



Schéma directeur du réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne Phase 1 : Etat des lieux



Département Energie Environnement
149, avenue Jean Lolive
93695 PANTIN CEDEX
☎ 01 41 83 36 36 ☎ 01 41 83 37 58

SUIVI DES REVISIONS

Rév.	Date / Objet	Rédacteur		Vérificateur		Validation	
		Nom	Visa	Nom	Visa	Nom	Visa
0	03/04/2018	M. TECHER		B. TIECHE		B. TIECHE	
	Version provisoire						
1	24/05/2018	M. TECHER		B. TIECHE		B. TIECHE	
	Version définitive						
2							
3							

SOMMAIRE

1	CONTEXTE	8
1.1	L'ÉTABLISSEMENT PUBLIC CAMPINOIS DE GEOTHERMIE	8
1.2	SCHEMA DIRECTEUR	8
1.2.1	LE PERIMETRE DU SCHEMA DIRECTEUR	9
1.2.2	ORGANISATION	9
1.3	ENJEUX ENERGETIQUES	10
1.3.1	LES ENJEUX DE LA TRANSITION ENERGETIQUE	10
1.3.2	LA TRANSITION ENERGETIQUE SUR LE TERRITOIRE METROPOLITAIN	11
2	GENERALITES SUR LES RESEAUX DE CHALEUR	15
2.1	DEFINITION ET MODES DE GESTION	15
2.2	PRODUCTION, DISTRIBUTION, LIVRAISON	17
2.3	LES RESEAUX PRIMAIRES DE DISTRIBUTION	18
2.4	LES SOUS-STATIONS	19
2.5	RAPPEL DE QUELQUES CONTRAINTES TECHNIQUES ET REGLEMENTAIRES	19
2.5.1	CASCADE DE FONCTIONNEMENT DES GENERATEURS	19
2.5.2	MAILLAGE DE DIFFERENTS SITES DE PRODUCTION	20
2.6	AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES RESEAUX DE CHALEUR	21
3	CONTRAINTES ET OPPORTUNITES A INTEGRER A L'HORIZON 2035	22
3.1	EVOLUTION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DES BATIMENTS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3.1.1	LES REGLEMENTATIONS THERMIQUES	22
3.1.2	SITUATION DES RESEAUX DE CHALEUR DANS LA POLITIQUE ENERGETIQUE ET ELEMENTS INCITANT L'INTEGRATION DES ENR DANS LES RESEAUX DE CHALEUR	23
3.1.3	LA TVA REDUITE	23
3.1.4	LE CLASSEMENT DES RESEAUX DE CHALEUR	23
3.1.5	LE « FOND CHALEUR »	24
4	LE RESEAU DE CHALEUR DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE	26
4.1	ETAT DES LIEUX DU RESEAU EXISTANT	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
4.2	CONTEXTE ET HISTORIQUE DU RESEAU DE CHALEUR	26
4.3	ANALYSE JURIDIQUE DU RESEAU DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE	26
4.4	ANALYSE TECHNIQUE DU RESEAU	31
4.4.1	PRESENTATION DU RESEAU	31
4.4.2	PLAN DU RESEAU	31
4.4.3	PRESENTATION DES MOYENS DE PRODUCTION	32
4.5	RIGUEUR CLIMATIQUE	34
4.6	PUISSANCE SOUSCRITE	35
4.7	QUANTITE D'ENERGIE PRODUITE	35
4.8	CONSOMMATION ENERGETIQUE DES ABONNES	36
4.9	EVOLUTION DU MIX ENERGETIQUE SUR LES TROIS DERNIERES ANNEES	37
4.10	CONTENU CO ₂ DU RESEAU	37
4.11	SYNTHESE DES PRINCIPAUX INDICATEURS SUR LES 3 DERNIERES ANNEES	38
4.12	COUT DE LA CHALEUR CORRIGEE DU CLIMAT	39
4.13	PERSPECTIVES D'EVOLUTION DU RESEAU	40

5	EVOLUTIONS/DEVELOPPEMENTS ENVISAGEABLES DU RESEAU	42
5.1	DENSIFICATION/EXTENSION DU RESEAU DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE	42
5.1.1	LE PROJET DE LA VOIE DE DESSERTE ORIENTALE	43
5.2	INTERCONNEXION A UN RESEAU DE CHALEUR EXISTANT	45
5.2.1	RECENSEMENT DES RESEAUX DE CHALEUR A PROXIMITE DU RESEAU DE CHAMPIGNY SUR MARNE.....	45
6	MOYENS DE PRODUCTION ENERGETIQUES DU TERRITOIRE	47
6.1	CHALEUR FATALE	48
6.1.1	RECUPERATION DE CHALEUR FATALE SUR UNITE DE VALORISATION ENERGETIQUE	48
6.1.2	RECUPERATION DE CHALEUR FATALE SUR DATA CENTER	49
6.1.3	RECUPERATION DE CHALEUR FATALE SUR LES EAUX USEES	50
6.1.4	RECUPERATION DE CHALEUR FATALE SUR INDUSTRIES.....	55
6.2	PRODUCTION D'ENERGIE PAR GEOTHERMIE.....	56
6.2.1	GEOTHERMIE PROFONDE (DOGGER ET TRIAS)	57
6.2.2	LE POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DE LA GEOTHERMIE AU DOGGER SUR LE PERIMETRE DU SCHEMA DIRECTEUR	58
6.3	PRODUCTION D'ENERGIE PAR BIOMASSE	60
6.3.1	LA BIOMASSE	60
6.3.2	LA COGENERATION BIOMASSE	65
6.3.3	LA GAZEIFICATION.....	66
6.3.4	POTENTIEL BIOMASSE DANS LA REGION ILE DE FRANCE	68
6.3.5	AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA BIOMASSE PAR RAPPORT AU GAZ.....	70
6.4	PRODUCTION D'ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE.....	72
6.4.1	ETAT DES LIEUX DU DEVELOPPEMENT DE L'ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE SUR LE PERIMETRE ETUDIE.	72
6.4.2	DEVELOPPEMENT DES INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES SUR RESEAUX DE CHALEUR	73
6.5	PRODUCTION DE BIOGAZ	77
6.6	CONCLUSION SUR LE GISEMENT D'ENERGIE RENOUVELABLE ET DE RECUPERATION SUR LE PERIMETRE ETUDIE	78
7	SYNTHESE PHASE 1 – ETAT DES LIEUX DU TERRITOIRE	79

Table des tableaux

TABLEAU 1 : ORIENTATIONS FIXEES PAR LE SRCAE IDF.....	12
TABLEAU 2 : SYNTHESE DES MODES DE REALISATIONS.....	16
TABLEAU 3 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES RESEAUX DE CHALEUR	21
TABLEAU 4 : SYNTHESE DES INDICATEURS DU RESEAU	38
TABLEAU 5 : COUT MOYEN DE LA CHALEUR VENDUE AUX ABONNES DU RESEAU	39
TABLEAU 6 : COMPARAISON DU COUT DE LA CHALEUR DES DIFFERENTS MODES DE CHAUFFAGE	40
TABLEAU 7 : SYNTHESE DU GISEMENT DE CHALEUR FATALE SUR INDUSTRIE.....	55
TABLEAU 8 : DIFFERENTS TYPES DE FOYERS DE CHAUDIERES BOIS	64
TABLEAU 9 : RENDEMENTS DES DIFFERENTES TURBINES.....	66
TABLEAU 10 : SYNTHESE DES RESEAUX EXISTANTS SUR LE PERIMETRE DU SCHEMA DIRECTEUR	79
TABLEAU 11 : SYNTHESE DES POTENTIELS D'ENR&R SUR LE PERIMETRE ETUDIE	81

Table des illustrations

FIGURE 1 : CARTE DES COMMUNES CONCERNEES PAR LE SCHEMA DIRECTEUR	9
FIGURE 2 REPRESENTATION GRAPHIQUE D'UN RESEAU DE CHALEUR URBAIN	17
FIGURE 3 : COUPES DE PRINCIPE SUR 2 TYPES DE CANIVEAUX	18
FIGURE 4 : REALISATION D'UN CANIVEAU EN BETON AVEC UN SUPPORT GUIDE EN 1ER PLAN	18
FIGURE 5 : COUPE DE PRINCIPE D'UN RESEAU ENTERRE DE TUBES PREISOLES	18
FIGURE 6 : TUBES PREISOLES REPOSANT SUR UN LIT DE SABLE EN TRANCHEE	18
FIGURE 7 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE SOUS-STATION BP	19
FIGURE 8 : ECONOMIES ENERGETIQUES LIEES A CHAQUE NOUVELLE REGLEMENTATION	22
FIGURE 9 : PLAN DU RESEAU DE CHALEUR DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE	31
FIGURE 10: REPARTITION DE LA PRODUCTION DE CHALEUR DU RESEAU	33
FIGURE 11 : HISTORIQUE DES DJU DEPUIS 1997.....	34
FIGURE 12: COMPARAISON DES MONOTONES DEPUIS 2012/2013	34
FIGURE 13 : EVOLUTION DE LA PRODUCTION THERMIQUE SUR LES TROIS DERNIERES ANNEES	35
FIGURE 14 : EVOLUTION DES CONSOMMATIONS DES ABONNES.....	36
FIGURE 15 : EVOLUTION DU CONTENU CO ₂ DU RESEAU	37
FIGURE 16 : TARIF DE LA CHALEUR SUR LE RESEAU DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE EN € HT/MWH CORRIGE DU CLIMAT	39
FIGURE 17: POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DES RESEAUX DE CHALEUR (2011) AUTOUR DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE	42
FIGURE 18: DENSITE THERMIQUE (PROJECTIONS 2020) AUTOUR DU RESEAU DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE	42
FIGURE 19 : LES DIFFERENTS QUARTIERS DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE.....	43
FIGURE 20 : ETENDU DES AMENAGEMENTS EN PERIPHERIE DU PROJET ACTIVAL DANS CHAMPIGNY-SUR-MARNE	44
FIGURE 21 : PROXIMITE DU RESEAU DE CHALEUR DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE A CELUI DE SUCY-EN-BRIE.....	46
FIGURE 22 : LOCALISATION DES DATACENTER EN IDF (GLOBAL SECURITY MAG AU 06 MARS 2017)	49
FIGURE 23 : LOCALISATION DES EQUIPEMENTS DU SIAAP (SOURCE : SIAAP)	51
FIGURE 24 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE INSTALLATION DE PAC SUR EAUX USEES EN COLLECTEUR	52
FIGURE 25 : SCHEMA DE PRINCIPE - PAC SUR EAUX USEES EN COLLECTEUR AVEC DERIVATION	52
FIGURE 26 : CARTE DU POTENTIEL DE RECUPERATION ENERGETIQUE SUR COLLECTEUR D'EAUX USEES (SOURCE : ADEME)	53

FIGURE 27 : LOCALISATION DES STATIONS D'EPURATIONS SIAAP A PROXIMITE DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE..	54
FIGURE 28 : CARTE DES INDUSTRIES PRESENTANT UN GISEMENT DE CHALEUR FATALE	55
FIGURE 29 : POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DE LA GEOTHERMIE AU DOGGER DANS LE PERIMETRE DU SCHEMA DIRECTEUR (SOURCE : ENERGIF)	58
FIGURE 30 : SCHEMA DE L'EXPLOITATION ET DE LA CROISSANCE ANNUELLE DE LA FORET	60
FIGURE 31 : ÉVOLUTION DU NOMBRE DE CHAUFFERIES BOIS EN SERVICE SUR DES RESEAUX DE CHALEUR (293 CHAUFFERIES BOIS CONSIDEREES)	61
6.3.1.3 FIGURE 32 EXEMPLES DE BOIS LES PLUS COURAMMENT UTILISES EN CHAUFFERIES :	62
FIGURE 33 : VARIATION DU PCI DU BOIS EN FONCTION DE L'HUMIDITE	62
FIGURE 34 : GRAPHIQUE DU COUT DE LA PLAQUETTE FORESTIERE SELON LES PUISSANCES CONCERNEES (ETUDE AMORCE)	63
FIGURE 35 : PRIX DE LA PLAQUETTE FORESTIERE AU 3EME TRIMESTRE 2016	63
FIGURE 36 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE CHAUFFERIE BOIS	64
FIGURE 37 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE TURBINE A VAPEUR	65
FIGURE 38 : SCHEMA D'UNE INSTALLATION DE GAZEIFICATION AVEC COGENERATION	67
FIGURE 39 : PRODUCTION DE BOIS EN IDF	68
FIGURE 40 : CARTE DES FOURNISSEURS DE BOIS EN IDF	69
FIGURE 41 : CARTE DE LA PRODUCTION D'ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE IDENTIFIEE (2014)	72
FIGURE 42 : PHOTOS D'INSTALLATIONS SOLAIRE THERMIQUE SUR RESEAU DE CHALEUR	74
FIGURE 43 : SCHEMA DE PRINCIPE DE L'INSTALLATION SOLAIRE THERMIQUE SUR LE RESEAU DE FRIEDRICHSHAFEN	74
FIGURE 44 : LOCALISATION DES RESEAUX DE CHALEUR SOLAIRES EN FRANCE	75
FIGURE 45 : REPARTITION DES PROJETS DE RESEAUX DE CHALEUR SOLAIRE THERMIQUE EN FRANCE	75
FIGURE 46 : LOCALISATION DES UNITES DE PRODUCTION DE BIOGAZ SUR LE PERIMETRE ETUDIE	77
FIGURE 47 : SITUATION DANS LE PHASAGE DE L'ETUDE	79
FIGURE 48 : CARTE DES RESEAUX EXISTANTS SUR LE PERIMETRE DU SCHEMA DIRECTEUR	80

Phase 1 – Etat des lieux

1 CONTEXTE

L'Etablissement Public Campinois de Géothermie (EPCG) de Champigny-sur-Marne a confié au bureau d'étude BERIM la réalisation du schéma directeur du réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne.

1.1 L'Etablissement Public Campinois de Géothermie

L'Etablissement Public Campinois de Géothermie est une régie dotée de la personnalité morale et de l'autonomie financière créé en décembre 2011 pour la gestion du réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne.

Construit en 1984 le réseau de chaleur géré par l'EPCG alimente en chauffage et en eau chaude sanitaire près de 7000 équivalents logements et plusieurs équipements publics (groupes scolaires, piscines, gymnases, etc.) répartis sur les communes de Champigny-sur-Marne et Chennevières-sur-Marne. Il mesure aujourd'hui 9 km et dessert 44 points de livraison.

Depuis son origine, le moyen de production de chaleur principal est la géothermie. Celle-ci a fait l'objet d'une évolution majeure en 2012 avec la réalisation d'un nouveau puits de production, qui a permis l'amélioration et l'augmentation de la production géothermale. La part de géothermie couvre à présent plus de 60% des besoins en chaleur du patrimoine raccordé (67% en 2015).

Le complément de chaleur nécessaire au réseau est fourni par deux unités de cogénération (centralisées) équipées de 2 moteurs thermiques au gaz, de 4 chaudières gaz installées dans la chaufferie des Mordacs et de nombreuses chaudières d'appoint local au gaz installées en sous-station.

L'enjeu majeur de l'EPCG est de développer son réseau de chaleur tout en préservant un taux de couverture d'énergie renouvelable important (supérieur à 50%) et en assurant la stabilité du tarif de vente de la chaleur.

1.2 Schéma directeur

L'élaboration du schéma directeur du réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne a pour objectif de définir le potentiel de développement de ce réseau sur la ville de Champigny-sur-Marne et de ses communes limitrophes : Chennevières-sur-Marne, Villiers-sur-Marne, Bry-sur-Marne, Le plessis-Trévisé, La Queue-en-Brie.

Le concept de Schéma Directeur s'inscrit dans une démarche d'anticipation dont l'objectif est de réaliser un exercice de projection à l'horizon 2025, 2030 et 2035, et de fournir différents scénarios qui permettront de décider d'une programmation de travaux à entreprendre durant cette période pour raccorder de nouveaux quartiers au réseau de chaleur par le développement du réseau existant.

Le but de cette approche est donc de définir un plan d'actions programmées qui intégrera les évolutions des demandes énergétiques, un équilibre et une performance économique pour chacun des partenaires (notamment en termes de maîtrise des charges pour l'utilisateur final) et une performance environnementale grâce au recours majoritaire aux énergies renouvelables et de récupération dans le bouquet énergétique du réseau.

1.2.1 Le périmètre du schéma directeur

Le présent schéma directeur a pour périmètre la ville de Champigny-sur-Marne et ses communes limitrophes : Chennevières-sur-Marne, Villiers-sur-Marne, Bry-sur-Marne, Le plessis-Trévisé, La Queue-en-Brie. Ci-dessous une carte indiquant les communes concernées.

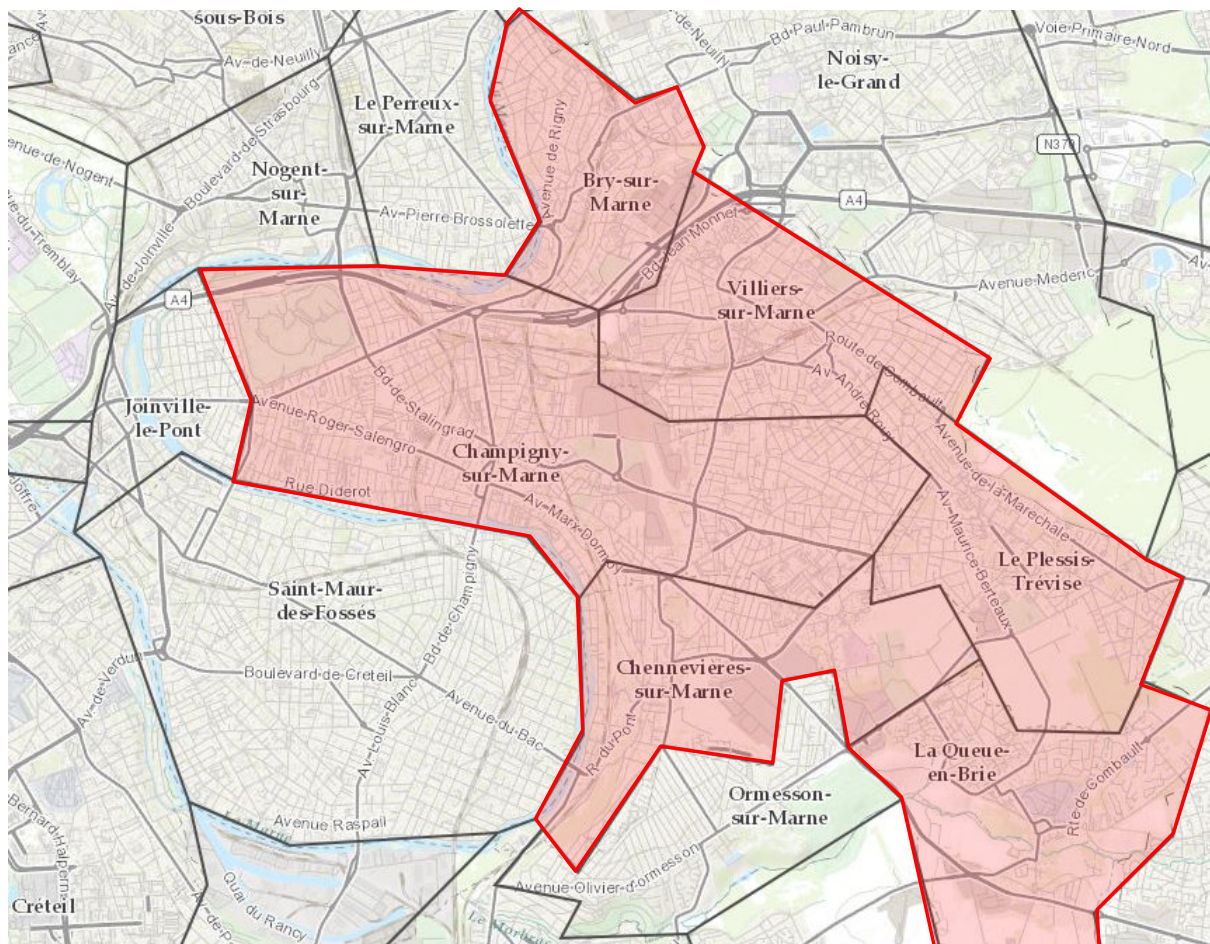


Figure 1 : Carte des communes concernées par le schéma directeur

1.2.2 Organisation

Le schéma directeur s'organise en 4 phases :

- diagnostic initial : Analyse des réseaux existants, analyse du territoire, analyse des ressources énergétiques ;
- projection des évolutions du réseau de chaleur à l'horizon 2025, 2030 et 2035 en tenant compte de l'évolution des besoins liés aux nouveaux raccordements, à la programmation urbaine et aux réhabilitations prévues sur le périmètre étudié ;
- élaboration de plusieurs scénarios d'évolution possible avec analyse des impacts de chaque scénario et analyse économique (investissements, financements mobilisables, impact sur la facture énergétique des abonnés actuels et futurs, etc.) ;
- définition d'un plan d'actions et d'un échéancier prévisionnel.

1.3 Enjeux énergétiques

1.3.1 Les enjeux de la transition énergétique

❖ Union européenne

Alors que l'Union Européenne semble suivre une bonne trajectoire pour respecter les objectifs du Paquet Climat-Energie en termes de réductions d'émissions de CO₂ (-20% d'ici 2020), les engagements en termes de part d'énergies renouvelables dans le mix énergétique européen (20% d'ici 2020) sont plus contraignants. Par ailleurs, la Commission Européenne a adopté en 2014 de nouveaux objectifs pour 2030 comprenant notamment la réduction de 40% des gaz à effet de serre par rapport à 1990.

La loi de transition énergétique pour la croissance verte fixe, en outre, des objectifs ambitieux pour la France :

- **-40%** d'émissions de gaz à effet de serre en 2030 par rapport à 1990 ;
- **-30%** de consommation d'énergies fossiles en 2030 par rapport à 2012 ;
- porter la part des énergies renouvelables à **32%** de la consommation finale d'énergie en 2030 et à **40%** de la production d'électricité ;
- réduire la consommation énergétique finale de **50% en 2050** par rapport à 2012.

❖ Le Grenelle de l'environnement

Le Grenelle de l'environnement, avec la fixation d'objectifs ambitieux en matière énergétique, favorise le développement des réseaux de chaleur :

- il a redonné ses lettres de noblesse aux réseaux de chaleur en rappelant leur rôle indispensable pour le développement des énergies renouvelables et de récupération ;
- il impose des mesures fortes de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments qui vont entraîner une réduction sensible de la chaleur livrée par les réseaux sur leur périmètre existant ;
- le taux réduit de TVA, mais aussi les aides à l'investissement sont généralement conditionnés à un taux de couverture minimum de 50% par une énergie renouvelable et de récupération.

Ce contexte impose d'imaginer des solutions techniques et économiques afin d'adapter les réseaux aux opportunités et contraintes créées par ce nouvel environnement, avec une préoccupation d'équilibre économique et de compétitivité des réseaux.

1.3.2 La transition énergétique sur le territoire métropolitain

❖ Le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE)

Le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE) a été adopté le 14 décembre 2012 suite à un travail copiloté par les services de l'État (DRIEE), le Conseil régional et l'ADEME, en associant de multiples acteurs du territoire. Il fixe 17 objectifs et 58 orientations stratégiques pour le territoire régional en matière de réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, d'amélioration de la qualité de l'air, de développement des énergies renouvelables et d'adaptation aux effets du changement climatique. Il définit les trois grandes priorités régionales pour 2020 :

- le renforcement de l'efficacité énergétique des bâtiments ;
- le développement du chauffage urbain alimenté par des énergies renouvelables et de récupération, avec un objectif d'augmentation de 40% du nombre d'équivalent logements raccordés d'ici 2020 ;
- la réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre du trafic routier, combinée à une forte baisse des émissions de polluants atmosphériques (particules fines, dioxyde d'azote).

Ces objectifs sont repris par les territoires métropolitains renforçant ainsi leurs rôles dans la transition énergétique :

- **une révolution du modèle économique** : passage d'un modèle économique « centralisé » (modèle de 1945 et de ses leaders nationaux) à un modèle « décentralisé » permettant le développement de la production locale d'énergie, ainsi qu'un mix énergétique plus favorable aux énergies décarbonées. Cette révolution perturbe le modèle économique classique ; les leaders nationaux étant de plus en plus conscients qu'ils ont intérêt à collaborer pour inventer un nouveau modèle en lien avec les acteurs locaux, si tant est que les évolutions législatives et réglementaires le permettent ;
- **une révolution technologique** liées aux Smart Grids permettant de mettre en lien offre et demande en énergie sur un territoire à ses différentes échelles ;
- **une évolution du contexte institutionnel** qui tend à renforcer le rôle et la place des collectivités locales dans la transition énergétique (loi du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles dite loi MAPTAM).

L'ensemble des actions de maîtrise de la demande doivent être appréhendées au travers des nouvelles potentialités offertes par les Smart Grid et doivent être corrélées aux évolutions des réseaux. De même, les actions visant à développer la production locale d'énergie doivent être corrélées à la capacité d'injection et d'absorption par les réseaux. Ce sont en effet les technologies et nouveaux services énergétiques liées à l'avènement des Smart Grid qui rendent possibles à terme le pilotage de l'offre et de la demande en énergie à l'échelle du territoire.

