



Projet pilote d'écologie industrielle et territoriale :

Etude relative au développement de réseaux de chaleur
sur le territoire de la Plaine de Versailles

Projet financé par :



A D E M E



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



Etude réalisée par :



Mandant :

Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets

Marie de Naurois

Animatrice du GAL Plaine de Versailles

APPVPA

Mairie de Noisy-le-Roi

37, rue André Bourblanc

BP 32

78502 Noisy-le-Roi Cedex

Document réalisé par :

Sofies SA (siège)

1, rue du Vuache

CP 2091

1211 Genève 1

Suisse

Tél : +41 22 338 15 24

Web: sofiesonline.com

Chef de projet

Charlotte Thévenet (charlotte.thevenet@sofiesonline.com)

Expert énergie

Pierre-Michel Bruder

ENERConcept.ch

Energétique du bâtiment & énergies renouvelables

TABLE DES MATIERES

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	4
2	POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DES RÉSEAUX DE CHALEUR À L'ÉCHELLE DE LA PLAINE	5
2.1	« Fonds Chaleur » de l'ADEME	5
2.2	Critères d'évaluation d'implantation ou d'extension à l'échelle de la Plaine	6
2.3	Bases de données disponibles	8
2.4	Paramètres favorables	8
2.5	Projets de constructions futurs	9
2.6	Bâti existant	15
2.7	Ressources locales disponibles	19
3	ETUDES PRÉLIMINAIRES DES POSSIBILITÉS CONCRÈTES DE RÉALISATIONS DE RÉSEAUX	21
3.1	Critères de choix	21
3.2	Valorisation de la chaleur fatale de la STEP du Carré de Réunion	21
3.3	Centrale de chauffage à distance biomasse au sud de la commune de Plaisir	26
4	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	29
5	ANNEXES	30
5.1	Annexe 1 – Plan de la station d'épuration du Carré de Réunion	30

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

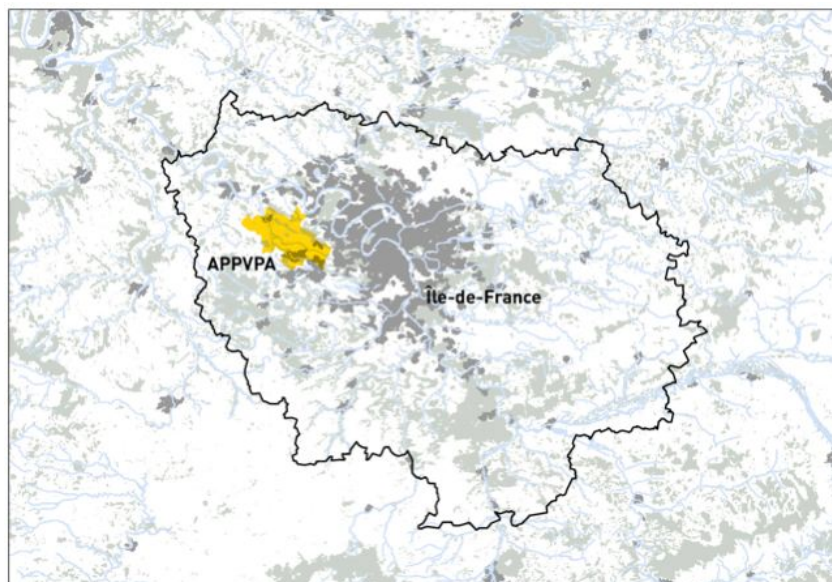
Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) d'Ile-de-France, approuvé en 2012, a fixé comme l'une des priorités régionales, le développement du chauffage urbain alimenté par des énergies renouvelables et de récupération. Cet objectif est notamment prévu d'être rempli par le biais des réseaux de chaleur.

Le territoire de la Plaine de Versailles n'est pas en reste puisqu'il compte déjà un réseau de chaleur à distance sur la commune de Plaisir, approvisionné par la chaleur générée par l'incinération des ordures ménagères d'un équipement géré par le SIDOMPE. Par ailleurs, des projets de chaufferie biomasse collective sont envisagés sur certaines communes.

Poussée par cette dynamique, l'Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets (APPVPA) a souhaité explorer les possibilités d'extension de réseaux existants, et plus largement d'implantation de nouveaux réseaux de chaleur à distance.

Pour ce faire, des critères d'implantation ou d'extension de réseaux sont analysés afin de déterminer les paramètres favorables sur la Plaine. Cette étude est également l'occasion d'analyser les données à disposition. A ce titre, il sera plus aisé de qualifier les besoins en chaleur des futures zones à bâtir, que du bâti existant, permettant d'aller jusqu'à l'évaluation des puissances pour les projets des zones à urbaniser.

L'APPVPA a également souhaité étudier deux possibilités concrètes de réalisations de réseaux de chauffage distance dans des zones particulièrement favorables. Pour ces deux projets, un tracé préliminaire des conduites et une estimation des coûts d'investissement sont effectués.



*Visualisation du territoire d'emprise de l'APPVPA en Région Ile-de-France
(source : carte issue de la Charte paysagère participative de la Plaine de Versailles)*

2 POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DES RÉSEAUX DE CHALEUR À L'ÉCHELLE DE LA PLAINE

La viabilité d'un projet de réseau de chaleur ou d'extension d'un réseau existant dépend de paramètres environnementaux mais aussi économiques.

Pour une zone spécifique, les facteurs liés au bâti tels que l'importance des besoins en chaleur, leur répartition, le fait qu'un site prévu pour l'implantation d'un chauffage à distance (CAD) soit déjà urbanisé ou non, ont une influence sur les coûts et le temps de retour sur investissement.

Aussi le fonds chaleur de l'ADEME, qui représente l'une des principales sources de subventionnement des projets de réseaux de chaleur, impose des conditions d'obtention, qui constituent également des paramètres de base pour leur développement.

2.1 « Fonds Chaleur » de l'ADEME

Cette aide favorise le développement de projets de production de chaleur renouvelable et de récupération ainsi que la création ou l'extension de réseaux de chaleur à distance.

Plus précisément, ce fond subventionne :

- les installations solaires thermiques
- la géothermie
- l'utilisation de la biomasse
- les énergies de récupération
- les réseaux de chaleur à distance

Les conditions d'obtention de ces aides pour les réseaux de chaleur reposent principalement sur :

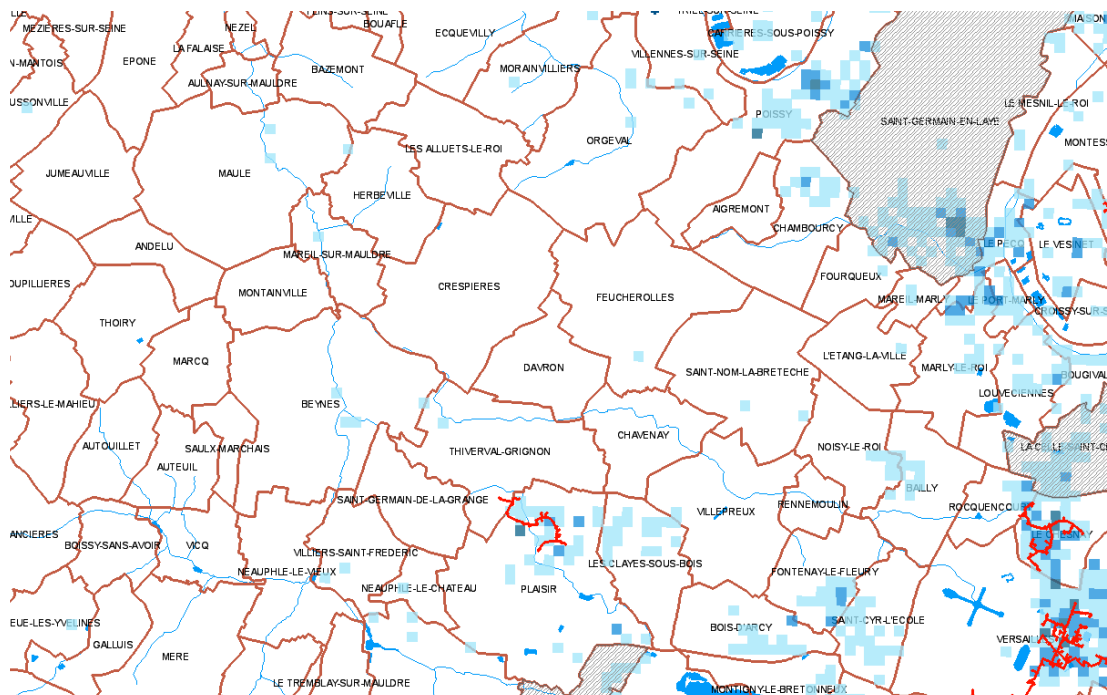
- un coût de l'énergie chaleur livrée aux consommateurs avantageux.
- une alimentation du réseau par un minimum de 50% d'énergies renouvelables (solaire, géothermie, biomasse) ou de récupération tels que la valorisation des rejets de chaleur produits par l'incinération d'ordures ménagères, les eaux usées, l'épuration des eaux, etc.
- une distribution de chaleur d'au minimum 1.5 MWh par mètre linéaire et par année.

Le SRCAE d'Ile-de-France a fait l'objet d'une étude préalable relative à l'évaluation du potentiel de développement du chauffage urbain en Ile-de-France. Cette étude a abouti à l'élaboration d'une cartographie¹ en ligne représentant le potentiel de développement du chauffage urbain. Un extrait de cette cartographie, centrée sur les communes de la Plaine est ajouté ci-dessous. Les communes de Plaisir, Les-Clayes-sous-Bois, Bois d'Arcy, Fontenay-le-Fleury ou encore Saint-Cyr-l'Ecole, présentent le potentiel le plus intéressant, quoique dans la fourchette la plus basse en termes d'équivalents-logements.

L'équivalent-logement (eqlgt) est une unité d'énergie-chaleur. Un équivalent-logement représente la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer et alimenter en ECS un logement de 70 m² construit dans le milieu des années quatre-vingt-dix (1 eqlgt = 1 tonne équivalent-pétrole = ~12 MWh). Cela équivaut à une dépense énergétique de quelques 170 kWh/m²an.

On notera cependant que la méthodologie employée s'est basée sur une densité minimale de 4.5 MWh par mètre linéaire par année. Or comme cité précédemment, l'ADEME prévoit une aide financière à partir d'1.5 MWh/ml/an. Ce seuil inférieur à celui employé dans l'étude du SRCAE laisse supposer un potentiel de développement plus important que celui représenté sur la carte ci-dessous.

¹ Cartographie accessible via le lien : http://carmen.developpement-durable.gouv.fr/18/Potentiel_global_chauffage_urbain.map#



 Réseau de chaleur

👁 Potentiel de développement (densité > 4.5 MWh/ml/an - année 2005)

■ de 50 à 600 eq/pts

de 600 à 1200 eqlgts

■ supérieur à 1200 eq/pts

Potentiel de développement du chauffage urbain

Etude réalisée par le DRIEE Ile-de-France en 2005 et basée sur une densité linéaire supérieure à 4.5 MWh/ml/an.

La maille utilisée est de 250x250 m. Chaque carré bleu a une surface de 62'500 m².

