



Etat des lieux et perspectives de la géothermie dans le département de l'Essonne

Mémoire final – Avril 2015

Avec le soutien financier de :



Une étude réalisée par :



TABLE DES MATIERES

SYNTHESE	6
LEXIQUE ET ACRONYMES.....	17
PERIMETRE D'ETUDE	20
ETAT DES LIEUX.....	21
1. PRINCIPES GENERAUX	22
1.1. Fonctionnement d'un réseau de chaleur.....	22
1.1.1. Définition d'un réseau de chaleur.....	22
1.1.2. Production de chaleur.....	23
1.1.3. Le réseau de distribution.....	24
1.1.4. Fonctionnement des sous-stations.....	25
1.1.5. Intégration des systèmes d'appoint-secours.....	26
1.2. Sources énergétiques envisageables.....	29
1.2.1. EnR'Choix.....	29
1.2.2. Récupération de chaleur fatale.....	30
1.2.3. Géothermie.....	35
1.2.4. Autres sources d'énergies envisageables.....	38
1.3. Géothermie profonde.....	44
1.3.1. Données disponibles.....	44
1.3.2. Aquifères cibles dans le département de l'Essonne.....	45
1.3.3. Stratigraphie et lithologie du Bassin parisien.....	45
1.3.4. Caractérisation hydrogéologique des aquifères du Crétacé inférieur : Albien et Néocomien.....	47
1.3.5. Caractérisation hydrogéologique des aquifères du Jurassique : Lusitanien et Dogger.....	56
1.3.6. Caractérisation de l'aquifère du Trias.....	63
1.3.7. Préconisations pour l'exploitation géothermique.....	63
1.3.8. Dimensionnement technico-économique.....	70
1.3.9. Contraintes réglementaires.....	71
1.3.10. Impacts des travaux de forages et mesures de réductions.....	73
1.4. Convertibilité d'un réseau de chaleur à la géothermie.....	75
1.4.1. Les réseaux alimentés en vapeur.....	75
1.4.2. Les réseaux de chaleur alimentés en eau surchauffée.....	75
1.4.3. Les réseaux de chaleur « eau chaude » ou « basse température ».....	75
2. BILAN DES RESEAUX DE CHALEUR DE L'ESSONNE	77
2.1. Emplacement des réseaux de chaleur dans l'Essonne.....	77
2.2. Bilan des opérations géothermiques au Dogger.....	79
2.2.1. Sollicitations actuelles de l'aquifère.....	79
2.2.2. Bilan Technique des forages.....	81
2.3. Bilan Energétique.....	84
2.3.1. Livraison de chaleur.....	85
2.3.2. Bouquet Energétique.....	86
2.4. Bilan Environnemental.....	92
2.4.1. Quotas d'émissions de CO ₂	92
2.4.2. Contenu en CO ₂ des réseaux de chaleur du département.....	93
2.5. Bilan Economique.....	94
2.5.1. Notions de tarification des réseaux de chaleur.....	94
2.5.2. Prix de la chaleur.....	94
2.5.3. Factures énergétiques pour un logement « type ».....	96
2.5.4. Application aux réseaux de l'Essonne.....	98
2.6. Bilan Juridique.....	100

2.6.1.	Définition juridique d'un réseau de chaleur	100
2.6.2.	Réseau de chaleur privé ou technique d'importance locale.....	101
2.6.3.	Service public de distribution de chaleur.....	101
2.6.4.	Structures porteuses de l'autorité organisatrice du service public de chaleur.....	109
2.6.5.	Synthèse.....	110
3.	CONCLUSION DE L'ETAT DES LIEUX	111

PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DE LA GEOTHERMIE ET DES RESEAUX DE CHALEUR DANS L'ESSONNE.....112

1.	CONTEXTE ADMINISTRATIF, ENVIRONNEMENTAL, REGLEMENTAIRE ET ECONOMIQUE	113
1.1.	Grenelle de l'environnement	113
1.1.1.	Grenelle 1.....	113
1.1.2.	Grenelle 2.....	114
1.1.3.	Réalisations.....	116
1.2.	Réglementation Thermique 2012 (RT2012).....	118
1.2.1.	Présentation.....	118
1.2.2.	Les 3 indicateurs de performance de la RT2012	119
1.3.	Collectivités territoriales	121
1.3.1.	Evolution des collectivités territoriales	121
1.3.2.	Compétences.....	121
1.4.	Aménagement prospectif du territoire.....	124
1.4.1.	Schéma Régional Climat, Air et Energie (SRCAE) de l'Ile-de-France.....	124
1.4.2.	Plan-Climat du département de l'Essonne	127
1.4.3.	Opération d'Intérêt National (OIN).....	127
1.4.4.	Les Contrats de Développement Territorial (CDT).....	128
1.5.	Aspect financier de la réglementation	130
1.5.1.	Instauration d'une T.V.A. à 5,5 % sur les consommations	130
2.	POTENTIALITES DE L'ESSONNE	133
2.1.	Développement de la méthode de criblage.....	133
2.1.1.	Méthode de criblage pour les opérations de géothermie profonde	133
2.1.2.	Méthode de criblage du potentiel de besoin surface.....	139
2.1.3.	Hiérarchisation des zones à fort potentiel de développement géothermique.....	150
2.2.	Identification des groupes.....	154
2.2.1.	Groupe 1	156
2.2.2.	Groupe 2	156
2.2.3.	Groupe 3	163
2.2.4.	Reste du périmètre.....	169
3.	ANALYSE DES POTENTIALITES DE LA GEOTHERMIE PROFONDE.	170
3.1.	Aspects économiques des réseaux de chaleur géothermiques	170
3.1.1.	Investissements.....	170
3.1.2.	Aides financières au montage de l'opération	171
3.1.3.	Financement de l'opération	171
3.1.4.	Coût d'exploitation.....	171
3.1.5.	Planification type pour une nouvelle opération de géothermie profonde	172
3.2.	Analyse technico-économique pour les villes retenues dans le Groupe 1	173
3.2.1.	Athis-Mons / Juvisy-sur-Orge	174
3.2.2.	Chilly-Mazarin / Longjumeau.....	178
3.2.3.	Fleury-Merogis / Ste Geneviève-des-Bois / St Michel-sur-Orge	182
3.2.4.	Morsang-sur-Orge / Savigny-sur-Orge	186
3.2.5.	Yerres / Brunoy / Epinay-sous-Sénart	190
3.3.	Synthèse des zones de potentialités pour l'Essonne	194
4.	MISE EN PERSPECTIVE - PROSPECTIVE	195

CONCLUSION.....	199
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	202
TABLES DES ILLUSTRATIONS ET TABLEAUX	205
ANNEXES	211
1. ANNEXE – ETUDE D’IMPACT POUR DEMANDE DE PERDOTEX.....	212
2. ANNEXE - MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS PENDANT LES TRAVAUX DE FORAGE.....	213

SYNTHESE

Dans le contexte environnemental actuel, où le recours aux énergies renouvelables est devenu une nécessité afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants, les réseaux de chaleur alimentés par des énergies renouvelables et de récupération présentent d'indéniables intérêts environnementaux économiques et sociaux (luttés contre la précarité énergétique) en Ile-de-France et plus particulièrement dans le département de l'Essonne.

La géothermie profonde, parmi ces énergies renouvelables, est présente sur l'ensemble du territoire francilien avec des caractéristiques géologiques variables et avec notamment d'excellentes potentialités sur l'Essonne. De plus, en associant la géothermie profonde avec un réseau de chaleur il est possible d'alimenter rapidement, en une seule opération, plusieurs centaines ou milliers de logements en chaleur renouvelable. Ainsi, plus d'une trentaine d'installations en Ile-de-France exploitent cette ressource quotidiennement depuis plusieurs dizaines d'années, permettant ainsi de bénéficier de retours d'expériences significatifs.

C'est pour ces raisons que le SIPPAREC, en collaboration avec les services du Conseil Départemental de l'Essonne, a lancé une étude pour déterminer le potentiel de la géothermie profonde comme source d'énergie renouvelable pour l'adaptation ou le développement de réseaux de chaleur sur ce département. L'objectif est de réaliser un état des lieux des réseaux de chaleur existants ou en projet, et de dresser les possibilités de recours à la source d'énergies renouvelables que représente la géothermie profonde, et d'établir les perspectives de développement à court et moyen terme.

Les précédentes études sur la géothermie en Essonne, et en particulier l'étude menée par le BRGM en 2008 pour le Conseil Départemental de l'Essonne, ont montrées que le potentiel de la géothermie profonde se situe sur le tiers nord du département. Cette répartition géographique du potentiel sous-sol correspond aussi à la zone de forte densité de population du département, il a donc été décidé :

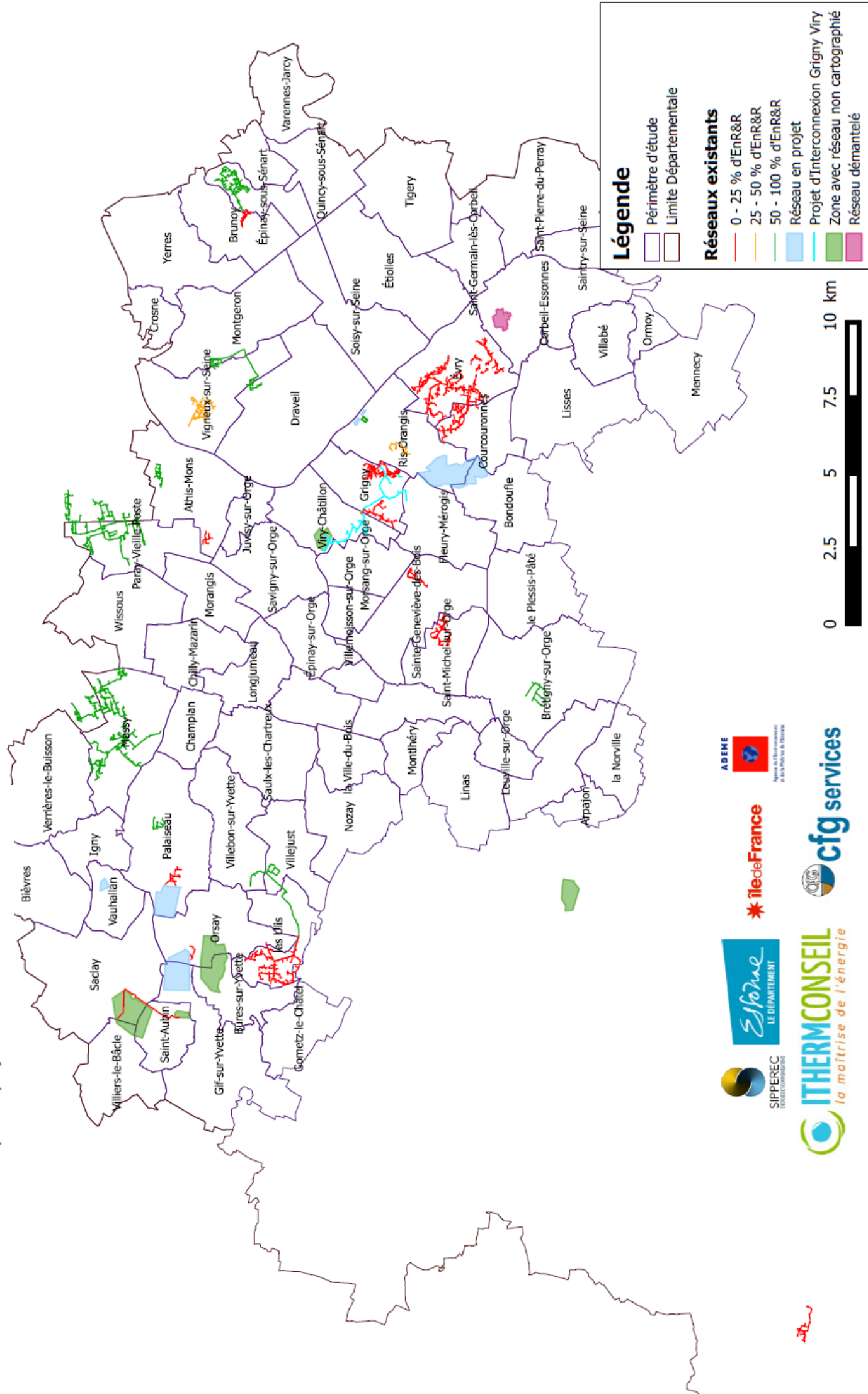
- De réaliser un état des lieux de la ressource géothermique et des réseaux de chaleur sur l'ensemble du département
- De concentrer l'étude de potentialité sur le périmètre regroupant les 72 communes suivantes :

Arpajon	Courcouronnes	Juvisy-Sur-Orge	Montgeron	Saint-Aubin	Vauhallan
Athis-Mons	Crosne	La Norville	Montlhéry	S ^{te} -Geneviève-Des-Bois	Verrières-Le-Buisson
Ballainvilliers	Draveil	La Ville-Du-Bois	Morangis	S ^t -Germain-Lès-Arpajon	Vigneux-Sur-Seine
Bievres	Epinay-Sous-Senart	Le Plessis-Pate	Morsang-Sur-Orge	S ^t -Germain-Lès-Corbeil	Villabé
Bondoufle	Epinay-Sur-Orge	Les Ulis	Nozay	Saint-Michel-Sur-Orge	Villebon-Sur-Yvette
Boussy-Saint-Antoine	Etiolles	Leuville-Sur-Orge	Ormay	Saint-Pierre-Du-Perray	Villejust
Bretigny-Sur-Orge	Evry	Linaz	Orsay	Saintry-Sur-Seine	Villemoisson-Sur-Orge
Brunoy	Fleury-Merogis	Lisses	Palaiseau	Saulx-Les-Chartreux	Villiers-Le-Bâcle
Bures-Sur-Yvette	Gif-Sur-Yvette	Longjumeau	Paray-Vieille-Poste	Savigny-Sur-Orge	Villiers-Sur-Orge
Champlan	Gometz-Le-Chatel	Longpont-Sur-Orge	Quincy-Sous-Sénart	Soisy-Sur-Seine	Viry-Châtillon
Chilly-Mazarin	Grigny	Massy	Ris-Orangis	Tigery	Wissous
Corbeil-Essonnes	Igny	Mennecy	Saclay	Varenes-Jarcy	Yerres

Dans un premier temps, l'état des lieux présente des éléments techniques de principe sur les réseaux de chaleur et notamment les sources d'énergie renouvelables pouvant être associées à ce vecteur. Une attention particulière est ainsi portée à la géothermie profonde, avec la présentation des quatre aquifères identifiés dans le Bassin de Paris (du plus au moins profond) : les Calcaires du Dogger, les Calcaires du Lusitanien, les Sables du Néocomien et les Sables de l'Albien.

Sur le département, il a été identifié, dans le cadre de l'état des lieux, **17 réseaux de chaleur suivant la définition juridique, 7 réseaux techniques d'importance locale, 1 réseau démantelé et 6 projets de réseaux**, ceux-ci étant largement concentrés dans une frange nord de l'Essonne (cf Figure 1). Sur les 24 réseaux existants recensés, 13 utilisent au-moins une énergie renouvelable et/ou de récupération (EnR&R) dont 7 utilisent actuellement l'énergie géothermale par le biais de 5 opérations au Dogger, une au Néocomien et une à l'Yprésien.

Figure 1. Implantation des réseaux de chaleur, réseaux techniques et projets de l'Essonne en 2014.



2014

Le rapport présente également un état de la production de chaleur des réseaux de l'Essonne (cf. Figure 2). Plus de 70% des 1 520 GWh de chaleur produits pour les réseaux du département l'est actuellement à partir d'énergie fossile, avec une forte prépondérance du gaz (près de 50% du total), tandis que seulement 29% de la chaleur produite pour les réseaux de chaleur de l'Essonne l'a été grâce à des énergies renouvelables et de récupération (Biomasse, Géothermie, Usine d'Incinération des Ordures Ménagères, Cogénération exclue).

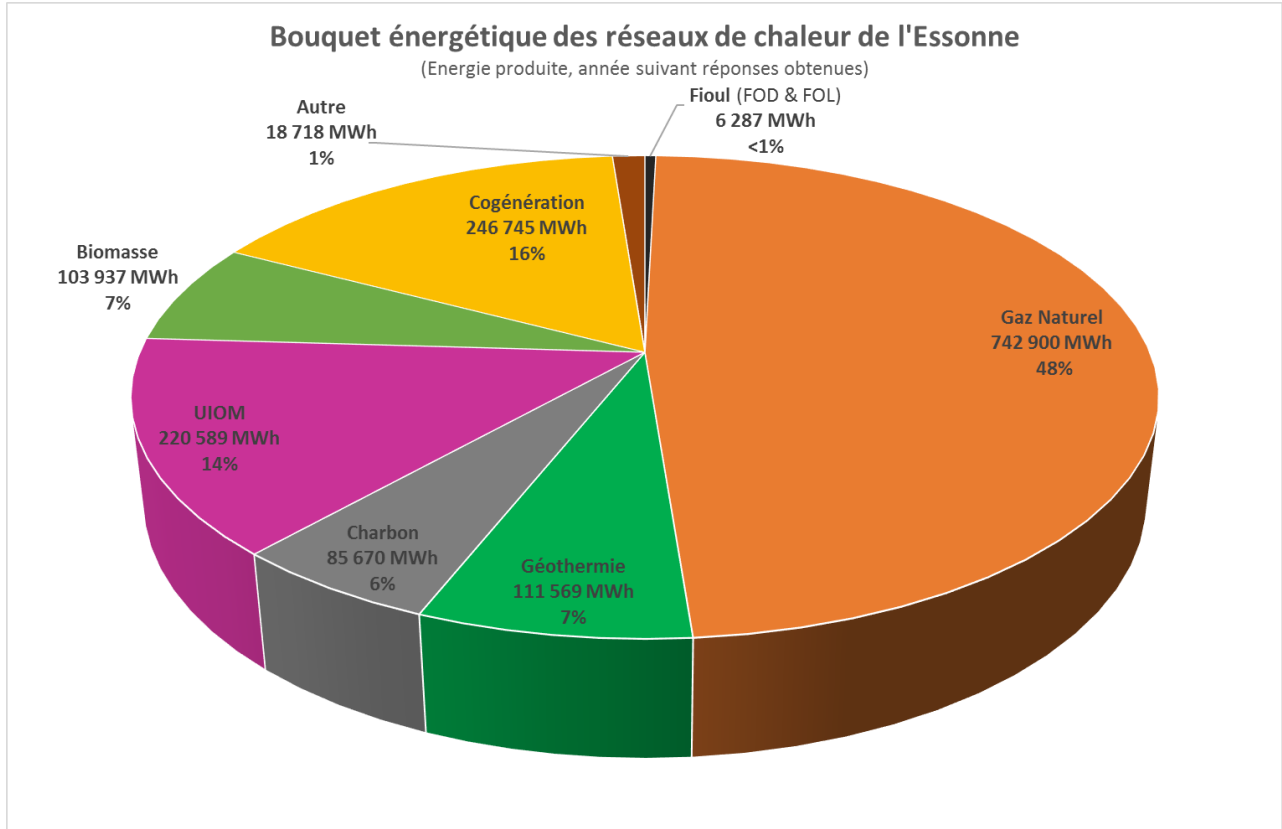


Figure 2 : Répartition des sources énergétiques utilisées pour la production de chaleur dans les réseaux de l'Essonne

Cette production permet ensuite d'alimenter, à l'échelle départementale, environ 120 000 équivalent-logements (suivant la définition du SRCAE, voir Lexique et Acronymes) en énergies, soit près de 35 800 équivalent-logements en EnR&R. En termes de bilan environnemental, cette production se situe exactement dans la moyenne nationale, sous la valeur moyenne de l'Île de France (cf. Tableau 1).

	France (Enquête de branche SNCU 2012)	Île-de-France (Enquête de branche SNCU 2012)	Essonne (Informations suivant résultats obtenus)
Contenu en CO ₂ (kg CO ₂ /kWh)	0,172	0,183	0,173

Tableau 1. Comparatif des performances environnementales des réseaux de l'Essonne à ceux des réseaux français et franciliens

Sur les aspects financiers, bien que relativement difficile à analyser de par leur nature en grande majorité privée, les réseaux de chaleur de l'Essonne sont, pour un tiers compétitifs par rapport à des solutions traditionnelles, pour un second tiers concurrencés par ces mêmes solutions et pour un dernier tiers peu attractifs. Ces derniers concentrent généralement les réseaux de chaleur où les énergies renouvelables ne sont pas majoritaires dans le bouquet énergétique.

Enfin, d'un point de vue juridique, il est important de différencier trois situations (les deux premières étant majoritaires sur le département) :

- Les réseaux techniques d'importance locale, dont le maître d'ouvrage privé se trouve être aussi l'unique client, et dont l'exploitation est généralement déléguée à un exploitant via un contrat d'exploitation thermique standard ;
- Les réseaux de chaleur privés, dont le maître d'ouvrage est une entité ou un regroupement d'entités privées (par exemple Association Syndical Libre), pour lesquels la gestion du réseau est directement confiée à un opérateur énergétique par le maître d'ouvrage au travers d'un contrat d'exploitation ;
- Les réseaux de chaleur publics, pour lesquels le maître d'ouvrage public délègue la gestion à travers un contrat de Délégation de Services Public à un opérateur énergétique. Il est à noter que deux des réseaux historiques du département (Massy-Antony et Epinay-sous-Sénart) sont gérés par des Sociétés d'Economie Mixte ou Syndicat qui délèguent l'exploitation à des opérateurs énergétiques.

Les réseaux de chaleur renouvelables de l'Essonne créés au cours des années 1980 ont démontré d'indéniables avantages par rapport à des réseaux de chaleur utilisant des énergies fossiles. Pour ces différentes raisons, de nombreux projets sont actuellement en cours d'étude ou de réalisation, traduisant le dynamisme de recours aux énergies renouvelables :

- Interconnexion Grigny – Viry-Châtillon : raccordement et extensions de deux ou trois réseaux autour de la mise en place d'un doublet au Dogger ;
- Ris-Orangis Plateau : mise en place d'un triplet au Dogger en vue de pérenniser l'exploitation datant des années 1980 et extensions ;
- Vigneux-sur-Seine : mise en place d'un nouveau doublet au Dogger et extension du réseau ;
- Paris Saclay (Zone Polytechnique et Zone du Moulon) : mise en place de deux boucles tempérées alimentées par deux doublets à l'Albien et de la récupération de chaleur fatale ;
- Camille Claudel – Palaiseau : Mise en service progressive à partir de fin 2014 d'un réseau de chaleur biomasse ;
- Evry-Courcouronnes : Mise en place de moyens de production renouvelables avec une géothermie au Dogger envisagée ;

Ce dynamisme de développement est permis grâce à un contexte rendu favorable par les autorités publiques.

En effet, des mesures prises pour la relance du développement des réseaux de chaleur (et notamment géothermiques) dans le cadre du Grenelle de l'Environnement ont permis la mise en place de dispositifs techniques et économiques favorables. Peuvent notamment être cités : le Fonds Chaleur de l'ADEME, la réduction des consommations des bâtiments existants par la rénovation prioritaire du parc social locatif, l'obligation de réaliser une étude de faisabilité d'un réseau de chaleur pour tout nouvel aménagement, la possibilité de prolonger les DSP pour des investissements dans les énergies renouvelables et la possibilité de classement des réseaux possédant plus de 50 % d'EnR&R. La nouvelle Réglementation Thermique dite « RT2012 » permet également de valoriser les réseaux de chaleur vertueux par l'octroi de modulations favorables pour tous les nouveaux bâtiments construits.

Ces mesures trouvent, sur le territoire de l'Essonne, une application concrète dans la mutation territoriale actuellement engagée avec des projets d'envergure comme : l'Opérations d'Intérêt

National Paris Saclay, le développement du Grand Paris Express, les nombreux plans de rénovations urbaines,... L'ensemble de ces projets est coordonné par l'établissement de Contrats de Développement Territoriaux (CDT) sur des territoires déterminés comme stratégiques.

Toutes ces avancées réglementaires, l'urbanisation actuelle et le développement urbanistique prévisible de l'Essonne montrent bien que les réseaux de chaleur utilisant des énergies renouvelables sont appelés à jouer un rôle important en milieu urbain en cours des années à venir. Ce contexte très favorable et les conclusions de l'état des lieux constituent un terrain propice au développement de la géothermie profonde dans le département de l'Essonne sur des zones ciblées.

A l'intérieur du périmètre défini précédemment, une méthode de criblage du territoire a été mise au point afin de cerner les zones d'adéquations entre la ressource sous-sol et sa possible valorisation en surface ; et ainsi proposer la réalisation de nouvelles opérations sur le département de l'Essonne.

Après avoir établi les potentialités de chacun des aquifères présentés précédemment, la mise en relation avec les besoins en surface a été réalisée à partir des ordres de grandeur donnés par le graphique ci-dessous (cf. Figure 3) et pondérée des caractéristiques et spécificités locales propres aux sites d'études.

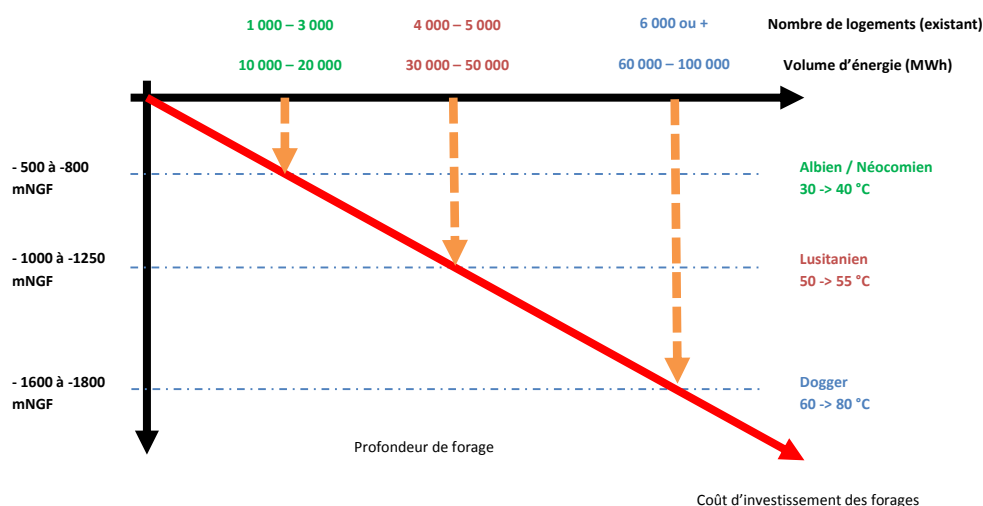


Figure 3 : Ordres de grandeurs pour cibler l'aquifère cible en fonction des besoins en surface.

Source : BET Sermet.

La méthode de criblage a abouti à une hiérarchisation du territoire d'étude en 4 groupes décrit ci-dessous, en fonction des potentialités de mises en place d'un réseau de chaleur géothermique.

Groupe 1 : « Zones où la réalisation d'une opération de géothermie est favorable » : Toutes ces zones ont fait l'objet d'une étude approfondie dans la suite du rapport.

Zone	Potentiel 2020	Densité Thermique	Potentiel Dogger	Potentiel Albien	Potentiel Neocomien	Potentiel identifié
Athis-Mons / Juvisy-sur-Orge						Environ 90 GWh
Chilly-Mazarin / Longjumeau						Environ 100 GWh
Ste Geneviève / St Michel / Fleury-Merogis						Environ 150 GWh
Savigny-sur-Orge / Morsang-sur-Orge						Environ 70 GWh
Yerres / Brunoy / Epinay-sous-Sénart						Environ 120 GWh

En Vert : Créations de réseaux ex-nihilo
En Orange : Interconnexions et extensions de plusieurs réseaux
En Bleu : Raccordement d'un réseau existant à un projet plus important

Echelle					
Excellent	Très bon	Bon	Moyen	Faible	Non applicable

L'analyse de toutes les potentialités du Groupe 1 donne les résultats suivants :

(Valeur Janvier 2015)	Athis-Mons Juvisy-sur-Orge	Chilly-Mazarin Longjumeau	Fleury-Merogis Ste Geneviève-des-Bois St Michel-sur-Orge	Savigny-sur-Orge Morsang-sur-Orge	Yerres Brunoy
Aquifère	Dogger	Dogger	Dogger	Dogger	Dogger
Longueur de réseau (m)	18 600	13 600	20 095	10 929	26 120
Longueur à créer (m)	17 300	13 600	13 795	10 929	14 320
Nombre d'équivalent-logement	5 900	7 750	12 350	4 800	11 000
Température d'exhaure (°C)	72	68	67	69	75
Débit géothermal (m³/h)	300	300	300	300	300
Production Totale (MWh)	71 860	94 370	150 832	59 065	134 175
Fourniture Géothermique ou Géothermie + PAC (MWh)	46 860	72 920	78 038	36 434	95 843
Fourniture Appoint Gaz (MWh)	25 000	21 450	38 339 - Cogénération 16 363 - Gaz Simple	22 631	38 332
Fourniture autre (MWh)			18 093 - Biomasse		
Taux de couverture	65%	66%	57%	62%	65%
Contenu CO ₂ (gCO ₂ /kWh _{utile})	0,087	0,070	0,090	0,094	0,083
Investissements (€HT)					
Moyens productions	13 835 000	17 035 000	21 035 000	13 870 000	17 070 000
Distribution	16 270 600	13 326 000	12 415 500	10 166 100	13 906 000
Livraison	3 664 500	3 469 000	2 870 000	2 100 000	2 583 000
Total	33 770 100	33 830 000	36 320 500	26 136 100	33 559 000
Aides Possibles du Fonds Chaleur	6 754 030	6 766 000	7 264 100	5 227 220	6 711 800
Investissements Total avec Aides	27 016 120	27 063 000	29 056 400	20 908 880	26 847 000

Pour chacun des sites potentiels, les résultats présentent le détail du patrimoine des bailleurs concernés par l'éventuelle création de réseau, le patrimoine communal, départemental et régional potentiellement raccordable et une cartographie de la zone avec un tracé possible de réseau.

Groupe 2 : « Zone à fort potentiel de développement de la géothermie mais pour lesquelles des études plus poussées sont nécessaires ».

Zone	Potentiel 2020	Densité thermique	Logements sociaux	Potentiel Dogger	Potentiel Albien	Potentiel Neocomien	Conclusion
Athis-Mons Centre - Bord de Seine							Potentiel correct mais diffus - Regroupements possibles
Brétigny-sur-Orge Est							Opération à l'Albien envisageable mais potentiel moyen et diffus
Corbeil-Essonnes Centre							Opération envisageable avec potentiel important mais diffus
Draveil Centre							Opération de faible envergure envisageable mais potentiel moyen et diffus
Juvisy-sur-Orge Centre							Potentiel important et dense - Regroupements possibles
Palaiseau Centre							Opération de moyenne envergure envisageable avec un potentiel important mais diffus
Ris-Orangis Centre				Recherche			Potentiel correct et dense - Raccordements aux réseaux à proximité à envisager
Sainte-Geneviève / Fleury-Merogis							Potentiel important avec raccordement au réseau - Regroupements possibles
Saint-Michel / Sainte-Geneviève							Potentiel important avec raccordement au réseau - Regroupements possibles
Morsang-sur-Orge Centre							Potentiel faible et diffus - Regroupement possibles
Savigny-sur-Orge / Morsang Nord							Potentiel correct encore amélioré avec regroupement
Yerres / Brunoy (sans Epinay ⁵ /s Senart)							Potentiel important mais diffus - Raccordements aux réseaux à proximité à envisager

En Vert : Création de réseaux ex-nihilo
En Bleu : Raccordement d'un réseau existant à un projet plus important

Echelle					
Excellent	Très bon	Bon	Moyen	Faible	Non applicable

Concernant Ris-Orangis, un permis de recherche au Dogger a déjà été accordé pour la zone, et le forage du troisième puit géothermique commencera au 2^{ème} semestre 2015. Le périmètre sera ensuite diminué à la taille d'une gélule lors de la mise en service du triplet prévue fin 2015.

Pour les zones du Groupe 2, soit :

- l'accès au Dogger n'est pas réalisable, seules, en raison d'un manque de valorisation en surface, c'est dans ce cadre que certaines zones se trouvent regroupées par deux en groupe 1 ;
- soit les besoins en surface sembleraient suffisant mais leur grande dispersion rendrait incertaine, en première approche, la faisabilité d'une opération.

Celles-ci pourront éventuellement et sous réserves d'études complémentaires :

- S'associer avec des communes limitrophes pour créer une opération de géothermie profonde ou se raccorder à un réseau géothermique déjà existant ;
- Réaliser une opération de géothermie au Dogger après confirmation du potentiel ;
- Se tourner, seules ou en association, vers des aquifères plus superficiels tels que le Lusitanien/Néocomien ou l'Albien avec l'installation de pompes à chaleur ;

Groupe 3 : « Ensembles de fortes consommations permettant d'envisager la mise en place de réseaux de chaleur mais pour lesquels des obstacles importants doivent être levés ».

Le reste des ensembles de forte consommation énergétique identifiés sur le périmètre d'étude a été regroupé dans le Groupe 3. Des obstacles importants seront à surmonter en vue de mettre en place un réseau de chaleur à base de géothermie, et d'autres sources énergétiques seront fortement à envisager ou sont même déjà envisagées. Ces ensembles ont été regroupés suivant quatre spécificités.

1/ Consommation de centre-ville ancien : La mise en place de réseau de chaleur dans cette typologie urbanistique entraîne un surcoût important qui doit faire l'objet d'étude plus poussée en vue de garantir la faisabilité d'un tel projet.

Il s'agit notamment des villes de Saclay, Gif-sur-Yvette, Orsay, Verrières-le-Buisson, Arpajon/St Germain-lès-Arpajon et Montlhéry.

2/ Consommations de zones d'activités / zones industrielles : les consommations de ces zones, de par leur caractéristiques de température et d'intermittence, sont peu adaptées à la géothermie.

Sur le département, le cas se présente pour la Zone d'Activité des Glaisses/Gutenberg à l'Est de Palaiseau ; la Zone Industrielle de la Vigne aux Loups sur les communes de Champlan, Chilly-Mazarin et Longjumeau ; la Zone Industrielle de Villemain à Wissous et la Zone Industrielle Croix Blanche sur les communes de Ste Geneviève-des-Bois, St Michel-sur-Orge, Fleury-Merogis.

Dans ces zones, la mise en place d'un réseau de chaleur reste néanmoins fortement encouragée, mais d'autre source d'énergie que la géothermie, et en particulier la récupération de chaleur fatale, doivent être envisagées.

3/ Grands quartiers excentrés : Ces quartiers présentent des caractéristiques de densité et de consommations intéressantes pour la mise en place de géothermie à l'Albien, mais les caractéristiques des bâtiments ne permettent pas d'envisager, à première vue, ce type de géothermie profonde.

Parmi ces zones se trouvent : Villebon/Palaiseau – Godet / Casseaux ; Brunoy – Les Hautes Mardelles ; Boussy-Saint-Antoine – Les Buissons ; Ste Geneviève-des-Bois / St Michel-sur-Orge – Perray / Bocqueteau / Lormoy et Montgeron – La Forêt.

Une étude faisabilité multi-énergie permettra de définir l'EnR&R optimale à mettre en place sur chacune de ces zones.

4/ Les zones d'extension planifiée ou envisagée de réseaux existants. Des projets existants déjà à un stade plus avancé que la présente pré-étude, ces zones ont été écartées.

Sur le département, sont concernés : le Parc d'activité de Courtaboeuf avec les extensions prévues des réseaux du SIOM Vallée de la Chevreuse ; le nord d'Evry, quartiers Parc aux Lièvres / Mousseaux avec extensions envisagée du réseau d'Evry-Courcouronnes ; Viry-Châtillon Centre avec la mise en place d'une interconnexion entre les réseaux de Viry et Grigny et vocation d'extension sur les deux communes et Ris-Orangis Sud-Est, zone sur laquelle le raccordement de deux réseaux existants et un projet a été jugé non pertinent dans le cadre d'une autre étude.

Enfin, cas à part, le quartier des Tarterêts à Corbeil-Essonnes ne fera pas l'objet d'une étude et se retrouve en Groupe trois, car malgré une forte densité de consommations, l'abandon récent d'un réseau existant ne permet pas d'envisager la mise en place à court ou moyen terme d'un nouveau réseau de chaleur.

Sur le reste du périmètre d'étude, les besoins en surface sont jugés insuffisants pour une géothermie profonde, dans le cadre de cette pré-étude. Toutefois, le recours ponctuel à une géothermie de surface peut être envisagé pour certains ensembles et projets énergétiques, de même que la mise en place de réseaux techniques alimentés en énergies renouvelables locales.

En synthèse, la création des 5 opérations du Groupe 1 permettraient de raccorder environ 41 800 équivalent-logements (donnée SCRAE) parmi lesquels 28 900 nouveaux équivalent-logements (la différence provenant des réseaux existants repris pour l'étude) sur le département de l'Essonne, soit une augmentation d'environ 24 %. Ceci représente environ 129 % des objectifs fixés et 29% du potentiel déterminé par le SRCAE, pour le département de l'Essonne.

Au niveau économique, un investissement total d'environ 164 millions d'euros HT pour les 5 projets serait nécessaire pour ces réseaux. Les subventions, dans le contexte, seraient de l'ordre de 32,7 millions (estimée à 20% dans chaque projet).

Enfin, il est réalisé une prospective en tenant compte :

- De la création de nouveaux réseaux de chaleur ;
- Du développement important et prévu de certains réseaux existants ;
- Du maintien des volumes d'énergies fournis par les réseaux ; leur développement venant compenser les opérations de réhabilitation des bâtiments existants.

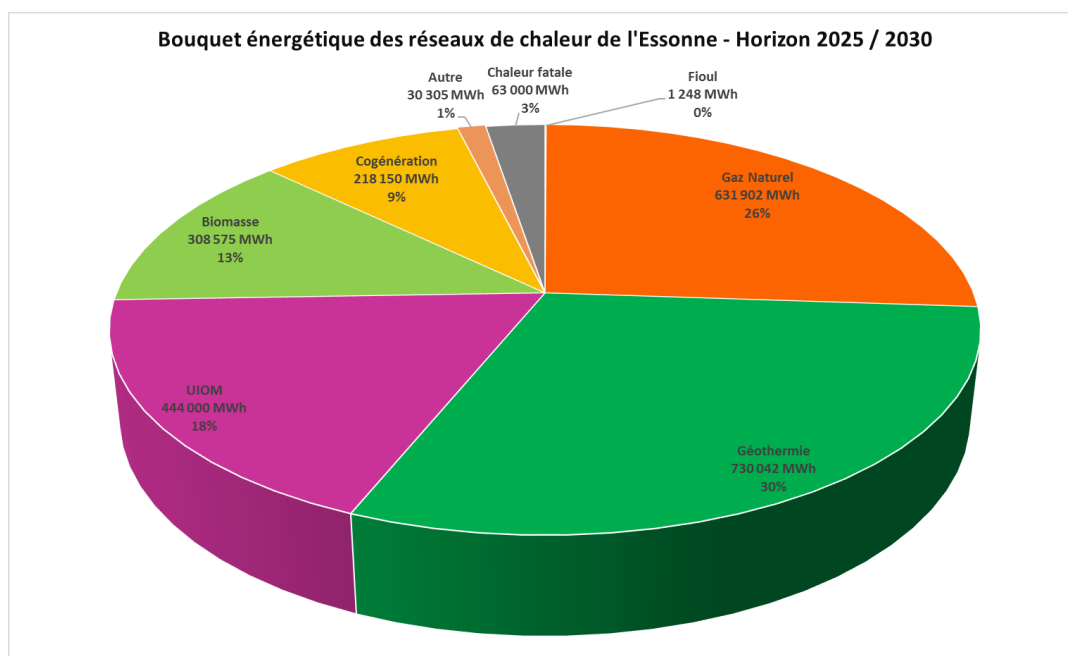
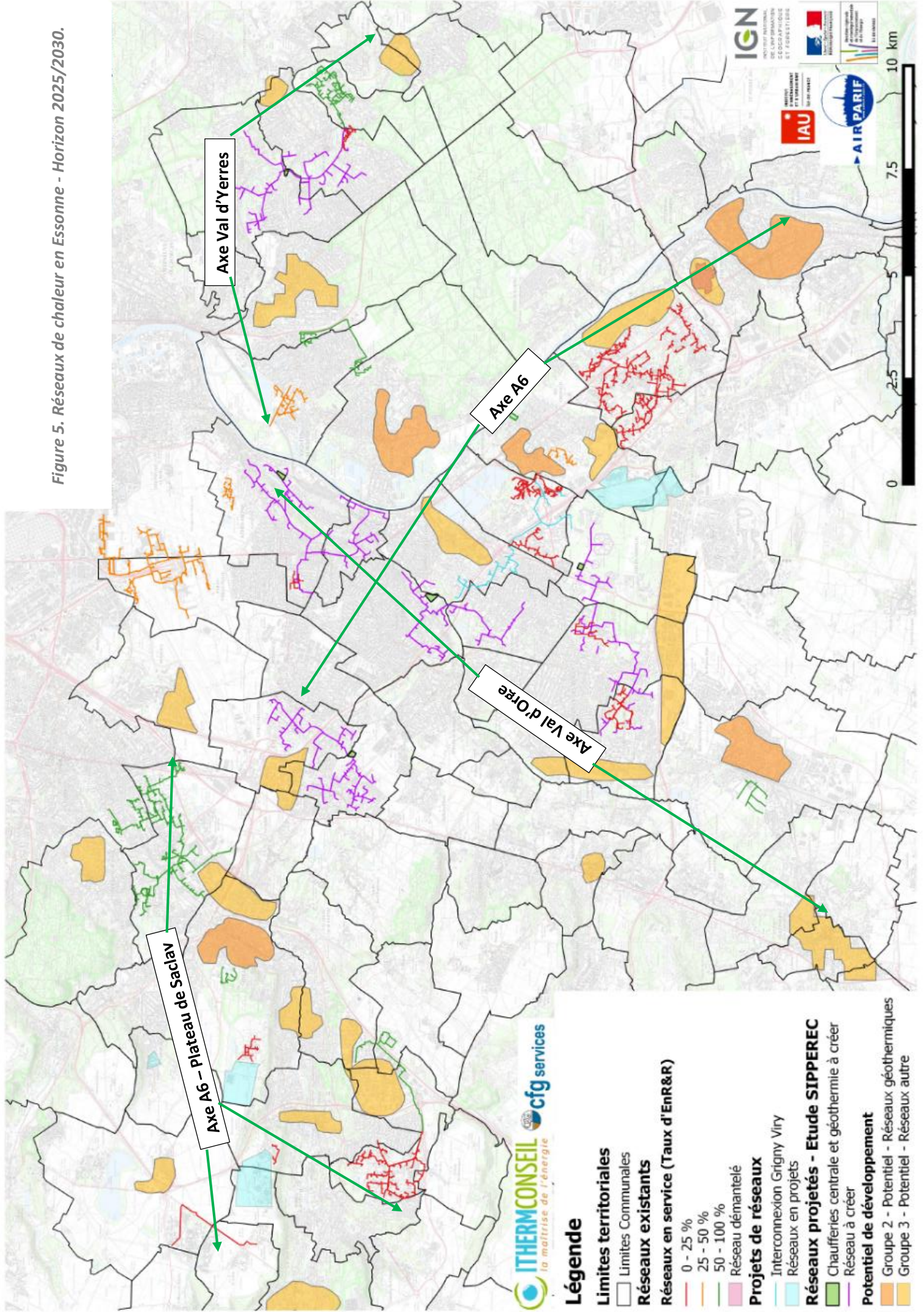


Figure 4. Mix énergétique des réseaux de chaleur de l'Essonne. Horizon 2025/2030.

Cette prospective montre qu'il serait possible, à horizon 2025/2030, pour le département de l'Essonne de respecter les engagements du SRCAE de la région Ile-de-France:

- En multipliant par 6 la quantité d'énergie géothermale valorisée via la réalisation d'opérations d'importance et grâce à la mise en place de Pompe à Chaleur ;
- En doublant les quantités d'énergie récupérée auprès des Usines d'incinération des Ordures Ménagères, en particulier en récupérant de l'énergie thermique sur le centre de traitement de Vert-le-Grand ;
- En raccordant environ 80 000 équivalent-logements supplémentaires.

Figure 5. Réseaux de chaleur en Essonne - Horizon 2025/2030.



LEXIQUE ET ACRONYMES

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie.

Artésianisme : si l'eau des réservoirs est soumise à une pression naturelle qui est suffisante pour faire jaillir l'eau du puits, le puits est dit artésien.

Aquifère ou réservoir : roche poreuse dont les pores sont interconnectés (perméabilité de pores) laissant circuler le fluide géothermal provenant de zones de recharge situées parfois à des centaines de kilomètres du « cœur » de l'aquifère. La roche peut également présenter localement des fissures ou microfissures permettant la circulation de l'eau. Les aquifères cibles de cette étude se trouvent dans des calcaires, des sables et/ou des grès.

Bassin sédimentaire : le Bassin parisien est un bassin sédimentaire. Un bassin sédimentaire est constitué par un ensemble de terrains sédimentaires déposés au long des différentes ères géologiques et reposant sur un socle granitique ou cristallin.

BBC : Bâtiment Basse Consommation

BEPOS : Bâtiment à énergie positive

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

Boucle géothermale : éléments physiques et matériels en contact avec le fluide géothermal constituant le circuit partant du puits de production et aboutissant au puits de réinjection ;

CEE : Certificats d'Économie d'Énergie

Circuit géothermique : par opposition à la boucle géothermale, le circuit géothermique est composé des éléments en contact avec un fluide propre (eau brute traitée) qui véhicule la chaleur prise au fluide géothermal. L'échangeur thermique constitue la frontière physique entre géothermal et géothermique.

COP d'une installation géothermique : c'est le coefficient de performance de l'installation qui est défini comme le rapport de l'énergie produite sous forme de chaleur par l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement de l'opération. La valeur du COP est comprise entre 20 et 45 suivant les installations.

COP d'une PAC (à compression) : c'est le rapport de l'énergie produite (chaleur fournie) par l'énergie mécanique fournie (énergie motrice). La valeur optimale du COP est dépendante de la différence de température entre la ressource et la température désirée. Le COP d'une PAC est compris entre 3 et 5

Densité thermique : Quantité d'énergie thermique appelée par mètre de conduite du réseau de chaleur installée.

Degré Jour Unifié (DJU) : Différence de température entre la température extérieure et la température de 18°C (température intérieure des logements), multipliée par la durée de cette différence (en jours).

DN : Diamètre Nominal (d'une conduite)

DPE : Diagnostic de Performance Énergétique. Vise à évaluer la quantité d'énergie et de gaz à effet de serre consommée ou dégagée par un bâtiment donné dans des conditions d'utilisation normales.

DSP : Délégation de Services Public

Echangeur de chaleur : dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre sans les mélanger. Le flux thermique traverse la surface d'échange qui sépare les fluides. Ils sont souvent de type échangeurs à plaques (les surfaces d'échange sont des plaques de métal).

ECS : Eau Chaude Sanitaire

EnR&R : Énergies renouvelables et de récupération

Équivalent-logement : L'équivalent-logement est une unité de quantité d'énergie, essentiellement utilisée afin de donner une réalité « concrète » à des statistiques sur les quantités d'énergie livrées. Dans un souci d'homogénéisation avec les études précédentes réalisées par le SIPPAREC, 1 équivalent-logement = 11,6MWh

FOD : fioul domestique

FOL : fioul lourd

Foisonnement : Sur un réseau de chaleur, les relances de certaines sous-stations compensent les réduits des autres. Les appels de puissance en sortie chaufferie sont alors lissés, on parle de foisonnement.

Géothermie : Utilisation de la chaleur de la terre. La récupération de cette chaleur sous forme d'énergie thermique se fait par circulation d'un fluide dans la formation ciblée. Ce fluide caloporteur peut être de l'eau injectée sous pression depuis la surface qui remontera chargée des calories ou l'eau naturellement présente au sein d'un aquifère souterrain comme par exemple l'eau du Dogger dans le Bassin parisien.

GER : Gros entretien et renouvellement

GN : Gaz naturel

Gradient géothermal : correspond à l'accroissement de la température en fonction de la profondeur, il est en moyenne en région parisienne de 3,5°C / 100 m.

Hauteur productrice : hauteur géométrique des couches effectivement productrices au niveau du forage dans la zone de prélèvement.

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement. Dans le cas d'une chaufferie cela concerne les installations dont la puissance est supérieure à 2 MW.

Intermittence : Utilisée dans les bilans de puissance, cette donnée permet de prendre en compte les éventuels réduits de température selon le type de bâtiment : par exemple la nuit, le week-end ...

Isohypses : courbes reliant des points d'une surface situés à une même altitude (mesurée en m NGF, mesurée par rapport au niveau 0 du marégraphe de Marseille)

Isoprofondeurs : courbes reliant des points d'égale profondeur (mesurée en m par rapport au sol)

kWh/MWh : voir Wh

Mâchefers : Métaux lourds issus de la combustion des déchets, imbrûlés

MWh cumac : MWh cumulés et actualisés (dans le cadre des Certificats d'Economie d'Energie)

MWhé : MWh électrique

ORDIF : Observatoire Régional des Déchets d'Ile-de-France.

PAC (à compression) : Pompe A Chaleur. Machine thermodynamique permettant d'extraire de la chaleur d'un milieu et de transférer cette énergie, augmentée de l'énergie motrice de la machine (moteur thermique ou électrique), à un autre milieu.

PC : Permis de Construire

PCI/PCS : Pouvoir Calorifique Inférieur/Supérieur (d'un combustible)

Perméabilité : aptitude d'un milieu à se laisser traverser par un fluide (mesurée en Darcys).

PoP : Pollutions Organiques Persistantes : composés dangereux pour la santé présentant des difficultés à être éliminé (dioxines, furanes...etc.)

Porosité : ensemble des volumes de petites tailles pouvant être occupés par des fluides (gaz, eau, pétrole). Elle est définie comme le rapport entre le volume des vides et le volume total de roche, c'est une qualité intrinsèque de la roche (les pores sont interconnectés pour une roche perméable).

REFIOM : Résidus d'Epuración des Fumées d'Incinération des Ordures Ménagères

Rendement d'un réseau de chaleur : Rapport entre la quantité de chaleur livrée en sous-stations et la quantité de chaleur produite en tête de réseau, permettant d'évaluer les pertes thermiques du réseau

Réseau primaire : Partie du réseau de chaleur située en amont des sous-stations, reliant celles-ci aux centrales de production de chaleur

Réseau secondaire : Réseau situé en aval des sous-stations, permettant de relier celles-ci aux locaux à chauffer. Le réseau secondaire ne fait pas juridiquement partie du réseau de chaleur géré par le fournisseur du service de chauffage urbain.

RT (2005/2012 ...) : Règlementation Thermique

SAN : Syndicat d'Agglomération Nouvelle

Socle (ou socle cristallin) : désigne une structure géomorphologique constituée d'un ensemble rocheux induré, base sur laquelle des formations dites sédimentaires se sont déposées.

SRCAE : Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie

Taux de couverture de la géothermie : Rapport de l'apport géothermie par les besoins.

Température de base : Température extérieure de référence pour la réalisation des bilans thermiques. Elle correspond à la température minimale (constatée au moins 5 jours dans l'année) d'un lieu donné.

Toit et mur d'un aquifère : Le toit correspond à la surface supérieure d'une formation, et le mur à sa surface inférieure ;

Tonne équivalent pétrole (Tep) : Unité de mesure d'énergie, correspondant à la quantité d'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole. Une tep équivaut à 11,628 MWh.

Transmissivité : Caractéristique déterminante dans la productivité d'une nappe souterraine, elle correspond au produit de la hauteur productrice h et de la perméabilité. La transmissivité est exprimée en Darcy.mètre (Dm).

TRI : Taux de Rentabilité Interne (d'un projet)

Sous-station : Interface entre le réseau primaire et le réseau secondaire, la sous-station est le lieu où la chaleur est livrée par le fournisseur du service de chauffage urbain. Physiquement, il s'agit d'un échangeur thermique, situé en général en pied d'immeuble.

UIOM : Usine d'Incinération d'Ordures Ménagères

URF : Unité de Répartition Forfaitaire, pouvant être utilisée comme unité de facturation de la part fixe R2 d'un réseau de chaleur.

Wh : Unité de mesure d'énergie, correspondant à l'énergie produite par une puissance de 1 watt en une heure. On rencontre plus souvent le kWh (échelle d'un logement) ou le MWh (échelle d'un réseau de chaleur).

PERIMETRE D'ETUDE

Les précédentes études sur la géothermie en Essonne, et en particulier l'étude menée par le BRGM en 2008 pour le Conseil Départemental de l'Essonne, ont montrées que le potentiel sous-sol est le plus intéressant sur le tiers nord du département, avec des aquifères profonds réservoirs et à des températures intéressantes pour l'exploitation.

Cette répartition géographique du potentiel sous-sol correspond aussi à la zone de forte densité de population du département présenté sur la carte suivante :

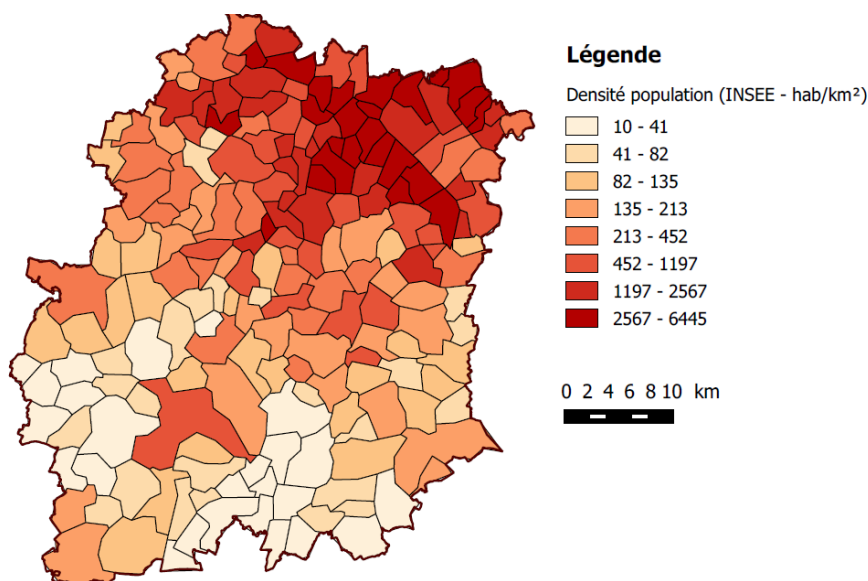


Figure 6. Densité de population de l'Essonne. Source : RGP 2011 - INSEE.

Il a donc été décidé de considérer dans le cadre de cette étude :

- Que l'état des lieux des réseaux de chaleur et de la géothermie aurait pour périmètre l'ensemble du département
- Que l'analyse des potentialités se ferait sur le périmètre regroupant les 72 communes suivantes, correspond au tiers nord du département :

Arpajon	Courcouronnes	Juvisy-Sur-Orge	Montgeron	Saint-Aubin	Vauhallan
Athis-Mons	Crosne	La Norville	Montlhéry	S ^{te} -Geneviève-Des-Bois	Verrières-Le-Buisson
Ballainvilliers	Draveil	La Ville-Du-Bois	Morangis	S ^t -Germain-Lès-Arpajon	Vigneux-Sur-Seine
Bievres	Epinay-Sous-Senart	Le Plessis-Pate	Morsang-Sur-Orge	S ^t -Germain-Lès-Corbeil	Villabé
Bondoufle	Epinay-Sur-Orge	Les Ulis	Nozay	Saint-Michel-Sur-Orge	Villebon-Sur-Yvette
Boussy-Saint-Antoine	Etiolles	Leuville-Sur-Orge	Ormay	Saint-Pierre-Du-Perray	Villejust
Bretigny-Sur-Orge	Evry	Linas	Orsay	Saintry-Sur-Seine	Villemoisson-Sur-Orge
Brunoy	Fleury-Merogis	Lisses	Palaiseau	Saulx-Les-Chartreux	Villiers-Le-Bâcle
Bures-Sur-Yvette	Gif-Sur-Yvette	Longjumeau	Paray-Vieille-Poste	Savigny-Sur-Orge	Villiers-Sur-Orge
Champlan	Gometz-Le-Chatel	Longpont-Sur-Orge	Quincy-Sous-Sénart	Soisy-Sur-Seine	Viry-Châtillon
Chilly-Mazarin	Grigny	Massy	Ris-Orangis	Tigery	Wissous
Corbeil-Essonnes	Igny	Mennecy	Saclay	Varenes-Jarcy	Yerres

ETAT DES LIEUX

1. PRINCIPES GENERAUX

1.1. Fonctionnement d'un réseau de chaleur urbain

Le groupe de travail sur les énergies renouvelables du débat national sur la transition énergétique soulignait en 2013 que "les réseaux de chaleur constituent un **vecteur important pour l'intégration des énergies renouvelables thermiques**, notamment pour les installations de grandes capacités". La part des énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) dans les réseaux est en effet passée de 26% en 2005 à 36% en 2013 au niveau national. L'objectif des professionnels est d'atteindre 50% d'ENR&R en 2020 et de doubler le nombre de réseaux de chaleur géothermiques d'ici 2020, cela en partie grâce au soutien du Fonds Chaleur de l'ADEME mis en place par la loi Grenelle II, auquel est éligible tout projet si au moins 50% du réseau est alimenté via des ENR&R. Le nombre global de réseaux de chaleur en France devrait tripler d'ici 2020.

1.1.1. Définition d'un réseau de chaleur

Le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie définit un réseau de chaleur de la manière suivante :

« Un réseau de chaleur est un système **de distribution de chaleur** produite de façon centralisée, permettant de desservir un ou plusieurs usagers. Il comprend une ou plusieurs **unités de production** de chaleur, un **réseau de distribution primaire** dans lequel la chaleur est transportée par un fluide caloporteur, et un ensemble de **sous-stations** d'échange, à partir desquelles les bâtiments sont desservis par un **réseau de distribution secondaire**. »¹



Figure 7. Schéma d'un réseau de chaleur. Source : ADEME

Ainsi, un réseau de chaleur est constitué de trois éléments principaux :

- D'une production de chaleur ;

¹ Site du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie – Réseau de Chaleur – Consulté le 23/07/2014

- D'un réseau de distribution ;
- De postes de livraison de chaleur.

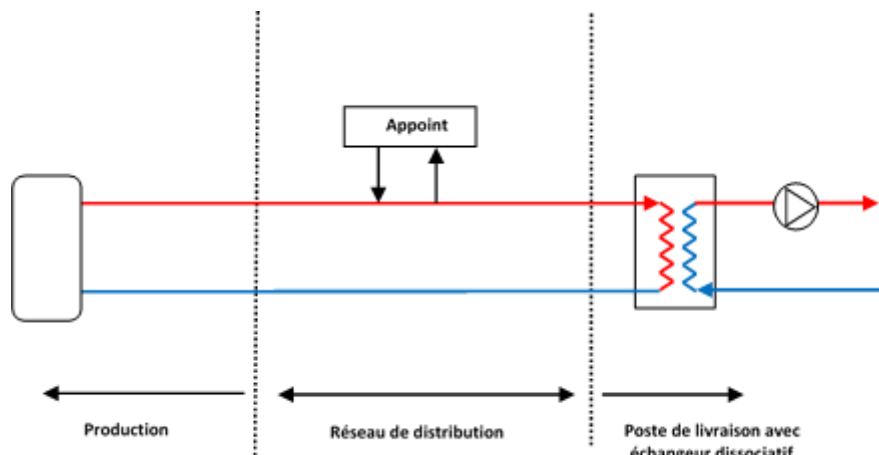


Figure 8 : Schéma-type de fonctionnement d'un réseau de chaleur

1.1.2. Production de chaleur

Ces installations ont pour but de fournir l'énergie nécessaire, ou du moins une partie, en vue de subvenir aux besoins des consommateurs du réseau. Elles doivent garantir la température et la pression du fluide caloporteur et sont pilotées industriellement en fonction de la demande.

La plupart des réseaux (80%) ne comportent qu'une seule installation de production (ou source) composée d'une unité principale centralisée, et complétée en secours ou pendant les périodes de pointe par une unité d'appoint. Cependant, ce mode de fonctionnement ne permet pas une grande flexibilité au niveau des matières premières et, au vu du contexte énergétique actuel (pic de consommation...), les exploitants se tournent maintenant vers un mix énergétique provenant de plusieurs sources, qui peuvent être décentralisées.

La production de chaleur pour des réseaux peut être assurée par des énergies fossiles, renouvelables ou de récupération. Suivant le cas, celle-ci peut être réalisée avec :

- Des chaudières pour des combustibles solides (charbon, bois-énergie), gazeux (gaz, bio-méthane) ou liquides (fioul) ;
- Des échangeurs de production (géothermie, récupération de chaleur, solaire thermique) ;
- Directement, le fluide du réseau primaire passant directement dans la source de chaleur (solaire thermique).

1.1.3. Le réseau de distribution

Le réseau de distribution a pour but d'amener la chaleur produite, éventuellement appointée, aux abonnés, via des postes de livraison de chaleur : les sous-stations.

Fluide caloporteur

Quatre grands types de vecteur de chaleur sont actuellement utilisés :

- La vapeur (température entre 200 et 300°C). Introduite entre 1880 et 1930, cette technique n'est quasiment plus utilisée que par le réseau de Paris, sur certaines parties d'anciens réseaux, et pour des réseaux répondant à des besoins industriels.
- L'eau surchauffée ou Eau Chaude Haute Pression - température d'eau supérieure à 110°C et pression supérieure à 16 bars. Cette technique développée à partir de 1930 et installée jusque dans les années 1970 est généralement utilisée pour les réseaux de taille importante.
- L'eau chaude (ou Eau Chaude Basse Pression - température d'eau comprise entre 60 et 110°C, pression comprise entre 10 et 16 bars). Cette technique est introduite dans les années 1970 et est le vecteur majoritaire des réseaux de chaleur existants. Il ne nécessite, pour les logements récents, aucun appoint après les postes de livraison.
- L'eau tempérée (température d'eau comprise entre 15 et 50°C) est un nouveau vecteur en cours de développement qui permet d'utiliser de nouvelles sources de chaleur (récupération sur Data Center, géothermie très basse énergie), et nécessite un appoint important au poste de livraison. Ce vecteur peut être utilisé, suivant sa température, aussi bien pour le chauffage que pour la climatisation.

Canalisation et géométrie

Les canalisations qui constituent ce réseau peuvent être :

- En tube acier calorifugé placé en caniveau ;
- En tubes pré-isolés, directement enfouis dans le sol. Dans ce cas-là, le matériau constitutif est soit : en fonte, en acier ou en fibre de verre.

Ce réseau fonctionne en boucle fermée (cf Figure 7) : un circuit aller (en rouge) transporte le fluide calorifique chaud jusqu'aux sous-stations puis le circuit retour (en bleu) ramène le fluide, qui a fourni une partie de sa chaleur au niveau de la sous-station d'échange, jusqu'à l'unité de production. Il peut être ramifié, c'est-à-dire qu'une seule série de canalisation relie la production aux consommateurs (cf Figure 7) ou maillé, plusieurs canaux pouvant alors amener la chaleur jusqu'à sa consommation finale.

Il est possible, afin de valoriser au mieux l'énergie de l'eau géothermale en la réinjectant la plus froide possible, d'avoir des réseaux multi-tubes (3 ou 4). De cette manière, le réseau est structuré en cascade de deux voire trois niveaux : l'eau alimente prioritairement les logements nécessitant des niveaux de température élevés (radiateurs en fonte...), puis les bâtiments nécessitant un niveau de température intermédiaire (chauffage par panneaux de sol), et alimente en dernier les bâtiments les plus récents, nécessitant les niveaux de température les plus faibles (émetteurs basse température, piscines...). L'eau du réseau revient en ayant ainsi livré un maximum de sa chaleur, avant d'être à nouveau réchauffée en centrale.²

² Source : AGEMO, Les réseaux de chaleur et mode de fonctionnement.

1.1.4. Fonctionnement des sous-stations

Les sous-stations sont généralement implantées au pied des immeubles (dans la chaufferie ou dans un local technique). Suivant les besoins, elles peuvent fournir le chauffage ou le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

Dans le premier cas, elles sont équipées d'un échangeur de chaleur qui opère une récupération thermique entre le circuit de distribution et le circuit secondaire (réseau qui alimente localement l'immeuble raccordé).

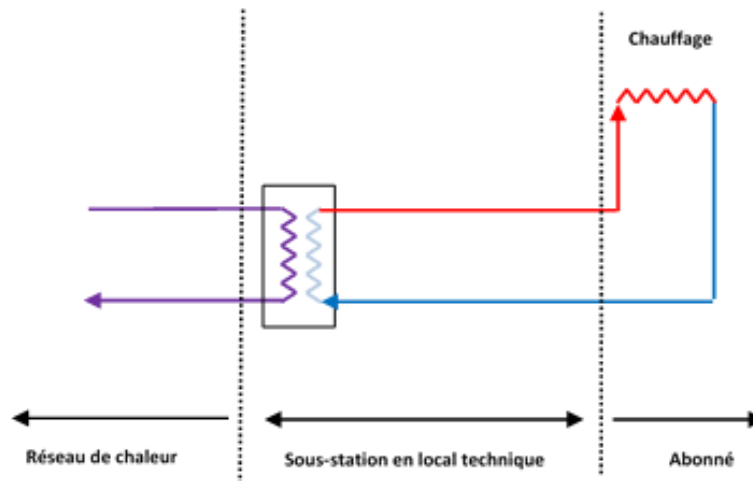


Figure 9. Schéma-type de fonctionnement d'une sous-station pour le chauffage uniquement

Dans le deuxième cas, en plus de l'échangeur de chauffage, un module de production d'eau chaude sanitaire est installé. Ce module peut être constitué d'un échangeur placé en dérivation du circuit primaire et qui alimente un système de stockage. Lors des pointes, le puisage s'effectue aussi bien sur l'échangeur que dans le ballon de stockage.