Le schéma régional climat air énergie est désormais complété par un plan régional d'efficacité énergétique.

L'ensemble des études, résultats et documents du SRCAE sont disponibles sur le site dédié <http://www.srcae-idf.fr>.

Les orientations du SRCAE concernant la production énergétique sont présentées dans le tableau ci-dessous.

N°	OBJECTIFS	N°	ORIENTATIONS
ENR 1	Densifier, étendre et créer des réseaux de chaleur et de froid en privilégiant le recours aux énergies renouvelables et de récupération	ENR 1.1	Déployer des outils en région et sur les territoires pour planifier et assurer le développement du chauffage urbain
		ENR 1.2	Optimiser la valorisation des énergies de récupération et favoriser la cogénération sur le territoire
		ENR 1.3	Encourager le développement et l'exploitation durable des géothermies
		ENR 1.4	Assurer une mobilisation et une utilisation cohérentes de la biomasse sur le territoire avec des systèmes de dépollution performants
ENR 2	Favoriser le développement des énergies renouvelables intégrées au bâtiment	ENR 2.1	Accélérer le développement des pompes à chaleur géothermales et aérothermiques
		ENR 2.2	Accompagner le développement des filières solaires thermique et photovoltaïque
		ENR 2.3	Mettre en place les conditions permettant au chauffage domestique au bois d'être compatible avec les objectifs de la qualité de l'air
ENR 3	Favoriser le développement d'unités de production d'ENR électrique et de biogaz sur les sites propices et adaptés	ENR 3.1	Favoriser la création de ZDE dans les zones favorables définies dans le SRE
		ENR 3.2	Améliorer la connaissance du potentiel et mettre en place les conditions nécessaires à un développement de la méthanisation
		ENR 3.3	Favoriser le développement de centrales photovoltaïques sur des sites ne générant pas de contraintes foncières supplémentaires

Tableau 1 : Orientations fixées par le SRCAE IdF

❖ Le Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET)

Un Plan Climat Energie Territorial (PCAET) est un projet territorial de développement durable dont la finalité est la lutte contre le changement climatique et l'adaptation du territoire. Le résultat visé est un territoire résilient, robuste, adapté, au bénéfice de sa population et de ses activités.

PCAET Paris Est Marne et Bois

Les communes du schéma directeur faisant parties de ce PCAET sont : Champigny-sur-Marne, Villiers-sur-Marne et Bry-sur-Marne.

Le diagnostic territorial climat-air-énergie est actuellement en cours de réalisation.

Au premier trimestre 2019, le projet de plan du PCAET sera adopté.

PCET du Haut Val-de-Marne (Grand Paris Sud Est Avenir)

Les communes du schéma directeur concernées par ce PCET sont : Chennevières-sur-Marne, Le Plessis-Trévis et La Queue-en-Brie.

Actuellement, le PCET intègre uniquement un pré-diagnostic qui constitue la base technique, économique et politique pour construire une compréhension commune des enjeux climatiques du territoire.

Le pré-diagnostic climat se compose de quatre éléments :

- une présentation du territoire ;
- l'analyse des vulnérabilités du territoire face au changement climatique ;
- le recensement des actions et des politiques liées au développement durable déjà engagées sur le territoire du Haut Val-de-Marne ;
- l'identification des acteurs principaux à mobiliser pour lutter contre le changement climatique dans le Val-de-Marne.

Le PECT final sera construit à partir de ce pré-diagnostic et du diagnostic des émissions des GES pour former le profil climat du territoire.

❖ Le Schéma Directeur de la Région Ile-de-France :

Pour répondre à l'enjeu planétaire de réduction des gaz à effet de serre (GES) et participer pleinement aux engagements internationaux de la France, le SDRIF s'inscrit dans l'engagement européen «3x20» à l'horizon 2020 et l'atteinte du facteur 4 d'ici 2050, en cohérence avec le schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie.

Les trois leviers du schéma directeur pour atténuer le changement climatique via la réduction des émissions de GES liées à l'énergie sont :

- la sobriété énergétique, qui consiste à réduire les consommations énergétiques à travers les comportements individuels et l'organisation collective sur nos différents usages de l'énergie ;
- l'efficacité énergétique, qui consiste à diminuer la quantité d'énergie nécessaire pour un service énergétique donné ;
- le développement des énergies renouvelables, non émettrices de GES.

Les objectifs spécifiques du SDRIF pour la réduction des émissions de gaz à effets de serres sont :

- la maîtrise de la demande en énergie dans les transports ;
- l'amélioration du bilan énergétique en milieu urbain dense ;
- le développement du chauffage urbains et des énergies renouvelables ;
- la préservation des espaces agricoles, boisés et naturels, lieux de stockage de carbone (non-développé, études ultérieures).

❖ Projet d'Aménagement et de Développement Durables de la Ville de Champigny-sur-Marne :

Les orientations générales concernant les problématiques énergétiques et sanitaires au cœur du projet de ville sont :

- favoriser l'amélioration énergétique des constructions existantes ;

- améliorer l'efficacité énergétique des constructions futures et inciter à concevoir les bâtiments de façon « bioclimatique » ;
- promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables ;
- agir pour la qualité de l'air en faisant de Champigny-sur-Marne le deuxième pôle de géothermie de l'Ile de France en créant un second puits de géothermie.

Le recours aux énergies renouvelables doit naturellement être favorisé à la fois sur le bâti existant et dans les futurs projets de constructions. Le territoire dispose par ailleurs d'un fort potentiel de développement en termes de réseau de chaleur et de géothermie qui doit être développé.

2 GENERALITES SUR LES RESEAUX DE CHALEUR

2.1 Définition et modes de gestion

Définition

Un réseau de chaleur, également appelé réseau de chauffage urbain (RCU) ou réseau de chauffage à distance (CAD) est une installation distribuant à plusieurs utilisateurs clients de la chaleur produite par une ou plusieurs chaufferies, via un ensemble de canalisations de transport de chaleur. La chaleur ainsi distribuée est principalement utilisée pour le chauffage des bâtiments et de l'eau chaude sanitaire ; certains réseaux fournissent également de la chaleur à usage industriel.

Modes de gestion

Un réseau de chaleur peut être mis en place par :

1. Un ensemble privé

Dans ce cas, le mode de gestion obéit au droit privé et un ou plusieurs contrats permettent de réaliser les travaux de mise en place du réseau de chaleur ainsi que son exploitation.

2. Une collectivité territoriale compétente

Les communes disposent de la faculté d'ériger une activité d'intérêt général en service public (L 2121-29 du CGCT). La création du service public relève de la compétence du conseil Municipal ; elle peut même relever de la conclusion d'un contrat qui "révèle" l'existence du service public, comporte une décision de création qui est incorporée au contrat (CE 21 juin 1974 - CE 8 mai 1985).

Les collectivités publiques bénéficient d'une liberté de choix du mode de gestion de leurs services publics. Elles peuvent ainsi choisir de recourir à une gestion directe (régie) ou préférer une gestion externalisée ou encore choisir un mode intermédiaire.

Le service public de chauffage urbain est identifiable à un service public à caractère industriel et commercial. Il s'agit à la fois d'une activité industrielle (production et distribution d'énergie) et d'une activité commerciale qui s'exercent toutes deux dans un champ concurrentiel.

Il existe différents modes de services publics.

- Soit en gestion directe :
 - ❖ Régie directe
 - ❖ Régie autonome
 - ❖ Régie personnalisée
- Soit en gestion indirecte :
 - ❖ Société publique locale (SPL)
 - ❖ Société d'économie mixte (SEM)
 - ❖ Société d'économie mixte opérationnelle (SEMOP)
- Soit en gestion externalisée sous forme de Délégation de Service Public :
 - ❖ Marchés publics dissociés
 - ❖ Marché global de performance
 - ❖ Marché de partenariat (ex PPP)
 - ❖ Concession

Schéma directeur du réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne

SYNTHESE DES DIFFERENTS MODES DE REALISATION ET DE GESTION DES SERVICES PUBLICS LOCAUX A CARACTERE INDUSTRIEL ET COMMERCIAL

	GESTION DIRECTE			GESTION EXTERNALISEE				GESTION INDIRECTE		
	Régie Directe	Régie Autonome (L 2221-10 / R 2221-18)	Régie Personnalisée	Marchés publics dissociés	Marchés globaux de performance	Marchés de partenariat (EX PPP)	Concession	Société d'Economie Mixte (SEM)	Société Publique Locale (SPL)	Société d'Economie Mixte à Opération unique (SEMOP)
Principes	Prise en charge du service public par la Collectivité	Prise en charge du service public par un établissement public rattaché à la Collectivité		Maîtrise d'œuvre, travaux et exploitation gérés par des prestataires privés		Maîtrise d'œuvre travaux et exploitation gérés par des prestataires privés	Délégation du service public de la Collectivité à une entreprise privée ou un établissement public	Délégation du service public à une SEM	Prise en charge du service public par une société anonyme à capital exclusivement public	Association d'une collectivité avec un ou plusieurs opérateurs privés pour construire et gérer une opération unique
Création	Délégation de la Collectivité.			Procédure d'attribution code des marchés publics		Procédure d'attribution code des marchés publics	Procédure d'attribution - ordonnance du 29 janvier 2016	Procédure d'attribution - ordonnance du 29 janvier 2016	Pas de mise en concurrence	Mise en concurrence unique des actionnaires et du contrat de DSP
Structure administrative	Budget annexe	- Autonomie financière - Conseil d'exploitation ; - Directeur.	- Personnalité morale ; - Conseil d'administration ; - Directeur.	Personnel entreprise		Personnel entreprise	Création éventuelle d'une société ad-hoc. Structure créée par l'entreprise Titulaire. La gestion administrative et financière est généralement faite par le siège.	- Sept actionnaires dont au moins un privé ; - Capital social minimum : 150 000 €	- Au moins deux collectivités territoriales actionnaires ; - capital social minimum: 150 000 €	- Un actionnaire public ; - un ou plusieurs actionnaires privés (la collectivité détient au moins 34% du capital social).
Régime des contrats	Marchés publics, ordonnance du 23 juillet 2015 et décret du 25 mars			Néant		Néant	Droit privé	Droit privé	Droit privé	Marchés publics
Statut du personnel	Droit public	Droit privé sauf pour le Directeur qui doit être		Droit privé		Droit privé	Droit privé	Droit privé	Droit privé	Droit privé
Charge des investissements	Collectivité	Régie	Régie	Collectivité		Partenaire	Délégataire	Délégataire	Délégataire	Délégataire
Risques d'exploitation	Collectivité	Régie	Régie	Collectivité	Partage	Partage	Délégataire	Délégataire	Délégataire	Délégataire
Régime comptable et budgétaire	Droit public Annualité budgétaire	Droit public Annualité budgétaire	Droit public Annualité budgétaire	Droit public Annualité budgétaire	Droit public Annualité budgétaire	Droit public Annualité budgétaire	Droit privé Plan comptable de droit privé	Plan comptable de droit privé	Plan comptable de droit privé	Droit privé Plan comptable de droit privé
Fiscalité	Publique	Publique	Publique + Taxe professionnelle + Impôts sur les sociétés	Néant		Néant	Droit privé + Taxe professionnelle + Impôts sur les sociétés	Droit privé + Taxe professionnelle + Impôts sur les sociétés	Droit privé + Taxe professionnelle + Impôts sur les sociétés	Droit privé + Taxe professionnelle + Impôts sur les sociétés
Régime de TVA	De droit commun ou FCTVA			FCTVA		FCTVA	De droit commun	De droit commun	De droit commun	De droit commun
Régime des biens	Propriété Collectivité	Propriété Régie		Propriété collectivité		Propriété collectivité	Propriété Collectivité des biens de retour et de reprise	Propriété Collectivité des biens de retour et de reprise	Propriété Collectivité des biens de retour et de reprise	Propriété Collectivité des biens de retour et de reprise
Structure technique	A créer ex-nihilo : - chef d'exploitation ; - personnel de gestion des équipements techniques	A créer ex-nihilo : - chef d'exploitation ; - personnel de gestion des équipements techniques	A créer ex-nihilo : - chef d'exploitation ; - personnel de gestion des équipements techniques	Personnel entreprise		Personnel entreprise	Structure créée par l'entreprise Titulaire.	A créer ex-nihilo : - chef d'exploitation ; - personnel de gestion des équipements techniques.	A créer ex-nihilo : - chef d'exploitation ; - personnel de gestion des équipements techniques.	A créer ex-nihilo : - chef d'exploitation ; - personnel de gestion des équipements techniques.
Avantages	- Maîtrise intégrale ; - Gestion financière sans but lucratif ; - Fiscalité alléguée.	- Maîtrise intégrale ; - Gestion financière sans but lucratif ; - Fiscalité alléguée.	- Maîtrise intégrale ; - Gestion financière sans but lucratif ; - Statut privé du personnel d'exécution.	Maîtrise du processus de conception / construction	- Solidarité des opérateurs - Partage du risque	- Externalisation financement - Partage du risque	- Pas de structure à créer ; - Prise en charge des investissements.	- Maîtrise quasi intégrale ; - Gestion financière sans but lucratif ; - régime privé du personnel, de la comptabilité, des marchés ; - Externalisation des investissements.	- Maîtrise intégrale ; - Gestion financière sans but lucratif ; - Souplesse des SA - statut privé du personnel, -comptabilité privée ; - Externalisation des investissements.	- Maîtrise intégrale ; - Gestion financière sans but lucratif ; - Souplesse des SA - statut privé du personnel, - comptabilité privée ; - externalisation des investissements ; - adaptée aux grosses opérations d'investissements.
Inconvénients	- Nécessité de créer la structure de gestion technique ; Embauche - gestion du personnel ; - Régime public du personnel, de la comptabilité, du budget, des marchés ; - gestion directe du financement des investissements ; - gestion des risques du Maître d'Ouvrage et d'exploitation.			- Pas de solidarité concepteur/construc- teur/ exploitant ; - tous les risques côté collectivité	- Indemnisation des candidats ; - Moindre maîtrise du processus.	- Autorisé pour des projets limités - Coût élevé - Justification de recours à la procédure complexe ; - Coût élevé.	- Impact de la rémunération et de la marge de l'entreprise ; - Impact des contraintes financières de l'entreprise (TRI).	- Création de la structure ; - Implication de la Collectivité dans les risques d'une société anonyme ; - Risques financiers et techniques inhérents aux sociétés commerciales.	- Nécessité de créer la structure de gestion technique ; - gestion du personnel ; - risques financiers et techniques inhérents aux sociétés commerciales.	- Nécessité de créer la structure de gestion technique ; - gestion du personnel ; - Régime public des marchés subséquents ; - risques financiers et technique inhérents aux sociétés commerciales ; - pas de retour d'expériences.

Tableau 2 : Synthèse des modes de réalisations

2.2 Production, distribution, livraison

Les sites de productions comprennent plusieurs générateurs fonctionnant à l'aide de sources d'énergies différentes qui ont été choisis et dimensionnés dans l'objectif d'obtenir un prix optimal de la chaleur.

Ces générateurs alimentent des réseaux primaires de canalisations empruntant la voie publique et aboutissant à des « postes de livraison » appelés aussi « sous-station d'échange ».

Les échangeurs en sous-stations (ou bouteilles de mélanges dans certains cas) assurent le transfert de chaleur, du fluide primaire au fluide secondaire à des températures définies contractuellement.

Les réseaux secondaires sont ceux qui distribuent la chaleur à l'intérieur des bâtiments aux usagers, en aval de ces postes. Ils ne font pas partie de la délégation de service publique.

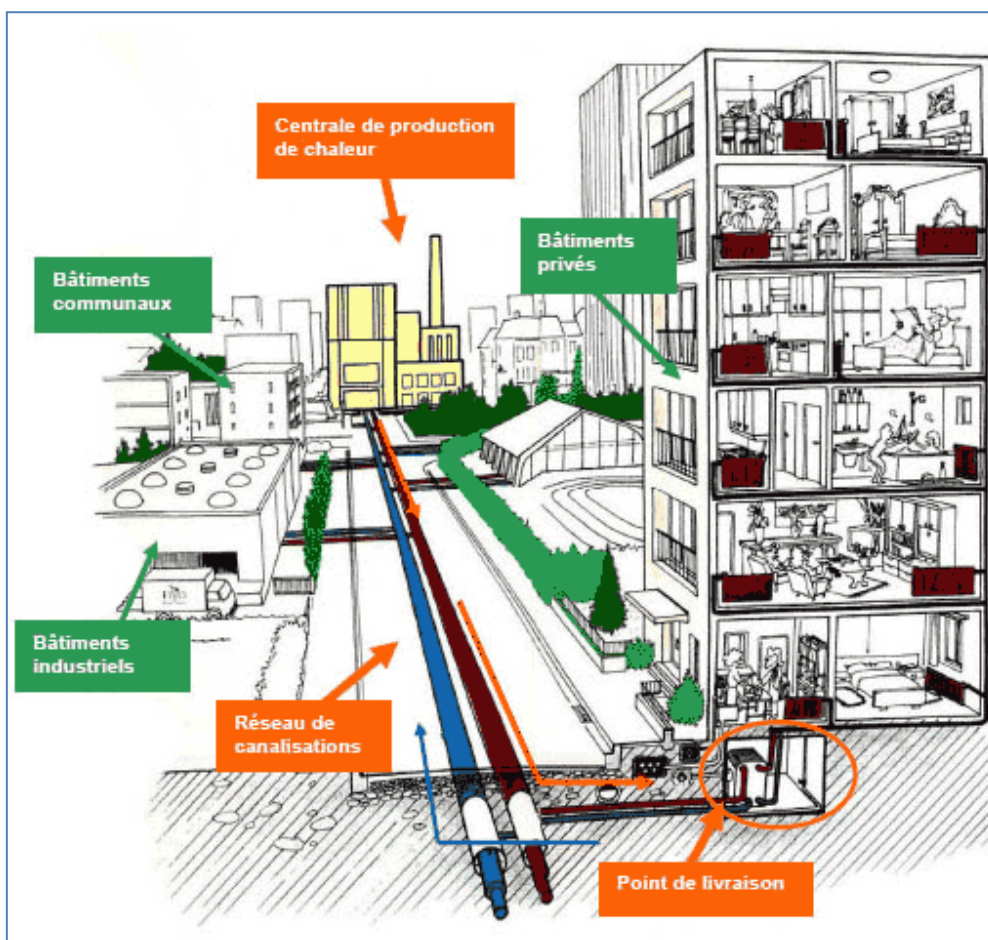


Figure 2 Représentation graphique d'un réseau de chaleur urbain

2.3 Les réseaux primaires de distribution

La chaleur est distribuée suivant différents modes, en fonction du régime de température du fluide.

- Les réseaux d'eau surchauffée, dits « Haute température », c'est-à-dire avec une température de départ supérieure à 110°C, circulent dans des caniveaux en béton enterrés, de types différents selon les antennes et l'ancienneté.

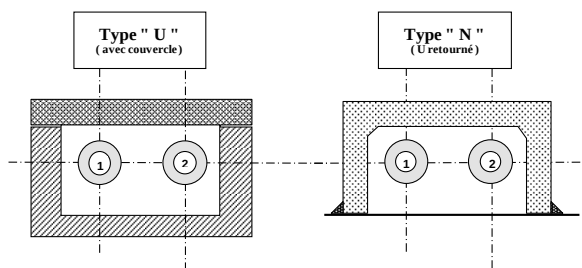


Figure 3 : coupes de principe sur 2 types de caniveaux



Figure 4 : Réalisation d'un caniveau en béton avec un support guide en 1er plan

- Les réseaux d'eau chaude, dits « Basse température » circulent dans des tuyauteries préisolées enterrées.

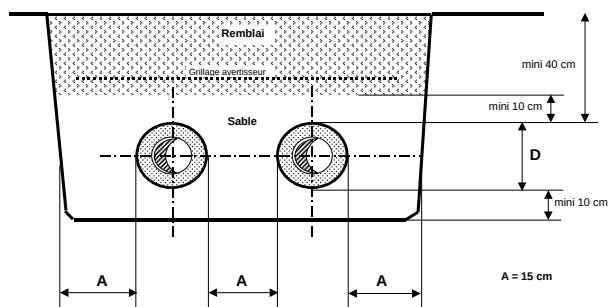


Figure 5 : coupe de principe d'un réseau enterré de tubes préisolés



Figure 6 : Tubes préisolés reposant sur un lit de sable en tranchée

2.4 Les sous-stations

La chaleur est livrée aux clients en différents points de livraison (ou sous-stations) tout au long du réseau.

Le point de livraison a pour rôle :

- de transférer la chaleur du réseau primaire (réseau allant de la production de chaleur aux points de livraison) au réseau secondaire (réseau interne de l'immeuble) ;
- d'adapter le débit et la température aux besoins des utilisateurs ;
- de compter la chaleur consommée.

Le transfert de chaleur entre les réseaux primaire et secondaire s'effectue généralement par un échangeur, au travers duquel les deux fluides se croisent sans se mélanger.

L'échange de chaleur est comptabilisé par un compteur de chaleur agréé et contrôlé annuellement. Ce compteur est relevé mensuellement pour la facturation et la consommation est analysée pour vérifier toute dérive.

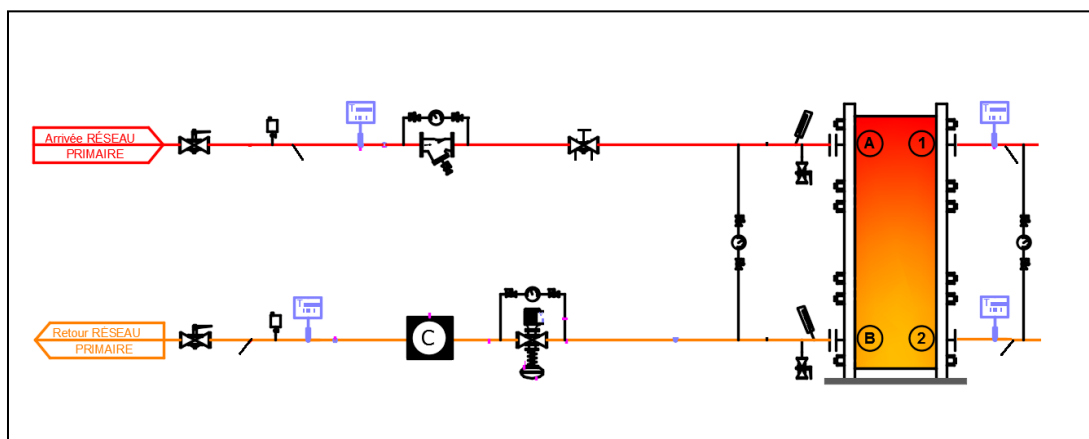


Figure 7 : Schéma de principe d'une sous-station BP

2.5 Rappel de quelques contraintes techniques et réglementaires

2.5.1 Cascade de fonctionnement des générateurs

Quelles que soient les configurations des générateurs installés dans une centrale de production, leur mise en service dépend de nombreux paramètres, qui ne coïncident pas obligatoirement avec l'utilisation d'un combustible économique, en voici quelques exemples :

- priorité à la cogénération durant sa période de fonctionnement réglementaire du 1^{er} novembre au 31 mars ;
- minimum technique du générateur.

- En dessous de ce minimum, celui-ci ne respecte plus ses performances de combustion (rendement, émissions de polluants, etc.). Un générateur de forte puissance ne pourra fonctionner si la puissance appelée par le réseau est trop faible. Un générateur gaz a un seuil technique beaucoup plus bas qu'un générateur biomasse.
- contraintes techniques du générateur (en relation avec le minimum technique déjà évoqué).
 - Ces générateurs (surtout biomasse et charbon) ne peuvent pas démarrer instantanément, comme des générateurs gaz par exemple. L'exploitant doit surveiller les conditions et prévisions météo, pour éviter de devoir arrêter celui-ci presque aussitôt après sa remise en service (faute de puissance appelée nécessaire).
- limitation contractuelle du fournisseur d'énergie, dans le cas d'un contrat gaz par exemple (Contrat dit à effacement avec une quantité annuelle contractuelle) ;
De cette contrainte, peut découler l'obligation d'utiliser un combustible plus onéreux (comme du fuel).
- limitation réglementaire d'utilisation, comme dans le cas d'une chaudière fuel ayant le statut de générateur de secours (limite de 250 h avec demande d'autorisation) ;
- contraintes d'exploitation, comme une visite décennale par exemple, qui dure plusieurs semaines ;
- contraintes réglementaires d'émissions de polluants ;
Les valeurs d'émissions de certains polluants sont fixées en quantités annuelles. Il peut être nécessaire d'arrêter un générateur à l'approche de ce seuil, si les MTD n'ont pas permis de définir un process de traitement du polluant concerné ;
- interdiction préfectorale en cas d'alerte de pollution.

A noter que la gestion des contraintes détaillées ci-dessus deviendra encore plus complexe si plusieurs sites de production sont interconnectés (maillés).

S'ajouteront par exemple des contraintes hydrauliques, les groupes de pompes réseaux de deux sites « poussant » chacun l'un contre l'autre.