Source : http://carmen.developpement-durable.gouv.fr/18/Potentiel_global_chauffage_urbain.map#

2.2 Critères d'évaluation d'implantation ou d'extension à l'échelle de la Plaine

Densité des besoins en chaleur

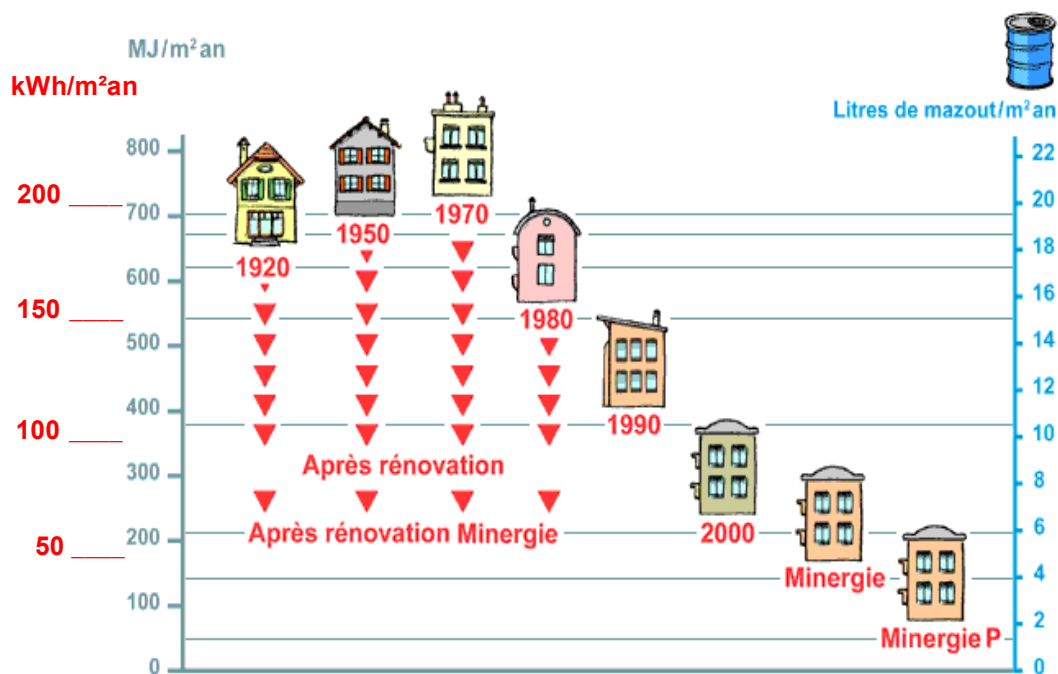
La densité de besoins de chaleur est un paramètre déterminant pour la réussite d'un projet d'installation de CAD. Une forte densité diminue le coût de l'investissement et permet d'accéder aux aides de l'ADEME.

La présence d'exploitations à forts besoins en chaleur basse température, comme les serres horticoles ou les piscicultures, favorisent la rentabilité de la mise en place d'un réseau de chaleur. Aussi un quartier d'habitations collectives aura une demande en chaleur surfacique plus importante qu'un quartier de pavillons individuels.

Dans le domaine du bâti, ce paramètre dépend du Coefficient d'Utilisation des Sols (CUS) et de la qualité thermique des constructions. Le CUS conditionne la surface chauffée par rapport à la surface de la parcelle sur laquelle le bâtiment a été construit. Plus il est élevé, à qualité thermique de l'enveloppe de l'immeuble égale, plus la densité des besoins en chaleur est élevée.

La qualité thermique d'une construction dépend de la manière dont elle est thermiquement isolée. Ce paramètre variant largement en fonction de l'époque de construction et de la forme de l'objet. . Une habitation des années 70, faiblement ou non isolée, consommera beaucoup plus qu'un même volume bâti sur la base de la Réglementation Thermique 2012 (RT2012) laquelle exige des consommations par m² et par an de l'ordre de 60

kWh/m²an. Plus précisément, les exigences de la RT2012 permettent une consommation d'énergie de l'ordre de 50 à 70 kWh/m²an pour les nouvelles constructions et de 80 kWh/m²an pour un bâtiment rénové. Un immeuble ancien peut dépasser les 300 kWh/m²an, soit environ cinq fois la consommation admissible pour une nouvelle construction.



Consommation spécifique d'énergie pour le chauffage et l'ECS par période de construction :

Cette figure donne un bon aperçu de l'énergie spécifique selon l'époque de construction.

A titre de comparaison, la législation française demande actuellement pour les constructions d'habitations neuves situées à moins de 400 m d'altitude de ne pas dépasser 60 kWh/m²an.

Source modifiée : SuisseEnergie

Proximité et disponibilité de la source primaire d'énergie-chaleur

Si l'utilisation de combustibles fossiles, tel que le gaz naturel (GN), n'est pas proscrite pour une installation de CAD, il est préférable d'utiliser de sources d'énergie renouvelable ou de récupération de rejets thermiques.

La proximité de ressources en bois ou de résidus agricoles avec la chaufferie est avantageuse du point de vue de l'environnement et des coûts d'exploitation par la réduction des distances de transports de ces combustibles.

L'existence de rejets de chaleur importants, non valorisés, issus d'installations de traitement des eaux ou d'incinération de déchets ménagers contribue à la rentabilité d'un projet de CAD.

Rénovation des infrastructures

La simultanéité entre la rénovation d'infrastructures routières et la pose de conduites de chauffage à distance permettent de substantielles économies.

Lors de travaux de remplacement de canalisations d'eaux usées, il est également opportun d'évaluer la possibilité de récupération de chaleur sur les eaux usées.

Distribution de la chaleur

Un CAD distribue la chaleur aux consommateurs par l'entremise d'un fluide, généralement de l'eau.

La chaleur est transmise, via un échangeur, au fluide calorporteur de l'installation de chauffage du destinataire. Le raccordement de constructions existantes est donc favorisé par la présence de circuits hydrauliques de distribution interne de la chaleur.

A contrario, un bâtiment chauffé par un système de chauffage électrique direct nécessite la mise en place coûteuse d'un nouveau réseau de distribution hydraulique.

Situation géographique du projet

L'établissement d'une chaufferie de forte puissance est plus favorable en périphérie des agglomérations plutôt que dans un centre, en raison des rejets de fumées et, le cas échéant, des nuisances causées par l'approvisionnement en combustibles.

Si la chaufferie utilise la biomasse, de grands volumes de stockage sont également nécessaires, lesquels trouvent difficilement leur place dans une zone urbanisée existante.

2.3 Bases de données disponibles

L'analyse du potentiel de mise en place de réseaux de chaleur à distance sur la Plaine de Versailles est basée sur la combinaison de différentes sources de données disponibles listées ci-après :

- les données géoréférencées de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France (IAU îdF) pour les fonds de plans, ainsi que les données de consommation énergétique et de projets d'aménagement futurs (ZAC).
- les données géoréférencées de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie d'Ile de France pour le positionnement des stations d'épuration des eaux (STEP) et des réseaux de Chauffage À Distance (CAD) existants.
- la carte issue de la Charte paysagère de la Plaine de Versailles intitulée « Les projets en cours, à venir et les zones AU et NA » pour le positionnement des zones à urbaniser.
- les données géoréférencées de GRTgaz pour le réseau de distribution de gaz naturel.
- les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) des différentes communes de la Plaine de Versailles.

2.4 Paramètres favorables

Compte tenu des données disponibles, les hypothèses de base choisies pour favoriser l'implantation d'un réseau CAD sont liées à la présence de :

- de nouveaux projets de construction d'envergure
- de rejets importants de chaleur inutilisés
- de structures existantes ou futures avec de gros besoins en chaleur ($< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- d'une forte densité de surfaces chauffées

Concernant les nouveaux projets de construction, les zones AU et ZAC sont particulièrement intéressantes car la mutualisation de la production de chaleur permet la plupart du temps une réduction des coûts d'investissement. En outre, une grande installation permet d'obtenir de meilleurs rendements et d'abaisser les coûts d'exploitation par rapport à des installations individuelles. Accessoirement, l'espace nécessaire à la chaufferie est également

plus faible par rapport à des installations séparées et la pose du réseau est facilitée lors de constructions neuves. La présence de nouveaux projets de construction sur la Plaine est détaillée dans la partie suivante.

Pour ce qui est de la valorisation de rejets de chaleur, une recherche de grands émetteurs de rejets thermiques a été opérée par le biais de l'INSEE et d'une analyse par code NAF. Aucune grande installation industrielle, hormis l'unité de valorisation énergétique du SIDOMPE, n'a été identifiée sur la Plaine. L'unité du SIDOMPE fait déjà l'objet d'une valorisation par un réseau CAD. Selon l'un des responsables communaux de ce réseau, une étude a été menée pour étendre le réseau existant mais a conclu à une non rentabilité du projet. L'épuration des eaux est une autre activité générant des calories valorisables par des utilisateurs, généralement par le biais de pompe à chaleur (PAC). La STEP de Villepreux a fait l'objet d'une analyse de faisabilité dans un précédent volet d'étude, commandité par l'APPVPA. La STEP du Carré de Réunion est une autre installation intéressante qui fait d'ailleurs l'objet d'une variante de cette étude présentée ci-après.

Enfin l'implantation d'un réseau CAD à partir de structures existantes ou futures à forts besoins en chaleur telles que les serres agricoles, les piscicultures, les hôpitaux, les quartiers d'habitations collectives denses peut être avantageuse pour le gros consommateur. Il peut permettre de rentabiliser les installations en vendant de l'énergie-chaleur.

2.5 Projets de constructions futurs

Les projets de nouvelles constructions représentent les opportunités les plus importantes pour la création d'un réseau de chaleur. Le réseau pourra ensuite faire l'objet d'extensions pour alimenter des quartiers existants.

A ce titre, il est nécessaire d'évaluer les puissances de chauffe nécessaires pour les zones à urbaniser (AU) et d'aménagement concerté (ZAC).

2.5.1 Zones de type AU

Pour rappel, les zones AU sont destinées à être urbanisées à plus ou moins long terme. Dans le cadre d'une extension urbaine mesurée et planifiée, les zones AU sont déclinées en deux secteurs distincts :

- 1AU, zones à urbaniser, constructibles sous conditions,
- 2AU, zones à urbaniser à long terme, inconstructibles.

Seul le potentiel des zones 1AU a été évalué dans la présente étude. En effet, l'échéance incertaine de l'urbanisation des zones 2AU et le fait que les règles d'affectation de ces dernières ne soient pas encore fixées rendent la quantification des besoins en chaleur trop aléatoire.

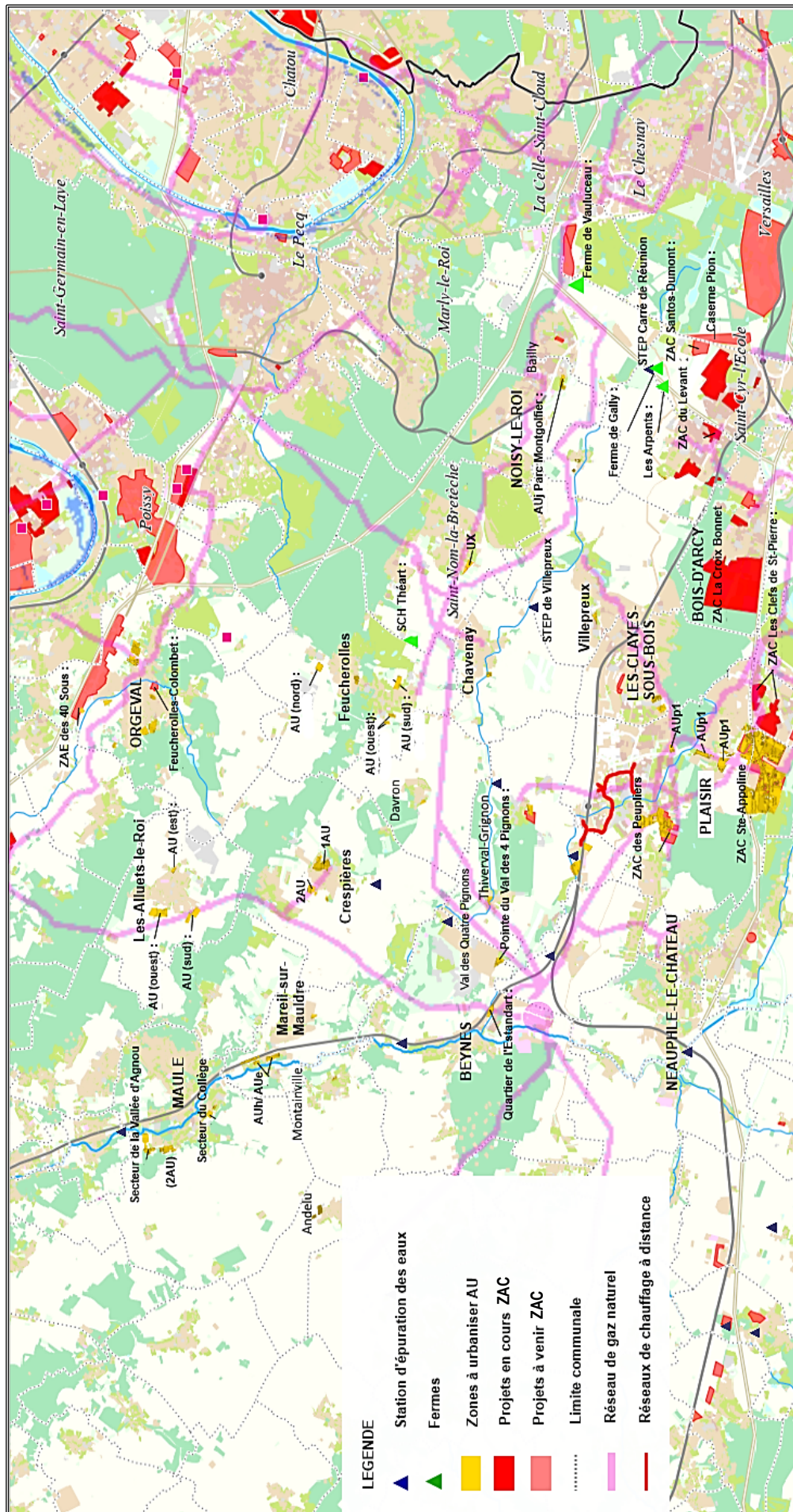
2.5.2 Zones de type ZAC

La ZAC est une zone dans laquelle « une collectivité publique ou un établissement public y ayant vocation, décide d'intervenir pour réaliser ou faire réaliser l'aménagement ou l'équipement des terrains (...) en vue de les céder (...) ultérieurement à des utilisateurs publics, privés. » (Art. L. 311-1 du code de l'urbanisme).