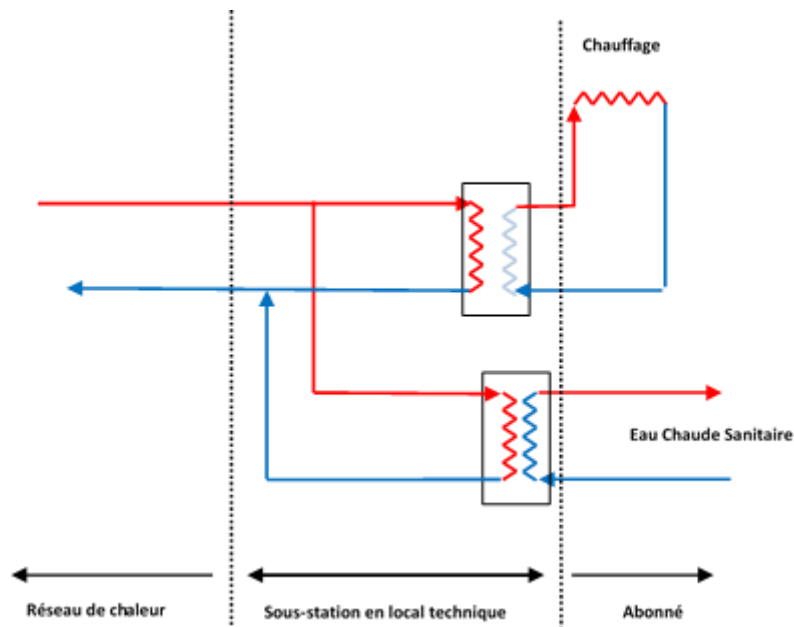


Figure 10. Schéma-type de fonctionnement d'une sous-station chauffage et production d'ECS

Un circuit dit secondaire permet ensuite de distribuer l'énergie aux utilisateurs finaux. Le fluide de ce circuit est réchauffé par le circuit primaire au sein de l'échangeur se trouvant dans la sous-station. Il ne fait pas partie du réseau de chaleur au sens juridique, car il n'est pas géré par l'exploitant du réseau mais par le propriétaire du bâtiment.

1.1.5. Intégration des systèmes d'appoint-secours

Les systèmes d'appoint sont indispensables sitôt que la demande en chaleur dépasse les capacités de production des moyens de production de base. Il est donc nécessaire d'injecter de la chaleur complémentaire sur le réseau. D'autre part, il convient de prévoir un système de secours en cas d'indisponibilité des EnR&R. L'intégration de ces dispositifs au réseau de distribution est similaire qu'ils soient pour l'appoint ou le secours. Les systèmes sont prévus pour fonctionner un nombre d'heures limité et la chaleur peut être produite de deux façons :

- Par des pompes à chaleur jusqu'à une certaine puissance puis le complément par des chaudières, en appoint.
- Totalement par des chaudières à combustible fossile ou biomasse en appoint ou secours.

Les Pompes à Chaleur (PAC)

L'installation de pompes à chaleur (PAC) se fait principalement dans le cadre de réseaux géothermiques, et a pour objet une meilleure utilisation de la ressource par abaissement de la température de réinjection et élévation de la température du réseau après passage dans les échangeurs de tête de puits. Plusieurs raccordements hydrauliques des évaporateurs et des condenseurs peuvent être envisagés :

- Le fluide géothermique après passage dans les échangeurs de tête de puits traverse un second échangeur qui est alimenté au secondaire par un réseau parcourant les évaporateurs des pompes à chaleur. Les retours du réseau de chaleur traversent d'abord les secondaires des échangeurs tête de puits puis les condenseurs des pompes à chaleur (cf. Figure 11).

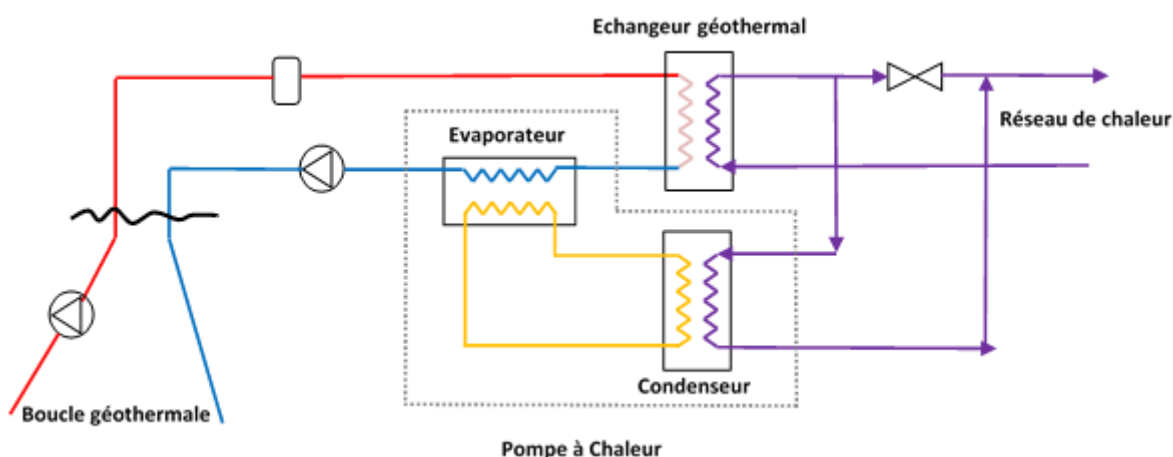


Figure 11. Schéma d'intégration de pompes à chaleur sur un réseau géothermique. Montage du condenseur en parallèle avec l'échangeur géothermique.

- Les retours du réseau de chaleur traversent les évaporateurs des pompes à chaleur avant d'alimenter les secondaires des échangeurs tête de puits puis de traverser les condenseurs des pompes à chaleur (cf. Figure 12). Cette solution sera retenue pour l'évaluation des variantes avec PAC dans la suite de l'étude en raison de son coût de mise en œuvre réduit par rapport à la première solution.

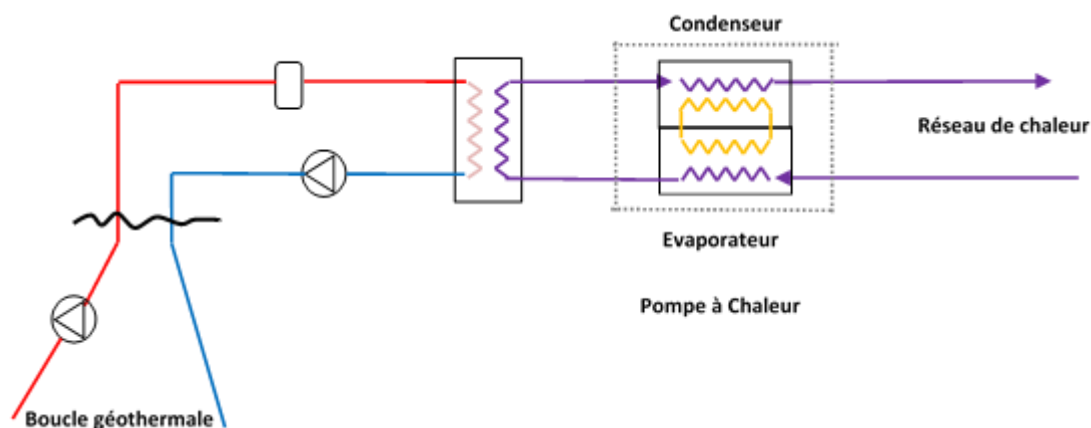


Figure 12. Intégration d'une PAC sur un réseau de chaleur géothermique

Dans le cas de plusieurs pompes à chaleur, ces dernières peuvent être installées en série ou en parallèle. Elles sont généralement installées à proximité de la centrale géothermique et sont dimensionnées pour effectuer une partie de l'appoint, le complément étant réalisé par des chaudières.

Les chaudières

Que le réseau de distribution intègre, ou non, des pompes à chaleur, il est souvent nécessaire de disposer d'un appoint de chaleur complémentaire par chaudière. L'appoint peut se faire de 3 manières différentes :

- Par appoint décentralisé : Les chaufferies des abonnés raccordés au réseau de chaleur sont conservées. Le réseau de chaleur délivre la chaleur de base d'origine géothermique ou autre et les chaudières délivrent la chaleur complémentaire dans la sous-station. Cette solution présente l'inconvénient de la multiplicité des régulations de chaufferies sur le réseau et une plus grande difficulté à maîtriser les températures de retour à la centrale. Cependant, l'investissement, dans ce cas de figure, est limité. Cette solution présente un intérêt lors des raccordements d'ensembles existants avec un nombre limité de chaufferies.

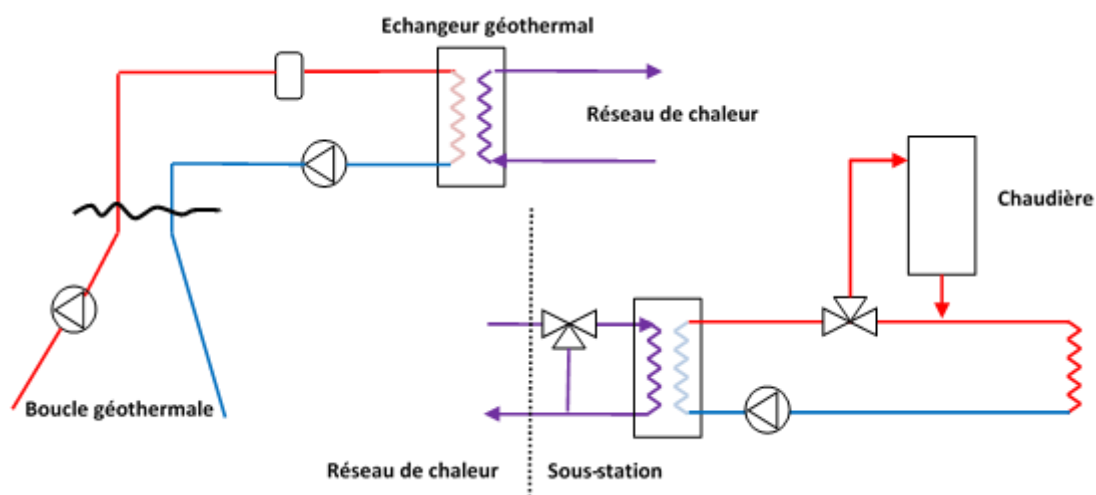


Figure 13. Schéma d'intégration d'un appoint décentralisé sur un réseau de chaleur

- Par appoint semi-centralisé : Certains sites peuvent être équipés de chaufferies surdimensionnées pour les ensembles qu'elles desservent. La solution consiste à adapter ces chaufferies afin qu'elles soient en capacité de fournir un appoint et un secours directement sur le réseau pour des abonnés situés en aval de la chaufferie.

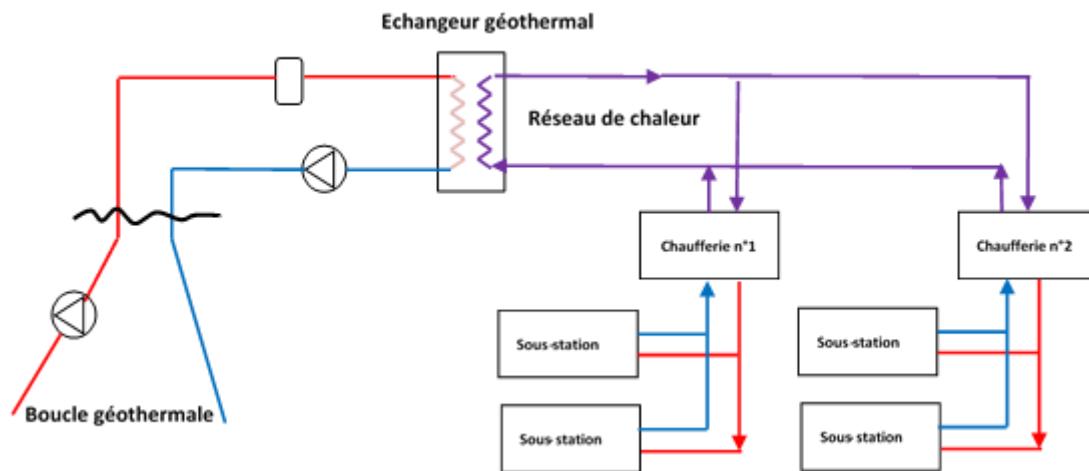


Figure 14. Schéma d'intégration d'un appoint semi-centralisé sur un réseau de chaleur

- Par appoint centralisé : C'est la solution la mieux adaptée à la conduite d'un réseau de chaleur. La chaufferie peut être une chaufferie existante de taille suffisante, ou plus généralement, une nouvelle chaufferie qui couvre tous les besoins du réseau. Cela impose aussi l'abandon de toutes les chaudières dans les anciennes chaufferies transformées en sous-stations. Cette solution permet une gestion technique et économique performante. Cependant la réalisation d'une chaufferie centralisée nécessite un investissement important.

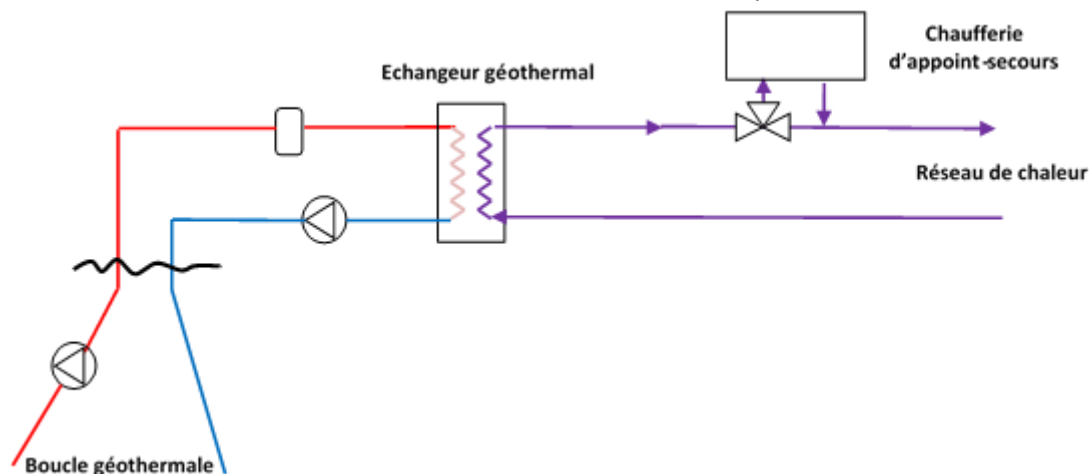


Figure 15. Schéma d'intégration d'un appoint centralisé sur un réseau de chaleur

1.2. Sources énergétiques envisageables

1.2.1. EnR'Choix

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

Le premier volet de ce guide correspond aux notions de sobriété et d'efficacité énergétique. Pour rappel, la sobriété énergétique correspond à la suppression ou la limitation des consommations d'énergie superflues par un meilleur usage du bâtiment et de ses équipements.

L'efficacité énergétique d'un bâtiment ou d'un équipement est le rapport entre la quantité d'énergie utilisée et la quantité d'énergie consommée. Plus ce rapport est faible, plus l'équipement est considéré comme performant et minimisant les déperditions énergétiques. L'amélioration de l'efficacité peut se faire par deux vecteurs :

- L'amélioration de l'isolation, de la ventilation, et des équipements de chauffage (efficacité passive)
- La mise en place de pratiques permettant de diminuer et réguler la consommation d'énergie tout en maintenant un niveau de service équivalent (efficacité active).

Le deuxième volet se penche sur la production de chaleur pour un bâtiment ou une collectivité, et est résumé sur la Figure 16 ci-dessous. Le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire par réseau de chaleur (existant ou à créer) y est fortement encouragée avant d'envisager la mise en place de solutions individuelles.

La deuxième étape correspond à l'optimisation du choix de la source de chaleur en vue d'alimenter un réseau de chaleur, en favorisant les énergies locale et non délocalisable telles que la chaleur fatale ou la géothermie, avant d'envisager d'autres sources d'EnR&R telles que la biomasse.

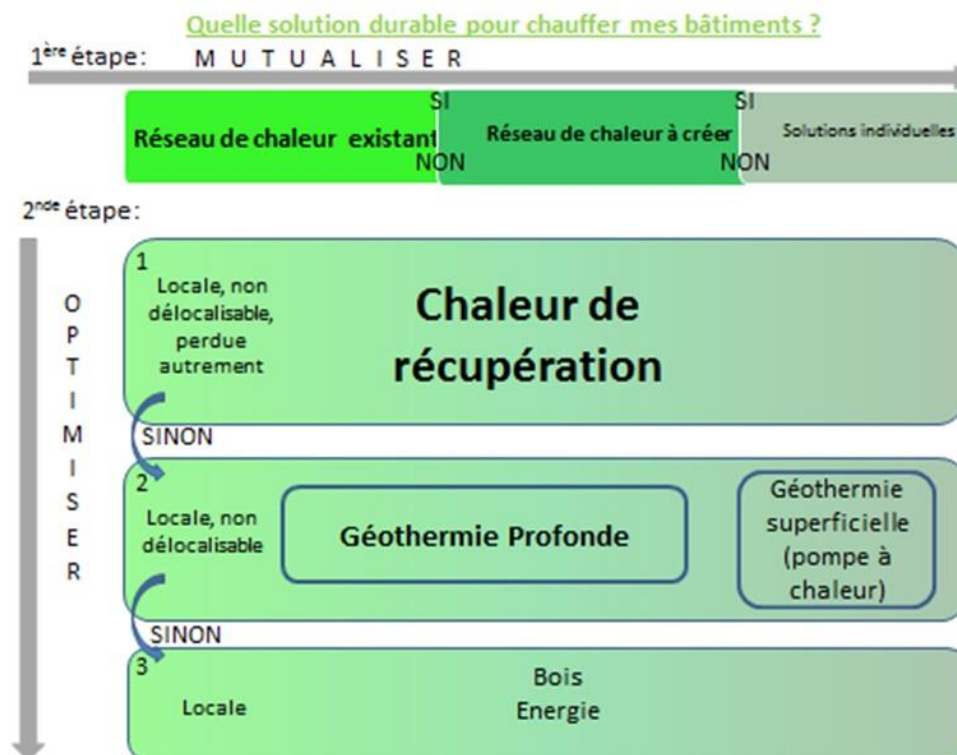


Figure 16. Pyramide des choix d'EnR&R. Source : ADEME Ile de France.

Le respect de ce guide permet d'être éligible à plusieurs aides de l'ADEME en vue de la rénovation ou de la mise en place de nouveaux systèmes de production de chaleur. Il est clairement identifié que la source d'EnR&R à privilégier est la chaleur de récupération, suivi par la géothermie, les autres sources locales passant ensuite dans les choix. Ces différentes sources énergétiques sont présentées dans la suite de l'étude suivant leur position dans cette pyramide des choix.

En particulier, cette étude s'attache à proposer aux collectivités des solutions mutualisées basées sur la récupération de chaleur des nappes géothermales profondes sur le département de l'Essonne, dans la mesure où ce département ne présente aujourd'hui aucune solution de récupération d'énergie fatale en quantité suffisante pour alimenter les réseaux de chaleur à l'échelle du territoire d'une collectivité.

1.2.2. Récupération de chaleur fatale

D'après l'ADEME, « la chaleur fatale désigne la chaleur résiduelle issue d'un procédé dont l'objectif principal n'est pas la production de cette chaleur. Elle est considérée comme une énergie n'émettant pas de CO₂, puisqu'il s'agit d'une ressource qui est de toute façon produite puis rejetée sans valorisation ». La Figure 17 reprend les différentes sources de chaleurs fatales, leur état et leur température.

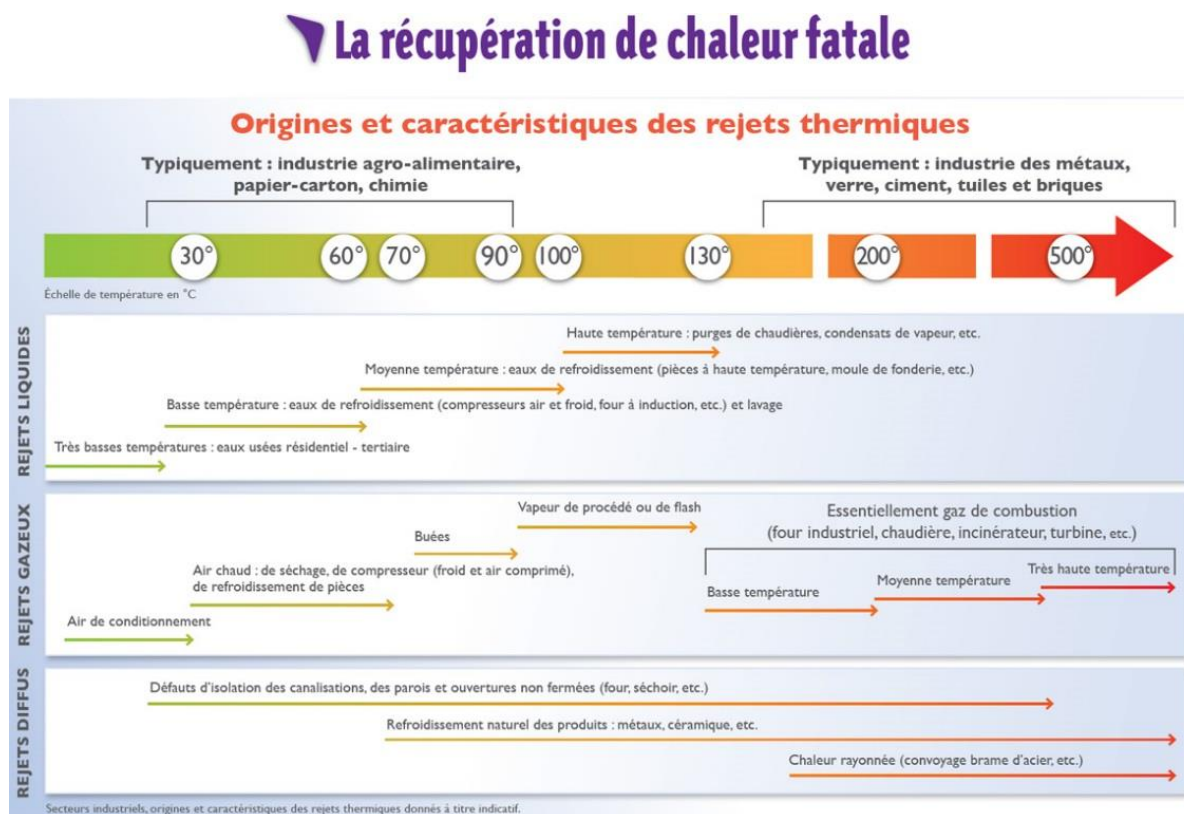


Figure 17. Sources de chaleur fatales - Températures et forme de rejet. Source : ADEME.

Dans le cadre des réseaux de chaleur, les principales sources sont :

- Les UIOM avec la valorisation énergétique de la chaleur des incinérateurs ;
- Les Data Center, dont les fortes consommations électriques entraînent d'important besoins de refroidissement ;
- Les eaux usées, avec une source d'énergie très basse température disponible même en milieu urbain dense.

Enfin, la récupération de chaleur industrielle n sera un domaine dont l'essor, dans les prochaines années, devrait être conséquent.

Usines d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM)

Les UIOM présentent un intérêt certain, surtout dans le contexte actuel, où la région Ile-de-France a adopté le plan PREDMA définissant les moyens à mettre en œuvre, avec objectifs chiffrés, pour la gestion territoriale des déchets. L'énergie issue des UIOM est encore définie comme une énergie de récupération. Un incinérateur est un dispositif voué à détruire une masse de déchets par combustion aussi complète que possible.

L'avantage principal de ce système est la valorisation de cette masse de déchets à la fois pour produire de la chaleur mais aussi de l'électricité.

Principe de fonctionnement d'une UIOM

L'installation nécessite d'être amorcée par une énergie fossile (gaz ou fioul), puis est maintenue en température grâce à la combustion des déchets. L'utilisation d'énergie fossile n'est donc nécessaire que pour :

- La montée en température jusqu'à 850°C (conditions d'incinération) ;
- Le maintien des conditions d'incinération si l'alimentation en déchets s'avère trop faible, mais très peu de cas en France ;
- L'arrêt du four et descente en température (progressif).

Le dispositif est composé de trois unités principales :

- Un hall où sont réceptionnés et homogénéisés les déchets en continu, qui sont ensuite transportés vers le four à l'aide d'un grappin ;
- Un four, fonctionnant en régime continu, utilisant le pouvoir calorifique inférieur (PCI) des déchets pour les brûler et disposant d'un brûleur à gaz ou fioul ;
- Un récupérateur de chaleur vers un fluide caloporteur.

On retrouve en permanence des résidus imbrûlés tels que les mâchefers triés ensuite par aimantation ou encore les REFIOM qui sont des résidus issus du traitement et du lavage des fumées rendus inertes (peut être fait par vitrification par exemple).

Le traitement des fumées et vapeurs s'effectue via des analyseurs de particules et de composés toxiques (NOx, SOx, CO...etc.) présents en amont et ensuite par des filtres.

La chaleur de ces fumées est ensuite transférée vers un fluide caloporteur (le plus souvent de l'eau). Elle est ensuite valorisée soit :

- Par cogénération avec de la vapeur (production d'électricité + fourniture de chaleur) ;
- Par fourniture de chaleur seule.

Matériaux utilisés pour l'incinération

Les ordures ménagères se définissent de la manière suivante : « *tous déchets issus de l'activité quotidienne des ménages (déchets d'emballages, restes alimentaires, objets en fin de vie...)* ».

Avantages des UIOM

La valorisation des déchets entraîne une économie significative de combustibles fossiles, elle permet par la vente de ces énergies de réduire le prix du traitement urbain des déchets ainsi que de réduire significativement leur place occupée sur l'espace (réduction de 90% du volume et de 70% de la masse). De plus, les résidus solides tels que les mâchefers sont réutilisés à 80% pour la construction des routes.

L'incinération présente toutefois une contrainte, l'apparition de PoP à haute température (850 °C),

Perspectives pour la filière UIOM

D'après l'ORDIF, en 2012, sur les 19 usines d'incinération des ordures ménagères d'Ile de France qui ont permis de produire 646 GWh d'énergie électrique, 11 sont raccordées à un réseau de chaleur et ont permis de produire 3 631 GWh d'énergie thermique.

Le rapport du COMOP 10³, intitulé "Plan de développement des énergies renouvelables à haute qualité environnementale", propose pour la France des objectifs en 2020 de 116 TWh et 83 TWh supplémentaires, respectivement pour les productions de chaleur et d'électricité.

Cependant, il est à noter que les UIOM sont le plus souvent excentrées des zones résidentielles, ce qui peut freiner l'utilisation de la chaleur produite.

L'incinération des ordures ménagères est le stade ultime de valorisation énergétique des déchets. Une filière tend à se développer en amont de l'incinération, il s'agit de la méthanisation qui vise à récupérer la part du biogaz contenue dans les déchets avant leur incinération et/ou enfouissement.

Eaux usées

Présentation de la récupération de chaleur sur les eaux usées

Les eaux usées sont des eaux polluées (effluents) constituées de toutes les eaux susceptibles de contaminer un milieu dans lequel elles seraient déversées ; elles sont issues de l'utilisation anthropique (artisanale, agricole, industrielle...etc.). La température de ces eaux est relativement constante (entre 15 et 20°C) sur l'ensemble de l'année.

On parle d'eaux « grises » pour des eaux peu polluées d'origine domestiques résultant de douches, de lavage de mains ou de vaisselles. On parle alors d'eaux « noires » lorsque les matières qu'elles contiennent sont des substances plus polluantes telles que des matières fécales, des produits toxiques ou encore des produits cosmétiques.

On parle aussi d'eaux usées pour des eaux pluviales souillées par l'environnement auquel elles sont affectées (exemple : eaux usées par les hydrocarbures sur un parc de stationnement).

Principe de fonctionnement de la récupération de chaleur par les eaux usées

L'installation d'un échangeur de chaleur sur les canalisations où circulent les eaux usées est nécessaire. Cet échangeur est enroulé autour de la canalisation de manière très serrée. L'énergie thermique est alors transférée au fluide caloporteur présent dans le serpentin de la même manière qu'un échangeur classique.

Ce système de récupération de la chaleur des eaux usées permettrait de réduire jusqu'à 40% les coûts liés à la production d'ECS.

³ Comité opérationnelle n°10 du Grenelle de l'Environnement.

Degrés Bleus : Principe

LE BATIMENT

Le fluide sert à alimenter la pompe à chaleur installée dans la chaufferie et raccordée aux circuits de chauffage et de rafraîchissement du bâtiment.

LE FLUIDE CALOPORTEUR

Le fluide caloporteur circule en boucle fermée de l'intérieur des 4 pompes à chaleur réparties en 2 chaufferies. Sa température passe de 4°C à 8°C au contact de l'échangeur.

L'ECHANGEUR

L'échangeur de chaleur est constitué de plaques en inox qui permettent de transférer les calories des eaux usées au fluide caloporteur qu'il contient. Sa durée de vie est de 30 ans. Les réseaux de Mulhouse ont été équipés d'un capteur d'une surface de 44,2m² et d'une longueur de 35m.

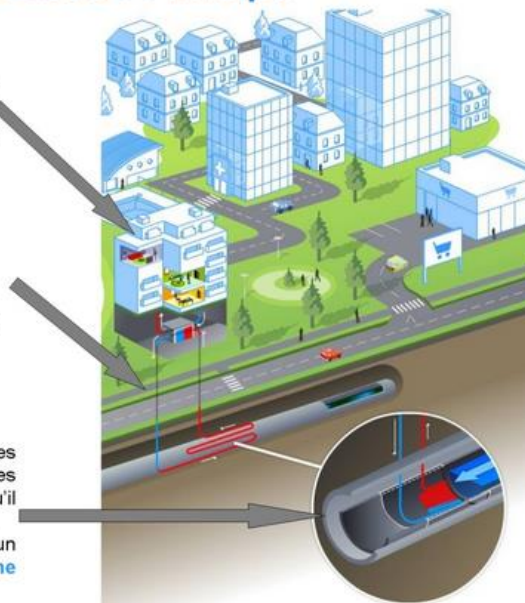


Figure 18. Principe de fonctionnement du système Degré Bleu. Source : Lyonnaise des Eaux

Avantages de la récupération de chaleur des eaux usées

Ce type de récupération de chaleur est l'un des rares moyens de générer de la chaleur de manière renouvelable directement en milieu urbain. Toutefois, la puissance de ces équipements reste limitée, quelques centaines de kW, et est donc de nature à être développée pour de nouveaux quartiers. L'installation de ces systèmes n'influe en rien sur le traitement de ces eaux effectué en aval.

Pour avoir un retour sur investissement, il est préférable de l'installer à proximité d'un gros complexe (hôpital, école) afin de récupérer le maximum d'énergie, car le coût d'investissement à la base peut être assez important.

Perspectives de développement de la récupération de chaleur des eaux usées

Ce système semble destiné à se développer pour de nouveaux quartiers, situés à proximité de canalisation d'eaux usées, et dont la taille ne permettrait pas le recours à une autre énergie renouvelable.

Data Center

Présentation de la récupération de chaleur sur les Data Centers

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

Principe de fonctionnement de la récupération de chaleur sur des Data Center

Le Data Center nécessite d'être refroidi en permanence via des groupes froids, qui consomment une grande quantité d'énergie (plus de la moitié de la consommation totale du centre). Habituellement gaspillée, la chaleur dégagée est évacuée sous forme d'air chaud et peut être récupérée en la faisant passer dans un échangeur.

Les températures de rejets sont, en fonction de la technologie du Data Center, comprises entre 35°C (pour les plus anciens Data Center) et 60°C (pour les plus récents). Il est alors possible d'alimenter en chauffage des logements environnant grâce à une eau proche de 50°C en sortie d'échangeur.

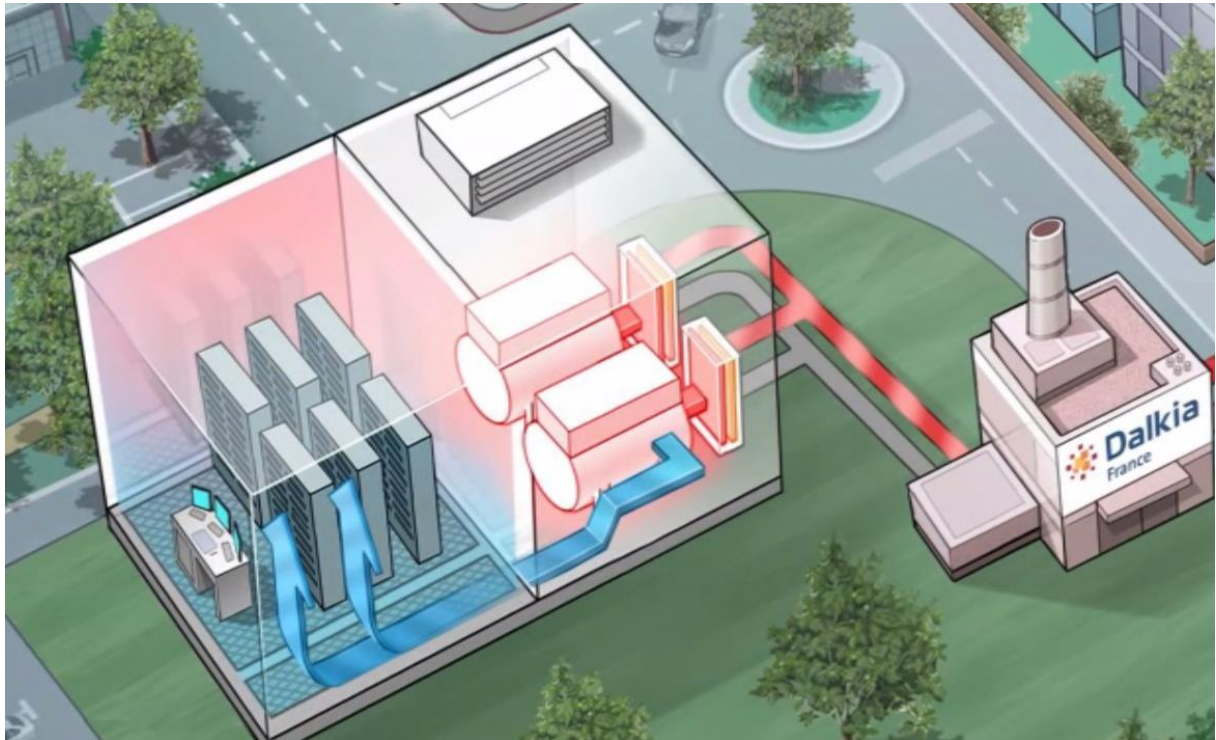


Figure 19. Système de récupération de chaleur sur groupe froid de data-center, projet Val d'Europe.

Source : Dalkia – Groupe EDF.

Avantages de la récupération de chaleur sur des Data Center

L'énergie récupérée par ce processus était autrefois rejetée dans l'atmosphère, il n'y a donc pas de dépenses supplémentaires puisque cette énergie est déjà utilisée pour faire fonctionner ces appareils actuellement. De plus, les Data Center connaissent de faible variation de charge, ce qui pourrait apporter une énergie constante aux réseaux sur l'ensemble de l'année.

Perspectives pour la récupération de chaleur sur des Data Center

On sait avec certitude que la quantité de données transmises par les systèmes informatiques dans le futur augmente de plus en plus rapidement, il y aura donc automatiquement la création de nouveaux Data Center dans les mêmes proportions et donc plus d'énergie à récupérer.

1.2.3. Géothermie

La géothermie est l'exploitation de la chaleur de la terre grâce à un fluide, circulant dans la formation ciblée et remontant en surface, dont on utilise les calories en fonction de la température, soit directement par un échangeur de chaleur, soit par transformation thermodynamique dans une pompe à chaleur ou une turbine, soit un mixte des différentes solutions.

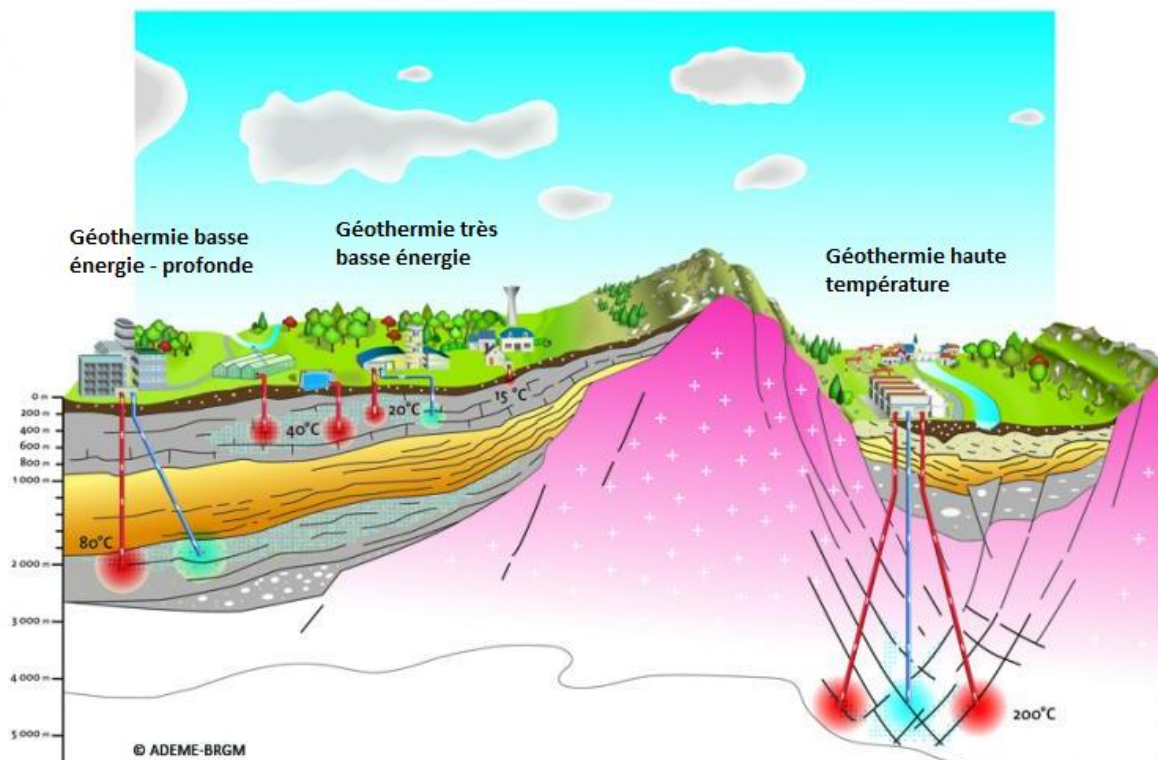


Figure 20. Différents type de géothermie. Sources : ADEME et BRGM.

Trois grands types de géothermie, reprises sur la Figure 20 ci-dessus, existent :

- La géothermie très basse énergie et à faible profondeur. Cette énergie peut être soit utilisée directement pour les utilisations nécessitant de très faibles températures, soit couplée à une pompe à chaleur en vue d'utilisation à des températures plus élevées.
- La géothermie basse énergie, qui est habituellement utilisé dans le cadre du chauffage urbain et sur laquelle cette étude se concentrera.
- La géothermie haute énergie, dénommée profonde ci-dessus, permettant d'alimenter en vapeur des centrale de production d'électricité.

Principe de fonctionnement de la géothermie

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

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

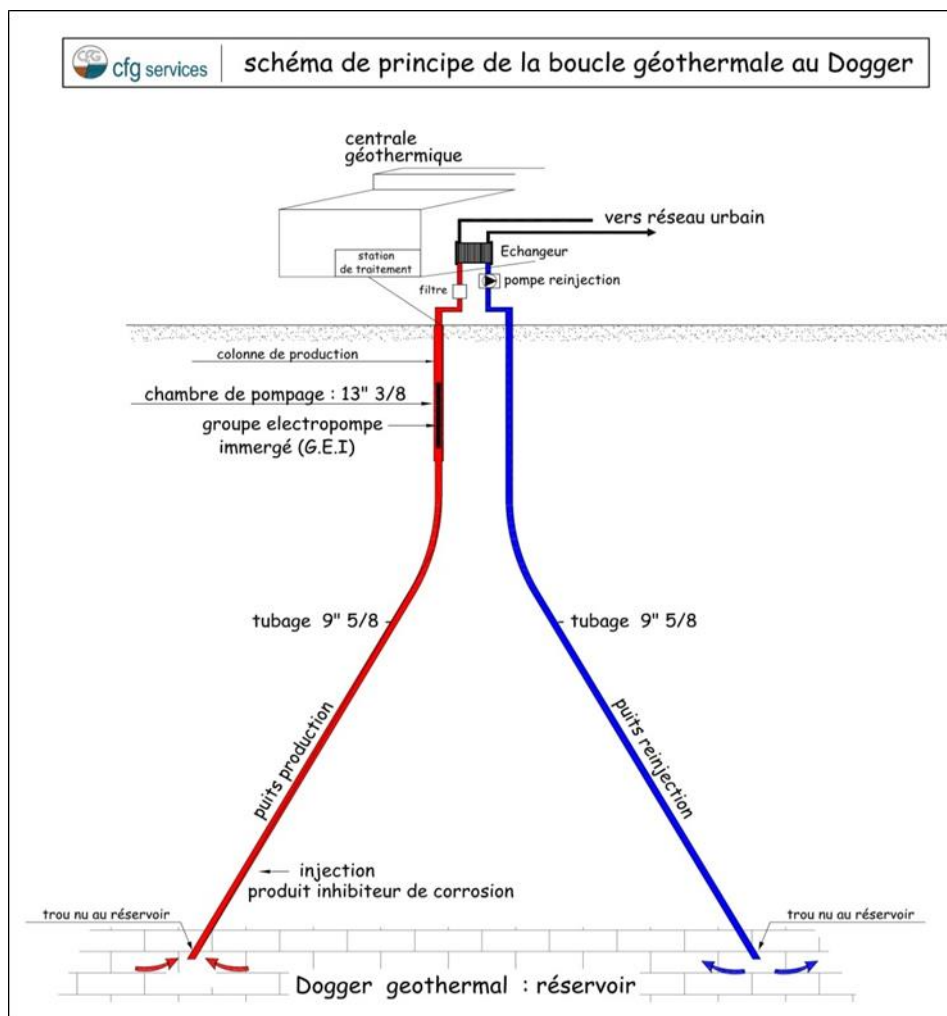


Figure 21 : Schéma de principe d'un doublet au Dogger.⁴

La boucle géothermale est constituée :

- d'un puits de production dans lequel une électropompe immergée assure le débit de production ;
- d'un système de prélèvement de chaleur, soit par échangeur thermique, soit par échange thermodynamique à l'aide d'une pompe à chaleur ;
- d'une électropompe de réinjection poussant le fluide géothermique « froid » vers le puits de réinjection ;
- du puits de réinjection véhiculant le fluide « froid » dans l'aquifère.

Avantages de la géothermie

Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie de profondeur (haute et basse énergie) a l'avantage de ne pas dépendre des conditions atmosphériques (soleil, pluie, vent). C'est donc une source d'énergie quasi-continue car elle est interrompue uniquement par des opérations de maintenance sur la centrale géothermique ou le réseau de distribution de l'énergie. Les gisements géothermiques ont une durée de vie de plusieurs dizaines d'années

Perspectives pour la filière géothermie

Au début des années 1980, la géothermie basse énergie a connu un rapide démarrage sous les effets des chocs pétroliers et de la mise en place de politiques incitatives. Une cinquantaine d'opérations, en

⁴ 1'' = 2,54cm. 9''5/8 = 24,45cm. 13'' 3/8 = 33,97cm.

majorité dans le Bassin parisien, sont alors réalisées jusqu'en 1985. A cette date, des problèmes économiques (cours du pétrole), techniques (corrosion et dépôts dans les tubages) et financiers (prêts contractés avec des taux élevés en période d'inflation vite révolue) stopperont net le développement de la filière.

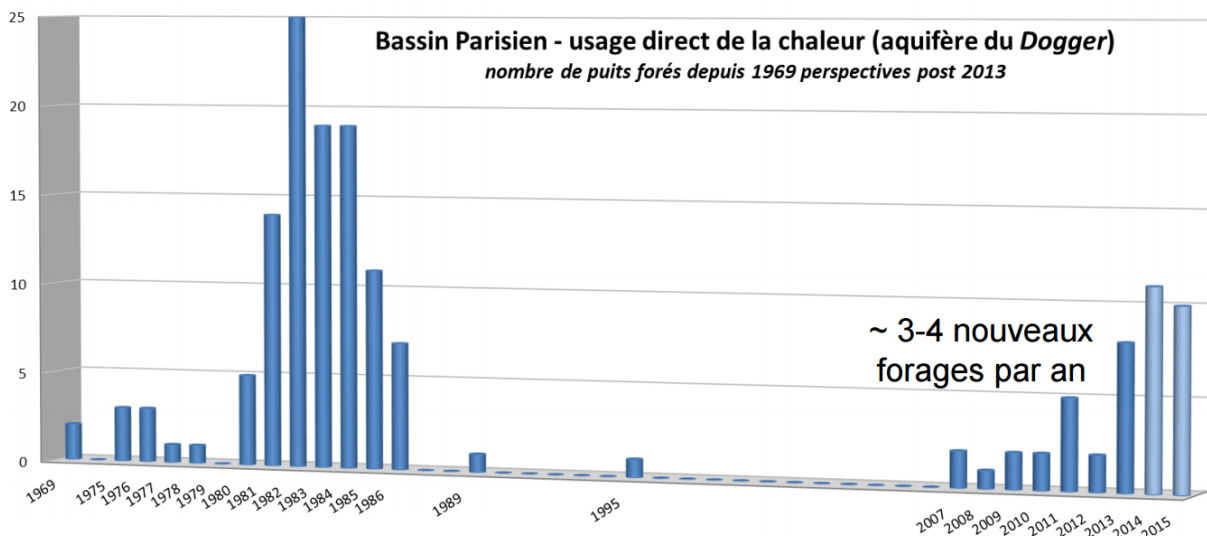


Figure 22. Nombre de doublets au Dogger mis en service depuis 1969. Source : BRGM - 2013

En 2007, après 12 ans sans forage géothermique profond, la réalisation d'un nouveau doublet à Orly Le Nouvelet marque le début de la reprise de la filière. Il sera suivi par la conversion en triplet du doublet de Sucy-en-Brie et par la première opération de géothermie profonde à Paris, Porte d'Aubervilliers. Début 2010, Aéroport de Paris fait réaliser un nouveau doublet à Orly, et plusieurs demandes de permis de recherche ont été délivrés, notamment dans l'Essonne (Vigneux-sur-Seine, Grigny, Ris-Orangis), le Val de Marne, et la Seine Saint Denis (Tremblay-en-France, Villepinte, Blanc-Mesnil...).

La majorité des exploitations actuelles se concentrent sur l'aquifère du Dogger, mais l'exploitation d'autre aquifères est en pleine essor, en particulier l'Albien qui fait à ce jour l'objet de nombreux projets (Paris Batignolles, Fort d'Issy-les-Moulineaux, Paris-Saclay).

1.2.4. Autres sources d'énergies envisageables

Bois-énergie

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

Les agglomérations étant souvent denses pour y installer des chaufferies de petites ou moyennes tailles, la génération d'énergie par le bois-énergie redevenant d'actualité doit alors être intégrée à des réseaux de chaleur.

Principe de fonctionnement d'une chaufferie réseau bois

L'intégration du bois-énergie se fait actuellement sur des réseaux de chaleur dont la puissance se situe entre 1 et 8 MW. Le principe de fonctionnement est simple mais impose des contraintes pour la livraison/stockage, pour le contrôle des émissions, pour le traitement des fumées ainsi que sur la récupération des cendres.

Une fois livré, le combustible est inséré dans le foyer et subit alors différentes transformations lors du passage à travers les deux types d'échangeurs (radiatif et convectif) :

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

Pour les chaufferies du Bois-énergie, il est nécessaire de disposer d'un espace disponible important afin d'installer un silo de stockage permettant d'assurer la continuité de la fourniture de chaleur en cas ralentissement de l'approvisionnement (sur un week-end par exemple).

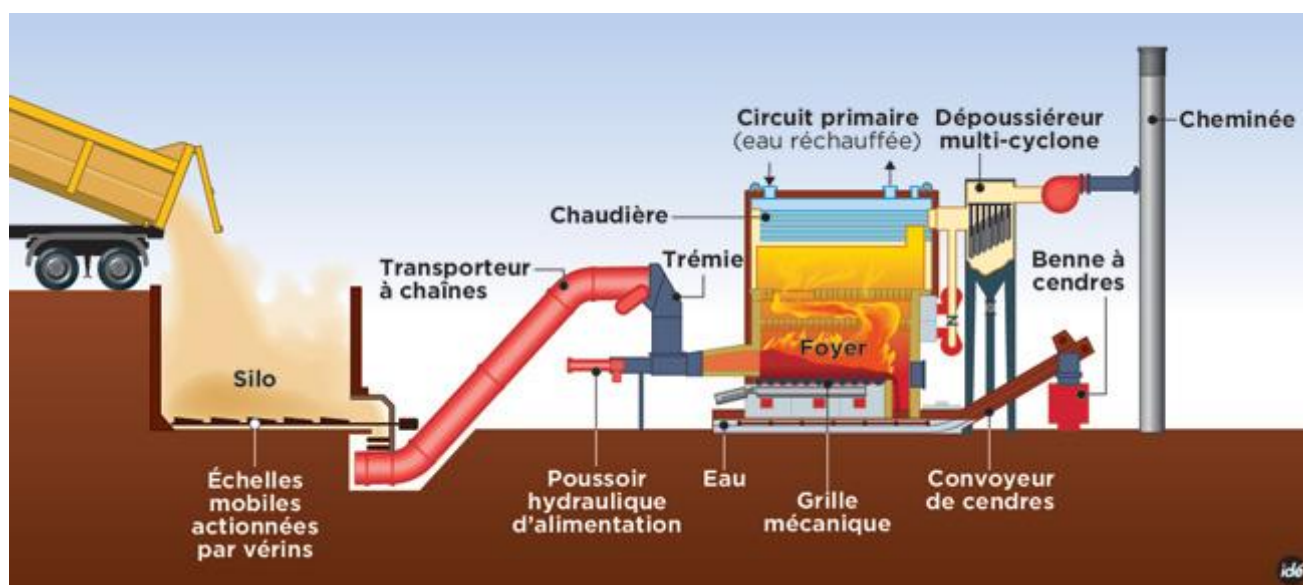


Figure 23. Schéma de principe d'une chaufferie Biomasse.

Les combustibles utilisés pour le chauffage au bois

On distingue, selon les technologies et l'utilisation que l'on veut en faire, différents combustibles pour le chauffage au bois. Voici les différents types de biomasse :

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

Sur les deux premiers produits, certains peuvent contenir des adjuvants ou traitements dans une certaine proportion (panneaux mélaminés, panneaux de process bruts). L'utilisation de ces biomasses est donc contrôlée par la DRIEE.

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

Développement de la filière bois

Afin de maintenir un développement pérenne de la filière bois, il est primordial de bien gérer les ressources ainsi que les résidus.

Approvisionnement du bois

Le « Plan Bois-Energie et Développement Local » initié par l'ADEME et inscrit dans le cadre du Contrat de Plan Etat-ADEME sur la période 2000-2006 a cet objectif d'accentuer le développement de chaufferies bois et de structurer de véritables filières locales d'approvisionnement en combustibles. C'est la raison pour laquelle l'approvisionnement en bois doit s'effectuer via une bonne gestion des forêts.

Revalorisation des cendres

Les cendres biomasses (composées de compost et de lisier) peuvent être épandues sur des surfaces agricoles en tant qu'amendement ou fertilisant. En complément de l'épandage, l'utilisation de ces cendres comme apport de chaux, phosphore et potassium pour la fabrication d'engrais peut être envisagée.

Avantages des chaufferies bois

Les chaufferies bois permettant de convertir facilement une production locale à un réseau de chaleur existant, sous réserve de l'espace nécessaire, dans des agglomérations encore peu densifiées et proches de la ressource forestière. De plus, cette filière permet d'intégrer facilement une énergie renouvelable aux réseaux de vapeur et aux réseaux en eau surchauffée.

Elle permet aussi une revalorisation des résidus cendreux issus de la combustion et même dans certains cas une revalorisation des fumées. Ce qui permet un développement de l'économie locale avec l'apparition de nouveaux emplois.

Méthanisation

La méthanisation consiste en la digestion anaérobie⁵ des matières organiques par des micro-organismes. C'est une réaction biologique qui se produit naturellement dans certains sédiments, marais ou rivières. Elle peut alors être reproduite artificiellement dans des usines de méthanisation.

Principe de fonctionnement d'une usine de méthanisation

Le procédé utilisé dans les usines de méthanisation se résume en trois étapes principales : l'hydrolyse + l'acidogénèse, l'acétogénèse et enfin la méthanogénèse.

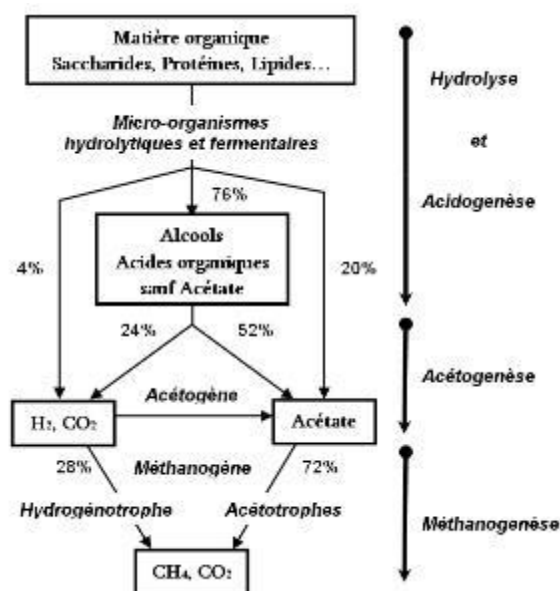


Figure 24. Principales étapes de la méthanisation.

Ce procédé consiste juste en une succession de dégradations faisant intervenir pour chaque des micro-organismes bien spécifiques. Contrairement au compostage, ce procédé est totalement dépourvu d'apport en oxygène.

On obtient en sortie un biogaz généralement composé à 60% de CH₄, 30% de CO₂ et 10% d'un ensemble de gaz (H₂O, N₂, H₂, O₂ et H₂S) qui pourra être revalorisé en chaleur (80%) et électricité (20%).

Avantages de la méthanisation

Ce procédé présente de nombreux avantages et notamment :

- La réduction des odeurs et de la charge pathogène du fumier
- La réduction des émissions de GES par les fermes
- L'utilisation de sous-produits de l'industrie alimentaire de source non agricole
- L'amélioration de la valeur fertilisante du fumier
- La production de chaleur et d'électricité par cogénération
- La réutilisation de la fraction fermentescible des déchets ménagers

⁵ Anaérobie : Milieu dépourvu d'oxygène.

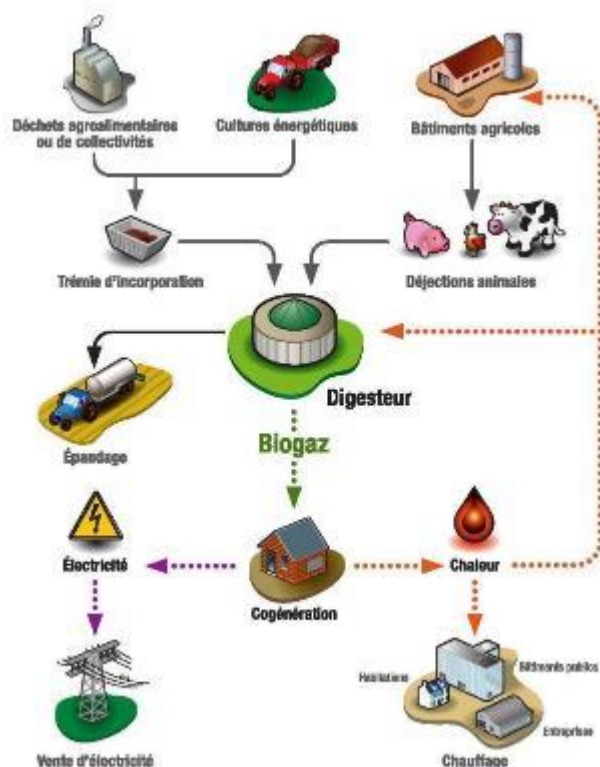


Figure 25. Schéma de principe de la filière méthanisation.

Ce procédé présente l'avantage d'être adaptable à des déchets liquides (effluents d'élevage, boues de STEP) ainsi qu'à des déchets solides (déchets alimentaires, emballages, textiles, déchets verts, déjections animales...etc.).

Enfin, l'injection du bio-méthane dans les réseaux de gaz naturel est désormais autorisée par les pouvoirs publics, et les certificats d'origine permettent que ce gaz, utilisé pour la production de chaleur, participe au taux d'EnR&R du réseau.

Perspectives de développement des usines de méthanisation

En France, la filière biogaz est encore faible puisqu'en 2010 la production annuelle s'élevait à seulement 7 TWh. Cependant, les objectifs définis dans « le plan national d'action en faveur des énergies renouvelables » prévoient de multiplier par 7 la production de chaleur et par 5 la production d'électricité issue de la méthanisation.

L'Etat a d'ailleurs mis en place des bonus intéressants allant dans le sens du développement de la filière :

Chaleur :

Suite à l'autorisation d'injection de biogaz dans les réseaux, l'arrêté du 24 novembre 2011 fixe les tarifs de rachat du biogaz. Les tarifs sont alors dégressifs de manière à favoriser économiquement les installations plus modestes.

Electricité :

L'arrêté du 19 mai 2011 réévalue le tarif d'achat de base de l'électricité de près de 12% par rapport au tarif précédent. Les plus petites installations bénéficient d'ailleurs d'un tarif plus attractif. De plus, deux primes peuvent venir d'ajouter à ce tarif de rachat de base :

- Prime pour le traitement des effluents (variant selon les puissances installées)

- Prime pour l'efficacité énergétique (calculée en fonction du rendement de l'installation)

Solaire Thermique

A l'heure actuelle, des réseaux de chaleur utilisant comme ressource principale la chaleur du Soleil commencent à émerger en France.

Présentation des réseaux de chaleur solaires

Les réseaux de chaleur solaires sont des installations thermiques de grande taille et permettent de fournir de la chaleur à des logements avec un coût environnemental très diminué. Ce système est déjà bien développé en Allemagne, mais aussi en Autriche, au Danemark ainsi qu'en Suède. Des projets sont actuellement en cours de réalisation en France, du côté de Toulouse et de Narbonne.

Principe de fonctionnement des réseaux de chaleur solaires

Le solaire sur les réseaux de chaleur peut être soit centralisé par l'utilisation d'une ferme solaire, soit décentralisé en effacement de l'eau chaude sanitaire sur les réseaux. Dans le 1^{er} cas, les panneaux sont directement installés près de la chaufferie principale (cf. Figure 26). Dans le 2nd cas, les capteurs peuvent être installés plus loin, dans une zone propice (en toiture en général) ; une partie de l'énergie solaire est alors autoconsommée sur place et le reste est potentiellement ré-injectable directement dans le réseau (cf. Figure 27).

Le fluide caloporteur est réchauffé dans le panneau thermique, et échange ensuite l'énergie gagnée à travers un échangeur avec le réseau primaire. Le fluide refroidi est alors renvoyé vers le panneau thermique pour subir un nouveau cycle.

Il est recommandé de coupler ce type de source à un stockage :

- Journalier, de manière à pouvoir pallier au déphasage jour/nuit et à l'intermittence de l'énergie solaire. Cette pratique est quasi obligatoire et s'apparente aux systèmes existants de stockage par ballon d'eau chaude (sous forme de chaleur sensible).
- Inter-saisonnier, de manière à pouvoir profiter en hiver (forte consommation, faible production solaire) du surplus de production généré pendant l'été. Cependant, le coût associé à ce type de stockage peut être contrebalancé en dimensionnant l'installation en fonction des conditions minimum.

Par exemple, en Allemagne, des capteurs solaires thermiques intégrés à la toiture combinés à un stockage inter-saisonnier permettent de couvrir 50% des besoins en chaleur à de nombreux quartiers résidentiels.

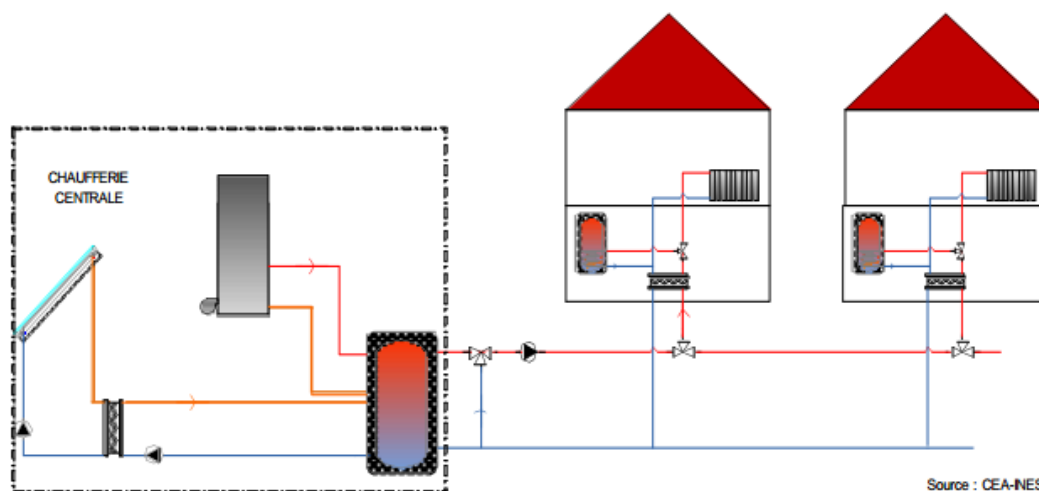
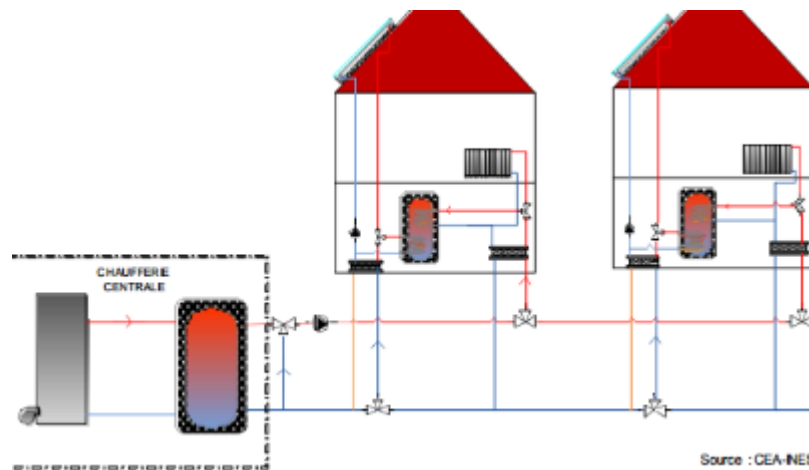


Figure 26. Réseau de chaleur solaire avec production centralisée - Source : CEA-INES



Source : CEA-INES

Figure 27. Réseau de chaleur solaire avec production décentralisée - Source : CEA-INES

Avantages des réseaux de chaleur solaire

L'avantage de cette solution est que l'on peut greffer une centrale solaire à un réseau de chaleur déjà en exploitation, ce qui modifie son mix énergétique et le rend plus respectueux de l'environnement.

Ce système émet très peu de GES durant sa production de chaleur, ceci a comme conséquence pour les bâtiments d'augmenter l'exigence maximale sur les consommations énergétiques finales (C_{EP}).

Toutefois, cette solution n'est pas à envisager sur des réseaux utilisant déjà la géothermie comme énergie principale. En effet, l'autoconsommation de la chaleur produite par ces équipements en période estivale est de nature à réduire les quantités d'eau extraites des puits, dégradant ainsi les performances techniques et économiques de la géothermie.

1.3. Géothermie profonde

Cette étude a pour but d'évaluer le potentiel de la géothermie profonde en tant que source de chaleur pour les réseaux de chaleur urbain, une exploration plus en détails des différents aquifères au droit du département de l'Essonne a donc été menée et se trouve repris dans cette partie du rapport.

1.3.1. Données disponibles

Les renseignements donnés ci-après sont applicables dans le cadre des études préalables au développement d'opérations de géothermie profonde dans l'Essonne sur réseau de chaleur et ne sont pas forcément transposables ailleurs.

Pour caractériser une ressource géothermale, il faut en définir les caractéristiques hydrogéologiques suivantes :

- Profondeur du réservoir ;
- Température du fluide géothermal ;
- Epaisseur utile du réservoir (couches productrices) ;
- Transmissivité du réservoir.

De nombreux forages existent en région parisienne. Les données recueillies lors de la foration, lors des essais de puits ou tout simplement lors des relevés effectués pendant l'exploitation permettent de constituer la base de données qui après interpolation permettra d'évaluer les caractéristiques hydrogéologiques des secteurs étudiés (méthode géostatistique).

Les cartes suivantes (cf. Figure 28) permettent de visualiser les forages existants servant à la constitution de la base de données. Ces forages peuvent être à usage :

- Pétrolier ;
- Géothermique ;
- Alimentation en Eau Potable (AEP).

Il faut noter les disparités sur les informations disponibles selon les réservoirs visés. Par exemple, pour un forage visant une exploitation de roche-mère pétrolière traversant donc l'aquifère du Dogger, le Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) comportant la coupe géologique du forage permet de connaître la profondeur et l'épaisseur des calcaires du Dogger, mais ne fournit aucune donnée relative à sa productivité.