2.5.2 Maillage de différents sites de production

Les principes du maillage des sites de productions et de l'interconnexion avec des réseaux d'autres communes permettent de sécuriser la production d'énergie sur l'ensemble du ou des réseaux, voire même d'aider à son développement commercial.

2.6 Avantages et inconvénients des réseaux de chaleur

L'intérêt de mettre en place un réseau de chaleur peut être différent d'un site à un autre. De manière générale, les avantages / inconvénients sont les suivants :

RESEAUX DE CHALEUR – Avantages et inconvénients du point de vue de la collectivité		
	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Social	Création d'emplois locaux et non délocalisables	Travaux de réparation parfois complexes (problèmes d'accès au réseau si enterré sous voirie)
	Absence d'unité de production dans les bâtiments ➤ Pas de risque pour les habitants lié à la présence d'une unité de combustion en pied d'immeuble	Impact sur l'ensemble des abonnés lors des incidents en chaufferie, sur un ensemble d'abonné lorsqu'il y a un incident sur un point du réseau <u>mais réparation exécutée rapidement.</u>
	Sécurité d'approvisionnement	
Environnemental	Un meilleur contrôle des niveaux d'émissions de polluants qui sont donc nettement inférieurs à des systèmes de chauffage traditionnels (ramenés par habitant) ➤ Amélioration de la qualité de l'air, qualité de l'eau	
	Valorisation de ressources locales (moins d'émissions de carbone liées au transport)	
	Une meilleure efficacité des systèmes de production de chaleur (matériels performants, cogénération avec un haut rendement en énergie primaire) ➤ Economie des ressources naturelles (renouvelables ou non) ➤ Entretien et maintenance mieux réalisés et de type industriel donc moins de risque de pannes, d'explosion.	
	Une évolutivité afin d'utiliser les Meilleures Techniques Disponibles (chaufferie biomasse, géothermie, solaire thermique, cogénération, etc...) ➤ Des possibilités d'évolution du mix énergétique	
Economique	Une stabilité du prix (liée à un meilleur suivi des contrats et à des achats en quantité plus importantes)	Investissements lourds qu'il est nécessaire d'étaler dans la durée
	Tarif de la chaleur bas lorsque le projet est correctement suivi	Tarifs parfois élevés (si mal négociés et non suivis par des experts)
		Solution non pertinente économiquement si la densité thermique est faible

**La mutualisation des moyens de production permet de valoriser à grande échelle des énergies inexploitable par les autres modes de chauffage (ENR&R)*

Tableau 3 : Avantages et inconvénients des réseaux de chaleur

3 CONTRAINTES ET OPPORTUNITES A INTEGRER A L'HORIZON 2035

3.1 Les réglementations thermiques

La première réglementation a été instaurée par Pierre Mesmer suite au premier choc pétrolier de 1973, qui a déclenché une prise de conscience de la nécessité d'économiser l'énergie. Dès 1974, la première RT est mise en place. S'appliquant uniquement aux bâtiments neufs d'habitation, elle a pour objectif de baisser de 25% la consommation énergétique des bâtiments. Pour ce faire, la RT 1974 imposait uniquement la mise en place d'une fine couche d'isolation et l'installation d'une régulation automatique des systèmes de chauffage.

Depuis, les différentes réglementations thermiques ont bien évolué, le schéma ci-dessous présente les économies énergétiques liées à chaque nouvelle réglementation.

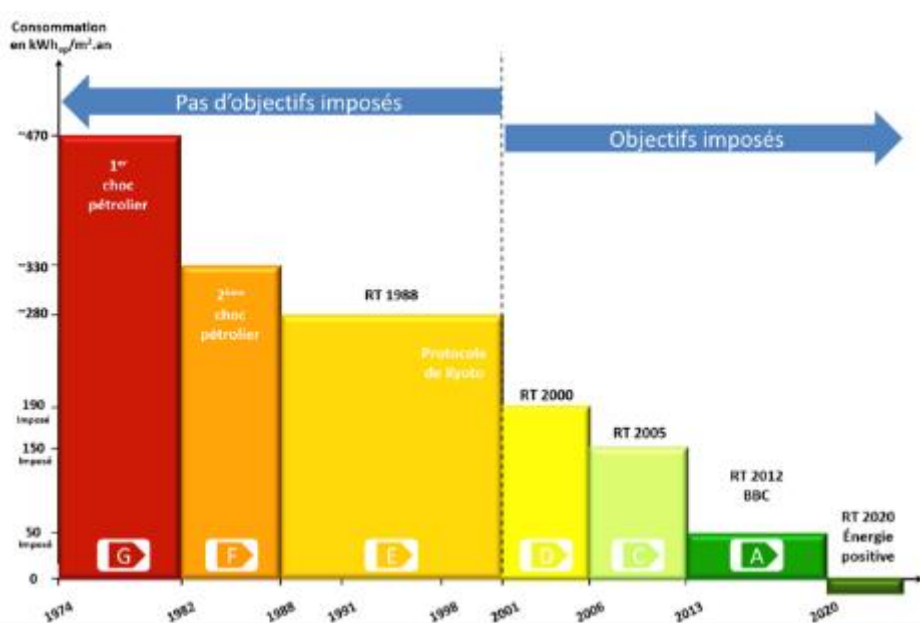


Figure 8 : économies énergétiques liées à chaque nouvelle réglementation

Aujourd'hui les bâtiments RT2012 (ou BBC) ont une consommation de chauffage bien plus faible qu'auparavant. Dans un logement type, la consommation énergétique liée au chauffage est aujourd'hui équivalente voire plus faible que la consommation d'énergie liée aux besoins d'eau chaude sanitaire.

3.2 Situation des réseaux de chaleur dans la politique énergétique et éléments incitant l'intégration des ENR dans les réseaux de chaleur

Bien que le développement des réseaux de chaleur soit incontestablement encouragé par les politiques publiques à travers notamment le fonds chaleur pour les zones denses de bâtiments existants, l'intérêt d'un réseau de chaleur sur une zone de bâtiments neufs consommant très peu d'énergie est à démontrer.

Dans le cas des bâtiments neufs type logements et tertiaires, il est plus difficile d'obtenir une rentabilité sur un projet de réseau de chaleur. Dans ce cas, seule une étude de faisabilité détaillée permet de montrer ou non l'intérêt d'un tel projet.

3.3 La TVA réduite

Pour les réseaux de chaleur publics :

Les réseaux de chaleur publics permettent aux abonnés de bénéficier de certains taux de TVA réduits.

1. Tous les réseaux de chaleur peuvent appliquer un taux de TVA de 5,5% sur le coût des abonnements (part fixe appelée R2).
2. De plus, si le réseau de chaleur est alimenté à plus de 50% par des énergies renouvelables ou de récupération, le taux de TVA réduit peut être appliqué également sur la fourniture de l'énergie calorifique (terme proportionnel aux consommations appelé R1).

L'association AMORCE a rédigé un document détaillé sur le sujet « La TVA sur les réseaux de chaleur en 10 questions » téléchargeable sur leur site.

Pour les réseaux de chaleur privés :

Les réseaux de chaleur privés ne facturent pas de TVA à leurs abonnés. Néanmoins, la TVA est payée par l'acheteur de l'énergie pour la chaufferie qui est considéré comme l'utilisateur final. Le montant de TVA est donc répercuté sur le prix de la chaleur vendue aux abonnés privés.

3.4 Le classement des réseaux de chaleur

Les réseaux de chaleur alimentés à plus de 50% par des énergies renouvelables ou fatales peuvent être classés. Cela signifie que la collectivité peut imposer une obligation de raccordement à l'intérieur du ou des périmètres de développement prioritaire mentionnés dans l'arrêté préfectoral de classement. Cette obligation de raccordement nécessite une délibération de la collectivité.

Le classement d'un réseau permet de garantir que les nouveaux bâtiments et les bâtiments rénovés contribueront à l'équilibre économique de l'opération. Le maître d'ouvrage du réseau de chaleur classé bénéficie donc d'une visibilité accrue sur le taux d'utilisation du réseau sur les années à venir et peut engager plus sereinement les investissements nécessaires au développement de ce dernier. La procédure a été simplifiée suite au Grenelle de l'environnement et permet à davantage de réseaux de bénéficier de cette mesure.

Créée en 1980, la procédure de classement n'a été appliquée qu'une seule fois en 2006 au réseau de chaleur de Fresnes avant la loi Grenelle 2. Depuis la loi Grenelle 2, le réseau de chaleur de Rillieux-la-Pape (69) a été classé le 12/12/2013.

Il existe une alternative pour assurer le raccordement des nouveaux bâtiments si le réseau de chaleur n'est pas classé : le raccordement peut être imposé dans le cahier des charges de cessions de terrain (C.C.C.T) conclu entre le promoteur et l'aménageur.

Une note spécifique sur le classement des réseaux de chaleur est présentée en annexe.

3.5 Le « fond chaleur »

Il s'agit de l'une des grandes mesures du Grenelle de l'Environnement en faveur des énergies renouvelables, et entre autres de leur intégration dans les réseaux de chaleur.

Promesse de l'État sur les énergies renouvelables (EnR), le Fonds Chaleur, géré par l'ADEME depuis 2009, participe au développement de la production renouvelable de chaleur. Il est destiné à l'habitat collectif, aux collectivités et aux entreprises.

Le principe général du fonds chaleur est de rendre moins cher de 5%, la production de chaleur issue d'un système renouvelable par rapport à un système utilisant des combustibles fossiles (gaz, fioul...). Les fonds déployés pour cette mesure sont d'un milliard d'euros pour la période 2009-2011, le budget du Fonds Chaleur en 2017 est de 420 millions d'euros.

L'aide aux réseaux de chaleur concerne les réseaux en création ou extension, elle est conditionnée au fait que le réseau soit alimenté globalement, extension comprise, au minimum par 50% d'EnR&R.

Les typologies de réseaux concernés sont :

- les services publics de distribution de la chaleur : La collectivité est autorité organisatrice ;
- les réseaux de chaleur au sens fiscal : avec au moins 2 clients distincts du maître d'ouvrage ;
- les réseaux techniques distribuant de la chaleur uniquement.

Le taux d'aide dépend des caractéristiques du réseau comme par exemple le type de fluide caloporteur (vapeur ou eau surchauffée), le diamètre des conduites et la longueur du réseau.

En première approche, il est possible de considérer un taux d'aide maximal de 70%¹ du montant des investissements.

Le montant réel de l'aide ADEME sera déterminé par l'analyse économique et dans le respect des règles communautaires relatives aux aides d'Etat.

¹ Valeur issue de la notice d'aide Fonds Chaleur ADEME 2016

Les aides sont également accessibles pour les projets de production de chaleur (chaufferie biomasse, installation géothermique, récupération d'énergie fatale, etc.) jusqu'à 50% des investissements pour le système de production énergétique.

4 LE RESEAU DE CHALEUR DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE

4.1 Contexte et historique du réseau de chaleur

Construit en 1984, le réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne produit et achemine de l'énergie pour le chauffage et l'eau chaude de nombreux bâtiments de la ville.

Initialement, la société Champigny-Géothermie, filiale locale de Cofely Réseaux spécialiste des réseaux de chaleur, avait été désignée par la ville pour réaliser et exploiter le réseau de chaleur dans le cadre d'une Délégation de Service Public de type affermage. Le 12 mars 2008, cette Délégation de Service Public a été renouvelée pour une durée de 8 ans au cours duquel trois avenants ont été signés.

En décembre 2011, l'Etablissement Public Campinois de Géothermie a été créé par la Ville de Champigny-sur-Marne pour la gestion du réseau de chaleur.

A compter du 1^{er} septembre 2016, l'EPCG a confié le service de production et de distribution de la chaleur sous forme d'un marché de service pour la production, le transport, la distribution et l'exploitation du réseau à la société CORIANCE pour une durée de trois ans.

4.2 Analyse juridique du réseau de Champigny-sur-Marne

- Propriétaire du réseau : Etablissement Public Campinois de Géothermie
 - ❖ Contact : Madame Isabelle Bailleux – Directrice de l'EPCG - i.bailleux@mairie-champigny94.fr
- Type de contrat : Ce réseau est exploité par CORIANCE, dans le cadre d'un marché de service.
 - ❖ Contact : Monsieur Arnaud Demange – Adjoint chef - arnaud.demange@groupe-coriance.fr
- Contrôle d'exploitation réalisé par : BERIM
 - ❖ Contact : Mr Valentin Lepers – v.lepers@berim.fr
- Durée du contrat : 3 ans
- Avenants : 2 depuis la nouvelle échéance du 31 août 2016 (voir détails aux paragraphes suivants)
- La tarification est de type trinôme (R1, R2 et R3)
- Modalités de révision : oui

➤ **Contrat initial**

Il s'agissait d'un contrat de délégation de service public de production et de distribution d'énergie thermique ainsi que de l'exploitation des ouvrages constitutifs du réseau de chauffage urbain sur la commune de Champigny-sur-Marne.

Le DELEGATAIRE, Champigny-Géothermie (filiale 100% Cofely), avait pour mission d'assurer la fourniture de chaleur aux Abonnés dans le respect du principe de continuité du service public et à cette fin notamment :

- d'exploiter les ouvrages et équipements nécessaires au fonctionnement du service ;
- de renouveler et d'entretenir l'ensemble des ouvrages et équipements affectés à l'exploitation du service public délégué ;
- de produire l'énergie calorifique à partir de la centrale géothermique de Chennevières-sur-Marne ;
- de transporter et de distribuer l'énergie calorifique jusqu'aux locaux des Abonnés,
- de produire de l'énergie calorifique à partir des chaufferies d'appoint mises à disposition du DELEGATAIRE ;
- de produire dans les sous-stations des Abonnés selon les engagements contractuels :
 - de l'eau de chauffage pour tous usages,
 - de l'eau chaude sanitaire ;
- de percevoir les recettes dues par les Abonnés.

Depuis le 1^{er} septembre 2016, la Convention de gestion déléguée du réseau de chaleur a confié à la société CORIANCE la gestion du réseau de chaleur sous forme d'un marché de service portant sur l'exploitation et le renouvellement des installations thermiques du réseau de chaleur. Les prestations du délégataire sont identiques à celles citées ci-dessus.

➤ **Evolution du contrat**

L'Etablissement public Campinois de géothermie (EPCG) exploite un réseau communal de chaleur. La gestion du service de production et distribution de chaleur ont fait l'objet d'une délégation de service public (DSP), sous forme d'un contrat d'affermage ayant pris effet le 01 septembre 2008 et qui a pris fin le 31 août 2016. La gestion des installations a été confiée sous forme de marché public d'exploitation à partir du 1^{er} septembre 2016.

Evolution du contrat avant le 1^{er} septembre 2016 :

Avenant n°1

L'avenant du 16 avril 2012 constatait la création de l'Etablissement Public Campinois de Géothermie à la Ville de Champigny sur Marne.

Avenant n°2

L'avenant n°2 du 31 octobre 2013 constatait l'évolution des modes de production et du périmètre de prise en charge des chaufferies des abonnés ; il comportait les dispositions suivantes :

- Modification des équipements et ouvrages mis à disposition et pris en charge par le DELEGATAIRE ; les inventaires qualitatifs et quantitatifs des « biens de retour » et des « chaufferies mises à disposition » sont mis à jour :
 - prise en charge par le service public de treize chaufferies gaz, situées dans les immeubles de la Société immobilière 3F et de la résidence Boileau,
 - travaux de modernisation des installations de production géothermique réalisés par le DELEGANT : forage d'un puits producteur supplémentaire permettant d'atteindre un débit de service de 350 m³/h,
 - travaux de modification des équipements de la centrale de cogénération réalisés par le DELEGANT, suite à l'arrivée à échéance en mars 2013 du contrat d'achat EDF 97.01 : démantèlement d'un moteur, et travaux de rénovation des deux moteurs restants ;
- L'avenant n°2 modifie la tarification et les formules de révision applicables aux usagers, pour tenir compte des variations de charges résultant de la modification des ouvrages, des nouvelles conditions d'achat par EDF de l'électricité produite par la cogénération, et enfin des modifications des conditions financières d'approvisionnement du gaz.

Les modifications de l'économie générale de la délégation résultant de l'avenant n°2 se traduisent par la modification des états suivants, qui sont joints à l'avenant :

- bilan énergétique ;
- compte d'exploitation prévisionnel ;
- plan prévisionnel de Gros Entretien et Renouvellement (GER).

La nouvelle tarification et les nouveaux états prévisionnels sont examinés dans les différents chapitres du présent rapport.

Les nouvelles conditions tarifaires ont été mises en application au 1er novembre 2013.

Avenant n°3

L'avenant n°3, avec effet au 1er novembre 2014, modifiait d'une part la liste des équipements de la délégation, et d'autre part le tarif et les indices de révision.

- La liste des équipements mis à disposition du Déléghataire est modifiée pour intégrer les mises à disposition des deux chaufferies des résidences IDF HABITAT - Hauts et Bas Mordacs,
- Introduction d'un nouveau terme tarifaire « R1 taxes et contributions » prenant en compte :
 - taxe Intérieure sur la Consommation de Gaz Naturel « TICGN »,
 - contribution au Tarif Spécial de Solidarité du Gaz naturel « CTSSG »,
 - contribution au Service Public du Gaz naturel ou Contribution Bio méthane « CSPG » ;

Avec pour les abonnés de type 1 : « R1 taxes et contributions Cogénération », et pour les abonnés de type 2.1 & 2.2 : « R1 taxes et contributions Cogénération + R1 taxes et contributions Chaufferie ».

Les autres tarifs de base fixés à l'avenant n°2 sont inchangés.

- Modification des modalités d'indexation notamment des termes suivants :
 - terme « R1c », pour prendre en compte les nouvelles conditions de revente de l'électricité produite à partir de l'unité de cogénération : indices PEG-MA et ELECT ;
 - terme « R1a » représentatif de l'énergie issue des chaufferies au gaz naturel ; le tarif régulé B2S sera automatiquement remplacé, lors de sa suppression, par le prix B1 (GDF B1).

Evolution du contrat au 1^{er} septembre 2016 :

Depuis le 1^{er} septembre 2016 et l'arrivée à échéance de l'ancienne DSP, l'exploitation du réseau de chauffage urbain de Champigny-sur-Marne a été confiée à la société CORIANCE. Le contrat passé entre l'EPCG et CORIANCE concerne un marché de service pour la production, le transport, la distribution et l'exploitation du réseau de chaleur.

Par référence au guide pour la rédaction des clauses techniques des marchés publics d'exploitation de chauffage avec ou sans gros entretien des matériels et avec obligation de résultats – approuvé par la décision 2007-17 du 4 mai 2007 du comité exécutif de l'OEAP, le marché en question est de type MC (marché à comptage). Il comporte les prestations suivantes :

- P1 : Fourniture d'énergie thermique ;
- P2 : Entretien courant – Maintenance des installations ;
- P3 : Garantie totale – Gros entretien.

Depuis la date de prise d'effet du contrat, un seul avenant au contrat de délégation a été signé.

Le tableau page suivante synthétise les principales dispositions du contrat et son évolution :

Type	Date de signature	Objet
Marché d'exploitation (MC)	06/2016	Marché de services passé entre l'EPCG et CORIANCE relatif à la production, au transport, à la distribution et à l'exploitation du réseau de chauffage urbain sur la commune de Champigny-sur-Marne. <u>Durée</u> : 3 ans fermes reconductibles 2 fois 1 an, sur décision expresse de l'EPCG à partir du 01/09/2016. <u>Combustibles utilisés</u> : - Electricité (géothermie) ; - Gaz naturel (cogénération, appoint Mordacs, appoints locaux). <u>Prestations couvertes par le marché</u> : - P1 : Fourniture d'énergie thermique ; - P2 : Prestations de conduite, petit entretien et dépenses électrique ; - P3 : Prestations et fournitures nécessaires pour assurer le GER et la garantie totale.
Avenant 1	12/2016	Mise en place du process de facturation de la production d'électricité de la centrale de cogénération de Champigny-sur-Marne. Préparation du projet de facturation et pré-validation auprès d'EDF. Production et transmission des différentes factures liées à la production d'électricité de la centrale de cogénération : - Récupération des quantités d'électricité produites et écrêtages ; - Récupération de l'ensemble des indices de facturation ; - Préparation et transmission des factures à EDF par LRAR ; - Gestion des conflits de facturation avec EDF.
Avenant 2	06/2017	L'avenant 2 permet : - L'aménagement des obligations du Titulaire en termes d'assurances concernant les 31 chaufferies d'appoint secours ; - La clarification des dérogations au C.C.A.P acceptées dans le cadre du Marché.

4.3 Analyse technique du réseau

4.3.1 Présentation du réseau

Les caractéristiques principales du réseau sont les suivantes :

- longueur du réseau : 9 kms ;
- régime de température : 90/65°C ;
- le réseau dessert 44 sous-stations.

Les abonnés sont équipés d'émetteurs Haute ou Basse Température.

4.3.2 Plan du réseau

Le plan du réseau de chaleur est issu de la carte des réseaux de chaleur en Ile-de-France disponible sur le site de la DRIEE. Ce plan est présenté ci-dessous.

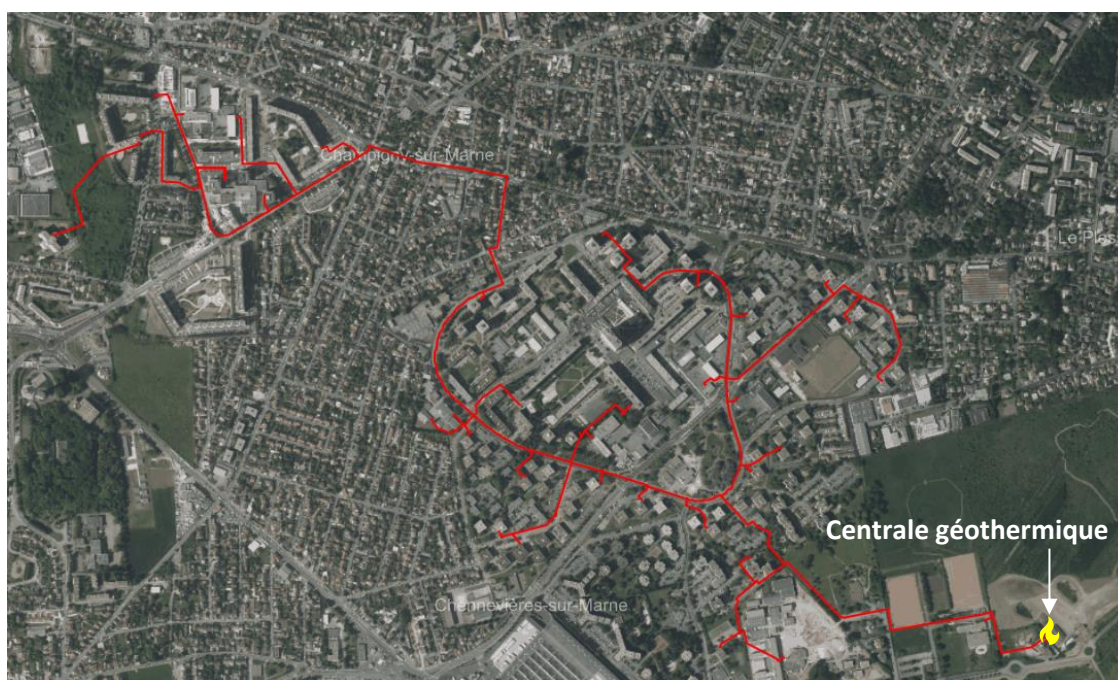


Figure 9 : Plan du réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne

4.3.3 Présentation des moyens de production

La production de chaleur alimentant le réseau de Champigny-sur-Marne est assurée une centrale de production contenant :

- une géothermie profonde (au Dogger) :
 - année de mise en service : 1985,
 - profondeur de la nappe : 1 950 m,
 - température en tête de puits : 76°C,
 - débit nominal : 350 m³/h,
 - fonctionnement : en continu 365 j/an sauf arrêts techniques,
 - 1 puit producteur et 2 puits de réinjection,
 - 1 pompe exhaure,
 - 1 pompe de réinjection,
 - 1 tube de traitement de fonds de puits,
 - 2 échangeurs géothermaux en titane de 6 000 kW unitaire ;
- deux unités de cogénération (décentralisées) équipées de :
 - 2 moteurs thermiques à gaz :
 - année de mise en service : 2013,
 - type : moteurs JENBACHER -JMS 616 GS-N-LC avec récupérateur thermique,
 - puissance électrique : 2 x 1 940 kWé,
 - puissance thermique : 2 x 2 100 kWth,
 - fonctionnement : de 3 624 h/an à 3 648 h/an (du 01/11 au 01/04 de chaque saison) ;

Le restant de la chaleur livrée aux abonnés du réseau est produit par la chaufferie Mordacs (4 chaudières gaz : 2 x 3 200 kW et 2 x 2 100 kW) et par les nombreuses chaudières d'appoint local au gaz installées en sous-station.

Le réseau présente les caractéristiques suivantes :

- 9 kms en fonte et acier noir ;
- 40 chambres de vannes,
- température de départ : 65-90°C,
- débit nominal des pompes réseau : 470m³/h.