Les ZAC ont pour objet l'aménagement et l'équipement de terrains bâtis ou non bâtis notamment en vue de la réalisation :

- de constructions à usage d'habitations, d'industries, de services ;
- d'installations et d'équipements collectifs, publics ou privés.

La carte à la page suivante positionnent les différentes ZAC et AU avec leurs dénominations.



Principales zones à construire et leurs dénominations sur le territoire de la Plaine de Versailles :

En rouge : Les **zones d'aménagement concertées (ZAC)**. Les zones en rouge forcé signifient des projets en cours ou déjà urbanisés. Les zones en rouge pâle marquent, en principe, des projets non réalisés à l'heure actuelle.

En jaune : Les zones à urbaniser (AU)

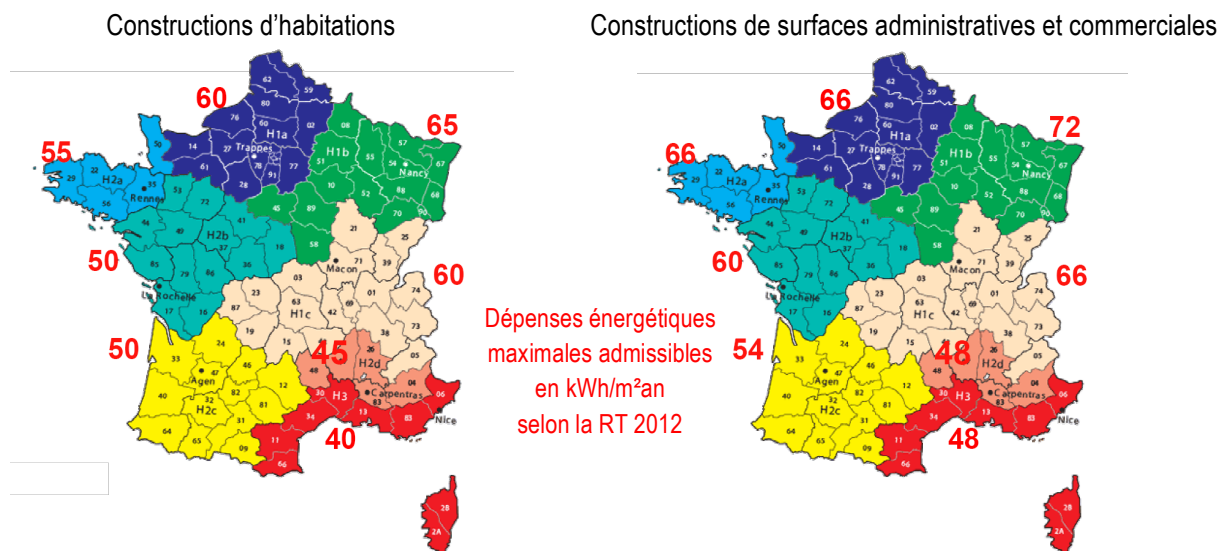
34 zones à construire ont été identifiées sur le territoire. Le nombre et l'importance de ces zones à bâtir est plus élevé dans la partie sud de la Plaine. Plaisir, Elancourt, Les Clayes-sous-Bois, Trappes, Versailles et St-Cyr-l'Ecole regroupent les surfaces à urbaniser les plus étendues.

Sources combinées : © IAU Île-de-France ; GRTgaz, DRIEE Île-de-France ; PLU communaux ; Chartes paysagère de la Plaine de Versailles

2.5.3 Contraintes réglementaires de qualité énergétique des constructions neuves

Les exigences actuelles en matière de qualité énergétique des nouvelles constructions sont définies par la Réglementation Thermique 2012 (RT 2012). Elle donne les consommations énergétiques maximales admises en fonction de la zone géographique et de l'utilisation des nouvelles surfaces :

- Pour le résidentiel en Île-de-France (alt. < 400 m) : 60 kWh/m²an
- Pour les bureaux en Île-de-France (alt. < 400 m) : 66 kWh/m²an



Zonage climatique de la France selon la Réglementation Thermique 2012 : Les valeurs en rouge représentent les dépenses d'énergie maximales admissibles en kWh par m² et par an exigées pour les nouvelles constructions selon la RT2012 en fonction de la zone géographique. A noter que des adaptations sont prévues lors de constructions au-dessus de 400m d'altitude, ce qui n'est pas le cas pour la Plaine de Versailles.

Source : Réglementation thermique 2012 (6 juillet 2010).

2.5.4 Méthodes d'évaluation des besoins en chaleur et des puissances nécessaires

Pour chacune des zones à bâtir, les paramètres suivants ont été définis :

- Surfaces de terrain
- Affectations futures
- Coefficient d'Occupation des Sols (COS), emprise au sol, nombre de niveaux chauffés autorisés

Dans certains cas, la commune a défini la surface constructible pour une zone. Des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) des communes ont été tirées les informations réglementaires sur COS et l'emprise au sol, les hauteurs maximales des constructions permettant de définir le nombre de niveaux chauffés en fonction de la zone observée. A noter que les zones de surface inférieure à 10'000 m² ont été supprimées.

A partir de ces données, les consommations annuelles d'énergie par zone ont été calculées en considérant les exigences de la RT2012, telles que citées précédemment.

Enfin, pour définir les puissances nécessaires pour couvrir les besoins de pointe des différentes zones, les consommations annuelles ont été divisées par le nombre d'heures à pleine charge défini comme suit :

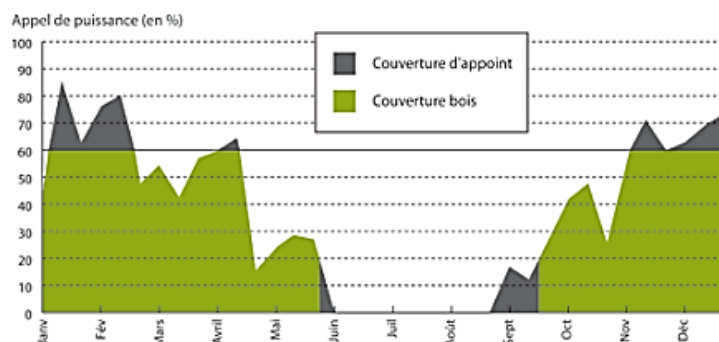
- Pour les habitations (chauffage + ECS) : 2700 h
- Pour les espaces commerciaux ou administratifs (chauffage seul) : 2300 h
- Pour les zones d'affectation mixte : 2500 h

2.5.5 Evaluation des besoins en chaleur et puissances de pointe par zone constructible

Cas des grandes chaufferies biomasse

Dans une grande installation de production de chaleur, 90% des besoins en chaleur peuvent être assurés par une chaudière biomasse de puissance équivalente aux 50-60% de la puissance totale installée.

Le diagramme ci-dessous représente les besoins en puissance en fonction d'une période annuelle.



Appel en puissance en cours d'année d'une grande installation de production de chaleur à bois :

La chaudière bois fonctionne lorsque que la demande est située entre 20 et 100% de la puissance installée. Au-dessous de 30% de sa puissance nominale, une chaudière bois ne fonctionne plus correctement et une chaudière d'appoint doit prendre le relais.

Source : Mission régionale bois énergie
Provence – Alpes – Côte d'Azur

A noter que pour être éligible à l'aide de l'ADEME pour la production de chaleur, seul 50% EnR&R est demandé. Une couverture à 50% biomasse nécessite la chaudière biomasse dimensionnée à hauteur de 30-35% de la puissance installée.

Besoins en chaleur et en puissance des zones à construire

Le tableau ci-dessous répertorie les zones ZAC et AU éligibles pour l'implantation de réseaux de chaleur à distance. Il détaille également l'affectation et la surface de la zone.

Commune	Dénomination/ zone	Affectation prévue	Surface de la zone (m²)	Remarques
Beynes	AU Quartier de l'Estandart	non-réglémentée	23800	non-réglémenté. CUS estimé
	AU Pointe du Val des 4 Pignons	non-réglémentée	21700	non-réglémenté. CUS estimé
Bois d'Arcy	ZAC La Croix Bonnet	Mixte habitat/activités	1265132	426'000 m² de plancher autorisé
Cresprières	1AU	Mixte habitat/activités	112000	
	2AU	Mixte habitat/activités	26300	
Elancourt	ZAC Clef de St-Pierre	Mixte habitat /activités	318465	PLU non disponible. CUS estimé
Feucherolles	AU (nord)	non-défini	24300	PLU non disponible. CUS estimé
	AU (sud)	non-défini	30700	PLU non disponible. CUS estimé
	2x AU (ouest)	non-défini	17880	PLU non disponible. CUS estimé
Fontenay-le-Fleury	ZAC du Levant	Habitat	78836	Construction en cours, 47'000 m² de plancher autorisé
les-Alluets-le-Roi	AU (ouest)	Habitat?	62600	PLU non disponible. CUS estimé.
	2x AU (sud)	Activités commerciales/ tertiaires ?	36200	PLU non disponible. CUS estimé.
	AU (est)	Habitat?	8800	PLU non disponible. CUS estimé.
Les-Clayes-sous-Bois	AU (sud)	Habitat ?	17200	PLU non disponible. CUS estimé.
Orgeval	UI / ZAE des 40 Sous	Activités commerciales	581363	Seul env. 6500 m² non-construit (env. 50%)
	Feucherolles - Colombet	Habitat	18669	Non-construit
Mareil-sur-Mauldre	AUh1	Habitats individuels	11200	Zones non-construite proche les unes des autres
	AUh2	Habitats individuels	1840	Zones non-construite proche les unes des autres
	AUh3	Habitats individuels	12800	Zones non-construite proche les unes des autres
	AUh3*	Habitats individuels	10900	Zones non-construite proche les unes des autres
	AUe	activités économiques	18200	Zones non-construite proche les unes des autres
Maule	Secteur du Collège	Habitat	27000	
	Secteur de la Vallée d'Agnou Est	Habitat	30900	
	Secteur de la Vallée d'Agnou Ouest	Etabl. médicaux et para-médicaux	18800	
Noisy-le-Roi	Auj/ Parc Montgolfier	Mixte habitat/ commerces	54200	33'000 m² constructible
Plaisir	Petite AU le long de la RD30	Habitat	57440	
	Petite AU le long de la RD30	Habitat	44501	
	Petite AU le long de la RD30	Habitat	81574	
	ZAC des Peupliers	Habitat/ Habitat/ activités tertiaires	75696/63328/ 51749	
	ZAC Ste-Appoline	Activités tertiaires / bureaux	1269986	Construction en cours (env. 50% construit)
St-Cyr-l'Ecole	ZAC Santos-Dumont	Autres activités	88710	Projet contesté
St-Nom-le-Bretonche	UX	Activités commerciales/ tertiaires	53500	Partiellement construit/ env. 50% à construire
Thiverval-Grignon	Cité résidentielle de Grignon	Habitat	36528	PLU non disponible. CUS estimé
Versailles	Caseme Pion	Autres activités	161820/ 22878/ 24630	

