supplémentaire en BO représente 207 000 m³/an à l'horizon 2031/2035.

Ainsi, le gisement supplémentaire disponible en BIBE et MB sera de 519 000 m³/an à l'horizon 2031/2035, soit environ 121 000 tep, ou un équivalent de 1 400 GWh/an.

À l'horizon 2030, la filière de valorisation énergétique des déchets bois pourra être développée. Comme pour les CSR, on estime que la production de déchets sera identique à la production actuelle, la croissance démographique étant compensée par les actions de sensibilisation à la gestion des déchets.

Le tableau ci-dessous présente donc le gisement de déchets bois potentiellement disponible à l'horizon 2030 en Île-de-France, selon l'étude réalisée par l'ADEME en 2015 d'« évaluation du gisement de déchets bois et son positionnement dans la filière bois/bois énergie ». ►

18. SRCAE : Schéma Régional Climat Air Énergie.

6. ÉTAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR À PROXIMITÉ

Filière	Déchets bois produits en France (hors autoconsommation)		Déchets bois produits en Île-de-France	Déchets bois en Île-de-France non valorisés (estimation)
	Actuel		2020	2030
Chantiers	2 185	23%	248	57
Ménages	1 857	29%	300	87
Industries	1 633	11%	144	15
Filière Emballage	901	8%	Pas de données	
Tertiaire	120	0%	86	0
Artisanat	400	21%	Pas de données	
Négoce/distribution	232	8%	331	27
Total	7 328	100 %	1 109 kt	186 kt

On estime à 50 % les déchets de bois valorisables en bois énergie. Le reste étant non valorisable ou valorisé en matière (qui est la priorité à donner à la valorisation des déchets). À l'échelle de l'Île-de-France, cela représente 93 kt de déchets de bois, soit 372 GWh. ▼

Gisement restant, ressource francilienne (GWh/an)				
	Actuel	2020	2030	2050
BIBE et MB			1 400	1 400
Déchets bois	372	372	372	372
TOTAL (Île-de-France)			1 772	1 772

6.10.2 HYPOTHÈSES FORMULÉES DANS LE CADRE DU PRÉSENT SCHÉMA DIRECTEUR

Les études disponibles ne présentant pas de projection d'évolution du gisement disponible à l'horizon

2050, il a été formulé l'hypothèse que le gisement disponible en 2050 serait équivalent au gisement 2030.

6.10.3 GISEMENT ENR&R RETENU (PRODUCTION DE CHALEUR)

Les données de l'étude ADEME, l'IGN et le FCBA, intitulée « Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035 », du 22 février 2016

ont été retenues pour le présent schéma directeur. Elles sont complétées des données de l'étude d'« évaluation du gisement de déchets bois et son positionnement dans la filière bois/bois énergie » de l'ADEME/FCBA. ▼

Gisement restant, ressource francilienne (GWh/an)				
	Actuel	2020	2030	2050
BIBE et MB			1 400	1 400
Déchets bois	372	372	372	372
TOTAL (Île-de-France)			1 772	1 772

Les besoins en bois du réseau de chaleur parisien sont en concurrence avec ceux d'autres réseaux de chaleur. Une attention particulière doit être portée entre les besoins en bois énergie et la disponibilité de la ressource dans un périmètre qui

dépasse probablement la région Ile-de -France. Pour faciliter cette étude, une synthèse nationale des différentes stratégies régionales bois pourrait utilement être réalisée.

6.11 MÉTHANISATION

Cette ressource pourra être valorisée pour la production de chaleur uniquement.

6.11.1 ÉTUDES MOBILISÉES

L'étude de la ressource disponible grâce à la méthanisation de la fraction fermentescible des déchets s'appuie sur des hypothèses de travail concernant le gisement de déchets fermentescibles (détaillées au paragraphe suivant), consolidées par les données de la fiche technique « Méthanisation » de l'ADEME (mise à jour de février 2015).

6.11.2 HYPOTHÈSES FORMULÉES DANS LE CADRE DU PRÉSENT SCHÉMA DIRECTEUR

Le méthane peut être produit à partir de trois intrants : les boues de station d'épuration, les ordures ménagères fermentescibles, et les effluents d'élevage. Notre étude concerne seulement les ordures ménagères fermentescibles qui dépendent du nombre d'habitants.

■ Ordures ménagères

On estime le gisement de déchets fermentescibles à 30 kg/an/habitant, et une production de méthane équivalent à 1,1 kWh par kilogramme de déchets fermentescibles.

Deux modes d'obtention des biodéchets peuvent être envisagés :

- Collecte de biodéchets en pied d'immeubles, ce qui suppose la sensibilisation puis la coopération des habitants, mais qui va dans le sens de la TEPCV (loi de Transition Énergétique Pour la Croissance Verte) qui prévoit, d'ici 2025, la généralisation du tri à la source des biodéchets des ménages (article 70 V 4°) et des entreprises (article 70 IX).
- Tri mécano-biologique des déchets ménagers. Les biodéchets sont obtenus par tri des déchets ménagers.

■ Gisement identifié.

Le tableau ci-dessous présente l'estimation du méthane pouvant être valorisé dans un réseau de chaleur grâce aux déchets des Franciliens.

La production de déchets fermentescibles par habitant est estimée à 30 kg/an. Une tonne de déchets fermentescibles permet de produire 1,1 MWh grâce à la méthanisation. Une partie du méthane produit (environ 12,5 %) est utilisée pour maintenir la cuve de méthanisation à une température comprise entre 48 et 55 °C. Le ratio de méthane valorisable par habitant et par an est de l'ordre de 30 kWh/habitant/an.

Afin de caractériser l'évolution du gisement disponible horizon 2030 et 2050, les hypothèses d'évolution de la population formulées par l'INSEE sont utilisées :

Évolution de la population en Île-de-France (nombre d'habitants)			
INSEE	2020	2030	2050
Évolution de la population	12048308	12409075	13504900

6. ÉTAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR À PROXIMITÉ

6.11.3 GISEMENT EnR&R RETENU (PRODUCTION DE CHALEUR)

Le tableau suivant présente le gisement disponible grâce à la méthanisation.

Gisement restant, ressource francilienne (GWh/an)			
	2020	2030	2050
TOTAL (Île-de-France)	360	370	405