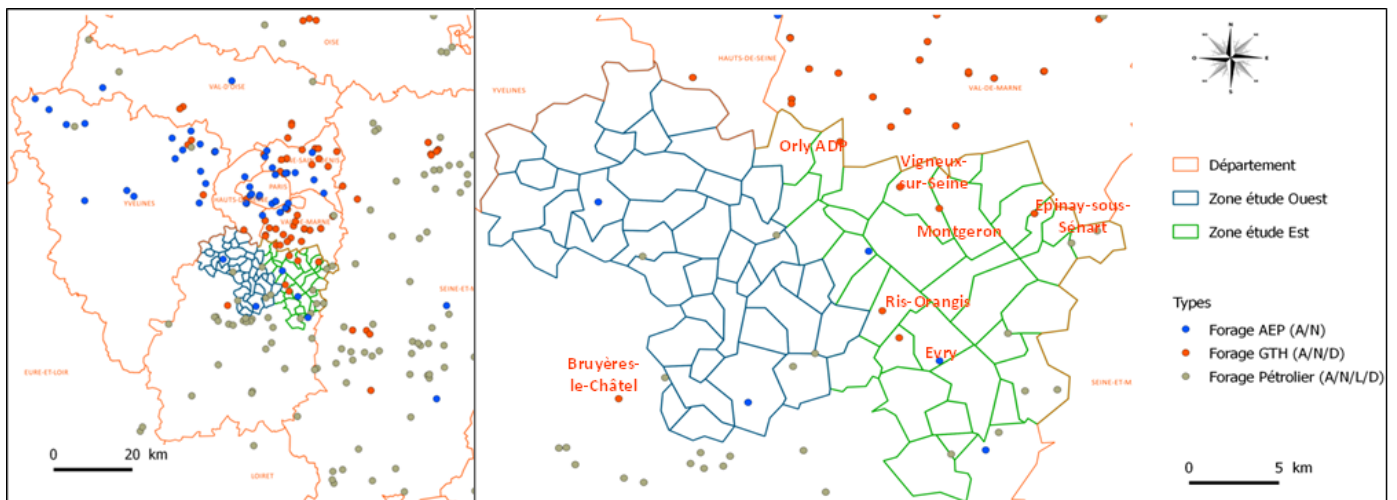


Figure 28. Localisation des forages servant à constituer la base de données. Source : CfG Services.

1.3.2. Aquifères cibles dans le département de l'Essonne

Au droit du département de l'Essonne, situé dans le Bassin parisien, quatre aquifères sont ciblés dans le cadre de cette étude comme réservoirs potentiels pour la géothermie.

Le réservoir de l'Albien, ressource stratégique pour l'eau potable en région parisienne, peut également assurer le chauffage et la climatisation. Les températures de ce réservoir dans l'Essonne vont de 18°C à 34°C.

Les réservoirs du Néocomien et du Lusitanien sont peu exploités, bien que leurs ressources ne soient pas négligeables. Les températures de ces 2 réservoirs varient dans l'Essonne de 22 à 65°C.

Le Dogger est le réservoir le plus connu et le plus exploité en Ile-de-France pour la géothermie. Ce réservoir carbonaté, qui s'étend sur 15 000 km², offre une ressource avec une température variant de 52 à 78°C dans l'Essonne.

Un dernier réservoir, potentiellement intéressant pour la géothermie, est présent dans le Bassin parisien. Il s'agit du réservoir, plus profond, du Trias. Cette formation détritique est constituée de grès et de sables intercalés d'argile. Etant plus profonde, son potentiel thermique est plus intéressant en termes de températures attendues. En région parisienne, les zones les plus favorables se situent le long de la Vallée de la Basse Seine et dans la région de Mantes, la température peut dépasser les 80°C. Néanmoins, ce réservoir n'est pas exploité à l'heure actuelle pour la géothermie, du fait notamment des difficultés d'exploitation rencontrées à cause de sa lithologie.

1.3.3. Stratigraphie et lithologie du Bassin parisien

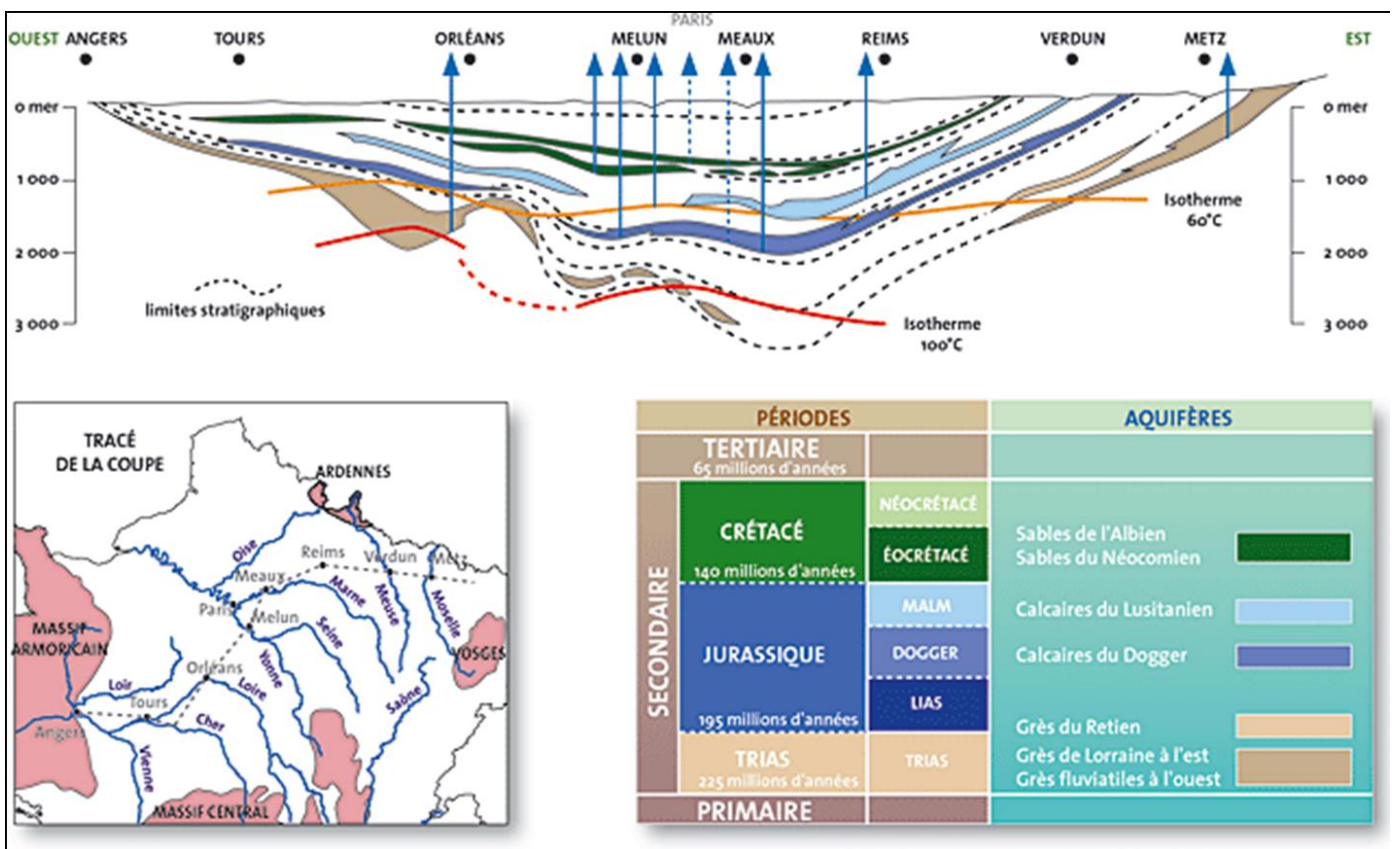


Figure 29. Coupe Ouest – Est du Bassin parisien. Source : BRGM.

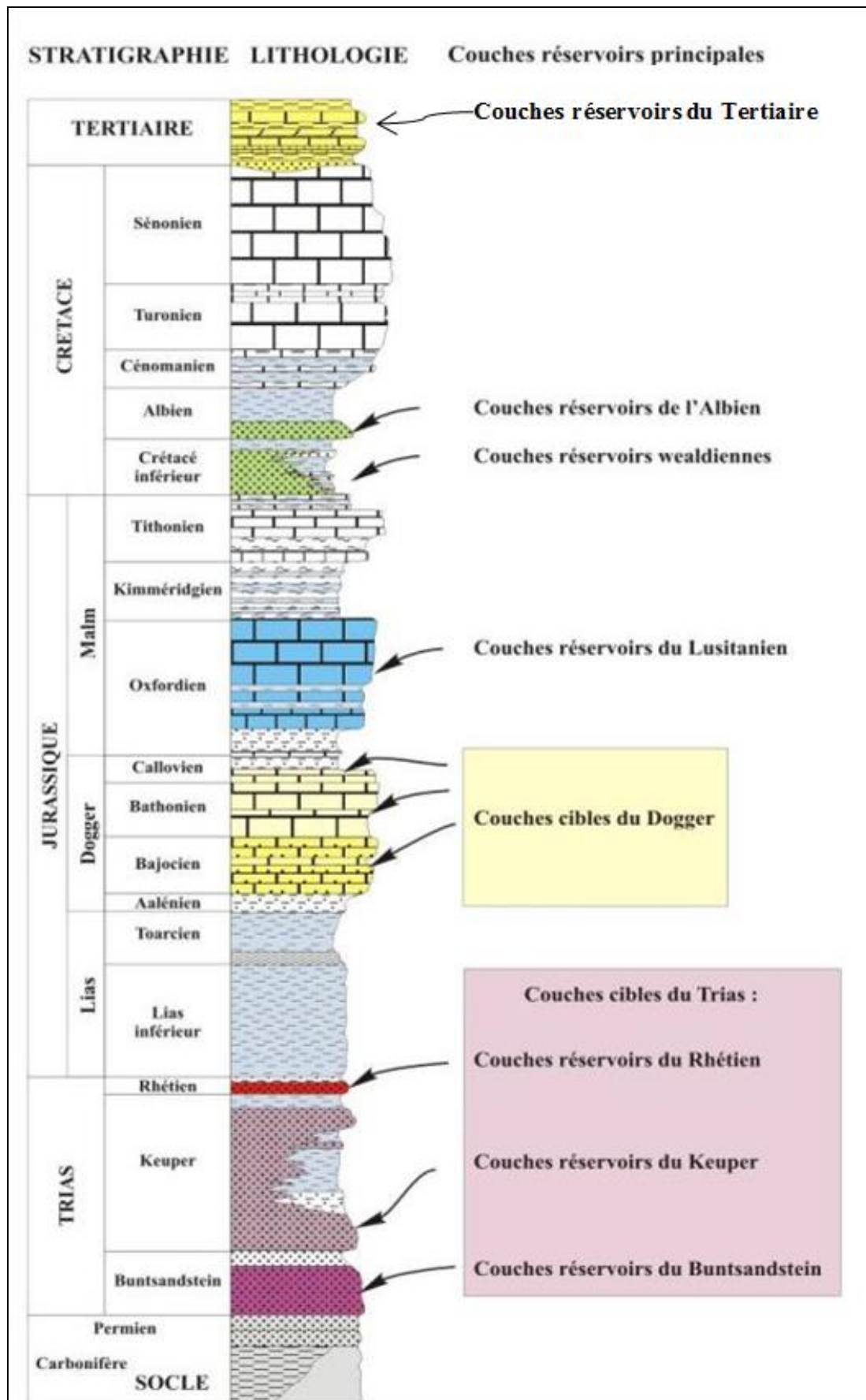


Figure 30. Coupe lithostratigraphique avec les aquifères cibles du Bassin parisien. Source : BRGM.

La Figure 29 représente une coupe schématique Ouest-Est (non à l'échelle) des formations aquifères du Bassin parisien, selon une ligne partant de Metz, passant par Reims, Meaux, Orléans, Tours et aboutissant à Angers.

Le Bassin parisien est constitué par un ensemble de terrains sédimentaires qui reposent sur un socle antépermien cristallophyllien ou granitique. Les couches sédimentaires déposées en piles d'assiettes plongent régulièrement vers le centre du bassin et atteignent leurs profondeurs maximales à 50 km à l'est de Paris, où leur épaisseur du bassin sédimentaire atteint près de 3200 m.

La tectonique du Bassin parisien est calme. Le flux de chaleur est de 90 mW/m², valeur légèrement supérieure à celles observées dans d'autres bassins sédimentaires.

Les couches sédimentaires du Bassin parisien renferment de nombreux aquifères. Ces formations s'étendent sous la quasi-totalité du Bassin parisien et affleurent sur ses bordures qui constituent les zones principales de recharge. Plusieurs d'entre eux offrent des possibilités géothermiques (se référer aux aquifères ciblés décrits précédemment), mais l'intérêt s'est porté principalement sur les Calcaires du Dogger.

La Figure 30 est un log lithostratigraphique du socle jusqu'aux terrains tertiaires du Bassin parisien.

Celui-ci présente, de haut en bas :

- En rose : les couches réservoirs des formations clastiques (argilo-gréseux) du Trias ;
- En jaune : les couches réservoirs des calcaires du Dogger ;
- En bleu : les couches réservoirs des calcaires du Néocomien ;
- En vert : les couches réservoirs des sables du Néocomien (appelées couches réservoirs wéaldiennes) et les couches réservoirs des sables de l'Albien ;
- En orange : les couches réservoirs du Tertiaire.

1.3.4. Caractérisation hydrogéologique des aquifères du Crétacé inférieur : Albien et Néocomien

Les aquifères du Crétacé inférieur constituent une réserve profonde de très grande qualité. Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du Bassin Seine-Normandie (1996) les identifie comme nappe d'importance stratégique sur le plan de l'Alimentation en Eau Potable.

Le Crétacé inférieur comprend plusieurs formations sableuses, regroupées en deux ensembles l'Albien et le Néocomien. Leur imbrication à l'échelle régionale conduit à ne considérer qu'un système hydrogéologique.

Compte tenu de leur accessibilité supérieure et de leurs excellentes caractéristiques hydrodynamiques, les Sables de l'Albien sont généralement captés seuls et leur productivité suffit habituellement aux besoins tant thermiques (Maison de Radio France, Tours AGF) qu'aux fins d'Alimentation en Eau Potable (AEP : La Plaine Saint-Denis, SEDIF à Pantin).

Caractéristiques hydrogéologiques des Sables de l'Albien

L'Albien est constitué de sables compris entre des niveaux argileux supérieurs (argiles du Gault) et inférieurs (argiles ou marnes de l'Aptien Barrémien). Le caractère captif de la nappe, associé à une profondeur de gisement de l'ordre de 520 mètres à 710 m, pour les puits actuellement en service, lui confère une qualité chimique remarquable à l'échelle régionale.

La partie albienne de l'aquifère multicouche est constituée de trois formations sableuses séparées par deux niveaux semi-perméables (de haut en bas) :

- Sables de Frécambault (25-30 m), grossiers hétérogènes et glauconieux à la base, le sommet est marqué par la présence de grès blancs peu cimentés ; ils contiennent des intercalations argileuses discontinues
- Sables de Drillons (15-20 m), sables fins gris verts, glauconieux et argileux à la base, puis sables blancs fins à grossiers non cimentés au centre se terminant au sommet par des grès glauconieux
- Sables verts sensu stricto (5 m), très glauconieux et mélangés à des argiles vertes, la base étant plus argileuse que le sommet.

Les sables de l'Albien présentent, en région parisienne, des valeurs de transmissivité très élevées. Ces caractéristiques très favorables sont liées au faciès des sables, et notamment à leur granulométrie (0,15 à 0,5 mm), mais pas nécessairement à leur épaisseur. Les porosités moyennes mesurées sont fréquemment de l'ordre de 30 %, valeur très importante que l'on peut comparer avec la porosité du calcaire du Dogger, le principal aquifère utilisé en géothermie profonde, dont la valeur varie de 10 à 20%

L'utilisation de l'eau de l'Albien pour la géothermie nécessite de la réinjecter dans l'aquifère après extraction des calories, afin de ne pas pénaliser la masse d'eau disponible qui doit rester à disposition de l'AEP. Il n'y a pas encore d'utilisation géothermique de l'Albien dans l'Essonne.

Les figures suivantes illustrent, pour le département de l'Essonne :

- la profondeur du toit des Sables de l'Albien (Figure 31) ;
- la température du toit des Sables de l'Albien (Figure 32) ;
- l'épaisseur utile des Sables de l'Albien (Figure 33) ;
- la transmissivité des Sables de l'Albien (Figure 34).

Les Sables de l'Albien se situent à des profondeurs différentes sur l'Essonne ; ils sont moins profonds à l'ouest et sont beaucoup plus profonds au nord-est, atteignant jusqu'à près de 700 m de profondeur (Figure 31).

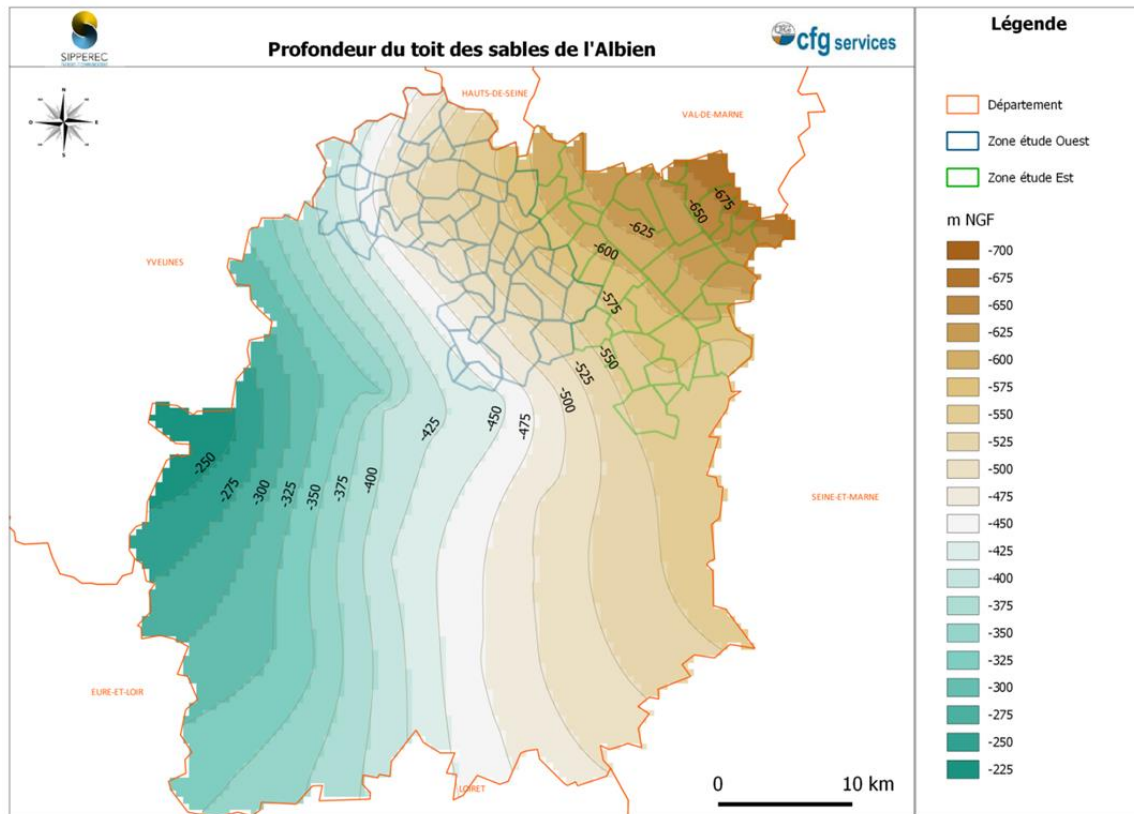


Figure 31. Carte de profondeur du toit des Sables de l'Albien.

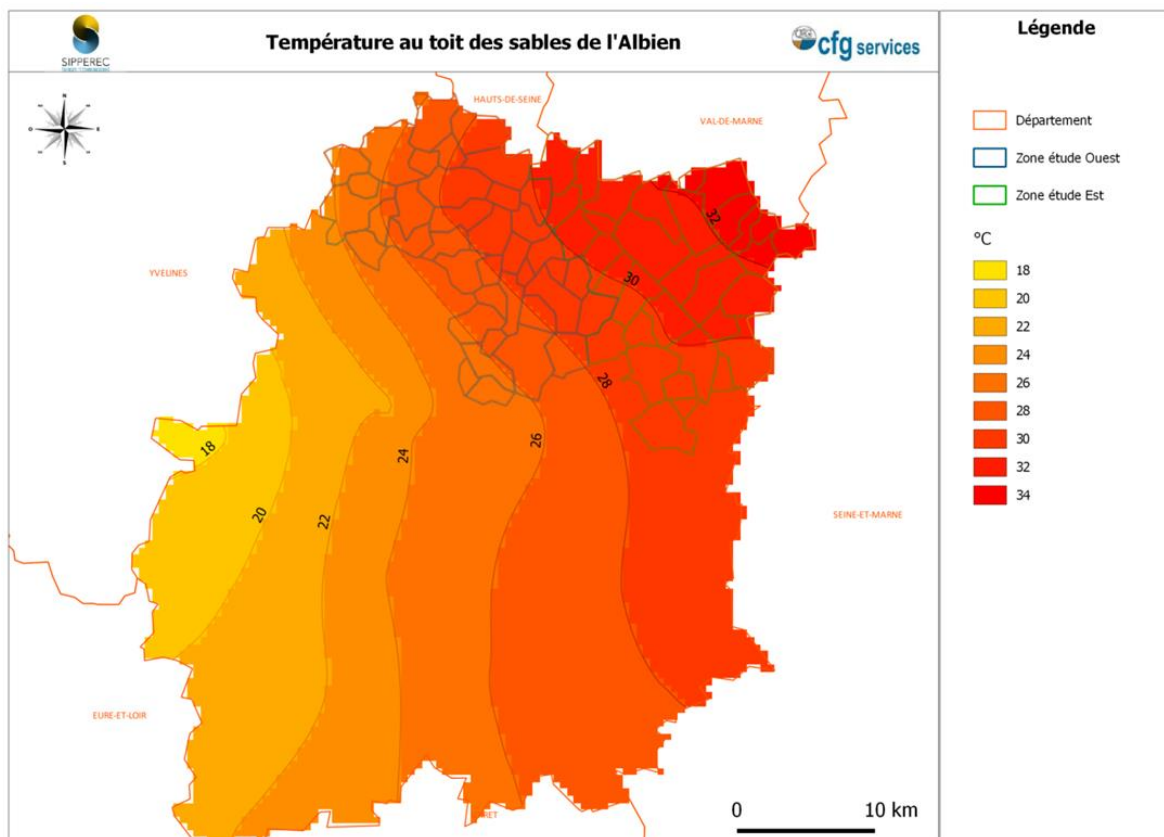


Figure 32. Carte de température au toit des Sables de l'Albien

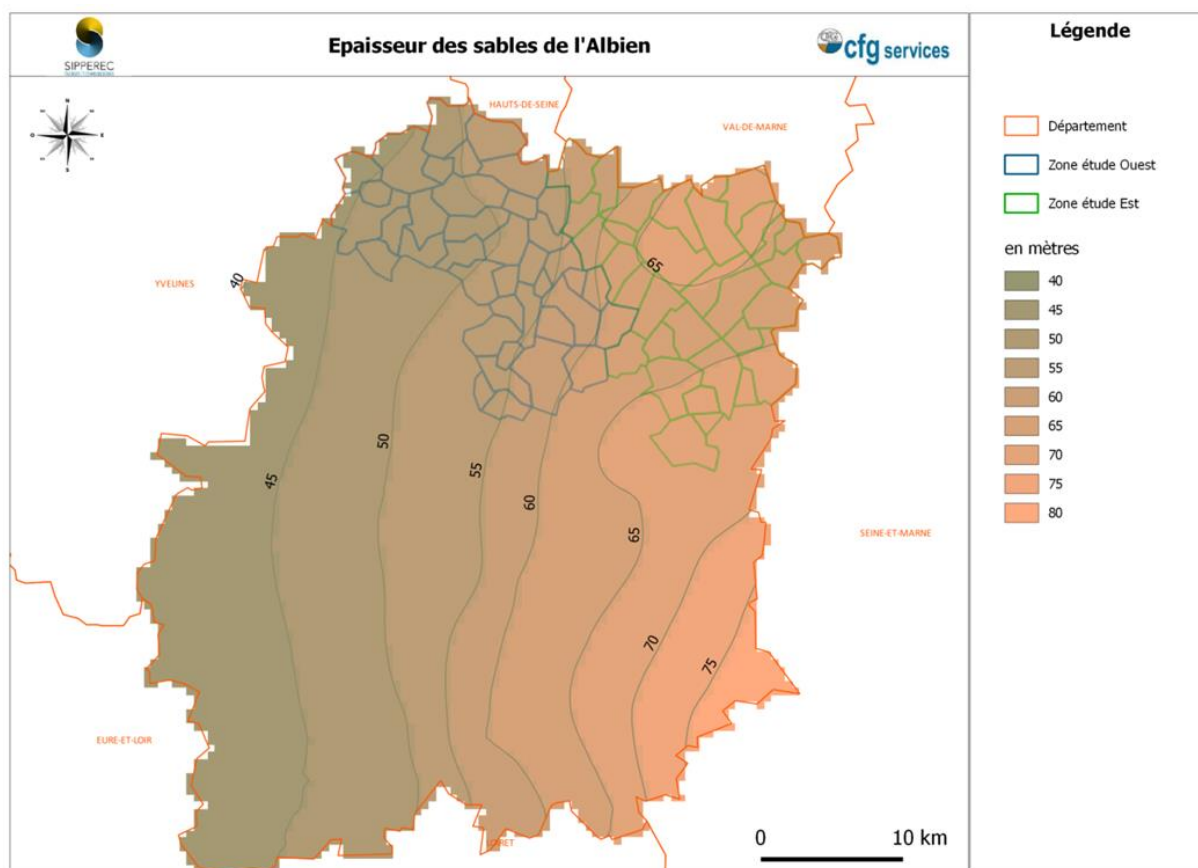


Figure 33 : Carte d'épaisseur utile des Sables de l'Albien.

La température au toit des Sables de l'Albien varie elle-aussi sur le département de l'Essonne. Le secteur ouest, moins profond, est celui où les températures sont les plus faibles, proches de 20°C. Par contre, dans le nord-est du département, la température au toit de l'Albien peut a priori atteindre les 32°C (Figure 32).

L'épaisseur utile de l'Albien varie elle aussi sur l'extension du département. De 45m en moyenne à l'ouest, cette épaisseur peut atteindre plus de 75m à l'est (Figure 33).

La transmissivité des Sables de l'Albien fluctue de 200 à près de 800 D.M sur le département. Les valeurs les plus importantes se rencontrent dans le nord-est de l'Essonne (Figure 34).

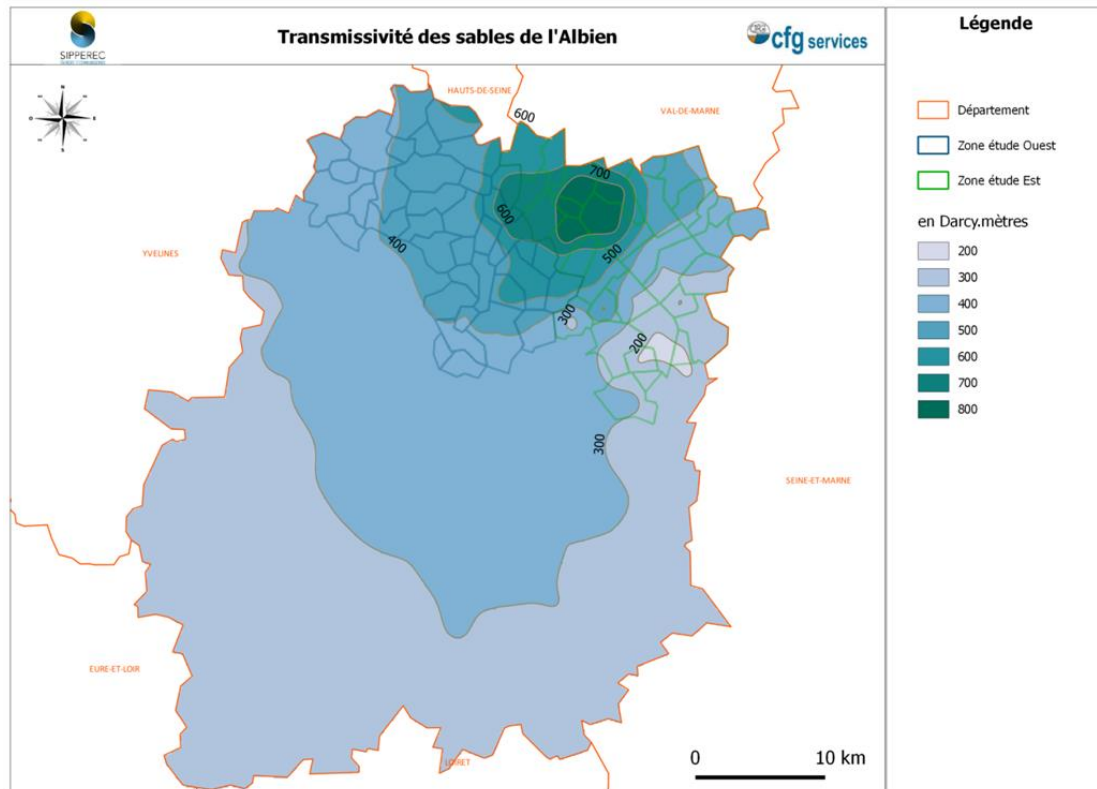


Figure 34 : Carte de transmissivité des Sables de l'Albien.

Le tableau suivant permet de synthétiser les résultats des différentes cartes :

Paramètres	Valeurs dans le secteur d'étude de l'Essonne
Profondeur du toit	400 m à 675 m
Transmissivité	300 à 800 Dm
Epaisseur productive cumulée	45 m à 65 m
Température	24°C à 34 °C
Débit d'exploitation	150 m ³ /h à 250 m ³ /h
Salinité	De l'ordre de 230 mg/L (pour les puits connus)
Teneur en fer	élevée

Tableau 2 : Caractéristiques hydrogéologiques des Sables de l'Albien.

Caractéristiques hydrogéologiques des Sables du Néocomien

Les Sables du Néocomien où l'on recense 5 à 8 horizons sableux sont séparés des Sables de l'Albien, par une centaine de mètres d'argile (complexe argilo sableux aptien). Les Sables du Néocomien sont moins sollicités et donc moins connus dans le Bassin Parisien.

Les figures suivantes illustrent pour le département de l'Essonne :

- la profondeur du toit des Sables du Néocomien (Figure 35) ;
- la température du toit des Sables du Néocomien (Figure 36) ;
- l'épaisseur utile des Sables du Néocomien (Figure 37) ;
- la transmissivité des Sables du Néocomien (Figure 38).

Les Sables du Néocomien se situent à des profondeurs différentes sur l'Essonne ; ils sont moins profonds à l'ouest et sont beaucoup plus profonds au nord-est, atteignant jusqu'à près de 900 m de profondeur (Figure 35).

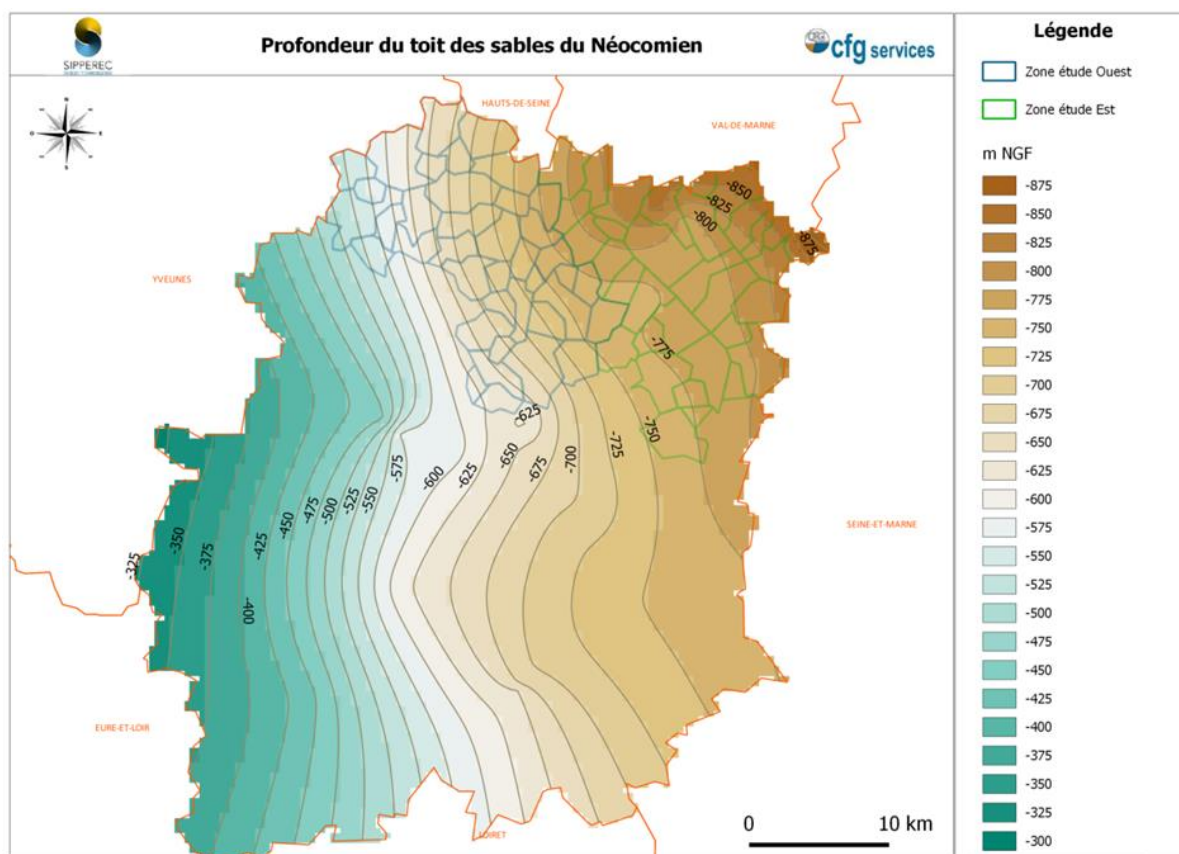


Figure 35 : Carte de profondeur du toit des Sables du Néocomien.

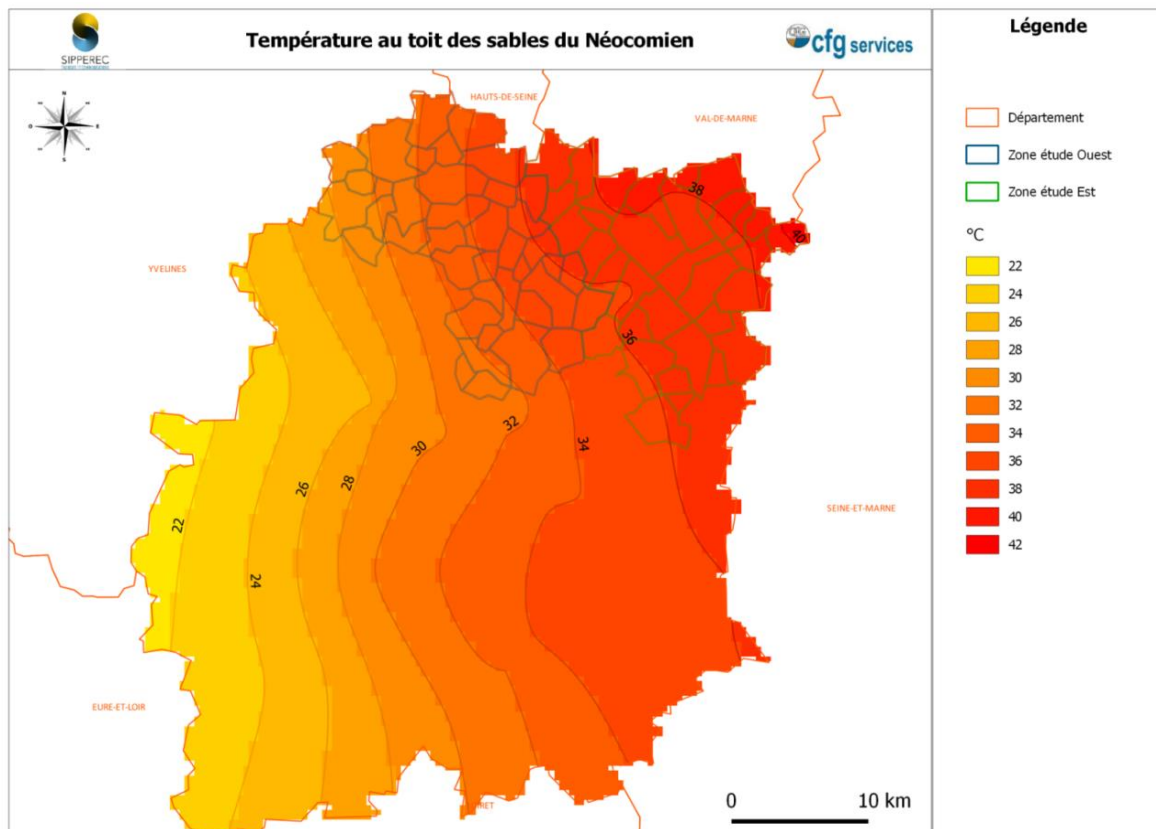


Figure 36 : Carte de température au toit des Sables du Néocomien.

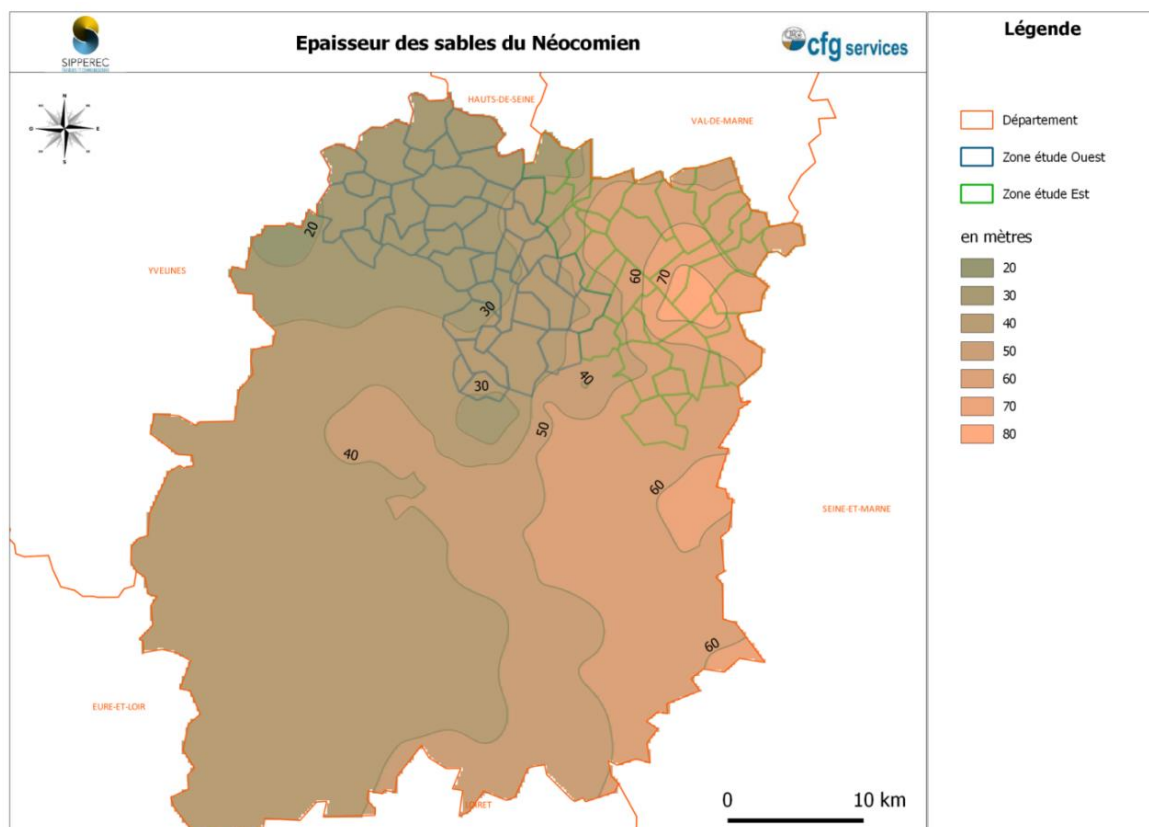


Figure 37 : Carte d'épaisseur utile des Sables du Néocomien.

La température au toit du Néocomien varie elle-aussi. Les formations les moins profondes sont aussi les moins chaudes. Les températures les plus chaudes, autour de 40 – 42°C, se situeraient dans le nord-est du département de l'Essonne (Figure 36).

L'épaisseur utile des Sables du Néocomien varie de 20 à 80 m sur le département. Sur le secteur à l'est, l'épaisseur est plus importante (Figure 37).

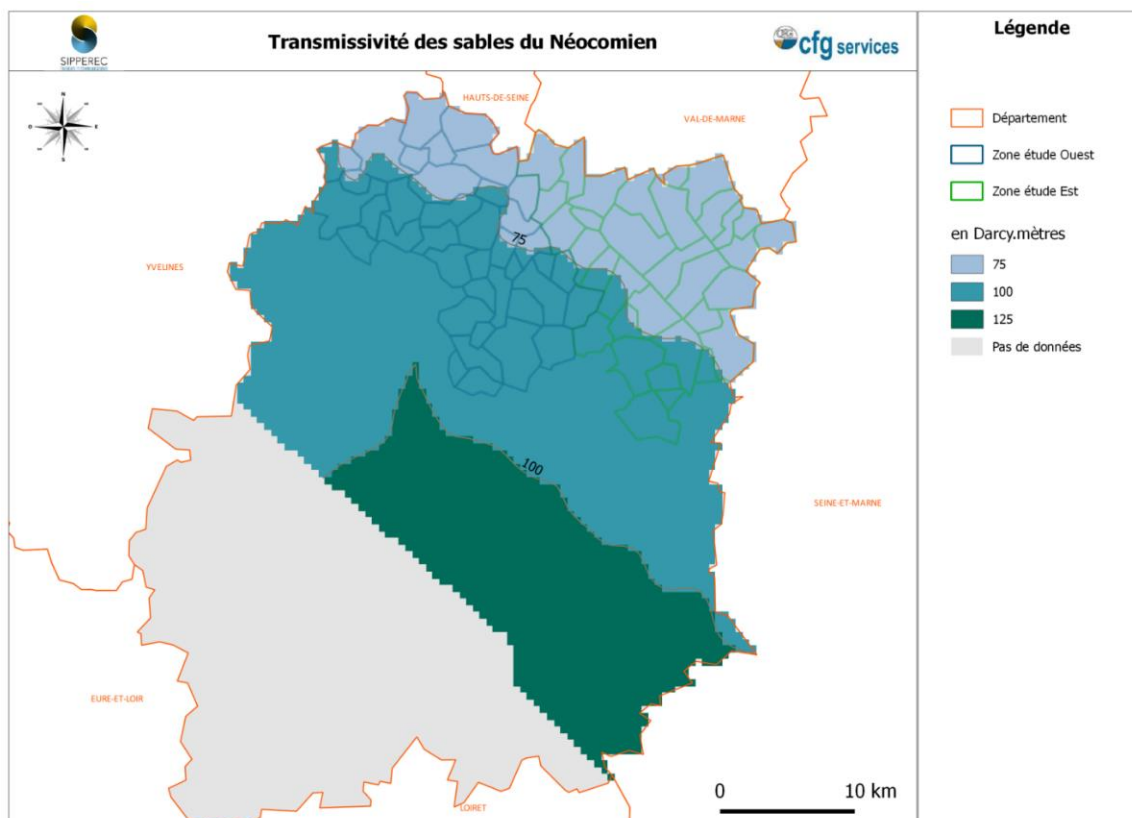


Figure 38 : Carte de transmissivité des Sables du Néocomien.

La transmissivité des Sables du Néocomien a été estimée pour une grande partie du département ; néanmoins en l'absence de données dans le secteur sud-ouest, la transmissivité de ce secteur n'a pu être évaluée. Les transmissivité sont a priori moins importantes au nord qu'au sud du département (Figure 38).

Dans l'Essonne, seul, le site de Bruyères-le-Châtel exploite cette ressource (AEP + Géothermie) ; il n'y a pas de réinjection des eaux géothermales.

Le tableau suivant permet de synthétiser les résultats des différentes cartes :

Paramètres	Valeurs dans le secteur d'étude de l'Essonne
Profondeur du toit	525 m à 875 m
Transmissivité	75 Dm
Epaisseur productive cumulée	30 m à 70 m
Température	28°C à 40°C
Débit d'exploitation	Pas de préconisation manque de retour d'expérience
Salinité	< 1 g/L
Teneur en fer	élevée

Tableau 3 : Caractéristiques hydrogéologiques des Sables du Néocomien.

Le tableau présenté sur la page suivante reprend les principales exploitations des aquifères de l'Albien et du Néocomien en Ile de France et leurs caractéristiques.

Référence	Aquifère	Département	Commune	Adresse	Profondeur(m)	Etat ouvrage	Utilisation	x local	y local	z (m NGF)	Année	Débit (m³/h)	Rabattement	Température (°C)	T (m²/s)
01836D0038/F	Albien	92	Bagneux	98 av. a. Briand	625,92	Non exploité	Eau industrielle	598790	122260	77,06	1944	180	7,5	29	
01837D0484/F1	Albien		Charenton-le-Pont	7 place Bobillot	580	Non exploité	Eau collective	604900	124460	33,75	1934				
01837D0085/F	Albien	94	Charenton-le-Pont	7 place Bobillot	575	Non exploité	Eau collective	604900	124460	33,75	1934				
01836A0128/F	Albien	92	Issy-les-Moulineaux	14 rue Rouget de l'Isle	571,5	Non exploité	Eau industrielle	594590	125305	30	1965	200	20	27,4	5,00E-03
01836A0031/F1	Albien	92	Issy-les-Moulineaux	14 rue Rouget de l'Isle	497,6	Remblayé et cimenté (1974)	Eau industrielle	594695	125240	32	1923	200			5,00E-03
01837C0173/F1	Albien-Néocomien	94	Ivry-sur-Seine	112 rue Marcel Hartmann	744,21	Remblayé (1970)	Eau industrielle	603240	123060	64	1934	309	9,5	32	
01837D0139/F2	Albien	94	Ivry-sur-Seine	112 rue Marcel Hartmann	650	Non exploité	Embouteillage	603340	123070	64	1969	200	33,4		
01837D0073/F2	Albien	94	Ivry-sur-Seine	48 quai Auguste Deshaies	605	Non exploité	Eau industrielle	604730	124170	32	1966	243	48,9	28,7	1,90E-03
01837D0039/F1	Albien	94	Ivry-sur-Seine	Vins du Postillon	560,15	Non exploité	Eau industrielle	604610	124200	30	1936	300		28,2	2,40E-03
01845X0013/F	Albien	93	Noisy-le-Grand	Quai des deux ponts	764,06	Non exploité	AEP	614300	128000	37,4	1934	250	15,5	33	
01837B0079/F	Albien	75	Paris 12eme	Bois de Vincennes	597	Remblayé	Eau industrielle	605300	125380	50	1900			27	
01837A0114/F	Albien	75	Paris 13eme	La butte aux Cailles place Paul Verlaine	677,67	Remblayé et cimenté	Eau service publique	601170	125240	59,07	1934	210		29,1	
01837A0096/F2	Albien	75	Paris 13eme	85, rue Dunois	622	Non exploité	Eau industrielle, piézomètre	602110	125890	40,6	1933	200	14,4	28	
01836B0048/F	Albien	75	Paris 15eme	17, rue Blomet - piscine	590	Non exploité	Eau industrielle	597900	126950	37,35	1931				
01836A0032/F	Albien	75	Paris 18eme	Maison de la Radio	788.3	Exploité	Eau-industrielle	595703	128035	29,20	1956	120		27	
01834D0017/F	Albien	93	Villemomble	Route de Noisy	849,82	Non exploité	Eau collective	611780	131340	70,5	1934	244	11	31,8	
02197X0073/F	Albien	91	Viry-Châtillon	rue de Ris	688,9	Exploité	AEP	603960	108280	34	1931	370		33,5	

Tableau 4. Inventaire et productivité des puits captant l'Albien et le Néocomien (Source : Infoterre BSS) dans Paris et la proche couronne

1.3.5. Caractérisation hydrogéologique des aquifères du Jurassique : Lusitanien et Dogger

Caractéristiques hydrogéologiques du Lusitanien

Entre les aquifères du Crétacé inférieur et du Dogger, le Lusitanien peut localement présenter un caractère aquifère. Le Lusitanien correspond à une dénomination appartenant à l'Oxfordien regroupant les sous-étages du Séquanien, du Rauracien et de l'Argovien. Les faciès calcaires du Séquanien et du Rauracien peuvent localement être productifs (c'est le cas à Orly, Ris-Orangis ou Vigneux-sur-Seine par exemple où ce réservoir a été testé). Ce réservoir reste actuellement peu exploré car il ne constitue pas, en région parisienne, ni un objectif pétrolier, ni un aquifère exploité pour l'Alimentation en Eau Potable.

D'après la thèse de Bouniol (1985) « Etude d'un réservoir géothermique carbonaté : le Lusitanien de la Région Parisienne », le sud de Paris se situe en dehors du réservoir Lusitanien productif. Dans le département de l'Essonne, cet aquifère ne présenterait pas d'intérêt pour la géothermie.

Les conclusions de la thèse de Bouniol sont basées sur un nombre restreint de données, puisque l'aquifère du Lusitanien n'a été testé que sur les trois forages cités précédemment. Les résultats positifs obtenus à Orly seraient dus à une fracturation de l'aquifère et ne seraient pas représentatifs de la productivité du Lusitanien. En effet, les forages de Vigneux-sur-Seine et de Ris-Orangis ne recoupent pas de niveaux réservoirs et leurs caractéristiques montrent un changement total des caractéristiques de l'aquifère du Lusitanien par rapport au nord de Paris où il est productif.

Les figures suivantes illustrent pour le département de l'Essonne :

- la profondeur du toit des Calcaires du Lusitanien (Figure 39) ;
- la température du toit des Calcaires du Lusitanien (Figure 40) ;
- l'épaisseur utile des Calcaires du Lusitanien (Figure 41).

Les Calcaires du Lusitanien se situent à des profondeurs différentes sur le département de l'Essonne ; ils sont moins profonds à l'ouest et sont beaucoup plus profonds au nord-est, atteignant jusqu'à près de 1 200 m de profondeur (Figure 39).

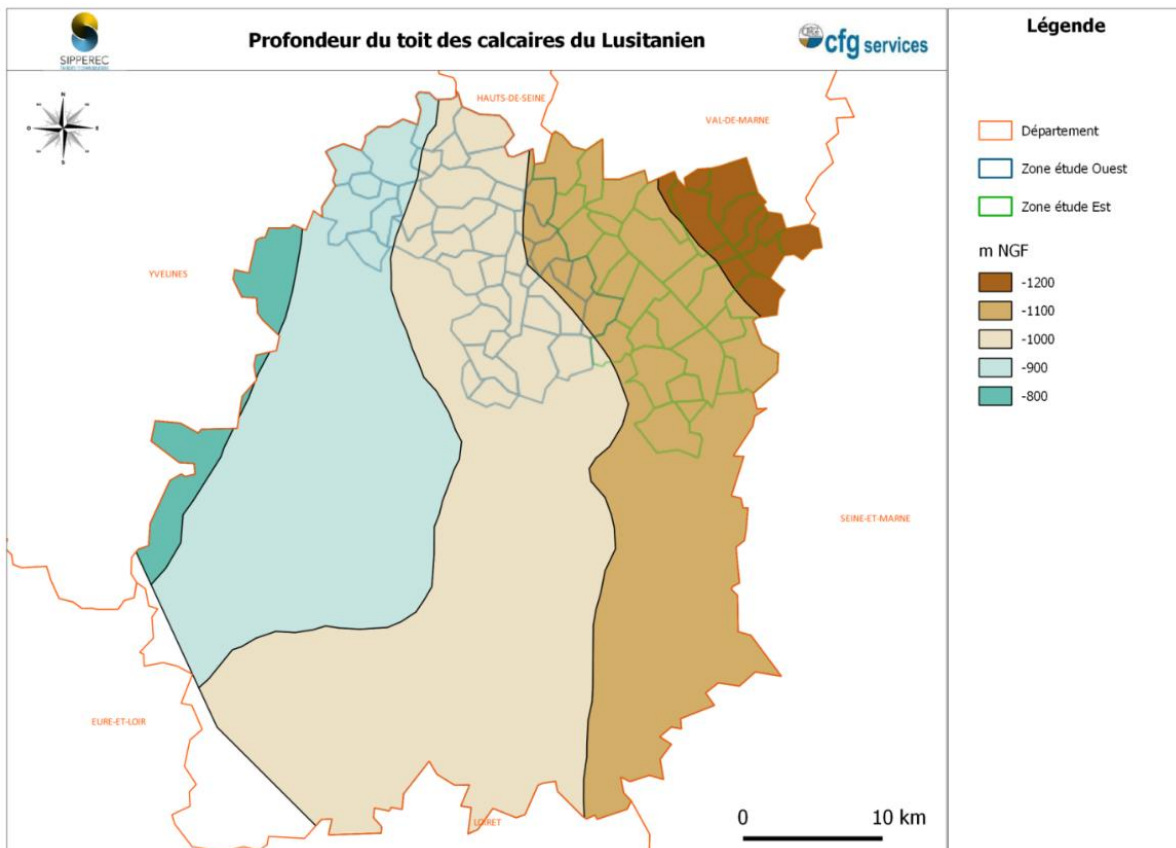


Figure 39 : Carte de profondeur du toit du Lusitanien. D'après Caritg et al., 2014.

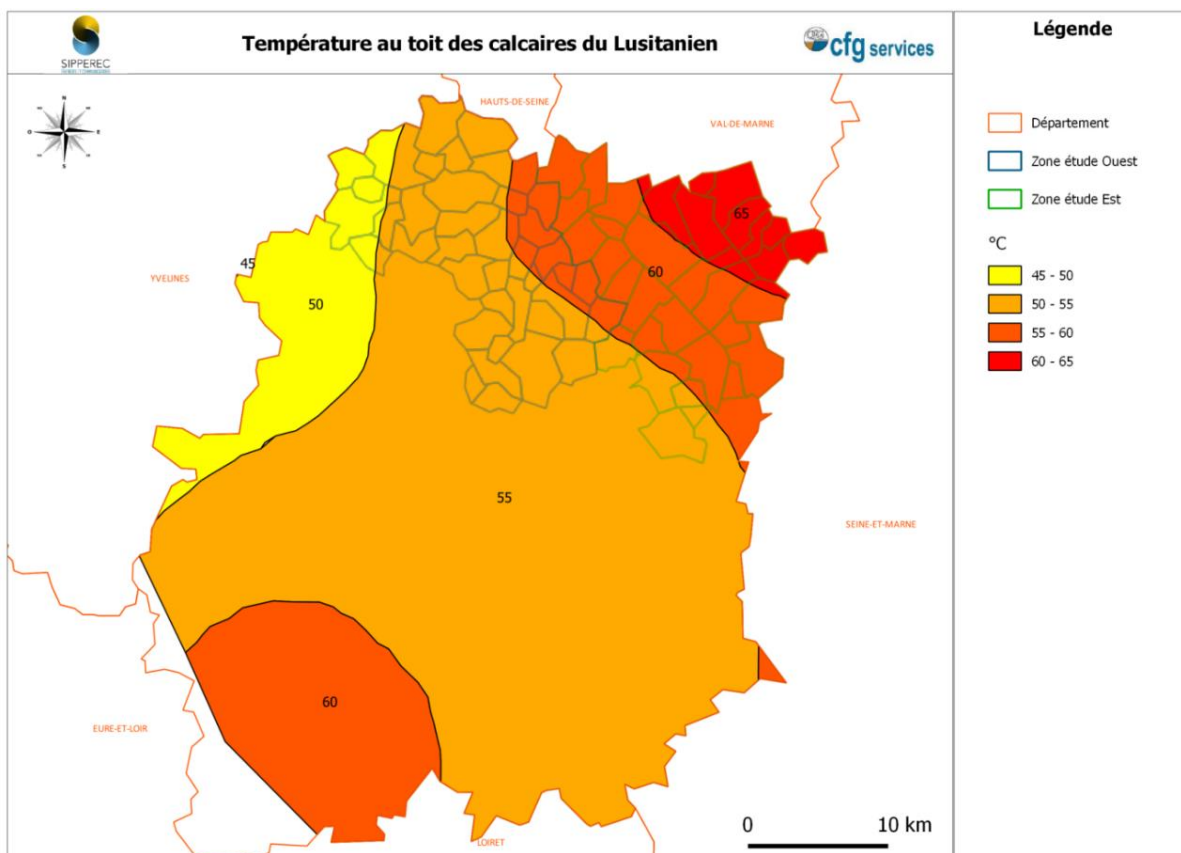


Figure 40 : Carte de température au toit du Lusitanien. D'après Caritg et al., 2014.

Les températures au toit des Calcaires du Lusitanien varient de 45 à 65°C. Pour la majeure partie de l'Essonne, la température estimée au toit du Lusitanien est de 55°C. Le secteur nord-est peut a priori atteindre près de 65°C (Figure 40).

Le Lusitanien présente un faciès aquifère (réservoir) que sur la moitié nord-est du département (Figure 41). L'épaisseur utile moyenne est estimée de 50 à 60 m.

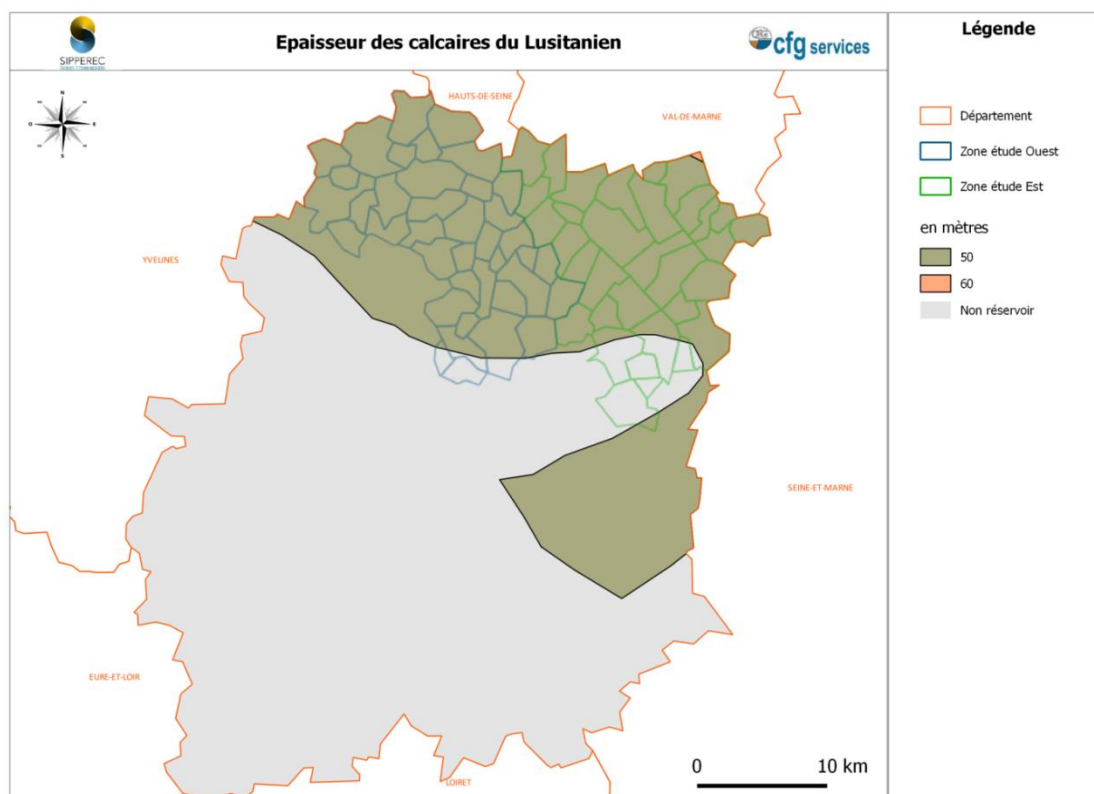


Figure 41 : Carte d'épaisseur utile du Lusitanien. D'après Caritg et al., 2014.

Le tableau suivant permet de synthétiser les résultats des différentes cartes :

Paramètres	Valeurs dans le secteur d'étude de l'Essonne
Profondeur du toit	900 m à 1200 m
Transmissivité	Pas de données
Épaisseur productive cumulée	Estimation : 50 m peu de données
Température	50°C à 65 °C
Débit d'exploitation	Pas de données
Salinité	Donnée incomplètes

Tableau 5 : Caractéristiques hydrogéologiques du Lusitanien.

Caractéristiques hydrogéologiques des calcaires du Dogger

Cette formation s'étend sur environ 150 000 km², soit la quasi-totalité du Bassin parisien, et affleure sur ses bordures qui constituent les zones principales de recharge.

A l'échelle du Bassin parisien, l'aquifère du Dogger est caractérisé par l'existence d'un grand nombre de couches productives (6 à 13) d'épaisseur et de débit variables selon les secteurs. Ces niveaux producteurs présentent des perméabilités dont les valeurs peuvent varier d'un facteur 200 (0,2 à 40 Darcy). La transmissivité peut varier de 10 Dm à 110 Dm.

En région parisienne, l'aquifère du Dogger est constitué d'une succession de calcaires sublithographiques compacts et de calcaires oolithiques pouvant présenter une porosité matricielle. On y trouve également une porosité de fracture, dont le rôle est jugé important dans la productivité générale des ouvrages.

Schématiquement, la succession stratigraphique des calcaires du Bathonien est la suivante, du haut vers le bas :

- **Ensemble Comblanchien** : on y dénombre jusqu'à cinq niveaux producteurs qui peuvent totaliser 25 % de la production d'eau ;
- **Ensemble Oolithique** : cet ensemble constitué de calcarénites à forte porosité peut regrouper jusqu'à 7 horizons producteurs. Il assure environ les deux tiers de la production d'eau ;
- **Ensemble des Alternances** : succession de séquences de marnes et calcaires dans lesquels quelques niveaux producteurs peuvent être rencontrés.

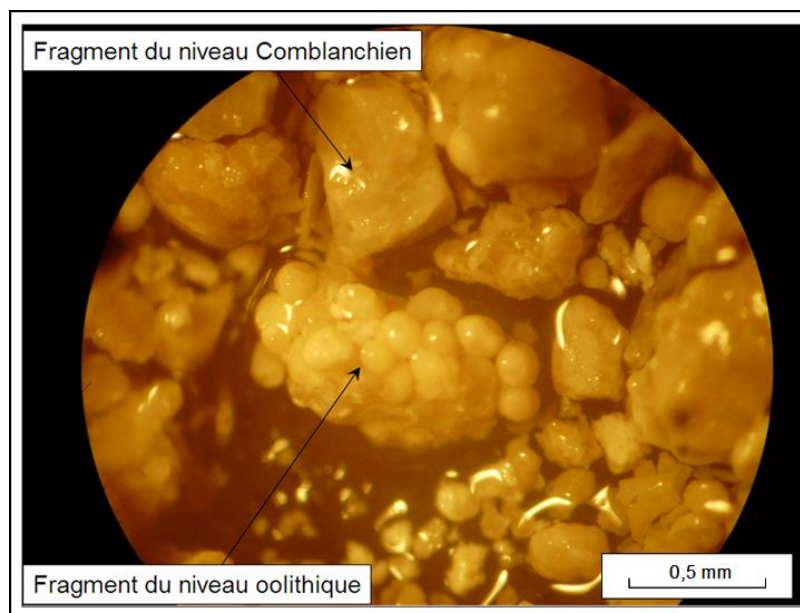


Figure 42 : Observation à la loupe binoculaire d'un échantillon prélevé en cours de forage au niveau du réservoir du doublet géothermique des Aéroports de Paris - Orly (Mai 2010)

La Figure 42 permet d'avoir un aperçu, sous observation à la loupe binoculaire, des « cuttings » qui remontent lors du forage du réservoir du Dogger. Ces cuttings sont composés de fragments oolithiques, constitutif de l'ensemble de l'Oolithe blanche, et de fragments calcaires, constitutifs de l'ensemble du Comblanchien.

L'eau géothermale du Dogger est légèrement acide et fortement minéralisée, de faciès géochimique chloruré sodique. Elle est par conséquent corrosive.

Des facteurs aggravants de la corrosion tels que l'activité bactérienne et/ou la teneur en sulfure sont connus dans cet aquifère. En effet, le caractère réducteur de l'eau géothermale dans le secteur favorise le développement de ces bactéries sulfato-réductrices.

La présence de gaz est également dommageable aux équipements dès lors que la pression de point de bulle n'est pas respectée. Les processus de corrosion constituent un risque vis-à-vis de l'intégrité des cuvelages. De plus, le niveau de salinité de l'eau du Dogger impose sa réinjection dans le réservoir, et exclut tout autre type de valorisation de ce fluide.

D'autre part, la teneur en sulfures dans le secteur est naturellement élevée (0 à 20 mg/L), ce qui amène à ne pas préconiser une exploitation en artésianisme en raison du risque de dépôts de sulfures de fer et d'encrassement des tubages. La mise en œuvre d'un traitement par inhibiteur de corrosion est implicite en cas de réalisation de puits en acier.

Quatre doublets sont actuellement exploités au Dogger dans l'Essonne :

- **Montgeron**
- **Vigneux-sur-Seine**
- **Ris-Orangis**
- **Epinay-sous-Senart.**

Les exploitations d'Orly ADP et de Fresnes, situées sur le département du Val-de-Marne, possèdent également toutes les deux un puits dont le point d'impact est situé dans le département de l'Essonne.

Les figures suivantes illustrent pour le département de l'Essonne :

- la profondeur du toit des Calcaires du Dogger (Figure 37) ;
- la température du toit des Calcaires du Dogger (Figure 38) ;
- l'épaisseur utile des Calcaires du Dogger (Figure 39) ;
- la transmissivité des Calcaires du Dogger (Figure 40).