Répertoires des zones AU et ZAC présentant un potentiel d'implantation de réseau de chaleur :

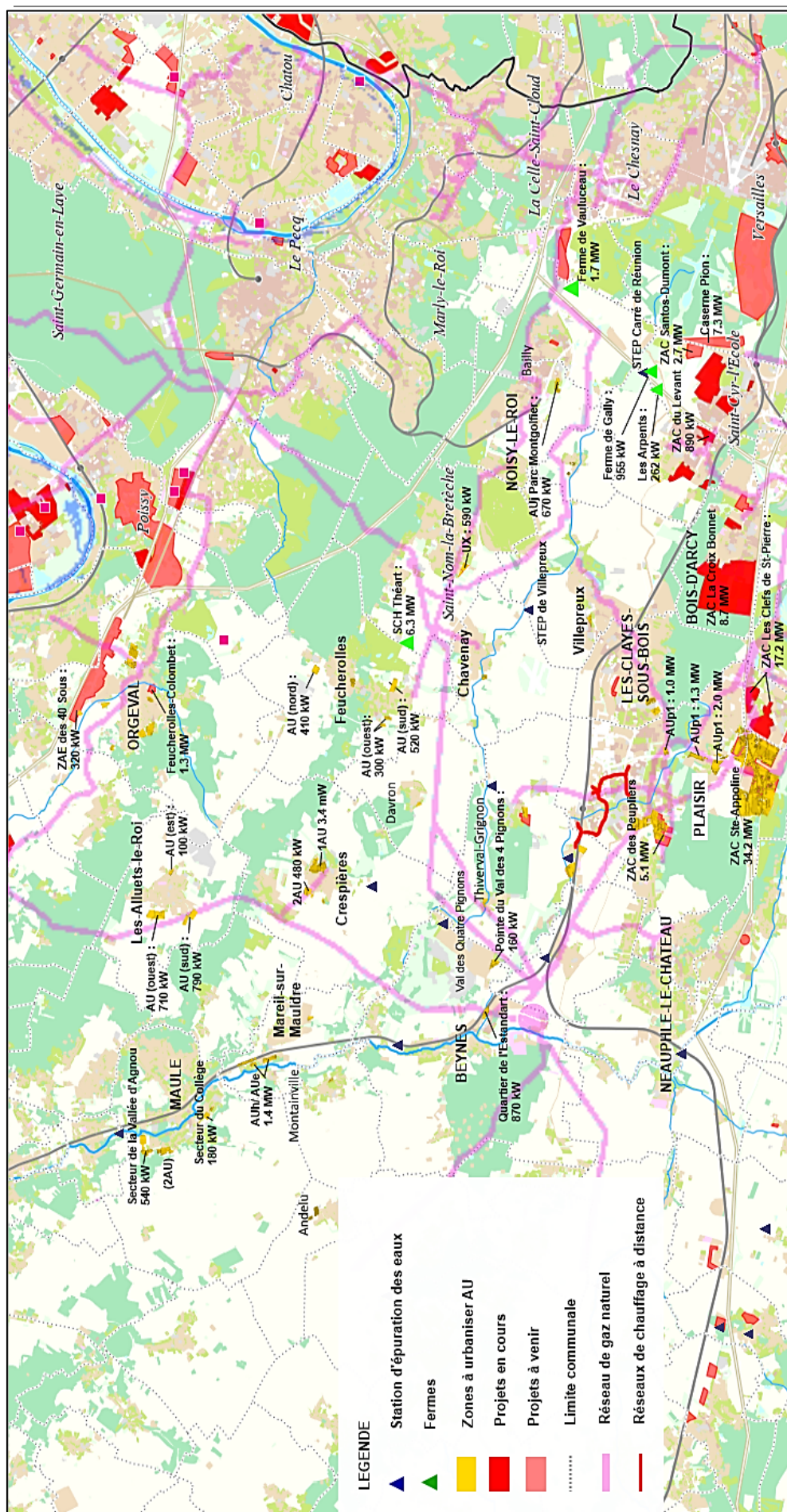
Le tableau détaille la dénomination, l'affectation future ainsi que les surfaces. La colonne « remarques » donne des indications diverses relatives aux réglementations communales, à la disponibilité ou non d'un PLU, la surface de plancher constructible lorsqu'elle est réglémentée et l'état des projets de construction.

Le tableau ci-dessous détaille, pour chacune des zones, les besoins en chaleur et la puissance de pointe. Le Coefficient d'Utilisation du Sol (CUS) a été calculé en fonction du COS maximum autorisé ou estimé. Les puissances calculées représentent par conséquent la puissance à installer sur la zone lorsque sa densité maximale autorisée de surfaces chauffées est atteinte.

Commune	Dénomination/ zone	Surface parcelle	CUS (-)	Surface chauffée (m²)	Besoins en chaleur (MWh/an)	Puissance (kW)	Puissance biomasse (kW)
Beynes	AU Quartier de l'Estandart	23'800	1.5	35'700	2'356	900	540
	AU Pointe du Val des 4 Pignons	21'700	0.4	8'680	521	200	120
Bois d'Arcy	ZAC La Croix Bonnet	1'265'132	-	426'000	25'560	8'700	5'220
Cresprières	1AU	112'000	1.5	168'000	10'080	3'400	2'040
	2AU	26'300	0.9	23'670	1'420	500	300
Elancourt	ZAC Clef de St-Pierre	318'465	2.4	764'316	50'445	17'200	10'320
Feucherolles	AU (nord)	24'300	0.9	21'870	1'312	400	240
	AU (sud)	30'700	0.9	27'630	1'658	500	300
	2x AU (ouest)	17'880	0.9	16'092	966	300	180
Fontenay-le-Fleury	ZAC du Levant	78'836	-	47'000	2'820	900	540
les-Alluets-le-Roi	AU (ouest)	62'600	0.6	37'560	2'254	700	420
	2x AU (sud)	36'200	0.9	32'580	2'150	800	480
	AU (est)	8'800	0.6	5'280	317	100	60
Les-Clayes-sous-Bois	AU (sud)	23'785	0.9	15'480	929	300	180
Orgeval	UI / ZAE des 40 Sous	581'363	2	13'000	858	300	180
	Feucherolles - Colombet	18'669	3.2	59'741	3'584	1'300	780
Marcel-sur-Mauldre	AUh1	11'200	0.6	6'720	403	100	60
	AUh2	1'840	1.2	2'208	132	42	25
	AUh3	12'800	1	12'800	768	200	120
	AUh3*	10'900	1.5	16'350	981	300	180
	AUe	18'200	1.5	27'300	1'802	700	420
Maule	Secteur du Collège	27'000	0.6	16'200	972	300	180
	Secteur de la Vallée d'Agnou Est	30'900	0.4	12'360	742	200	120
	Secteur de la Vallée d'Agnou Ouest	18'800	0.45	8'460	558	200	120
Noisy-le-Roi	Auj/ Parc Montgolier	54'200	-	33'000	1'980	700	420
Plaisir	Petite AU le long de la RD30	57'440	1.2	68'928	4'136	1'300	780
	Petite AU le long de la RD30	44'501	1.2	53'401	3'204	1'000	600
	Petite AU le long de la RD30	81'574	1.2	97'889	5'873	2'000	1'200
	ZAC des Peupliers	75'696/ 63'328/ 51'749	1.35 / 0.15/ 2.4	235'887	14'898	5'100	3'060
	ZAC Ste-Appoline	1'269'986	2.4	1'523'983	100'583	34'200	20'520
St-Cyr-l'Ecole	ZAC Santos-Dumont	88'710	1.5	133'065	7'984	2'700	1'620
St-Nom-le-Bretèche	UX	53'500	0.9	24'075	1'589	600	360
Thiverval-Grignon	Cité résidentielle de Grignon	36'528	0.6	21'917	1'315	400	240
Versailles	Caserne Plon	161'820/ 22'878/ 24'630	2.0/ 0.9/ 0.3	351'620	21'541	7'300	4'380

Puissances à installer pour couvrir les besoins en chaleur des nouvelles constructions par zones AU et ZAC:

Le tableau récapitule, pour chaque commune, les zones à bâtir ZAC et AU, les surfaces de terrain, les valeurs de CUS calculées ou estimées, la surface maximale de plancher chauffé, les besoins calculés en chaleur en fonction des exigences de la RT2012. Enfin, la puissance de pointe nécessaire à l'ensemble des bâtiments chauffés de la zone à construire concernée ainsi que la puissance à installer, le cas échéant, en chaudière biomasse pour couvrir environ 90 % des besoins. Dans cette dernière colonne, les cellules en verts représentent des puissances-biomasse admissibles avec une alimentation au niveau régional. En rouge, les puissances excédant 1 MW, jugées trop importantes par rapport aux ressources disponibles.



Carte représentant les différents projets d'urbanisme et zones à urbaniser sur le territoire de la Plaine de Versailles : Pour chaque zone AU ou projets d'urbanisme impliquant des nouveaux besoins en chaleur importants, besoins en froid exclus, les puissances de pointe nécessaires ont été calculées en fonction des coefficients 'occupation du sol' (COS) et de la hauteur admise des constructions et reportées sur la carte. A noter que l'hypothèse de la densité maximale admissible a été prise pour base du calcul de ces puissances. Elles donnent la valeur maximale de puissance pour des constructions bâties selon les exigences de la RT2012 conditionnant les besoins énergétiques maximum admissibles (entre 50 et 70 kWh/m²/an selon l'affectation des bâtiments à construire et l'emplacement géographique).

Certaines fermes reconnues pour avoir des besoins élevés en chaleur pour leurs serres ont également été indiquées ainsi que la puissance de pointe de leurs installations.

Les stations d'épuration des eaux (STEP) de la région ont également été répertoriées en tant que fournisseurs potentiels par le biais de la valorisation de la chaleur des eaux épurées.

Sources combinées : © IAU Île-de-France - Visiau Energie CENTER / Visiau Aménagement ; GRTgaz ; DRIEE Île de France ; PLU communaux ; Charte paysagère de la Plaine de Versailles.

2.6 Bâti existant

Les constructions existantes représentent un potentiel d'extension du réseau CAD d'une nouvelle zone bâtie.

Théoriquement, le système est adaptable à toute construction. Cependant, des obstacles techniques et économiques peuvent rendre la réalisation peu probable, tels que :

- l'absence, au sein d'un bâtiment existant, d'un réseau hydraulique de distribution de la chaleur comme cela est souvent le cas lors de l'usage de systèmes de chauffage électriques.
- des installations de chauffage existantes récentes, non amorties.
- un conflit d'intérêt avec d'autres fournisseurs d'agents énergétiques, en particulier pour le gaz naturel.
- une rentabilité de l'investissement consenti par le maître d'ouvrage pour la pose de nouvelles conduites CAD.

L'évaluation de possibilités d'extension passe donc par la détermination du mode de chauffage, qui permettra de déterminer si un circuit de distribution hydraulique existe ou non. En effet, la chaleur produite par une chaudière au gaz, au fioul ou automatique à bois sera distribuée par le circuit hydraulique et des radiateurs ou des serpentins intégrés au plancher.

En revanche, si le chauffage d'une construction est effectué par des radiateurs électriques ou par des poêles individuels, aucune distribution hydraulique ne sera installée. L'installation, a posteriori, d'un circuit hydraulique est une opération coûteuse à charge du propriétaire de l'immeuble qui risque d'être découragé par l'investissement.

Le second paramètre concerne l'âge de l'installation de production de chaleur des bâtiments que l'on souhaite raccorder. La durée de vie d'une chaudière est d'environ 20 à 30 ans. Le raccordement sera d'autant plus intéressant qu'un changement de système de production de chaleur est de toute façon prévu.

La création d'un réseau est un investissement relativement lourd qui s'amortit sur plusieurs années. De ce fait, si un raccordement CAD est prévu dans une zone déjà desservie par le réseau de gaz naturel, il est possible que le fournisseur de gaz s'oppose à sa construction.

En outre, les besoins en chaleur d'une nouvelle zone raccordée doivent être suffisamment importants pour garantir un temps de retour sur investissement raisonnable.