Le réseau de chaleur dessert 44 sous-stations dont 30 contenant des chaudières d'appoint. Seuls deux abonnés n'ont pas mis à disposition leur chaufferie : la piscine communautaire et le Groupe Scolaire des Hauts de Chennevières.

Nota : La saison 2016/2017 constitue la première saison d'application de l'actuel marché d'exploitation. Les bilans des années précédentes (ancien contrat de DSP) étaient établis par année civile et non par saison de chauffe, rendant toute comparaison avec les saisons précédentes impossible. Des comparaisons d'une saison de chauffe à l'autre pourront être établies à partir de la prochaine saison de chauffe (2017/2018). De ce fait, le présent rapport comparera uniquement les saisons des années civiles 2014, 2015 et 2016.

Sur l'année 2016, la production de chaleur était répartie de la façon suivante :

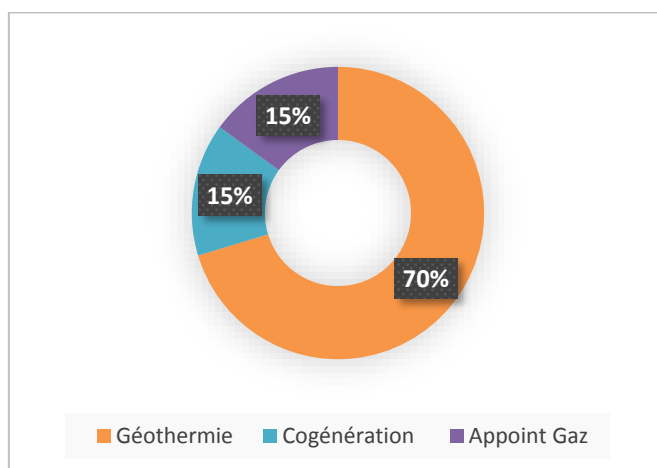


Figure 10: Répartition de la production de chaleur du réseau

4.4 Rigueur climatique

Afin de tenir compte de l'évolution du climat observé ces dernières années, il convient d'analyser l'évolution des DJU de la station météo de Paris-Orly sur la période de référence (1^{er} septembre – 30 juin). La rigueur climatique moyenne des 20 dernières saisons de chauffe (depuis 1997, voir graphique ci-dessous) s'élève à 2371 DJU.

Nota : Le rapport remis par CORIANCE à l'EPCG au titre de la saison de chauffe 2016/2017 présente un certain nombre de données ou de résultats incohérents, dont par exemple les DJUs relevés sur la station météo du Bourget au lieu de Paris-Orly, comme stipulé à l'Article 6 du CCAP du marché passé entre les parties.

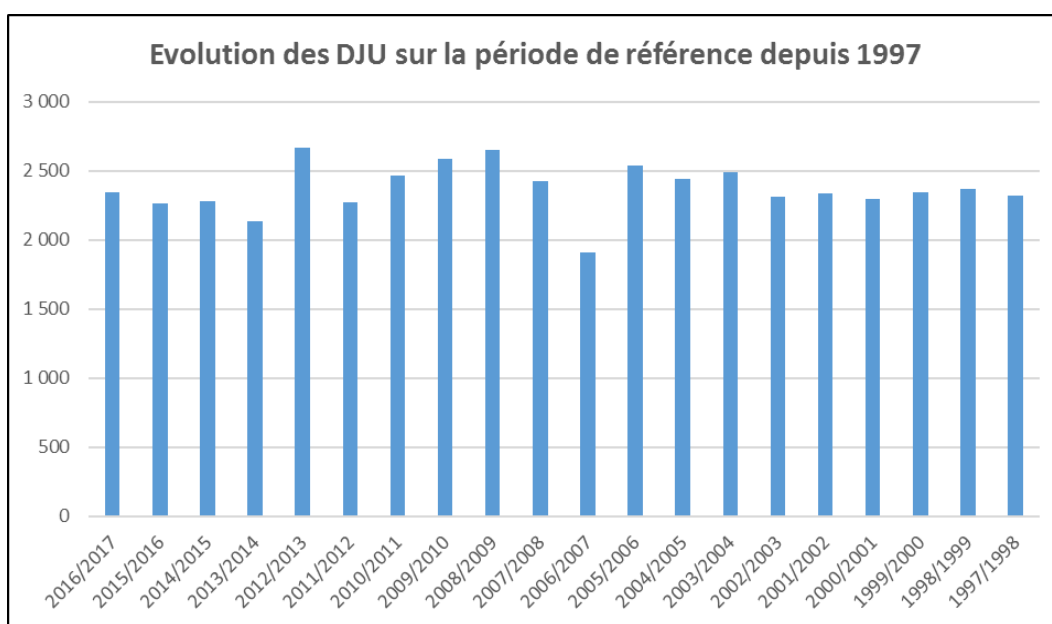


Figure 11 : Historique des DJU depuis 1997

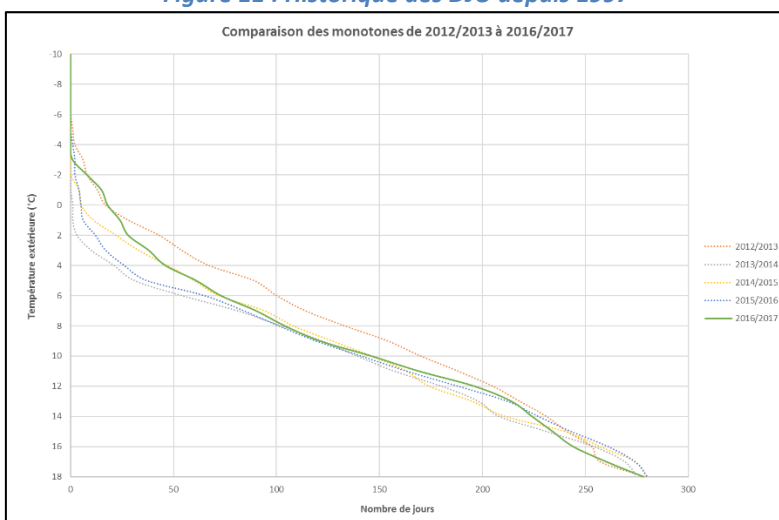


Figure 12: Comparaison des monotones depuis 2012/2013

4.5 Puissance souscrite

La puissance souscrite par l'ensemble des 44 abonnés du réseau sur la saison 2016 est de 41 800 kW.

4.6 Quantité d'énergie produite

Le tableau et le graphique suivant présentent les différentes données de production thermique en fonction de la source d'énergie.

Production thermique (MWh utiles)	2015	2016	2017	Ecart 2017-2016
Géothermie	53564	56044	56703	1%
Cogénération (gaz)	13095	13271	12563	-5%
Appoint gaz	13482	17760	12836	-28%
Production Totale	80141	87075	82102	-6%

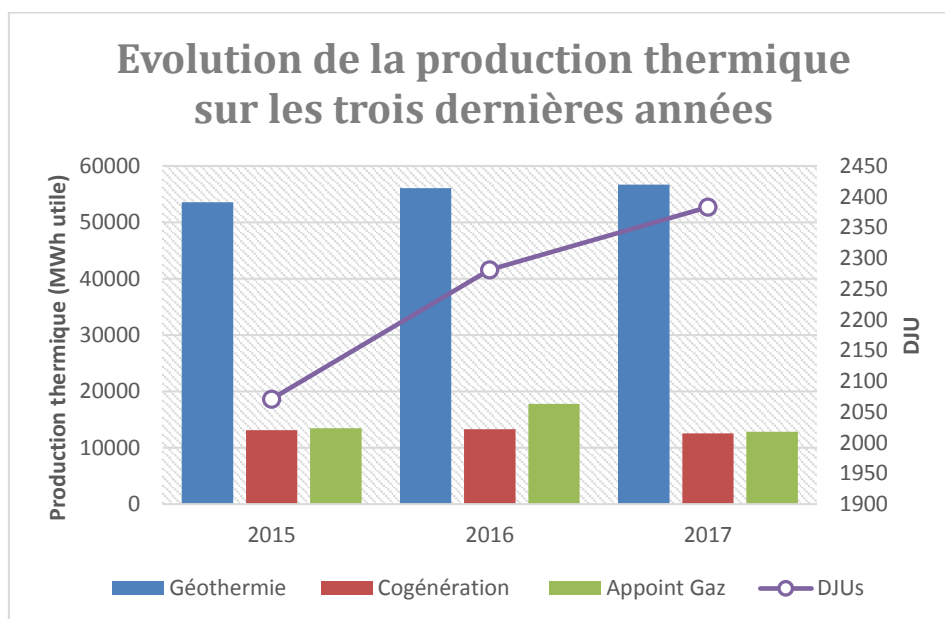


Figure 13 : Evolution de la production thermique sur les trois dernières années

4.7 Consommation énergétique des abonnés

Ventes aux abonnés	2015	2016	2017	Ecart 2017-2016
Chaleur réseau (MWh)	65400	62263	67911	9%
Chaleur appoint (MWh)	12 892	17 763	12 836	-28%
Total chaleur (MWh)	78 292	80 026	80 747	0,9%

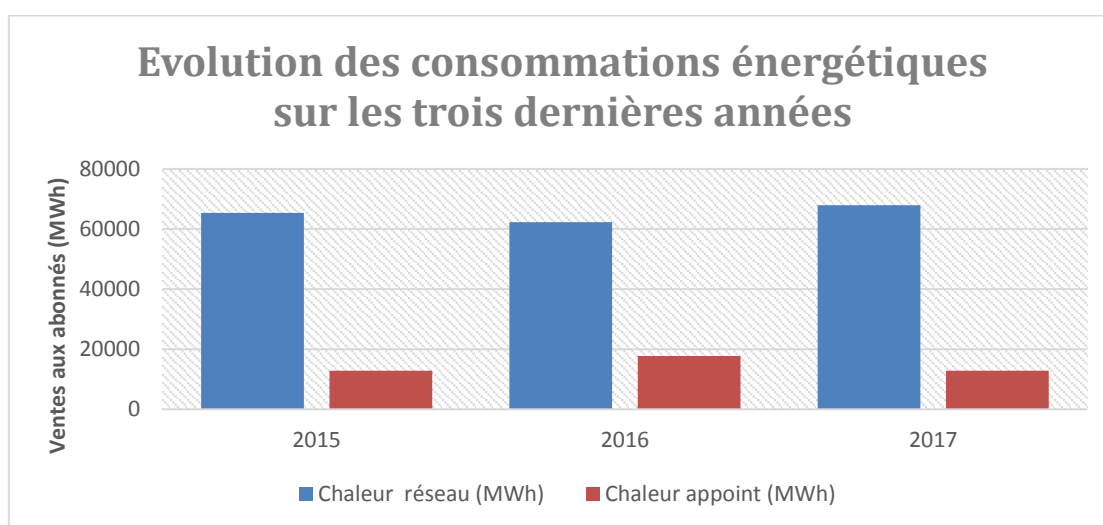


Figure 14 : Evolution des consommations des abonnés

4.8 Evolution du mix énergétique sur les trois dernières années

Mix Energétique	2015	2016	2017	Ecart 2017-2016
Géothermie	66,8%	64,4%	69,1%	4,7%
Cogénération	16,3%	15,2%	14,4%	-0,8%
Appoint Gaz	16,8%	20,4%	14,7%	-5,7%

4.9 Contenu CO₂ du réseau

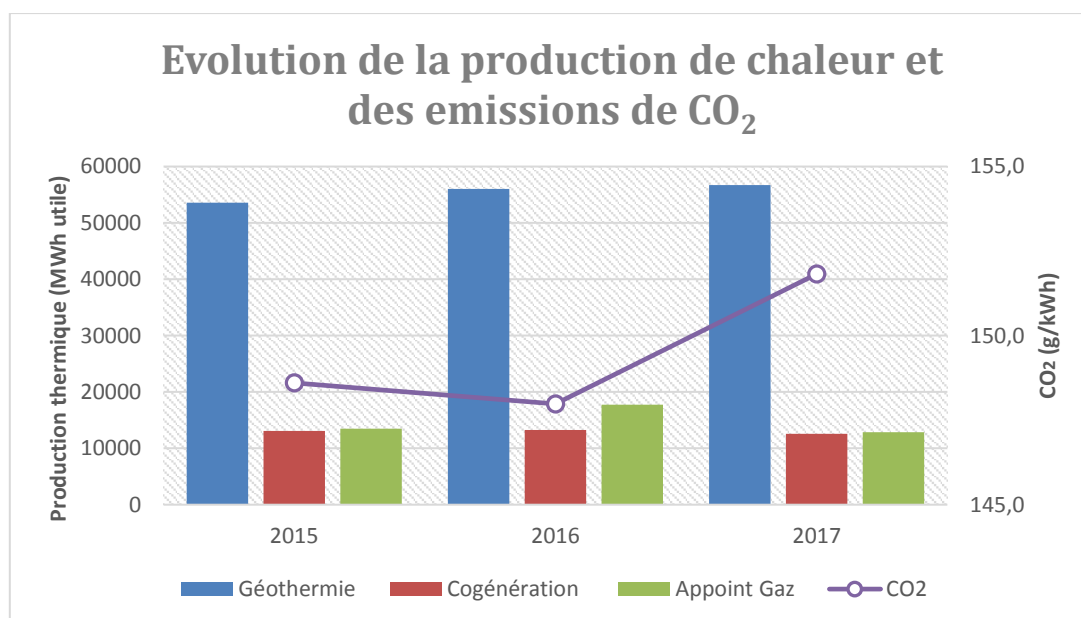


Figure 15 : Evolution du contenu CO₂ du réseau

4.10 Synthèse des principaux indicateurs sur les 3 dernières années

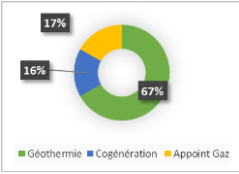
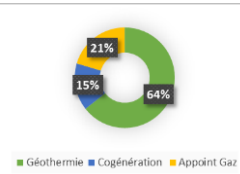
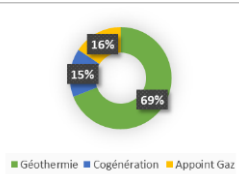
Indicateurs	Unité	2015	2016	2017
DJU	-	2071	2281	2383
Ventes de chaleur	MWh	78 292	80 026	80 747
Ventes de chaleur corrigée du climat	MWh	89633	83184	80340
Nombre d'abonnés	-	43	44	44
Puissance souscrite	kW	41804	42105	42307
Rendement global du réseau	%	91,9%	89,9%	89,8%
Pertes réseau	MWh	1259	7052	1355
% pertes	%	8,1%	10,1%	10,2%
% d'ENR	%	66,8%	64,4%	69,1%
Mix énergétique	-			
Emissions de CO ₂	gCO ₂ /kWh	148,6	148,0	151,8
Ventes électriques de la cogénération	MWhé	13606	13467	13422

Tableau 4 : Synthèse des indicateurs du réseau

4.11 Coût de la chaleur corrigée du climat

	Unité	2015	2016	2017
R1 moyen corrigé	€HT/MWh	13,09	8,62	16,25
R2 moyen corrigé	€HT/MWh	44,84	40,30	34,07
Coût du MWh	€HT/MWh	57,9	48,9	50,3
Coût moyen AMORCE** réseaux >50% ENR&R ²	€HT/MWh	70,1	N.C	N.C
Coût moyen AMORCE tous réseaux ³	€HT/MWh	72,2	N.C	N.C

Tableau 5 : Coût moyen de la chaleur vendue aux abonnés du réseau

*De même que pour les données de consommation, les coûts de la chaleur à partir du 1^{er} septembre 2016 ne peuvent être comparés à ceux des années précédentes du fait que le marché actuel est un marché de service, c'est-à-dire que l'EPCG rémunère mensuellement CORIANCE via les prestations P1, P2, P3. Avant le 1^{er} septembre 2016, le délégataire était rémunéré par les recettes R1, R2 directement perçues des Abonnés. Par conséquent, pour l'année 2016 la valeur des recettes a été calculé sur 8 mois (1^{er} janvier 2016 au 31 août 2016).

**Le coût moyen AMORCE correspond au prix de vente moyen national des réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des ENR&R.

On constate que le prix du MWh vendu aux usagers sur le réseau de Champigny-sur-Marne est nettement inférieur au prix moyen AMORCE sur les 3 dernières années.

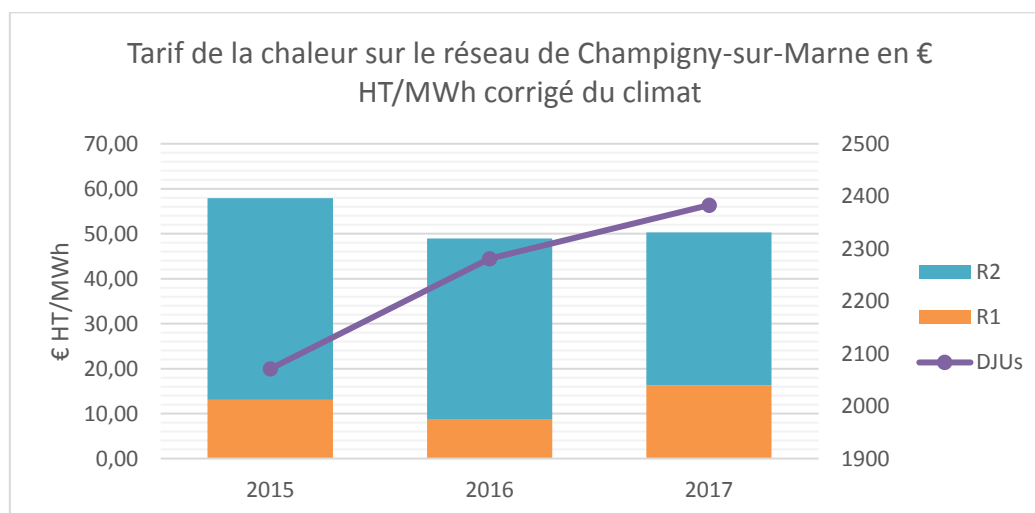


Figure 16 : Tarif de la chaleur sur le réseau de Champigny-sur-Marne en € HT/MWh corrigé du climat

² Données issues des publications AMORCE 2013, 2014 et 2015 « Comparatif des modes de chauffage et prix de vente de la chaleur »

³ Données issues des publications AMORCE 2013, 2014 et 2015 « Comparatif des modes de chauffage et prix de vente de la chaleur »

Comparaison avec d'autres modes de chauffage (base AMORCE) en 2015⁴

La consommation en chauffage et ECS du parc social moyen est de 170 kWh/m².an. Il s'agit de la consommation moyenne du parc de logements collectifs (public et privé).

Type de chauffage	Facture d'un logement type (€ TTC)	Classement du type de chauffage du moins cher au plus cher
Réseau de chaleur > 50 % EnR&R	1 158	2
Réseau de chaleur < 50% EnR&R	1 286	3
Gaz collectif condensation*	1 155	1
Gaz individuel condensation*	1 535	5
Fioul collectif	1 331	4
PAC collective géothermique*	1582	6
PAC individuelle*	1792	7
Electricité individuelle	1800	8

* projet bénéficiant du crédit d'impôt transition énergétique

Tableau 6 : Comparaison du coût de la chaleur des différents modes de chauffage

Les réseaux de chaleur alimentés majoritairement par des EnR&R constituent en moyenne la solution la plus compétitive en coût global pour les bâtiments représentatifs du parc social moyen, avec la solution chauffage collectif au gaz naturel à condensation.

Suivent ensuite, les réseaux de chaleur alimentés majoritairement par des énergies fossiles. La baisse du prix des énergies fossiles se fait particulièrement ressentir sur les solutions gaz et fioul collectif, principales concurrentes des réseaux de chaleur.

La solution individuelle électrique reste le mode de chauffage le plus onéreux.

4.12 Perspectives d'évolution du réseau

De nombreuses évolutions sont déjà prévues pour le réseau, elles seront présentées dans la phase 2 de cette étude, notamment :

- l'extension vers les communes proximales au réseau, Chennevières-sur-Marne et La Queue-en-Brie, dont les potentiels énergétiques seront étudiés plus en détails ;
- l'extension vers le quartier du Bois l'Abbé dont l'ANRU 1 est en cours ;

⁴ Données issues de la publication AMORCE 2015 « Comparatif des modes de chauffage et prix de vente de la chaleur »

- les possibilités d'extension du réseau en lien avec projet de transport de la Voie de Desserte Orientale, qui sera introduit au chapitre 5 du présent rapport et détaillé dans la phase 2 de l'étude ;
- les possibilités de densification et d'extension sur Champigny-sur-Marne et Chennevières-sur-Marne dont l'ANRU 2 est en cours de planification.

5 EVOLUTIONS/DEVELOPPEMENTS ENVISAGEABLES DU RESEAU

5.1 Densification/Extension du réseau de Champigny-sur-Marne

Les cartes ci-dessous permettent de visualiser le potentiel de développement du réseau, en faisant apparaître les consommations de chaleur en 2011 et les projections de densité thermique en 2020 à proximité du réseau. Ces cartes sont issues du site de la DRIEE.

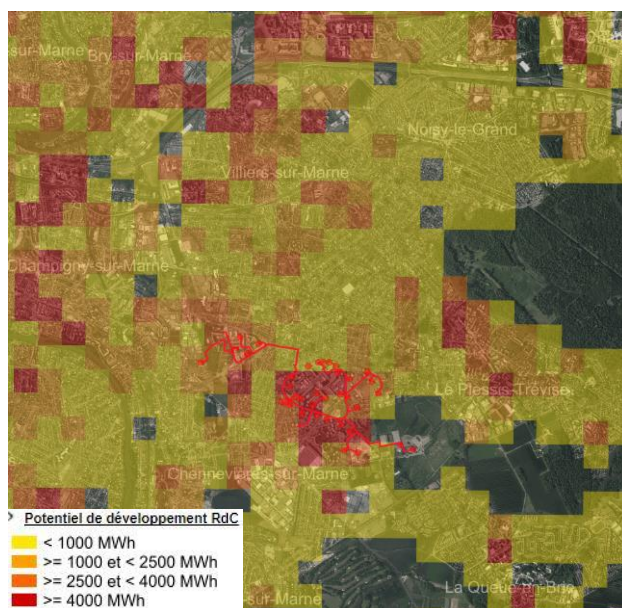


Figure 17: Potentiel de développement des réseaux de chaleur (2011) autour de Champigny-sur-Marne

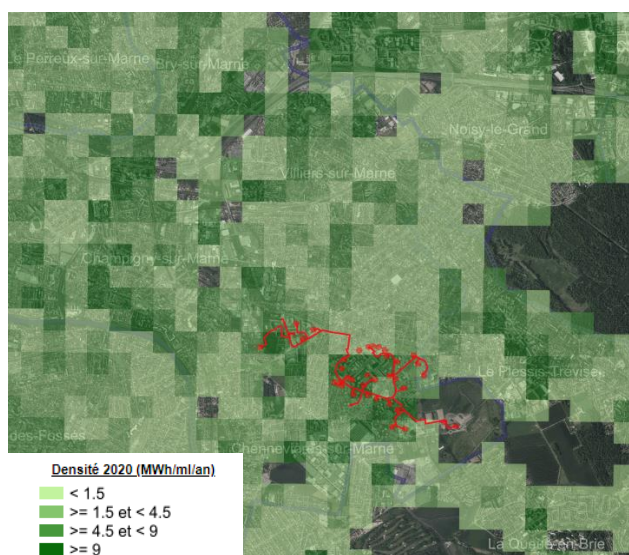


Figure 18: Densité thermique (projections 2020) autour du réseau de Champigny-sur-Marne

Comme indiqué sur les cartes ci-dessus, le potentiel de développement autour du réseau chaleur existant de Champigny-sur-Marne est relativement peu important.

Il existe cependant des zones réparties sur le périmètre du schéma directeur où le potentiel de développement devient plus intéressant :

- le quartier Centre-Ville de Champigny-sur-Marne ;
- le quartier Quatre-cités (cf. Figure 19) de Champigny-sur-Marne à proximité de la limite communale de Bry-sur-Marne ;
- les quartiers de part et d'autre de l'autoroute A4 séparant Bry-sur-Marne et Villiers-sur-Marne.

Les quartiers (cf. carte des différents quartiers en Figure 19) de Champigny-sur-Marne cités ci-dessus sont éloignés du réseau de chaleur existant, néanmoins ils feront l'objet d'une observation plus approfondie dans la seconde phase de ce schéma directeur, qui inclura la création du futur réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne desservant ces quartiers.