Les Calcaires du Dogger se situent à des profondeurs différentes sur l'Essonne ; ils sont moins profonds à l'ouest et sont beaucoup plus profonds à l'est, atteignant jusqu'à près de 1 650 m de profondeur (Figure 43).

La carte de température au toit du Dogger est en relation avec la carte de profondeur. On s'aperçoit effectivement que la température au toit du Dogger varie grosso-modo d'ouest en est ; les secteurs les plus profonds étant aussi les plus chauds, avec une température qui pourrait atteindre près de 78°C (Figure 44). L'épaisseur utile et la transmissivité ne sont estimables que sur la partie nord-est du département. En effet, la présence du « sillon marneux » sur la moitié sud-ouest du département confère un caractère non réservoir au Dogger. L'épaisseur utile du Dogger varie de 6 à près de 30 m, pour des valeurs de transmissivité de 5 à 75 D.m (Figure 45 et Figure 46). Le secteur nord-est de l'Essonne présente les meilleurs paramètres.

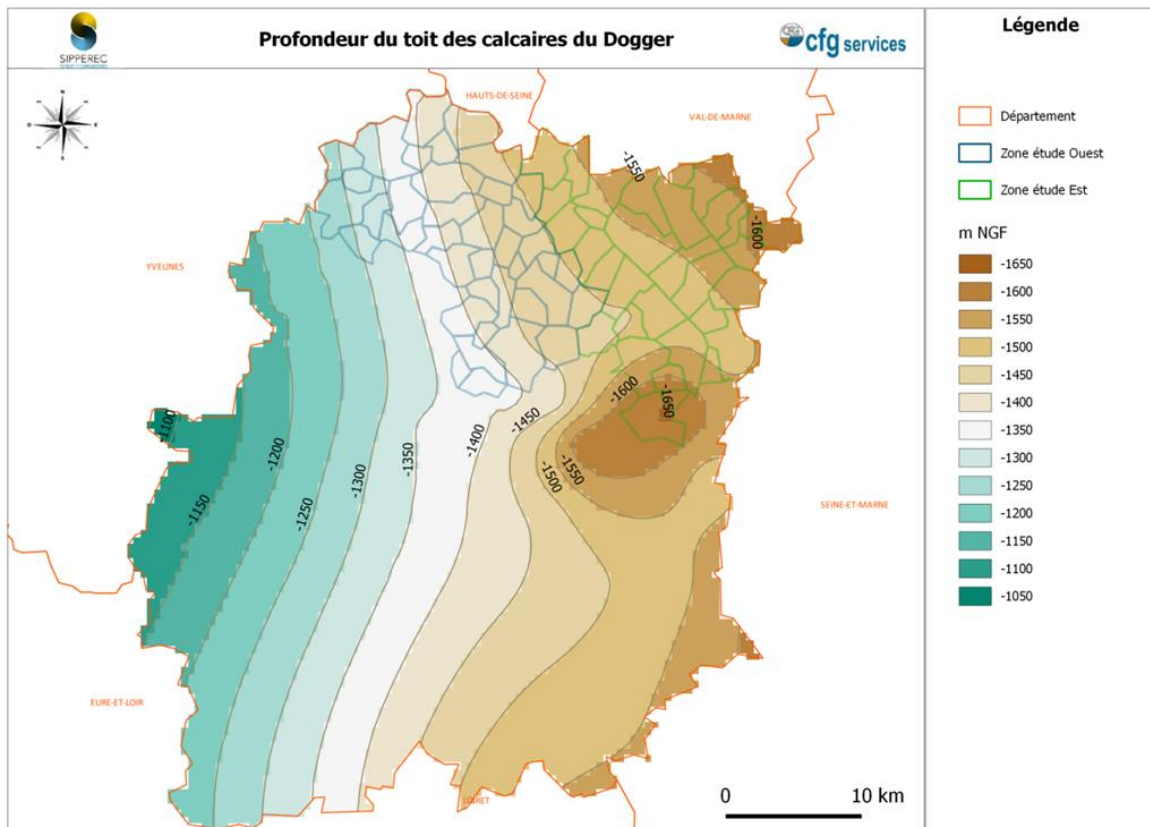


Figure 43 : Carte de profondeur du toit du Dogger.

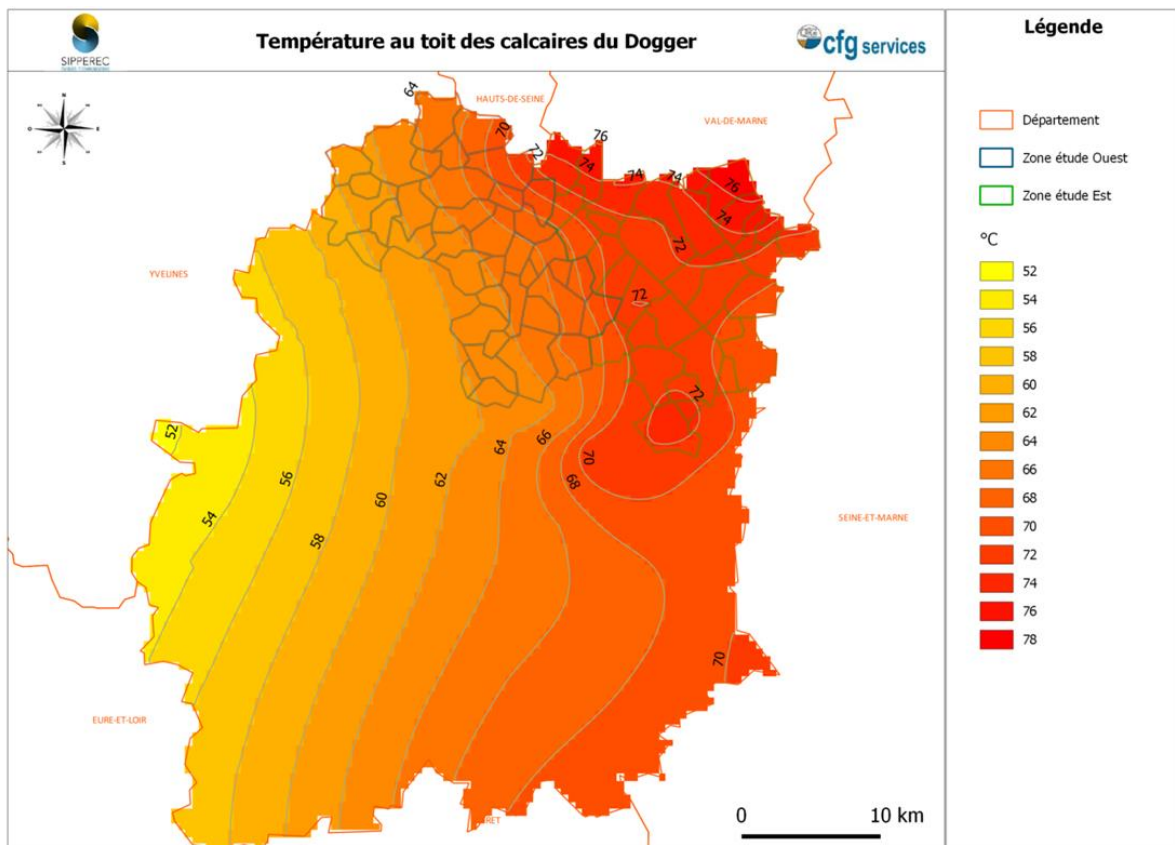


Figure 44 : Carte de température au toit du Dogger.

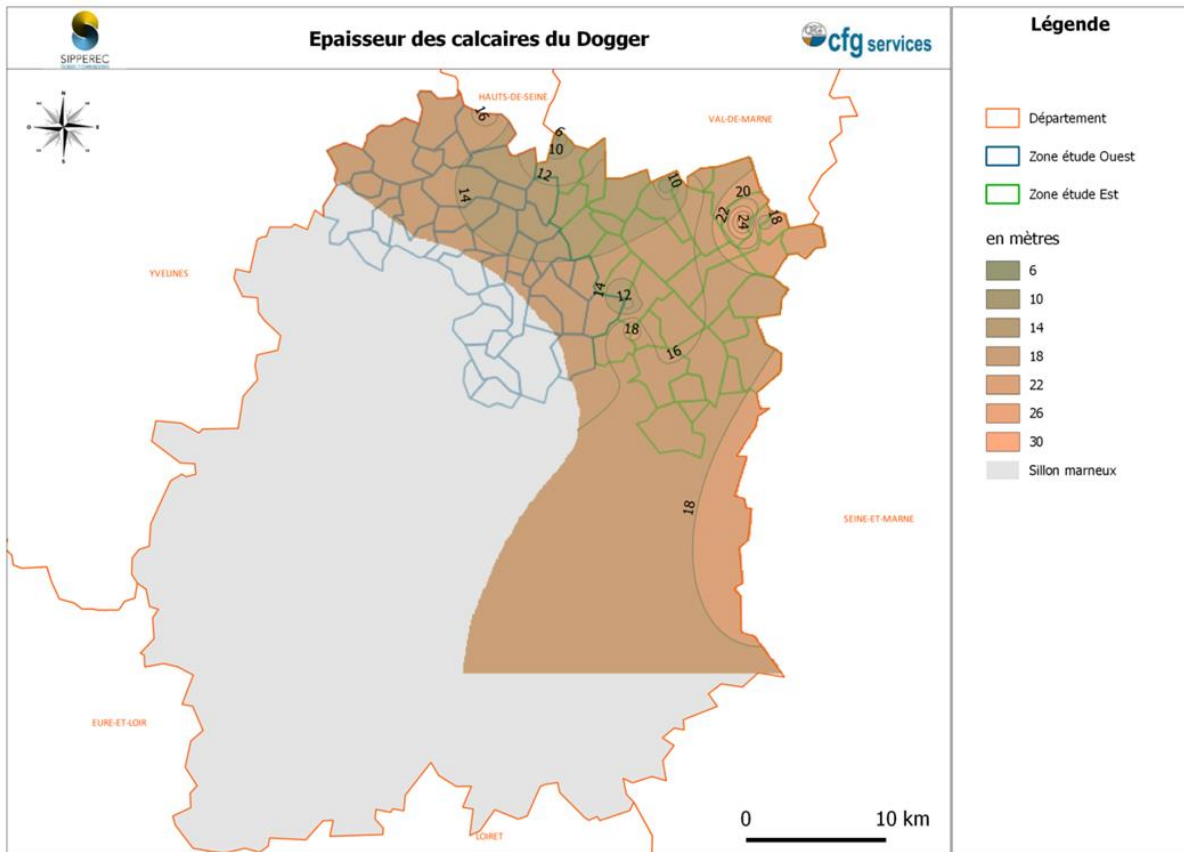


Figure 45 : Carte d'épaisseur utile du Dogger.

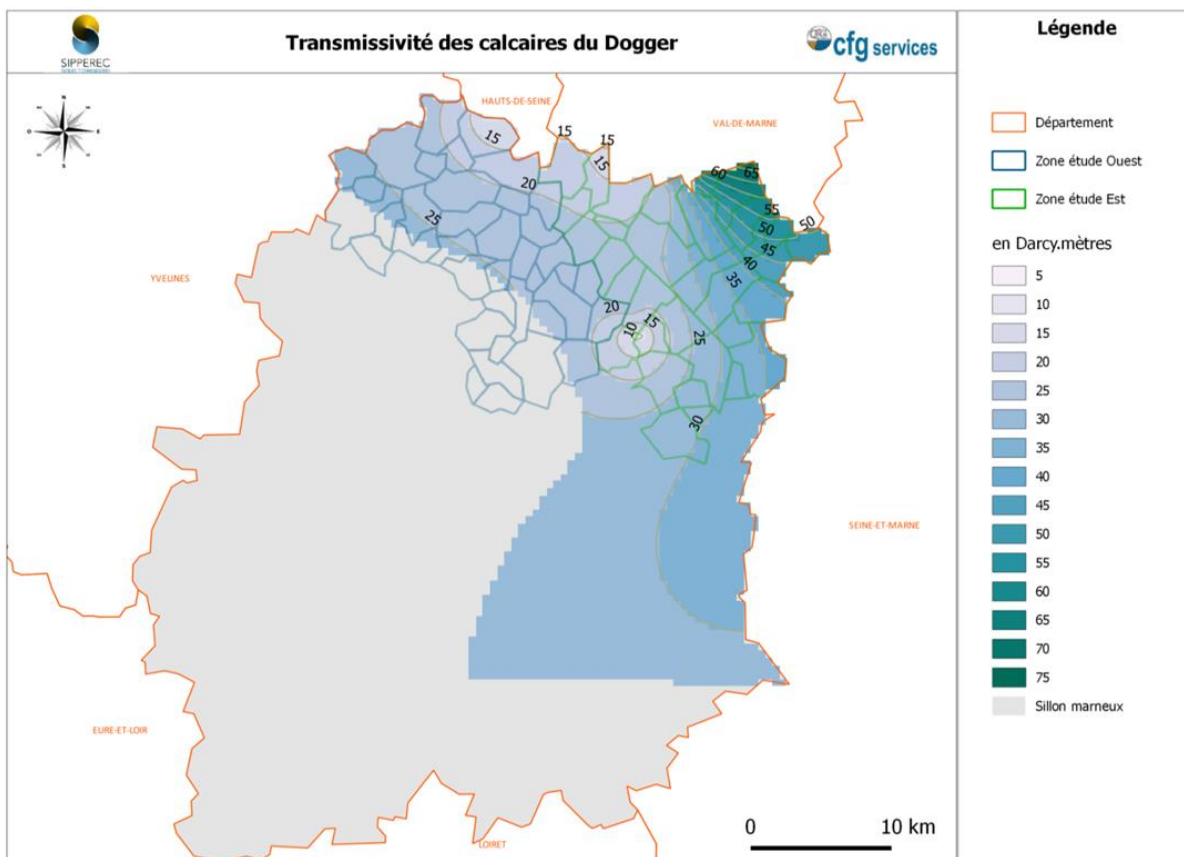


Figure 46 : Carte de transmissivité du Dogger.

Le tableau suivant permet de synthétiser les résultats des différentes cartes concernant le Dogger:

Paramètres	Valeurs dans le secteur d'étude de l'Essonne
Profondeur du toit	1250 m à 1650 m
Transmissivité	10 à 65 Dm
Epaisseur productive cumulée	6 m à 24 m
Température	60°C à 78 °C
Débit d'exploitation	50 m ³ /h à 250 m ³ /h (250-350m ³ /h max)
Salinité	7 à 20 g/L

Tableau 6 : Caractéristiques hydrogéologiques du Dogger.

1.3.6. Caractérisation de l'aquifère du Trias

Le Trias est la formation la plus profonde juste au-dessus du socle, constituée de grès et de sables intercalés d'argile. Son potentiel thermique est plus intéressant que celui du Dogger, puisque cette formation est plus profonde. En région parisienne, les zones plus favorables se situent le long de la vallée de la Basse Seine et dans la région de Mantes, la température peut dépasser les 80°C.

Deux tentatives d'exploitation de cet aquifère ont été entreprises dans les années 1980 à Cergy et à Achères. Un manque de productivité pour le premier site et des difficultés de réinjection pour le second site ont conduit les opérateurs à se replier sur l'aquifère supérieur, en l'occurrence le Dogger.

Une autre tentative sur le site de Melleray dans l'Orléanais s'est elle aussi soldée par un échec, du fait de difficultés de réinjection liées à la structure lithologique de cette formation (aquifère argilo-gréseux) et à la qualité du fluide géothermique (saumures).

Un projet de recherche réalisé récemment avait pour objectif d'améliorer la connaissance notamment du réservoir du Trias du Bassin parisien. Il s'agit du projet CLASTIQ-2, intitulé « Programme de recherche sur les ressources géothermales des réservoirs clastiques, en France », il a été cofinancé par le BRGM et l'ADEME. Le rapport final⁶ datant de novembre 2012 est disponible.

L'aquifère du Trias pourrait susciter un intérêt, sous réserve de maîtriser les problèmes, notamment ceux liés à la réinjection du fluide géothermal, si la densité des exploitations géothermales au Dogger venait à compromettre l'équilibre hydraulique et thermique entre les exploitations ; ce qui n'est pas du tout le cas dans l'Essonne.

Un forage exploratoire au Trias peut être envisagé. Ce forage, *a priori* réalisé en puits droit, permettrait de caractériser géologiquement et hydrogéologiquement le réservoir du Trias au droit d'un site retenu. Puis, en fonction des caractéristiques du réservoir, un repli au Dogger en cas d'échec pour la géothermie devrait être envisagé.

1.3.7. Préconisations pour l'exploitation géothermique

Technique du doublet géothermique

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

Le point de prélèvement dans le réservoir et le point de réinjection dans ce même réservoir doivent être suffisamment écartés, afin de ne pas dégrader, pendant l'exploitation, la température au puits de

⁶ Bouchot et al., 2012. CLASTIQ-2 : Programme de recherche sur les ressources géothermales des réservoirs clastiques en France (bassin de Paris et fossé rhénan). Rapport final. BRGM/RP-61472-FR.

production par la venue d'une bulle froide en provenance du puits de réinjection (phénomène de percée thermique).

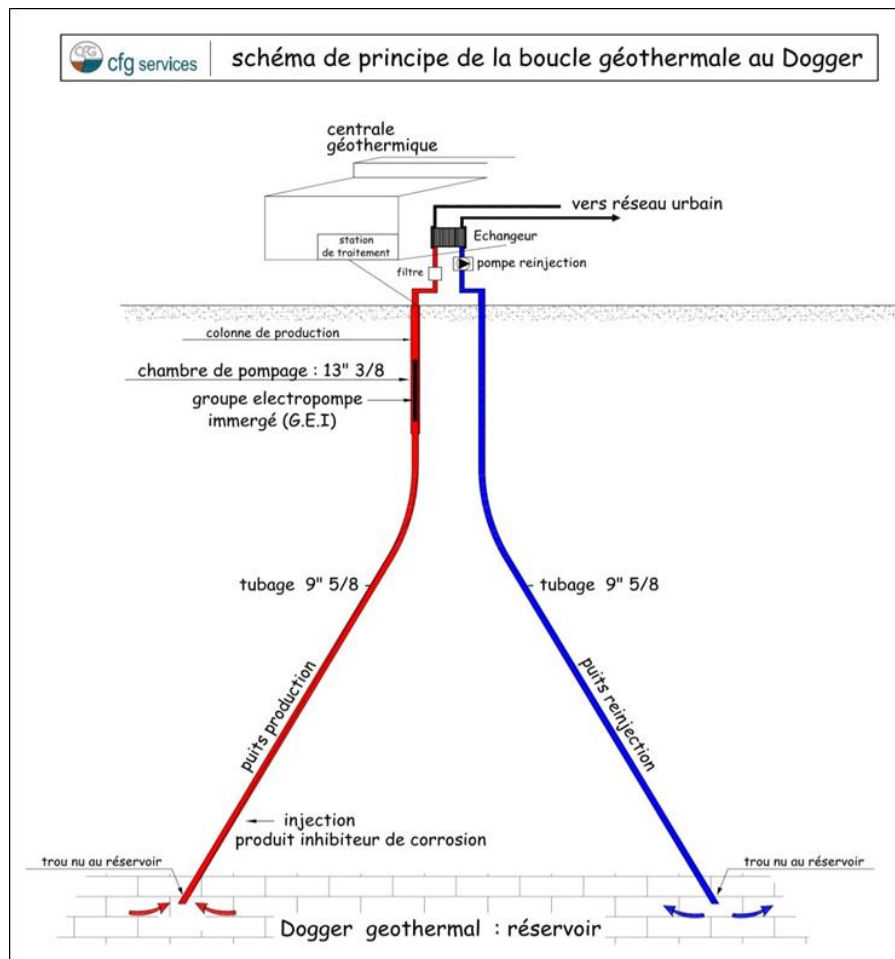


Figure 47 : Schéma de principe d'un doublet au Dogger.⁷

La boucle géothermale est constituée :

- d'un puits de production dans lequel une électropompe immergée assure le débit de production ;
- d'un système de prélèvement de chaleur, soit par échangeur thermique, soit par échange thermodynamique à l'aide d'une pompe à chaleur ;
- d'une électropompe de réinjection poussant le fluide géothermique « froid » vers le puits de réinjection ;
- du puits de réinjection véhiculant le fluide « froid » dans l'aquifère.

Dispositif de traitement en inhibiteur de corrosion

Les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques du réservoir du Dogger sont telles que les tubages en acier au carbone dans les forages sont le siège de phénomènes de corrosion et de dépôts nuisant au fonctionnement des installations, lorsqu'ils ne sont pas protégés par des inhibiteurs de corrosion.

L'eau géothermale du Dogger possède des caractéristiques favorables au développement des phénomènes de corrosion :

⁷ 1 pouce = 2,54cm. 9 pouces 5/8 = 24,45cm. 13 pouces 3/8 = 33,97cm.

- un pH légèrement acide ;
- une teneur en sels dissous importante ;
- la présence d'ions sulfures et chlorures favorables aux réactions chimiques de corrosion ;
- la présence d'ions sulfates servant au métabolisme des bactéries sulfato-réductrices présentes naturellement dans l'eau et propices à leur développement sur les tubages amenant à des réactions localisées avec le fer du métal ;
- une eau chaude agissant sur les équilibres ioniques et donc sur la concentration en agents corrosifs.

On classifie généralement la corrosion des tubages acier (fer) en 4 catégories. Les processus de corrosion font intervenir les ions et les gaz dissous dans l'eau, notamment l'hydrogène, l'hydrogène sulfuré (H₂S), le gaz carbonique (CO₂) et les ions sulfates (SO₄²⁻).

Les 4 catégories sont les suivantes :

- la **corrosion uniforme généralisée**, dont le processus commence par une dissolution du fer métal en ion ferreux, puis par la présence concomitante de sulfure d'hydrogène et de carbonate, se forment du carbonate de fer et de l'hydroxychlorure de fer ;
- la **corrosion galvanique**, qui agit comme une pile avec la décomposition du fer ;
- la **corrosion localisée**, similaire à une corrosion galvanique, mais sur une surface très réduite du tubage, dont le métal constitue une anode très active pour satisfaire à l'échange avec une cathode de grande surface (corrosion dite perforante).
- la **corrosion bactérienne**, due à la présence de bactéries sulfato-réductrices, qui peuvent augmenter la vitesse de corrosion.

Pour éviter ces processus de corrosion, le traitement en inhibiteur de corrosion est donc fortement recommandé.

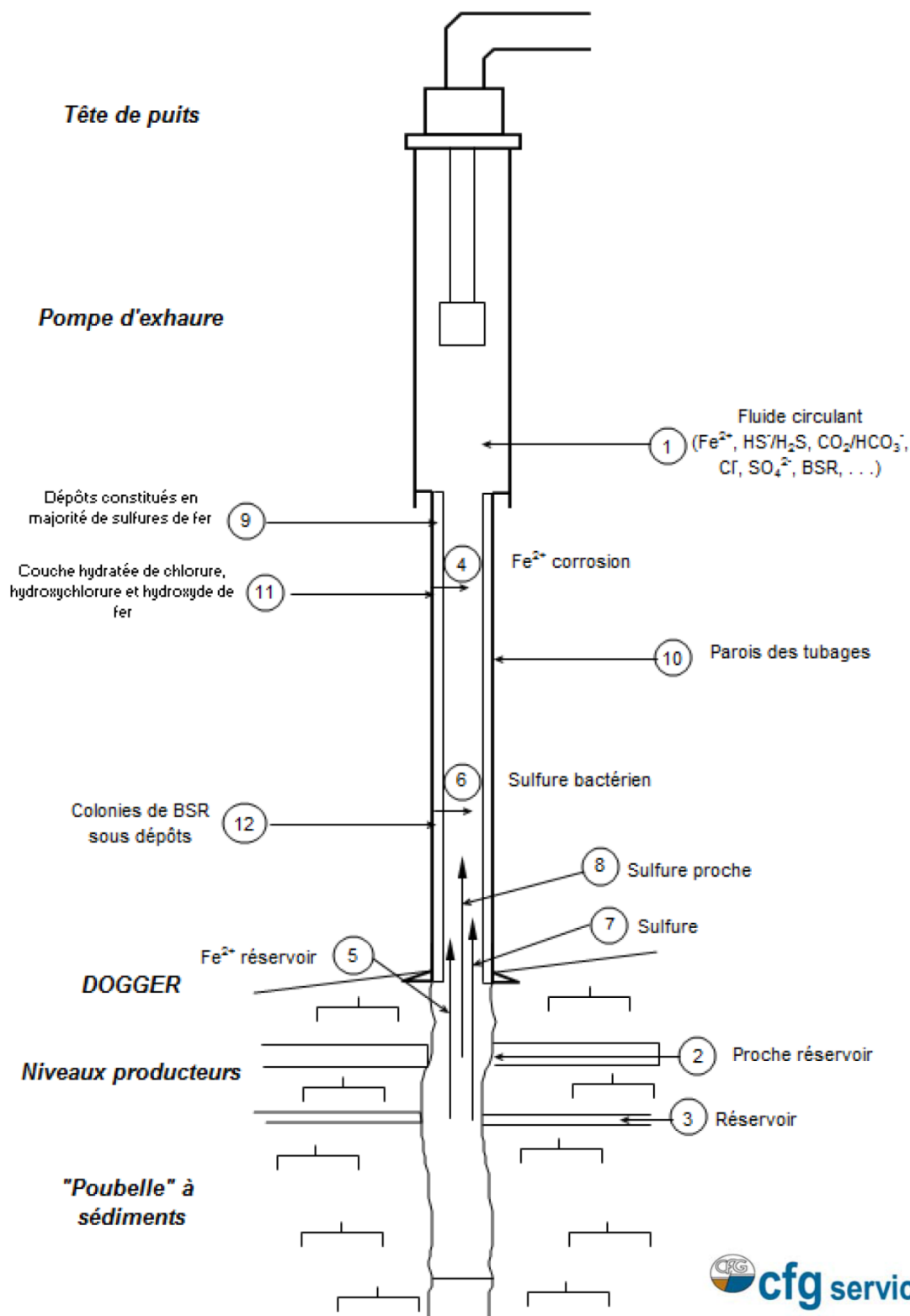


Figure 48. Modélisation des phénomènes corrosion-dépôts dans un puits géothermique.

Afin de pallier aux problèmes de corrosion, les projets de nouveaux doublets géothermiques, notamment au Dogger, prévoient la mise en place sur le puits producteur d'un dispositif de traitement en inhibiteur de corrosion pour la protection de toute la boucle géothermale. Ce dispositif prévoit la mise en place d'une cuve remplie d'inhibiteur, d'une pompe doseuse qui injecte l'inhibiteur dans le

puits producteur, à l'aide d'un tube de traitement, au sabot du puits. Le schéma de principe est expliqué par l'illustration ci-dessous. Le choix du produit inhibiteur et les consignes de traitement doivent faire l'objet d'une étude appropriée, en fonction de chaque site.

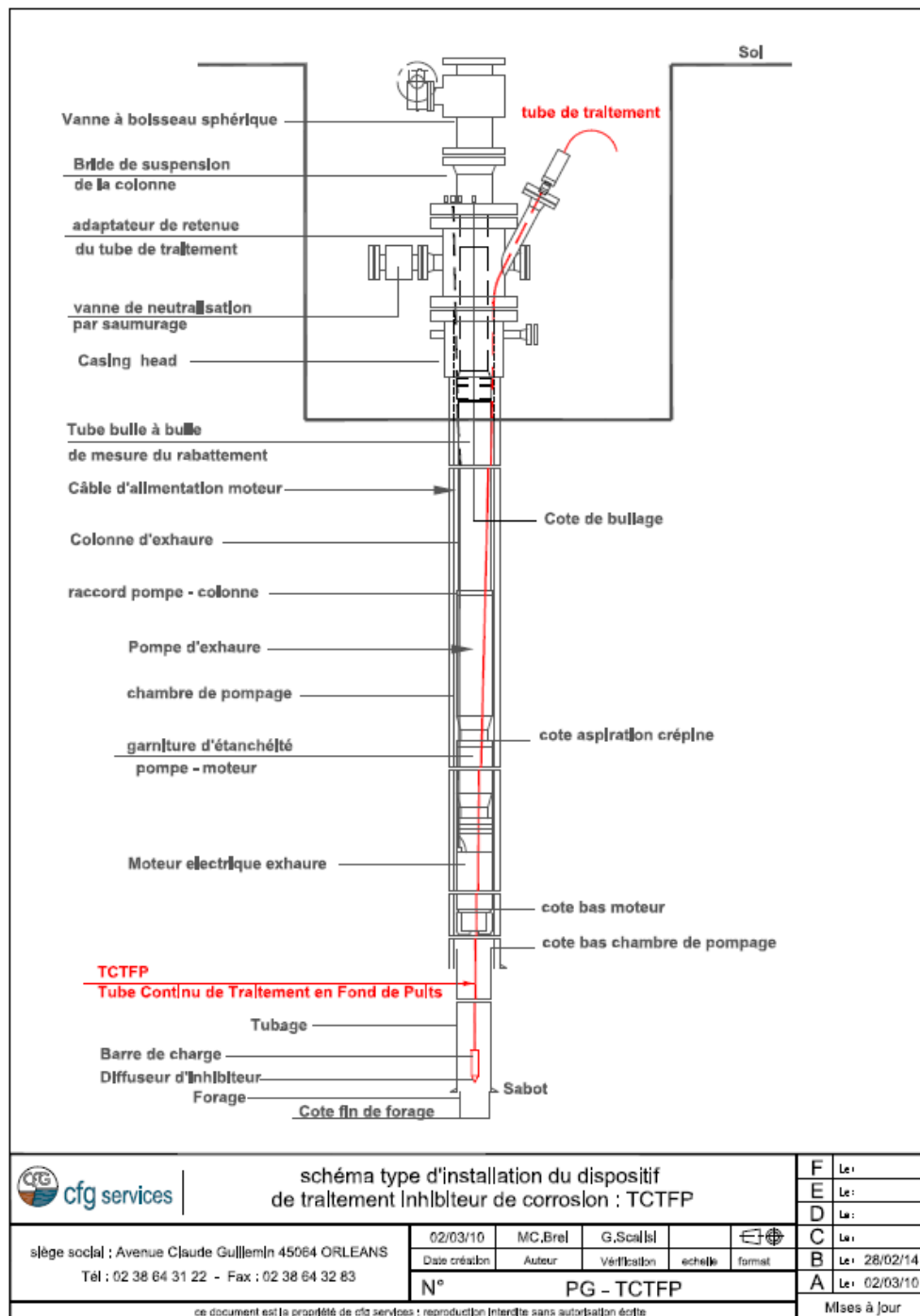


Figure 49. Schéma de principe du dispositif de traitement en inhibiteur de corrosion

Les puits en tubage composite

On appelle puits en tubage composite un puits équipé de tubage en fibre de verre constitué :

- de fibre ;
- de résine époxy ;
- d'un durcisseur (anhydride, amine aliphatique ou aromatique).

Les avantages potentiels sont incontestables :

- Pas de corrosion, pas de dépôt ;
- Pertes de charge moindres et constantes ;
- Consommations électriques plus faibles qu'avec les tubages en acier et constantes ;
- Coûts d'exploitation et d'entretien plus faibles qu'avec l'acier ;
- Tube inhibiteur uniquement jusqu'à l'aspiration de la pompe. Pas de risque de collage ;
- Consommation d'inhibiteur et impact environnemental moindres ;
- Possibilité à terme de supprimer le dispositif inhibiteur, si tous les éléments de la boucle géothermale sont résistants à la corrosion ;
- Suivi des installations moins coûteux en particulier au niveau du contrôle de l'intégrité des tubages (cadre réglementaire à définir) ;
- Durée de vie plus importante qu'avec l'acier ;
- Pas de travaux de réhabilitation lourds et coûteux, meilleure visibilité sur les coûts d'entretien ;
- Matériaux facile à fraiser et à éliminer, si une section doit être remplacée.

Des inconvénients méritent toutefois d'être signalés :

- Pas de retour d'expérience dans des puits similaires à ceux du Bassin parisien ;
- Coût des matériaux plus important ;
- Mise en œuvre plus longue et potentiellement plus coûteuse, la différence avec une solution acier devrait s'atténuer au fur et à mesure des opérations ;
- Manipulation délicate ;
- Matériaux léger, descente dans les forages fortement déviés potentiellement plus compliquée qu'avec de l'acier ;
- Cimentation étagée non conseillée ;
- Contrôle de cimentation plus compliqué car moins d'outils disponibles ;
- Pas de processus de contrôles préventifs de l'intégrité des tubages établis à ce jour.

Il n'a pas été réalisé à l'heure actuelle de doublets en puits composites.

Dans le cas de Melun l'Almont, un tubage composite a été installé dans un tubage acier avec un annulaire (espace entre tube résine et tube acier) non cimenté. Le surcoût de réalisation a probablement été important puisque il y a un tubage acier plus un tube composite. La surveillance de la corrosion du tubage acier se limite à une surveillance de son intégrité faute d'outils de contrôle adaptés à ce cas particulier. Une injection de produit inhibiteur de corrosion dans l'annulaire est réalisée

La « profession » n'est pas suffisamment avancée techniquement pour réaliser à l'heure actuelle un doublet en pur composite. Les prescriptions réglementaires de protection des aquifères durant la phase forage, nécessiteraient des dispositions relatives au tubage identiques à celles d'un tubage acier que la technologie composite serait en mesure de garantir mais qui n'a pas été corroboré par un retour d'expérience.

Par contre, dans le cadre de réhabilitation d'anciens forages, les problèmes de corrosion peuvent en effet être évités par un rechemisage en tubage composite avec cimentation. Les études de réalisation ont été menées en ce sens et feront prochainement l'objet d'une réalisation sur des doublets de la région parisienne.

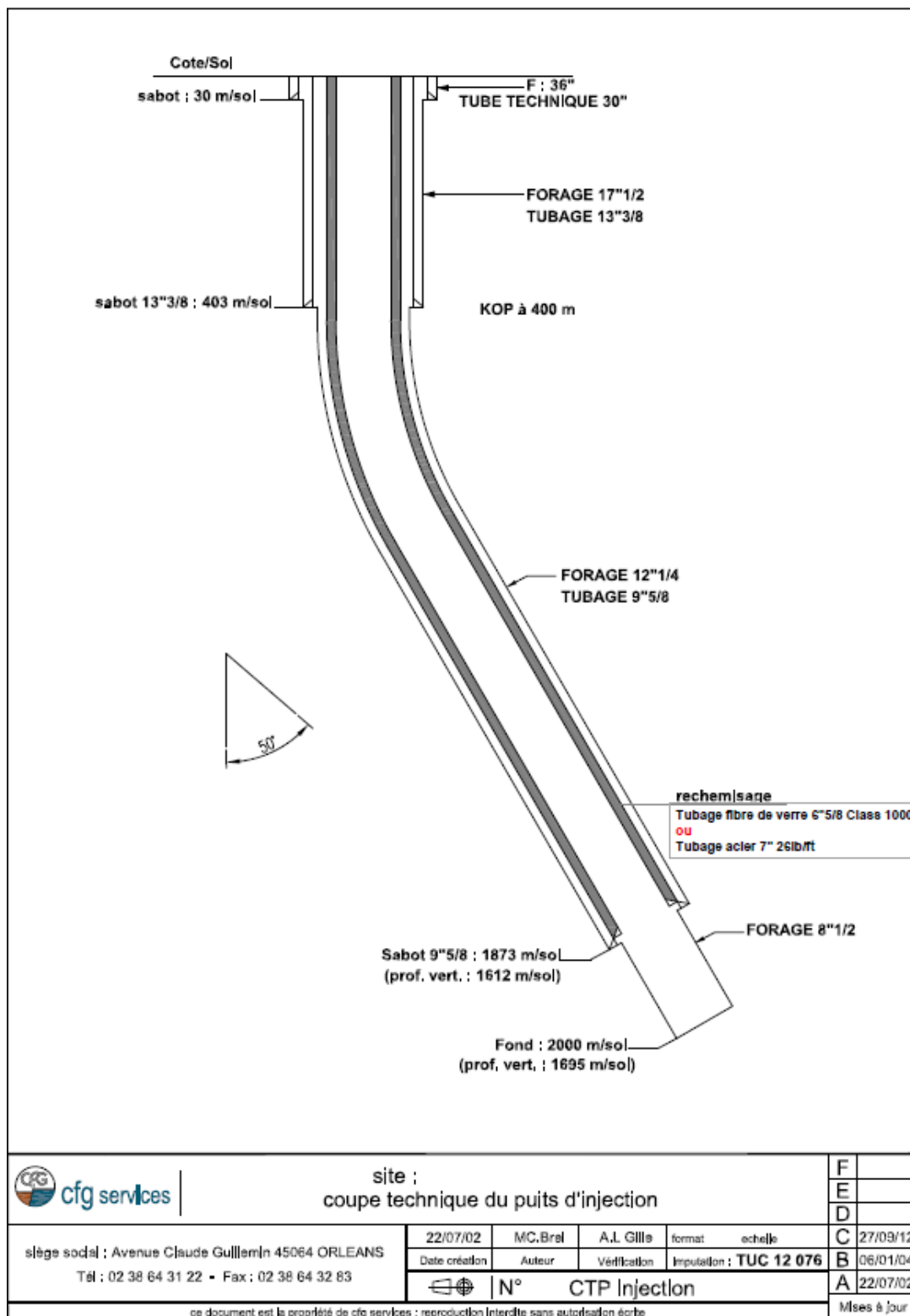


Figure 50. Coupe d'un puits avec rechemisage en tube composite.

Coupe technique de puits en fonction de la nature géologique de la formation captée

La coupe technique d'un puits est réalisée en fonction de la nature lithologique de la formation captée.

La lithologie de la formation est essentielle dans le choix de la coupe technique d'un puits. Le prélèvement peut se faire soit en trou nu (*open hole*) comme c'est le cas pour le Dogger du Bassin parisien, soit avec crépines et massif filtrant comme c'est le cas des Sables de l'Albien.

Pour les formations carbonatées, type Calcaires du Dogger, le réservoir présente des caractéristiques mécaniques de rigidité qui permet de laisser le forage au niveau des couches productrices en trou nu (trou non tubé).

Pour les formations détritiques, type Sables de l'Albien et du Néocomien, le réservoir n'a pas de rigidité mécanique et impose qu'il soit maintenu au niveau des couches productrices par un tube qui empêche leur éboulement. Le tube maintenant la formation est percé pour laisser passer l'eau géothermale ; c'est une crépine. La crépine a donc pour fonction d'assurer la production d'eau sans venue de sables et de fines en induisant des pertes de charge minimales. Elle doit résister à la corrosion et à la pression et avoir une longévité maximale.

Par ailleurs, il faut éviter l'entraînement des sables ou des fines de l'aquifère pour limiter les risques d'abrasion. La solution réside en partie dans le dimensionnement de la crépine et du massif filtrant en acceptant le compromis entre le débit maximum que l'on souhaite exploiter et la présence de fines. Le massif filtrant est mis en place entre la crépine et l'aquifère. Ce filtre artificiel doit présenter la plus forte granulométrie possible, tout en s'opposant au passage de la plus grande partie des éléments du terrain.

Les puits à l'Albien ou au Néocomien peuvent être des puits droits ou déviés. L'angle de déviation du puits sera déduit en fonction de l'implantation du puits, de la nature géologique et hydrogéologique du sous-sol. Compte tenu de la nature lithologique des Sables de l'Albien ou des Sables du Néocomien, l'architecture des puits prendra forcément en compte ces éléments. Contrairement à l'exploitation des Calcaires du Dogger qui sont captés en « open hole » (trou nu), les formations de l'Albien et du Néocomien devront vraisemblablement être captées avec la mise en place d'un « gravel pack » (massif filtrant) et de crépines.

L'architecture des puits doit être réalisée par un bureau d'étude sous-sol dans les règles de l'art.

1.3.8. Dimensionnement technico-économique

Le dimensionnement technique d'une installation géothermique résulte de l'adéquation :

- des besoins en chaleur ;
- des caractéristiques du réseau de chaleur (haute température, basse température, réseau tri-tubes...) ;
- des appoints-secours de chaleur (chaudières, cogénération...) ;
- des types d'émetteurs de chaleurs (radiateurs, planchers chauffants..) ;
- de la puissance thermique disponible au puits de production ;
- de la température du fluide géothermal.

Le dimensionnement économique de l'installation résulte de l'adéquation entre :

- le nombre de consommateurs (usagers, abonnés payant une rémunération en échange d'une fourniture de chaleur) ;
- le prix de vente acceptable (attractivité par rapport aux énergies fossiles ou par rapport à d'autres ENR, attractivité par rapport à l'évolution du prix des énergies fossiles) ;
- les aides et subventions diverses ;
- l'investissement à réaliser, (les gros investissements sont la création du doublet géothermique et la création d'un nouveau réseau).

Un bon taux de couverture de la géothermie (rapport entre apport géothermie et besoins) limite le coût du combustible d'appoint et améliore le tarif de vente de la chaleur (à taux de rentabilité égal).

Un nombre suffisant d'abonnés permet une bonne répartition de l'amortissement de l'investissement et également une amélioration du tarif de vente de la chaleur.

Une bonne gestion technique et financière de l'exploitation permet d'optimiser les charges fixes d'exploitation et les charges résultant des provisions de renouvellement d'équipements.

1.3.9. Contraintes réglementaires

Contraintes réglementaires inhérentes à l'élaboration d'un projet de géothermie

Lorsqu'un projet de géothermie est défini, autrement dit après les études de faisabilité technico-économique associant les collectivités, un bureau d'études de surface et un bureau d'études sous-sol, les démarches administratives et réglementaires relatives aux forages peuvent être lancées.

Les études de faisabilité technico-économiques ont défini :

- le foncier mobilisable (localisation et surface) ; minimum de 5.000 m² pour l'implantation de la machine de forage et ses auxiliaires ;
- le réseau et ses éventuelles extensions ;
- les caractéristiques techniques du réseau (besoin, température, appoint) ;
- la structure organisationnelle et contractuelle de l'exploitation et de la vente de chaleur ;
- la productivité des ouvrages sous-sol
- les aspects économiques surface et sous-sol (coût d'investissement et d'exploitation, mode de financement et de rémunération).

Les principaux textes réglementaires applicables sont les suivants :

- Phase Projet :
 - Code Minier : un gîte géothermique est considéré comme une mine (articles L112-1 et L112-2);
 - Décret n°78-498 du 28 mars 1978 et article L124-4 du Code Minier qui précisent les conditions administratives d'obtention des titres de recherche et d'exploitation.
- Phase Travaux :
 - Décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 relatif à l'ouverture des travaux miniers et à la police des mines ;
 - Règlement Général des Industries Extractives (RGIE) : ce décret introduit le titre « Recherche par forage, exploitation de fluides par puits et traitement de ces fluides » ;
 - Code de l'Environnement.

Les principales autorités ou entités intervenant sur un projet de géothermie profonde dans l'Essonne sont les suivantes :

- La Préfecture de l'Essonne
- La DRIEE : la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie
- L'Agence de l'Eau Seine-Normandie
- L'ARS IdF : l'Agence Régionale de Santé d'Ile-de-France
- Les associations concernées par le projet (enquête publique).

La première démarche administrative consiste à élaborer un document constitué d'une demande de permis de recherche d'un gîte géothermique basse température et d'une demande d'ouverture de travaux exploratoire. Selon la réglementation en vigueur, ce dossier sera instruit par la Préfecture et sera soumis à une enquête publique. Le préfet statuera par un arrêté de permis de recherche et d'ouverture de travaux exploratoires pour le doublet.

Conformément à la réglementation en vigueur, le titre de recherche est sollicité pour la durée maximale de 3 ans. A l'issue des travaux de forage du nouveau doublet, en cas de succès des forages, un permis d'exploitation sera demandé pour une durée initiale de 30 ans.

Le dossier de demande de permis de recherche doit comporter principalement les informations suivantes :

- la motivation et objet de la demande, la pertinence du projet
- l'identification du demandeur (futur titulaire des permis)
- les justifications des capacités techniques et financières du demandeur
- les justifications des compétences des intervenants sur le projet (maitres d'œuvre, exploitant, prestataires envisagés sur le suivi des installations)
- le contexte et la description du projet de valorisation de la ressource
- la synthèse des études et en particulier les modélisation sur la durée envisagée de l'exploitation (30 ans) des bulles froides et des impacts thermiques et hydrauliques sur les exploitations géothermiques voisines
- une étude d'impact environnemental
- les limites géométriques du périmètre envisagé pour le permis de recherche et d'exploitation

Pour le périmètre d'exploitation, la forme en « stade » ou en « gélule » (cf. Figure 51), est celle adoptée généralement dans le cadre d'un projet.

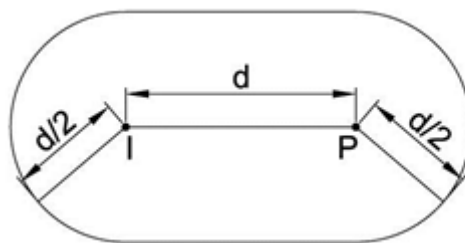


Figure 51 : Schéma d'une gélule de permis d'exploitation.

P et I sont les impacts du puits producteur et du puits injecteur au niveau du Dogger. Les points d'impact sont définis par les coordonnées barycentriques de la production moyenne. Ils sont classiquement éloignés d'une distance « d », de 1000 à 1500 m.

Quant au périmètre de recherche, sa géométrie consiste généralement dans un rectangle (pour un doublet) entourant le périmètre du permis d'exploitation à une distance suffisante permettant une légère réorientation de la gélule du permis d'exploitation si le résultat des phases d'études détaillées du projet le nécessitait.

Contraintes réglementaires ou techniques spécifiques à l'élaboration d'un projet de géothermie aux aquifères de l'Albien et du Néocomien

La masse d'eau de l'Albien-Néocomien captif est une ressource « stratégique ». La nappe de l'Albien et la nappe sous-jacente du Néocomien doivent être exploitées de manière à assurer impérativement leur fonction de secours pour l'Alimentation en Eau Potable. Des prescriptions relatives à leur exploitation existent (DRIEE).

De plus, l'architecture des forages doit tenir compte de l'obligation de protection des aquifères de l'Albien et du Néocomien lors de leur réalisation mais aussi lors de leur exploitation. Ces aquifères « stratégiques », compte tenu de l'exceptionnelle qualité de l'eau qu'ils contiennent, doivent rester indemnes de toute pollution.

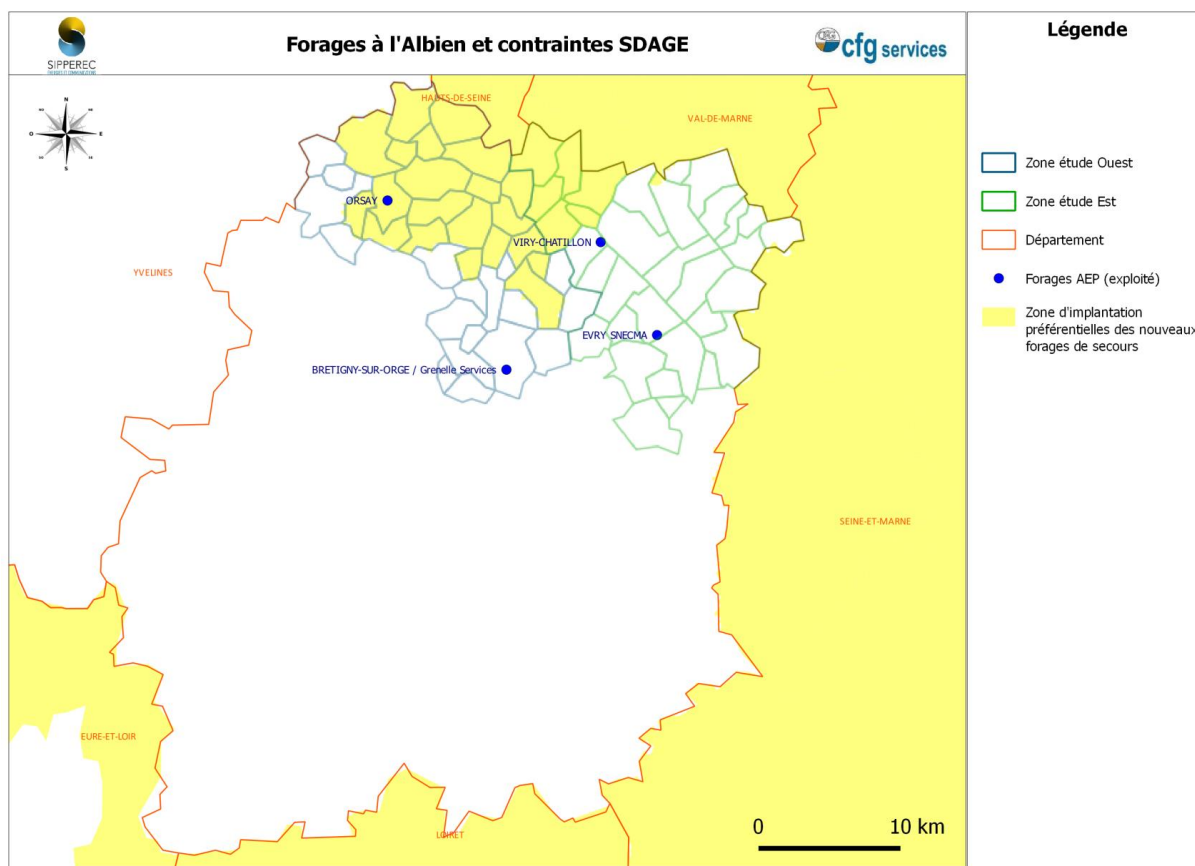


Figure 52 : Contraintes du SDAGE pour l'Albien-Néocomien.

Les teneurs en fer relativement élevées impliquent le maintien du fluide dans des conditions d'anaérobiose (absence d'oxygène) pour éviter la précipitation d'hydroxydes de fer. Cette présence de fer est également propice à la colonisation des installations par des bactéries du cycle du fer. Leur prolifération éventuelle doit être surveillée pour éviter le colmatage de la porosité, en particulier au puits d'injection.

L'aléa repose toutefois essentiellement sur l'injectivité et son évolution dans le temps. En effet, le captage et la réinjection dans les sables de l'Albien impliquent la mise en œuvre et le dimensionnement d'équipements spécifiques, et notamment d'un massif filtrant de gravier et d'une colonne de captage (crépines).

Les capacités de réinjection de la nappe de l'Albien (et plus encore celle du Néocomien) sont très mal connues, qu'elles soient immédiates ou à long terme. La faisabilité et la pérennité des opérations vont en dépendre.

Nous préconisons l'utilisation de crépines en acier inoxydable adaptés à la granulométrie des formations captées.

Dans le cas spécifique d'un possible usage AEP, on rajoutera l'éventualité de pouvoir transformer facilement un puits de réinjection en puits d'alimentation en eau.

Le rapport d'Hervé et al. (2007) explicite les principaux éléments à prendre en compte : l'exploitation, les risques sanitaires, les spécifications des forages, les spécifications des équipements de production, les procédures de contrôle et de suivi.

1.3.10. Impacts des travaux de forages et mesures de réductions

La mise en place d'une géothermie représente des impacts :

- faibles sur le milieu environnant pendant l'ensemble de son exploitation ;

- non négligeables sur la vie des riverains pendant les travaux de forage.

Concernant les impacts sur le milieu, une étude d'impact est jointe au dossier réglementaire de demande de permis de recherche et d'ouverture des travaux (PER- DOTEX) soumise pour approbation aux Services de l'Etat. La Liste complète des points repris dans cette étude se trouve en annexe (Annexe – Etude d'impact).

L'objet de cette étude d'impact est de :

- décrire l'état initial du site et de son environnement ;
- recenser les impacts des travaux sur l'environnement afin de définir la meilleure implantation des forages et l'organisation de chantier de moindre impact, en intégrant les observations effectuées lors de l'état initial ainsi que les contraintes techniques, économiques et géologiques ;
- évaluer les effets permanents engendrés par le projet sur le milieu physique, naturel et humain, qu'ils soient positifs ou négatifs et de présenter les mesures envisagées pour supprimer, limiter et si possible compenser les effets négatifs.

Pendant les travaux, d'autres impacts influent directement sur la vie des riverains ceux-ci sont plutôt d'ordre :

- Visuel ;
- De transport, avec passage fréquents de camions ;
- Sonore ;
- Lié aux vibrations des machines ;

L'ensemble de ces impacts directs sur la vie des riverains doivent faire l'objet de mesures de réductions des impacts et doivent être accompagné d'une communication efficace et conjointe des différents acteurs (Maitre d'Ouvrage, Maitre d'œuvre, Collectivités....). Les mesures prises couramment sont listées à l'Annexe - Mesures de réduction des impacts pendant les travaux de forage)

Dans certains cas particuliers, l'ensemble des dispositions nécessaires liées au risque de présence de cavités à l'aplomb de la parcelle, entre autres sont prises :

- la réalisation d'une étude géotechnique portant sur l'emprise du chantier de forage ;
- la réalisation d'une étude géophysique portant sur toute la parcelle ;
- en cas de cavités avérées, l'adaptation de la plateforme de forage (notamment en ce qui concerne le soutien de la dalle béton) et des avants-puits (ancrage du tube-guide soit à minimum 25 mètres, soit à 6 mètres en-dessous de la cote inférieure des cavités).

La potentielle présence de cavités à l'aplomb de la parcelle n'influe en rien sur la stabilité des terrains à proximité immédiate du site de forage.

1.4. Convertibilité d'un réseau de chaleur à la géothermie

Il existe quatre grands types de réseaux de chaleur :

- Vapeur (entre 200 et 300°C)
- Eau surchauffée (entre 110 et 180 °C)
- Eau chaude ou « Basse Température » (inférieurs à 110°C)
- Eau Tempérée (entre 20 et 50°C)

1.4.1. Les réseaux alimentés en vapeur

Ces réseaux sont rares, l'exemple le plus connu étant le réseau de chaleur de Paris (CPCU). Pour ces derniers, l'intégration d'EnR&R n'est possible que de façon :

- Centralisée avec une EnR&R pouvant produire de la vapeur (bois-énergie, récupération de chaleur sur les UIOM ou biométhane)
- Décentralisée avec la création d'une boucle d'eau chaude à basse température majoritairement alimentée par l'EnR&R et complété (voire secourue) par le réseau vapeur.

Cette dernière technique permet notamment à la CPCU de proposer de la chaleur géothermale pour l'ensemble de la ZAC de Paris Nord-Est et sous peu à la ZAC Clichy-Batignolles.

1.4.2. Les réseaux de chaleur alimentés en eau surchauffée

Ces réseaux sont répandus et sont fréquemment complétés par des cogénérations avec turbines à gaz. En pratique, les températures de fonctionnement sont comprises entre 160 et 180 °C au départ de la centrale et de 110 à 130 °C au retour.

En l'état, les réseaux d'eau surchauffée sont incompatibles avec la géothermie et ce, même avec les meilleures ressources du Dogger et du Trias. Il est donc indispensable d'abaisser les températures de fonctionnement du réseau à des valeurs inférieures à 100°C, ce qui nécessite :

- Le remplacement des échangeurs en sous-stations ;
- Le remplacement, au moins partiel, du réseau de distribution ; le diamètre des canalisations devenant insuffisant pour véhiculer les nouveaux débits ;
- Le remplacement des pompes de circulation en chaufferie.

La faisabilité d'une telle opération est à étudier au cas par cas, en fonction de la qualité de la ressource et de l'importance des travaux d'adaptation. Il ne faut toutefois pas négliger les possibilités de création « d'une boucle d'eau chaude » sur une partie du périmètre d'un réseau d'eau surchauffée existant ou sur une extension de son périmètre, la boucle d'eau chaude étant alimentée par la géothermie et appointée par le réseau d'eau surchauffée. Cette opération est actuellement en cours de réalisation sur le réseau de Neuilly-sur-Marne (déclassement du réseau « eau surchauffée » en « basse température » pour un passage ultérieur à la géothermie.

1.4.3. Les réseaux de chaleur « eau chaude » ou « basse température »

Ces réseaux sont moins nombreux que les réseaux en eau surchauffée et sont souvent complétés par des cogénérations (par moteur ou turbines à gaz).

Les températures de fonctionnement de ces réseaux (inférieure à 110°C) les rendent, a priori, compatibles avec la ressource géothermique. Cependant, quelques modifications sont en général nécessaires pour optimiser les températures de retour : mise en place de pompes à débit variable, adaptation des sous-stations d'échange et des systèmes de production d'ECS, création de cascades entre les abonnés « Haute Température » et ceux à « Basse Température ».

Leur conversion à une autre EnR&R (récupération d'énergie fatale solaire) semble également favorable.

Cas des réseaux sans cogénération

Le cas est, a priori, très favorable pour l'adaptabilité à la géothermie et/ou aux énergies renouvelables. L'opération devrait présenter une faisabilité intéressante de recours aux ENR&R et notamment la géothermie pour une taille de plus de 6 000 logements existants (valeur variable selon les conditions technico-économiques du projet).

Cas des réseaux avec cogénération

En raison des conditions de rachat de l'électricité, la cogénération fonctionne en priorité pendant les 5 mois d'hiver, période où la géothermie ou les énergies renouvelables ne sont donc utilisées que comme énergie secondaire. Ce qui fait que la récupération géothermique est marginale en hiver et limitée à la seule production d'ECS en été. Dans ces conditions, la viabilité d'une opération de géothermie est incertaine.

Toutefois, l'échéance des contrats de cogénération et la nécessité pour un maître d'ouvrage ou d'un opérateur de réétudier les conditions de recours à un nouveau contrat de cogénération présentent une opportunité d'analyse sur la faisabilité d'intégration de la géothermie dans le mix énergétique du réseau de chaleur. Et ainsi redéfinir des conditions de coexistence entre la cogénération et la géothermie :

- Ajustement de la puissance de la centrale de cogénération
- Possibilités de développement de l'opération

2. BILAN DES RESEAUX DE CHALEUR DE L'ESSONNE

La présente étude a pour ambition de valoriser le potentiel géothermique comme source de chaleur pour le développement des réseaux de chauffage urbain sur le département de l'Essonne. A ce titre, seuls les réseaux de chaleur ayant leurs moyens de production, distribution et/ou livraison sur le territoire de l'Essonne ont été étudiés.

Il a été décidé d'inclure à cette étude :

- Les réseaux de chaleur au sens juridique, que le maître d'ouvrage soit public ou privé.
- Les réseaux techniques d'importance locale, qui ne sont pas considérés comme des réseaux à part entière mais dont les caractéristiques (longueur, chaleur livrée, nombre de logements desservis,...) les rendent équivalents à des réseaux de chaleur.

Le recensement des réseaux de la première catégorie est exhaustif. Ce n'est pas le cas de ceux de la deuxième catégorie, les informations étant plus compliquées à récupérer dans ce cas. Cependant, les réseaux techniques d'importance locale les plus étendus ont été pris en compte dans l'étude.

Les réseaux recensés font l'objet de fiches réseaux permettant une présentation des principaux aspects techniques, énergétiques et économiques de ceux-ci, à laquelle est jointe une carte décrivant leur tracé.

2.1. Emplacement des réseaux de chaleur dans l'Essonne

La carte de la page suivante (Cf.) présente l'implantation de tous les réseaux de chaleur actuellement en service dans l'Essonne. Il est à noter que certains réseaux techniques d'importance locale n'ont pu être représentés complètement car leurs tracés n'ont pas été communiqués dans le cadre de l'étude.

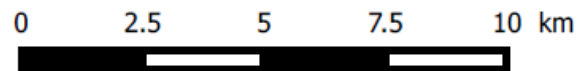
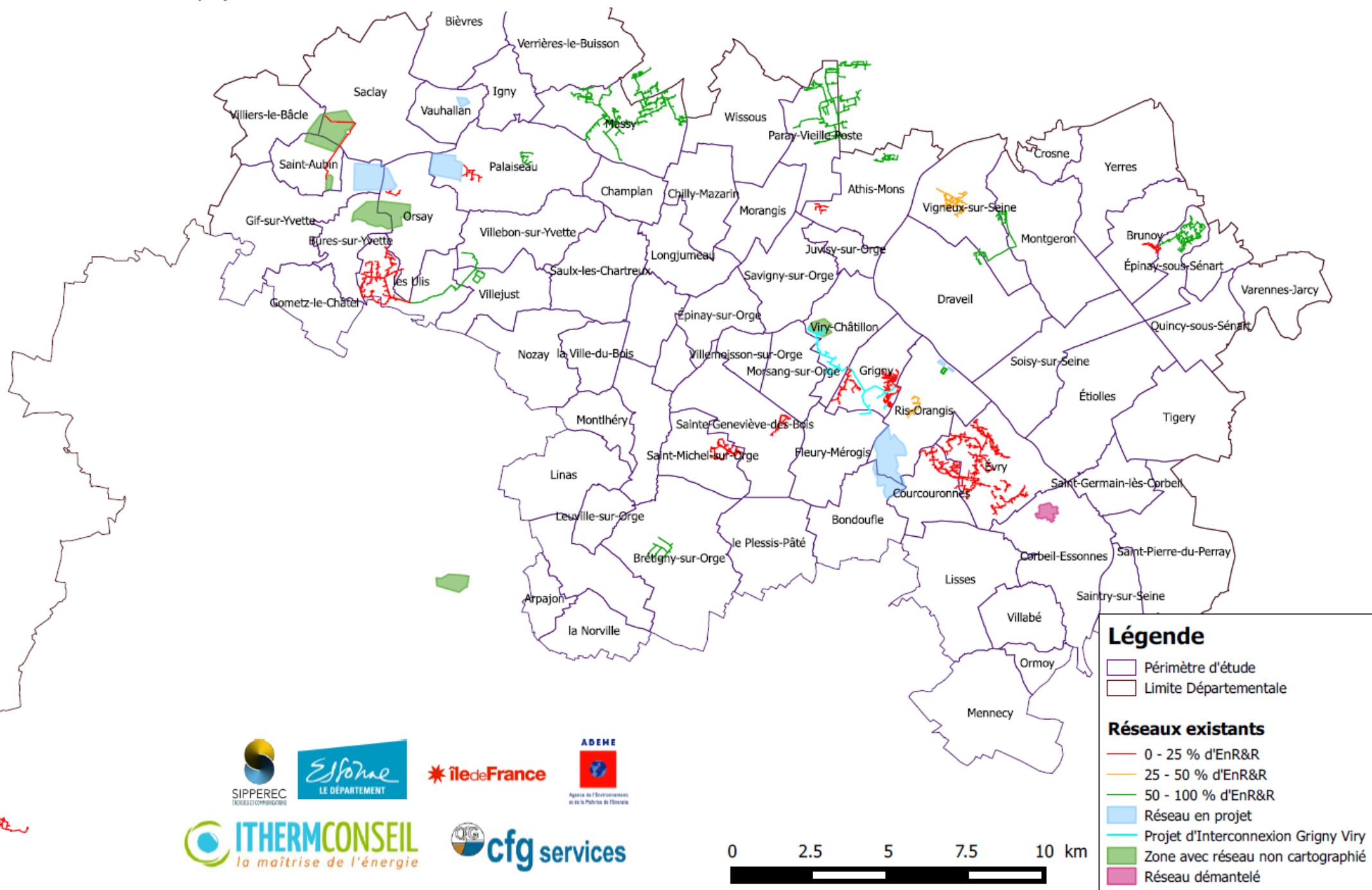
Le territoire présente une importante concentration de réseaux de chaleur dans son tiers nord (au-dessus de la Francilienne) et une quasi-absence de ce type d'équipement dans les deux tiers sud, à l'exception de la commune de Dourdan.

Sur le département, il a été identifié, dans le cadre de l'état des lieux, **17 réseaux de chaleur** suivant la définition juridique, **7 réseaux techniques d'importance locale**, **1 réseau démantelé** et **6 projets de nouveaux réseaux**.

Sur les 24 réseaux en service, 13 utilisent au-moins une énergie renouvelable et/ou de récupération (EnR&R) dont 7 utilisent actuellement l'énergie géothermale par le biais de 5 opérations au réservoir du Dogger, une à celui du Néocomien (CEA – Bruyère le Châtel) et une à l'Yprésien (Ris-Orangis – ZAC Val de Ris).

La Figure 53 montre les différents réseaux et projets recensés sur le département. Les 98 réseaux de chaleur comportant plus de 50% d'EnR&R sont représentés en vert, les réseaux comportant entre 25 et 50% en orange et ceux comportant moins de 25% d'EnR&R sont représentés en rouge (il s'agit majoritairement de réseaux utilisant exclusivement une source d'énergie fossile).

Figure 53. Implantation des réseaux de chaleur, réseaux techniques et projets de l'Essonne en 2014



2.2. Bilan des opérations géothermiques au Dogger

Cette partie a pour but d'établir un diagnostic des opérations géothermiques existantes au Dogger, leur emplacement et leur état d'exploitation.

2.2.1. Sollicitations actuelles de l'aquifère

Les cartes suivantes (cf Figure 54 et Figure 55) montrent les emprises des permis d'exploitation en cours ou en projet ainsi que celles des permis de recherche déposés ou obtenus, respectivement sur la région Ile de France et sur le périmètre d'étude.