2.6.1 Analyse des agents énergétiques utilisés pour le bâti existant

Les chiffres énoncés ci-dessous donnent la consommation propre à couvrir les besoins en chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS) en 2010 des différentes communes de la Plaine de Versailles pour les agents énergétiques. Ces données sont détaillées en fonction des différents agents énergétiques en présence, à savoir :

- les produits pétroliers (fioul, gaz propane,...)
- le gaz naturel (GN) par le biais du réseau GRTgaz
- l'énergie électrique
- le bois de chauffe (bûches essentiellement)
- le chauffage à distance (CAD), relié à l'usine d'incinération des ordures ménagères de Thiverval-Grignon.

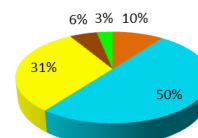
Ce tableau nous indique que le réseau CAD de Thiverval-Grignon, alimentant la commune de Plaisir, couvre plus de 13% des besoins de la commune et plus de 3% des besoins globaux des collectivités de la Plaine. En outre, la consommation de la commune de Plaisir représente plus de 23 % des besoins de l'ensemble de la Plaine.

INSEE	Commune	Consommation énergie primaire en 2010		Prod. pétroliers		Gaz naturel		Electricité		Energie-Bois		CAD		Totaux par commune
		en MWh	en %	en MWh/an	en %	en MWh/an	en %	en MWh/an	en %	en MWh/an	en %	en MWh/an	en %	en MWh
78010	Les Alluets-le-Roi	2'464	15.9%	5'132	33.1%	6'448	41.5%	1'476	9.5%					15'520
78013	Andelu	1'989	39.4%			2'263	44.8%	797	15.8%					5'049
78043	Bailly	6'710	14.2%	25'222	53.6%	13'140	27.9%	2'025	4.3%					47'096
78049	Bazemont	6'743	36.9%			8'714	47.6%	2'839	15.5%					18'296
78062	Beynes	5'243	6.5%	46'753	58.0%	23'611	29.3%	4'938	6.1%					80'545
78152	Chavenay	1'332	5.9%	12'913	57.6%	6'464	28.8%	1'721	7.7%					22'431
78165	Les Clayes-sous-Bois	26'551	13.9%	97'767	51.3%	56'688	29.7%	9'721	5.1%					190'727
78189	Cresprières	2'156	11.0%	10'800	55.3%	5'000	25.6%	1'571	8.0%					19'527
78196	Davron	681	15.1%	1'996	44.3%	1'472	32.7%	354	7.9%					4'503
78233	Feucherolles	3'239	7.9%	17'149	41.8%	17'158	41.8%	3'468	8.5%					41'014
78242	Fontenay-le-Fleury	10'801	9.0%	80'658	67.2%	22'215	18.5%	6'421	5.3%					120'096
78305	Herbeville	1'928	49.6%			1'429	36.8%	528	13.6%					3'886
78325	Jumeauville	2'656	42.3%			2'705	43.1%	916	14.6%					6'277
78368	Mareil-sur-Mauldre	1'502	7.6%	12'534	63.6%	4'347	22.1%	1'323	6.7%					19'706
78380	Maule	15'214	19.7%	22'625	29.3%	33'456	43.3%	5'983	7.7%					77'278
78415	Montainville	3'447	45.1%			3'251	42.5%	953	12.5%					7'651
78455	Noisy-le-Roi	5'810	6.3%	41'373	44.6%	38'500	41.5%	7'096	7.6%					92'779
78466	Orgeval	10'941	11.5%	35'634	37.5%	42'230	44.5%	6'164	6.5%					94'969
78490	Plaisir	25'884	6.8%	199'845	52.5%	91'977	24.2%	11'739	3.1%	51351	13.5%			380'796
78518	Rennemoulin	356	23.4%	709	46.7%	344	22.6%	110	7.2%					1'518
78545	Saint-Cyr-l'Ecole	16'027	10.0%	95'031	59.5%	43'191	27.1%	5'373	3.4%					159'621
78550	Saint-Germain-de-la-Grange	1'685	8.4%	8'455	42.1%	7'930	39.4%	2'032	10.1%					20'103
78571	Saint-Nom-la-Bretèche	6'618	9.2%	32'921	45.9%	27'263	38.0%	4'962	6.9%					71'764
78615	Thiverval-Grignon	3'521	14.6%	7'194	29.7%	12'773	52.8%	699	2.9%					24'187
78674	Villepreux	1'691	1.7%	60'638	59.7%	33'829	33.3%	5'410	5.3%					101'567
Energie primaire utilisée en 2010 (MWh/ %Ep totale)		165'187	10.2%	815'348	50.1%	506'401	31.1%	88'619	5.4%	51351	3.2%			1'626'905
pour le chauffage et l'ECS par agents énergétiques		Prod. pétroliers		Gaz naturel		Electricité		Energie-Bois		CAD				

- Energie électrique majoritairement utilisée pour le chauffage et l'ECS
- Gaz naturel majoritairement utilisé pour le chauffage et l'ECS
- Produits pétroliers (fioul, propane) majoritairement utilisés pour le chauffage et l'ECS

Proportion d'agents énergétiques utilisés pour le chauffage et l'ECS dans la Plaine de Versailles

Prod. pétroliers Gaz naturel Electricité Energie-Bois CAD



Consommations d'énergie pour le chauffage et l'ECS en 2010 pour l'ensemble des communes de la Plaine de Versailles :

Les besoins de la Plaine sont couverts pour moitié par le GN tandis que l'électricité en couvre presque un tiers.

Environ 10% de la production de chaleur est assurée par des produits pétroliers, majoritairement des chaudières au fioul.

L'énergie-bois couvre, quant à elle, 10% des besoins. A noter que ce chiffre est proche de 16% dans certaines communes.

L'unique réseau de chaleur (UIOM Thiverval-Grignon) permet à lui seul de couvrir plus de 3% des besoins globaux de la Plaine et 13.5% de la consommation de l'importante commune de Plaisir.

Lorsque le réseau de GN est présent, ce mode de production de chaleur est presque toujours privilégié.

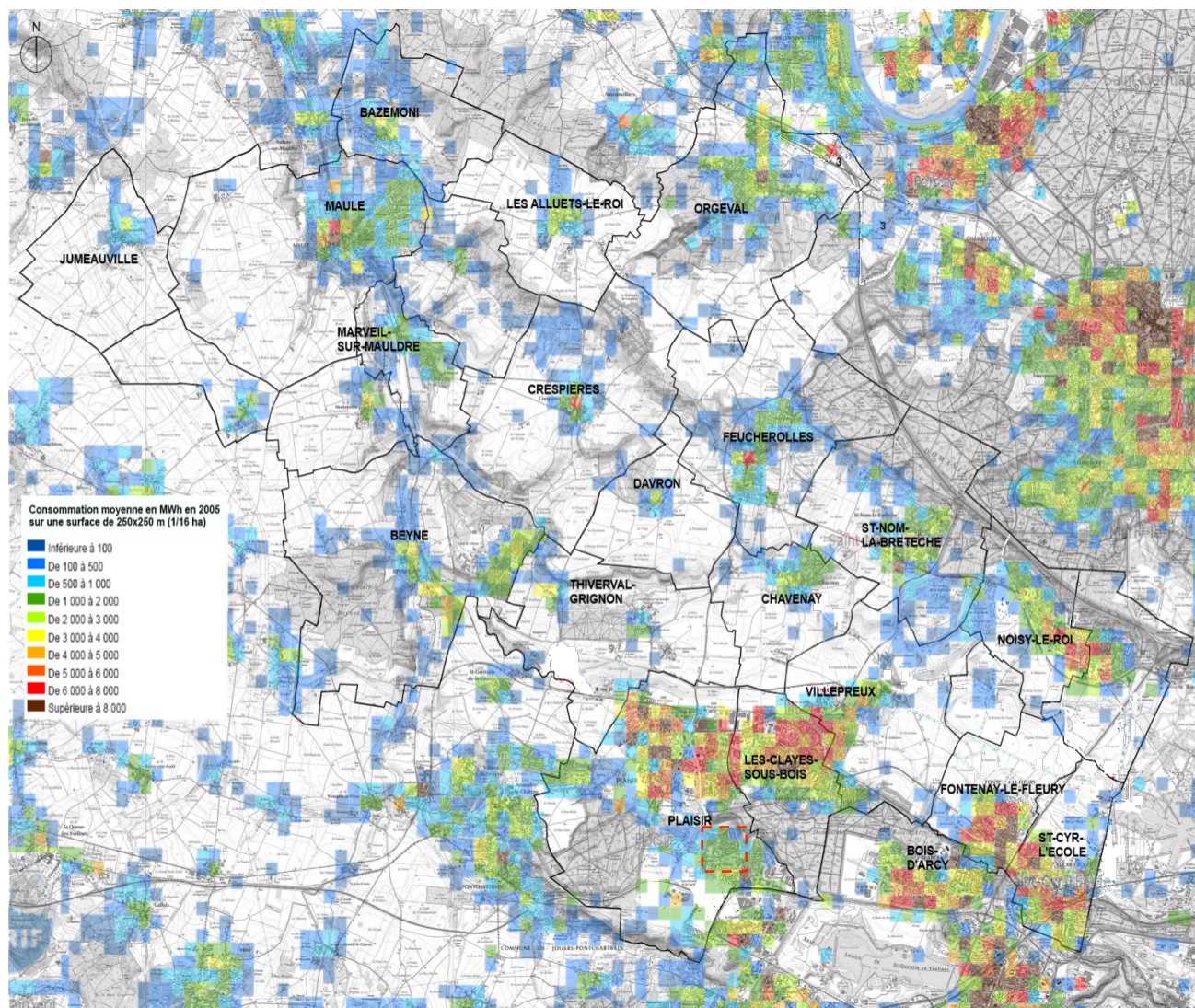
A l'exception d'Orgeval, Les Alluets-le-Roi, et Thiverval-Grignon, les communes qui emploient principalement l'énergie électrique ou les produits pétroliers pour couvrir leurs besoins sont à l'écart du réseau de gaz naturel.

Par ailleurs, les communes sans accès au GN, comme Andelu, Bazemont, Herbeville, Jumeauville et Montainville sont également celles qui utilisent proportionnellement le plus de bois pour se chauffer. Le bois semble ainsi présenter des avantages en l'absence de réseau de gaz naturel.

2.6.2 Densité des besoins et subventionnement de l'ADEME

La base de données géoréférencées Visiau offre des informations sur les consommations énergétiques moyennes en l'an 2005 pour des surfaces carrées de 250 m de côté, soit 62'500 m².

Bien que ces informations soient relativement anciennes et qu'elles comprennent toutes les formes d'usages de l'énergie (donc également l'électricité « domestique » et le gaz pour la cuisson), il est possible de les utiliser pour définir l'éligibilité d'une zone aux critères de subventionnements de l'ADEME. Pour rappel, le critère principal d'allocation de subsides pour la pose de conduites de CAD est que celles-ci doivent véhiculer un minimum de 1.5 MWh par mètre linéaire et par an (1.5 MWh/mlan).



Carte des consommations énergétiques globales en 2005 établies par maille de 250x250m :

Attention toutefois à l'interprétation de ces données. La fourchette donnée en MWh énonce la moyenne sur la surface de la maille des consommations de l'ensemble des constructions qui y sont sises. En outre, elles comprennent également des usages de l'énergie autre que pour le chauffage et l'ECS.

L'encadré rouge représente la zone de faible densité des besoins de chaleur, le quartier « Gâtines » de la commune de Plaisir choisi pour confrontation avec les critères de l'ADEME.

Sources combinées : © IAU île-de-France - Visiau Energie CENTER ; Charte paysagère de la Plaine de Versailles.

En prenant la situation la moins favorable, soit un quartier à faible densité des besoins en chaleur, comme un quartier de pavillons à faible CUS, il est aisé de déterminer sa consommation énergétique et la longueur de conduites nécessaires à l'alimentation du quartier.

Les calculs de la page suivante prouvent que même dans le cas d'un quartier résidentiel peu dense, les critères d'aide de l'ADEME (>1.5 MWh/ml/an) sont remplis. Tel ne serait toutefois pas le cas pour un quartier de même type construit aux normes d'isolation actuelles.