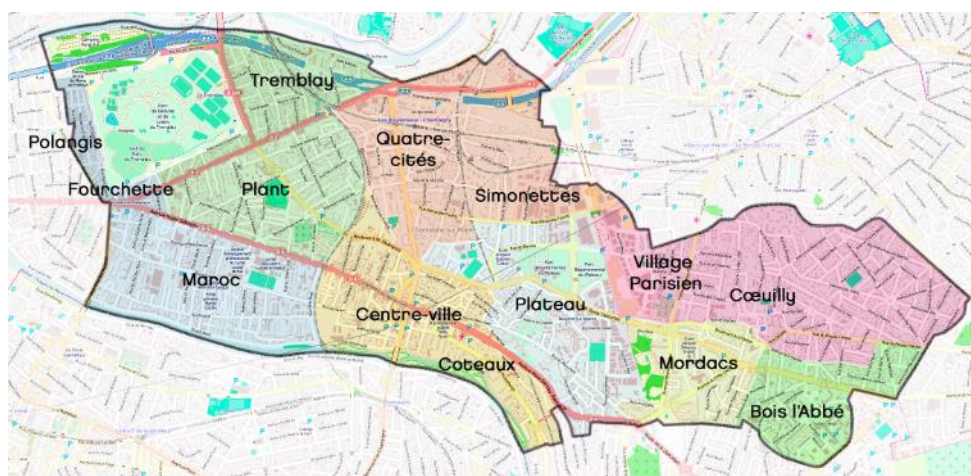


Figure 19 : Les différents quartiers de Champigny-sur-Marne

5.1.1 Le projet de la Voie de Desserte Orientale

Avec des terrains qui s'étendent sur plus de cinq communes et représentant une superficie de plus de 115 hectares la voie de desserte orientale constitue un axe de développement fort pour la moitié est du département.

Urbaniser ces zones délaissées constitue également une opportunité pour structurer et renforcer les liaisons entre les différents territoires du Val-de-Marne.

Cette emprise foncière exceptionnelle devait à l'origine accueillir une liaison autoroutière reliant l'A4 à la RN4, puis à l'A6. Le projet finalement retenu est un projet de transport nommé Actival ayant pour but de faciliter la circulation des lignes de bus entre Ormesson et Noisy-le-Grand. Il traversera les communes de Chennevières-sur-Marne, Champigny-sur-Marne, Villiers-sur-Marne et Bry-sur-Marne.

En périphérie de la VDO, l'activité économique (emprise de 75% sur le projet) et la densité de logement (emprise de 25% sur le projet) devraient être augmentées, notamment :

- les secteurs autour de la nouvelle gare BVC (Bry Villiers Champigny), Simonette Nord et Marne-Europe, devraient générer plus de densité urbaine. La programmation de la ZAC Marne Europe est portée par l'EPA Marne ;
- la ZAC comprend la construction d'un centre commercial de 35 000 m² ;
- la création de plus de 400 logements ;
- la création du nouveau Centre Technique Municipal de Champigny-sur-Marne.

La carte suivante présente l'étendu des aménagements urbains prévus en périphérie du projet Actival dans Champigny-sur-Marne.

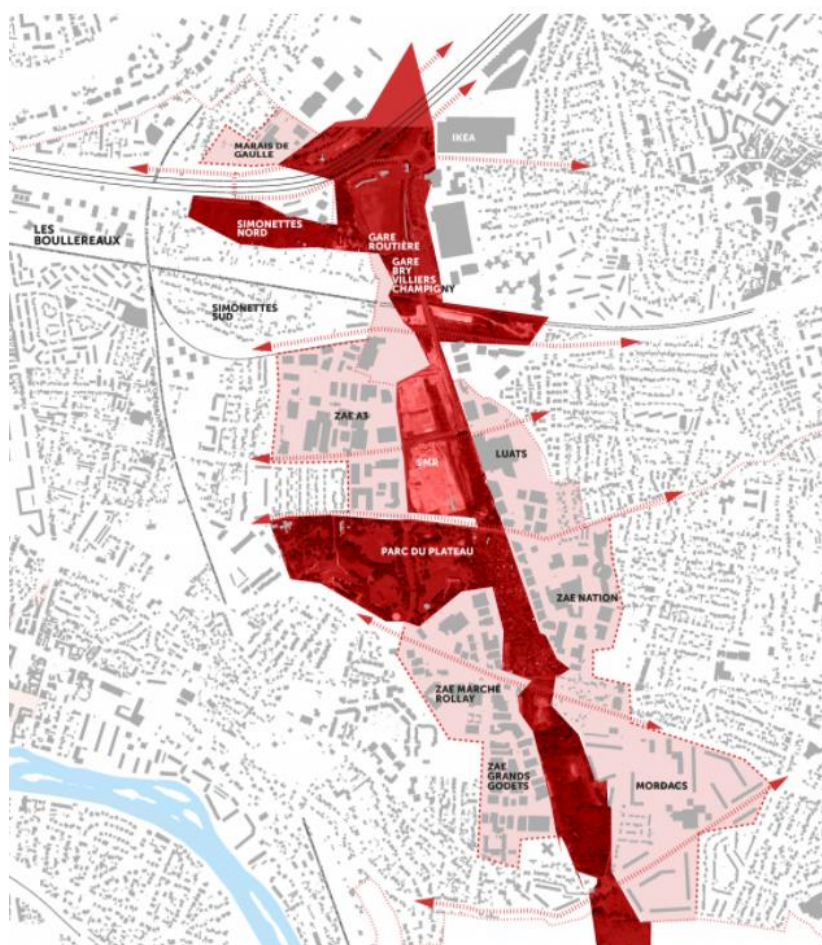


Figure 20 : Etendu des aménagements en périphérie du projet Actival dans Champigny-sur-Marne

La création de ces ensembles immobiliers est une source potentielle de besoins en chaleurs. Le projet de VDO n'étant à ce stade pas totalement abouti, les potentiels valorisables seront par conséquent détaillés dans la phase 2 de cette étude.

5.2 Interconnexion à un réseau de chaleur existant

5.2.1 Recensement des réseaux de chaleur à proximité du réseau de Champigny sur Marne

Aucun réseau de chaleur existant n'a été recensé par la DRIEE dans les cinq communes limitrophes étudiées dans le périmètre du schéma directeur. Voir figure ci-dessous.



Figure 11 : Plan des réseaux de chaleur sur le périmètre du schéma directeur

Le réseau de chaleur le plus proche de celui de Champigny-sur-Marne est celui de Sucy-en-Brie (cf. Figure 21, page suivante), distant de 3,2 km (en ligne droite). Cependant, celui-ci est situé hors périmètre du schéma directeur.

Le présent rapport ne traitera donc pas de la possibilité d'une interconnexion entre le réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne et celui de Sucy-en-Brie.

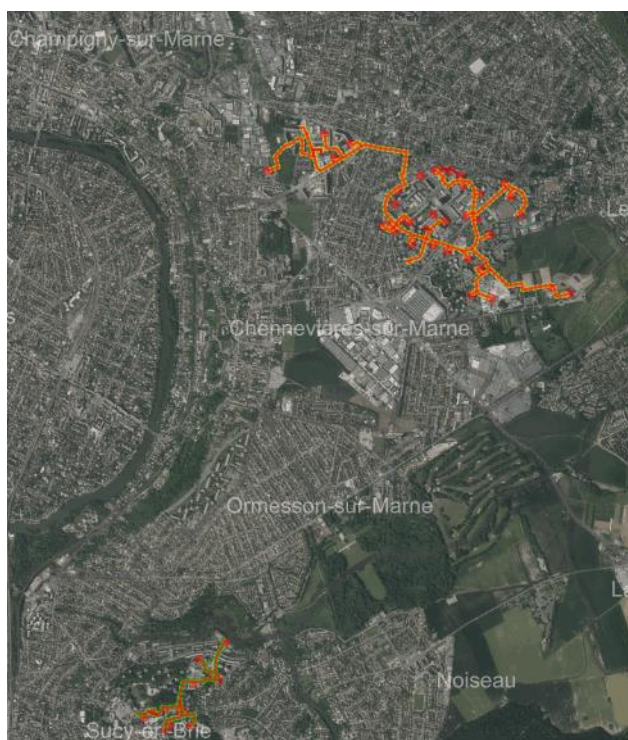


Figure 21 : Proximité du réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne à celui de Sucy-en-Brie

En raison de l'absence de réseau de chaleur sur les cinq communes limitrophes, aucune interconnexion avec un réseau existant situé dans le périmètre du schéma directeur n'est envisageable.

Les solutions restant à considérer dans ce schéma directeur seraient une extension du réseau de Champigny-sur-Marne ou la création d'un second réseau de chaleur dans le but d'alimenter de potentiels futurs abonnés. Ces deux solutions seront détaillées dans la seconde phase de cette étude.

6 MOYENS DE PRODUCTION ENERGETIQUES DU TERRITOIRE

La région Ile-de-France a mis en place une priorisation des projets EnR&R que l'ADEME IdF a adoptée (voir site internet : <http://www.enrchoix.idf.ademe.fr/#prioriser>) dans le cadre de ses financements.

Les actions prioritaires à mener sont les suivantes :

1. Multiplier et étendre les réseaux de chaleur en privilégiant le recours aux énergies renouvelables ;
2. Valoriser les énergies de récupération et favoriser la génération de ces énergies en commun sur le territoire (chaleur fatale) ;
3. Encourager le développement et l'exploitation durable des géothermies ;
4. Assurer une utilisation plus cohérente de la biomasse énergie sur le territoire avec des systèmes de dépollution performants.

Cette hiérarchie est issue du principe de production et de consommation de l'énergie au niveau local.

Nous avons adopté cette hiérarchisation dans ce chapitre afin de présenter le potentiel de production d'énergie de manière cohérente avec le SRCAE IdF.

6.1 Chaleur fatale

L'ADEME définit la chaleur fatale comme suit :

“Chaleur fatale : Production de chaleur dérivée d’un site de production, qui n’en constitue pas l’objet premier, et qui, de ce fait, n’est pas nécessairement récupérée”.

C'est une énergie souvent perdue si elle n'est pas récupérée et/ou valorisée. Les énergies fatales sont de diverses natures (chaleur, froid, gaz, électricité). Elles sont issues de process, d'utilités ou de déchets : cogénération, fours, tours aéroréfrigérantes, compresseurs, fumées, incinération, biogaz, réacteurs, ventilation des locaux, des eaux usées...

En France, près d'un tiers (140 TWh) de la consommation énergétique industrielle française ressort sous forme d'énergie fatale chaque année (Source : EDF). La récupération et la valorisation d'énergie fatale contribuent aux objectifs sur les énergies renouvelables.

En Région Ile-de-France, l'ADEME indique que le gisement de la chaleur fatale s'élève à 26 000 GWh (Etude ADEME : Etude des potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France – Mai 2017).

6.1.1 Récupération de chaleur fatale sur Unité de Valorisation Energétique

D'après le site du Syndicat national du traitement et de la Valorisation des Déchets Urbains et assimilés (<https://www.incineration.org/?-Usines->), l'UVE la plus proche du réseau de Champigny-sur-Marne est celle de Créteil, située à 8 km du réseau.

La distance entre l'UVE et le réseau de Champigny-sur-Marne, et les traversées complexes identifiées sur le tracé semblent techniquement trop contraignantes pour envisager une récupération de chaleur sur ce site d'autant plus que l'UVE est situé hors périmètre du schéma directeur.

Il n'y a donc pas de potentiel de récupération de chaleur sur une UVE dans le périmètre du schéma directeur.

6.1.2 Récupération de chaleur fatale sur Data Center

L'étude ADEME sur les potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France publiée en mai 2017 indique qu'il y a un potentiel de valorisation de chaleur de 490 GWh issu de data centers sur la région. La carte ci-dessous présente les data centers que nous avons identifié.

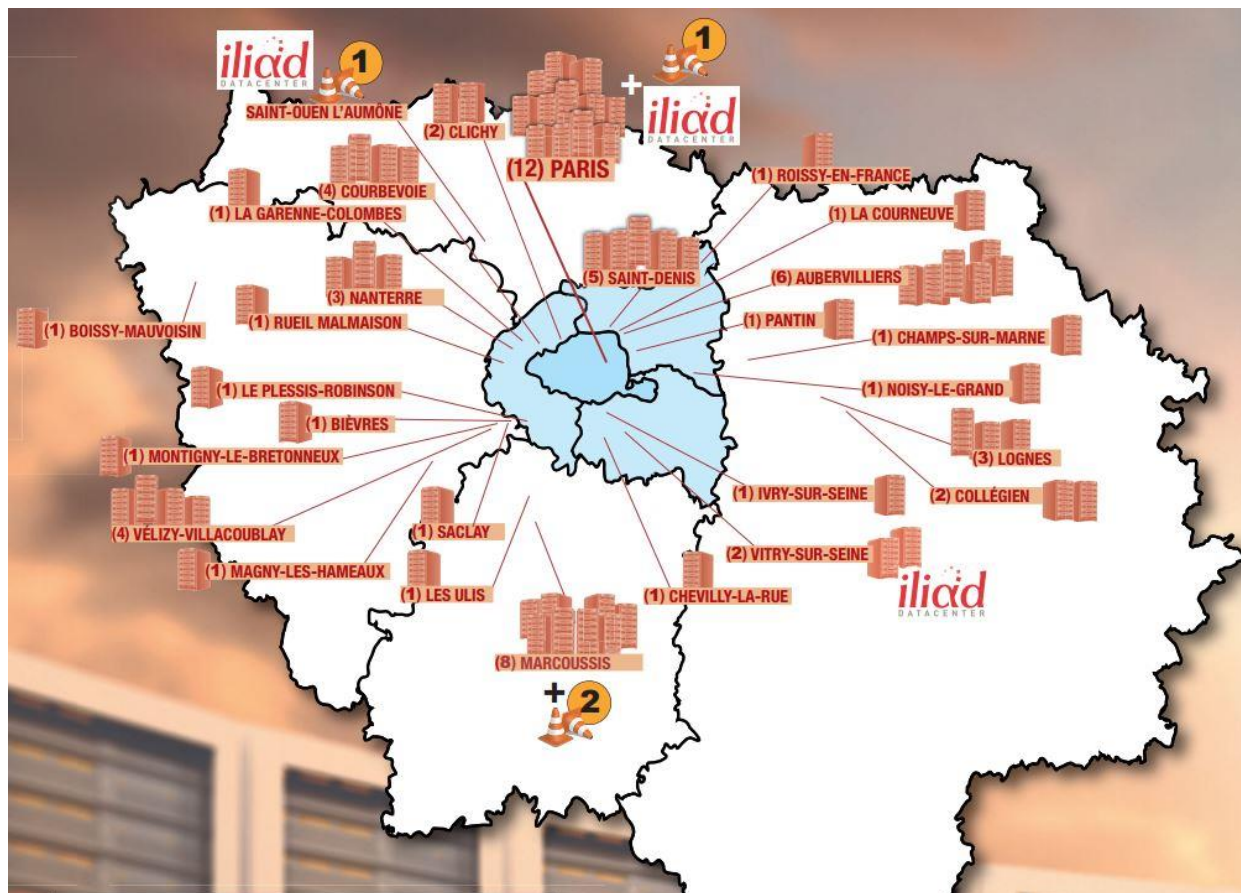


Figure 22 : Localisation des Datacenter en IdF (Global Security Mag au 06 mars 2017)

Cette carte montre qu'il n'y a pas de Datacenter dans la commune de Champigny-sur-Marne et ses communes limitrophes.

Le Datacenter le plus proche est situé à Noisy-le-Grand, à 4,5 km du réseau de Champigny-sur-Marne, il s'agit de :

- IBMDATACENTER : 11 Boulevard du Mont d'Est, 93160 Noisy-le-Grand.

La position de ce data center ne permet pas d'envisager une valorisation de sa production sur le réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne car il est trop éloigné de celui-ci.

Aucun data center n'est donc retenu dans le cadre de la présente étude.

6.1.3 Récupération de chaleur fatale sur les eaux usées

6.1.3.1 Principes généraux

Les eaux usées urbaines produites et rejetées par les bâtiments à usage d'habitation ou du secteur tertiaire sont collectées et transportées vers les installations de traitement situées en aval d'une agglomération.

La collecte et le transport sont réalisés en systèmes unitaire ou séparatif. Sauf localisation géographique spécifique et épisodes climatiques importants (fonte de neige, pluies soutenues...), les eaux usées transitent dans les ouvrages à une température relativement stable comprise entre 10 et 15°C avec des pointes saisonnières ou ponctuelles.

Le principe est donc de récupérer la chaleur résiduelle des effluents au travers d'échangeurs de chaleur et d'en améliorer leur enthalpie (énergie calorifique) par l'utilisation d'une pompe à chaleur.

Les pompes à chaleur permettent, avec un apport d'énergie extérieure (électricité, gaz) de valoriser des fluides basses températures (l'eau usée en l'occurrence) en augmentant leur potentiel énergétique. La chaleur ainsi générée peut être livrée dans des bâtiments ou des réseaux de distribution ad hoc.

Ainsi un milieu est refroidi pendant que l'autre est réchauffé.

Une partie de la chaleur ainsi valorisée peut alors être considérée comme venant d'une source **d'Energie Renouvelable & Récupération** et à ce titre être éligible à des aides financières et contribuer à la réduction de l'empreinte carbone.

Certains systèmes peuvent être conçus réversibles et servir également à la production de froid (chauffage/climatisation) ce qui peut s'avérer très intéressant pour des zones tertiaires (bureaux, commerces).

La carte page suivante présente les infrastructures principales de collecte de traitement des eaux sur l'Île-de-France.

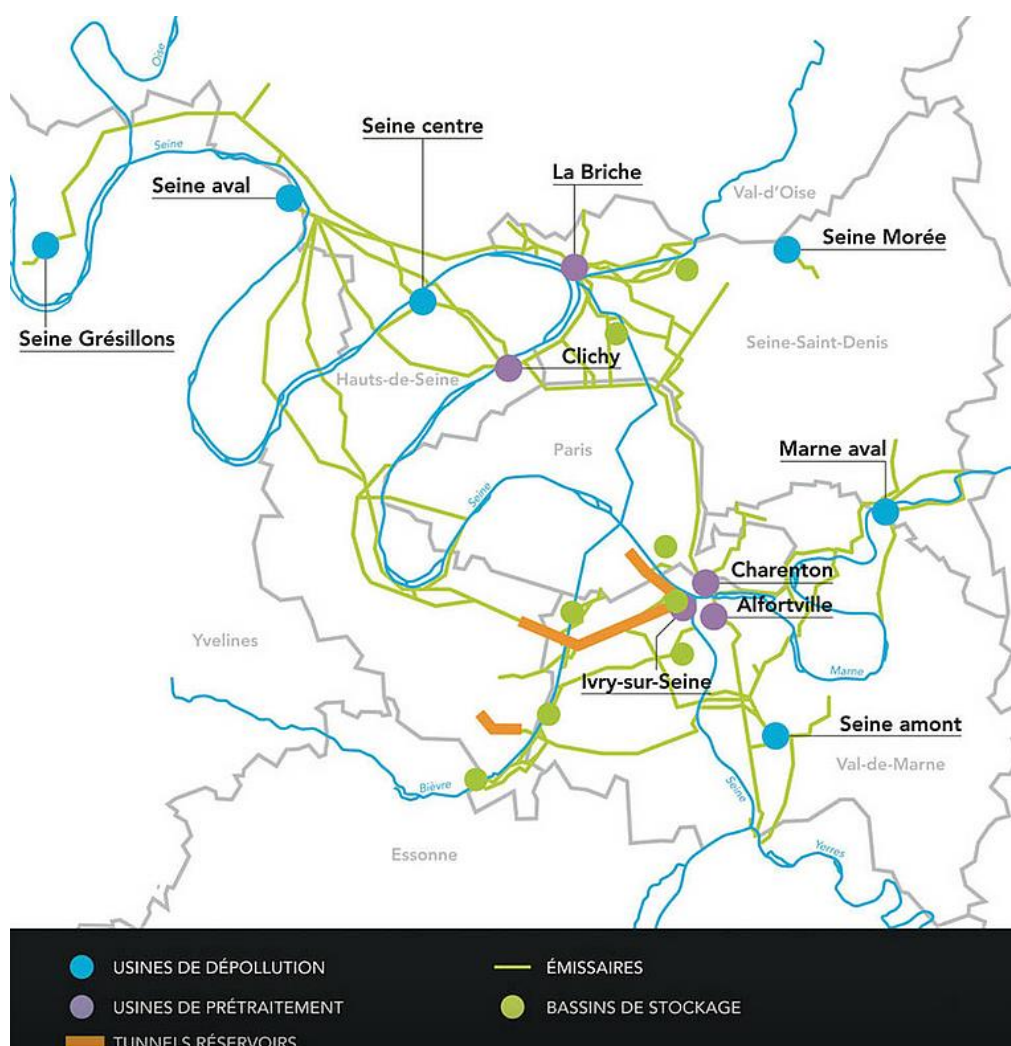


Figure 23 : Localisation des équipements du SIAAP (source : SIAAP)

6.1.3.2 Les différentes solutions de récupération

Il est possible de récupérer cette chaleur à plusieurs endroits du parcours des effluents :

- soit au pied ou à proximité d'un groupe d'immeubles afin de réutiliser leur énergie pour leur propre usage (non considéré dans notre étude car relève de la compétence du constructeur du bâtiment) ;
- soit sur le réseau de collecte ou de transport de ces effluents. Dans ce cas, le réseau doit être situé à proximité d'un utilisateur de cette chaleur ;
- soit en fin de parcours sur l'installation de traitement (STEP) pour les propres besoins de la station ou un éventuel utilisateur situé à proximité.

6.1.3.3 Récupération de chaleur fatale sur les réseaux d'eaux usées

Dans cette configuration, la chaleur peut être récupérée selon deux principes :

- soit par l'installation d'un échangeur thermique intégré au réseau d'assainissement (in-situ). Il peut être conçu avec l'ouvrage ou mis en place ultérieurement (procédé historiquement développé par Degré Bleu - Suez). La figure suivante présente le principe général de ce système ;

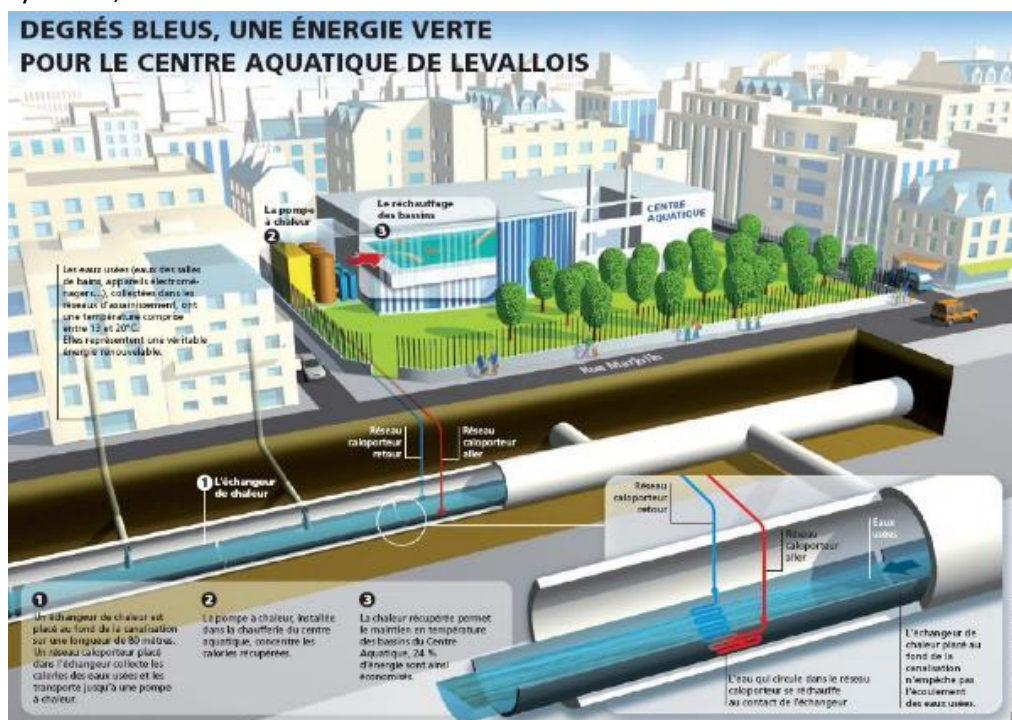


Figure 24 : Schéma de principe d'une installation de PAC sur eaux usées en collecteur

- soit par la mise en place d'une dérivation totale ou partielle du flux des effluents bruts vers un échangeur déporté (ex-situ) (procédé privilégié par le Groupe VEOLIA – Energido). Le schéma suivant présente le système hydraulique d'une telle installation.

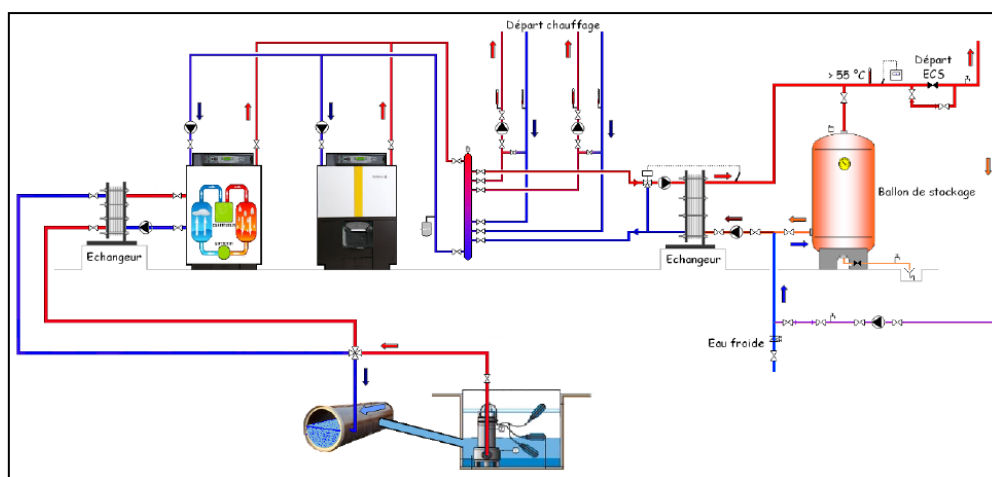


Figure 25 : Schéma de principe - PAC sur eaux usées en collecteur avec dérivation

La carte ci-dessous présente le potentiel valorisable d'après le gisement de chaleur présent dans les collecteurs d'assainissement en 2015 sur le périmètre du schéma directeur.