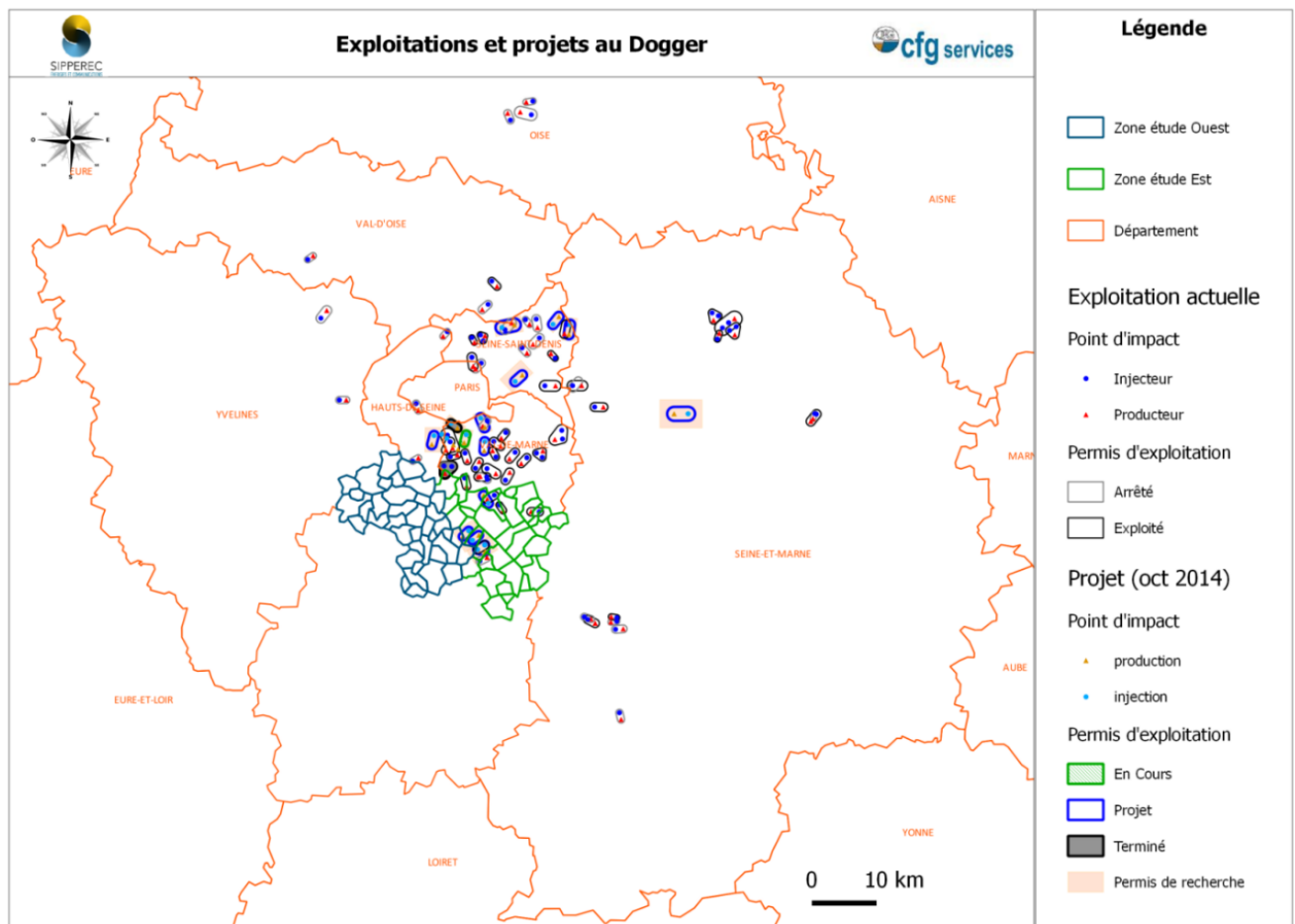


Figure 54 : Exploitations et projets géothermiques au Dogger en Ile-de-France.

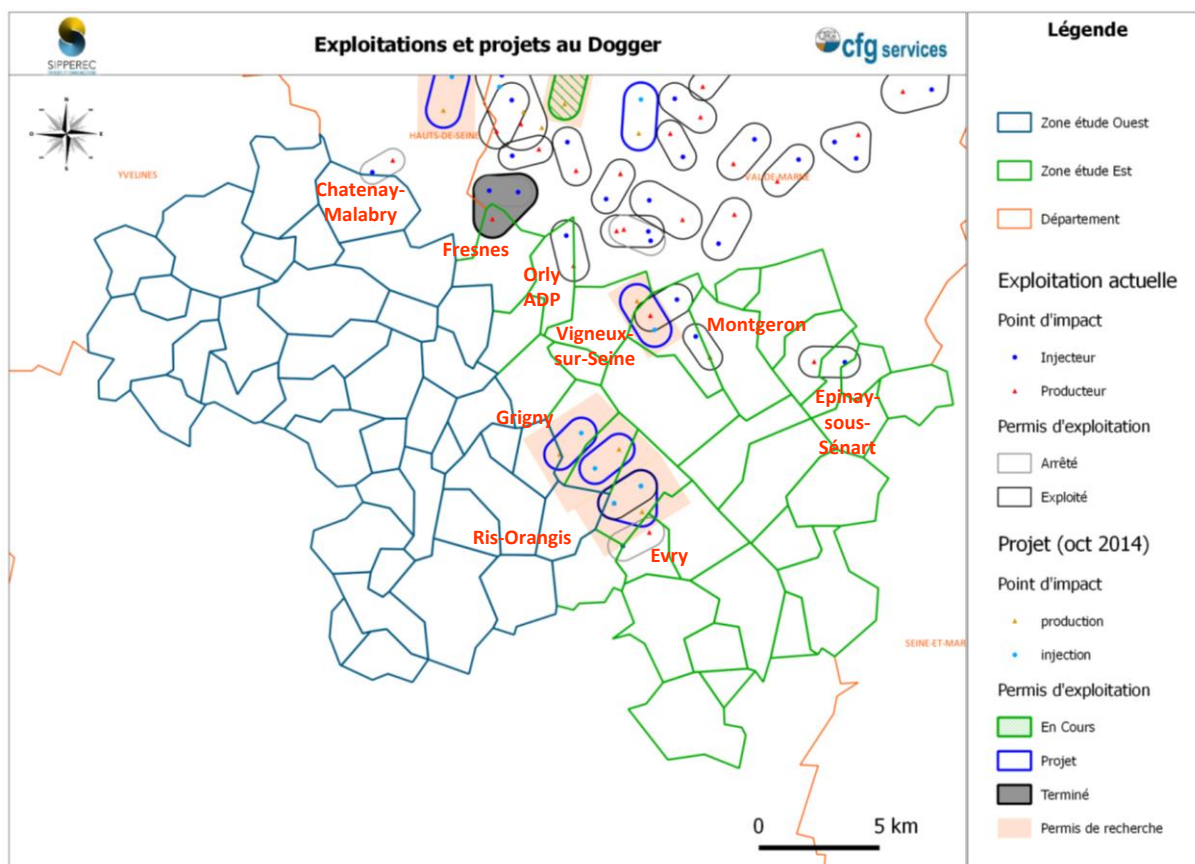


Figure 55 : Exploitations et projets géothermiques au Dogger dans le nord Essonne.

La carte suivante (cf. Figure 56) montre l'emprise des permis d'exploitation en cours et passés et les bulles froides au point de réinjection. La représentation des bulles froides résulte de modélisations réalisées dans le cadre de cette étude en tenant compte de l'historique d'exploitation (débit d'exploitation et température de réinjection).

On peut remarquer que les bulles froides sont maintenues dans le périmètre du permis d'exploitation. Ces doublets, mis en service dans les années 1980 sont :

- Vigneux-sur-Seine ;
- Montgeron ;
- Ris-Orangis ;
- Epinay-sous-Senart ;
- Evry (fin de l'exploitation en 1990).

Le doublet d'Orly ADP est en service depuis 2011, ce qui explique la faible extension de sa bulle froide, par rapport aux exploitations mises en service dans les années 1980.

Il est à noter que le département de l'Essonne fait actuellement l'objet d'un fort renouveau de la géothermie au Dogger, avec trois permis de recherche en cours :

- Ris-Orangis Plateau : pour la mise en place d'un triplet sur le site existant (permis de recherche/autorisation de forage obtenus)
- Viry-Châtillon – Grigny : permis de recherche obtenu pour la mise en place de deux nouveaux doublets.
- Vigneux-sur-Seine : pour la mise en place d'un nouveau doublet à proximité du doublet actuel dont le permis minier arrive à échéance. L'instruction du dossier est actuellement en cours.

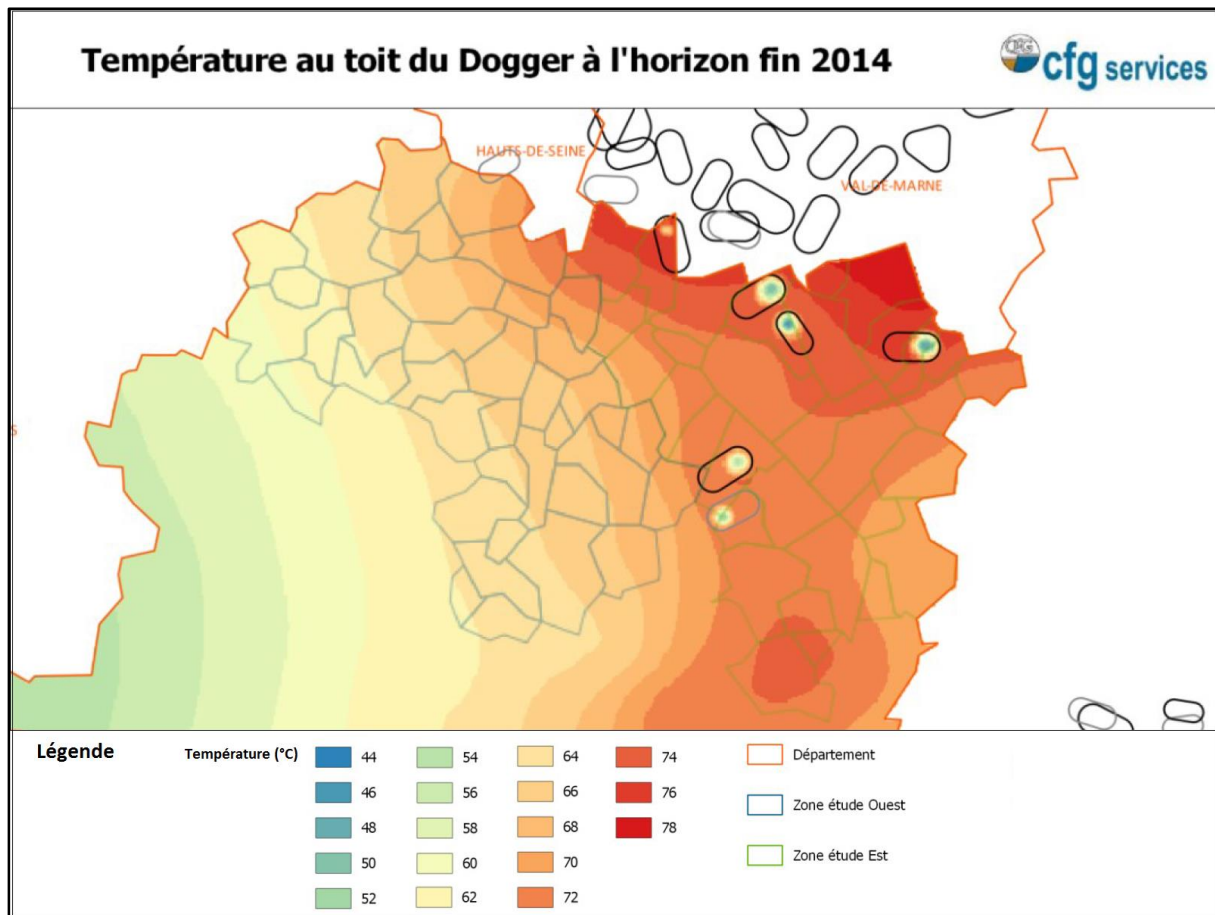


Figure 56 : Carte de température au toit du Dogger en Essonne à fin 2014 - les bulles froides apparaissent à l'injecteur.

2.2.2. Bilan Technique des forages

Le bilan technique des forages est présenté dans les deux tableaux suivants. Lorsque les données ont été rendues disponibles par le maître d'ouvrage, ces tableaux précisent :

- les données d'exploitation des installations
- l'état actuel de l'exploitation
- l'historique des réparations

IDENTIFICATION						HISTORIQUE		DONNEES D'EXPLOITATION					ETAT	PERSPECTIVES D'EVOLUTION DU DOUBLET	
Nom Opération	Nom Injecteur	Nom Producteur	Profondeur verticale	Vertical / Dévié	Adresse	Mise en service	Arrêt	Exploitation	Société de services	Cogénération	Nombre d'équivalents logements raccordés	Réseau de chaleur			Appoint
MONTGERON	GMO-1	GMO-2	-1661 / -1748	D / D	Chemin des Saules 91230 Montgeron	1982		DALKIA	CFG Services	Non	1750	Batigère	Gaz	Échéance du PEX en 2018	Abandon de la géothermie ou raccordement à la géothermie de Vigneux
RIS ORANGIS	GRO-1	GRO-2	-1711 / -1687	D / D	Chemin de Montlhéry "la mare à Pilâtre" 91130 Ris Orangis	1983		REN groupe Coriance	CFG Services	Oui	2207	Essonne Habitat + bâtiments municipaux et C.A. (391 éq.logt)	Gaz / Fioul	Passage en triplet avec GRO-3 nouveau producteur	Extension du réseau de Ris Orangis
VIGNEUX SUR SEINE	GVS2	GVS1	-1655 / -1568	V / D	Chemin du Petit Noisy, 91270 Vigneux-sur-Seine	1985		IDEX Croix Blanche Energies		Oui	3500	ASL Croix Blanche (Ville, SIEMP et autres bailleurs)	Gaz / Fioul	Exhéeance du PEX en février 2016	Permis de recherches en cours pour un nouveau doublet.
EPINAY SOUS SENART	GESS1	GESS2	-1700 / -1578	D / D	D94 - Avenue du 8 Mai 1945 - 91860 Epinay Sous Senart	1984		SEMGEPE		Non	5000	Bailleurs et batiments communaux	Gaz	Echance du PEX en 2019	Rechemisage récent. Actuellement aucune discussion sur l'avenir du doublet.
EVRY	GEV2	GEV1	-1492 / -1510	D / V	16 Rue du Marquis de Raies 91080 Courcouronnes	juil-83	1990					Evry-Courcouronnes	Arrêté	Arrêt pour cause de corrosion. Cimentés en 1999.	
ORLY-ADP	GADP2	GADP1	-1649 / -1643	V		mars-11		DALKIA	CFG Services			Réseau privé ADP		Opération récente	RAS
FRESNES	GFR1	GFR2	-1624 / -1619	V		janv-87	juil-13	COFELY	CFG Services	Oui	5707	Fresnes	Cogé-Gaz-Fioul	Passage en triplet prévu	Dossier de demande d'autorisation de réaliser un nouveau forage de production et de transformer le doublet existant en forages injecteurs réalisé par CFG en 2012. Objectifs : fin travaux en fin 2013 et mise en service début 2014

Tableau 7. Caractéristiques techniques des opérations actuelles et passées au DOGGER ayant une emprise sur le sous-sol de l'Essonne.

Nom Opération	ETAT ACTUEL DE L'EXPLOITATION																	HISTORIQUE REPARATIONS (SYNTHESE)		
	Type d'exploitation	Hiver		Eté		Débit nominal (m3/h)	Débit moyen annuel (m3/h)	Température en tête de puits (°C)	Température moyenne de réinjection (°C)	Traitement anti corrosion				Etat général du puits de production			Etat général du puits d'injection		Puits de production	Puits d'injection
		Débit (m3/h)	Température Injection (°C)	Débit (m3/h)	Température Injection (°C)					Date de première mise en service	Date de dernière mise en service	Fournisseur	installateur	Dernière diagraphie	Etat partie haute / Chambre de pompage	Etat partie basse du cuvelage	Dernière diagraphie	Etat général		
MONTGERON	Pompage	100	32	0		130	57	71,5	58	1993		CFG Services	CFG Services	2010	Moyen	Dépôts assez importants	2012	Moyen peu de dépôts sauf partie basse (100 m) en 7" médiocre	Réhabilitation chambre de pompage en 2010	Rechemisé en 1993
RIS ORANGIS	Pompage puis artésien en 2003, puis pompage en 2013	140	45	80	60	200	120	72	52	1992		CFG Services	CFG Services	2012	Bonne (puits rechemisé)	Bonne (puits rechemisé)	2012	Rechemisé en 2004, état suspect dans la partie haute	Rechemisé en 2012	Travaux de work over prévu en 2015 lors du passage en triplet
VIGNEUX SUR SEINE	Pompage	130,9	51,6	92,7	57,4	240	120	73	34											
EPINAY SOUS SENART	Artésien	159,3	42,5	127	59,3	250		73												
FRESNES		183,9	48,7	183,9	63,5	250	185	73	54			CFG Services	CFG Services						Rechemisage total en 2000 et 2008	Rechemisage partie haute en 1996.
ORLY-ADP		?	?	?	?		186		59,7			CFG Services	CFG Services						RAS	RAS

Tableau 8. Etat actuel des exploitations au Dogger au droit du département de l'Essonne.

2.3. Bilan Energétique

Cette partie a pour objectif de réaliser un état des lieux des performances énergétiques des réseaux de chaleur géothermiques de l'Essonne par rapport aux autres réseaux de chaleur.

Dans le cadre de cette étude, un recensement auprès des différents maîtres d'ouvrage a été réalisé à partir d'août 2014 en vue d'obtenir les informations les plus récentes sur les réseaux. Il a été possible d'obtenir des réponses plus complètes que le recensement de branche exploité par Via Seva pour environ 85% des réseaux, mais les informations transmises se sont révélées disparates. Ces lacunes concernant les données fournies s'expliquent en grande partie par le caractère privé des réseaux de chaleur de l'Essonne.

Pour l'ensemble des informations qui seront détaillées ci-après provenant du recensement effectué, il est important de noter les points suivants :

- les données reprises sont celles qui ont été transmises par les maîtres d'ouvrage et/ou exploitants lorsqu'une réponse a été obtenue ;
- les données reprises proviennent de sources diverses (articles de presse, sites internet, autres études, etc.) lorsque aucune réponse n'a été obtenue ;
- les données ne correspondent pas toutes à la même année de référence ;
- les données recueillies n'étant pas forcément complètes, certaines sont théoriques. Par exemple, lorsque seule la quantité de chaleur livrée a été transmise, il a été appliqué un rendement de réseau de 0,9 pour obtenir la chaleur produite.

Lorsqu'un réseau est recensé par l'enquête de branche SNCU – Via Seva 2014, portant sur les données de 2012, ces données officielles seront mises en regard de celles obtenues dans le cadre du recensement effectué pour l'étude, de manière à vérifier la fiabilité et véracité des informations fournies.

L'enquête SNCU a été renseignée uniquement pour une partie des réseaux recensés, à savoir :

Epinay-sous-Sénart	Ris-Orangis Plateau
Evry-Courcouronnes	Sainte-Geneviève-des-Bois
Grigny II	Saint-Michel-sur-Orge
Les Ulis	Vigneux-sur-Seine
Massy-Antony	Villejust – Courtabœuf
ADP Orly	

Ces réseaux répondant à l'enquête SNCU représentent une production de chaleur pour 2012 d'approximativement 1 000 GWh soit près des 2/3 de la production des réseaux recensés dans le département.

2.3.1. Livraison de chaleur

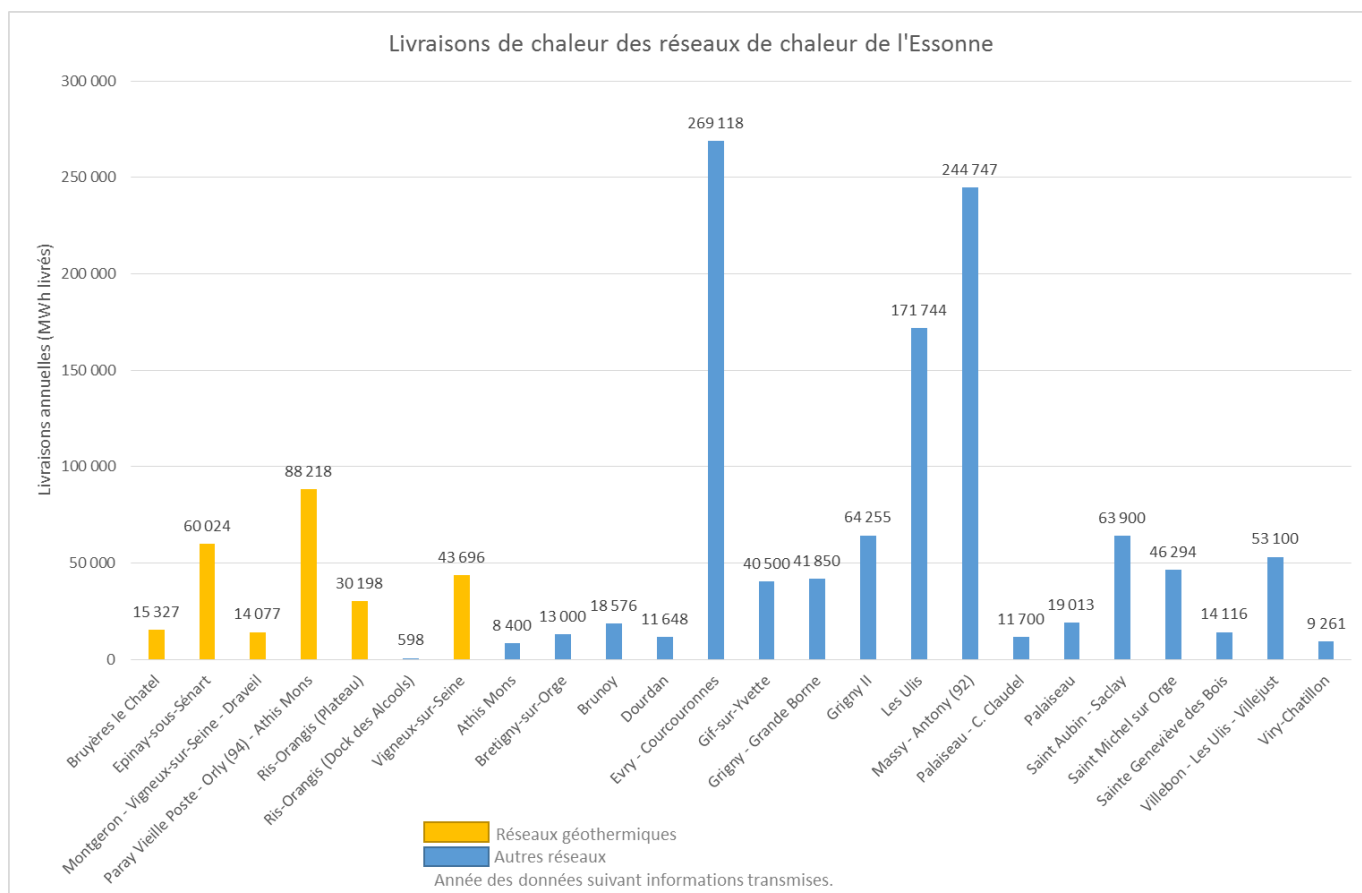


Figure 57. Livraisons de chaleur des réseaux de chauffage urbain recensés de l'Essonne.

Pour les réseaux ayant fait l'objet du recensement SNCU/Via Seva pour l'année 2012, les résultats correspondent avec une marge d'erreur d'environ 15%, ce qui correspond aux variations attendues en raison des saisons plus ou moins rigoureuses, les résultats obtenus grâce au recensement mené dans le cadre de l'étude semblent donc correct.

Il est possible de voir dans ce contexte que trois réseaux se détachent par leur taille, avec des livraisons annuelles supérieures à 150 GWh/an : Les Ulis, Massy-Antony, Evry Courcouronnes. Il s'agit de réseaux qui ont été développés dans le cadre des programmes de construction de villes nouvelles dans les années 1960-1970. Aucun de ces trois réseaux ne comporte de production géothermique.

Le premier réseau géothermique du département est celui d'Aéroport de Paris – Orly, situé en partie sur le territoire départemental. La mise en place de la géothermie sur ce réseau est relativement récente (2007-2010).

2.3.2. Bouquet Énergétique

Les diagrammes ci-dessous présentent la répartition des sources énergétiques utilisées pour la production de chaleur des réseaux de chaleur de l'Essonne.

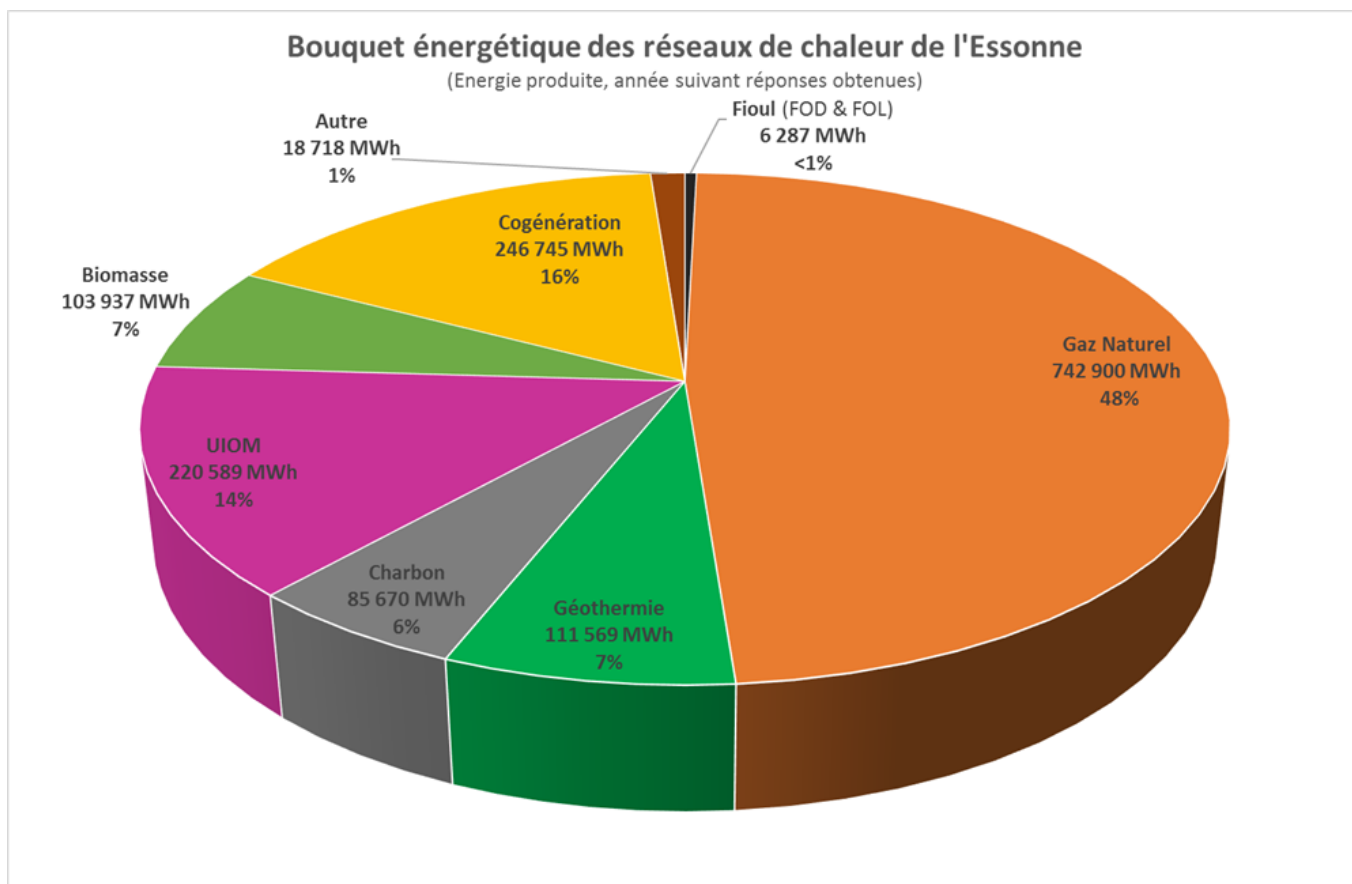


Figure 58. Répartition des sources énergétiques utilisées pour la production de chaleur dans l'Essonne. Source : Recensement.

Quel que soit le recensement (celui de l'étude ou SNCU/Via Seva), il est possible de voir une forte prédominance des énergies fossiles (environ 70% en incluant la cogénération) et en particulier du Gaz Naturel.

La chaleur provenant **d'EnR&R est d'environ 30%**. La comparaison de ce taux d'EnR&R au taux moyen des réseaux français (38%) permet de se rendre compte du retard pris par les réseaux de l'Essonne dans le domaine des EnR&R. Ce taux d'EnR&R se situe aussi en dessous de la moyenne d'Île de France, l'écart étant néanmoins réduit (33% sur l'Île de France contre 29 à 30% en Essonne).

L'énergie renouvelable majoritairement utilisée dans le département est la récupération de chaleur sur UIOM, avec un peu moins de 20% de l'énergie produite. La géothermie arrive ensuite avec entre 7 et 8% de la production. La biomasse représente environ 5% de l'alimentation, mais ce taux augmentera fortement dans les années à venir avec le développement de cette énergie dans le département :

- Nouveaux réseaux de Brétigny-sur-Orge et Camille Claudel à Palaiseau à base biomasse
- Installation en cours de chaudières biomasse sur les réseaux des Ulis et de Massy Antony
- Possible mise en place d'une chaudière biomasse sur le réseau d'Evry-Courcouronnes

Ensuite, environ 64% de la chaleur produite provient du gaz, soit directement via des chaudières alimentées au Gaz Naturel, soit au travers de cogénérations, fortement implantées dans le département, notamment à Ris-Orangis Plateau, Vigneux-sur-Seine, Dourdan, Evry-Courcouronnes,

Grigny Grande Borne, Grigny II, Les Ulis (arrêtée en 2013), Saint Michel sur Orge. Cependant, il est difficile de faire la part entre les deux, les informations recueillies sur les cogénérations étant très variables.

Il est enfin possible de noter la forte utilisation de charbon, avec environ 5% de la production provenant de cette énergie. L'utilisation de cette énergie devrait néanmoins bientôt disparaître avec la volonté pour le seul consommateur qu'est le réseau de Massy-Antony, de remplacer cette source d'énergie par de la biomasse.

Enfin, sont utilisés de façon marginale : le Fioul (moins de 1%, majoritairement en écrêtage) et la récupération de chaleur industrielle (Réseau d'Evry-Courcouronnes sur l'usine SNECMA, 18 500 MWh soit environ 1%).

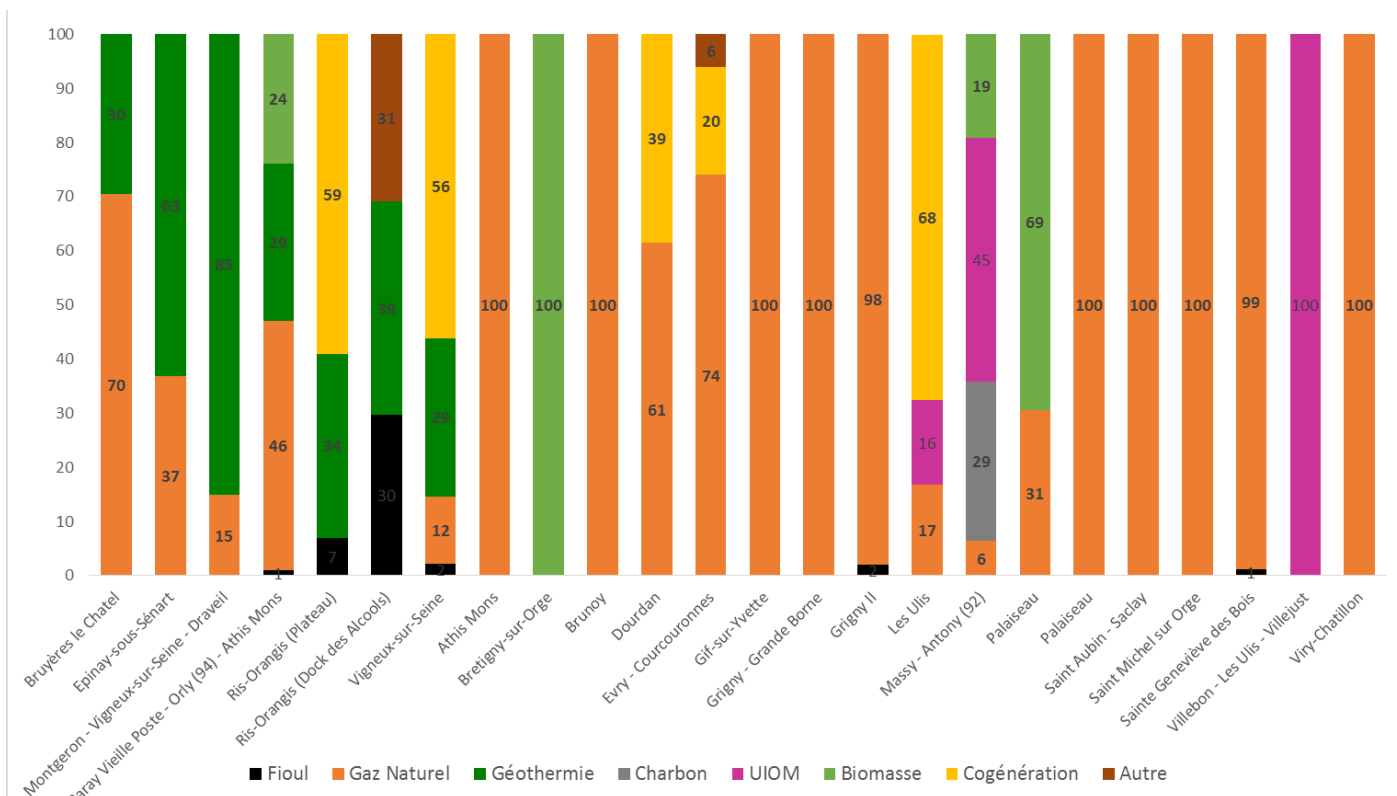


Figure 59. Bouquets énergétiques des réseaux de chaleur de l'Essonne recensés en % de la chaleur livrée.

Réseaux fossiles

Sur les 24 réseaux recensés, 16 utilisent majoritairement des énergies fossiles, quasi-exclusivement du Gaz Naturel via des chaudières standard ou des unités de cogénération. Parmi ceux-ci, trois (Bruyères-le-Châtel CEA, Ris-Orangis Plateau et Vigneux-sur-Seine) utilisent aussi la géothermie à des proportions respectives de 30, 34 et 29%.

Réseaux géothermiques

Sur les 7 réseaux géothermiques du département (5 au Dogger), 2 possèdent un système de cogénération : Ris-Orangis Plateau et Vigneux-sur-Seine. Ces deux réseaux utilisent la géothermie pour les besoins de base hors période de cogénération.

Parmi ces 7 réseaux, 2 ne sont pas des réseaux de chaleur au sens juridique, mais des réseaux techniques d'importance locale (CEA Bruyère-le-Châtel et Batigère Montgeron-Vigneux-Draveil).

Sur les 5 réseaux restants, uniquement 3 réseaux, à savoir ADP Orly, Ris-Orangis Val de Ris et Epinay-sous-Sénart, atteignent un taux d'EnR&R supérieur à 50% permettant une réduction de TVA sur la part R₁ du prix de vente de la chaleur.

Réseaux UIOM

Comme le montre la carte suivante (cf. Figure 60), le périmètre d'étude dispose de trois grands syndicats disposant de centres d'incinération :

- La SIMACUR, dont le centre d'incinération, situé à la Bonde – Massy, est autorisé à incinérer 87 000 T de déchets par an et alimente le réseau de Massy-Antony (le même Syndicat est gestionnaire du traitement des déchets et du chauffage urbain) ;
- Le SIOM Vallée de la Chevreuse, dont le centre d'incinération, situé sur la commune de Villejust, est autorisé à incinérer 90 000 T de déchets par an et alimente les réseaux du Parc d'Activité de Courtaboeuf, de Villejust et des Ulis ;
- Le SIREDOM, dont le centre de traitement des déchets situé à Vert-le-Grand est autorisé à incinérer 220 000 T/an, et qui n'alimente pour l'instant aucun réseau de chaleur de par son éloignement des zones à forte densité de population.

Il est aussi possible de noter la présence à proximité du département du centre d'incinération du SIEVD de Rungis (Val-de-Marne), qui alimente d'ores et déjà les réseaux de Rungis, Orly et ADP Orly.

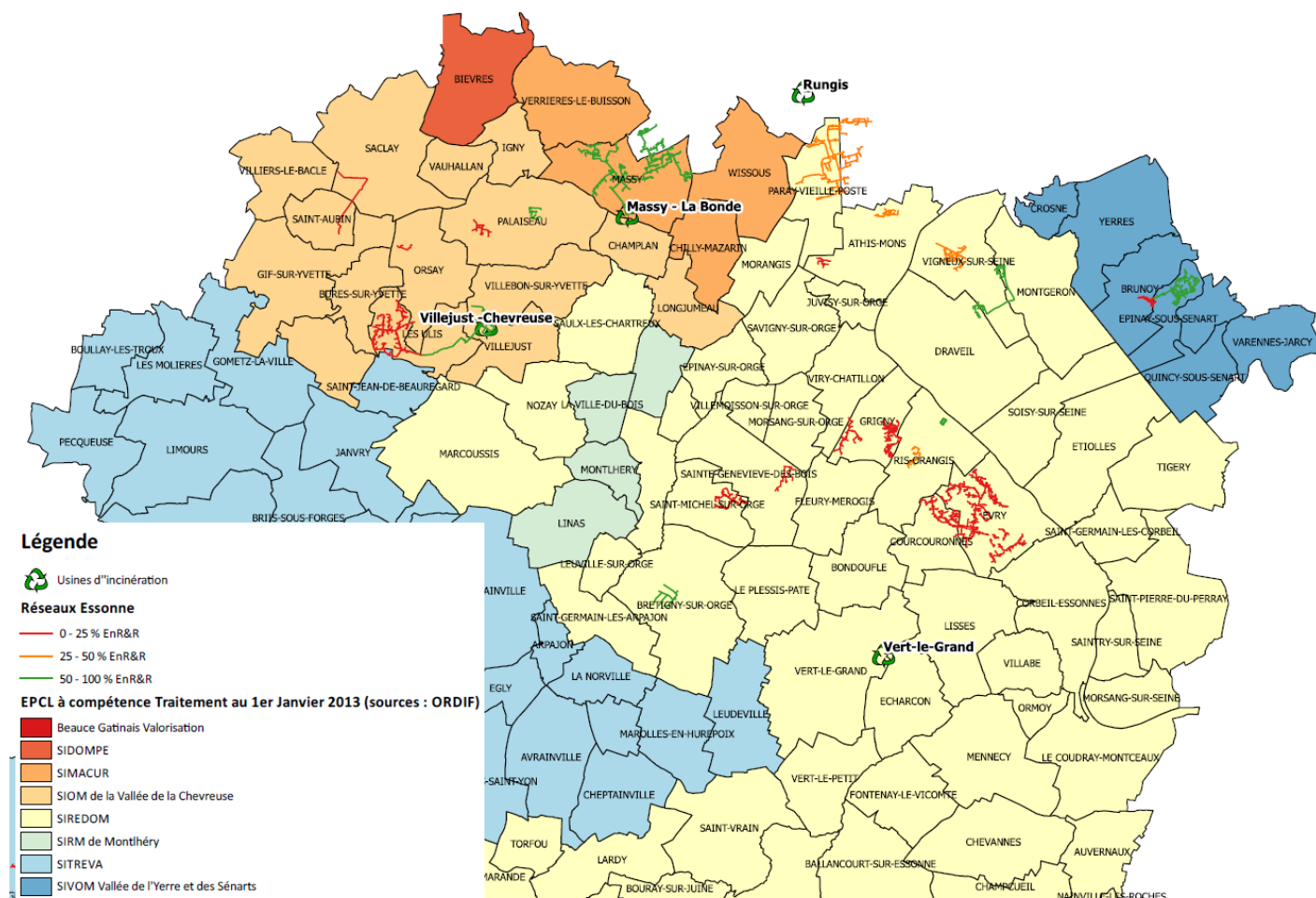


Figure 60. Etablissement Public de Coopération Locale en matière de Déchet, Centres de traitement des déchets et réseaux de chaleur de l'Essonne.

Sur ces 4 sites d'incinération :

- La SIMACUR a valorisé 131 000 MWh de chaleur en 2013 à destination du réseau de Massy-Antony dont elle a aussi la gestion.
- Le SIOM de la Vallée de la Chevreuse a valorisé environ 68 000 MWh en 2013, se répartissant en environ 20 000 MWh pour le réseau des Ulis et 48 000 MWh pour le réseau de la zone de Courtabœuf. Un réaménagement en cours de l'usine va porter la production de chaleur à 170 000 MWh/an avec volonté d'en vendre 110 000 MWh (avec augmentation de la part d'UIOM sur le réseau des Ulis et extension du réseau de Courtabœuf).
- L'incinérateur de Vert-le-Grand, de par son emplacement éloigné de tout centre de consommation énergétique ne valorise pas la chaleur produite à l'extérieur de son enceinte.
- La quasi-totalité de la chaleur produite par le SIED de Rungis (117 000 MWh) est utilisée ou en passe de l'être par les réseaux desservis. 22 000 MWh environ sont utilisés annuellement par le réseau ADP – Orly.

Les 3 sites d'incinération actuellement reliés à des réseaux de chaleur font actuellement l'objet d'une bonne valorisation de la chaleur avec des projets permettant d'augmenter encore cette capacité de valorisation lorsque cette possibilité technique existe.

Seul le site de Vert-le-Grand ne fait actuellement pas l'objet d'une valorisation énergétique externe de la chaleur produite. Une étude menée par la Communauté d'Agglomération Evry Centre Essonne avait conclu à la faisabilité technico-économique d'une alimentation du réseau de chaleur d'Evry-Courcouronnes par le centre d'incinération, malgré la distance de 8 km entre les deux entités, et des discussions sont toujours en cours autour de ce projet.

Taille des réseaux de chaleur

Le tableau ci-dessous présente le nombre d'équivalent-logement raccordés aux différents réseaux de chaleur de l'Essonne :

- selon les maîtres d'ouvrage, à travers la valeur fournie ou une estimation⁸ à partir de la surface des bâtiments desservis ;
- selon la définition de l'équivalent-logement retenue par le SRCAE⁹.

⁸ Un équivalent logement = 67 m²,

⁹ « Equivalent-logement : Unité de consommation énergétique équivalente à un logement moyen de 65 m² rendant compte des consommations de l'ensemble des usages (activités, habitat, ...). En 2005, 1 Equivalent-Logement = 11,7 MWh/an

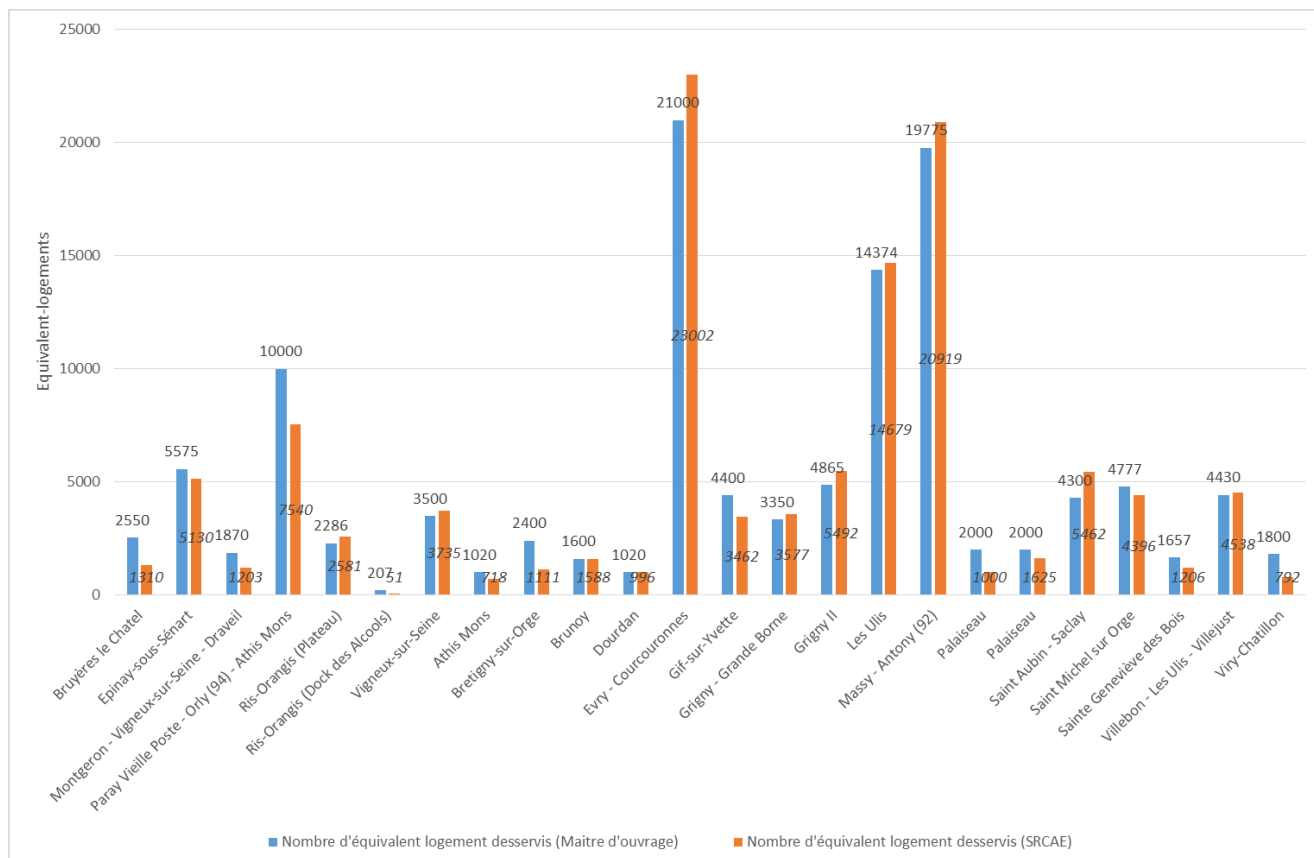


Figure 61. Nombre d'équivalent-logements des réseaux de chaleur de l'Essonne.

Pour les réseaux mis en service récemment et desservant uniquement des éco-quartiers (Bretigny-sur-Orge, Ris-Orangis Val de Ris et Palaiseau Camille Claudel), le nombre d'équivalent-logements estimé d'après la définition du SCRAE correspond à plus du double des valeurs données par les maitres d'ouvrage. Cela se justifie par les bonnes caractéristiques thermiques des bâtiments nouvellement construits, qui suivent soit la Réglementation Thermique 2012 soit sont BBC (Bâtiments Basse Consommation), et ont donc des consommations faibles par rapport à la moyenne estimée par le SRCAE.

Les autres décalages importants (Bruyères-le-Château CEA, ADP – Orly, Gif-sur-Yvette, CEA Saclay, Viry-Châtillon) se retrouvent majoritairement sur les réseaux techniques pour lesquels les informations recensées sont éparées et concernent majoritairement la surface chauffée, les valeurs données sont alors des estimations qui se retrouvent assez loin de la réalité.

Sur l'ensemble du département de l'Essonne, **entre 116 000** (valeur maitres d'ouvrage) **et 121 000 équivalent-logements** (valeur SCRAE) sont raccordés à un réseau de chaleur.

Parmi ceux-ci, entre 86 800 (valeur SCRAE) et 90 000 équivalent-logements (valeur maitres d'ouvrage) sont alimentés par au moins une source EnR&R (13 réseaux), dont environ 24 000 équivalent-logements (26 000 maitres d'ouvrages, 22 000 SCRAE) sont alimentés par la géothermie. Cependant, environ 75 000 équivalent-logements sont desservis par un des 16 réseaux alimentés majoritairement via des énergies fossiles.

La taille des réseaux de l'Essonne est très variable :

- Les trois réseaux les plus importants (Les Ulis, Massy-Antony et Evry-Courcouronnes) dépassent ou frôlent les 15 000 équivalent-logements et représentent en tout près de 50% de tous les logements raccordés aux réseaux de chaleur de l'Essonne
- Il existe ensuite un vide dans la répartition avec seulement 2 réseaux (Epinay-sous-Senart et ADP – Orly) comprenant entre 5 000 et 15 000 équivalent-logements.
- Un nombre important de réseaux comprend entre 2000 et 5000 équivalent-logements
- 6 Réseaux techniques et 6 réseaux de chaleur, principalement ceux en cours de développement et les réseaux techniques d'importance locale, alimentent moins de 2 000 équivalent-logements.

En moyenne, entre 4 800 (valeur SCRAE) et 5 000 (valeur maitres d'ouvrage) équivalent-logements sont raccordés par réseau de chaleur.

	Réseaux utilisant majoritairement les Energies Fossiles (16 réseaux)	Réseaux utilisant au moins 1 EnR&R (13 réseaux)	Réseaux utilisant la Géothermie (7 réseaux)
Nombre moyen d'Eq.-Log raccordés par réseau	4 660	6 800	3 500

Tableau 9. Tableau comparatif des caractéristiques des réseaux de chaleur. Source : Recensement.

Les principales conclusions suivantes peuvent être tirées :

- les réseaux de chaleur de l'Essonne sont de petite taille comparés aux autres réseaux d'Ile de France (en moyenne 10 200 équivalent-logements par réseau d'après l'enquête SNCU).
- les réseaux géothermiques sont d'encore plus faible dimension. Seuls les réseaux ADP – Orly, Epinay-sous-Senart et CEA Bruyères-le-Châtel atteignent les tailles critiques définies par l'étude pour la mise en place d'une géothermie à leurs aquifères cibles (Dogger et Néocomien). Ceci s'explique par le fait que les puits datant des années 1980 sont exploités à faible débit ou en artésien, et que les bâtiments raccordés à l'époque ont depuis subi des rénovations énergétiques qui ont diminués leurs consommations.

2.4. Bilan Environnemental

L'analyse des performances environnementales est basée sur les arrêtés précisant :

- les quotas d'émissions (Arrêté du 24 janvier 2014 fixant la liste des exploitants auxquels sont affectés des quotas d'émission de gaz à effet de serre et le montant des quotas affectés à titre gratuit pour la période 2013-2020)
- les contenus en CO₂ (arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine) pour les réseaux de chaleur.

2.4.1. Quotas d'émissions de CO₂

Afin d'atteindre l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre défini par le protocole de Kyoto, l'Union Européenne a mis en place un système communautaire d'échange de quotas en 2005. Il consiste à attribuer des quotas d'émission aux entreprises les plus fortement émettrices de gaz à effet de serre qui peuvent ensuite, soit revendre les quotas d'émission qu'elles n'ont pas consommé ou, au contraire, acheter les quotas d'émission dont elles ont besoin pour respecter leur dotation initiale.

Ce système d'échange s'applique notamment aux installations de production de chaleur (d'une puissance de combustion supérieure à 20 MW) qui équipent les réseaux de chaleur. Ce sont les exploitants qui sont chargés de mettre en œuvre les moyens nécessaires au respect des quotas. La Figure 62 donne l'allocation en CO₂ sur la période 2013-2020 (Plan National d'Allocation des Quotas sur la 3^e période – PNAQ III) pour les réseaux de chaleur de l'Essonne.

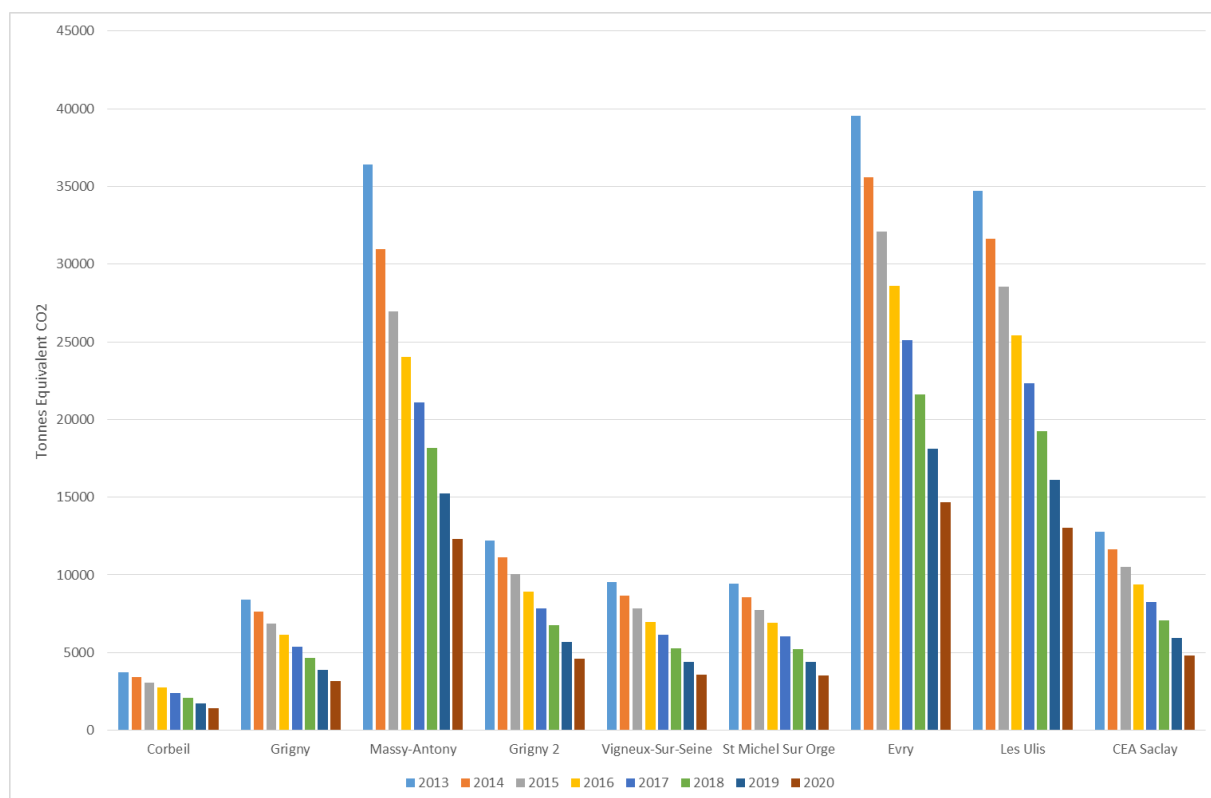


Figure 62 : Quotas d'émissions accordés aux réseaux de chaleur de l'Essonne sur la période de 2013 à 2020 – Décision de la commission européenne du 24 janvier 2012¹⁰

¹⁰ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Liste-des-installations-et-quotas.html>

Les réseaux des Ulis, de Massy-Antony et d'Evry-Courcouronnes présentent des quotas d'émissions bien supérieurs aux autres réseaux du département. La raison provient essentiellement de la taille de leurs chaufferies nécessaires à la production de chaleur.

Entre 2013 et 2020, une diminution annuelle de 10 à 20% des quotas alloués selon les réseaux considérés a été fixée. En conséquence, les réseaux concernés devront soit trouver des économies d'énergies, soit diminuer le recours aux énergies fossiles.

En l'absence de diminution des émissions, il existe un risque important d'insuffisance de quotas pour les émissions réelles, insuffisance qui pourra ainsi engendrer le paiement d'une taxe supplémentaire. In fine, cette taxe supplémentaire pourrait se voir répercutée sur le tarif payé par les abonnés. Par exemple, les informations transmises concernant les réseaux des Ulis, d'Evry-Courcouronnes et de Massy-Antony en 2013 tendant à montrer un dépassement des quotas, qui entraîne le paiement de taxes supplémentaires ensuite répercutées sur les utilisateurs finaux.

Il existe actuellement plusieurs autres installations situées dans l'Essonne soumises au système de quotas de CO₂ parmi lesquelles le Centre Pénitencier de Fleury-Merogis, l'usine Altis-Semiconductors à Corbeil Essonne ou encore les usines Wienerberger à Angervilliers et Ollainville

Sous réserve de compatibilité, ces entités pourraient trouver un intérêt au raccordement de leurs installations à un réseau de chaleur vertueux situé à proximité.

2.4.2. Contenu en CO₂ des réseaux de chaleur du département

Les réseaux de chaleur présentent des émissions de GES qui sont représentatives de la variété de leurs bouquets énergétiques. Voici le récapitulatif pour les réseaux de l'Essonne selon l'arrêté du 11 Juillet 2013 ou les déclarations exploitant au cours du recensement (1^{ère} barre de l'histogramme) et suivant l'enquête SNCU (2^{ème} barre d'histogramme, quand le réseau fait l'objet de cette enquête) :

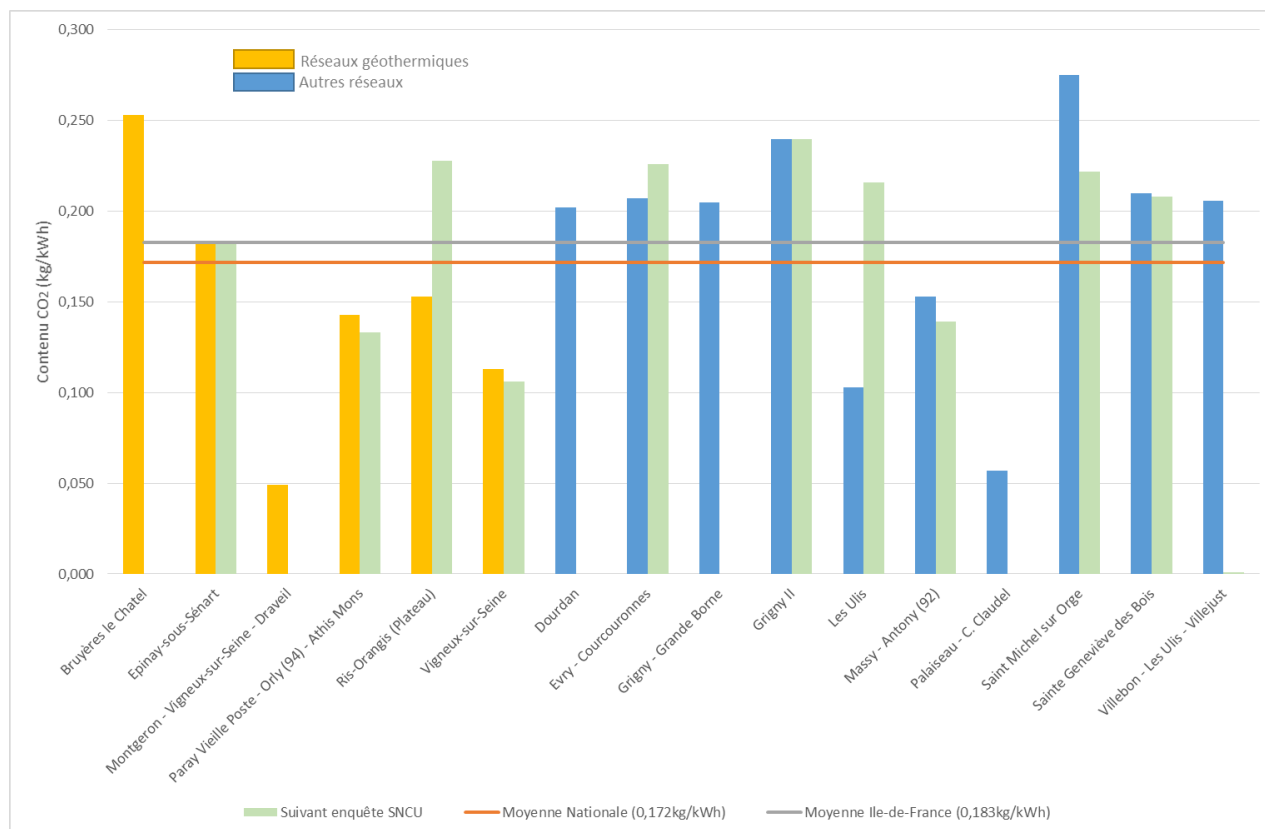


Figure 63 : Contenu en CO₂ des réseaux de chaleur de l'Essonne. Source : Arrêté du 11/07/2013 et SNCU.

Ces données sont à manipuler avec précaution. Pour exemple, les réseaux de Villejust-Courtabœuf (regroupés dans l'enquête SNCU – et l'arrêté du 11 Juillet 2013 contrairement au recensement effectué), alimentés uniquement par UIOM, ont un contenu CO₂ nul d'après le recensement SNCU, ce qui n'est pas le cas si on se reporte à l'arrêté du 11 Juillet 2013, sans qu'une explication soit disponible.

Il est possible de remarquer sur ce graphique que les réseaux utilisant la géothermie comme source de production sont nettement en dessous de la moyenne nationale et d'Île de France, à savoir respectivement 0,172 et 0,183kg_{CO2}/kWh, de même que les réseaux utilisant majoritairement les EnR&R (Massy-Antony, Palaiseau Camille Claudel et Courtabœuf). Tandis que les autres réseaux, utilisant majoritairement des énergies fossiles, sont au-dessus, voire largement au-dessus, des moyennes.

2.5. Bilan Economique

2.5.1. Notions de tarification des réseaux de chaleur

Les tarifs des réseaux de chaleur sont très variables selon les contrats les régissant. Cependant, il est courant de parler d'une partie variable (le terme R1), fonction de la quantité de chaleur consommée et d'une partie fixe R2 (abonnement) relatif à une unité de répartition forfaitaire.

Terme R1

Le terme R1 est proportionnel à la consommation d'énergie primaire du réseau de chaleur et s'exprime en €/HT/MWh. Il dépend des combustibles utilisés (fioul, charbon, gaz, bois, géothermie) et des prix d'acquisition de chaleur (UIOM, cogénération, rejets industriels). Au final, ce terme est représentatif de la consommation énergétique.

Le terme R1 est parfois décomposé en deux parties distinctes pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

A ce montant hors taxe s'ajoute la TVA, qui est actuellement de 20% si le réseau a un taux d'EnR&R inférieur à 50% et de 5,5% si le taux d'EnR&R est supérieur à 50%.

Terme R2

Il s'agit de la part fixe ou abonnement. Ce terme est proportionnel à la puissance souscrite, ou à la surface chauffée, ou à une autre référence de répartition. Le R2 s'exprime soit en €/HT/kW_{souscrit}.an, soit en €/HT/m².an soit encore en €/HT/URF.an (où l'URF est une Unité de Répartition Forfaitaire permettant la répartition de la partie fixe entre abonnés, sans référence directe à la puissance souscrite).

Le R2 prend en compte la fourniture d'électricité des équipements auxiliaires, les charges d'exploitation et l'amortissement de l'installation pour le réseau primaire, les provisions de Gros Entretien et Renouvellement, les frais de financement, les subventions, les taxes...

A ce montant hors taxe s'ajoute la TVA de 5,5%.

Surtaxe et/ou redevance spéciale

Certains réseaux présentent une contribution supplémentaire, soit pour permettre à la collectivité de rembourser ses investissements (cas d'un affermage par exemple), soit pour l'amortissement de travaux. Ce terme peut être soit au forfait (€/HT), soit proportionnel à la puissance (€/HT/kW).

2.5.2. Prix de la chaleur

Tous les ans, l'association AMORCE, le syndicat SNCU et l'ADEME réalisent une enquête sur les prix de vente de la chaleur en France. Les résultats donnent un prix moyen du MWh vendu par les réseaux de chaleur français, égal à **68,3€ HT/MWh_{livré} en 2013**. Il est de 72,3€ HT/MWh_{utile} pour les réseaux

majoritairement au gaz naturel et de 61,8€ HT/MWh_{utile} pour les réseaux majoritairement EnR&R. Il s'agit ici de la facture énergétique.

Le prix TTC moyen de vente de la chaleur issue des réseaux de chaleur français en 2013 s'établit à 76,9 €TTC/MWh. Pour les réseaux alimentés à plus de 50% par des énergies renouvelables ou de récupération, le prix TTC moyen de vente de la chaleur en 2013 s'élève à 65,3 €TTC/MWh.

Les prix les plus bas sont constatés sur les réseaux de chaleur pour lesquels la récupération sur la valorisation énergétique des déchets ménagers (61,1 €HT/MWh), la géothermie (62,6 €HT/MWh) et la biomasse (64,5 €HT/MWh) sont la principale source d'énergie, autrement dit, les réseaux majoritairement alimentés par des EnR&R sont les plus compétitifs. Pour la géothermie, ce prix faible malgré de lourds investissements s'explique par l'âge des réseaux. En effet, datant des années 1980, ces réseaux ont, pour la plupart, fini d'être amortis, diminuant ainsi le prix de la chaleur.

Les valeurs les plus hautes constatées sur la biomasse correspondent généralement à des petits réseaux de chaleur ruraux, créés dans un contexte de concurrence énergétique (absence de desserte en gaz naturel) permettant un prix de vente plus élevé que sur les grands réseaux urbains (avec des aides à l'investissement qui tiennent compte de ce contexte)

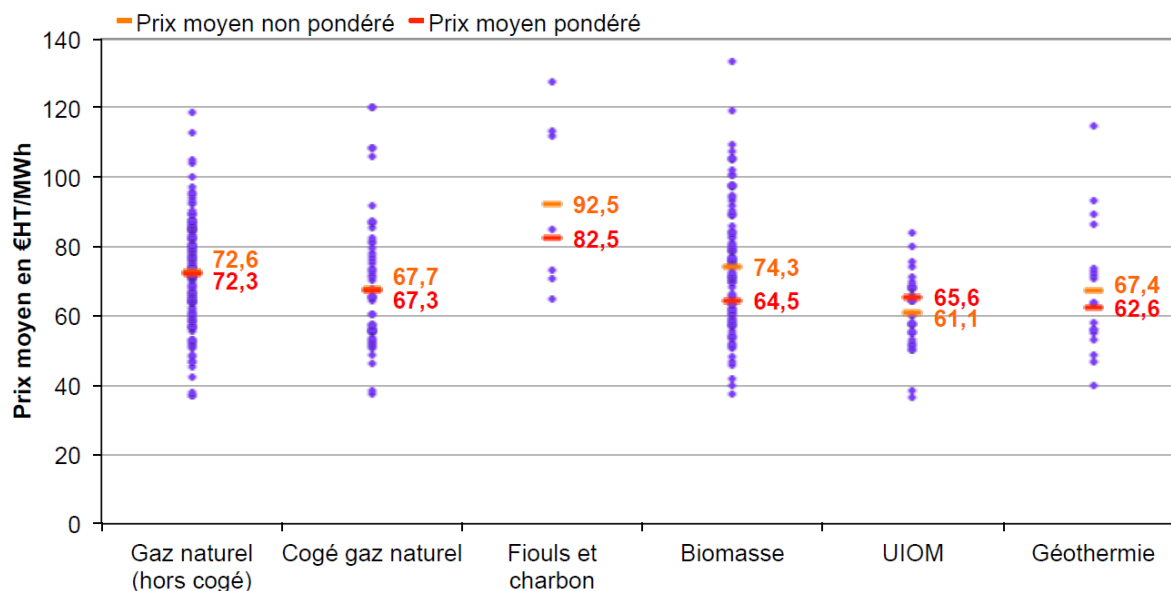


Figure 64 : Prix de vente de la chaleur en fonction de l'énergie principale utilisée sur le réseau.