Consommation énergétique en 2005 en MWh
moyenne par maille de 250x250m (1/16 ha)
tous agents énergétiques confondus



Exemple de la zone « Gâtines » (Plaisir) :

Critère de l'ADEME $C_{AD} : \geq 1.5 \text{ MWh/m}_{an}$

Consommation énergétique Q_h : 13'000 à 19'000 MWh/an

Surface zone S : $6 \times 250 \times 250 = 375'000 \text{ m}^2$

Longueur de conduites CAD relevée sur la zone L : 4'700 m
(tracé vert clair)

La consommation énergétique la moins favorable au critère de l'ADEME est la plus faible : 13'000 MWh/an = Q_{hmin}

$Q_h/L = 2.76 \text{ MWh/m}_{an} \geq 1.5 \text{ MWh/m}_{an} = C_{AD}$ ☒

Critère C_{AD} rempli $\rightarrow$ subventionnement possible

Conclusion :

Les critères de subventionnement de la pose de conduites de CAD de l'ADEME sont atteints pour toutes les densités de constructions sur le territoire de la Plaine à l'exception des constructions isolées géographiquement.

Condition limite pour l'obtention de subsides de l'ADEME

Critère de l'ADEME $C_{AD} = Q_h/L = 1500 \text{ kWh/m}_{an}$ avec

Q_h : quantité d'énergie thermique nécessaire annuellement en kWh/an pour la surface considérée

L : longueur de conduites CAD nécessaires à l'alimentation des consommateurs d'énergie thermique en m

or $Q_h = Q'_{hbat} \cdot SHON / L = Q'_{hbat} \cdot S_{tc} \cdot CUS / L$

avec

Q'_{hbat} : quantité d'énergie thermique surfacique nécessaire annuellement en kWh/m²an. Cette valeur est représentative de l'énergie-chaleur nécessaire pour chauffer une surface de 1 m² de plancher d'une construction.

CUS : Coefficient d'Utilisation du Sol : Surface Hors Œuvre Nette / Surface de terrain constructible = $SHON/S_{tc}$

S_{tc} : Surface de terrain constructible en m²

$SHON$: Surface Hors Oeuvre Nette : Somme des surfaces des planchers de chaque niveau moins tout ce qui n'est pas aménageable (sous-sols et combles non aménageables, toitures-terrasses, balcons, loggias, surfaces non closes du rez-de-chaussée et garages). Dans le présent rapport, la SHON est assimilée à la surface de plancher chauffé.

On considère également que les surfaces de voiries nécessaires à l'accès à la surface S_{tc} sont équivalentes à 20% de la surface des terrains constructibles.

alors la surface S de la zone considérée s'exprime: $S = 120\% S_{tc} \rightarrow S_{tc} = S / 1.2$

donc : $C_{AD} = Q'_{hbat} \cdot S \cdot CUS / (L \cdot 1.2) \rightarrow CUS = C_{AD} \cdot L \cdot 1.2 / (Q'_{hbat} \cdot S)$

Les variables L et S peuvent être déterminées pour une zone donnée.

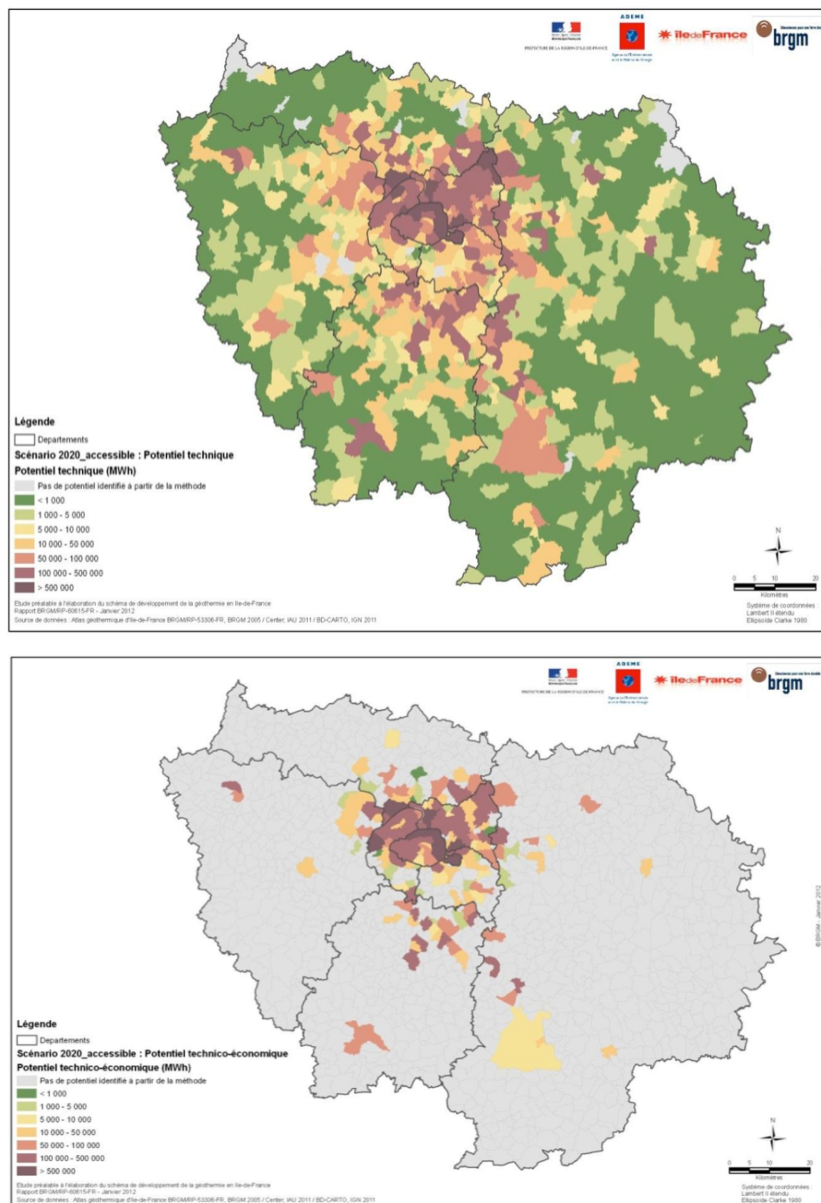
Q'_{hbat} peut être défini en fonction de l'époque de construction (voir 1.3.1).

Pour une construction existante, ce paramètre peut également être obtenu par le quotient de la consommation annuelle d'un bâtiment par la surface de plancher chauffé.

2.7 Ressources locales disponibles

Déjà exposé dans le présent rapport, le gisement de chaleur fatale inexploitée sur la Plaine de Versailles réside essentiellement sur la valorisation des calories produites par l'épuration des eaux. Cette valorisation nécessite toutefois des consommateurs à proximité.

Une autre ressource locale mise en avant dans le SRCAE Ile-de-France est la géothermie. Une étude préalable à l'élaboration du SRCAE s'est attachée à évaluer le potentiel de développement de la géothermie dans la région. Cette étude conclut à l'existence d'un potentiel technique, même s'il est faible en général pour les communes de la Plaine en comparaison à Paris et aux communes de la Petite Couronne. En revanche la méthode n'a pas permis de conclure à un potentiel technico-économique d'ici 2020. Les deux cartes ci-dessous illustrent ce constat.



Potential technique (carte du haut) et potentiel technico-économique (carte du bas) de développement d'opérations de PAC sur aquifères superficiels dans les conditions économiques de 2011 (source : Synthèse de l'étude préalable à l'élaboration du schéma de développement de la géothermie en Île-de-France, BRGM, 2012)

Une autre étude commanditée par l'APPVPA, et destinée à accompagner le territoire dans le développement d'une filière locale de biomasse-énergie, a été l'occasion d'évaluer les ressources disponibles sur le territoire de la Plaine. Les gisements de bois sur pied, de paille et de bois déchet ont ainsi été estimés. Ils sont synthétisés ci-dessous.

	Ressource bois-énergie disponible en tonnes de MS
Forêt publique	4'600
Forêt privée	1'200

	Ressource paille disponible en tonnes de MS
Fourchette haute	3'900
Fourchette basse	1'600

	Ressource bois déchet disponible en tonnes de MS
Plateforme de compostage	7'000

Lorsque l'on confronte ces gisements de ressources biomasse-énergie actuellement disponibles sur la Plaine, aux projets de constructions futures (cf. partie 2.5), la biomasse locale est insuffisante pour approvisionner l'ensemble de ces projets.

En revanche, l'analyse tirée de l'étude sur le développement d'une filière locale de biomasse-énergie a mis en évidence l'intérêt de privilégier les projets de chaufferie de faible puissance (< 1MW) avec un approvisionnement mixte de combustible de type bois issu de forêt privée et paille.

Les chaufferies de plus grande taille sur la Plaine doivent faire appel à des filières déjà bien en place, à l'image de la forêt publique. Ces chaufferies sont aussi plus adaptées pour utiliser du bois déchet pour des raisons de qualité. La chaufferie biomasse de Mantes-la-Jolie, affichant une puissance totale de 14 MW en est un exemple puisqu'elle utilise des plaquettes forestières et du broyat de palettes. Ainsi, pour les chaufferies de plus grande taille sur la Plaine, une partie du gisement serait disponible localement. Cependant, il faudrait également élargir le rayon de chalandise, d'autant que le Parc naturel de la région de la Haute Vallée de Chevreuse (PNR Chevreuse), situé à quelques kilomètres de la Plaine, est à la recherche de projets pour relancer la dynamique de développement de la filière bois-énergie affichée dans le projet de charte 2011-2023 du PNR Chevreuse. Des négociations sont actuellement en cours sur un projet de réseau de chaleur dans la commune de Rambouillet, projet conditionné par la construction d'un éco-quartier. A noter néanmoins que le gisement évalué par la Chambre d'Agriculture interdépartementale d'Ile-de-France serait de plus de 35'000 tonnes de bois mobilisable par an pour la filière énergétique². Lors d'un entretien avec une personne en charge des études du PNR, celle-ci confiait les problématiques de morcellement de la forêt privé et évoquait un intérêt à engager une réflexion commune sur le sujet.

² Cartographie de la biomasse en Ile-de-France. 2007

3 ETUDES PRÉLIMINAIRES DES POSSIBILITÉS CONCRÈTES DE RÉALISATIONS DE RÉSEAUX

Cette partie est une première exploration des solutions visant à une couverture de besoins en chauffage et ECS par des moyens durables qu'ils proviennent de sources renouvelables ou de récupération.

Le cas échéant, une étude plus étendue des besoins en termes de quantité d'énergie, de variabilité saisonnière, de niveaux de température nécessaires aux utilisateurs ainsi que des besoins en froid conjoints n'est pas incluse dans le présent rapport.

3.1 Critères de choix

Le choix de deux zones particulièrement favorables à l'implantation d'un réseau CAD ou à son extension a été effectué en fonction de critères simples :

- L'existence de ressources durables disponibles localement (ou tout du moins en partie)
- L'importance des besoins en chaleur
- La présence de nouvelles zones à urbaniser

Ces critères servent tous le même objectif, à savoir la viabilité écologique et économique du projet.

Les deux zones choisies pour une étude préliminaire sont les suivantes :

- La **zone « STEP du Carré de Réunion »** regroupant deux consommateurs importants que sont les serres de la ferme de Gally et de Vauluceau, et l'exploitation agricole des Arpents ainsi que deux zones à bâtir: la ZAC Santos-Dumont et le site de la Caserne Pion. La station rejette actuellement de grandes quantités de chaleur dans l'environnement et cette ressource gagne à être valorisée.
- La **zone de « Plaisir Sud »** en raison du développement important de la ZAC Sainte-Apolline et des possibilités d'extension du réseau en direction du Nord favorisée par la présence de petites zones à urbaniser le long de la route D30 (laquelle sera réaménagée) et d'autres utilisateurs potentiels existants. En outre, le raccordement du nouveau réseau avec le CAD existant de l'UIOM de Thiverval-Grignon présente de grands avantages en termes de gestion de la production de chaleur.

3.2 Valorisation de la chaleur fatale de la STEP du Carré de Réunion

3.2.1 Estimation du potentiel de récupération de chaleur

La chaleur des eaux épurées rejetées par la STEP Carré de Réunion représente une source d'énergie très importante. Celle-ci est valorisable par l'entremise de pompes-à-chaleur (PAC).