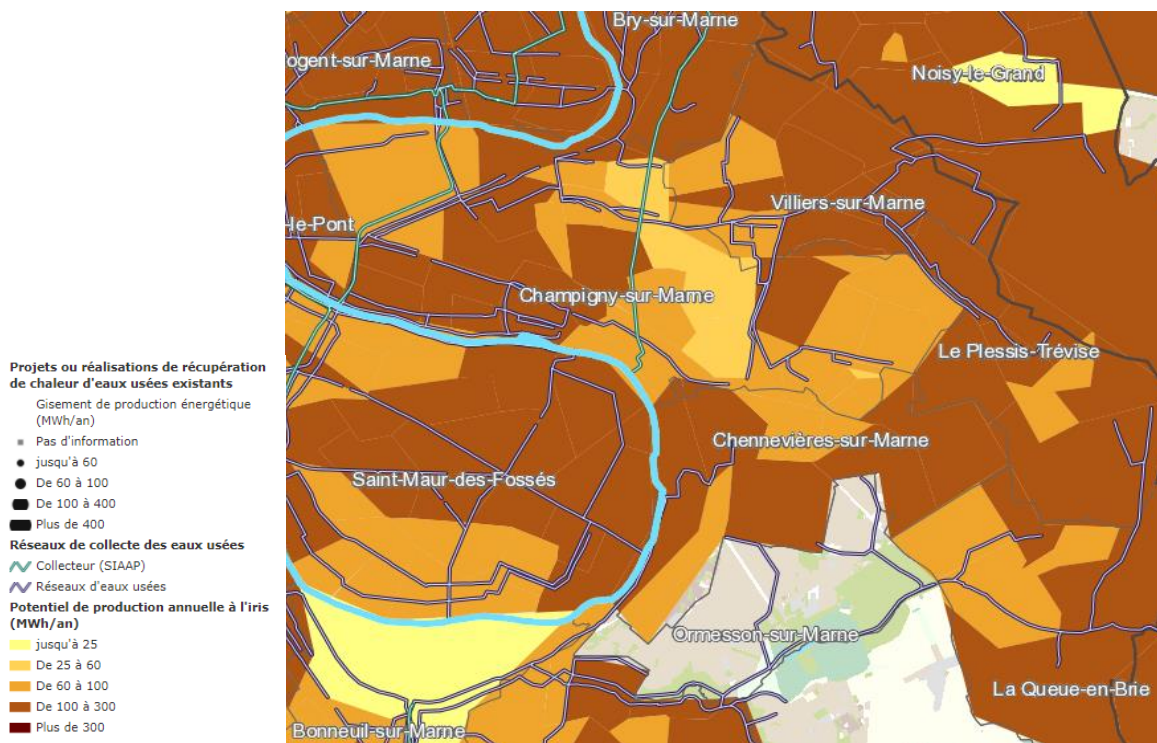


Figure 26 : Carte du potentiel de récupération énergétique sur collecteur d'eaux usées (source : ADEME)

A proximité du réseau de chaleur existant, le potentiel moyen de production annuelle se situe entre 60 et 100 MWh/an. La zone centre-ville de Champigny-sur-Marne présente un potentiel de production plus important, 100 à 300 MWh/an. Les communes limitrophes affichent un potentiel identique.

Selon les données reçues par l'ADEME, le potentiel total valorisable à Champigny-sur-Marne en 2015 s'élève à 2896 MWh/an.

Par ailleurs, le gisement total maximal de chaleur fatale issue des collecteurs d'assainissement en Île-de-France s'élève à 470 GWh (étude ADEME).

Nous remarquons donc qu'il existe un fort potentiel sur certaines zones du périmètre étudié. Ce potentiel sera étudié en fonction des zones retenues pour le développement du réseau de chaleur existant et la création du second réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne.

6.1.3.4 Récupération de chaleur fatale sur les STEP (stations d'épuration des eaux usées)

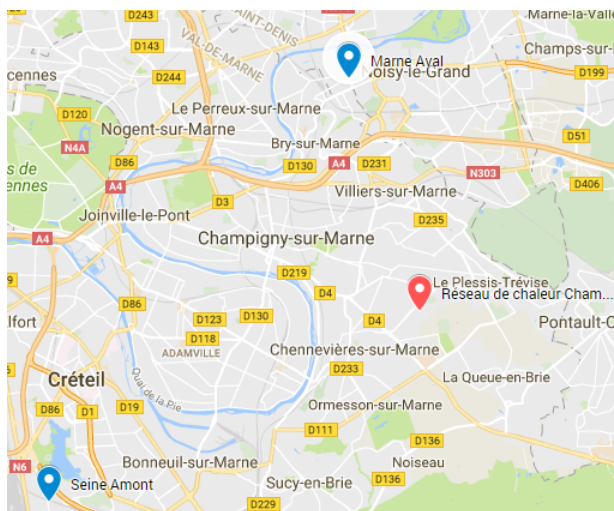


Figure 27 : Localisation des stations d'épurations SIAAP à proximité de Champigny-sur-Marne

La Figure 27 ci-avant indique les stations d'épuration des eaux usées en Ile-de-France. Les STEP les plus proches de Champigny-sur-Marne sont :

- la STEP Marne Aval, située à 5 km dans la commune de Noisy-le-Grand,
- la STEP Seine Amont, située à 9 km dans la commune de Valenton.

Ces deux STEP sont écartées de l'étude étant donné qu'elles se situent hors du périmètre du schéma directeur et que les distances séparant les STEP du réseau de chaleur de Champigny-sur-Marne sont trop importantes pour envisager un raccordement économiquement viable.

6.1.4 Récupération de chaleur fatale sur industries

L'étude « ...des potentiels de valorisation de chaleur fatale en IdF » de l'ADEME (2017) nous a permis d'identifier les industries qui présentent un gisement d'énergie intéressant. Le tableau suivant présente la répartition du potentiel par commune.

Territoire	Commune	Potentiel valorisable 2015 (MWh)	
		Basse T°	Haute T° (issue de combustion)
Communes limitrophes	Bry-sur-Marne	16 414	-

Tableau 7 : Synthèse du gisement de chaleur fatale sur industrie

Seule la commune de Bry-sur-Marne dispose d'une industrie dont son potentiel de chaleur est valorisable :

- blanchisserie, 102 avenue George Clémenceau, 94360 Bry-sur-Marne.

Note : certains sites ont été identifiés dans l'étude ADEME mais sans évaluation du gisement de chaleur faute de données suffisantes. En fonction des scénarios qui seront choisis dans les phases suivantes, ce gisement complémentaire sera analysé en détail.

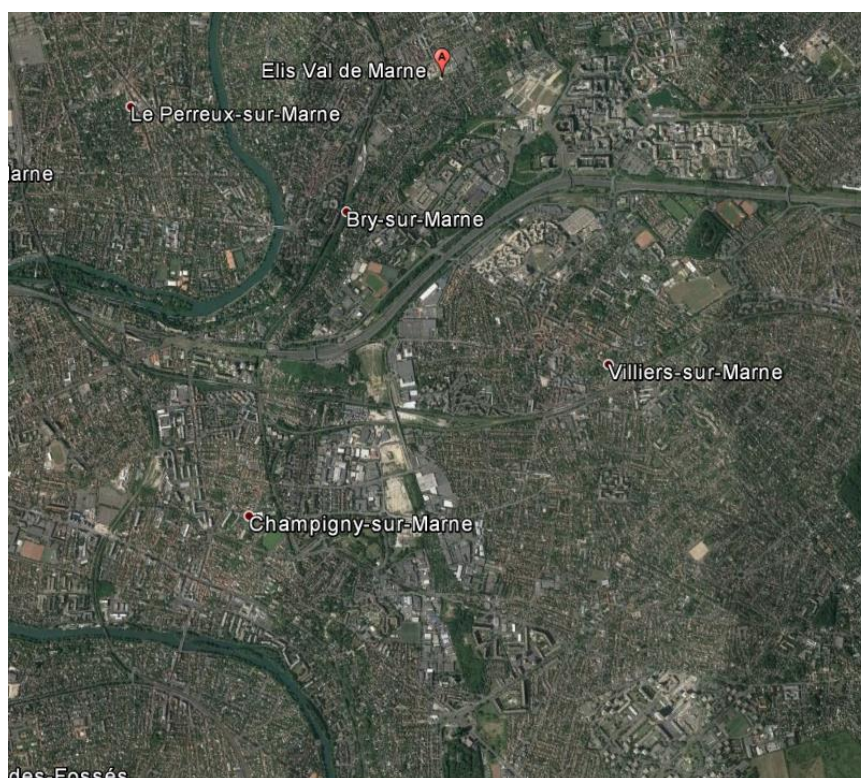


Figure 28 : Carte des industries présentant un gisement de chaleur fatale

6.2 Production d'énergie par géothermie

Il existe différents types de géothermie, on distingue principalement :

- la géothermie sur aquifère profond (entre 1500 et 2500 m) : à ces profondeurs l'eau atteint une température entre 55 et 80 °C qui permet une utilisation en chauffage lorsque les émetteurs de chaleurs sont en « basse température » (planchers chauffant, radiateur basse température),
- la géothermie superficielle : elle nécessite l'utilisation d'une pompe à chaleur pour rehausser les niveaux de température afin de permettre le chauffage de bâtiment. On distingue :
 - la géothermie sur aquifères superficiel (profondeur jusqu'à 70 m environ),
 - la géothermie sur sonde verticales : sonde allant à 100 m de profondeur ne nécessitant pas la présence d'un aquifère. En première approche, il faut compter une sonde par logement,
 - la géothermie sur lacs, rivière, etc... ;

Les grands aquifères géothermaux du Bassin Parisien sont :

- les aquifères superficiels ;
- les aquifères de l'Albien et du Néocomien considérés comme intermédiaires ;
- l'aquifère du Lusitanien ;
- l'aquifère du Dogger ;
- l'aquifère du Trias.

Cette étude ne détermine pas de potentiel de développement de solutions sur aquifères intermédiaires (Albien et Néocomien) étant donnés les incertitudes sur les propriétés de la ressource thermique et le caractère stratégique de ces nappes pour la ressource en eau potable.

6.2.1 Géothermie profonde (Dogger et Trias)

La carte suivante réalisée par le BRGM présente les grands aquifères du bassin parisien.

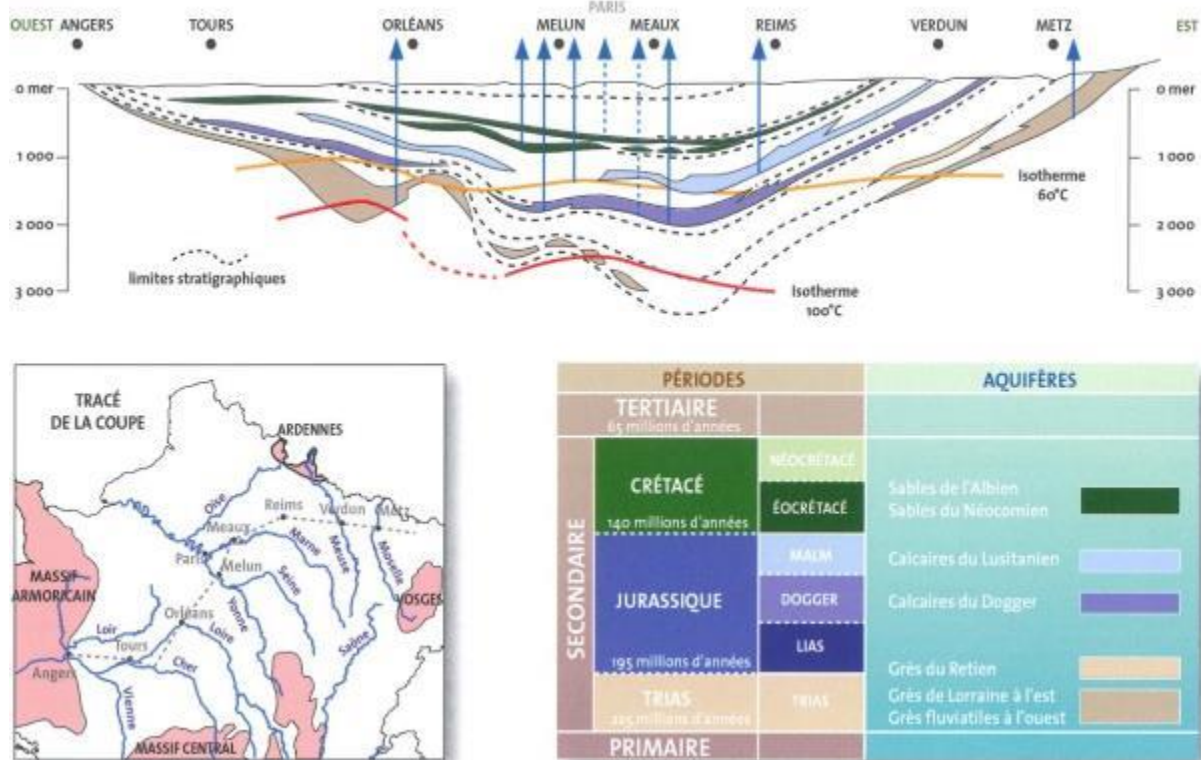


Figure du gisement géothermique sur l'aquifère du Dogger

6.2.1.1 Géothermie sur le Dogger

Le contexte géologique favorable du Bassin Parisien a permis le développement, dès la fin des années 70, de réseaux de chaleur géothermiques. La nappe du Dogger, essentiellement exploitée dans le Val-de-Marne en Ile-de-France, a une excellente productivité mais est fortement minéralisée. Elle est utilisée avec la technique du « doublet » : un forage de production et un forage de réinjection, afin d'avoir une boucle fermée. Un seul doublet peut alimenter entre 3 à 6 000 équivalents logements.

112 puits géothermiques ont été forés entre 1969 et 1995 avec une majorité réalisée entre 1980 et 1985, suite aux chocs pétroliers de 1973 et 1979. Les difficultés techniques initiales rencontrées, en raison principalement de problèmes de corrosion et dépôts dans les puits, ont été surmontées au début des années 1990 avec la mise en place de traitements anticorrosion et, depuis lors, les opérations fournissent de la chaleur à environ 180 000 équivalents logements avec 36 doublets actifs (chiffres 2013).

La réinjection dans l'aquifère de l'eau géothermale refroidie depuis la mise en service des puits, conduit à l'épuisement progressif de la ressource à l'échelle du doublet. Ainsi, des travaux ont été

réalisés sur la quantification de l'évolution temporelle des "bulles froides", et sur la prévision de la durée de vie des doublets, c'est-à-dire l'apparition de la "percée thermique".

La durée de vie d'un forage profond est de plusieurs dizaines d'années (30 à 80 années) et dépend également des conditions d'utilisation.

Après de nombreuses années sans nouvelle opération, à la suite des lois "Grenelle de l'environnement", on constate un regain de l'exploitation géothermique du Dogger en Ile-de-France. De nombreux projets de réhabilitation ou de nouvelles opérations sont actuellement à l'étude.

6.2.2 Le potentiel de développement de la géothermie au Dogger sur le périmètre du schéma directeur

Ci-dessous, en Figure 29, une carte montrant le potentiel de la nappe du Dogger sur le périmètre du schéma directeur. Comme nous pouvons le constater, le potentiel de développement d'une géothermie sur ce périmètre est très favorable.

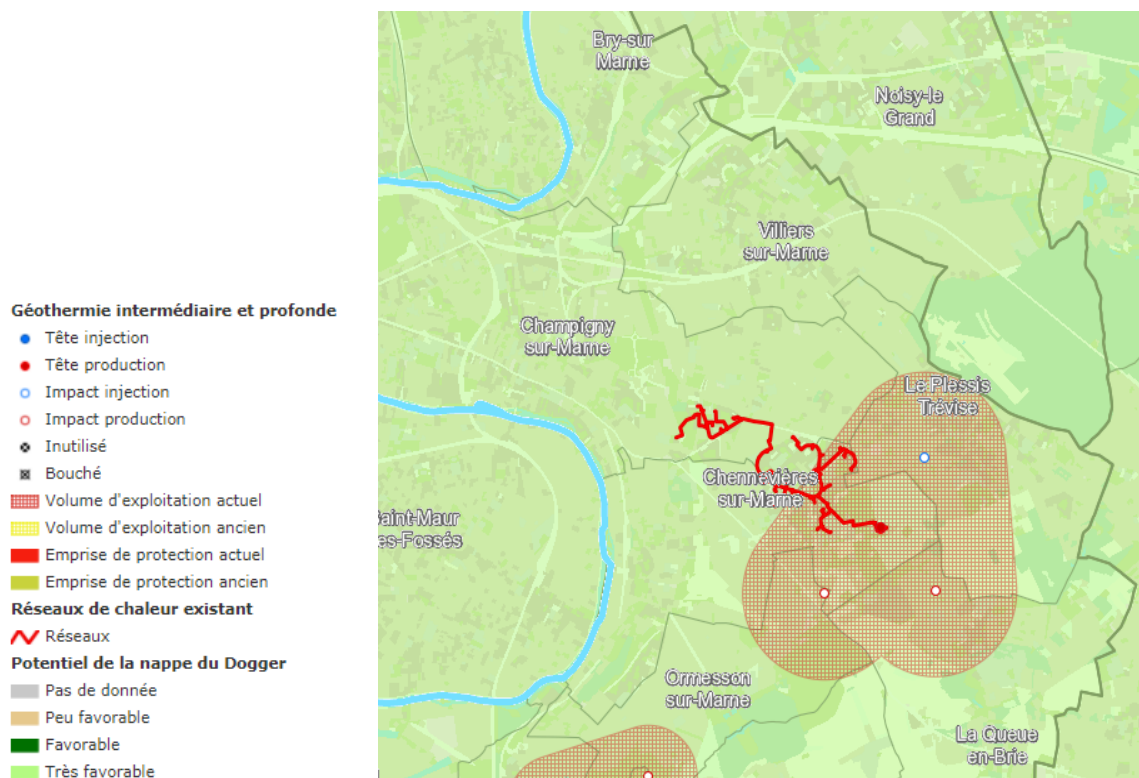


Figure 29 : Potentiel de développement de la géothermie au Dogger dans le périmètre du schéma directeur (source : ENERGIF)

6.2.2.1 Géothermie sur le Trias : appel à projet ADEME 2017/2018

Le Trias (grès rhétiens, grès de Lorraine à l'est et grès fluviatiles à l'ouest), plus profond que le Dogger, représente une ressource potentielle importante comme en témoigne certaines opérations. Toutefois, il y a peu d'expérience géothermique sur le Trias, seuls quelques doublets ont été réalisés par le passé dans l'Orléanais à Melleray (74°C à 1600 m pour 150 m³/h) ou Châteauroux (32°C à 500 m pour 80 m³/h) et **en région parisienne à Cergy (77°C à 1900 m pour 47 m³/h) ou Achères (78°C à 1930 m pour 128 m³/h)**. Les difficultés de réinjection (salinité importante / productivité insuffisante) ont conduit à l'abandon de certaines installations (Melleray, Achères, Cergy) et au repli sur le réservoir moins profond du Dogger.

L'ADEME souhaite développer l'exploitation de nouveaux aquifères pour la géothermie afin de permettre le développement d'opérations sur des zones où l'aquifère du Dogger n'est pas ou peu favorable ou dans les zones denses en opérations, avec des risques de saturation. Dans ce cadre, elle lance en Île-de-France un appel à projets pour la géothermie profonde au TRIAS 2017-2018. Via cet appel à projets spécifique, l'ADEME propose un accompagnement par le fonds chaleur pour donner la compétitivité nécessaire aux projets, mais également la possibilité de bénéficier d'un plafond de garantie SAF augmenté d'au maximum 1,2 million d'euros par puit. Cet appel est ouvert pour tous les projets situés en région Île de France visant l'exploitation du Trias.

6.2.2.2 La géothermie existante de Champigny-sur-Marne

La géothermie de Champigny-sur-Marne est une géothermie profonde au Dogger, aquifère calcaire située entre 1 600 et 2 000 mètres de profondeur avec une eau dont la température varie de 55° à 80°C.

La centrale géothermique exploitant actuellement la chaleur du sol Champinois est composée d'un puit producteur et de deux puits de réinjection. La température en tête de puit est de 76°C pour un débit nominal de 350 m³/h.

6.3 Production d'énergie par biomasse

6.3.1 La biomasse

Le terme « biomasse » désigne l'ensemble des matières organiques, animales ou végétales. Certains types de biomasse, tel que le bois, la biomasse agricole ou les déchets organiques valorisables par combustion ou méthanisation peuvent être utilisés comme source d'énergie. Sur les réseaux de chaleur, c'est essentiellement le bois qui est utilisée pour produire de la chaleur.

La ressource

En **France** la forêt couvre plus de 15 millions d'hectares, soit près de 30 % du territoire. Elle est le 3^{ème} pays européen pour la surface forestière après la Suède et la Finlande. La forêt française s'accroît d'environ 40 000 hectares par an. 60 millions de m³ sont prélevés chaque année dont une faible partie pour le bois énergie.

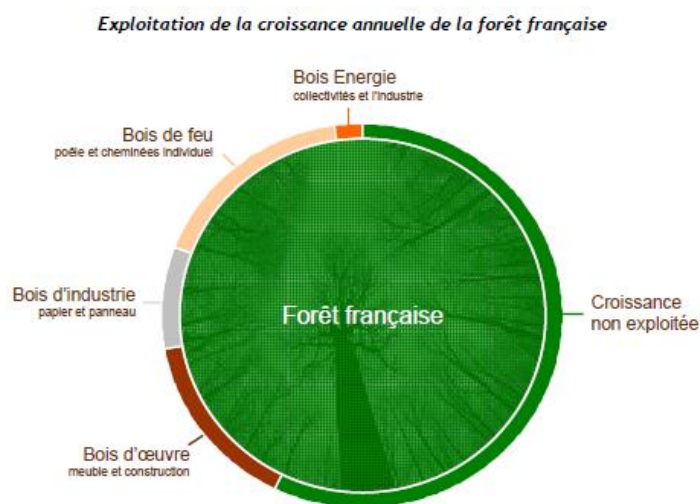


Figure 30 : Schéma de l'exploitation et de la croissance annuelle de la forêt

6.3.1.1 Le bois-énergie

Le terme « bois énergie » désigne l'énergie produite à partir de la dégradation du bois en chaleur lors de la combustion. Elle est utilisée directement pour produire de la chaleur et/ou de l'électricité par le biais de la cogénération.

Le nombre de réseaux de chaleur alimentés par des chaufferies bois est en forte croissance depuis une dizaine d'années. En 2014 en France, on recense 611 réseaux de chaleur dont 237 qui utiliseraient le bois-énergie⁵. L'AMORCE a synthétisé les réponses des 131 réseaux de chaleur bois enquêtés et retenus. Ces derniers représentent une puissance installée de 558 MW, pour une fourniture d'énergie d'environ 1 861 GWh/an. La consommation de combustible correspondante est de l'ordre de 720.000 tonnes par an.

⁵ Source AMORCE « Enquête sur le bois-énergie dans les réseaux de chaleur 2016 (avec données 2014) »

Un secteur en fort développement

Les chaufferies bois apparaissent dans le mix énergétique de certains réseaux de chaleur à partir des années 1980. Néanmoins, le réel essor démarre en 1994 grâce au « Plan Bois Energie et Développement local » qui visait au développement local et donc soutenait principalement des installations de tailles modestes (généralement inférieures à 1500 kW mises en place à l'occasion de création de réseau en milieu rural ou dans des petites villes).

En 2000, ce plan devient le « Programme Bois Energie de l'ADEME ». L'accent est mis cette fois-ci sur des installations de tailles plus conséquentes. En 2009 apparaît le Fonds Chaleur Renouvelables de l'ADEME. Le Fonds Chaleur vise en priorité le développement du bois énergie sur les réseaux de chaleur de taille importante.