Source : Prix de vente de la chaleur AMORCE/SNCU/ADEME 2013

2.5.3. Factures énergétiques pour un logement « type »

Les définitions des différents termes utilisés dans cette partie sont les suivantes :

<p>La facture d'énergie avec l'abonnement (part fixe) et le coût proportionnel aux consommations d'énergie (part variable).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ce sont le R1 et le R2 pour les réseaux de chaleur qui comprennent : <ul style="list-style-type: none"> ➢ la fourniture de chaleur au travers du R₁ (production, distribution, fourniture d'énergie), ➢ les charges d'électricité des auxiliaires : R₂₁ ➢ des charges de Conduite et Entretien des Installations du réseau de chaleur (jusqu'à la sous-station en pied d'immeuble) : R₂₂, ➢ les charges de Gros Entretien et de Renouvellement des installations (jusqu'à la sous-station en pied d'immeuble) : R₂₃, ➢ les charges de financement des installations de premier établissement définies dans le contrat de DSP, déduction faite des aides et subventions obtenues : R₂₄. • C'est le P1 pour les autres sources d'énergies : l'achat d'énergie peut être géré directement par le locataire (chauffage individuel), par l'Abonné (bailleur ou syndic de copropriété) ou par l'exploitant des installations, dans le cadre de son contrat d'exploitation. 	FACTURE ENERGETIQUE	
<p>L'électricité annexe nécessaire au fonctionnement des installations de production (brûleurs, pompes) et de distribution (pompes, régulation...) pour acheminer le chauffage jusqu'aux émetteurs de chaleur du logement et l'eau chaude sanitaire jusqu'aux points de puisage : c'est le terme P'1.</p>		CHARGES LOCATIVES RECUPERABLES
<p>La conduite et le petit entretien des installations : de l'arrivée de combustible ou de chaleur jusqu'aux émetteurs de chaleur. C'est le terme P2.</p>		
<p>Le gros entretien et le renouvellement à l'identique du matériel: de l'arrivée de combustible ou de chaleur jusqu'aux émetteurs de chaleur. C'est le terme P3.</p>		FACTURE TOTALE
<p>Les amortissements des installations de production de chaleur et de distribution de chaleur (dans l'immeuble ou le logement). C'est le terme P4. Viennent en déduction les subventions obtenues pour le financement des équipements.</p>		

Tableau 10. Définition des différents termes du prix de la chaleur. Source : Enquête AMORCE – 2013

Dans le cas d'un bâtiment, par exemple un programme social, alimenté par réseau de chaleur, la partie « Facture énergétique » correspond au coût relatif au réseau primaire (le réseau de chaleur), tandis que les autres charges (récupérables,, facture totale et coût global du chauffage) représentent le coût relatif au réseau secondaire (le réseau de distribution interne au programme social).

L'association AMORCE, le syndicat SNCU et l'ADEME présentent également dans l'étude précitée, une estimation des factures énergétiques, en coût global, payées par un logement dans un bâtiment « type ». Les bâtiments « type » sont représentatifs du patrimoine immobilier et sont les suivants :

- Bâtiment peu performant (300 kWh_{EP}/m²/an),
- Parc Social Moyen (170 kWh_{EP}/m²/an)
- Bâtiment RT2005 (120 kWh_{EP}/m²/an) et RT 2012 (depuis 2013).

**Décomposition du coût global chauffage & ECS en 2013 (€TTC/lgt par an)
Bâtiment peu performant - 300 kWh/m² par an - Analyse : AMORCE**

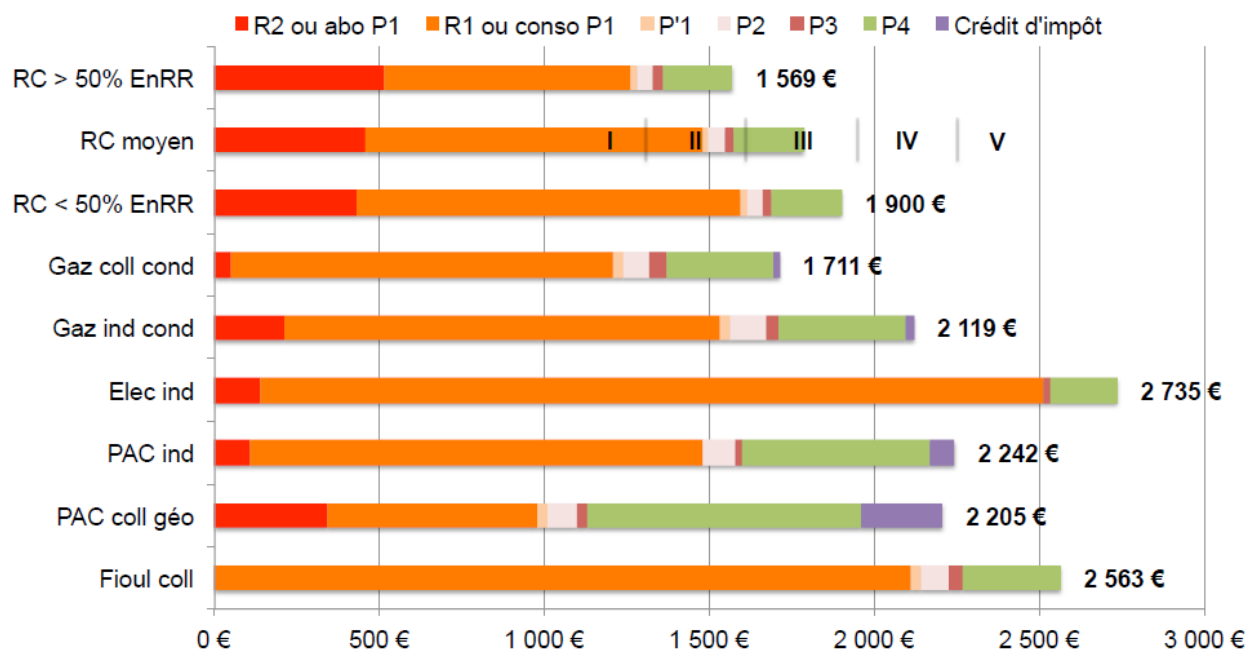


Figure 65 : Coût global de la chaleur (€TTC) pour un logement d'un bâtiment de type « Peu Performant » suivant le modes de chauffage. Source : Prix de vente de la chaleur AMORCE/SNCU/ADEME 2013

**Décomposition du coût global chauffage & ECS en 2013 (€TTC/lgt par an)
Bâtiment parc social moyen - 170 kWh/m² par an - Analyse : AMORCE**

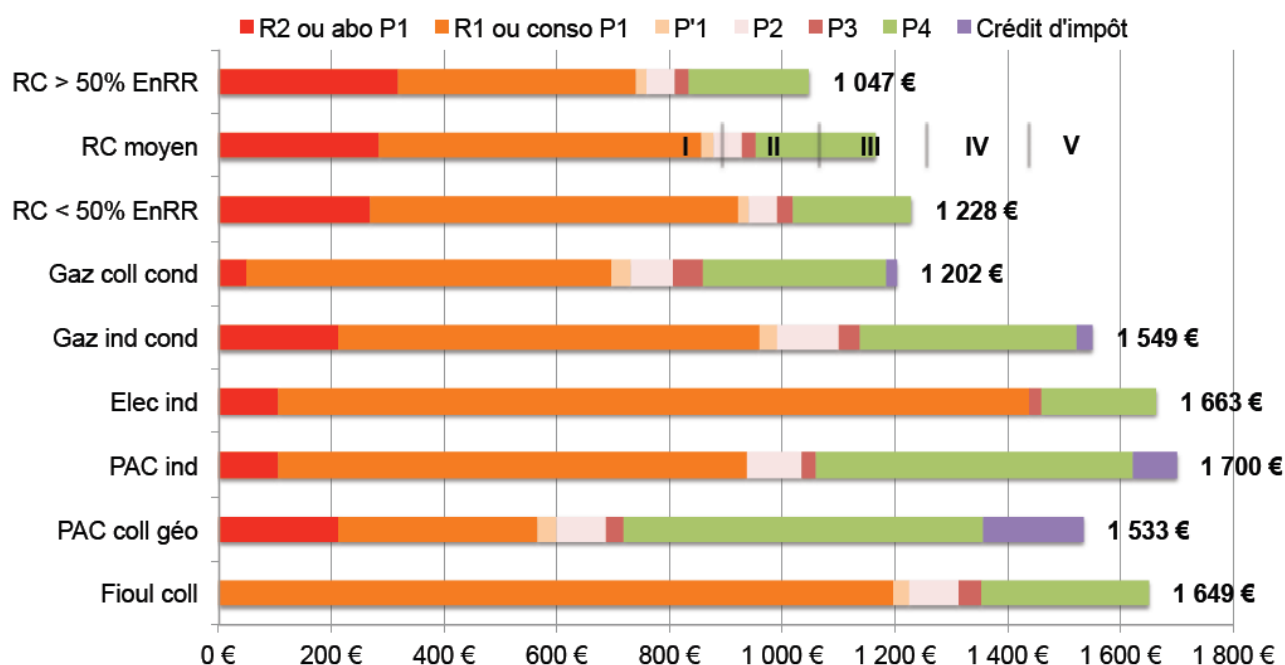


Figure 66 : Coût global de la chaleur (€TTC) pour un logement d'un bâtiment de type « Parc Social » suivant le mode de chauffage. Source : Prix de vente de la chaleur AMORCE/SNCU/ADEME 2013.

Décomposition du coût global chauffage & ECS en 2013 (€TTC/lgt par an)
Bâtiment RT 2012 - Analyse : AMORCE

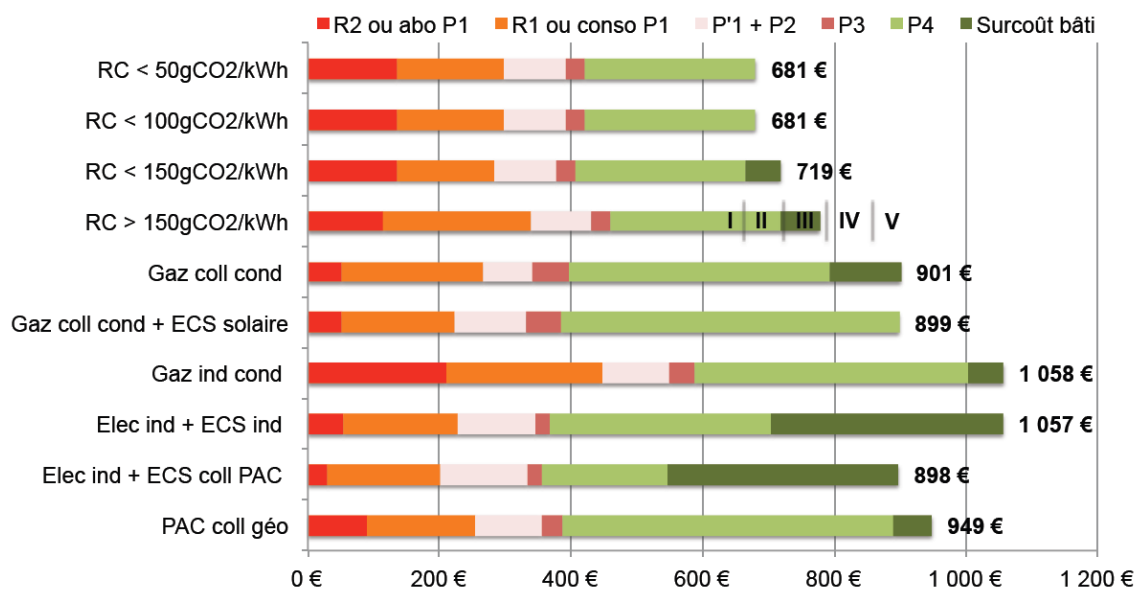


Figure 67 : Coût global de la chaleur pour un logement d'un bâtiment de type « RT 2012 » suivant le mode de chauffage. Source : Prix de vente de la chaleur AMORCE/SNCU/ADEME 2013.

Dans toutes les typologies de bâtiment étudiées dans l'étude AMORCE, les réseaux de chaleur disposant de plus de 50 % d'ENR&R (ou d'un contenu CO₂ bas) sont économiquement compétitifs en analyse de coût global de la chaleur (P1+ P'1 + P2 + P3 + P4).

2.5.4. Application aux réseaux de l'Essonne

Note préliminaire : Les aspects économiques présentés ci-dessous ont été réalisés aux dates de valeur des prix unitaires recensés, évoluant entre 2009 et 2013 suivant les réseaux, et ont été rassemblés sur des hypothèses communes. De plus, à la demande de certains maîtres d'ouvrage, il a été décidé de rendre cette partie anonyme.

Les bases de l'étude AMORCE ont été reprises afin de déterminer la compétitivité des réseaux de chaleur de l'Essonne. Les réseaux techniques pour lesquels une tarification n'a pas de sens (pour lesquels le seul client est le maître d'ouvrage), à savoir CEA Bruyères-le-Châtel et Saclay, Ecole Polytechnique et Université Paris Sud sur le plateau de Saclay et Athis-Mons Noyer Renard, ont été retirés pour l'analyse des résultats. Il reste donc 19 réseaux dont 12 ont répondu, au moins partiellement, et pour lesquels les données ont pu être extrapolées suivant les hypothèses de l'étude AMORCE. Le coût de la chaleur par logement proposés ci-dessous a donc été calculé de la manière suivante :

$$\text{Prix total} = \text{Part variable R1} + \text{Part fixe R2}$$

Avec

- Part R1 $\left(\frac{\text{€HT}}{\text{MWh}}\right) = R_{1\text{communiqué}} \left(\frac{\text{€HT}}{\text{MWh}}\right) \times 70\text{m}^2 (\text{hypothèse AMORCE}) \times C_{\text{ef lgt social moyen-AMORCE}} \left(\frac{0,136\text{ MWh}}{\text{m}^2}\right) \times \text{TVA}_{\text{dépend taux d'EnR\&R}}$
- Part R2 $\left(\frac{\text{€HT}}{\text{Unité}}\right) = R_{2\text{communiqué}} \left(\frac{\text{€HT}}{\text{Unité}}\right) \times 7\text{kW ou } 70\text{m}^2 \text{ ou } 12\text{URF} (\text{hypothèse AMORCE}) \times \text{TVA}_{\text{réduite}}$

Sur le graphique de la Figure 68 présentée ci-après, une ligne bleue et une ligne verte apparaissent. Elles traduisent, pour un logement de type parc social moyen, la compétitivité par rapport à une solution de chauffage au gaz collectif avec chaudière à condensation :

- En termes de coûts global de la chaleur pour la ligne bleue. Elle est à mettre en regard, pour les réseau de chaleur, de la somme R1, R2 et P2/P3 secondaire.
- En terme de charges récupérables pour la ligne verte. Elle est à mettre en regard, pour les réseau de chaleur, de la somme R1, R2 et P2 secondaire. Au vu des données à disposition, de la part relative faible de P2/P3 secondaire et de subtilités sur le R2, elle peut être comparé à la somme R1, R2.

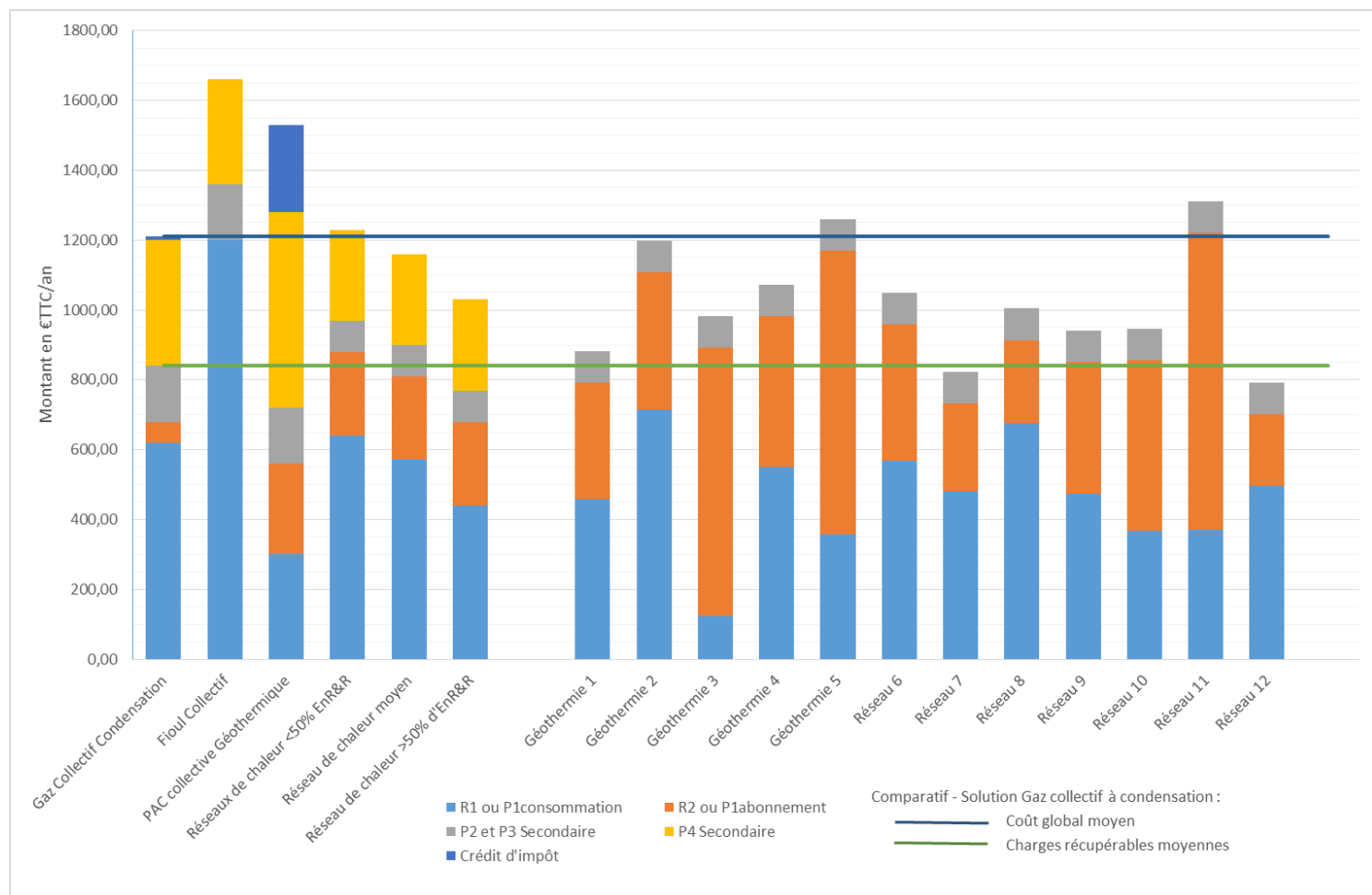


Figure 68. Estimation de la facture énergétique (€TTC) en coût global pour un logement d'un bâtiment de type « Parc social moyen »

D'après la Figure 68, et en raisonnant en coûts global de la chaleur pour un logement de type Parc social moyen :

- Les réseaux Géothermie 5 et Réseau 11 ne sont pas compétitifs. Ceci s'explique par le fait que ces petits réseaux d'éco-quartiers desservent quasi-exclusivement des bâtiments très récents conçus suivant la RT2012, et nécessitent donc moins de puissance et moins de livraison de chaleur que les bâtiments de type Parc social moyen.
- Le réseau 2 est à peine compétitif. Ceci est dû au fait que la tarification R1 de ce réseau est dégressif en fonction du volume de chaleur livré, or nous nous sommes basé sur la tranche de livraison <5000MWh pour effectuer le calcul.
- Les réseaux Géothermie 3, 4 et Réseau 6 et 8 sont dans les moyennes par rapport à une solution classique.
- Les réseaux Géothermie 1 et Réseaux 7, 9, 10, 12 sont compétitif. Il s'agit de réseaux historiques de taille importante.

Parmi les réseaux comportant moins de 50% d'ENR&R dans l'Essonne (Géothermie 1, 2 et 5, et Réseaux 10 et 11), 2 sont compétitifs. Ceci est dû, comparé aux autres, à leur ancienneté et au fort recours historique aux ENR&R.

Concernant les réseaux géothermiques, il existe une prépondérance de la part abonnement R2 sur la part variable R1 en raison des investissements conséquent à mettre en œuvre dans ce type d'opération et au faible coût de la chaleur produite par géothermie. Cela est moins vrai pour les réseaux Géothermie 2 et 4 pour lesquels la géothermie n'est pas l'énergie majoritaire.

Pour certains réseaux techniques d'importance locale, seul un prix global du MWh a été communiqué dans le cadre du recensement. Il s'agit là du montant facturé directement par le maître d'ouvrage à ses locataires, mais la définition des charges récupérables dans cette situation n'est pas forcément claires et les valeurs difficilement comparables. A titre d'information, quatre réseaux sont dans cette situation, le coût de la chaleur facturé au locataire pour un parc social moyen est alors de :

- Local 1 : 542€TTC
- Local 2 : 972 €TTC
- Local 3 : 1 101€TTC
- Local 4 : 525 €TTC

Il est important de rappeler que ces valeurs doivent être prises avec précautions, ne sachant pas exactement ce qu'elles comportent. Dans ces conditions, il est possible de voir que les réseaux Local 1 et 4 semblent très compétitif par rapport aux charges récupérables dans un solution classique tandis que les réseaux Local 2 et 3 sont légèrement supérieurs à la moyenne.

2.6. Bilan Juridique

2.6.1. Définition juridique d'un réseau de chaleur

La notion de « Réseau de chaleur » n'a pas de définition juridique précise mais est caractérisée par les éléments suivants : « *le propriétaire de la chaufferie (ou l'entreprise qui est chargée de ce service) vend de la chaleur à plusieurs clients dont l'un, au moins, n'est pas le propriétaire de l'installation, par l'intermédiaire d'une canalisation de transport de chaleur empruntant, au moins partiellement, le domaine public* ».

Ainsi, les distributions de chaleur suivantes ne répondent pas au terme juridique de « Réseau de chaleur » :

- Distribution de chaleur interne à un même établissement constitué de plusieurs bâtiments. Par exemple : Hôpitaux, Campus universitaire (Paris-Sud, Polytechnique), Centre de recherche (CEA Bruyères-le-Châtel et Saclay)...
- Distribution de chaleur interne à un même quartier constitué de plusieurs bâtiments appartenant à un même organisme HLM, privé ou public. Par exemple : I3F sur le quartier du Noyer Renard à Athis-Mons...
- Distribution de chaleur interne à une même copropriété constituée de plusieurs bâtiments reliés à une chaufferie centrale. Par exemple : Résidence de Talma à Brunoy...

Dans ces cas-là, un contrat d'exploitation de chauffage régit ces installations, et l'étude a pour l'instant caractérisé ces réseaux comme « réseaux techniques d'importance locale ».

Pour les autres, le statut juridique de la personne morale qui possède le réseau de chaleur lors de sa création, ou à qui il sera remis à l'issue du contrat, définit si le réseau de chaleur est de nature privée ou réalisé en distribution publique.

2.6.2. Réseau de chaleur privé ou technique d'importance locale

Dans le cadre d'un réseau privé ou technique d'importance locale, le propriétaire du réseau (société immobilière, copropriété, entreprise, Entreprise Sociale pour l'Habitat, regroupement d'entités privés type ASL...) assure seul les investissements et peut, s'il le souhaite, déléguer les travaux et/ou l'exploitation de son réseau à un exploitant.

Sur le territoire de l'Essonne, ce type de réseaux représente :

- 17 réseaux sur 24 soit 7 réseaux sur 10 en nombre ;
- 592 GWh sur 1520 GWh produit, soit 40% de la chaleur.

Les réseaux techniques d'importance locale sont les suivants :

- Réseau de quartier du Noyer Renard à Athis-Mons, dont le maître d'ouvrage est le bailleur I3F ;
- Réseau de la résidence de Talma à Brunoy dont le bailleur est le syndicat de copropriétaires ;
- Réseaux du CEA à Bruyères-le-Châtel et Saclay-Les Ormes ;
- Réseau de chaleur Prairie de l'Oly – les Bergeries sur les communes de Montgeron, Vigneux-sur-Seine et Draveil, appartenant au bailleur Batigère ;
- Réseau de l'université Paris Sud et de l'école Polytechnique.

Les réseaux de chaleur privés, desservant donc plusieurs abonnés, sont :

- Essonne Habitat pour le réseau du plateau à Ris-Orangis.
- Aéroport de Paris pour le réseau de l'aéroport d'Orly ;
- Association Syndicale Libre Croix Blanche pour le réseau éponyme de Vigneux-sur-Seine (jusqu'en Décembre 2014) ;
- AFTRP (Agence Foncière et Technique de la Région Parisienne) puis rétrocession à l'AFUL Val de Ris pour les réseaux de la ZAC Val de Ris (Dock, Gare et Intrafor) ;
- OPIEVOY pour le réseau de Grigny-Grande Borne ;
- Syndicat de Copropriété sous administration judiciaire pour le réseau de Grigny II ;
- EDF Optimal Solution à travers Camille Claudel Energies pour le réseau Camille Claudel de Palaiseau ;
- Nexity pour le réseau du quartier Bois des Roches à Saint-Michel-sur-Orge ;
- Union Syndicale Saint Hubert pour le réseau du même nom à Sainte-Geneviève-des-Bois ;
- SIOM Vallée de la Chevreuse pour les réseaux du parc d'activité de Courtabœuf sur les communes des Ulis, Villebon-sur-Yvette et Villejust ;
- SNI Ile de France pour le réseau des Coteaux de l'Orge à Viry-Châtillon ;

2.6.3. Service public de distribution de chaleur

La loi n°80-531 du 15 juillet 1980 relative aux économies d'énergie et à l'utilisation de la chaleur donne compétence aux collectivités territoriales ou groupements de collectivités territoriales pour gérer ce service public selon les dispositions du Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT). Le service public de la chaleur est donc une compétence optionnelle des collectivités territoriales, qui agit en tant qu'autorité organisatrice de l'énergie.

L'existence d'un service public de la chaleur entraîne l'application de 3 grands principes :

- Principe d'égalité entre les usagers du service public : L'égalité des usagers est respectée quand toutes les personnes placées dans la même situation sont traitées de la même façon, sans privilèges, ni discrimination. Ce principe s'applique pour l'accès au service public ainsi que pour les modalités d'utilisation et de paiement du service public. Toutefois, des différences peuvent être introduites si elles sont justifiées par des différences de situation des usagers par rapport au service.

- Principe de continuité du service public : Il implique un fonctionnement permanent du service public sauf cas de force majeure. La continuité est garantie par le dimensionnement des installations, les mesures d'entretien-maintenance et de renouvellement des installations prises par l'autorité organisatrice, ou par le gestionnaire chargé du service par l'autorité organisatrice.
- Application de tarifs qui doivent trouver leur contrepartie directe dans le service rendu aux usagers. En conséquence, les usagers du service public de chaleur n'ont pas à supporter des coûts qui ne correspondraient pas au service qui leur est rendu.

L'autorité organisatrice a le choix entre plusieurs modes de gestion pour gérer son Service Public Industriel et Commercial de chaleur. Ces modes de gestion sont présentés ci-après dans l'ordre décroissant d'implication de l'autorité organisatrice.

La gestion directe

Dans le système de la gestion directe, l'autorité organisatrice prend directement en charge le service et en assume pleinement le risque. Elle prend également en charge la totalité des coûts, tant d'investissement, que d'exploitation et contrôle totalement le service. L'autorité organisatrice peut passer des marchés publics afin d'exploiter le service, faire les travaux, la conception...

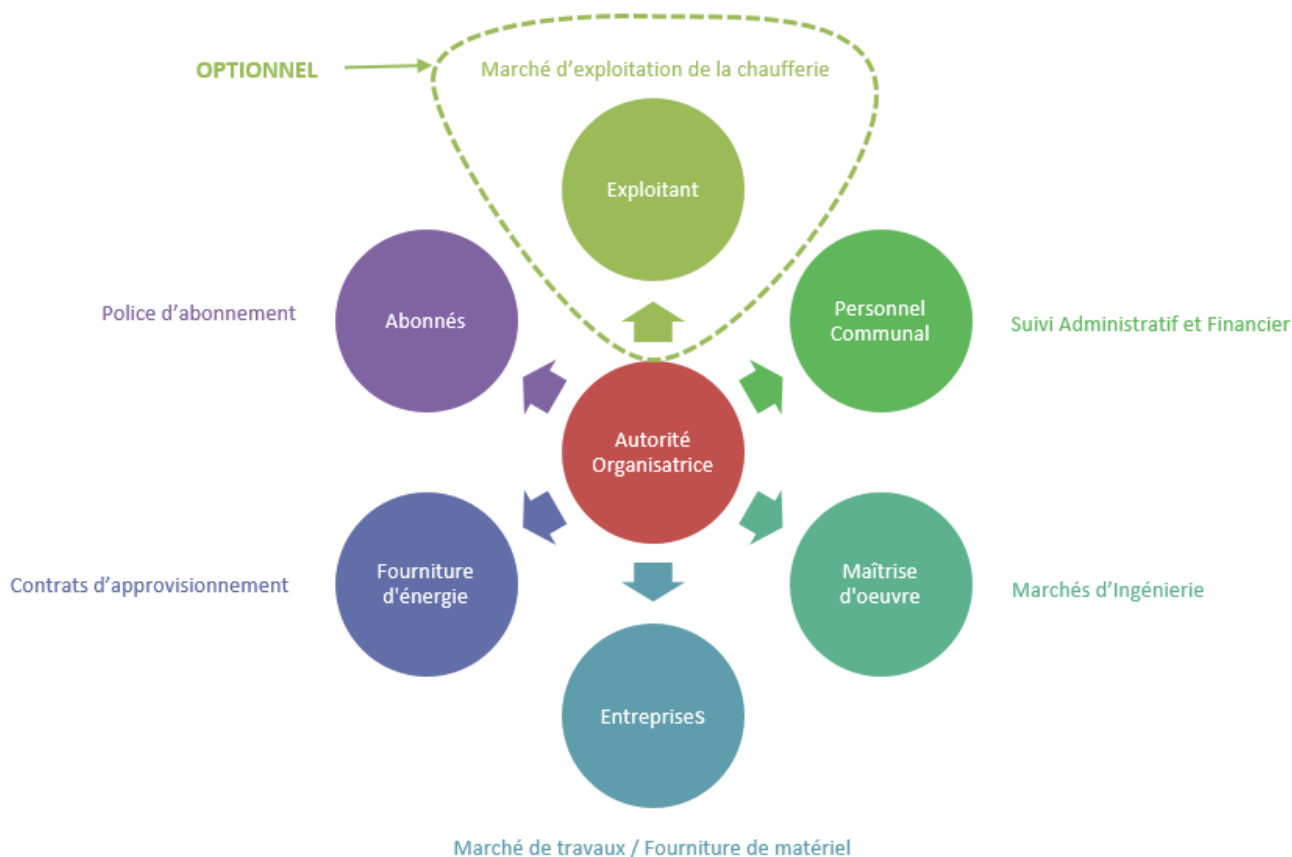


Figure 69 : Schéma de montage en gestion directe avec intégration d'un prestataire d'exploitation (optionnel)

Dans l'organisation d'une gestion directe, l'autorité organisatrice doit disposer, en interne, des compétences nécessaires :

- A la réalisation des investissements : création des chaufferies et réseau de distribution et de livraison de chaleur...
- A l'exploitation du service, au niveau technique, commercial, financier...

L'autorité organisatrice doit également créer une organisation *ad hoc* pour gérer l'exploitation du service et notamment toute la facturation (et les impayés).

Enfin, l'autorité organisatrice doit disposer de locaux pour l'administration, mais également pour le stockage de matériel.

Au niveau du montage financier d'une gestion publique, l'autorité organisatrice doit créer un budget annexe, financer les travaux (emprunt) et assumer toute l'exploitation du service.

Ce mode de gestion possède les avantages financiers suivants :

- Le TRI peut être « abaissé » (la collectivité emprunte théoriquement moins cher – à nuancer compte tenu des difficultés actuelles d'accès au crédit) mais il doit quand même intégrer un risque minimal.

Mais il dispose également des inconvénients financiers suivants :

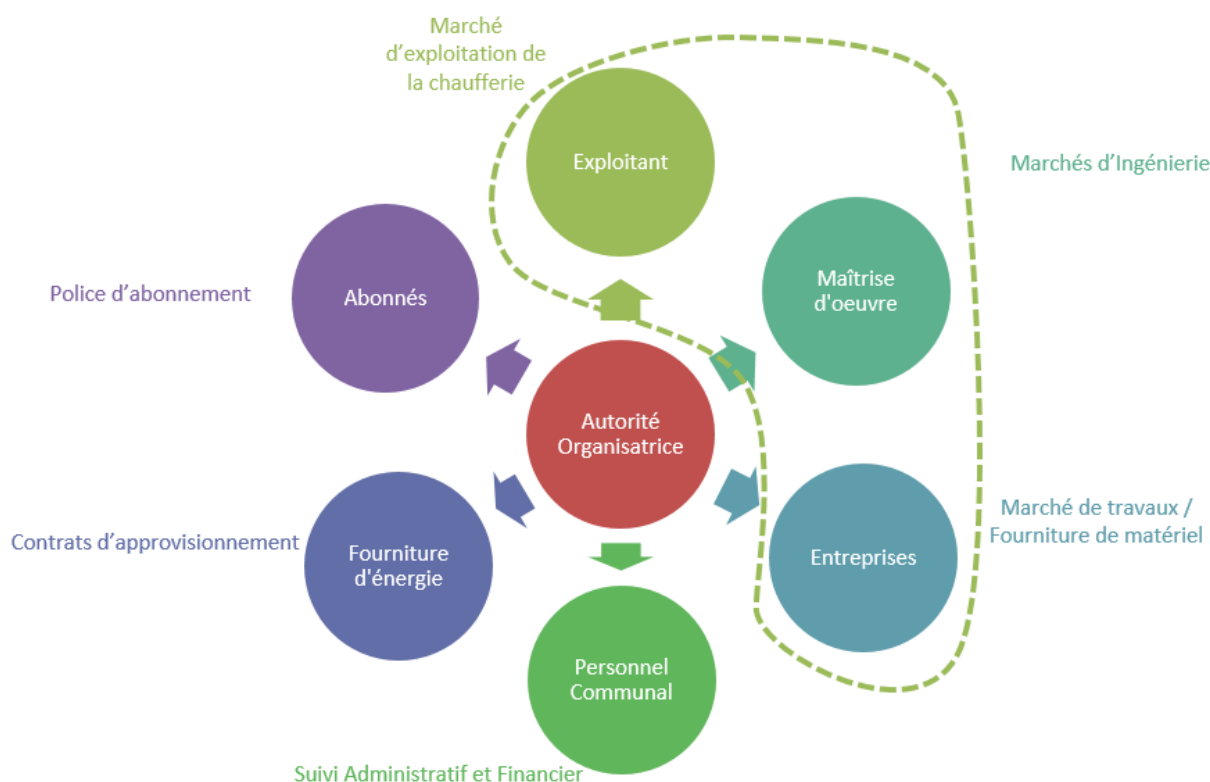
- L'autorité organisatrice prend l'ensemble des risques financiers inhérents au réseau : elle supporte les surcoûts liés par exemple à une sous-estimation des investissements, à un rallongement des délais de mise en service, à une dérive éventuelle des charges d'exploitation.
- Par conséquent, le niveau de participation publique et/ou les tarifs de ventes qui ont été prévus au départ, n'ont rien de garanti.

La gestion directe peut se concrétiser de 3 façons différentes :

- Régie directe ou régie simple : la collectivité exploite directement le service avec le personnel municipal et prend toutes les décisions afférentes au service public.
- Régie autonome : Elle est dotée de l'autonomie de gestion avec ses propres organes de gestion et son budget annexe, rattaché au budget de l'autorité organisatrice. La Régie autonome ne possède pas de personnalité juridique propre.
- Régie personnalisée : Elle est dotée de l'autonomie financière et de la personnalité morale. Ses organes de gestion, son budget et sa comptabilité sont indépendants de l'autorité organisatrice. Son autonomie de gestion est plus importante : le directeur de la Régie est l'ordonnateur, le Conseil d'Administration et son Directeur prennent les décisions de gestion. La Régie personnalisée constitue un Etablissement Public Industriel et Commercial (EPIC). Elle peut également posséder un patrimoine propre.

Les contrats de Conception Réalisation, Entretien et Maintenance, sont des marchés publics globaux confiés à un seul titulaire en vue de l'atteinte d'objectifs chiffrés de performance sur lesquels ce dernier s'engage et qui peuvent être liés par exemple au niveau d'activité, à la qualité de service, à l'efficacité énergétique ou à l'incidence écologique.

La gestion en régie avec CREM



Les contrats de Conception Réalisation, Entretien et Maintenance, sont des marchés publics globaux confiés à un seul titulaire en vue de l'atteinte d'objectifs chiffrés de performance sur lesquels ce dernier s'engage et qui peuvent être liés par exemple au niveau d'activité, à la qualité de service, à l'efficacité énergétique ou à l'incidence écologique.

Dans ce type de marché, vu sur les réseaux de chaleur lors de leur mise en place initiale, l'autorité délégante choisit un prestataire pour l'ensemble des parties « techniques » du projet, et s'occupe des autres volets.

Il s'agit du montage choisi par la commune de Bretigny-sur-Orge et par l'Etablissement Public Paris Saclay pour la création des nouveaux réseaux à travers le recours à un contrat de Conception Réalisation Exploitation Maintenance. Ces réseaux seront ensuite dévolus aux collectivités compétentes qui décideront du montage futur.

L'affermage

Dans le cadre de l'affermage, l'autorité délégante réalise tous les investissements et la conception des ouvrages de premier établissement. Elle en confie l'exploitation à un « fermier ». Cette exploitation se fait aux risques et périls dudit fermier. Ainsi, sa rémunération doit être substantiellement liée aux résultats de l'exploitation du service public délégué.

Le fermier dispose d'une réelle autonomie dans la prise en charge de l'activité de service public qui lui est confiée et verse une redevance importante pour la mise à disposition des ouvrages. Le fermier se rémunère par la perception de redevances sur les usagers.

Le fermier exploite le service délégué et réalise les seuls travaux de gros entretien et renouvellement auxquels s'ajoutent, pour les services publics en réseaux, les travaux de raccordement de nouveaux usagers et, dans certaines limites, les travaux d'extension de ces réseaux

En fin de contrat, les ouvrages indispensables au service constituent des biens de retour et reviennent à l'autorité délégante par principe gratuitement.

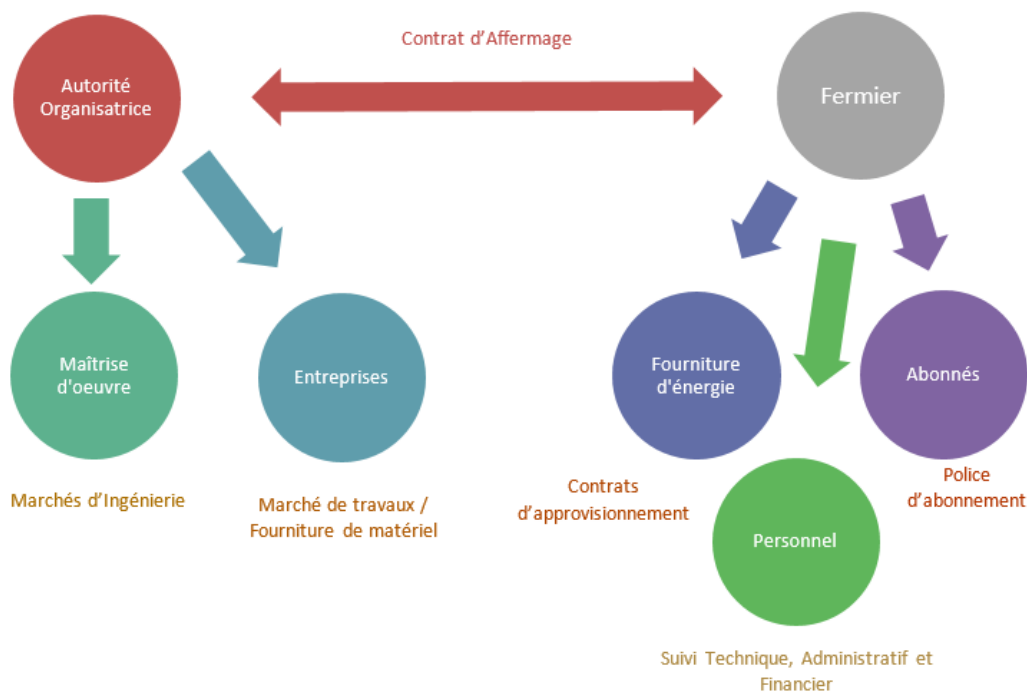


Figure 70 : Schéma de montage en gestion déléguée de type Affermage

Pour le montage organisationnel d'un affermage :

- L'autorité organisatrice est le maître d'ouvrage : elle doit disposer en interne des compétences nécessaires à la réalisation des investissements ou bien externaliser via un marché public.
- L'exploitation est totalement prise en charge par le délégataire.
- L'autorité organisatrice doit également disposer des moyens (compétences) pour concevoir et pour négocier le contrat, puis d'en suivre et d'en contrôler son exécution.

Le montage financier d'un affermage induit que :

- L'autorité organisatrice finance les travaux (emprunt), mais délègue l'exploitation.
- L'autorité organisatrice répercute l'annuité d'emprunt sur le fermier (dispositif classique de « surtaxe » ou redevance), qui à son tour la répercute dans les tarifs facturés aux usagers du service.

Au niveau des avantages financiers de montage juridique, l'autorité organisatrice emprunte théoriquement moins cher qu'un privé, mais ce point est à nuancer compte tenu des difficultés actuelles d'accès au crédit.

Parmi les inconvénients financiers d'un affermage, il est possible de citer :

- La durée de réalisation des travaux qui est potentiellement plus longue que celle prévue initialement. Ce qui, en repoussant le début de rentabilisation, renchérit l'opération.
- L'autorité organisatrice supporte plusieurs risques :
 - En phase investissement : surcoûts, retards.
 - En phase d'exploitation, risque de non-paiement de sa « surtaxe » par le délégataire → répercussion sur l'autorité organisatrice du risque de demande et/ou moyen de pression pour obtenir une renégociation du contrat.

Par conséquent, la participation publique et/ou les tarifs de vente définis au départ ne peuvent pas être garantis *a priori*.

- Les coûts de suivi de l'opération.

Le mode de gestion déléguée par Affermage a été retenu par la ville d'Epina-y-sous-Sénart, avec comme fermier la SEMGEP (Société d'Economie Mixte pour la gestion de la Géothermie à Epina-y-sous-Sénart) et par la ville de Dourdan, avec comme fermier la SOCCRAM.

La concession

Dans le cadre d'une concession, l'autorité délégante confie l'intégralité du service public (travaux, financement, exploitation...) aux risques et périls du concessionnaire. Sa rémunération doit être substantiellement liée aux résultats de l'exploitation du service public délégué.

Le concessionnaire dispose d'une réelle autonomie dans la prise en charge de l'activité de service public qui lui est confiée. Il a également en charge la réalisation, le financement et l'exploitation des installations qui sont le support de ce service, en contrepartie de la perception de redevances sur les usagers. Toutefois, les tarifs de vente aux usagers peuvent être encadrés par le contrat. Le concessionnaire peut être redevable de certaines redevances auprès de l'autorité organisatrice (redevance d'occupation, redevance pour frais de contrôle).

En fin de contrat, les ouvrages indispensables au service constituent des biens de retour et reviennent à l'autorité délégante par principe gratuitement.

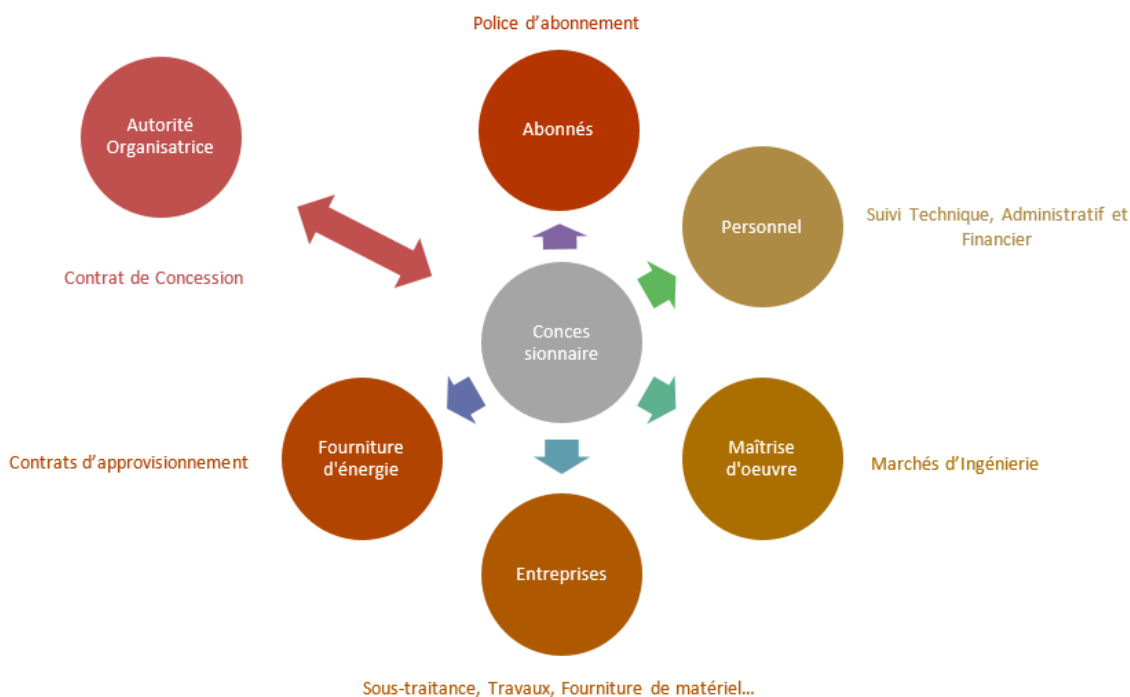


Figure 71 : Schéma de montage en gestion déléguée de type Concession

Dans le montage organisationnel d'une concession, L'autorité organisatrice doit disposer des moyens (compétences) de concevoir et de négocier le contrat puis d'en suivre et d'en contrôler l'exécution.

Pour le montage financier d'une concession de travaux publics :

- L'autorité organisatrice délègue l'intégralité du service : travaux, financement, exploitation, aux « risques et périls » du concessionnaire.

- Le principe d'exploitation est le même qu'en affermage, le délégataire devant, en outre, réaliser les investissements de premier établissement.

Les avantages financiers lors de la mise en place d'une concession sont les suivants :

- L'autorité organisatrice court un risque *a priori* minimal, ce qui signifie que les paramètres initiaux (le niveau des tarifs, ou des subventions publiques) sont mieux « garantis ».
Mais attention : en pratique « concession » ne signifie pas « transfert intégral du risque » :
 - *Multiplés moyens de retour du risque vers l'autorité organisatrice : clauses de « revoyure » en cas d'aléas, non-paiement de sommes dues à l'autorité organisatrice (pénalités, redevances pour frais de contrôle, ...), intervention financière de l'autorité organisatrice en cas de dérapage de certains paramètres, ...*
 - *Volet essentiel de la négociation du contrat.*
- Minimisation (mais pas neutralisation) des coûts de suivi du service.

Le principal inconvénient financier d'une concession est le fait que le TRI soit plus élevé que dans les autres modes de gestion, mais il peut être à moduler selon la répartition effective des risques (contrat).

Le mode de gestion délégué de type Concession a été choisi par :

- la communauté d'agglomération Evry-Centre-Essonne pour la gestion du réseau d'Evry-Courcouronnes, avec le concessionnaire actuel, le GIE Evry.
- la ville des Ulis pour la gestion du réseau municipal, confiée à Enerlis.
- la SIMACUR pour la gestion du réseau de Massy-Antony, confiée à la CURMA

Comparatifs et synthèses

	Régie	Régie + CREM	DSP- Affermage	DSP- Concession
Propriété	Collectivité	Collectivité	Collectivité	Collectivité
Investissement	Collectivité	Collectivité	Collectivité	Déléataire
Conception	MOe		MOe	
Réalisation	Entreprise		Entreprise	
Exploitation	Collectivité	Prestataire		
Maintenance	Collectivité		Fermier	
Commercialisation/Fac turation	Collectivité	Collectivité		

Figure 72. Mode de gestion et montage financier pour les réseaux de chaleur. Source : AMORCE.

Modes de Gestion	Montage financier	Avantages financiers	Inconvénients financiers
<i>Gestion directe</i>	Création d'un budget annexe L'autorité organisatrice finance les travaux (emprunt) et assume l'exploitation du service	Le TRI peut être « abaissé » car l'autorité organisatrice emprunte théoriquement moins cher qu'un privé mais à nuancer compte-tenu des difficultés actuelles d'accès au crédit	L'autorité organisatrice prend tous les risques financiers Le niveau de participation publique et les tarifs de vente prévus initialement n'ont rien de garanti
<i>Affermage</i>	L'autorité organisatrice finance les travaux (emprunt) et délègue l'exploitation du service Elle répercute l'annuité d'emprunt sur le fermier qui à son tour la répercute dans les tarifs facturés aux usagers du service	L'autorité organisatrice emprunte théoriquement moins cher qu'un privé mais à nuancer compte-tenu des difficultés actuelles d'accès au crédit	Une durée de réalisation des travaux potentiellement plus longue renchérit l'opération L'autorité organisatrice supporte plusieurs risques (en phase investissement et en exploitation) La participation publique et/ou les tarifs ne peuvent être garantis à priori Coûts de suivi
<i>Concession</i>	L'autorité organisatrice délègue l'intégralité du service Le principe d'exploitation est le même qu'en affermage, le délégataire devant en outre, réaliser les investissements de premier établissement	L'autorité organisatrice court un risque a priori minimal, ce qui signifie que les paramètres initiaux sont mieux garantis Attention concession ne signifie pas « transfert intégral du risque » Minimisation (mais pas neutralisation) des coûts de suivi du service	TRI plus élevé mais à moduler selon la répartition effective des risques (contrat)

2.6.4. Structures porteuses de l'autorité organisatrice du service public de chaleur

Dans la plupart des cas, l'autorité organisatrice du service public de chaleur est la Ville ou la communauté d'agglomération elle-même. Toutefois, il peut arriver que la collectivité territoriale souhaite transférer cette compétence à une structure publique qui deviendra ainsi l'autorité organisatrice du service public de la chaleur.

Société Publique Locale (SPL)

Le montage juridique d'une société publique locale est le suivant :

- Sociétés créées par la loi n°2010-559 du 28 mai 2010 pour le développement des sociétés publiques locales (art. L.1531-1 et s. du CGCT)
- société commerciale pouvant être créée par des collectivités territoriales et leurs groupements (EPCI, syndicats mixtes fermés ou ouverts restreints, article L. 5111-1 du CGCT) dans le cadre des compétences qui leur sont attribuées par la loi
- les entités publiques à l'origine de la création de ces sociétés en détiennent la totalité du capital
- ces SPL sont compétentes « pour exploiter des services publics à caractère industriel ou commercial ou toutes autres activités d'intérêt général »
- ces sociétés exercent leurs activités exclusivement pour le compte de leurs actionnaires et sur le territoire des collectivités territoriales et des groupements de collectivités territoriales qui en sont membres
- ces SPL peuvent ensuite être sollicitées sans procédure préalable de mise en concurrence
- par exemple, pour la gestion d'un service public, les articles L.1411-1 et s. et R.1411-1 et s. du CGCT ne s'applique pas si elle est confié à une SPL sur laquelle l'autorité organisatrice exerce un contrôle comparable à celui qu'elle exerce sur ses propres services et qui réalise l'essentiel de ses activités pour elle ou, le cas échéant, les autres personnes publiques qui contrôlent la société, à condition que l'activité déléguée figure expressément dans les statuts de l'établissement ou de la société

Le montage organisationnel et financier d'une société publique locale est équivalent à celui d'une gestion :

- Création d'une structure *ad hoc* pour gérer l'investissement et l'exploitation
- Capital minimum : entre 30 et 50 000 euros + fonds de roulement minimum pour assurer les premières années (charges d'exploitation sans rentrées de chiffre d'affaires équivalentes).
- L'autorité organisatrice actionnaire supporte tous les risques.

Il s'agit de la solution retenue par le SIPPAREC et les communes de Grigny et Viry-Châtillon pour porter le projet d'interconnexion des réseaux sur ces deux communes, avec la création en 2014 de la SPL SEER (Société d'Exploitation des Énergies Renouvelables). Ainsi en décembre 2014, le SIPPAREC a attribué un contrat de concession sur 30 ans pour la réalisation et l'exploitation d'un réseau de chaleur géothermique sur les villes de Grigny et Viry-Châtillon à la SPL SEER.

Société d'Economie Mixte (SEM)

Contrairement au SPL, les SEM sont constituées non seulement d'actionnaires publics (majoritairement et dans la limite de 85%), mais aussi d'actionnaires privés (minimum 15%, 7 actionnaires minimum).

Une SEM peut assurer l'aménagement, la construction ou l'exploitation de services publics à caractère industriel ou commercial ou de toute autre activité d'intérêt général.

Compte tenu de la présence d'actionnaires privés, une SEM doit avoir été préalablement mise en concurrence lorsque lui est délégué un service public.

La SEMGEP se situe dans ce contexte pour porter la gestion du réseau d'Épinay-sous-Senart.

Syndicat Intercommunal

Il peut arriver que des villes se regroupent autour d'un syndicat intercommunal qui devient l'entité organisatrice du réseau de chaleur. Les villes auront au préalable transféré leur compétence « Réseau de chaleur » au Syndicat.

Cette solution a notamment été retenue par les villes de Massy et d'Antony qui ont transféré leurs compétences à la SIMACUR (Syndicat Intercommunal Massy-Antony pour le Chauffage Urbain).

2.6.5. Synthèse

D'un point de vue juridique, les réseaux de chaleur de l'Essonne se distinguent par la forte proportion de réseaux privés. Sur le territoire national, environ 30% des réseaux sont dans cette configuration, 70% étant publics, cette situation est inversée dans le département de l'Essonne avec seulement 6 réseaux publics sur 19. Cette situation devrait s'inverser dans les années qui viennent, en particulier pour ce qui concerne les réseaux de chaleur géothermiques ; les nouvelles installations de géothermie profonde représentant des investissements lourds à porter pour des sociétés privées non spécialisées.

De plus, l'exploitation de la géothermie profonde ne trouve son utilité que dans l'alimentation en chaleur de zones qui souvent dépassent les frontières d'un quartier (d'autant plus avec les baisses de consommation à venir liées à la rénovation thermique des bâtiments et aux nouvelles constructions)

Pour la création des nouveaux réseaux de chaleur sur le territoire de l'Essonne, aucun montage ne semble être privilégié :

- Le SIPPAREC et les communes de Grigny et Viry-Châtillon ont choisi la création d'une SPL
- Le réseau Camille Claudel est entièrement privé, de même que le réseau Val de Ris à Ris-Orangis
- Le réseau Clause Bois Badeau de Bretigny-sur-Orge et les réseaux de l'EPPS sont en régie à travers les contrats de CREM qui ont été passés pour leur création, les montages futurs restant à préciser.

3. CONCLUSION DE L'ETAT DES LIEUX

La géothermie profonde au Dogger, lancée dans les années 70 dans le bassin parisien, a d'abord été mise en œuvre par transposition de technologies pétrolières. Ces techniques, inadaptées à la chimie de l'eau extraite, ont petit-à-petit été transformées et améliorées pour devenir fiables aujourd'hui. L'aléa technologique lié à l'exploitation du Dogger a lui-aussi été réduit grâce à la mise en place d'un suivi rigoureux des installations.

L'étude sous-sol a permis de caractériser les différents aquifères présents au regard de l'Essonne. Deux des quatre aquifères étudiés, le Lusitanien et le Néocomien, ne sont pas assez documentés pour envisager une exploitation dans l'état actuel des connaissances. Pour les deux autres aquifères (Albien et Dogger), un potentiel intéressant existe dans la partie Nord du département, avec une potentialité décroissante entre le Nord-Est, où la ressource est excellente et le Nord-Ouest, où la ressource est bonne.

Les réseaux de chaleur géothermiques de l'Essonne créés au cours des années 80 bénéficient aujourd'hui d'indéniables avantages par rapport à des réseaux de chaleur utilisant des énergies fossiles et notamment :

- D'un point de vue énergétique : Ils permettent de raccorder en une seule opération plusieurs milliers de logements, dans un faible périmètre, en énergies renouvelables (en moyenne 3 500 équivalents-logements par réseau géothermique dans l'Essonne). De par une ressource importante et peu exploitée, cette énergie pourrait permettre aux réseaux de l'Essonne d'atteindre facilement un taux d'EnR&R supérieur à 50%
- D'un point de vue environnemental : Ils n'utilisent de l'énergie fossile que pour l'appoint, ce qui leur permet d'afficher un contenu en CO₂ très faible.
- D'un point de vue économique : Les réseaux géothermiques sont compétitifs par rapport aux autres technologies de production de chaleur de type collectif. Une faible utilisation des énergies d'appoint leur assure également un coût de la chaleur moins sensible aux hausses du prix des énergies fossiles.

Le département de l'Essonne dispose actuellement de 7 réseaux géothermiques sur les 24 existants mais des projets sont actuellement en cours de réalisation, traduisant le dynamisme de recours aux énergies renouvelables :

- Interconnexion Viry-Châtillon - Grigny : réseau de géothermie.
- Vigneux-sur-Seine et Ris-Orangis Plateau : renouvellement de la géothermie en cours (respectivement via un nouveau doublet et un triplet), avec perspectives d'interconnexion entre Vigneux-sur-Seine et le réseau de Batigère sur Montgeron/Draveil.
- EPPS – ZAC du Moulon et ZAC Polytechnique : réseaux de géothermie.
- Projet de mise en place d'une géothermie sur le réseau d'Evry-Courcouronnes

Le département possède de nombreuses potentialités pour développer de nouveaux réseaux à base géothermale, au vu de la faible exploitation des ressources par rapport à leur qualité.

Ce dynamisme de développement est en grande partie dû au contexte rendu favorable par les autorités publiques.

PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DE LA GEOOTHERMIE ET DES RESEAUX DE CHALEUR DANS L'ESSONNE

Les réseaux de chaleur et les ressources géothermiques du département étant maintenant bien connues, cette seconde partie du rapport s'attachera dans un premier temps à exposer le contexte de développement des projets qui nous intéressent en insistant sur les freins et incitateurs, pour ensuite cibler les zones à plus fort potentiel de développement de la géothermie (à travers des réseaux de chaleur) sur le département de l'Essonne.

1. CONTEXTE ADMINISTRATIF, ENVIRONNEMENTAL, REGLEMENTAIRE ET ECONOMIQUE

1.1. Grenelle de l'environnement

L'objectif final du Grenelle de l'Environnement est d'aboutir à une part de 23% d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale en France, de manière à se conformer aux obligations du Paquet Climat Energie 3x20 de l'Union Européenne qui vise à atteindre, d'ici 2020, sur le territoire de l'Union Européenne :

- 20% de CO₂ rejeté en moins ;
- 20% d'énergie renouvelables ;
- 20% de consommations en moins.

Dans ce cadre, chaque pays membre a été chargé de mettre en place un National Renewable Energy Action Plan détaillant les mesures prises en vue d'atteindre les objectifs fixés par l'Union Européenne. En France, cela a été transposé au travers des lois « Grenelle 1 » (3 août 2009) et « Grenelle 2 » (12 juillet 2010), qui présentent un certain nombre de mesures favorables au développement des réseaux de chaleur alimentés à plus de 50% en ENR&R.

1.1.1. Grenelle 1

Création d'un Fonds Chaleur renouvelable

Ce fonds chaleur renouvelable a été créé en novembre 2008 et sa gestion confiée à l'ADEME. Il vise principalement à encourager la production de chaleur renouvelable (bois-énergie, géothermie, solaire, biogaz) tout en garantissant un prix inférieur à celui de la chaleur produite à partir d'énergies conventionnelles pour le tertiaire, l'industrie et l'agriculture, ainsi qu'à améliorer et à diversifier les sources de chauffage dans l'habitat. Ce fonds a été doté d'un milliard d'euros pour 5 ans.

La géothermie profonde associée à un réseau de chaleur est naturellement une filière aidée par le Fonds Chaleur. L'objectif est d'atteindre une capacité de production de la géothermie sur aquifère profonds de 5 813 GWh/an d'ici 2020.

En Juillet 2014, la Ministre de l'Ecologie et du Développement Durable a annoncé sa volonté de doubler, sur trois ans du fonds chaleur qui permet à l'Ademe de contribuer au financement de projets de production et de distribution de chaleur issue de sources renouvelables (bois, biomasse, déchets, recyclage d'énergie...).

Réduction des consommations des bâtiments existants

Dans le cadre de la loi « Grenelle 1 », l'Etat a aussi fixé comme objectif la rénovation complète du parc social locatif, dont la rénovation prioritaire de 800 000 logements énergivores (consommations supérieures à 230 kWh/m²/an) d'ici 2020. Ces rénovations interviendront essentiellement dans le cadre de Plans de Rénovation Urbaine. L'objectif est de réduire d'au moins 40% les consommations d'énergie et d'au moins 50% les émissions de gaz à effet de serre de ces bâtiments. De plus, le Grenelle prévoit la rénovation de 400 000 logements par an à compter de 2013.

Reconnaissance de la spécificité des réseaux de chaleur alimentés en énergies renouvelables

« La production d'énergie renouvelable à partir d'un réseau de chaleur sera prise en compte dans l'ensemble des textes relatifs à la construction et à l'urbanisme, et en particulier dans la réglementation thermique des bâtiments et les labels de performance énergétique, au même titre que la production d'énergie renouvelable in situ. Une sous-station de réseau de chaleur alimentée à plus de 50 % à partir d'énergies renouvelables et de récupération est considérée comme un équipement de production d'énergie renouvelable. ».

Cette procédure est effective depuis l'application de la RT 2012 (§ 1.B).

Obligation de vérifier la faisabilité d'un réseau de chaleur pour tout nouvel aménagement

L'article 8 de la loi « Grenelle 1 » a modifié le Code de l'Urbanisme (article L128-4), de la manière suivante :

« Toute action ou opération d'aménagement et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. »

Dans les principes, les principales actions d'aménagement soumises à l'obligation d'étude EnR&R sont les suivantes :

- Zones d'aménagement concerté (ZAC), permis d'aménager et lotissements situés sur le territoire d'une commune dotée, à la date du dépôt de la demande, d'un PLU ou d'un document d'urbanisme en tenant lieu ou d'une carte communale n'ayant pas fait l'objet d'une évaluation environnementale permettant l'opération :
 - Etude d'impact obligatoire si l'opération crée une SHON supérieure à 40 000 m² ou dont le terrain d'assiette couvre une superficie supérieure à 10 ha.
 - Etude « au cas par cas » si l'opération n'est pas dans le cas précédent mais crée une SHON supérieure à 10 000 m² ou couvre un terrain d'assiette supérieur à 5 ha.
- Zones d'aménagement concerté, permis d'aménager et lotissements situés, à la date du dépôt de la demande, sur le territoire d'une commune dotée, à la date du dépôt de la demande, ni d'un PLU, ni d'un document d'urbanisme en tenant lieu ni d'une carte communale.
 - Etude d'impact obligatoire si l'opération crée une SHON supérieure à 40 000 m² ou dont le terrain d'assiette couvre une superficie supérieure à 10 ha.
 - Etude « au cas par cas » si l'opération n'est pas dans le cas précédent mais crée une SHON supérieure à 3 000 m² ou couvre un terrain d'assiette supérieur à 3 ha.

1.1.2. Grenelle 2

Possibilité de prolonger les DSP pour des investissements dans les énergies renouvelables

Le code général des collectivités locales a aussi été modifié afin de permettre les prolongations de délégation de services publics selon les modalités suivantes :

« Lorsque le délégataire est contraint, à la demande du délégant, de réaliser des investissements matériels non prévus au contrat initial de nature à modifier l'économie générale de la délégation et qui ne pourraient être amortis pendant la durée de la convention restant à courir que par une augmentation de prix manifestement excessive. Ces dispositions s'appliquent lorsque les investissements matériels sont motivés par :

- la bonne exécution du service public
- l'extension du champ géographique de la délégation

- *l'utilisation nouvelle ou accrue d'énergies renouvelables ou de récupération, si la durée de la convention restant à courir avant son terme est supérieure à trois ans. »*

Procédure de classement des réseaux de chaleur

En vue de favoriser les réseaux de chaleur, la procédure de classement des réseaux de chaleur a été simplifiée lors du vote de la loi « Grenelle 2 » le 3 mai 2010 (article 30-II). Dorénavant, une collectivité peut demander à :

« classer un réseau de distribution de chaleur et de froid existant ou à créer situé sur son territoire, lorsqu'il est alimenté à plus de 50 % par une énergie renouvelable ou de récupération, qu'un comptage des quantités d'énergie livrées par point de livraison est assuré, et que l'équilibre financier de l'opération pendant la période d'amortissement des installations est assuré au vu des besoins à satisfaire, de la pérennité de la ressource en énergie renouvelable ou de récupération, et compte tenu des conditions tarifaires prévisibles ».