Le débit en sortie de station est en moyenne de l'ordre de 46'000 m³/jour. Il est cependant prévu un soutirage de 12'000 m³/jour à des fins d'arrosage. Le débit moyen disponible est de donc de 34'000 m³/jour soit 1'417 m³/h.

Le **potentiel d'extraction de chaleur** s'exprime comme suit :

$$\text{Puissance extractible } P_{\text{ext}} \text{ (W)} = Q \cdot \rho \cdot P_c \cdot \Delta T^\circ$$

Avec Débit $Q = 393.5 \text{ l/s}$

Masse volumique de l'eau $\rho = 1 \text{ kg/l}$ (entre 0 et 20°C)

Pouvoir calorifique de l'eau $P_c = 4186 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$ (entre 0 et 20°C)

Variation de température de l'eau épurée ΔT° (K) entre l'entrée et la sortie de l'échangeur

Avec $\Delta T^\circ = 3 \text{ K} \rightarrow$ Puissance extractible = **4.9 MW**

Avec $\Delta T^\circ = 4 \text{ K} \rightarrow$ Puissance extractible = **6.6 MW**

Avec $\Delta T^\circ = 5 \text{ K} \rightarrow$ Puissance extractible = **8.2 MW**

Pour un abaissement de la température de 5°C, la chaleur récupérée permettrait d'alimenter en chauffage et en ECS près de **4'000 foyers de 100 m² aux normes d'isolation actuelle** (60 kWh/m²an, RT2012) ou 800 logements de même très mal isolés (300 kWh/m²an).

Cependant, la quantité d'énergie électrique est largement dépendante du niveau de température en sortie de PAC. Le coefficient de performance (COP) est défini par le quotient entre l'énergie-chaleur totale produite et l'énergie électrique demandée pour le fonctionnement d'une PAC. Plus le niveau de température de sortie d'une PAC est élevé, plus la PAC consomme d'énergie électrique par rapport à la chaleur qu'elle fournit et le COP diminue. Par conséquent, ce mode de chauffage est particulièrement avantageux lors d'une distribution de la chaleur par le sol, à basse température.

En résumé, Le rapport entre la production totale de chaleur de l'installation et l'énergie électrique nécessaire à son fonctionnement est fonction de l'écart de température entre le départ et le retour chauffage :

- départ à 35°C : ~1/5^{ème} d'énergie électrique
- départ à 55°C : ~1/4 d'énergie électrique

Dans l'état de la technique actuelle, les PAC ne peuvent en outre pas fournir un fluide à plus de 65°C. Si un niveau de température supérieur doit être obtenu, le couplage de la PAC à un système de production de chaleur par combustion (bois, paille, gaz naturel, fioul...) est nécessaire. Ce cas se présente notamment lors de l'emploi d'aérothermes à eau chaude dans des serres ou des halles industrielles.

Une photographie de l'exutoire est présentée ci-dessous et un plan général de la station est placé en annexe.



Photographie de l'exutoire de la STEP de Carré de Réunion

Les eaux épurées sont actuellement rejetées dans le Ru de Gally sans valorisation.

3.2.2 Identification des utilisateurs potentiels

Les utilisateurs potentiels sont localisés à proximité de la STEP. Une rencontre avec l'un des dirigeants des fermes de Gally a permis de collecter les données nécessaires à l'évaluation des besoins synthétisés ci-dessous par site :

- **Ferme de Gally, 955 kW, ~ 500 m de la STEP** (longueur de conduites)
- **Les Arpents (exploitation agricole), 262 kW, ~1.2 km de la STEP**
- **ZAC Santos-Dumont, besoins futurs estimés à 2.7 MW, ~1.1 km de la STEP**
- **Caserne Pion, besoins futurs estimés à 7.3 MW, ~1.0 km de la STEP**
- **Ferme de Vauluceau, 1.7 MW, ~3.0 km de la STEP**

Compte tenu de la chaleur disponible, les besoins de tous ces utilisateurs ne pourront pas être totalement couverts par les calories rejetées par la station.

A noter que les exploitations agricoles ont souvent des besoins en froid pour la conservation de leur production conjugués aux besoins en chaleur pour les serres. Les bâtiments à vocation administrative ou commerciale, aux standards de confort actuels, ont généralement aussi des besoins en froid. Le soutirage des calories à des fins de chauffage refroidit l'eau utilisée. Toutefois, l'amplitude des besoins en froid et en chaud est généralement asynchrone. En d'autres termes, les besoins en froid sont plus importants lorsque que les besoins en chauffage sont les plus faibles et inversement.

Ce rapport ne fait cependant état que des besoins en chaud. En phase d'avant-projet, une définition précise des besoins en chaleur (chaud et froid) et du niveau de température nécessaire aux différentes utilisations sera cruciale pour garantir une utilisation rationnelle de l'énergie.

3.2.3 Positionnement préliminaire des installations

Réseau d'eaux épurées

Le réseau approprié est dit « réseau froid ». L'eau épurée est acheminée par des conduites jusqu'aux utilisateurs. Les installations de récupération de chaleur par PAC sont situées à proximité immédiate des lieux nécessitant de la chaleur. L'avantage du réseau froid réside dans le fait qu'il n'est pas nécessaire d'isoler thermiquement les conduites ce qui réduit substantiellement le coût. Les canalisations sont enterrées hors gel et isolées uniquement lors de passage à moindre profondeur ou aériens.

La figure à la page suivante présente le positionnement des conduites, leurs débits, leurs diamètres nominaux et leur longueur. Le tracé devra en outre comporter des regards permettant un éventuel curetage des canalisations. Ils seront situés aux différents coudes et intersections.

Le tracé préliminaire des conduites ne tient pas compte des droits ou éventuelles servitudes à négocier. Il emprunte cependant le tracé le plus logique du point de vue des coûts, privilégiant les parcours en pleine terre et les passages sous voirie existants et, bien sûr, de moindre longueur.

L'installation nécessite des canalisations d'alimentation des PACs et d'autres d'évacuations jusqu'au ru le plus proche. L'adaptation de ces cours d'eau aux nouveaux débits sera sans doute nécessaire. Cette opération pourra être exécutée avec des travaux de reméandrage et de renaturation des rus concernés. Les eaux épurées peuvent également servir à des fins d'arrosage.

Pour la conduite desservant la ferme de Vauluceau, une ou deux stations de pompage intermédiaires seront nécessaires en raison du dénivelé et de la longueur de cette dernière. La première station pourrait prendre place à proximité du lieu-dit « Porte de Maintenon ». La seconde à la « Porte de Bailly ».

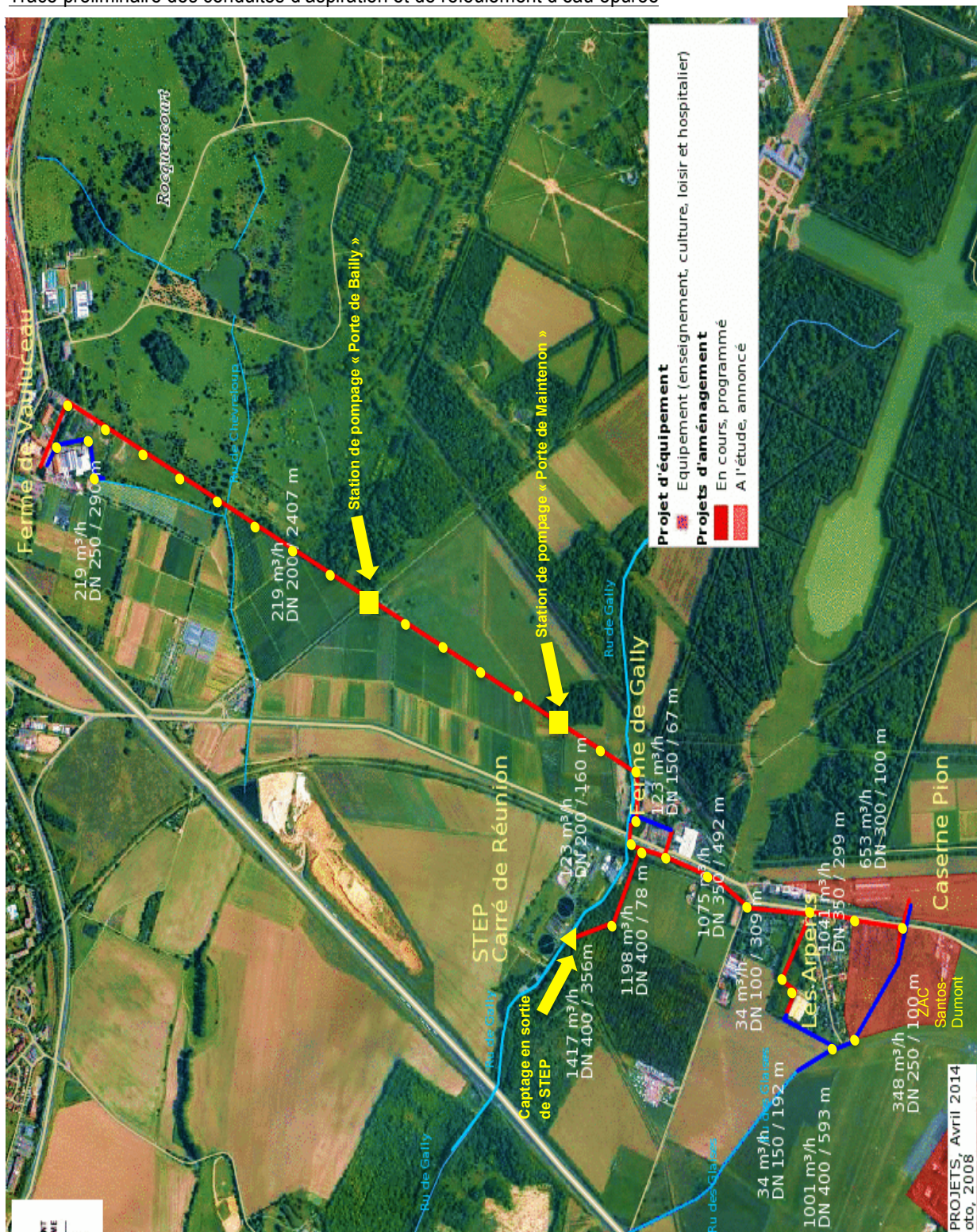
Installations de production de chaleur

Les installations de production de chaleur sont situées au sein ou à proximité immédiate des lieux de consommation de cette chaleur. Elles comportent :

- une pompe hydraulique pour l'alimentation en eaux épurées
- un échangeur transmettant les calories contenues dans les eaux épurées au fluide caloporteur (eau glycolée) du circuit primaire de la PAC
- une PAC eau-eau qui utilise les calories extraites pour produire de l'eau chaude (de 25 à 65°C) utilisable pour le chauffage ou l'ECS.

Valorisation de la chaleur fatale de la STEP du Carré de Réunion

Tracé préliminaire des conduites d'aspiration et de refoulement d'eau épurée



3.2.5 Estimation des coûts

Ce chiffre préliminaire concerne le circuit d'alimentation en eaux épurées ainsi que les conduites de rejet de ces mêmes eaux après soutirage d'une partie de leur contenu calorifique.

Ces éléments du réseau d'alimentation sont :

- Captage des eaux épurées en sortie de station
- Conduites d'alimentation, regards et stations de pompage intermédiaires
- Conduites de rejet des eaux épurées « refroidies » dans le milieu naturel
- Approfondissement des lits des rus concernés.

Pour les installations individuelles dans les ouvrages à chauffer, une estimation des coûts sur la base de PACs de grande puissance, existantes sur le marché actuellement, sera également définie.

Les éléments des sous-stations individuelles sont :

- Pompe des eaux épurées y.c. régulation de débit et de pression
- Echangeur de chaleur eaux épurées – eau glycolée du circuit primaire de la PAC
- Pompe du circuit primaire de la PAC
- Pompe-À-Chaleur et régulation de la production de chaleur

Les éléments du circuit secondaire comprenant le réseau de distribution de la chaleur, la production et le stockage d'ECS, circulateurs propres aux installations internes des ouvrages concernés, ne seront pas chiffrés.