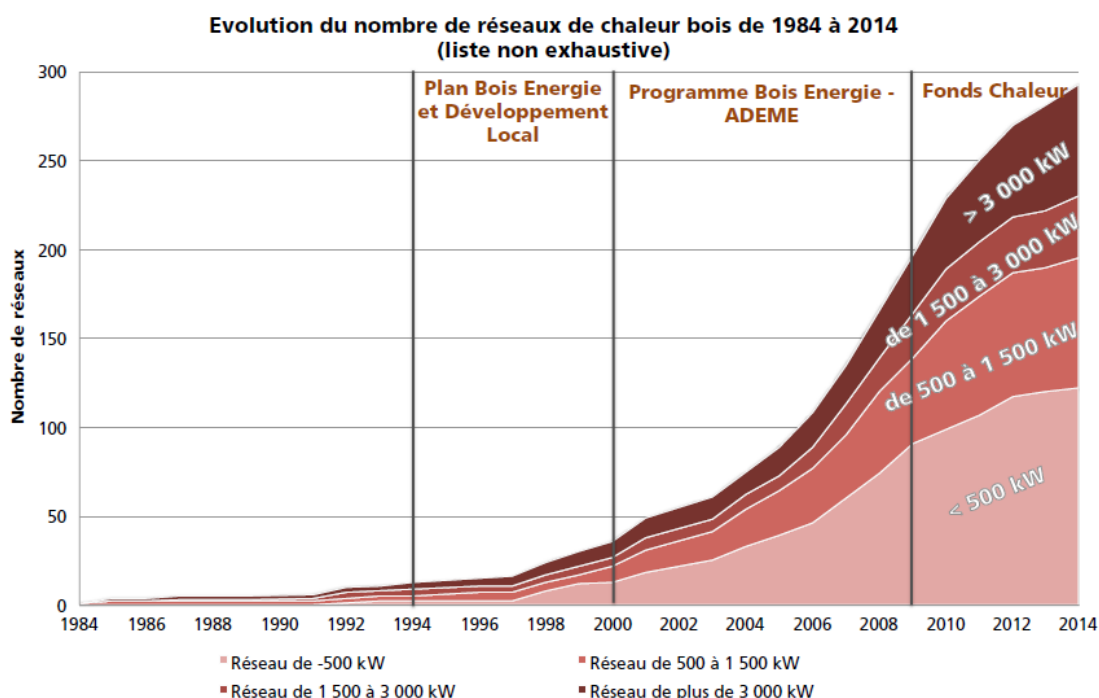


Figure 31 : Évolution du nombre de chaufferies bois en service sur des réseaux de chaleur (293 chaufferies bois considérées)

La figure ci-dessus extraite de l'enquête AMORCE sur le bois énergie dans les réseaux de chaleur parue en décembre 2016 montre la corrélation qui existe entre le développement du secteur et les aides publiques accordées.

6.3.1.2 Les différents combustibles bois-énergie

Ecorces



Granulés



Plaquettes forestières



Broyats de palettes



6.3.1.3 *Figure 32 Exemples de bois les plus couramment utilisés en chaufferies :*

6.3.1.4 Variation du PCI du bois

Contrairement aux idées reçues, le type d'essence de bois n'a qu'un faible impact sur le PCI. Une étude ADEME Critt Bois montre que l'écart s'élève au maximum à 8% sur bois sec. C'est le taux d'humidité qui est le principal paramètre de variation du PCI du bois. Le graphique suivant présente l'évolution du PCI en fonction de l'humidité.

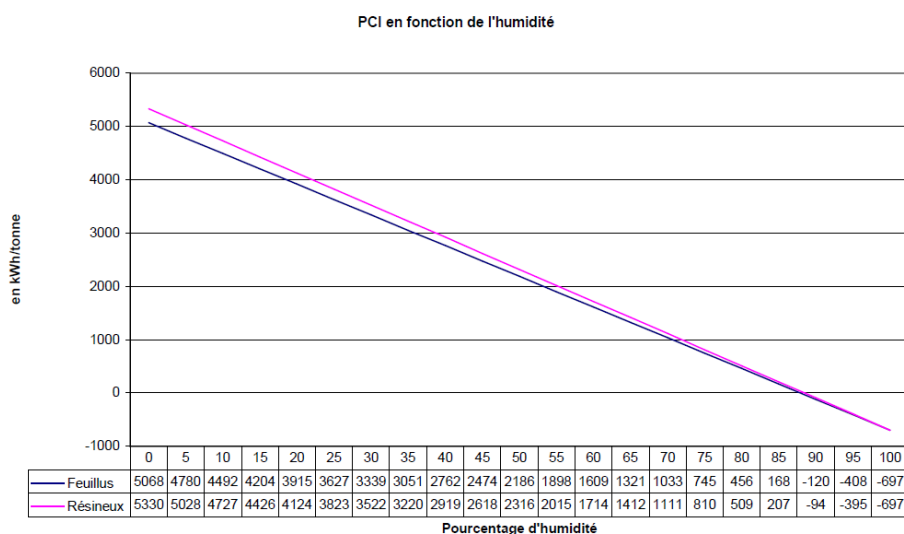


Figure 33 : Variation du PCI du bois en fonction de l'humidité

6.3.1.5 Prix du bois-énergie

Le bois utilisé dans les chaufferies biomasse est le plus souvent un mélange de plusieurs types de bois. Son coût d'approvisionnement (entrée chaudière) est estimé actuellement entre 22 et 28 €/MWh, il varie en fonction de la distance entre le lieu de production et de livraison ainsi qu'avec les volumes achetés.

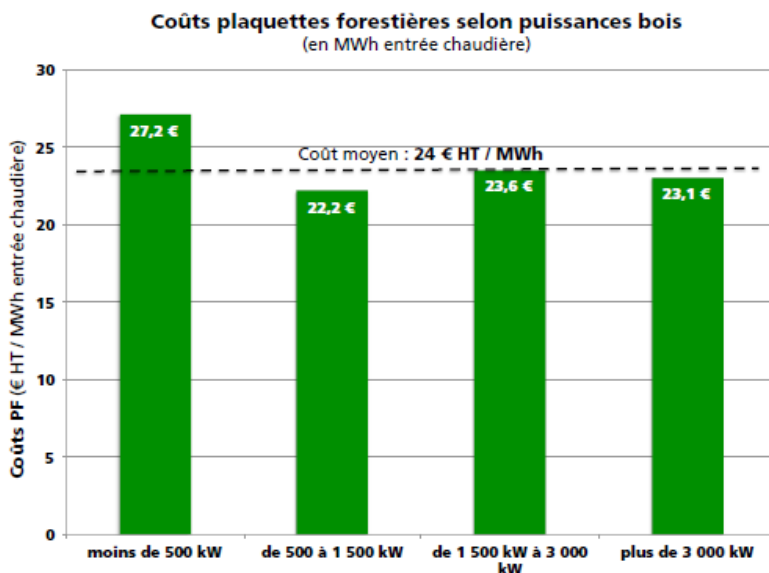


Figure 34 : Graphique du coût de la plaquette forestière selon les puissances concernées (étude AMORCE)

Le CEEB (Centre d'Etudes de l'Economie du Bois) donne les valeurs suivantes pour les plaquettes forestières :

Prix et indices nationaux 2016-T3		Prix 2015-T3 €	Prix 2016-T2 €	Prix 2016-T3 €	Indices	Variation 2016-T3 2016-T2	Variation 2016-T3 2015-T3
Produits élaborés  Base 100 : janv 2012 E40							
Plaquette forestière							
Plaquettes provenant de bois forestiers, vendus en toutes longueurs, puis broyés sur la coupe ou sur une plateforme de broyage							
Petite granulométrie, humidité <30%	tonne	81,1	77,8	78,6	103,1	1,1%	-3,0%
PCI retenu (3,70)	Mwh	21,91	21,03	21,25			
Moyenne granulométrie, humidité 30-40%	tonne	56,3	57,8	57,5	102,1	-0,5%	2,2%
PCI retenu (3,10)	Mwh	18,15	18,63	18,54			
Granulométrie grossière, humidité >40%	tonne	53,7	50,1	50,2	114,6	0,2%	-6,6%
PCI retenu (2,55)	Mwh	21,07	19,65	19,69			

Figure 35 : Prix de la plaquette forestière au 3ème trimestre 2016

6.3.1.6 Principe de fonctionnement d'une chaudière bois

Le principe général d'une chaufferie automatique est présenté dans le schéma suivant :

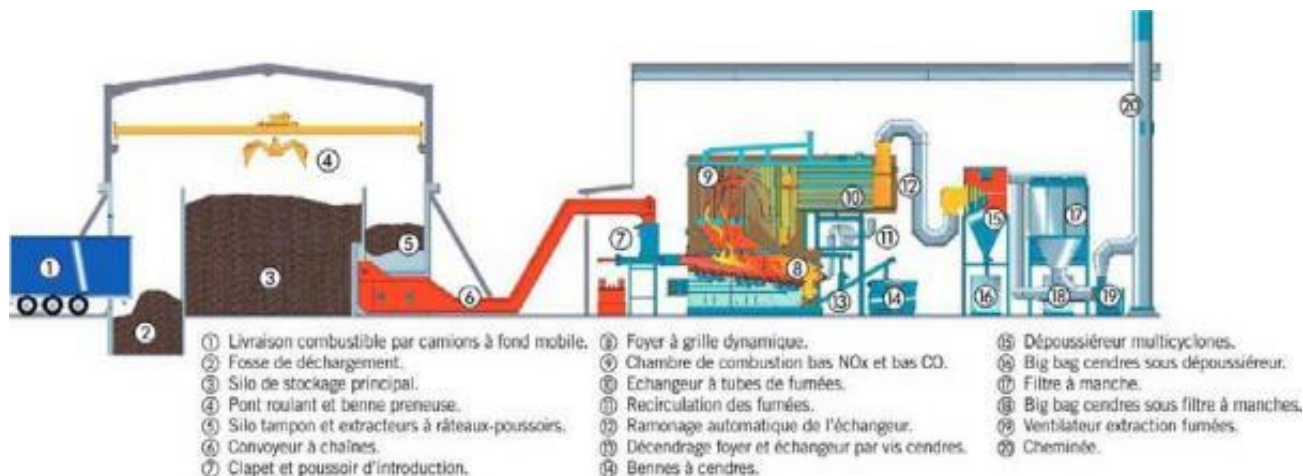


Figure 36 : Schéma de principe d'une chaufferie bois

Les chaufferies sont généralement composées d'une chaudière, d'un système d'extraction et d'alimentation en combustible et d'un silo. A partir de 500 kW, il convient d'ajouter un système de traitement de fumées.

Le bois est acheminé par des camions jusqu'au silo de déchargement. Il est ensuite transféré vers le silo de stockage/alimentation. Un système de convoyeur amène le bois jusque dans la chaudière où la combustion s'effectue. Les fumées sont traitées avant leur passage dans l'atmosphère et les cendres sont évacuées.

Les chaudières « bois » sont équipées de ramonage automatique permettant de maintenir le rendement de l'installation et d'éviter les arrêts pour maintenance. L'ensemble du process est entièrement automatisé.

Il existe plusieurs types de foyer en fonction du combustible, de la puissance et de l'humidité. Le tableau ci-dessous présente les différents types de foyer existants avec leurs caractéristiques.

Type	Puissance de chauffe	Combustible	Humidité en %
Volcan	20kW à 2,5 MW	Plaquettes forestières, plaquettes de sous-produits de transformation du bois	5 à 45
à insufflation	200 kW à 10MW	Sciures et copeaux secs	5 à 20
à grille mobile	150 kW à 25 MW	Tous combustibles bois	5 à 60
Volcan avec grille rotative	2 à 25 MW	Produits très humides	40 à 65
à lit fluidisé stationnaire	5 à 15MW	Produits très humides	5 à 60
à lit fluidisé circulant	25 à 500MW	Produits très humides	5 à 60

Tableau 8 : Différents types de foyers de chaudières bois

6.3.2 La cogénération biomasse

La cogénération consiste à produire simultanément de l'énergie électrique et de l'énergie thermique à partir d'un combustible unique (ici à partir de biomasse).

Le principal intérêt de cette technique est d'associer le bénéfice d'un rendement élevé par récupération de la chaleur à la diminution considérable des émissions polluantes.

C'est une des rares technologies recommandées par la communauté internationale, afin de réduire significativement les gaz dits à effet de serre.

Deux différentes utilisations existent :

- moteur à combustion externe : Ensemble chaudière à vapeur et turbine à vapeur (cycle de Rankine) ;
- moteur à combustion interne : Gazéification.

Néanmoins, il existe un débat sur l'opportunité de développer ce type d'installation car, certes, le rendement global électrique et thermique est élevé et approche les 80% mais la consommation de combustible augmente très fortement par rapport à une chaufferie qui produirait uniquement la même quantité de chaleur avec des rendements également très bon de l'ordre de 85%.

La turbine à vapeur

La technologie la plus développée est la filière combustion associée à une turbine à vapeur.

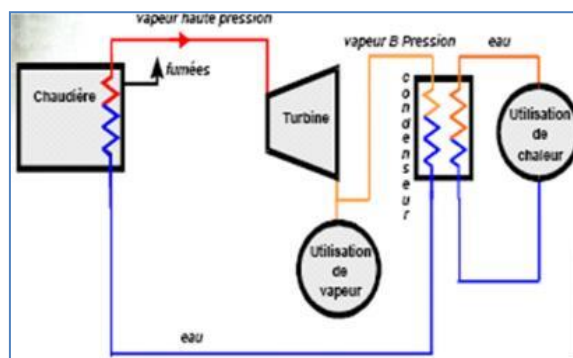


Figure 37 : Schéma de principe d'une turbine à vapeur

Comme pour la cogénération au gaz, ce sont les besoins thermiques qui fixent le dimensionnement de la centrale de cogénération pour avoir une efficacité énergétique maximale.

La turbine à vapeur peut être soit à contre-pression, soit à condensation. Dans le dernier cas, l'essentiel de l'énergie disponible sur la vapeur est employé, mais le rendement de détente isentropique n'est que de 60 % environ, alors qu'il est de 90 % en détente monophasique (c'est-à-dire dans le cas de la turbine à contre-pression).

Le rendement électrique de la turbine dépend de sa taille. Les valeurs de rendement couramment admises sont données dans le tableau suivante :

Type de turboalternateur	Puissance (kWe)	Rendement (%)
Contre-pression	500 – 1 500	12 – 14
	1 500 – 5 000	12 – 15
	5 000 – 10 000	15 – 20
Condensation	500 – 1 500	15 – 20
	1 500 – 10 000	20 - 25

Tableau 9 : Rendements des différentes turbines

Avantages / Inconvénients

La turbine à vapeur est une technologie éprouvée, fiable et qui offre la possibilité d'utiliser tout type de combustible. Cependant, les coûts d'investissements sont assez élevés et ce type de système reste très encombrant. Enfin, la turbine à vapeur possède un faible rendement électrique à petite puissance ce qui en fait un système peu rentable pour les petites installations de cogénération à partir de biomasse.

6.3.3 La gazéification

La gazéification de la biomasse consiste à décomposer en présence d'un gaz réactif (mélange de vapeur et d'oxygène) un solide, par exemple du bois, afin d'obtenir un produit gazeux. Lors de ce processus, la biomasse est soumise à quatre phénomènes thermochimiques complexes qui se succèdent : le séchage, la pyrolyse, la réduction et l'oxydation.

Le gaz combustible obtenu (appelé syngaz) est composé essentiellement de monoxyde de carbone, d'hydrogène et de nitrogène.

Les combustibles biomasse ci-dessous peuvent être utilisés avec le procédé de gazéification :

- le bois propre (bois d'élague ou rémanents forestiers) ;
- les sous-produits issus de l'agriculture ;
- le bois de recyclage.

La gazéification de la biomasse présente les avantages suivants :

- elle permet un gain de place puisque les chaudières utilisées avec ce procédé sont des chaudières conventionnelles (ce qui peut être intéressant lorsque l'emprise foncière disponible est faible) ;
- les chaudières sont équipées d'un brûleur mixte gaz naturel/gazéification, permettant de passer d'un combustible à l'autre, ce qui est intéressant notamment en cas d'alerte pollution due aux microparticules ;
- la modulation de puissance est accrue comparée à une chaudière biomasse.

Cette technologie est en cours de développement. A ce jour, elle est surtout utilisée au stade « pilote », pour des petites puissances (< 5MW) et pour des unités de cogénération.

Cette filière pourrait à l'avenir être très intéressante si elle venait à se développer pour des puissances plus importantes.

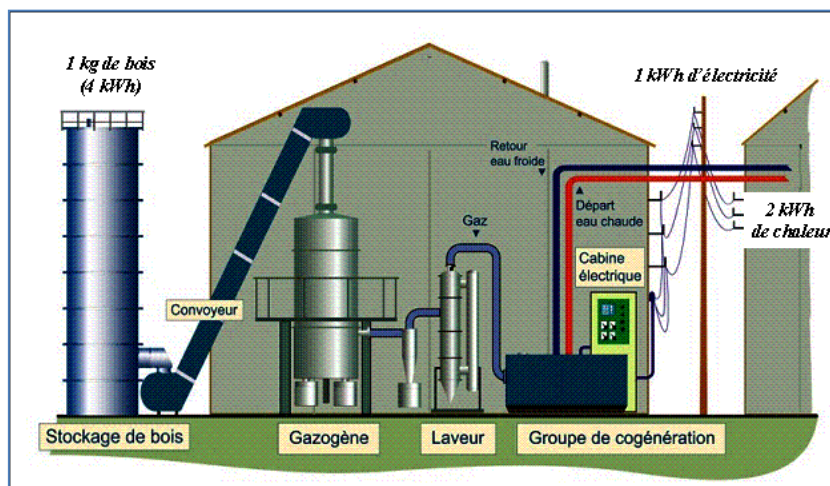


Figure 38 : Schéma d'une installation de gazéification avec cogénération

6.3.3.1 Rejets des chaufferies « bois »

La combustion du bois ne contribue pas à l'émission de Dioxyde de Carbone (CO₂) puisque le CO₂ dégagé par la combustion du bois dans la chaufferie est quasi intégralement réabsorbé par les forêts lorsque celles-ci sont gérées de façon durable (à l'exception du CO₂ généré pour la coupe, la préparation et le transport du combustible).

Concernant les rejets atmosphériques, **l'arrêté du 26 août 2013 relatif aux installations de combustion d'une puissance supérieure ou égale à 20 MW soumises à autorisation au titre de la rubrique 2910 et de la rubrique 2931** définit les valeurs limites de rejets des fumées des chaufferies à combustibles solides.

Rappelons que dans le cadre des nouveaux projets, les valeurs demandées par la DRIEE et par l'ADEME pour l'obtention de subventions se rapprochent très fortement des Meilleures Techniques Disponibles (MTD).

Les systèmes de traitement des fumées existant permettent de répondre aux exigences réglementaires concernant les rejets atmosphériques.

Les poussières ont un impact localement sur l'environnement, mais des progrès techniques ont été réalisés pour améliorer la combustion et traiter les fumées.

Il est nécessaire et utile de rappeler que les émissions produites par la combustion du bois dans une Installation Classée Pour l'Environnement sont de très loin moins polluantes que si les mêmes quantités de bois avaient été brûlées dans des chaufferies de petites puissances soumises à aucune obligation de traitement ni de contrôle.

6.3.4 Potentiel biomasse dans la région Ile de France

6.3.4.1 La disponibilité en bois en IdF

Depuis 1850, la surface des forêts françaises a doublé, elle couvre aujourd'hui un quart de notre territoire et continue de croître.

En France, la récolte annuelle actuelle de bois industrie et énergie - 23,3 millions de m³/an - est inférieure au potentiel technico-économique utilisable. Ce dernier varie entre 25 millions de m³/an et 27,6 millions de m³/an à l'horizon 2025 selon les modes de gestion considérés (étude disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, ADEME 2016)

Les difficultés liées à la mobilisation du bois actuellement relèvent de plusieurs facteurs dont notamment le morcellement des parcelles, en grande partie privées (66% de la forêt francilienne est détenue par des propriétaires privés), et la disponibilité des infrastructures. Le multi-usage des forêts, notamment en Île-de-France, nécessite également une gestion adaptée.

6.3.4.2 Le bois-énergie et l'emploi

L'approvisionnement et l'entretien des chaufferies bois mobilisent davantage de main d'œuvre locale que les autres énergies et sont donc créateurs d'emplois non délocalisables. Le bois nécessite trois fois plus de main-d'œuvre que les énergies concurrentes. Une chaufferie qui alimente 1 500 logements en utilisant 5 000 tonnes de bois, associée à une seconde énergie, permet de créer (ou maintenir) 4 emplois durables à temps plein dans des entreprises régionales (hormis la fabrication des matériels), pour :

- la collecte et le tri des bois de rebut et des déchets de bois ;
- l'exploitation et le transport des rémanents forestiers, bocagers et routiers ;
- le conditionnement du bois (broyage), le transport, le stockage et la gestion de l'approvisionnement des chaufferies ;
- l'exploitation des chaufferies.

Le schéma ci-dessous présente la production de bois en Ile-de-France (moyenne 2005-2013).

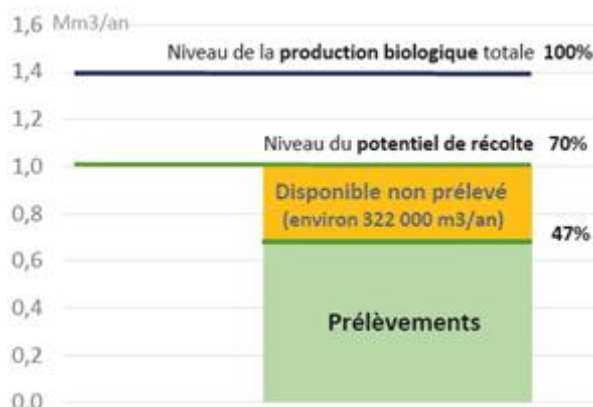


Figure 39 : Production de bois en IdF

La carte ci-dessous présente les différents fournisseurs de bois de la région IdF.

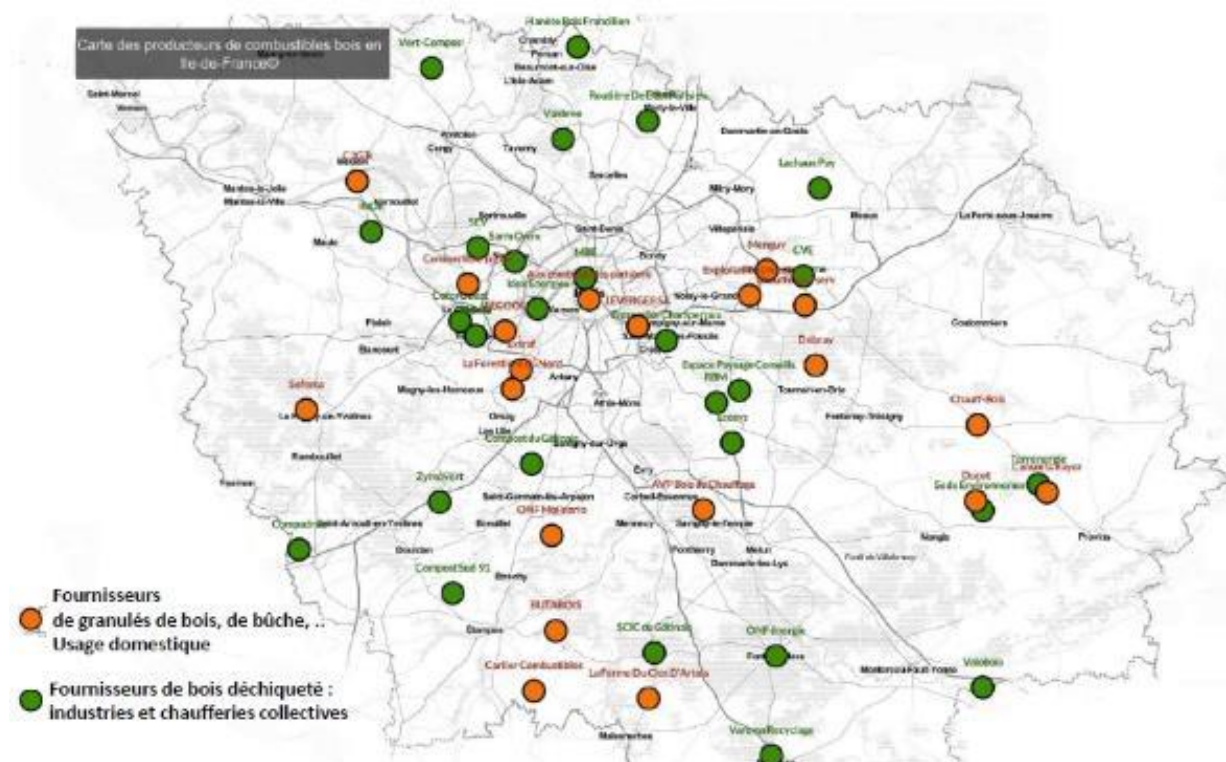


Figure 40 : Carte des fournisseurs de bois en IdF

Il est également possible de contacter l'interprofession Forêt-Bois d'Ile-de-France Francilbois au lien suivant : <http://www.francilbois.fr/chauffage/observatoire-du-bois-energie-d-ile-de-france#carte-des-fournisseurs-bois-déchiqueté>

6.3.5 Avantages et inconvénients de la biomasse par rapport au gaz

Les avantages et inconvénients sont listés dans le tableau ci-après :

	Biomasse	Gaz
Implantation	Nécessite une surface importante au MW, compte tenu du stockage nécessaire pour passer les grands week-ends et de l'aire de manœuvre pour les camions apportant le combustible.	Ne nécessite pas de stockage.
Taille des générateurs	Taille (longueur x largeur x hauteur) au MW supérieure aux autres énergies, compte tenu de la nécessité d'un foyer de volume important.	Générateurs plus compacts (de l'ordre de 4) par rapport à la biomasse.
Modulation de la production d'énergie	Pour tenir les garanties de rejets de polluants, la biomasse ne peut fonctionner en-dessous de 40 % de la puissance nominale	Les générateurs gaz peuvent moduler dans une plage de 1 à 10.
Manutention du combustible et des résidus de combustion	La biomasse a besoin d'équipements mécaniques importants (ponts roulants, convoyeurs) pour transférer le combustible du stockage au générateur et pour évacuer les sous-produits de la combustion (poussières, mâchefers).	Le gaz (réseau sous pression) n'a pas besoin d'équipements de manutention mécanique.
Rejets de polluants en mg/Nm³ à 6% d'O₂ (limites selon l'arrêté du 30 juillet 2003, installations de puissance supérieure à 20 MW – Puissance totale de la chaufferie < 100 MW)	SOx : 10 (limite 2 000) NOx : 200 à 400 (limite 600) CO : 50 (limite 300) Poussières : 100 (limite) Seul le gaz produit moins de polluants que la biomasse.	SOx : 0 (limite 35) NOx : 225 (limite) CO : 50 (limite 100) Poussières : 0 (limite 5)
Logistique de livraison du combustible	Nécessite un nombre de camions de livraison important (gêne pour les riverains) : environ 4 camions de 30 T par jour pour 10 MW de fonctionnement en continu.	Pas de camions de livraison (réseau de gaz)
Investissements	Investissements importants (liés à la taille et à la surface d'implantation)	Investissements réduits par rapport au combustible biomasse (de l'ordre de 4)
Prix du combustible au MWh	Ressource locale : environ 20 €/MWh. (entrée chaudière)	Combustible fossile dont le prix est indexé (avec un retard de 6 mois) sur le prix du baril de pétrole : environ 30 €/MWh.