Concrètement, après enquête publique de la collectivité, le classement est effectif pour une durée maximale de 30 ans, sous réserve de maintenir la proportion d'énergies renouvelables supérieure à 50%. Ainsi, dans les zones considérées en développement prioritaire :

« toute installation d'un bâtiment neuf ou faisant l'objet de travaux de rénovation importants, qu'il s'agisse d'installations industrielles ou d'installations de chauffage de locaux, de climatisation ou de production d'eau chaude excédant un niveau de puissance de trente kilowatts, doit être raccordée au réseau concerné ».

Toutefois, la collectivité peut apporter une dérogation à cette obligation dans le cas nouvelles installations utilisant des énergies renouvelables ou si le raccordement au réseau ne peut se faire dans des conditions économiques satisfaisantes.

Ajout du Diagnostic de Performance Energétique (DPE) aux contrats de location

Les DPE sont maintenant intégrés aux contrats de location, ils sont dans un second temps transmis à l'ADEME et mentionné dans les annonces immobilières. Ils calculeront les émissions de GES et intégreront un état des risques naturels et technologiques associé au bâtiment. Ils seront obligatoires pour tous les bâtiments à chauffage ou climatisation collectifs. Ces DPE pourront désormais être effectués par un salarié de la collectivité publique et seront réalisés sous un délai de 5 ans. Pour les immeubles avec un nombre de lots supérieur à 50, le DPE sera remplacé par un audit énergétique.

Obligation de travaux et établissement d'un bail vert dans les bâtiments tertiaires

D'ici fin 2020, des travaux d'amélioration de la performance énergétique vont être effectués sur les bâtiments tertiaires (publics ou privés). De plus, les baux conclus ou renouvelés portant sur des locaux de plus de 2 000 m² à usages commerciaux ou de bureaux comporteront désormais une annexe environnementale.

Définition de la précarité énergétique et élargissement du dispositif des CEE

« Est en situation de précarité énergétique une personne qui éprouve dans son logement, des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires, en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat. »

En outre, une part des économies d'énergie réalisées dans le cadre des CEE doit être réalisée au bénéfice des ménages en situation de précarité énergétique.

1.1.3. Réalisations

Fonds Chaleur

Sur la période 2009-2013, le Ministère du Développement Durable dresse le bilan suivant du fonds chaleur (cf. Figure 73). Ce bilan concerne les opérations d'investissements aidées par le fonds chaleur sur l'ensemble de la période, y compris celles abandonnées :

Chiffres clés	Nombre de projets	Montant des investissements éligibles (M€)	Aide ADEME (M€)	tep ENR/an	Aide ADEME en €/tep (20 ans)
Bois BCIAT 2009-2013	126	669	260	659 158	19,7
Aides régionales 2009-2013					
Bois hors BCIAT	539	1023	253	426 396	29,7
Géothermie	296	327,7	75	78 014	48
Biogaz	16	19	3,8	17 358	10,9
Solaire	1395	134	64	5 842	552
Réseaux de chaleur	531	1278,7	406	175 733	
Installation de récupération de chaleur fatale	8	18,1	5,3	0	
Total	2911	3470	1067	1362501	39

Figure 73. Bilan du fonds chaleur sur la période 2009-2013. Source : Ministère du Développement Durable.

La géothermie et les réseaux de chaleur ont fait l'objet en 4 ans de 827 projets, représentant un montant de subvention de 481 millions d'euros. Les opérations éligibles sont :

- La mise en œuvre d'une réinjection en aquifère sur une opération existante ;
- La réalisation d'un doublet (ou autres configurations spécifiques comme un triplet) et la création d'un réseau de chaleur associé ;
- La réalisation d'un doublet (ou autres configurations spécifiques comme un triplet) et l'adaptation d'un réseau de chaleur associé ;
- La création ou l'extension minimum de 200ml d'un réseau (production & distribution), alimentés globalement à plus de 50% d'EnR&R (dans le cas d'une extension, celle-ci doit permettre de valoriser au moins 25tep/an d'EnR&R) et de densité linéique supérieur à 1.5MWh/ml.an ;
- L'extension d'un réseau existant, à partir d'une certaine longueur de réseau supplémentaire.
- La densification d'un réseau existant. Le raccordement de bâtiment à proximité des réseaux pourrait entraîner une TVA réduite sur les factures des consommateurs, ainsi que la génération de CEE.
- la réalisation d'un doublet (ou autre configuration spécifique (triplet ...)) sur un aquifère profond peu connu avec (ou sans) création d'un réseau de chaleur associé et/ou avec (ou sans) la mise en place d'une pompe à chaleur.
- la transformation d'un ancien puits pétrolier pour une valorisation thermique de l'eau chaude produite avec (ou sans) la mise en place d'une pompe à chaleur.

Les aides envisageables d'après les conditions 2015 du Fonds chaleur sont récapitulées dans les tableaux suivants, fournis par l'ADEME, et décomposés en deux parties, la première reprenant les aides pour les réseaux, la deuxième reprenant les aides pour la géothermie. Dans le cas d'un réseau

géothermique, les deux types d'aides sont cumulables. Les fiches synthétiques sont disponibles sur le site de l'ADEME¹¹.

Type de réseau	Diamètre Nominal du réseau	Plafond assiette: €/ml de tranchée	Taux d'aide maxi 60% Aide Maxi €/ml
Haute pression (vapeur, eau surchauffée)	Tous DN	1 800	1080
Basse pression (eau chaude)	DN 300 et plus	900	540
	DN 150 à DN 250	710	426
	DN 80 à DN125	520	312
	DN 65 et moins	450	270

Tableau 11. Aides à la création ou extension, > 500 tep/an, d'un réseau. Source : ADEME.

Type de réseau	Diamètre Nominal du réseau	Aide Forfaitaire €/ml
Basse pression (eau chaude)	DN 80 à DN125	312
	DN 65 et moins	270

Tableau 12. Aides à la création ou l'extension, <500 tep/an, d'un réseau. Source : ADEME.

Technologie	Plafond d'aide €/tep EnR (20ans)
Géothermie profonde sans recours à une pompe à chaleur	80
Géothermie profonde avec recours à une pompe à chaleur	165

Tableau 13. Aides à la mise en place d'une géothermie profonde. Source : ADEME.

Rénovation énergétique du bâti

Les volets rénovations énergétiques ont été mis en place au travers de l'Agence Nationale de Rénovation Urbaine, chargée d'assurer la mise en œuvre et le financement des programmes de rénovation urbaine.

Cette agence a mis en place plusieurs programmes de rénovation :

- Programme National de rénovation Urbaine (PNRU), sur la période 2004 – 2014, concernant 490 quartiers, pour lequel 12,350 milliards d'euros ont été distribués en subventions ;
- Programme National de Requalification des Quartiers Anciens Dégradés (PNRQAD) sur la période 2010-2016, concernant 400 quartiers (200 d'intérêt national et 200 d'intérêt régional) avec 5 milliards d'euros de subventions ;
- Nouveau Programme National de rénovation Urbaine (NPNRU), sur la période 2014-2024, concernant 25 quartiers supplémentaires pour 380 millions d'euros de subventions.

¹¹ <http://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-reseaux-stockage/passer-a-l'action/produire-chaleur/fonds-chaleur-bref>

Dans le département de l'Essonne, et sur le périmètre d'étude, ces différents plans se traduisent par la mise en place des conventions suivantes, consultables sur le site de l'ANRU.

Commune	Quartier	Programme	Date de signature
Athis-Mons	Noyer Renard	PNRU	2006
Corbeil-Essonnes	Les Tarterêts	PNRU/NPNRU	2004 / Annoncé
Corbeil-Essonnes	Montconseil – La Nacelle	PNRU	2007
Courcouronnes	Le Canal	PNRU	2009
Draveil	Danton	PNRU	2006
Epinau-sous-Sénart	Les Cinéastes – La Plaine	PNRU/NPNRU	2008 / Annoncé
Evry	Les Pyramides	PNRU	2006
Grigny	Grigny II	PNRU/NPNRU	2007 / Annoncé
Grigny – Viry-Châtillon	La Grande Borne	PNRU/NPNRU	2007 / Annoncé
Les Ulis	Quartier Ouest	PNRU	2006
Massy-Antony	Opéra Grand Ensembles	PNRU	2008
Montgeron – Vigneux-sur-Seine	Prairie de l'Oly	PNRU	2005
S ^{te} Geneviève-des-Bois	Les Aunettes	PNRU	2005
Vigneux-sur-Seine	Croix Blanche	PNRU	2008
Viry-Châtillon	Les Coteaux	PNRU	2007
Juvisy-sur-Orge	Quartier Pasteur	PNRQAD	2012
Brunoy	Les Hautes Mardelles	NPNRU	Annoncé
Evry	Les Pyramides / Miroir / Bois Sauvage	NPNRU	Annoncé
Evry	Parc aux Lièvres	NPNRU	Annoncé
Savigny-sur-Orge	Grand Vaux	NPNRU	Annoncé

Les quartiers NPNRU ont été annoncés via un dossier de presse en date du 16 Décembre 2014. Les conventions n'ont, à la rédaction de ce rapport, pas encore été signées.

1.2. Réglementation Thermique 2012 (RT2012)

1.2.1. Présentation

Depuis la mise en place de la première réglementation thermique en 1974, la consommation énergétique des constructions neuves a été divisée par 2. Il est prévu avec la RT 2012 de diviser à nouveau par 3 ces consommations (relativement cette fois-ci à la RT 2005). La consommation de 50 kWh_{ep}/(m².an), valeur moyenne du label BBC, deviendra dorénavant la référence dans les constructions neuves. Il est de même attendu à ce que les BEPOS deviennent la nouvelle référence pour l'année 2020 (Cf. Figure 74).

La RT2005 imposait que la consommation conventionnelle en énergie primaire soit inférieure à la consommation conventionnelle de référence. Désormais cette nouvelle réglementation vise à fixer les objectifs de performance du projet, ainsi toute nouvelle bâtisse devra respecter une valeur de consommation d'énergie primaire comprenant le chauffage, le refroidissement, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage ainsi que les auxiliaires.

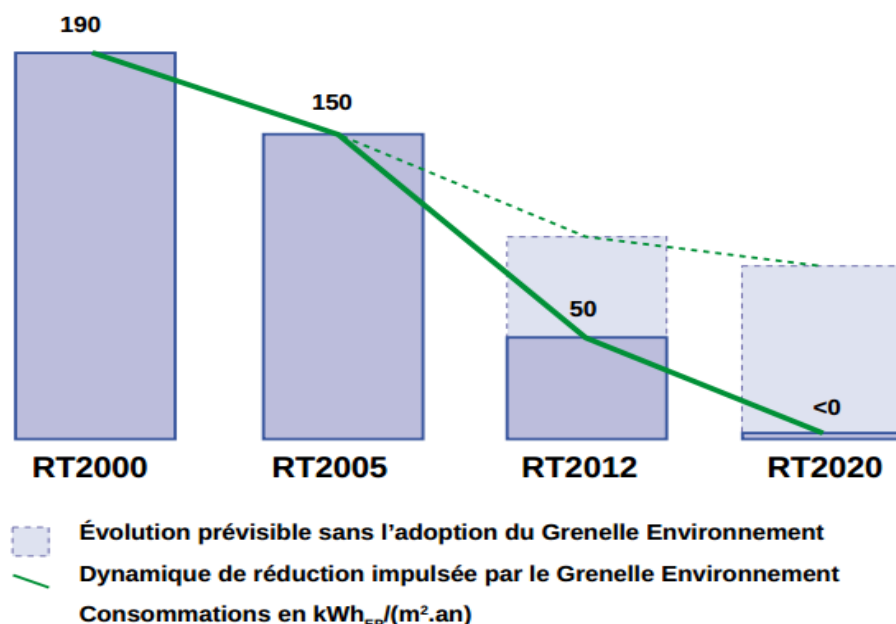


Figure 74. Evolution des réglementations thermiques depuis la RT 2000 avec les perspectives à l'horizon 2020

1.2.2. Les 3 indicateurs de performance de la RT2012

L'indice B_{bio}

L'indice B_{bio} est une innovation de la RT 2012, il permet d'évaluer l'impact de la conception bioclimatique sur la performance énergétique du bâtiment. Cette indice reflète entre autres le niveau de conception qualitatif concernant l'optimisation de différents paramètres telles que l'orientation, les apports solaires, l'éclairage naturel, l'isolation, l'inertie thermique ou encore la mitoyenneté.

Il est alors nécessaire d'avoir :

$$B_{bio_{bâtiment}} \leq B_{bio_{max}}$$

Le $B_{bio_{max}}$ se définit de la manière suivante :

$$B_{bio_{max}} = B_{bio_{max\ moyen}} \times (M_{BGéo} + M_{BAlt} + M_{BSurf})$$

Avec :

- $B_{bio_{max\ moyen}}$: Valeur moyenne du $B_{bio_{max}}$ définie par le type d'occupation du bâtiment ou de la partie de bâtiment et par catégorie CE₁/CE₂¹².
- $M_{BGéo}$: Coefficient de modulation selon la localisation géographique.
- M_{BAlt} : Coefficient de modulation selon l'altitude.
- M_{BSurf} : Pour des maisons accolées ou individuelles, coefficient de modulation selon la surface moyenne des logements du bâtiment ou de la partie concernée du bâtiment.

L'indice T_{ic}

L'indice T_{ic} caractérise la température intérieure conventionnelle, il correspond selon l'article 7 de l'arrêté du 26 octobre 2010 à la « valeur maximale horaire en période d'occupation de la température opérative ». Cela correspond à la température la plus chaude atteinte dans les locaux au cours d'une séquence de cinq jours très chauds en été. On doit avoir :

¹² Certains bâtiments proches de zones de bruit (aéroports, voies rapides) nécessitent des systèmes actifs de refroidissement afin d'assurer un bon confort thermique d'été les fenêtres fermées. Ces bâtiments sont alors catégorisés CE₂. Tous les autres sont classés CE₁.

$$T_{iC_{bâtiment}} T_{iC_{ref}}$$

Des catégories de bâtiments dans lesquels il est possible d'avoir un bon confort en été sans recourir à un système actif de refroidissement dépendent du type d'occupation et de la localisation.

L'indice C_{ep}

L'indice C_{ep} caractérise la consommation d'énergie primaire. La réglementation impose, comme pour les deux indices précédant une valeur de référence à ne pas dépasser, ainsi :

$$C_{ep_{bâtiment}} \leq C_{ep_{max}}$$

Le $C_{ep_{max}}$ se définit de la manière suivante :

$$C_{ep_{max}} = 50 \times M_{C_{Type}} \times (M_{C_{Géo}} + M_{C_{Alt}} + M_{C_{Surf}} + M_{C_{GES}})$$

Avec :

- $C_{ep_{max}}$: Consommation conventionnelle maximum d'énergie primaire
- $M_{C_{Type}}$: Coefficient de modulation selon la localisation géographique
- $M_{C_{Géo}}$: Coefficient de modulation selon la localisation géographique.
- $M_{C_{Alt}}$: Coefficient de modulation selon l'altitude
- $M_{C_{Surf}}$: Pour des maisons accolées ou individuelles, coefficient de modulation selon la surface moyenne des logements du bâtiment ou de la partie concernée du bâtiment
- $M_{C_{GES}}$: Coefficient de modulation selon les émissions de GES des énergies utilisées, pour le bois-énergie et les réseaux de chaleur et de froid faiblement émetteur de CO₂.

Le $C_{ep_{max}}$ de base est de 50 kWh/(m².an), toutefois, les réseaux de chaleur avec de faibles émissions de CO₂ pourront bénéficier d'une certaine modulation selon les critères suivants :

- + 30% pour les réseaux dont le contenu CO₂ est inférieur ou égal à 50 g_{CO2}/kWh_{livré}
- + 20% pour les réseaux dont le contenu CO₂ est supérieur à 50 g_{CO2}/kWh_{livré} et inférieur ou égal à 100 g_{CO2}/kWh_{livré}
- + 10% pour les réseaux dont le contenu CO₂ est supérieur à 100 g_{CO2}/kWh_{livré} et inférieur ou égal à 150 g_{CO2}/kWh_{livré}

La RT 2012 préconise ainsi la solution d'être raccordé à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50% par une EnR&R et aussi d'autres telles que :

- Produire de l'ECS à partir de panneaux solaires thermiques
- Démontrer que la contribution aux EnR&R dans le bâtiment est supérieure ou égale à 5 kWh/(m².an).

La modulation du coefficient du $C_{ep_{max}}$ pour les réseaux de chaleur peu émissifs s'inscrit dans une logique à double objectif ; sobriété énergétique et réduction des émissions. Elle peut donc permettre à des bâtiments de consommer plus à conditions que cela n'empêche pas, d'autre part, de réduire les émissions de GES. Cette réflexion nous propulse petit-à-petit vers une indépendance énergétique face à la raréfaction des énergies fossiles et nucléaires.

1.3. Collectivités territoriales

1.3.1. Evolution des collectivités territoriales

La loi de Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d'Affirmation des Métropoles du 27 janvier 2014, dite « loi MAPTAM », vise à clarifier les compétences des collectivités territoriales en réorganisant le régime juridique des intercommunalités françaises, et en particulier en définissant les plus intégrées, les métropoles.

En Ile-de-France, cette loi se traduit par :

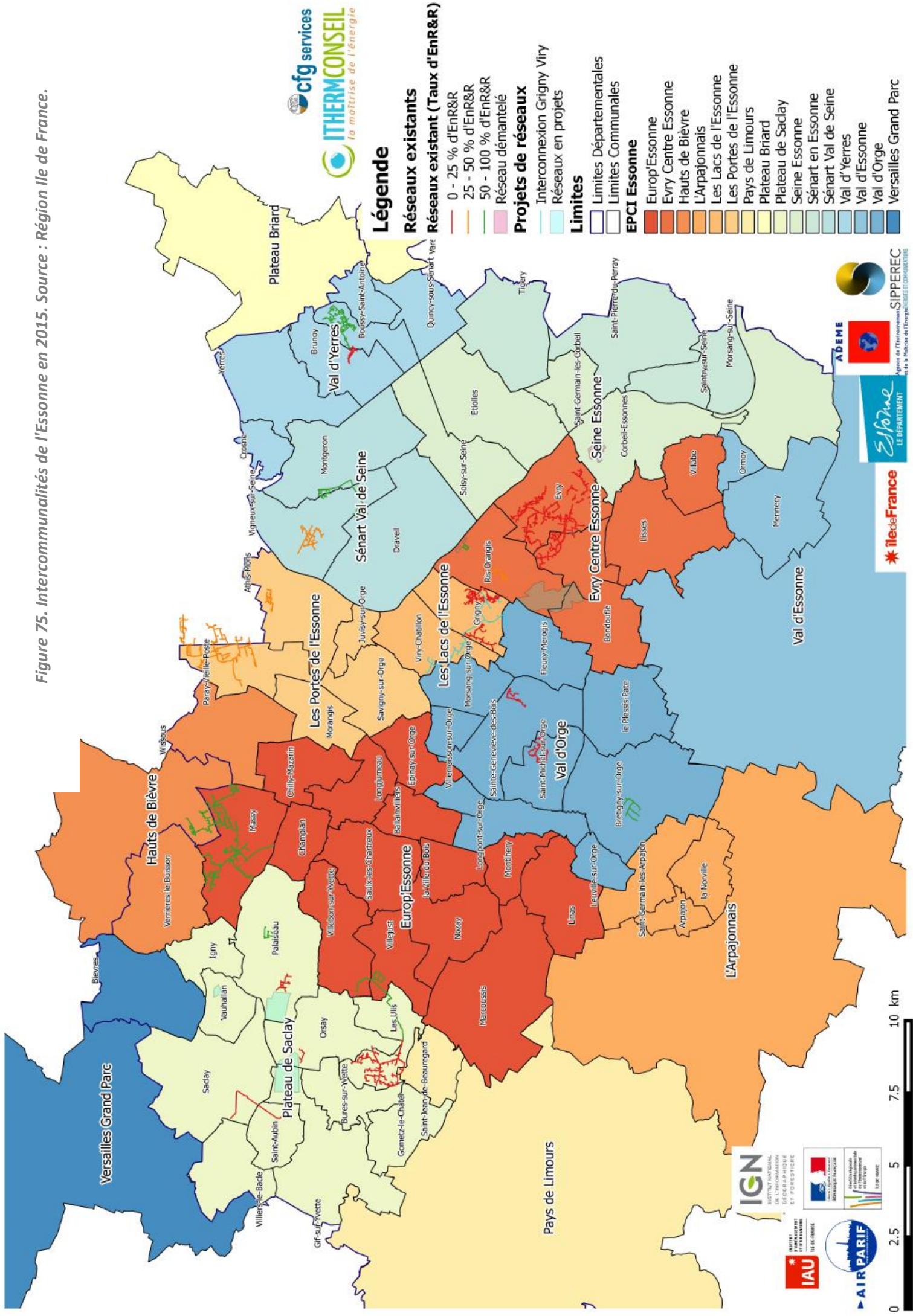
- La création de Paris Métropole, territoire englobant la ville de Paris, les départements de petite couronne et, de manière optionnelle, la frange de communes situées en bordure de petite couronne (soit en Essonne les communes limitrophes des départements 92 et 94) ;
- L'intégration de toutes les autres communes d'Île-de-France dans des établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) à fiscalité propre, d'une population minimale de 200 000 habitants, si le siège de l'intercommunalité actuelle se situe dans l'unité urbaine de Paris.

Cette loi concerne l'ensemble du périmètre défini pour cette étude, avec la réorganisation de l'ensemble des collectivités. La Figure 76 reprend les contours provisoires de ces futurs EPCI.

1.3.2. Compétences

La loi n°80-531 du 15 juillet 1980 relative aux économies d'énergie et à l'utilisation de la chaleur donne cette compétence de manière optionnelle aux collectivités territoriales ou groupements de collectivités territoriales pour gérer le service public selon les dispositions du Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT). La collectivité territoriale, soit la commune, dispose de cette prérogative qu'elle transfère assez souvent à un syndicat, à la communauté de commune, ou à la communauté d'agglomération. Les communautés d'agglomération actuelles de l'Essonne sont reprises à la Figure 75.

Figure 75. Intercommunalités de l'Essonne en 2015. Source : Région Ile de France.



IAU INSTITUT D'AMÉNAGEMENT ET D'URBANISME DE LA SEINE-MAINE-LOIRE

AIR PARIF Agence de l'air de la région Île-de-France

IGN Institut National de l'Information Géographique et Forestière

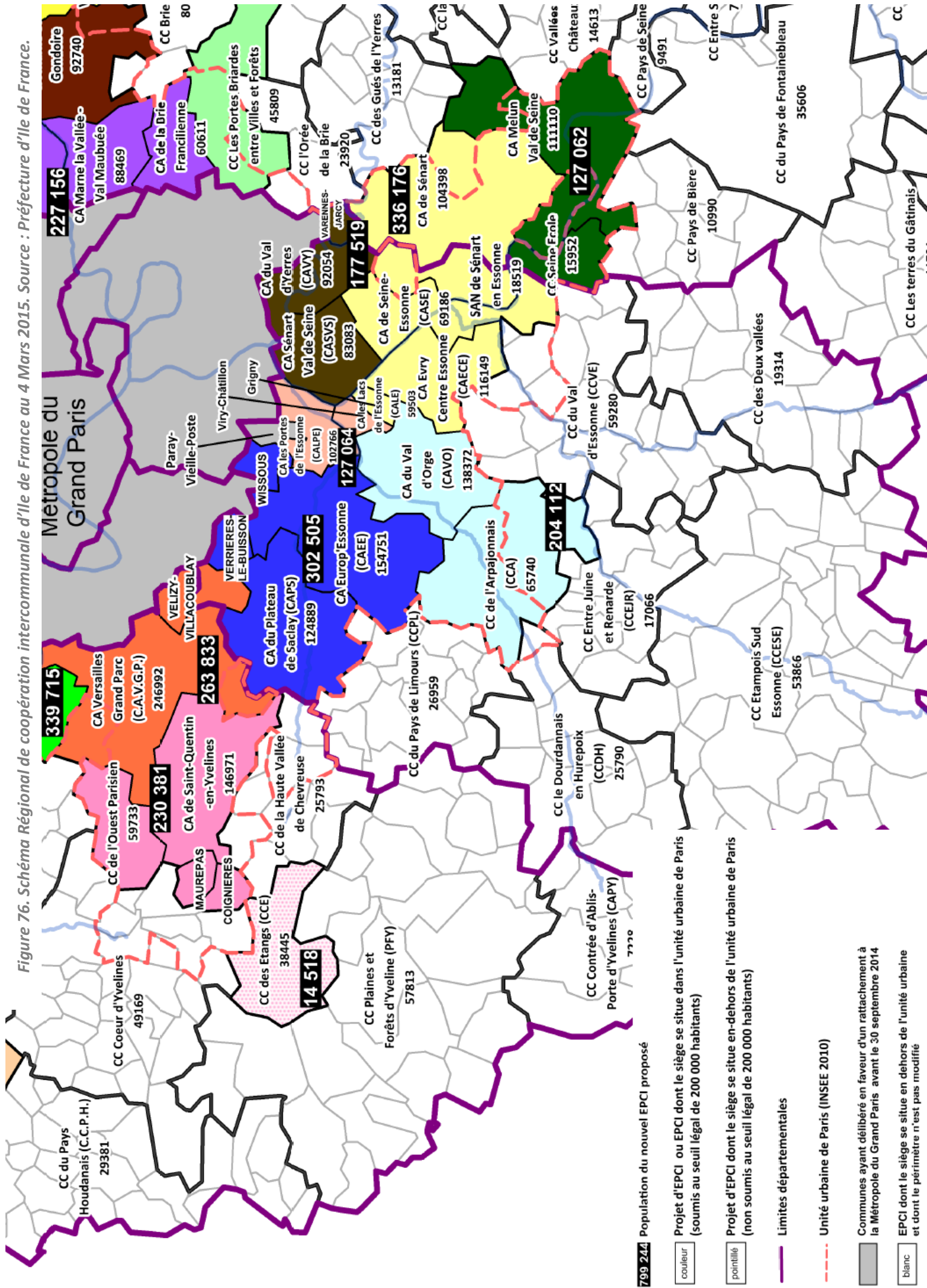
ADEME Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

SIPPEREC Société Industrielle de Production d'Énergie de la Région de Paris

iledeFrance LE DÉPARTEMENT



Figure 76. Schéma Régional de coopération intercommunale d'Ile de France au 4 Mars 2015. Source : Préfecture d'Ile de France.



Métropole du Grand Paris

CC du Pays Houdanais (C.C.P.H.) 29381
 CC Coeur d'Yvelines 49169
 CC de l'Ouest Parisien 59733
 MAUREPAS
 COIGNIERES
 CC des Etangs (CCE) 38445
 14 518
 CC Plaines et Forêts d'Yveline (PFY) 57813
 CC le Dourdannais en Hurepoix (CCDH) 25790
 CC le Dourdannais 25790
 CC Entre Juine et Renarde (CCEIR) 17066
 CC Etampois Sud Essonne (CCESE) 53866
 CC de l'Arpajonnais (CCA) 65740
 CC du Pays de Limours (CCPL) 26959
 CA du Plateau de Saclay (CAPS) 124889
 302 505
 CA Europ'Essonne (CAEE) 154751
 CA de la Haute Vallée de Chevreuse 25793
 MAUREPAS
 COIGNIERES
 CC de Saint-Quentin-en-Yvelines 146971
 230 381
 CA de Saint-Quentin-en-Yvelines
 MAUREPAS
 COIGNIERES
 CC de l'Ouest Parisien 59733
 263 833
 VILLACOUBLAY
 VERRIERES-LE-BUISSON
 WISSOUS
 CA les Portes de l'Essonne (CALPE) 102766
 127 064
 CA du Val d'Orge (CAVO) 138372
 CA de l'Orée de la Brie 23920
 VARENNES-JARCY
 177 519
 CA de Seine-Essonne (CASE) 59503
 CA Evry (CAECE) 116149
 Centre Essonne 69186
 SAN de Sénart en Essonne 18519
 CC Seine-Frôles 15952
 204 112
 CC du Val d'Essonne (CCVE) 59280
 CC des Deux vallées 19314
 CC du Pays de Fontainebleau 35606
 CC Les terres du Gâtinais
 CC Entre S 7
 CC Pays de Bière 10990
 CC Vallées Château 14613
 CC Pays de Seine 9491
 CC des Gués de l'Yerres 13181
 CC la Vallée 104398
 CA de Sénart
 336 176
 CA Melun Val de Seine 311110
 127 062
 CA de la Drie Francilienne 60611
 CC Les Portes Briardes entre Villes et Forêts 45809
 Val Maubuée 88469
 CAMarne la Vallée 92740
 227 156
 Gondaire 92740
 CC Briè 80

1.4. Aménagement prospectif du territoire

1.4.1. Schéma Régional Climat, Air et Energie (SRCAE) de l'Île-de-France

Le SRCAE a été instauré par les Grenelles I & II et vise à définir les orientations à suivre dans chaque région en termes de protection de l'environnement (maîtrise de l'efficacité énergétique, lutte contre la pollution atmosphérique, développement des énergies renouvelables...).

Le SRCAE prend en considération différents documents de planification nationaux ou territoriaux en lien avec l'air, le climat et l'énergie déjà en place.

En Ile de France, le SRCAE s'articule de la manière suivante :

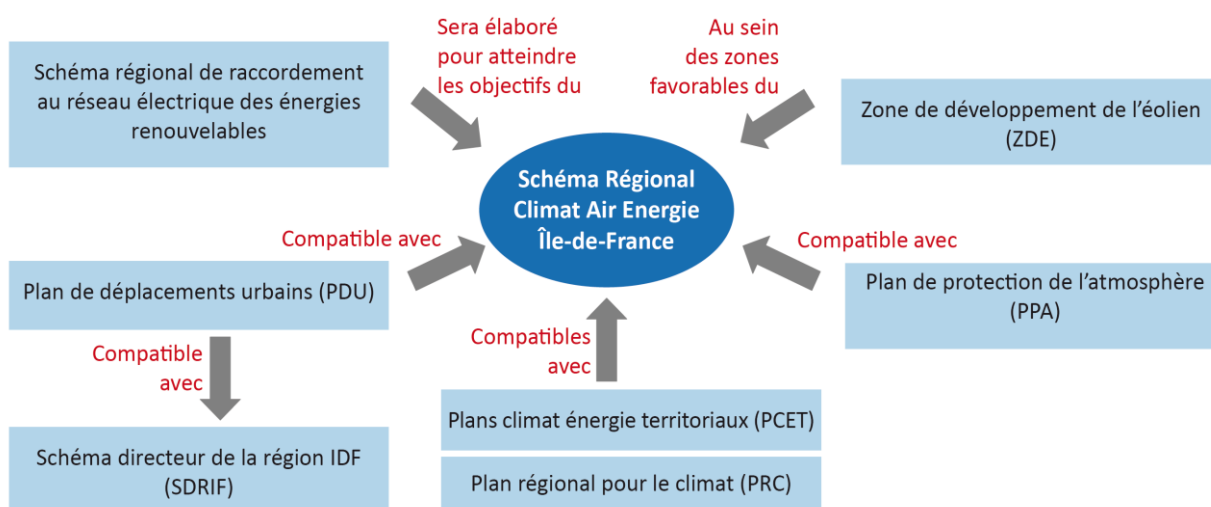


Figure 77. SRCAE et documents de planification régionaux. Source : SRCAE IdF.

Le SRCAE de l'Île-de-France définit ainsi trois grandes priorités régionales pour 2020 :

- Le renforcement de l'efficacité énergétique des bâtiments avec un objectif de doublement du rythme des réhabilitations dans le tertiaire et de triplement dans le résidentiel,
- Le développement du chauffage urbain alimenté par des énergies renouvelables et de récupération, avec un objectif d'augmentation de 40 % du nombre d'équivalents logements raccordés,
- 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).

Le SRCAE contient des objectifs chiffrés spécifiques à chaque secteur pour atteindre les objectifs du Paquet Climat Energie 3x20 et positionner la région dans une dynamique d'atteinte du Facteur 4, défini comme la division par 4 des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 par rapport à 1990. Les principaux objectifs chiffrés du SRCAE à 2020 dans différents secteurs sont listés ci-dessous.

Ces objectifs chiffrés sont ensuite déclinés par secteurs avec définition des principales orientations à retenir. Les secteurs du Bâtiment et des Energies Renouvelables et de Récupération concentrent les principaux objectifs et orientations retenus pour les réseaux de chaleur.

Secteur du Bâtiment

L'objectif du SRCAE est d'encourager, avant même la réalisation de travaux lourds, la sobriété énergétique dans les bâtiments et de garantir la pérennité de leurs performances thermiques. Ainsi, l'amélioration des comportements par l'adoption de gestes simples et la bonne exploitation des

bâtiments constituent des leviers fiables et faciles à mobiliser pour réduire sensiblement les consommations énergétiques de ce secteur.

La rénovation thermique des bâtiments existants est considérée par le SCRAE comme incontournable afin d'atteindre les objectifs aux horizons 2020 et 2050 en matière de réduction de la consommation d'énergie et de gaz à effet de serre. Les logements anciens, principalement ceux construits avant 1975 (date de la première réglementation thermique), sont particulièrement énergivores et sont ceux qui possèdent les potentiels de réduction des consommations énergétiques les plus importants grâce à l'isolation extérieure ou intérieure.

Le remplacement des équipements énergétiques constitue un autre levier essentiel pour la réduction des consommations énergétiques et donc des émissions de gaz à effet de serre grâce à l'amélioration des rendements des appareils et à la substitution énergétique. Ceci permet de remplacer des énergies fortement émettrices par d'autres énergies qui le sont moins (du fioul par du gaz par exemple, ou, mieux encore, par les énergies renouvelables). L'objectif à l'horizon 2020 sera une disparition progressive du fioul, du GPL et du charbon.

Le développement du chauffage urbain est l'enjeu prioritaire et stratégique pour permettre une valorisation à grande échelle des énergies renouvelables et de récupération sur les territoires (géothermie, biomasse, UIOM notamment). Le SRCAE vise une augmentation de 40 % d'équivalents logements raccordés aux réseaux de chaleur (passage de 1,1 million à 1,55 million d'équivalents logements).

Les objectifs retenus dans le SRCAE pour les bâtiments sont de réduire de 17 % les consommations énergétiques du secteur d'ici 2020, et de 50 % à horizon 2050. Cela permet d'aller, pour ce secteur, plus loin que l'objectif du Facteur 4, à travers les objectifs chiffrés suivant :

- Améliorer la qualité des rénovations pour atteindre 25 % de réhabilitations de type BBC ;
- Réhabiliter 125 000 logements par an soit une multiplication par 3 du rythme actuel ;
- Réhabiliter 7 millions de mètres carré de surfaces tertiaires par an soit une multiplication par 2 du rythme actuel ;
- Raccorder 450 000 logements supplémentaires au chauffage urbain (soit + 40 % par rapport à aujourd'hui) ;
- Réduire progressivement le fioul, le GPL et le charbon pour les énergies de chauffage avec une mise en place de solutions alternatives performantes ;
- Réduire de 5 % les consommations énergétiques par des comportements plus sobres.

N°	OBJECTIFS	N°	ORIENTATIONS
BAT 1	Encourager la sobriété énergétique dans les bâtiments et garantir la pérennité des performances	BAT 1.1	Développer la sensibilisation et l'information des utilisateurs à la sobriété énergétique
		BAT 1.2	Optimiser la gestion énergétique des systèmes et des bâtiments via une maintenance adaptée et des mesures de suivi
		BAT 1.3	Permettre une meilleure rationalisation de l'usage des bâtiments pour réduire les surfaces à chauffer
BAT 2	Améliorer l'efficacité énergétique de l'enveloppe des bâtiments et des systèmes énergétiques	BAT 2.1	Améliorer et accentuer le conseil afin de promouvoir des travaux ambitieux de réhabilitation de l'enveloppe des bâtiments et les systèmes énergétiques les plus efficaces
		BAT 2.2	Permettre aux professionnels d'améliorer leurs pratiques et évaluer la qualité de mise en œuvre des travaux
		BAT 2.3	Mobiliser les outils financiers existants et développer des approches innovantes de financement
		BAT 2.4	Orienter, permettre et valoriser des opérations exemplaires et reproductibles
		BAT 2.5	Diminuer les consommations d' « énergie grise » des matériaux utilisés dans le bâtiment

Figure 78. Synthèse des objectifs et orientations retenus dans le cadre du SCRAE -secteur Bâtiment

Secteur des EnR&R

L'objectif prioritaire et stratégique du SRCAE, pour permettre une valorisation à grande échelle des EnR&R sur les territoires, passe par le développement du chauffage urbain. Deux directions parallèles doivent être suivies à cet effet :

- D'une part, des orientations visent à stimuler et à renforcer le développement des réseaux de chaleur par densification, extension de réseaux existants ou création de nouveaux réseaux. Les collectivités territoriales, qui ont la compétence en ce qui concerne la distribution de chaleur, ont un rôle fondamental à jouer en la matière.
- D'autre part, il convient d'assurer l'essor des différentes filières pouvant être valorisées par les réseaux de chaleur (énergies de récupération, géothermie, biomasse).

Les potentiels d'EnR&R mobilisables à l'horizon 2020 permettent de multiplier par deux la production actuelle. En considérant les efforts conjugués sur l'efficacité énergétique, cela permettrait de couvrir 11 % de la consommation en 2020. Cette valeur n'atteint pas l'objectif national de 23 %, il n'en demeure pas moins ambitieux pour chaque filière au regard des caractéristiques du territoire francilien. Celles-ci limitent, en effet, le développement de certaines énergies renouvelables comme l'hydraulique ou l'éolien par rapport à d'autres régions. Les objectifs chiffrés sont les suivants :

- Augmenter de 30 % à 50 % la part de la chaleur distribuée par les réseaux de chaleur à partir d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) : Usine d'incinération d'ordures ménagères, géothermie, biomasse...,
- Augmenter la production par pompes à chaleur de 50 %,
- Multiplier par 7 la production de biogaz valorisé sous forme de chaleur, d'électricité ou par injection directe sur le réseau gaz de ville,
- Installer 100 à 180 éoliennes,
- Equiper 10 % des logements existants en solaire thermique,
- Passer de 15 à 520 MW_e pour le solaire photovoltaïque,
- Stabiliser les consommations de bois individuelles avec des équipements plus performants,

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

Figure 79. Synthèse des objectifs et orientations retenus dans le cadre du SCRAE pour le secteur des Energies Renouvelables et de Récupération

Au travers des différents secteurs évoqués ci-dessus, le SCRAE définit clairement comme enjeu prioritaire et stratégique, le développement des réseaux de chaleur afin de respecter les engagements de la France sur les plans international (Protocole de Kyoto) et européen (Paquet Climat/Energie).

1.4.2. Plan-Climat du département de l'Essonne

Le Conseil Général de l'Essonne a adopté un Plan Climat Energie Territorial (PCET) en juin 2010, anticipant de plus de 2 ans l'exigence du Grenelle pour les collectivités de plus de 50 000 habitants de se doter de cet outil avant fin 2012. Plusieurs actions du plan climat ont été financées par la Commission Européenne, grâce à une subvention du programme Life+ permettant une animation et une appropriation par l'ensemble des acteurs du territoire essonnien

L'objectif du projet CLIMATE est de -25 % d'ici à 2020. Par cet objectif, le Département se place ainsi dans une dynamique volontariste de réduction des gaz à effet de serre, au-delà de ses compétences obligatoires. Afin d'atteindre cet objectif, le Conseil Départemental, à travers son rôle d'impulseur, fédère autour de lui tous les acteurs du territoire engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique : collectivités locales, associations, entreprises, et population.

Le projet CLIMATE se décline autour de 5 thématiques majeures :

- Développer les éco-activités en Essonne, notamment autour du bâtiment durable, des énergies innovantes, de la qualité de l'air et du climat ;
- Favoriser l'utilisation des techniques de l'habitat durable en encourageant la construction et la rénovation selon des méthodes respectueuses de l'environnement ;
- Informer les citoyens sur les modes de déplacements alternatifs à la voiture individuelle à travers une centrale de mobilité. Les déplacements sont la première source d'émission de GES en Essonne (43 %) ;
- Lutter contre la précarité énergétique à travers des actions permettant une meilleure efficacité énergétique des logements sociaux et un changement des pratiques chez les habitants ;
- Réduire les émissions internes de gaz à effet de serre en étudiant l'impact énergétique des activités du Conseil Général.

Le PCET actuel arrivant à échéance, le Conseil Départemental est en train de consulter ses différents partenaires en vue d'élaborer un nouveau PCET qui s'appliquera sur la période 2015-2020. Ce PCET inclura des mesures incitatives en vue du développement des réseaux de chaleur urbain.

Cependant, les projets de loi NOTRe et Transition énergétique actuellement en débat envisagent la suppression de l'obligation pour les Conseil Départementaux de rédiger un Plan Climat Air Energie, soumettant par contre les EPCI et les métropoles à cette obligation.

1.4.3. Opération d'Intérêt National (OIN)

Une Opération d'Intérêt National (OIN) est, une opération d'urbanisme à laquelle s'applique un régime juridique particulier en raison de son intérêt majeur. L'État conserve dans ces zones la maîtrise de la politique d'urbanisme. Le département de l'Essonne est concerné par deux Opérations d'Intérêt National (cf. Figure 81) qui ont été lancées par l'Etat, à savoir Paris-Saclay, cluster scientifique et Sénart, Logistique et Eco-Innovation.

Paris-Saclay

Située à cheval sur les départements de l'Essonne et des Yvelines, l'OIN Paris Saclay a été lancée dans le cadre du projet Grand Paris en 2006 et créée par le décret du 10 mai 2007. Ce territoire regroupe 49 communes sur une superficie de 77km² dont, sur le territoire de l'Essonne :

- L'ensemble des communes de la communauté d'agglomération Paris Saclay
- L'ensemble des communes de la communauté d'agglomération Europ'Essonne

- Les communes de Bièvres, Wissous et Verrières-le-Buisson

Ce projet de cluster scientifique et technique, doit durer quinze à vingt ans et regroupera à terme entre 20 et 25% de la recherche scientifique française. Le projet Paris-Saclay vise à regrouper organismes de recherche, grandes écoles, universités et entreprises privées afin de créer un pôle d'excellence scientifique et technique de dimension internationale.

Cette opération est pilotée par l'Établissement Public Paris-Saclay (EPPS), établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle des Ministères de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et de l'Égalité des territoires et du Logement. Le projet d'aménagement initial comprend une programmation totale de 1 714 000 m² sur 562 hectares, répartie entre 550 000 m² de programmes d'enseignement supérieur et de recherche réalisés dans le cadre du plan Campus, 560 000 m² de locaux pour entreprises, 360 000 m² de logements familiaux et 158 000 m² de logements étudiants, auxquels s'ajoutent 86 000 m² de services, commerces et équipements publics de quartier. Il se divise en deux parties sur le territoire de l'Essonne, pour lesquelles un Contrat de Développement Territorial a été mis en place :

- la ZAC autour de l'École polytechnique, sur la commune de Palaiseau ;
- la ZAC du Moulon, autour de Supélec, sur les communes de Gif-sur-Yvette, Orsay et St-Aubin.

Dans le cadre de ses missions d'aménagement du territoire, l'EPPS est un interlocuteur privilégié au regard de la création d'un réseau de chaleur sur son territoire. Ceci se confirme à travers le projet de boucle tempérée avec géothermie à l'Albien prévu pour alimenter les deux ZAC du campus scientifique en chaud et en froid.

Sénart – Logistique et Eco-innovation

Situé à cheval sur les départements de l'Essonne et de Seine-et-Marne, l'OIN Sénart a été lancée dans le cadre du développement des villes nouvelles au cours des années 1980. Le territoire de l'OIN regroupe huit communes dont deux situées dans le département de l'Essonne : Saint-Pierre-du-Perray, Tigery. Cette opération est pilotée par l'EPA Sénart (Établissement Public d'Aménagement), dont les principaux projets en cours pour le département de l'Essonne sont :

- Développement du Carré Sénart, ZAC située à cheval sur les deux départements ;
- Mise en place d'une liaison TZen Sénart / Le Carré / Corbeil-Essonnes ;

Ce territoire s'est doté d'un Contrat de Développement Territorial en 2013.

1.4.4. Les Contrats de Développement Territorial (CDT)

Suivant la définition donnée par le Ministère du Logement, de l'Égalité des Territoires et de la Ruralité :

« Les contrats de développement territorial sont des projets de territoire élaborés par les collectivités locales et l'État. Ils mettent en place une démarche contractuelle pour la conception de projets de développement des territoires stratégiques du Grand Paris, en particulier ceux desservis par les nouvelles lignes de métro du Grand Paris Express. Leur contenu et leurs modalités sont précisés par le décret du 24 juin 2011, pris en application de l'article 21 de la loi relative au Grand Paris et modifié par la loi du 18 janvier 2013 relative à la mobilisation du foncier public en faveur du logement. »

Le CDT constitue un outil de planification et de programmation permettant d'atteindre localement les objectifs de mise en œuvre du Grand Paris en matière de logement, de transports, de déplacements, de lutte contre l'exclusion sociale, de développement économique, sportif et culturel, de protection des espaces agricoles et forestiers et des paysages.

En matière de logement, la loi relative au Grand Paris a inscrit l'objectif de construire 70 000 nouveaux logements par an. Le CDT est l'outil de territorialisation de cette ambition. Il prend généralement effet pour une durée de 15 ans. »

Le CDT n'est pas un document directement opposable aux documents d'urbanisme tels que le SCoT ou le PLU. Néanmoins, en raison de sa nature, de son contenu et de sa valeur juridique complexe, il entretient des rapports très étroits avec les documents d'urbanisme existants.

Le territoire de l'Essonne est concerné par 4 Contrats de Développement Territorial et un Contrat de Reconversion des Sites de Défense (cf. Figure 82).

Grand Orly

Le CDT Grand Orly a été conclu entre 5 communes de l'Essonne (Athis-Mons, Juvisy-sur-Orge, Paray-Vieille-Poste, Morangis), appartenant toute à la communauté d'agglomération des Portes de l'Essonne, 9 communes du Val de Marne (dont Orly, Rungis...), les Conseil Généraux de l'Essonne et du Val de Marne et l'Etat.

Le territoire couvert par ce CDT (portant le numéro 9 et encore au stade de l'accord cadre) comprend 213 900 habitants pour 125 800 emplois et 89 780 logements (données 2010). La territorialisation des objectifs logements (TOL) du Grand Paris prévoit la création de 2 400 logements par an d'ici à 2030.

Paris-Saclay Territoire Sud

Sept communes de la communauté d'agglomération Paris Saclay ont conclu un CDT autour de l'arrivée de la Ligne 18 du métro Grand Paris Express sur l'ouest du département. Ces communes regroupent actuellement 105 300 habitants pour 59 500 emplois et 43 700 logements, et vise une production de logements de 1 070 logements par an d'ici à 2030.

Ce CDT cadre le développement du Campus de Saclay et les aménagements urbanistiques à proximité, avec les deux ZAC décrites précédemment. Il s'inscrit lui-même dans le projet plus large repris par le Schéma de Développement Territorial mis en place dans le cadre de l'Opération d'Intérêt National Paris-Saclay, conduit par l'EPPPS (Etablissement Public Paris Saclay – aménageur).

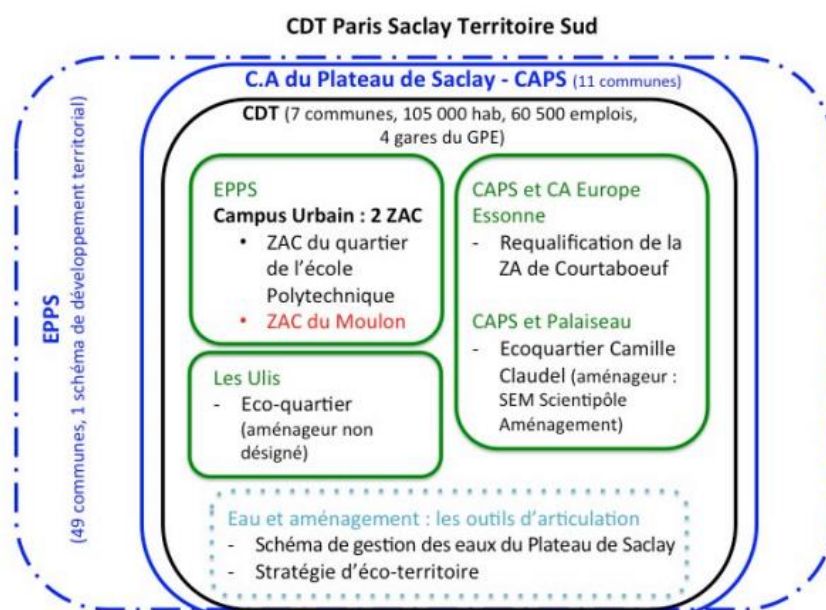


Figure 80. Documents d'aménagement Paris-Saclay Territoire Sud. Source : DRIEA Ile de France

Versailles - Saint Quentin en Yvelines

Dans le département de l'Essonne, seule la commune de Bièvre, située à la frontière avec les Yvelines est concerné par ce CDT. Celui-ci vise la création de 2 860 logements par an (134 810 logements en 2010). La commune de Bièvres étant relativement peu dense et éloignée des principaux centres d'activités de l'Essonne, cette étude s'est peu penchée sur ce territoire.

Sénart – Innovation Logistique et Eco-développement

Le périmètre du CDT est celui des deux SAN de Sénart, le SAN Sénart Ville Nouvelle (devenu Communauté d'Agglomération de Sénart au 1^{er} Janvier 2015) en Seine-et-Marne et Sénart Ville nouvelle en Essonne soit 12 communes. Sur le département de l'Essonne, les communes de Saint Pierre du Perray, Tigery, Saintry-sur-Seine et Morsang-sur-Seine sont concernées. Sa période d'application dure jusqu'en 2027.

Le territoire compte actuellement 110 530 habitants pour 37 450 emplois et 40 590 logements. Le CDT prévoit la création d'environ 1 050 logements par an d'ici à 2030, portant ainsi la population du territoire à 150 000.

Contrat de Redynamisation des Sites de Défense

Ces contrats ont été mis en place pour répondre à l'impact sur le territoire métropolitain et les collectivités d'outre-mer des mesures de réduction du format des armées et de concentration des forces en bases de défense, un dispositif d'accompagnement territorial des restructurations est entré en vigueur en 2009, visant à recréer une activité économique dans la commune ou le bassin d'emplois concernés, selon une logique déconcentrée. Il ne s'agit pas à proprement parlé d'un CDT mais s'en rapproche de par les actions concrètes mises en place.

La BA 217 de Brétigny-sur-Orge est concerné par ces réductions. Il y a vocation à maintenir un certain nombre de services des armées, et à restituer environ 550 hectares au domaine civil. Cette restitution est accompagnée d'un contrat de redynamisation territoriale pour un montant de 4.175 millions d'euros axés sur la création et la mise en œuvre de conditions favorables au développement d'activités économiques productives génératrices d'emplois pérennes. Le périmètre retenu est celui des communes suivantes situées sur la Communauté d'Agglomération du Val d'Orge (CAVO) et la Communauté de Communes du Val d'Essonne (CCVE) :

- Brétigny sur Orge (Communauté d'Agglomération du Val d'Orge)
- Le Plessis Pâté (Communauté d'Agglomération du Val d'Orge)
- Vert le Grand (Communauté de Communes du Val d'Essonne)
- Leudeville (Communauté de Communes du Val d'Essonne)

La redynamisation du site a été réfléchi autour de 3 pôles :

- Environ 250 ha de surface totale au sud, transférés à l'INRA (soit environ 200ha de surface agricole utile) qui poursuit ses investissements dans son pôle.
- Environ 100 ha environ au sud-ouest restitués aux collectivités territoriales, destiné à l'accueil d'activités économiques et de services, notamment en complémentarité avec les activités de l'IRBA et de l'INRA
- Environ 200 ha au nord restitués aux collectivités territoriales. Ce secteur, de par sa taille, est destiné au développement d'un projet principalement à vocation économique et de rayonnement régional.

1.5. Aspect financier de la réglementation

1.5.1. Instauration d'une T.V.A. à 5,5 % sur les consommations

En marge du Grenelle de l'Environnement et depuis le 1^{er} mars 2009, la loi portant sur l'engagement national pour le logement fixe « au taux réduit de 5,5% de la TVA l'abonnement relatif aux livraisons d'énergie calorifique distribuée par réseaux, ainsi que la fourniture de chaleur distribuée par ce réseaux lorsqu'elle est produite au moins à 50 % à partir de la biomasse, de la géothermie, de déchets, d'énergies de récupération (EnR&R) ».

Figure 81. Carte des Opérations d'Intérêt National - Essonne. Source : IAU IdF.

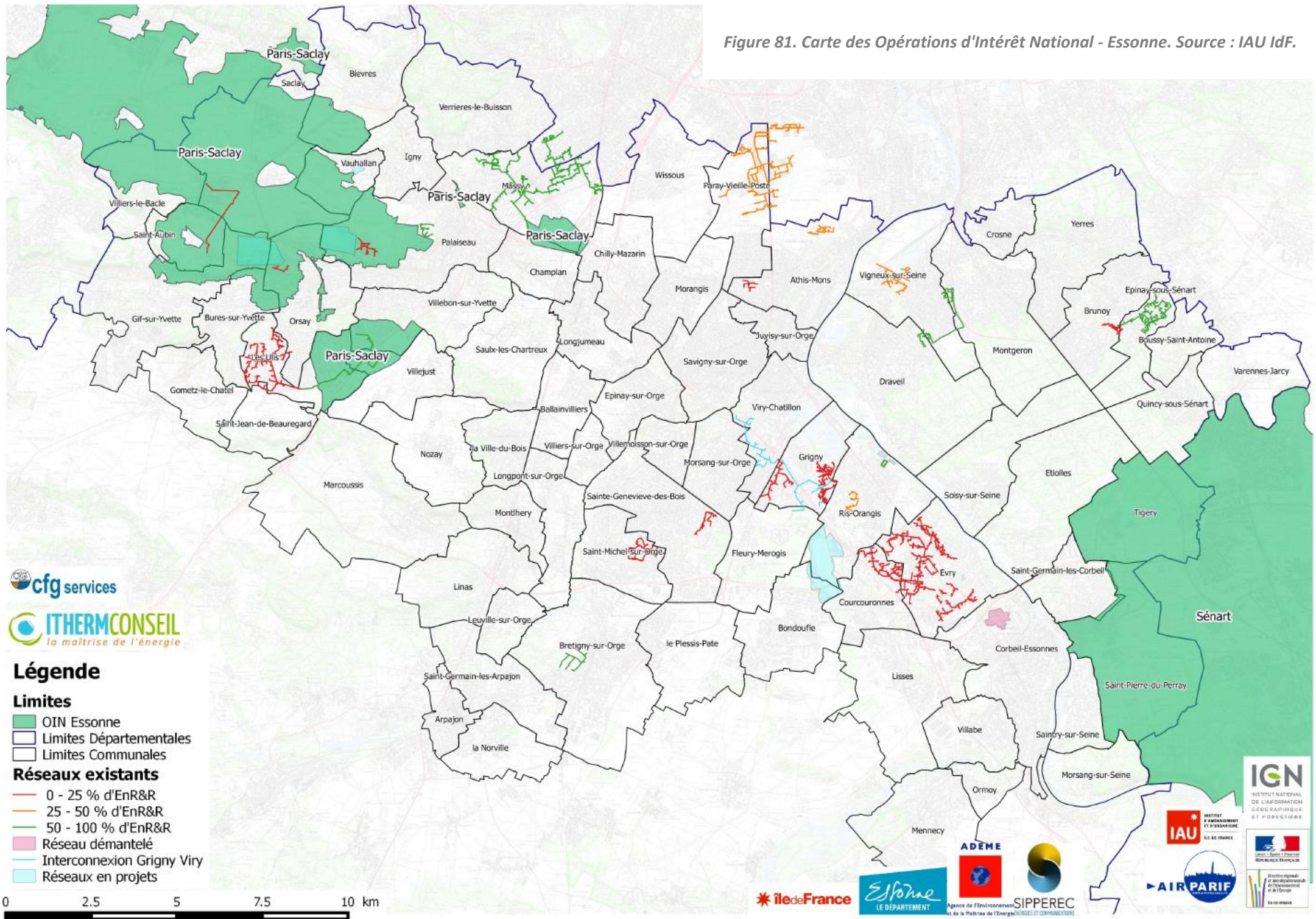
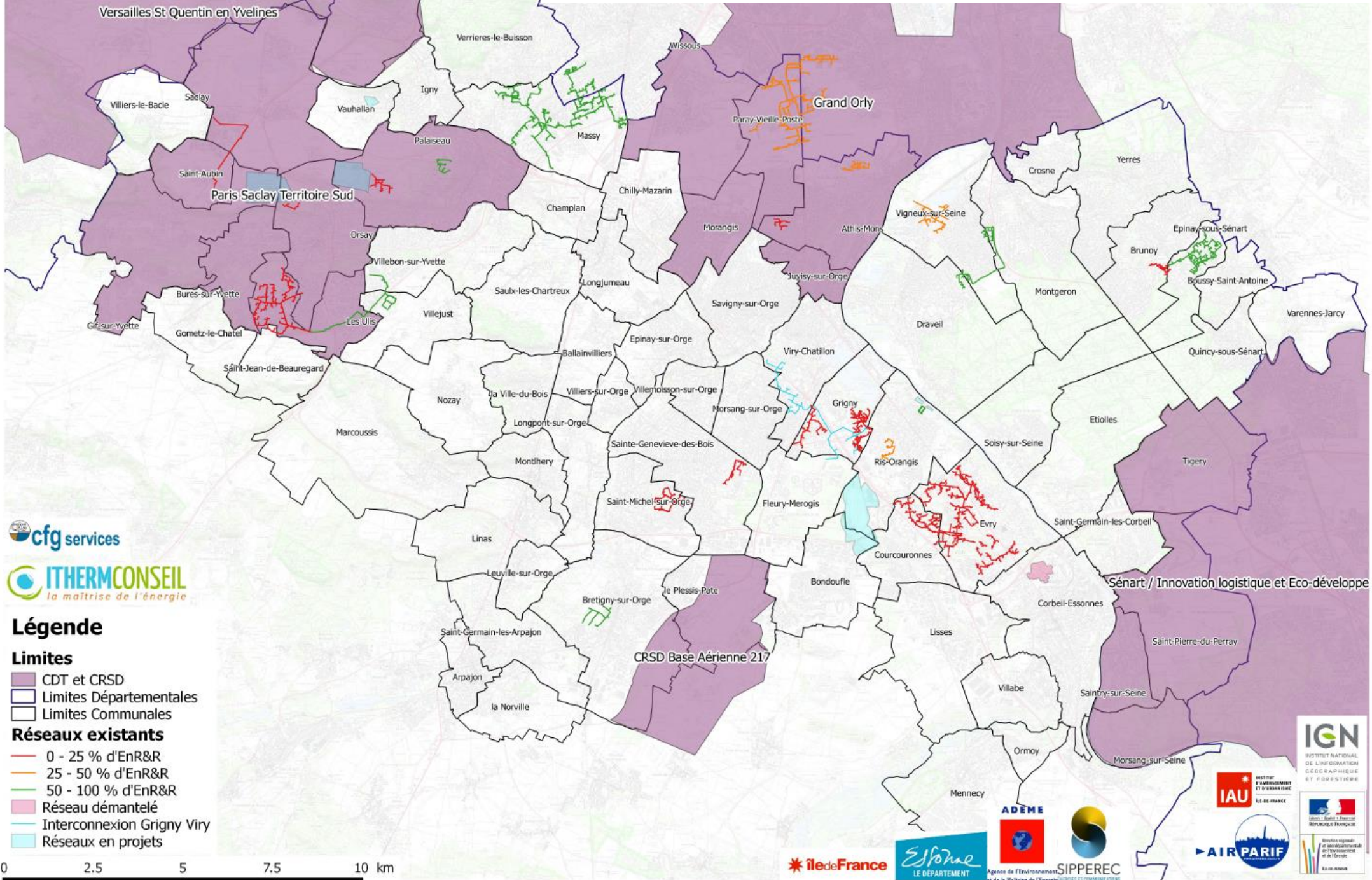


Figure 82. Contrats de Développement Territorial et de Reconversion des Sites de Défense.

Source : IAU IdF.



cfp services

ITHERMCONSEIL
la maîtrise de l'énergie

Légende

- Limites**
- CDT et CRSD
 - Limites Départementales
 - Limites Communales
- Réseaux existants**
- 0 - 25 % d'EnR&R
 - 25 - 50 % d'EnR&R
 - 50 - 100 % d'EnR&R
 - Réseau démantelé
 - Interconnexion Grigny Viry
 - Réseaux en projets

0 2.5 5 7.5 10 km

2. POTENTIALITES DE L'ESSONNE

2.1. Développement de la méthode de criblage

2.1.1. Méthode de criblage pour les opérations de géothermie profonde

L'objectif de cette partie est d'évaluer le potentiel de la ressource géothermale pour son utilisation dans les réseaux de chaleur urbain.

Méthodologie appliquée

Parmi les caractéristiques hydrogéologiques d'un aquifère (profondeur, épaisseur productrice, température et transmissivité), deux présentent un caractère essentiel dans l'évaluation du potentiel géothermique :

- la transmissivité ;
- la température.

L'évaluation du potentiel par réservoir a été calculée par le croisement des cartes par SIG, en pondérant le critère température d'un facteur 2.

Par ailleurs, la présence d'un périmètre d'exploitation en cours ou projeté ou d'un périmètre de recherche rend impossible l'implantation d'un nouveau doublet dans le même volume. Le critère de disponibilité ou d'indisponibilité est affecté d'une valeur 1 ou 0 respectivement. Finalement, le potentiel est défini par la formule suivante :

$$\text{Potentialité} = \text{Disponibilité} \times (2 \times \text{Température} + \text{Transmissivité})$$

Cartographie des potentialités de l'Essonne

Potentiel géothermique à l'Albien

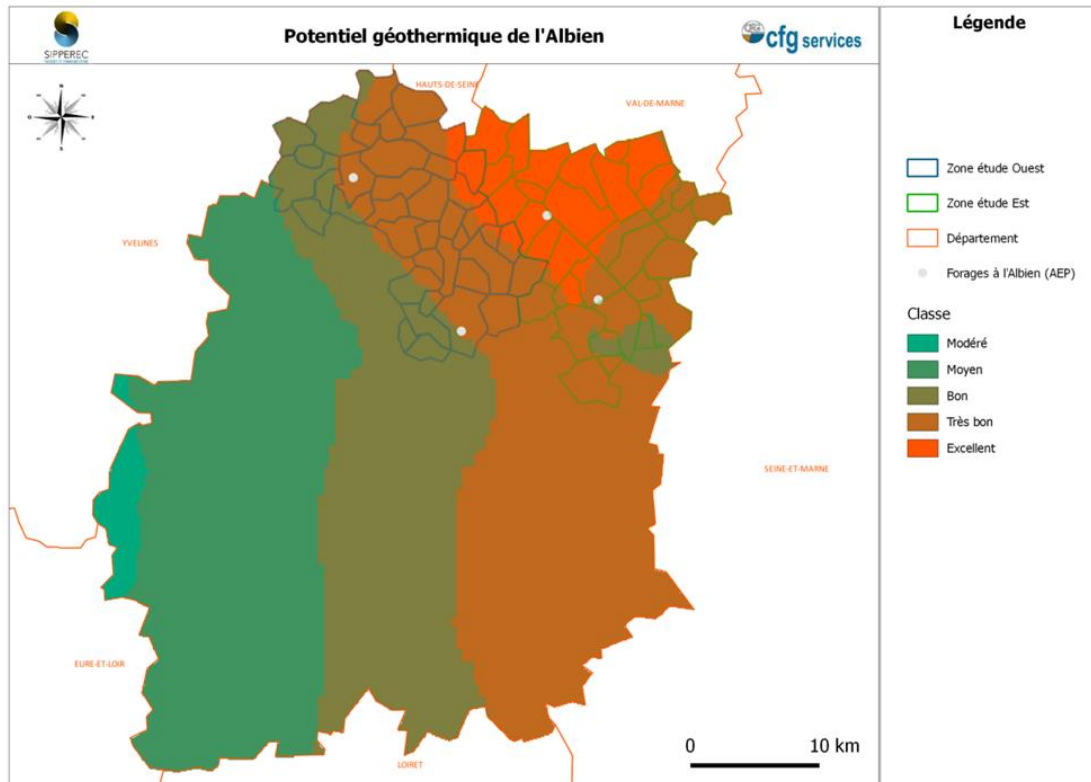


Figure 83. Carte de potentiel géothermique de l'Albien. Source : Cfg Services.