Le chiffrage ci-dessus est basé sur les éléments suivants :

- Une station de captage des eaux épurées au niveau de l'exutoire de la STEP du Carré de Réunion
- Deux stations de pompage intermédiaire pour alimenter la ferme de Vauluceau
- Des conduites enterrées hors gel équipés de regards (5'114 mètre)
- Des installations de production de chaleur individuelles (échangeurs, pompes hydrauliques, PACs et régulation)

Investissement	Conduites et Génie civil (€ HT)	1'962'544
	Installation de production de chaleur (€ HT)	1'725'360
	Ingénierie, géomètre (€ HT)	811'339
	Total investissement (€ HT)	4'499'243

A noter la proportion élevée des coûts d'ingénierie et de géomètres justifiée par le caractère innovant des installations nécessitant un dimensionnement pointu, un positionnement précis des conduites et un suivi des travaux de réalisation par le bureau d'ingénieurs concepteur.

Le coût global est à mettre en regard avec la possibilité de récupération de 24 GWh de chaleur par année soit près de 2'000 eqLgts (équivalent-logements, voir au bas de la page 5).

3.3 Centrale de chauffage à distance biomasse au sud de la commune de Plaisir

L'implantation d'un réseau de chauffage à distance muni d'une chaufferie biomasse a été identifiée comme la seconde variante. A moyen terme, ce réseau pourra être étendu jusqu'au réseau CAD existant. Cette mutualisation a des avantages indéniables en matière de gestion de l'offre et de la demande en chaleur en ajoutant de la flexibilité au système.

L'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM) fournit une puissance thermique « en bande », car sa fonction première est l'incinération de déchets ménagers à longueur d'année. Au cœur de l'été, seul les besoins en ECS persistent. A l'entrée de l'hiver, la centrale biomasse serait mise en fonction graduellement lorsque les besoins deviennent supérieurs à la production de l'UIOM.

Contrairement à la proposition de valorisation de la chaleur des eaux épurées de la STEP de Carré de Réunion, le réseau existant et le nouveau réseau proposé sont dit « réseau chaud ». Les conduites véhiculent de l'eau à des niveaux de température de l'ordre de 70 à 110°C.

Les bâtiments raccordés sont équipés de sous-stations permettant l'échange de chaleur entre le CAD et leurs circuits de distribution de chaleur internes.

3.3.1 Utilisateurs

Les consommateurs de chaleur principaux sont les bâtiments prévus au sein de la ZAC Sainte-Apolline. Les besoins sont estimés à quelque **100 GWh** correspondant à une **puissance de pointe de 34.2 MW**.

Le réaménagement planifié de la route départementale 30 limiterait les coûts de pose de nouvelles conduites et permettrait une extension avantageuse du réseau vers le Nord. En effet, il existe trois zones AU et des consommateurs potentiels existants aux abords de la D30. Les besoins cumulés des trois zones AU sont estimés à 13.2 GWh pour une puissance de pointe de 4.3 MW.

La puissance globale nécessaire pour couvrir les besoins de la ZAC et des trois zones AU est donc de 38.5 MW. Elle peut être largement augmentée par des constructions existantes.

3.3.2 Positionnement préliminaire des installations

L'un des lieux favorables à l'implantation d'une nouvelle centrale de chauffe est situé en marge de l'agglomération sur le site de la ZAC Sainte-Apolline. Lors de la réalisation du projet, le lieu devra être précisé avec soin pour ne pas porter préjudice au développement futur des agglomérations avoisinantes. Des critères environnementaux tels que les voies d'approvisionnement en combustible et les vents dominants (sud-ouest/nord-est) devront également être pris en compte.

La zone étant sensible du point de vue de la qualité de l'air, un filtrage/lavage des fumées permettant de les débarrasser de leur contenu en particules fines est absolument indispensable.

Le tracé préliminaire proposé a été établi par rapport aux données frugales à disposition pour les projets d'urbanisation à venir (surfaces, affectations, COS, CUS estimés). Il devra être affiné en fonction de la demande en chaleur des différentes constructions à bâtir et bâtiments existants raccordables ainsi que des infrastructures d'ores et déjà en place. Il en va de même pour les extensions futures des conduites et la mutualisation de la production de chaleur avec l'UIOM.

A noter que sur la figure de la page suivante, certaines conduites sont doubles (aller et retour) et d'autres sont simples (aller ou retour). A ce stade, il n'a pas été jugé utile de le préciser mais il en sera tenu compte dans le chiffrage préliminaire.

Nouveau réseau de chaleur à distance sur la commune de Plaisir :

Réseau existant, nouveau réseau et interconnexions futures



- | | | |
|--------------------------|------------------------------------|----------------------|
| — Réseau existant | Extension potentielle future | |
| — Nouveau réseau | ▲ Centrales de chauffe | |
| ■ Zones AU (à urbaniser) | ■ ZAC projet en cours ou construit | ■ ZAC projet à venir |
- Altitudes : • Nouvelle centrale de chauffe & ZAC Sainte-Apolline : ~174 m
 • Zones AUp1 & AUt : ~157 m
 • Route D30 (niveau ru Maldroit) : ~125 m
 • UIOM Thiverval-Grignon : ~100 m
 • ZAC des Peupliers : ~128 m
 • ZAC Clef de St-Pierre : ~162 m
 • Zone AUp1* : ~128 m
 • Ru Maldroit (niveau D30) : ~116 m

3.3.3 Estimation des coûts

Les paramètres de situation géographique des utilisateurs, de quantification et de répartition des besoins en chaleur, de niveaux de température requis ne sont pas connus à l'heure actuelle. Ces critères définiront les débits et la température de départ de la centrale de chauffe et par conséquent les diamètres des conduites et la puissance des échangeurs des sous-stations.

Un pré-chiffrage précis n'est donc pas envisageable à ce stade de l'avant-projet. Cependant, il existe un bon nombre d'installations de CAD existantes en France, dont plus de 120 en Île-de-France utilisant en moyenne 33% d'énergie renouvelable et de récupération (EnR&R). De plus, 13% de ces réseaux utilisent la biomasse à plus de 80%.

Le rapport de l'ADEME intitulé « Evolution des coûts des investissements relatifs aux installations collectives bois énergie », publié en 2009, renseigne sur les coûts prévisionnels des réseaux CAD utilisant le bois comme combustible. Cette publication analyse quelques 90 projets en France et note de très grandes variations de coûts en particulier pour le réseau de faible puissance (< 1 MW).

Le tableau ci-dessus reprend ses résultats pour les puissances de référence de 200, 750 et 4'000 kW :

COÛTS MOYENS	PUISSANCE DE RÉFÉRENCE		
	200 kW	750 kW	4000 kW
Production de chaleur & Génie civil	954 €/kW	645 €/kW	501 €/kW
avec dispersion (coûts max./coûts min)	1.9	1.9	1.5
Distribution	302 €/ml	315 €/ml	484 €/ml
avec dispersion (coûts max./coûts min)	2.5	5.3	1.4
Honoraires et frais en % du coût d'investissement	10.3%	11.1%	7.8%

Il apparaît que le coût de la centrale de chauffe et du génie civil inhérent à l'installation, dans toute la gamme de puissance, peut varier d'un facteur 2. Concernant la distribution comprenant les conduites et les sous-stations, le quotient entre le coût le plus faible et le coût le plus onéreux peut dépasser 5 ! Ce constat permet de rappeler qu'une estimation des coûts à ce stade est à prendre avec la plus grande circonspection.

Selon les valeurs moyennes mentionnées ci-dessus :

Centrale de chauffe 38.5 MW → 19'288'500 €

Longueur de conduites : 6'000 m → 2'904'000 €

Honoraires et frais : 7.8 % → 1'731'015 €

Total : 23'923'515 €

Avec une dispersion de 1.5, le coût total est situé dans une fourchette de 12 à 36 millions d'euros. Au vu de la configuration du projet, il est cependant probable que la réalisation soit dans la fourchette basse à savoir entre 12 et 24 millions d'euros. Il est en outre important de mettre en regard la surface de locaux chauffés considérée, à savoir 1'744'201 m². L'écart est tel qu'une pré-étude sera nécessaire pour préciser le coût prévisionnel d'une telle installation.

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets (APPVPA) a la volonté de faire de son territoire un modèle en matière d'écologie industrielle et territoriale, tout en s'intégrant dans les objectifs affichés de la Région. Cet objectif se traduit ici par le souhait d'étudier les opportunités de création ou d'extensions de réseaux de chaleur sur le territoire de la Plaine, dans le but final de favoriser l'utilisation des énergies renouvelables et de récupération locales. La mutualisation de la production de chaleur présente en effet des avantages en termes de rendement énergétique mais aussi de rationalisation des coûts d'investissement et d'exploitation. L'unique réseau existant dans la Plaine pourvoit à lui seul 3% des besoins en chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire de l'ensemble du territoire et est alimenté par les rejets thermiques d'un incinérateur.

L'installation de tels équipements, quoique bénéfique pour l'environnement, est cependant coûteuse. Le « Fonds chaleur » de l'ADEME est un soutien financier puissant, prévu d'être renforcé dans les prochaines années. La chaleur distribuée doit provenir de sources renouvelables ou de récupération à hauteur de 50% minimum, rejoignant l'objectif de l'APPVPA. Le bois et la paille constituent des ressources renouvelables disponibles localement, ou à quelques kilomètres de distance, nécessitant néanmoins pour certains gisements la mise en place de filières pérennes d'exploitation. Par ailleurs, l'implantation de centrale de chauffe à combustible doit faire l'objet d'une planification minutieuse afin de ne pas entraver le développement futur des agglomérations. Une analyse macroscopique des équipements industriels de la Plaine laisse entrevoir un potentiel de récupération de chaleur au niveau des stations d'épuration essentiellement, l'unité de valorisation énergétique des ordures ménagères alimentant déjà le réseau de Plaisir.

Ce contexte, complété de paramètres techniques favorables pour le développement de réseau, tels que la densité des besoins en chaleur ou la qualité thermique des bâtiments, ont permis d'analyser les opportunités d'implantation de réseaux de chauffage à distance dans les communes de la Plaine de Versailles. De manière générale, les futurs projets de construction sont les plus favorables pour la création de réseau de chauffage à distance, du point de vue des coûts d'investissement. Dans les futures zones prévues d'être urbanisées ou aménagées sur la Plaine, la puissance des installations de production de chaleur a été évaluée entre une centaine de kilowatts et plusieurs dizaines de mégawatts. Le bâti existant représente, quant à lui, un potentiel d'extension du réseau à partir d'une zone nouvellement construite, car la pose de conduites en milieu déjà urbanisé a un coût élevé. De plus, ces projets sont sujets à une grande variabilité en raison des infrastructures publiques existantes (voiries, égouts, gaines électriques, etc.), mais aussi de l'existence d'un réseau hydraulique de distribution de la chaleur au niveau des constructions à raccorder.

Cette analyse globale du potentiel de la Plaine se termine sur deux études préliminaires menées à deux endroits, particulièrement favorables à l'implantation d'un réseau CAD ou à son extension.

Le premier cas concerne l'étude de la valorisation des calories contenues dans les eaux épurées en sortie de la station du Carré de Réunion, et à destination de consommateurs environnants, à savoir les fermes de Gally ainsi que deux zones prévues d'être aménagées sur les communes de Saint-Cyr-L'Ecole et de Versailles. Cette chaleur perdue permettrait d'approvisionner une partie des besoins totaux de ces consommateurs. Un pré-dimensionnement et une estimation préliminaire des coûts ont été réalisées. Ces premiers éléments pourront ainsi servir de base pour une ouverture du dialogue entre les différentes parties prenantes impliquées.

Le second cas concerne la création d'un réseau de chauffage alimenté par de la biomasse en vue de l'aménagement de plusieurs zones d'activités et de quelques zones à urbaniser sur la commune de Plaisir. La mise en place d'un tel projet est néanmoins étroitement liée aux ressources biomasse accessibles pour des projets de grande chaufferie. Ce projet, comme ceux globalement identifiés dans cette étude, doit s'inscrire dans une vision stratégique du développement de la filière biomasse-énergie sur le territoire de la Plaine, en collaboration avec d'autres territoires à proximité comme le Parc Naturel Régional de Chevreuse.

5 ANNEXES

5.1 Annexe 1 – Plan de la station d'épuration du Carré de Réunion