	Biomasse	Gaz
Production de CO₂ et quotas	La production de CO ₂ de la combustion de la biomasse n'est pas comptabilisée : en effet le CO ₂ libéré lors de la combustion a été capté lors de la croissance de l'arbre. De plus, si les arbres sont replantés, l'émission de CO ₂ due à la combustion est compensée par une absorption lors de la croissance des arbres. La forêt française produit aujourd'hui plus de bois qu'il n'en est exploité.	Combustible fossile. Production de CO ₂ : 0,231 kg/kWh, soit (pour un coût d'achat des quotas de 40 €/T CO ₂) 9,24 €/MWh
Coûts de maintenance (R2)	Coûts de maintenance élevés (équipements mécaniques, présence humaine supplémentaire ou systèmes de surveillance plus importants). Coût de gros entretien – renouvellement plus importants (proportionnel à l'investissement). La disponibilité d'une chaudière bois est au moins de 7 500 h par an (soit 86 %), à comparer à une saison de chauffe (mi-septembre à mi-mai) de 5 808 h.	Coûts de maintenance et de gros entretien – renouvellement faibles.
TVA sur la facturation	La facturation de vente de chaleur peut bénéficier de la TVA réduite (5,5% actuellement) sur l'ensemble de la facture (R1+R2) <u>si la production de la chaleur par la biomasse est supérieure à 50% de la production totale</u>	TVA normale (19,6% actuellement) sur la part variable (R1) de la facture.

6.4 Production d'énergie solaire thermique

Les installations solaires thermiques sont habituellement connues pour produire de l'ECS pour des bâtiments collectifs ou individuels. Depuis quelques années, des installations sont développées pour alimenter des réseaux de chaleur.

6.4.1 Etat des lieux du développement de l'énergie solaire thermique sur le périmètre étudié.

A titre d'information, la carte ci-dessous présente la quantité d'énergie produite par des panneaux solaires thermiques sur des logements existants pour chaque commune étudiée (cartographique ENERGIF).

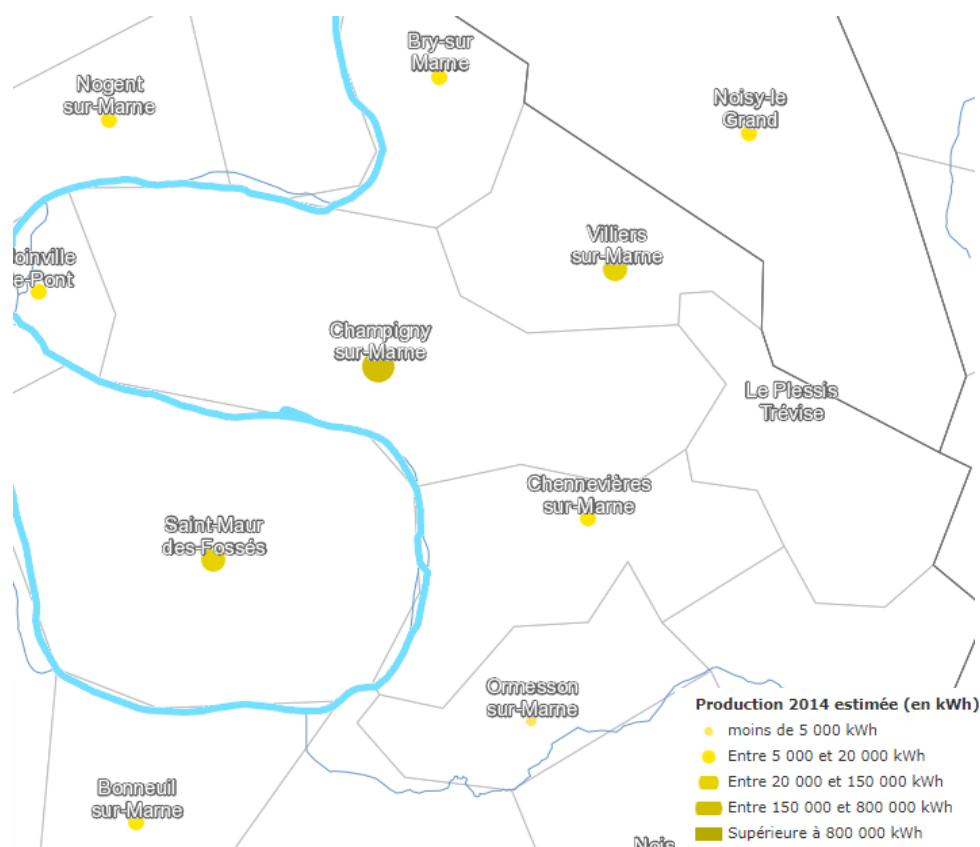


Figure 41 : Carte de la production d'énergie solaire thermique identifiée (2014)

La carte ci-dessus indique un potentiel supérieur à 800 MWh exploitable sur la commune de Champigny-sur-Marne. Les communes limitrophes présentes quant à elles une production moindre.

Le gisement d'énergie solaire thermique exploitable reste très limité en comparaison aux besoins énergétiques du réseau, supérieur à 30 GWh.

De plus, une telle installation nécessite une emprise foncière importante.

Par ailleurs, la production de chaleur par le solaire thermique est adaptée uniquement aux petits réseaux de chaleur urbain, au maximum 5000 m² de surface chauffée.

6.4.2 Développement des installations solaires thermiques sur réseaux de chaleur

6.4.2.1 Etat de l'art en Europe

L'état de l'art européen porte sur les réseaux de chaleur ayant recours au solaire thermique. L'équivalent de 10 ans de notre marché global solaire thermique est actuellement installé en cumulé en Europe dans les réseaux de chaleur solaire thermique (1 millions de m²) avec un rythme annuel d'installation de 400 000 m²/an (dont une majorité au Danemark, en Suède, en Allemagne, et en Autriche).

Il est tout à fait possible d'avoir une production centralisée (exemple danois) ou décentralisée (exemple du projet Malmö Suède) avec ou sans stockage (journalier, saisonnier, inter-saisonnier).

Quelques chiffres en 2016 :

- ~ 250 installations > 500 m² ;
- surface totale installée : 1 millions de m² ;
- plus de 25 ans de retour d'expérience.

Le site internet <http://solar-district-heating.eu/> présente différentes études sur le développement des réseaux de chaleur solaire thermique. Voici quelques exemples de projets :

Braedstrup (Danemark) :

- type : production centralisée ;
- superficie capteurs : 8 000m² ;
- énergie totale réseau : 42 000 MWh/an ;
- contribution solaire : 3400 MWh/an, soit taux couverture de 8% ;
- stockage (Eau) : 2000m³, soit 110MWh.



Malmö Bo1 (Suède)

- type : production décentralisée / Réinjection ;
- contrat de rachat avec l'opérateur du RC ;
- nombre installations solaire raccordées : 10 ;
- superficie capteurs : 1371 m² ;
- contribution solaire : 316 MWh/an.



Drake Landing Solar Community (Canada)

- type : production centralisée
- superficie capteurs : 2 300m² ;
- énergie totale réseau (52 maisons) : 760 MWh/an ;
- contribution solaire : 650 MWh/an, soit taux couverture de 85% ;
- stockage :
 - Court terme (eau) : 2x120m³,
 - Long terme (forage) : 144 x 35 m.



Friedrichshafen (Allemagne)

- type : production centralisée
- superficie capteurs : 2700 m² (2002), puis 4 050 m² (2004) ;
- énergie totale réseau (2002) : 2423 MWh/an ;
- contribution solaire (2002) : 652 MWh/an, soit taux couverture de 27% ;
- stockage Long terme (cuve) : 12 000 m³.



Figure 42 : Photos d'installations solaire thermique sur réseau de chaleur

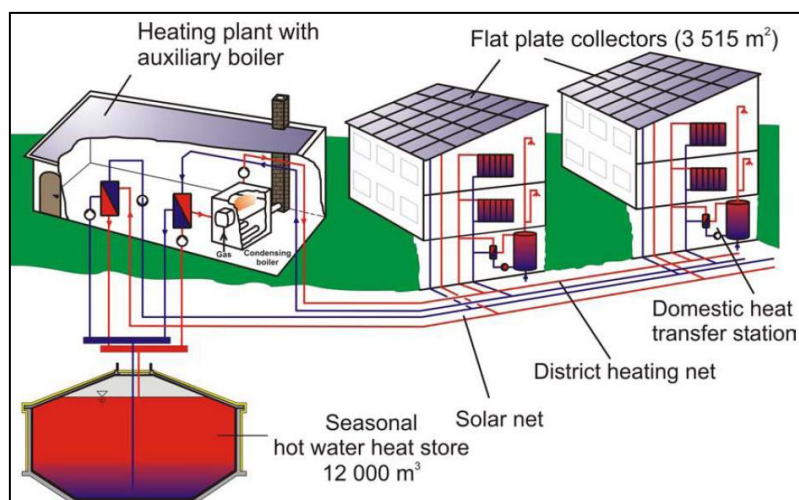


Figure 43 : Schéma de principe de l'installation solaire thermique sur le réseau de Friedrichshafen

6.4.2.2 Etat de l'art en France

Seules trois installations existent en France (en 2016), elles sont présentées sur la carte ci-dessous.

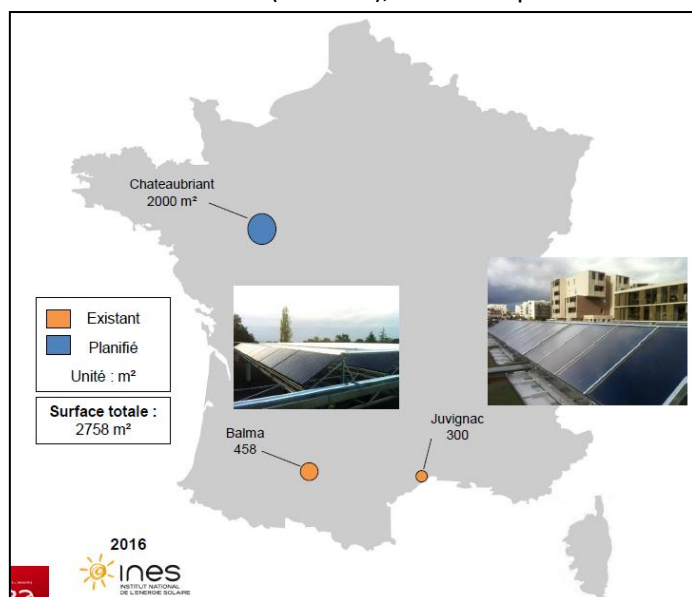


Figure 44 : Localisation des réseaux de chaleur solaires en France

Par exemple, le réseau de chaleur solaire de Balma (Sud-ouest de la France) présente les caractéristiques suivantes.

- alimente un éco quartier de 700 logements (Le Vidailhan) ;
- chaudière bois : 1250 kW ;
- régime de température : 85/65° C ;
- caractéristiques de l'installation solaire :
 - capteurs à tubes sous vide : 464 m²,
 - mise en service : Été 2014.

Le développement des énergies renouvelables et le retour d'expérience d'Europe du Nord suscitent beaucoup d'intérêts. Ainsi, huit projets sont à l'étude en France (2016). Ils sont présentés sur la carte suivante.



Réseau de chaleur	Energie RC (GWh/an)	Champ solaire (m²)	Type d'installation	Solar plant place	Stockage	Taux couv. Solaire (%)
Existant	7,2	1 500	centralisé	Ombrière	Journalier	10%
Nouveau	4,8	9 600	décentralisé	Toiture	Saisonnier	80%
Nouveau	14,9	1 500	centralisé	Sol	-	7%
Existant	3,5	300	centralisé	Toiture	-	7%
Extension	1,9	2 150	décentralisé	Toiture	Saisonnier	43%
Extension	58,3	8 000	centralisé	Sol	Journalier	12%
Existant	16,5	1 500	centralisé	Sol	-	4%
Existant	13,9	3 300	centralisé	Sol	Journalier	12%

Figure 45 : Répartition des projets de réseaux de chaleur solaire thermique en France

6.4.2.3 Opportunités / difficultés du solaire thermique

Difficultés :

- soit mobilisation de foncier au sol soit ressource difficile à mobiliser et éparpillée sur les toitures ;
- production concentrée en été lorsque les besoins sont faibles (mais possibilité de stockage saisonnier).

Opportunités :

- énergie solaire entièrement gratuite ;
- énergie solaire non limitée (pas de risque d'épuisement du gisement) ;
- pas d'émission de fumée ou de polluants par rapport à du gaz ou du bois ;
- très faibles consommations d'électricité par rapport à une PAC par exemple (COP entre 150 et 300) ;
- technologie prête et connue, fabricants français existants ;
- aide financières importantes :
 - pour les investissements (ADEME : appel à projet solaire ou réseau de chaleur, ou Fonds Chaleur Nouvelles Technologies Emergeantes (NTE)),
 - pour les études de faisabilité (ADEME).

6.4.2.4 Conclusion sur les réseaux de chaleur solaire thermique

Pour conclure, il est possible d'alimenter des réseaux de chaleur à l'aide de capteurs solaires thermiques. Cette technologie est très peu connue en France dans le cadre d'un réseau de chaleur mais tend à se développer fortement à l'étranger (au Danemark notamment). Le périmètre étudié dans notre schéma directeur présente également des opportunités de développement d'installation solaire thermique au sol et en toiture qu'il ne faut pas négliger dans le cadre du développement du réseau de Champigny-sur-Marne.

6.5 Production de biogaz

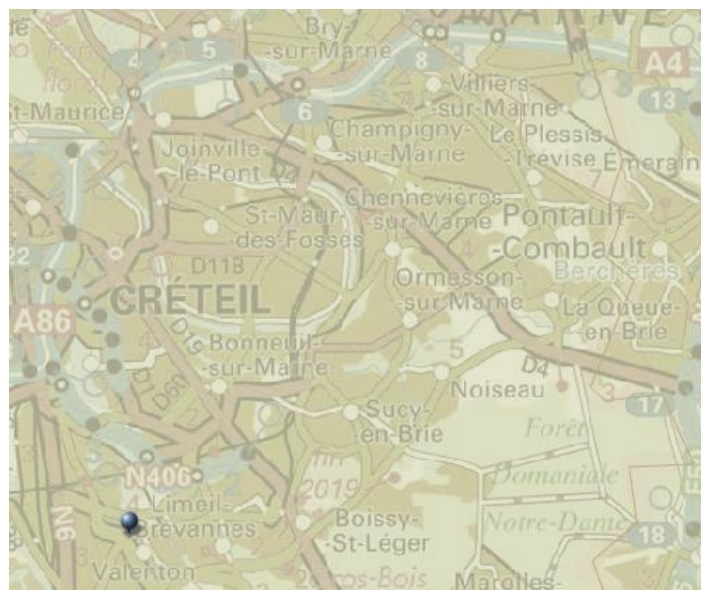


Figure 46 : Localisation des unités de production de biogaz sur le périmètre étudié

Hormis la STEP Amont Valenton repérée sur la figure ci-dessus, aucune installation ne produit du biogaz sur le périmètre étudié.

De plus, aucun projet de méthanisation n'a été identifié au 27 mars 2018.

6.6 Conclusion sur le gisement d'énergie renouvelable et de récupération sur le périmètre étudié

Le périmètre étudié présente des gisements de chaleur fatale et d'énergie renouvelable importants par rapport aux besoins thermiques du périmètre. Sur la base des données ADEME, nous avons recensé les potentiels techniques suivants (sans préjuger de leur faisabilité technique et économique) :

- chaleur fatale en provenance de sites industriels : 16 GWh ;
- chaleur fatale sur UVE ou data center : 0 GWh. Aucune installation de ce type n'est présente dans le périmètre étudié ;
- chaleur fatale basse température sur eaux usées : 3,9 GWh ;
- géothermie profonde : gisement important sur la nappe du Dogger mais non quantifié dans la phase 1 ;
- géothermie superficielle : Potentiel géolocalisé mais non quantifié dans la phase 1 ;
- biomasse : potentiel général non quantifié ;
- solaire thermique : potentiel non quantifié dans la phase 1 ;
- biogaz : aucune production de biogaz n'a été identifiée.

7 SYNTHÈSE PHASE 1 – ETAT DES LIEUX DU TERRITOIRE

Situation dans le phasage de l'étude

Le phasage ci-dessous met en valeur la fin de l'étape 1 objet de cette première partie.

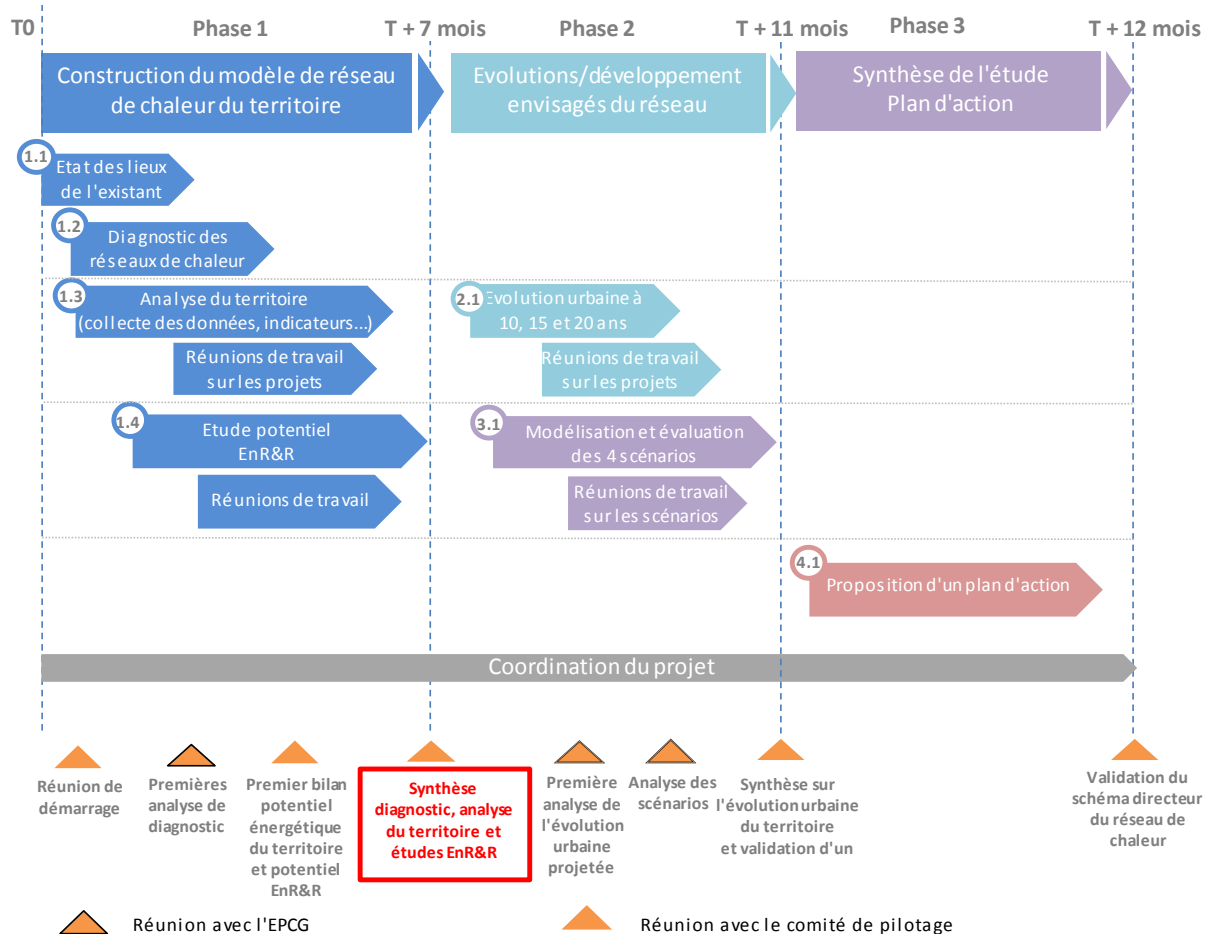


Figure 47 : Situation dans le phasage de l'étude

Les réseaux existants

Sur le périmètre du schéma directeur l'unique réseau de chaleur est celui de Champigny-sur-Marne.

Tableau 10 : Synthèse des réseaux existants sur le périmètre du schéma directeur

Nom du réseau	Champigny-sur-Marne
Type d'autorité concédante	Réseau public
Propriétaire du réseau	Etablissement Public Campinois de Géothermie
Chaleur livrée en 2016	80 026 MWh
% EnR en 2016	64,4 %

La carte suivante présente le réseau de chaleur existant de Champigny-sur-Marne sur le périmètre du schéma directeur.



Figure 48 : Carte des réseaux existants sur le périmètre du schéma directeur

Les énergies renouvelables et de récupération sur le territoire

Le tableau ci-après récapitule les potentiels d'énergie renouvelable et de récupération identifiés sur le territoire et rappelle ceux qui sont retenus pour la suite de l'étude.

EnR ou R	Type d'énergie	Potentiel énergétique	Avantages et opportunités	Inconvénients et freins	Observations
Densification/extension sur Champigny-sur-Marne	Géothermie/cogénération/gaz	Potentiel des prospects identifiés à définir	Energie renouvelable en substitution au gaz. Revente d'électricité	Puissance disponible. Compétitivité du réseau de chaleur	2 prospects identifiés sur l'existant
Chaleur fatales	Sites industriels	16 GWh BT	Chaleur fatale à faible coût ou même gratuite	Chaleur localisée	1 industrie identifiée, d'autres ont été identifiés mais aucune donnée.
	UVE	0	na	na	UVE de Créteil hors périmètre de l'étude
	Data center	0	na	na	Pas de data center suffisamment proche
	Eaux usées Collecteurs	2,9 GWh	Energie disponible toute l'année	Chaleur localisée, nécessite une PAC et donc consommation d'électricité.	Gisement insuffisant
	Eaux usées Sortie de bâtiments	1 GWh	Energie disponible toute l'année	Chaleur localisée, consommation électrique de la PAC, proximité du bâtiment.	Non considéré car dépend du constructeur du bâtiment
	Eaux usées STEP	0	na	na	Pas de STEP identifiée
Energie renouvelable	Géothermie profonde sur le Dogger	Gisement important à évaluer en phase 2	Filière existante et maîtrisée		Une seconde géothermie profonde est en projet à Champigny-sur-Marne
	Géothermie profonde sur le Trias	na	Filière existante mais non maîtrisée	Peu de retour d'expérience. Difficultés de réinjection.	Ecartée car la géothermie au Dogger est une technologie plus maîtrisée et moins onéreuse
	Géothermie superficielle	A évaluer	Filière existante et maîtrisée	Nécessite une PAC et donc consommation d'électricité. Non adapté au RCU de grande taille	Adaptée pour des petits RCU (max 5000m ² chauffés)
	Biomasse générale IdF	Bois disponible	Filière existante et maîtrisée	Nuisances sonores, émissions de poussières, trafics dense de camions, emprise foncière importante.	Contraintes trop nombreuses
	Solaire thermique	0,8 GWh	Energie très propre et illimitée dans le temps	Production moins stable car dépend de l'ensoleillement. Emprise foncière importante	Gisement insuffisant (0,8 GWh contre 30GWh de consommation)
	Biogaz	0	na	na	Pas de biogaz disponible ou en projet.

Tableau 11 : Synthèse des potentiels d'EnR&R sur le périmètre étudié

	retenu pour l'analyse des scénarios
	non retenu pour l'analyse des scénarios