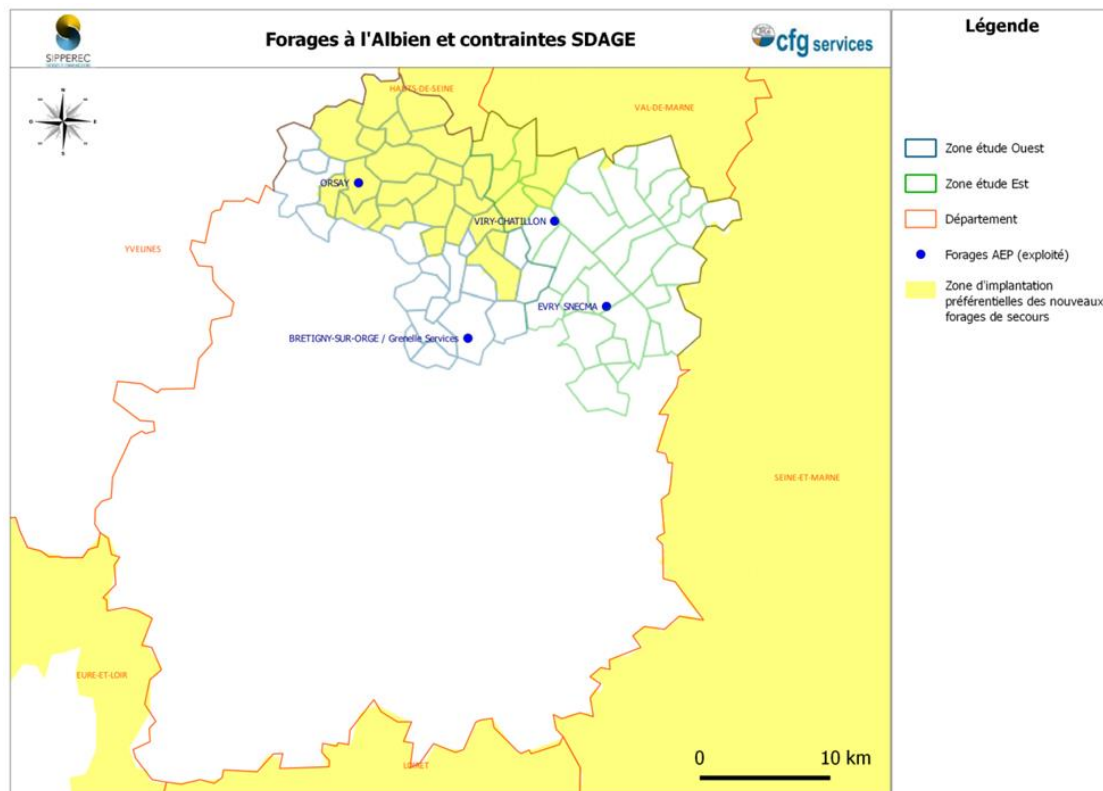


Figure 84. Forages à l'Albien existants et contraintes du SDAGE.

Potentiel géothermique du Néocomien

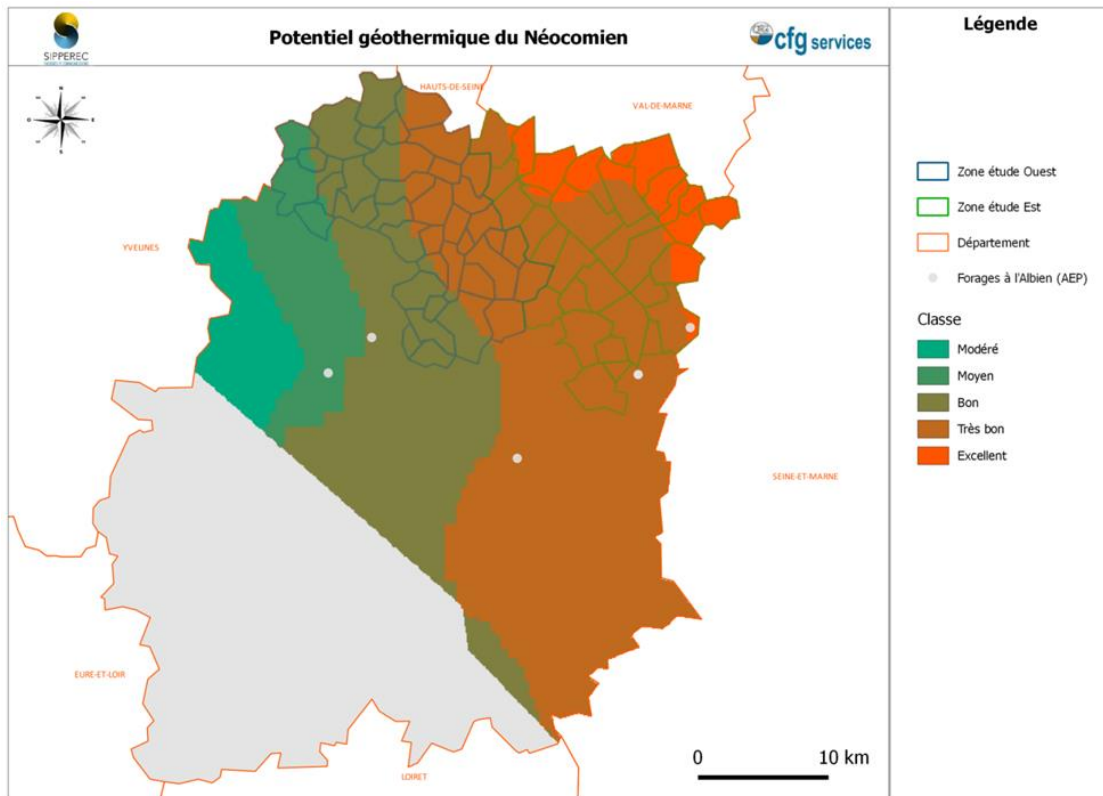


Figure 85. Potentiel du Néocomien. Source : CfG Services.

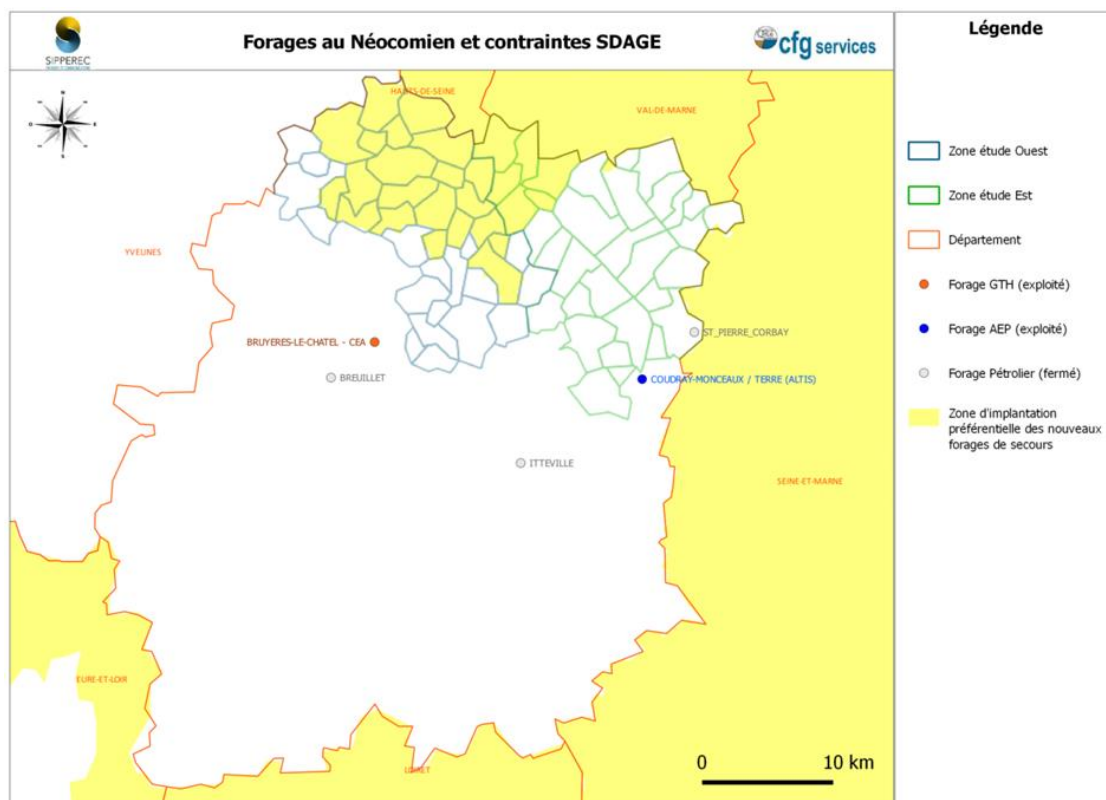


Figure 86. Forages existants au Néocomien et contraintes SDAGE.

Potentiel géothermique du Lusitanien

La cartographie du potentiel géothermique est à considérer avec prudence du fait du manque de données significatives sur ce réservoir, en particulier sur la transmissivité.

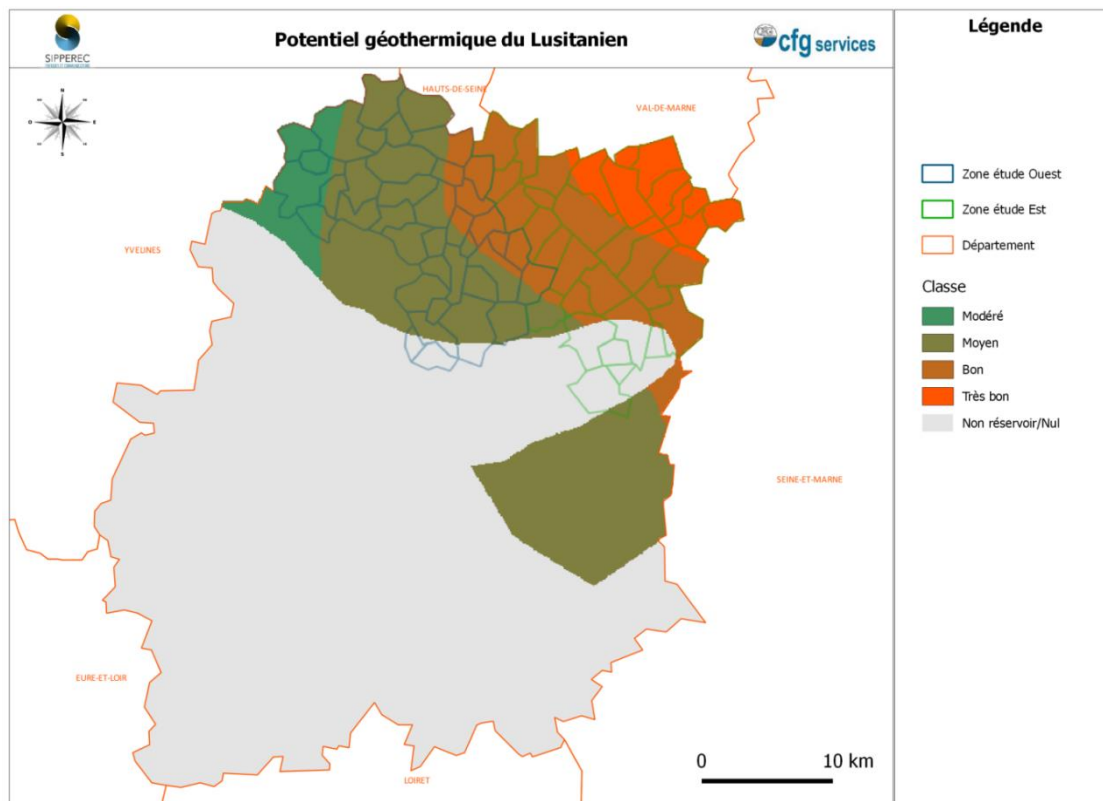


Figure 87. Potentiel géothermique au Lusitanien. Source : CfG Services.

Potentiel géothermique du Dogger

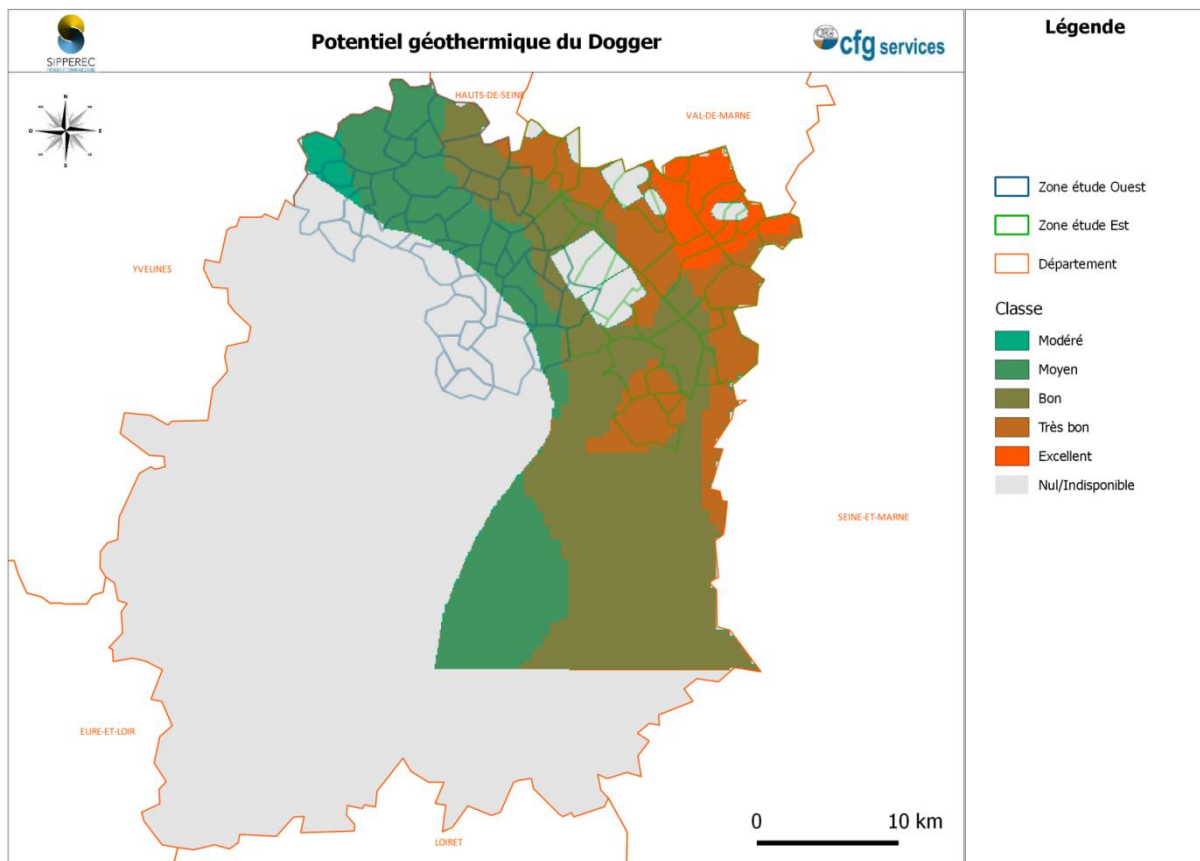


Figure 88. Potentiel géothermique au Dogger. Source : CfG Services.

Les gélules et périmètres délimités ci-dessus correspondent respectivement aux gélules d'exploitation et périmètres de recherche des opérations géothermiques actuelles ou futures sur le département. Les périmètres de recherches seront réduits après délivrance des permis d'exploitation correspondants pour devenir des gélules.

La présence de ces périmètres rend impossible l'implantation et la recherche d'un nouveau doublet dans le même volume de manière à pérenniser les ressources des opérations existantes.

Récapitulatif du potentiel des ressources géothermiques sur le nord de l'Essonne

Albien	Caractéristiques	Conclusion
Zone Ouest	22°C à 30°C ± 3°C	Favorable
	Bonne à excellente productivité	
Zone Est	28°C à 32°C ± 3°C	Favorable
	Bonne à excellente productivité	

Néocomien	Caractéristiques	Conclusion
Zone Ouest	26°C à 36°C ± 5°C	Favorable
	Bonne productivité	
Zone Est	36°C à 40°C ± 5°C	Favorable
	Bonne productivité	

Lusitanien	Caractéristiques	Conclusion
Zone Ouest	50°C à 55°C ± 7°C	Incertain
	Productivité inconnue	
Zone Est	55°C à 65°C ± 7°C	Incertain
	Productivité inconnue	

Dogger	Caractéristiques	Conclusion
Zone Ouest	58°C à 68°C ± 2°C	Favorable
	Moyenne productivité	
Zone Est	68°C à 77°C ± 2°C	Favorable
	Faible à bonne productivité	

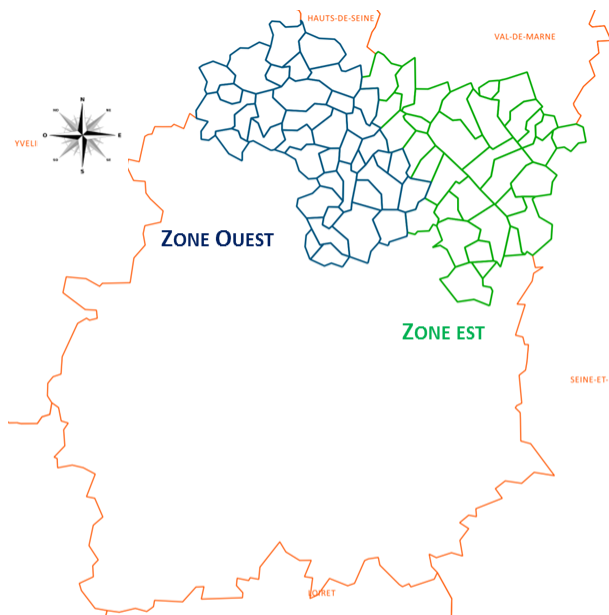


Tableau 14. Récapitulatif des potentialités aux différents aquifères sur le périmètre d'étude.

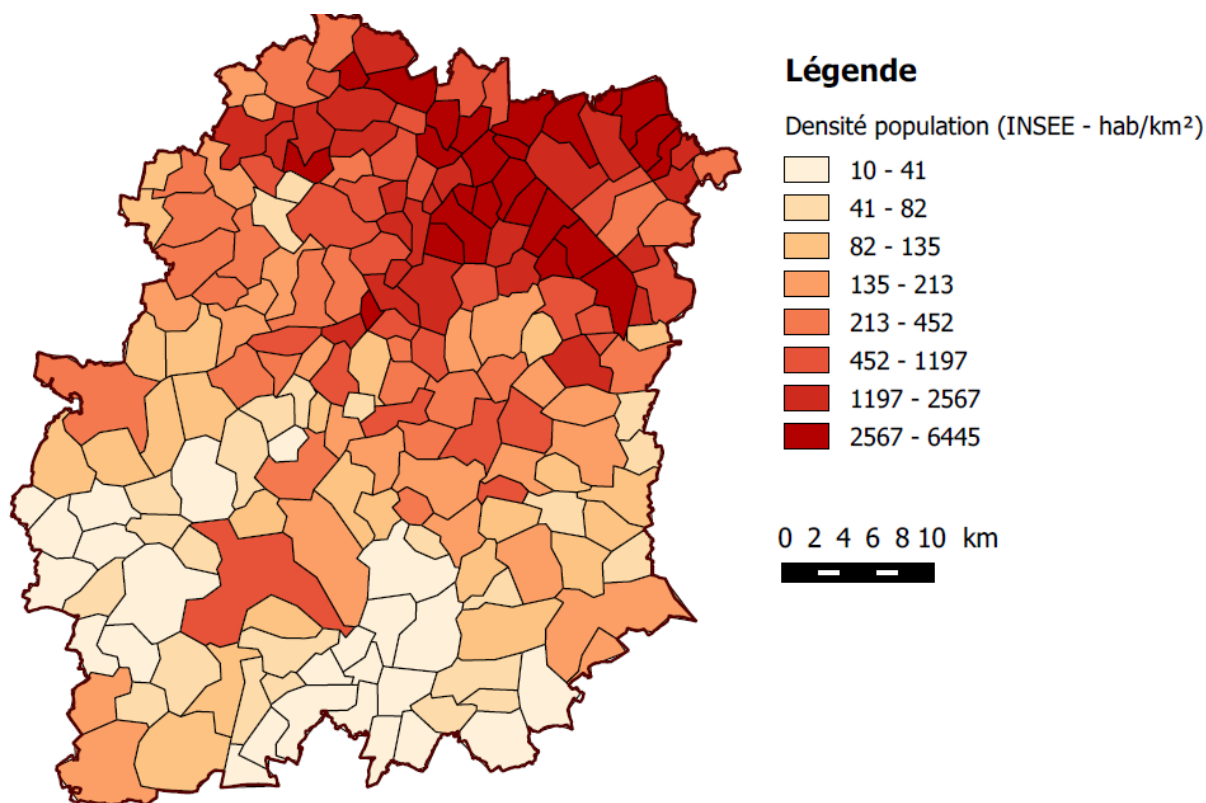


Figure 89. Densité de population de l'Essonne. Source : RGP INSEE.

Au vu des ressources sous-sol du département, et des densités de population, très faible, au Sud de la Francilienne (cf. Figure 89), il a été décidé que l'étude porterait uniquement sur le tiers nord du département, où se concentrent les ressources géothermiques, mais aussi la population. Ce territoire regroupe les 72 communes reprises sur la carte du Tableau 14 ci-dessus et listées dans le tableau ci-dessous.

Arpajon	Courcouronnes	Juvisy-Sur-Orge	Montgeron	Saint-Aubin	Vauhallan
Athis-Mons	Crosne	La Norville	Montlhéry	S ^{te} -Geneviève-Des-Bois	Verrières-Le-Buisson
Ballainvilliers	Draveil	La Ville-Du-Bois	Morangis	S ^t -Germain-Lès-Arpajon	Vigneux-Sur-Seine
Bievres	Epinay-Sous-Senart	Le Plessis-Pate	Morsang-Sur-Orge	S ^t -Germain-Lès-Corbeil	Villabé
Bondoufle	Epinay-Sur-Orge	Les Ulis	Nozay	Saint-Michel-Sur-Orge	Villebon-Sur-Yvette
Boussy-Saint-Antoine	Etiolles	Leuville-Sur-Orge	Ormay	Saint-Pierre-Du-Perray	Villejust
Bretigny-Sur-Orge	Evry	Linaz	Orsay	Saintry-Sur-Seine	Villemoisson-Sur-Orge
Brunoy	Fleury-Merogis	Lisses	Palaiseau	Saulx-Les-Chartreux	Villiers-Le-Bâcle
Bures-Sur-Yvette	Gif-Sur-Yvette	Longjumeau	Paray-Vieille-Poste	Savigny-Sur-Orge	Villiers-Sur-Orge
Champlan	Gometz-Le-Chatel	Longpont-Sur-Orge	Quincy-Sous-Sénart	Soisy-Sur-Seine	Viry-Châtillon
Chilly-Mazarin	Grigny	Massy	Ris-Orangis	Tigery	Wissous
Corbeil-Essonnes	Igny	Mennecy	Saclay	Varenes-Jarcy	Yerres

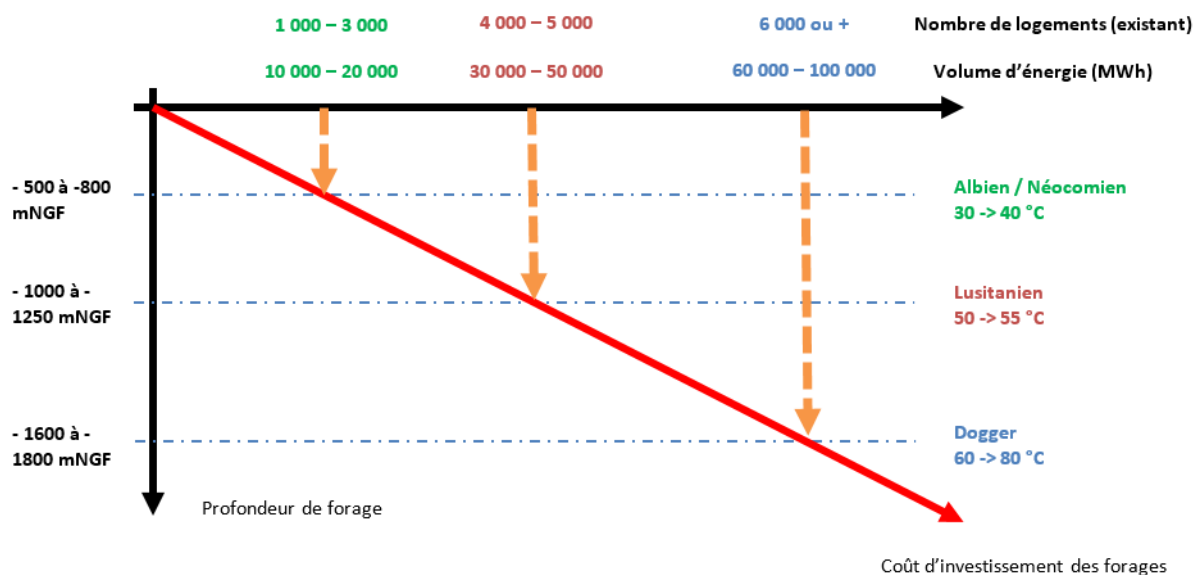
Tableau 15. Périmètre défini pour l'étude.

2.1.2. Méthode de criblage du potentiel de besoin surface

Concernant la définition d'un potentiel surface, les paramètres entrant en jeu sont beaucoup plus nombreux et complexes à analyser.

De par la faible connaissance de l'aquifère du Lusitanien et les incertitudes que cela entraîne, cette étude va se concentrer, dans un premier temps, sur deux hypothèses :

- Pour une opération au Dogger ;
- Pour une opération à l'Albien/Néocomien.



Afin de déterminer les besoins surface, la méthode de criblage qui a été utilisée dans le cadre de cette étude s'est grandement appuyée sur une précédente étude menée conjointement, début 2012, par Airparif et l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile de France dans le cadre du mandat Center,

en vue de l'élaboration du SRCAE d'Ile de France. L'objectif de cette étude était, à partir des données énergétiques communales de l'INSEE, de territorialiser les consommations d'énergie par maille de 250m x 250m.

Les objectifs, la méthodologie et les limites de cette étude, ainsi que l'ensemble des résultats sont consultables et téléchargeables via CARMEN¹³, le portail d'information géographique de l'État en Ile-de-France.

Ces données chiffrées et cartographiées ont permis de travailler sur une approche cartographique de la répartition des consommations sur le territoire, une approche qui ne tient pas compte des frontières administratives. Cela permet de travailler sur des territoires qui n'auraient pas forcément été remarqués dans le cadre d'une étude se basant sur le découpage des communes ou agglomérations.

Les données décrites ci-dessus, et différents critères détaillés ci-dessous ont permis, étapes par étapes, de déterminer une hiérarchisation du territoire en fonction des potentiels de développement de la géothermie.

Définition d'ensembles de fortes consommations

Au sein du périmètre déterminé par le potentiel sous-sol du département, l'étude s'est d'abord concentrée sur la détermination d'ensembles de fortes consommations énergétiques. Pour cela, l'étude s'appuie sur les résultats de la territorialisation des consommations énergétiques.

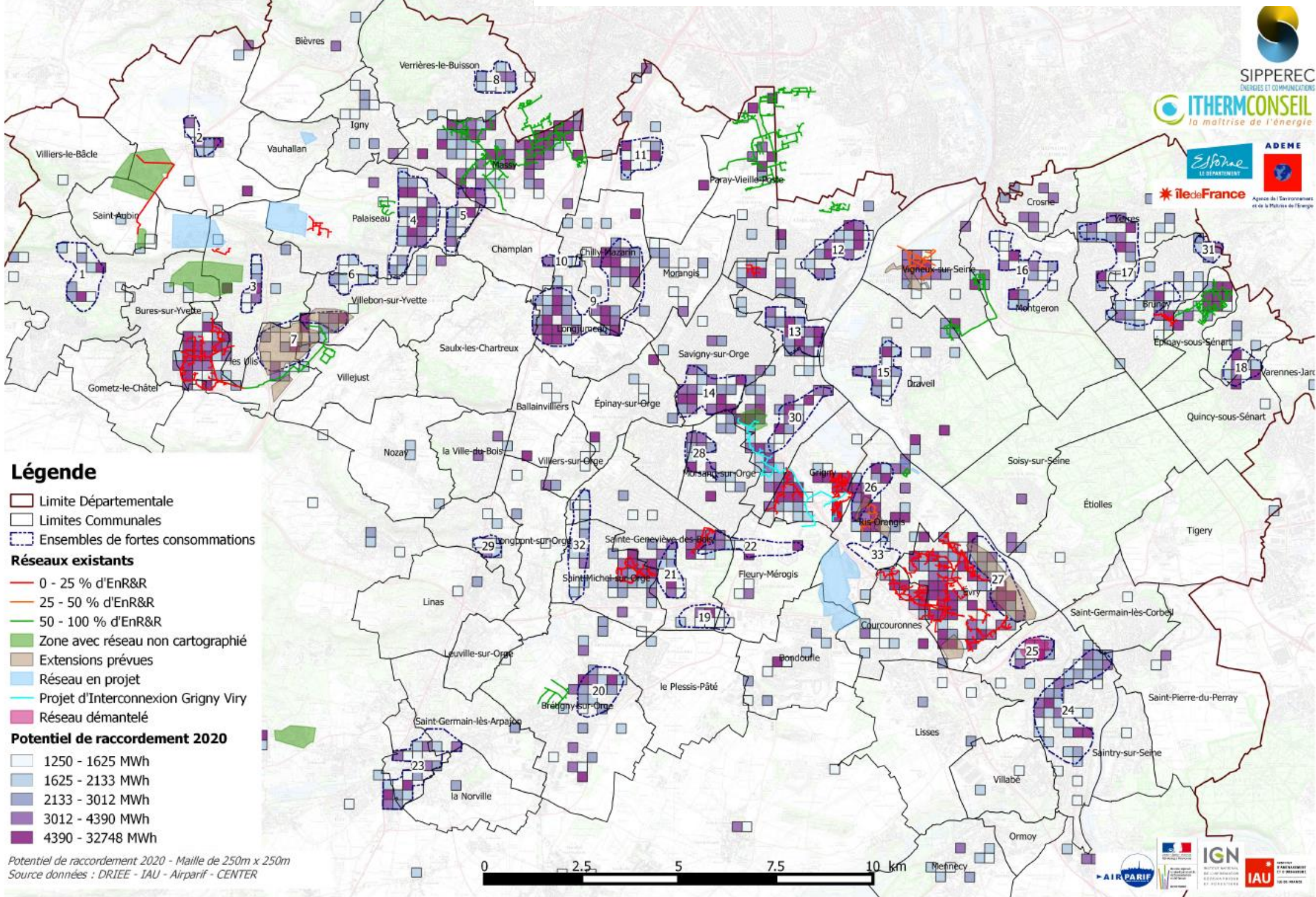
La carte suivante (Figure 91) reprend, pour chaque maille, la « Consommation totale pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, hors électricité, en 2020 (en MWh) », pour l'habitat collectif. Pour assurer une meilleure lisibilité, seules les mailles permettant d'avoir une densité thermique supérieure à 20 kWh/m² (soit 1250 MWh par maille de 250m x 250m) sont reprises. Les zones déjà desservies par réseaux n'ont pas été prises en compte pour cette étape.

Cette première approche a permis de déterminer 32 ensembles de superficie limitée pour lesquels les consommations mobilisables pour le raccordement à un réseau de chaleur sont importantes. Une 33^{ème} zone, Ris-Orangis Sud-Est a été mise en place. En effet, celle-ci se situe au carrefour entre 2 réseaux (Ris-Orangis Plateau et Evry-Courcouronnes) et un projet (ZAC Grand stade). Dans ce cadre, un projet d'interconnexion autour de la géothermie pourrait être envisagé.

A partir de ces 33 ensembles, différents paramètres ont été pris en compte pour déterminer les ensembles pour lesquels le potentiel de développement d'un réseau géothermique (en création ou en géothermisation) est le plus fort.

¹³ <http://www.drie.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/cartographie-des-reseaux-de-chaleur-en-ile-de-r1040.html>

Figure 91. Ensembles de fortes consommations recensés sur l'Essonne.



Ces ensembles sont les suivants, la numérotation correspondant à celle reprise sur la carte :

N°	Ensemble	Surface (km ²)	Potentiel 2020 (GWh)
1	Gif-sur-Yvette Centre	1,3	23,6
2	Saclay Centre	0,43	21
3	Orsay Centre	0,48	25,3
4	Palaiseau Centre	2,02	85,1
5	Palaiseau Est – ZA Les Glaisses - Gutenberg	0,97	39,4
6	Villebon – Casseaux / Palaiseau – Godet	0,8	15,8
7	Villejust / Villebon / Les Ulis – Parc d'activité Courtabœuf	1,79	55
8	Verrières-le-Buisson Centre	0,67	16,9
9	Chilly-Mazarin / Longjumeau	3,86	164
10	Champlan / Chilly-Mazarin / Longjumeau – ZI Vigne aux Loups	0,25	8,4
11	Wissous - Zone Industrielle Villemain	0,85	25,6
12	Athis-Mons Centre – Bords de Seine	1,37	60,9
13	Juvisy-sur-Orge Centre	1,05	70,2
14	Savigny-sur-Orge Grand Vaux – Gare / Morsang-sur-Orge Nord	1,57	78,2
15	Draveil Centre	0,91	36,2
16	Montgeron Centre – La Forêt	1,48	39,2
17	Yerres-Brunoy	2,81	94,3
18	Boussy-Saint-Antoine – Les Buissons	0,64	35,1
19	S ^{te} Geneviève / Fleury-Merogis / St Michel – ZI Croix blanche	0,66	17,6
20	Bretigny-sur-Orge Est	1,13	39,1
21	S ^{te} Geneviève Sud – La Héronnière	0,62	44,8
22	Fleury-Merogis – Joncs Marins / S ^{te} Geneviève – Les Aunettes	0,87	49,4
23	Arpajon – S ^t -Germain-lès-Arpajon	1,85	43
24	Corbeil-Essonne Montconseil – La Nacelle - Centre	2,54	94,9
25	Corbeil-Essonne - Les Tarterêts	0,59	29,4
26	Ris-Orangis Centre - Nationale	0,79	62,9
27	Evry – Parc aux Lièvres – Les Mousseaux – Champtier du Coq	1,43	67,8
28	Morsang-sur-Orge Centre	0,66	22,9
29	Montlhéry Centre	0,31	13
30	Viry-Châtillon Centre – La Haute Borne	0,89	43,5
31	Brunoy - Les Hautes Mardelles	0,32	18,3
32	S ^t Michel Bocqueteau Lormoy / S ^{te} Geneviève - Perray	1,17	24,5
33	Ris-Orangis Sud-Est	0,83	3,6

Tableau 16. Ensemble de fortes consommations sur le département de l'Essonne.

Présence et caractéristiques des réseaux existants ou projets

Au sein de ces 33 ensembles, 12 se trouvent à proximité immédiate de réseaux de chaleur existants ou en projet, des extensions de réseau dans le cadre de passage à la géothermie pourraient donc être envisageable.

Cependant, la présence de ces réseaux peut être, suivant les critères retenus, favorable ou défavorable à la zone. Les critères suivants ont été retenus :

- Convertibilité d'un réseau : Comme expliqué dans le paragraphe sur la convertibilité d'un réseau, tous les réseaux de chaleur ne sont pas, immédiatement, adaptables à une ressource

géothermique. La présence, à proximité d'un ensemble de forte consommation, d'un réseau « Basse Température » sera un avantage tandis que les réseaux en eau surchauffée (disposant de systèmes de cogénération ou non) seront pénalisés.

- Taux d'EnR&R du réseau : Les réseaux fonctionnant encore uniquement sur des énergies fossiles, au vue de la réglementation, de la fiscalité, des aides actuelles et de l'évolution prévisible à long terme du prix des énergies fossiles, ont tout intérêt à développer la part d'EnR&R dans leur mix énergétique. Un taux d'EnR&R <50% sera donc un critère favorable à la mise en place d'une géothermie. A l'inverse, un réseau ayant plus de 50% d'EnR&R ne voudra pas forcément réaliser des investissements pour une autre source renouvelable ou s'étendre au risque de diminuer son taux d'EnR&R, ce sera alors un critère défavorable mais qui n'écarte pas un projet.
- Gestion du réseau : Lorsqu'il s'agit d'un réseau technique d'importance locale ou d'un réseau de chaleur de maître d'ouvrage privé, les intérêts ne sont pas les mêmes qu'avec une gestion publique du réseau. Le caractère public d'un réseau est donc un moteur tandis qu'un réseau privé est plutôt un frein, bien qu'il ne soit pas un critère de mise à l'écart.
- Renouvellement d'un réseau : L'avancement de la délégation de service public auprès d'un exploitant est un frein lorsque la délégation vient d'être renouvelée, car des investissements ont pu être inclus dans le renouvellement, tandis qu'il s'agit d'un moteur si la fin de la délégation est proche, car le projet est pris beaucoup plus en amont, les opportunités issues de cette étude pourront être pris en compte dans les renouvellements. Il ne s'agit néanmoins pas d'un facteur bloquant, mais seulement défavorable.
- Projet en cours : Dans le cadre de ces renouvellements, des projets d'extension et/ou de changement de mix énergétique peuvent avoir été mis en place. Une extension prévue vers un ensemble de forte consommation identifié est un critère de mise à l'écart de l'ensemble, de même qu'un projet de mise en place de source d'énergie verte, le projet étant en avance sur l'étude.
- Autre : d'autres critères, comme le démantèlement récent (2013) d'un réseau peuvent présenter des freins voir être critères de mise à l'écart d'un ensemble.

Le tableau suivant regroupe les différents ensembles de fortes consommations situés dans l'une ou l'autre des situations décrites ci-dessus. Les réseaux à proximités sont listés en colonne 3, les conclusions face aux critères donnés ci-dessus sont reprises en 4^{ème} colonne avec la justification en dernière colonne.

N°	Zone	Réseau(x) à proximité	Conclusion	Justification
4	Palaiseau Centre	Camille Claudel	Ensemble conservé avec réserve	Réseau privé créé dans le cadre de l'éco-quartier Camille Claudel, avec déjà plus de 80% d'EnR&R.
5	Palaiseau Est - ZI	Massy-Antony	Ensemble conservé avec réserve	Réseau mixte eau surchauffé, eau chaude dont la DSP vient d'être renouvelée.
7	PA de Courtaboeuf	Parc d'Activité de Courtaboeuf	Ensemble écarté	Réseau en eau surchauffée et projet d'extension sur le Parc d'Activité.
17	Yerres-Brunoy	Brunoy Talma	Ensemble conservé	Réseau privé mais entièrement fossile.
		Epinay-sous-Sénart		Réseau géothermique eau chaude en affermage, dont la délégation se renouvelle en 2016, avec consommations basse température.
21	S ^{te} Geneviève Sud	Bois des Roches - S ^t Michel	Ensemble conservé	Réseau privé, entièrement fossile.
22	S ^{te} Geneviève - Fleury-Merogis	Centre pénitencier	Ensemble conservé	Réseau technique très basse température (via plancher chauffant), entièrement fossile.
		S ^t Hubert – S ^{te} Geneviève		Réseau basse température, privé, entièrement fossile.
25	Corbeil-Essonnes - Tarterêts	Les Tarterêts	Ensemble écarté	Réseau démantelé en 2013 avec mise en place de chaufferie en pied d'immeuble.

26	Ris-Orangis Centre – Nationale	Ris-Orangis Plateau	Ensemble conservé avec réserve	Géothermie et cogénération en rénovation, des extensions prévues en partie sur l'ensemble de forte consommation.
		Grigny II		Réseau en eau surchauffée entièrement fossile faisant partie du projet d'interconnexion Grigny-Viry.
27	Evry Parc aux Lièvres – Mousseaux	Evry-Courcouronnes	Ensemble écarté	Schéma Directeur : Extension prévues sur l'ensemble à forte consommation, et mise en place d'une géothermie Dogger à l'étude.
30	Viry-Châtillon Haute Borne - Ventre	Projet d'interconnexion Viry-Grigny	Ensemble écarté	Ville adhérente au SIPPAREC dans le cadre du projet Grigny-Viry, besoins étudiés dans le cadre de ce projet.
31	Brunoy - Les Hautes Mardelles	Les Hautes Mardelles	Ensemble écarté	Ensemble de consommation peu importantes déjà alimentée par réseau, sans extension possibles.
33	Ris-Orangis Sud-Est	Ris-Orangis Plateau	Ensemble écarté	Réseau privé, triplet en cours de mise en place et extensions déjà prévues.
		Evry-Courcouronnes		Schéma directeur : Géothermie envisagée, extension vers Ris-Orangis « pas pertinent »

Tableau 17. Récapitulatif des ensembles de consommations énergétiques impactés par la présence à proximité d'un réseau.

Adaptation des besoins à la géothermie

La géothermie basse énergie, comme il est possible de la rencontrer dans le bassin parisien, pour être rentable, doit, dans la mesure du possible, alimenter :

- des besoins de températures inférieurs à 100°C ;
- en continu sans intermittence trop forte au sein d'une journée.

Il s'avère que ces caractéristiques sont bien adaptés à l'alimentation de bâtiments tertiaires ou d'habitation, mais relativement peu aux zones d'activités et parcs industriels. Ces zones, de par leurs caractéristiques de consommations, à savoir des températures nécessaires pour les process industriels élevées, et d'occupation, à savoir l'inactivité complète pendant des périodes prolongées, sont peu adaptées à la géothermie. Les ensembles de fortes consommations situées en Zone Industrielle ou Parc d'Activité ont donc été écartés de l'étude.

Néanmoins, ces zones étant de grandes consommatrices d'énergie, la mise en place d'un réseau de chaleur est envisageable et fortement recommandé, mais d'autres sources d'EnR&R ayant des caractéristiques plus adaptées que la géothermie, sont à envisager, par exemple la biomasse ou la récupération de chaleur fatale.

En effet, les industries situées au sein de zones rejettent aussi de la chaleur fatale liée aux process industriels qui peuvent être mis en place. L'alimentation d'une partie des besoins en chaleur grâce à la récupération de cette chaleur fatale sur d'autres bâtiments semble donc une bonne mise en œuvre du principe d'écologie industrielle au sein de la zone. Un rapprochement avec l'étude ADEME portant sur les potentiels et la valorisation de la chaleur fatale en Ile-de-France pourrait être intéressant.

Parmi les ensembles restant, les suivants ont été écartés sur ce critère :

N°	Ensemble	Conclusion
5	Palaiseau Est – ZA Les Glaisses - Gutenberg	Ensemble écarté
10	Chilly-Mazarin / Longjumeau - ZI de la Vigne aux Loups	Ensemble écarté
11	Wissous - ZI Villemain et Hauts de Wissous	Ensemble écarté
19	S ^{te} Geneviève / Fleury-Merogis / S ^t Michel - ZI Croix Blanche	Ensemble écarté

Tableau 18. Ensembles écartés en raison d'une inadéquation entre les besoins et la géothermie.

Patrimoine de la zone

Comme décrit plus tôt avec la Figure 90 un critère sur le nombre de logement existants permet de déterminer l'intérêt d'un projet. Cette étude, s'est concentrée sur les logements sociaux.

En effet, la création d'un réseau de chaleur n'est pas une opération anodine et compte-tenu des montants financiers mis en jeu, elle nécessite l'accord de toutes les parties en présence (bailleurs, communes, gestionnaires...). Pour cette raison, un nombre réduit d'interlocuteurs favorisera l'éclosion d'une opération géothermique, et étant donné que les bailleurs sociaux sont de potentiels investisseurs pour ces projets, donnant plus de chances au projet de voir le jour, le nombre de logement sociaux sur les ensembles de fortes consommations restantes a été pris en compte.

Pour déterminer le nombre de logement sociaux sur chacune des zones, cette étude s'est basée sur les données administratives du RPLS 2014 (Répertoire sur la Parc Locatif Social) établi par la DRIEA et fourni dans le cadre de cette étude par le Conseil Départemental de l'Essonne. Ce RPLS recense 112 000 logements sur le périmètre d'étude, et reprend, dans certains cas, les informations issues des DPE disponibles, permettant ainsi une meilleure connaissance du parc.

Lorsque les données indiquent un nombre de logements sociaux limite (aux alentours de 1 000), les données du RPLS ont été croisées à celle du recensement patrimonial qui a été effectué en vue d'estimer le nombre de logements réellement raccordables. Ces critères ont permis d'établir la classification suivante :

N°	Zone	Nombre de logements sociaux sur l'ensemble	Conclusion
1	Gif-sur-Yvette Centre	850 dont au moins 350 en chauffage individuel	Ensemble écarté
2	Saclay Centre	276	Ensemble écarté
3	Orsay Centre	504	Ensemble écarté
4	Palaiseau Centre	1630	Ensemble conservé
6	Villebon Casseaux – Palaiseau Godet	552	Ensemble écarté
8	Verrières-le-Buisson Centre	340	Ensemble écarté
9	Chilly-Mazarin / Longjumeau	3935	Ensemble conservé
12	Athis-Mons Centre - Seine	2492	Ensemble conservé
13	Juvisy-sur-Orge Centre	1080	Ensemble conservé avec réserve
14	Savigny-sur-Orge Grand Vaux – Gare / Morsang-sur-Orge Nord	1825	Ensemble conservé
15	Draveil Centre	2256	Ensemble conservé
16	Montgeron La Forêt	1394	Ensemble conservé avec réserve
17	Yerres-Brunoy	1780	Ensemble conservé
18	Boussy-Saint-Antoine – Les Buissons	474	Ensemble écarté
20	Bretigny-sur-Orge Est	1815	Ensemble conservé
21	S ^{te} Geneviève Sud – La Héronnière	1147 + 1500 raccordés à Bois des Roches - S ^t Michel	Ensemble conservé
22	S ^{te} Geneviève - Fleury-Merogis	1525 + 1800 raccordés à S ^t Hubert - S ^{te} Geneviève	Ensemble conservé
23	Arpajon / St Germain-lès-Arpajon	2070	Ensemble conservé avec réserve
24	Corbeil-Essonnes Montconseil –Nacelle	3524	Ensemble conservé
26	Ris-Orangis Centre - Nationale	1024 + 1700 raccordés à Ris-Orangis Plateau	Ensemble conservé
28	Morsang-sur-Orge Centre	1160	Ensemble conservé avec réserve
29	Monthéry Centre	305	Ensemble écarté
32	S ^t Michel Lormoy / S ^{te} Geneviève Perray	370	Ensemble écarté

Tableau 19 Ensembles écartés en raison d'un nombre de logements sociaux faible.

La mise à l'écart de ces zones dans le cadre de cette étude ne veut pas dire que la mise en place d'un réseau de chaleur n'est pas envisageable, seulement que le processus sera plus compliqué avec des rapprochement d'entités n'ayant pas forcément les mêmes conceptions de ce type de projet.

De plus, pour la majorité des ensembles écartés, il s'agit des centres historiques des villes, denses mais comprenant peu de logement sociaux, et à l'habitat collectif de petit envergure. Les caractéristiques de ces centres-villes font que la mise en place d'un réseau de chaleur présente des complications techniques.

Données énergétiques – Densités thermiques

La mise en place d'un réseau de chaleur nécessite, pour arriver à une certaine rentabilité, une densité thermique conséquente. Cette étude s'est donc penchée, à partir des données de Potentiel 2020 de l'étude CENTER et des surfaces des ensembles de fortes consommations, sur les densités thermiques (en kWh/m²) de chaque zone. Une densité thermique linéaire a aussi pu être calculée pour chacun des ensembles restants en considérant qu'un réseau de chaleur suivra environ 40% du linéaire de voirie de la zone considérée.

Le SRCAE de l'Île de France a retenu une densité thermique supérieure ou égale à 9MWh/ml pour les potentiels minimum de développement de réseau de chaleur, tandis que l'ADEME fixe à 1,5MWh/ml la limite minimale pour pouvoir aspirer à l'obtention d'une aide par le Fonds Chaleur. De manière à rester objectif, nous avons fixé une valeur cible de 5MWh/ml, ce qui correspond approximativement à 30kWh/m². Le tableau suivant détermine ces critères pour chacune des zones restantes :

N°	Ensemble	Surface (km ²)	Potentiel 2020 (GWh)	Densité thermique (kWh/m ²)	Densité linéaire (MWh/ml)	Conclusion
4	Palaiseau Centre	2,02	85,1	42,13	6,49	Ensemble conservé
9	Chilly-Mazarin Longjumeau	3,86	164	42,49	6,55	Ensemble conservé
12	Athis-Mons Centre-Seine	1,37	60,9	44,45	6,85	Ensemble conservé
13	Juvisy-sur-Orge Centre	1,05	70,2	66,86	10,30	Ensemble conservé
14	Savigny Grand Vaux – Gare / Morsang-sur-Orge Nord	1,57	78,2	49,81	7,68	Ensemble conservé
15	Draveil Centre	0,91	36,2	39,78	6,13	Ensemble conservé
16	Montgeron La Forêt	1,48	39,2	26,49	4,08	Ensemble écarté
17	Yerres-Brunoy	2,81	94,3	33,56	5,17	Ensemble conservé
20	Bretigny-sur-Orge Est	1,13	39,1	34,60	5,33	Ensemble conservé
21	S ^{te} Geneviève Sud - Héronnière	0,62	44,8	72,26	11,14	Ensemble conservé
22	S ^{te} Geneviève - Fleury-Merogis	0,87	49,4	56,78	8,75	Ensemble conservé
23	Arpajon / St Germain-lès-Arpajon	1,85	43	23,24	3,58	Ensemble écarté
24	Corbeil-Essonnes Montconseil - Nacelle	2,54	94,9	37,36	5,76	Ensemble conservé
26	Ris-Orangis Centre - Nationale	0,79	62,9	79,62	12,27	Ensemble conservé
28	Morsang-sur-Orge Centre	0,66	22,9	34,70	5,35	Ensemble conservé

Tableau 20. Critères énergétiques pour les différents ensembles de fortes consommations.

Il est encore une fois nécessaire de rappeler que la mise à l'écart de ces zones dans le cadre de cette étude ne veut pas dire que la mise en place d'un réseau de chaleur n'est pas envisageable. Dans cette situation, les données énergétiques ont besoin d'être approfondies et validées par des recherches plus poussées qui ne peuvent entrer dans le cadre de la présente étude.

Autres critères à prendre en compte

Réserve foncière pour l'emplacement d'un forage

La disponibilité du foncier est un critère important puisque :

- Entre 4 000 et 5 000 m² sont nécessaires pour la réalisation des forages du doublet au Dogger, cette surface étant ensuite réduite à 1 000 m² en exploitation.
- Deux surfaces d'entre 3 000 et 4 000m² éloignées si possible d'environ 1 000m sont nécessaires pour la réalisation de deux puits droits à l'Albien ou au Néocomien, surfaces étant ensuite réduites à moins de 1 000m² à chaque extrémité.

Bien que crucial dans le développement d'un projet géothermique, ce critère n'est pas discriminant dans le département de l'Essonne. En effet, ce département présente des densités d'implantation moins fortes que ce qu'il est possible de rencontrer sur les communes de petite couronne, et la réserve foncière est dans l'ensemble des cas suffisante pour la réalisation d'une géothermie.

Aménagement du territoire

Sur le département de l'Essonne, de nombreux aménagements sont prévus ou en cours de réalisation. A l'heure actuelle, une quantité importante de projets sont recensés, dont les principales caractéristiques peuvent être consultées et téléchargées sur le site de l'IAU¹⁴. Ces projets sont soit :

- Des ZAC (Zone d'Aménagement Concertée), avec développement de nouveaux pôles d'activités. Ces zones, de tailles restreintes, présenteront des bâtiments aux normes thermiques les plus exigeantes (RT 2012, BBC,...), et seront donc faiblement consommatrices. Les bâtiments qui les composeront seront ajoutés à l'étude mais non déterminants pour la hiérarchisation.
- Des projets de rénovation urbaines, ne concernant que l'habitat existant (NPNRU – Nouveau Plan National de Rénovation Urbaine), par exemple Quartier des Cinéastes à Epinay-sous-Senart, Les Aunettes à Sainte Geneviève des Bois, Pyramide à Evry, Noyer-Renard à Athis-Mons... Ces projets seront pris en compte au travers des diminutions de consommations qui découleront des rénovations énergétiques.

Les opérations d'envergure telles que l'OIN, les CDT ont également été intégrés, l'ensemble de ces potentiels de nouveaux aménagements ou modifications des opérations existantes permettant d'augmenter les consommations existantes.

Attention, au vu des informations disponibles, certaines ZAC de taille importante pourraient nécessiter la mise en place de réseau de chaleur à elles seules. Les principales sont :

- Le territoire du sud du plateau de Saclay, et les ZAC du Moulon et de l'école Polytechnique, actuellement en cours d'aménagement, qui deviendront fortement consommatrices d'énergie, avec l'installation de nombreuses universités, centres de recherche, activités et logements. Cependant, l'EPPS, en charge de l'aménagement de ce territoire, prévoit déjà le développement de deux boucles tempérées à l'Albien.
- La ZAC Grand Stade de Rugby, actuellement en réflexion, fait l'objet d'un projet de réseau de chaleur. Cette zone ne sera donc pas étudiée dans le cadre de cette étude.
- La ZAC des Portes de Bondoufle. Pour cette ZAC, l'AFTRP, aménageur, réfléchi conjointement avec la communauté d'agglomération Evry-Centre Essonne à plusieurs solutions de raccordement, soit via un nouveau réseau, soit via des réseaux d'ilots, soit via une conduite qui alimenterait le réseau d'Evry-Courcouronnes à partir de l'UIOM de Vert-le-Grand, voir une mutualisation avec la ZAC Val-Vert du Plessis-Pâté.

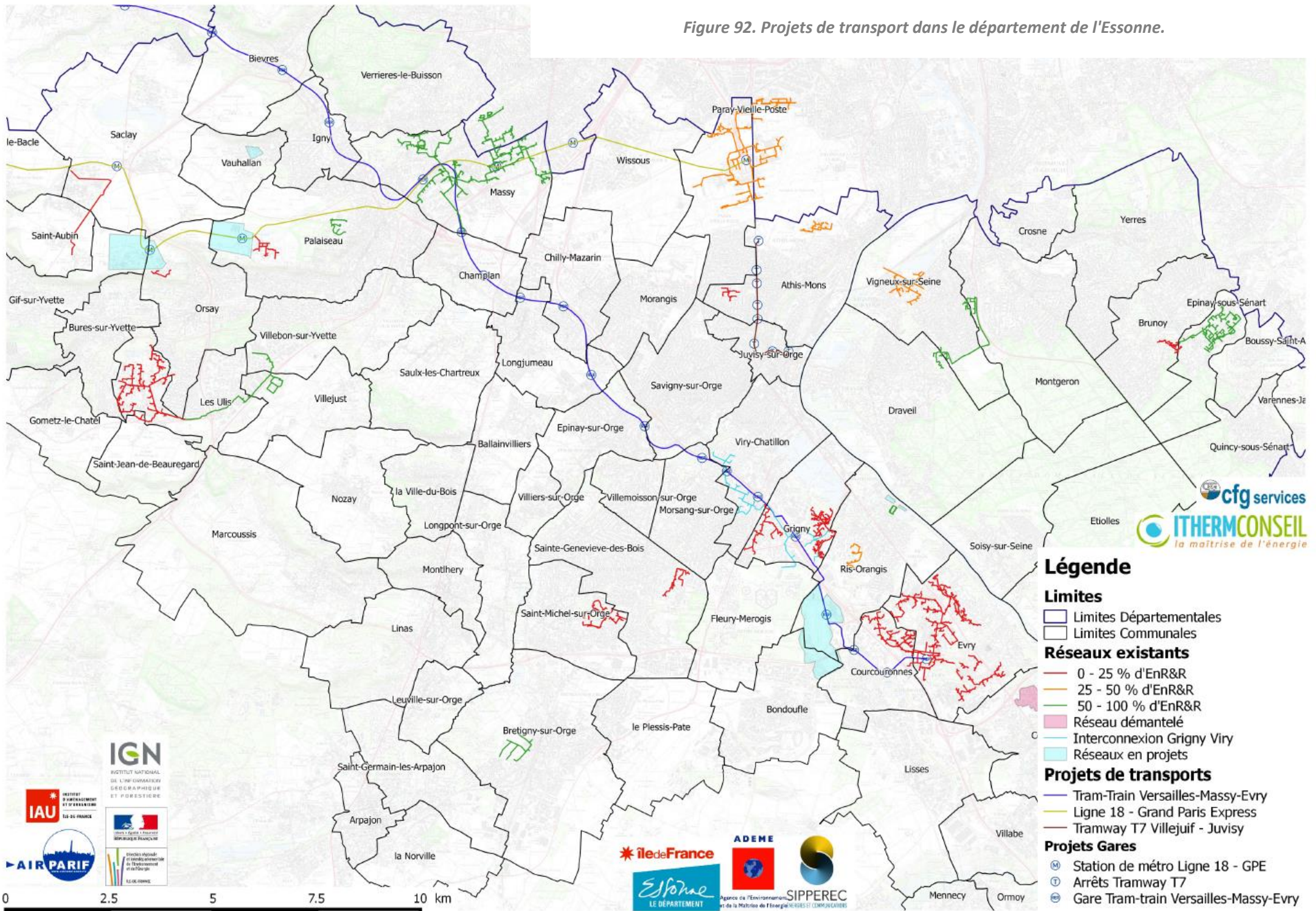
¹⁴ <http://carto.iau-idf.fr/webapps/projets/>

Pour ces trois principales zones, la réflexion est en cours et plus ou moins avancée, et la création d'un réseau de chaleur alimenté par énergies renouvelables semble être à l'étude. Cette étude ne s'est donc pas concentrée sur ces zones pour lesquelles des réflexions existent.

Parmi les projets d'aménagement, de grands projets de transports structurants sont en train de se développer sur le département de l'Essonne, parmi lesquels (cf. Figure 92) :

- **Grand Paris Express (GPE)** : Le tracé définitif du métro automatique Grand Paris qui doit ceinturer la capitale a été officiellement établi lors de la signature du protocole le 26 janvier 2011 entre l'Etat et le Conseil Général de l'Essonne. La desserte du Plateau de Saclay ne faisait pas consensus à cette date entre l'Etat et la Région mais a été actée dans le tracé final du réseau de transport du Grand Paris du 26 mai 2011. La ligne 18 (Orly – Versailles puis Nanterre) traversera donc le département entre la gare de Massy-Palaiseau et Saclay. Le premier tronçon mis en service devrait concerner la portion CEA Saclay – Massy-Palaiseau, avec desserte du Territoire Sud du plateau de Saclay actuellement en aménagement par l'EPPS, à l'horizon 2023-2024.
- **TTME** : Le projet Tram-Train Massy-Évry est un projet qui vise à relier les deux grands pôles d'emplois de Massy et Évry, via Épinay-sur-Orge, par un mode de transport performant et alternatif à la voiture. Entre Massy et Epinay-sur-Orge, les voies du RER C seront réutilisées et les gares adaptées, entre Epinay-sur-Orge et Evry, de nouvelles voies en mode tramway seront créées. Il est prévu que la préparation des terrains soit lancée en 2015 pour une mise en service d'ici fin 2019 de la ligne d'approximativement 20km qui traversera 12 communes du département : Palaiseau, Massy, Champlan, Longjumeau, Chilly-Mazarin, Epinay-sur-Orge, Morsang-sur-Orge, Viry-Châtillon, Grigny, Ris-Orangis, Courcouronnes et Evry.
- **T7 Villejuif - Athis-Mons – Juvisy** : Reliant depuis fin 2013 Villejuif à Athis-Mons en suivant la Nationale 7 et en desservant le marché de Rungis et le terminal Sud d'Orly la ligne 7 du tramway à vocation à être prolongée d'ici à 2021 (travaux prévus sur 2015 – 2021) jusqu'au pôle d'échange multimodal de Juvisy-sur-Orge. Cette prolongation de 3.7km qui traversera Athis-Mons et Juvisy-sur-Orge continuera à suivre la Nationale 7 avant de bifurquer vers l'Est en direction du centre de Juvisy-sur-Orge. Ce projet sera accompagné d'un réaménagement complet de la gare de Juvisy-sur-Orge en pôle multimodal ainsi que d'un aménagement complet de l'ensemble du trajet (avec passage en sous-terrain sous le parc de la Mairie).

Figure 92. Projets de transport dans le département de l'Essonne.



Légende

- Limites**
- Limites Départementales
 - Limites Communales
- Réseaux existants**
- 0 - 25 % d'EnR&R
 - 25 - 50 % d'EnR&R
 - 50 - 100 % d'EnR&R
 - Réseau démantelé
 - Interconnexion Grigny Viry
 - Réseaux en projets
- Projets de transports**
- Tram-Train Versailles-Massy-Evry
 - Ligne 18 - Grand Paris Express
 - Tramway T7 Villejuif - Juvisy
- Projets Gares**
- Ⓜ Station de métro Ligne 18 - GPE
 - Ⓣ Arrêts Tramway T7
 - Ⓜ Gare Tram-train Versailles-Massy-Evry

IGN
INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATIQUE GÉOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE

IAU
INSTITUT D'AMÉNAGEMENT ET D'URBANISME DE LA SEINE-SAINT-DENIS

AIR PARIS

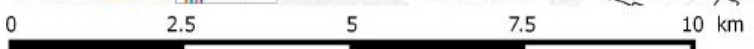
Direction régionale de l'Équipement et de l'Énergie Île-de-France

iledeFrance

Esso
LE DÉPARTEMENT

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

SIPPEREC



Conclusion de la méthode de criblage.

La méthode de criblage développée pour les besoins surface a permis, à partir de données énergétiques, patrimoniales et techniques, de définir 13 zones à fort potentiel de développement de la géothermie au sein des ensembles de fortes consommations énergétiques du département. Les 13 zones restantes, listées ci-dessous, ont fait l'objet d'un affinement des données avec prise en compte, lorsque le projet permet une connexion à un réseau existant, des consommations de ce réseau.

Zone	Potentiel 2020	Densité Thermique	Potentiel Dogger	Potentiel Albien	Potentiel Néocomien
Athis-Mons Centre - Bord de Seine	68,5 GWh	43,91 kWh/m ²	Très Bon	Excellent	Excellent
Brétigny-sur-Orge Est	51,2 GWh	35,56 kWh/m ²	Non réservoir	Très bon	Bon / Très Bon
Chilly-Mazarin / Longjumeau	186 GWh	47,45 kWh/m ²	Bon	Excellent	Très Bon
Corbeil-Essonnes Montconseil Nacelle	98,7 GWh	36,83 kWh/m ²	Bon	Très bon	Très Bon
Draveil Centre	51,4 GWh	31,53 kWh/m ²	Très bon	Excellent	Très Bon
Juvisy-sur-Orge Centre	67,1 GWh	69,9 kWh/m ²	Bon	Excellent	Très Bon / Excellent
Palaiseau Centre	80,3 GWh	55,38 kWh/m ²	Moyen/Bon	Très bon	Bon / Très Bon
Ris-Orangis Centre - Nationale	44,6 GWh	81,09 kWh/m ²	Permis de recherche	Excellent	Très Bon
S ^{te} Geneviève / Fleury-Merogis	75 GWh	47,47 kWh/m ²	Bon	Très bon	Très Bon
S ^t -Michel / S ^t -Geneviève	92,4 GWh	86,36 kWh/m ²	Moyen	Très bon	Très Bon
Morsang-sur-Orge Centre	22,9 GWh	34,70 kWh/m ²	Excellent	Très Bon	Bon
Savigny Grand Vaux / Morsang Nord	91,1 GWh	70,08 kWh/m ²	Bon	Excellent	Très Bon
Yerres / Brunoy	197 GWh	71,12 kWh/m ²	Excellent	Excellent	Excellent

Tableau 21. Zones à fort potentiel de développement de la géothermie. En vert : les créations, en bleu : les extensions et en orange : les interconnexions.

2.1.3. Hiérarchisation des zones à fort potentiel de développement géothermique

Cette étude a ensuite dû déterminer, au sein de ces 13 zones, lesquelles présentaient le plus fort potentiel en vue de réaliser une étude technico-économique de celles-ci. Les données extraites de l'étude CENTER ont été croisées avec celle extraites du recensement patrimonial effectué auprès des bailleurs sociaux et des collectivités, ainsi qu'avec les potentialités des différents aquifères décrit précédemment dans la partie « Méthode de criblage pour les opérations de géothermie profonde ».

Données patrimoniales - Recensement

En effet, afin de disposer des données les plus fiables possibles, nous avons contacté la majorité des bailleurs sociaux du département afin de connaître les caractéristiques énergétiques de leur patrimoine. Sur l'ensemble de l'Essonne, actuellement, un peu plus de 60 % du parc social locatif est connu avec plus ou moins de retours suivant les villes (cf. Tableau 22). Sur ce tableau, certaines valeurs indiquent un taux de recensement supérieur à 100%. Ceci s'explique par le fait que sur ces petites communes, le seul bailleur social a construit un programme entre le recensement RPLS (qui sert de base) et le recensement de l'étude.

Ces données des bailleurs sociaux ont été complétées par un recensement auprès des collectivités avant d'être cartographiées.

COMMUNE	LGTS SOCIAUX REENSES	LGTS SOCIAUX INSEE	TAUX REPONSE	COMMUNE	LGTS SOCIAUX REENSES	LGTS SOCIAUX INSEE	TAUX REPONSE
ARPAJON	728	1089	67%	MENNECY	712	970	73%
ATHIS-MONS	2144	4381	49%	MONTGERON	206	2146	10%
BONDOUFLE	251	356	71%	MONTLHERY	167	305	55%
BOUSSY-SAINT-ANTOINE	92	473	19%	MORANGIS	53	501	11%
BRETIGNY-SUR-ORGE	2313	3033	76%	MORSANG-SUR-ORGE	1460	2041	72%
BRUNOY	1569	1956	80%	NOZAY	26	119	22%
BURES-SUR-YVETTE	210	565	37%	ORSAY	149	499	30%
CHAMPLAN	75	75	100%	PALaiseau	1799	2860	63%
CHILLY-MAZARIN	903	1238	73%	PARAY-VIEILLE-POSTE	35	423	8%
CORBEIL-ESSONNES	5333	6037	88%	QUINCY-SOUS-SENART	557	590	94%
COURCOURONNES	1258	1899	66%	RIS-ORANGIS	2943	3258	90%
CROSNE	127	454	28%	SACLAY	46	179	26%
DRAVEIL	1084	3192	34%	SAINTE-GENEVIEVE-DES-BOIS	2583	3470	74%
EPINAY-SOUS-SENART	1349	1909	71%	SAINT-GERMAIN-LES-ARPAJON	721	911	79%
EPINAY-SUR-ORGE	62	334	19%	SAINT-GERMAIN-LES-CORBEIL	52	287	18%
EVRY	5214	8329	63%	SAINT-MICHEL-SUR-ORGE	1040	2306	45%
FLEURY-MEROGIS	657	1251	53%	SAINT-PIERRE-DU-PERRAY	157	666	24%
GIF-SUR-YVETTE	1416	1034	137%	SAINTRY-SUR-SEINE	176	128	138%
GRIGNY	100	3881	3%	SAULX-LES-CHARTREUX	87	298	29%
IGNY	650	737	88%	SAVIGNY-SUR-ORGE	1430	2268	63%
JUVISY-SUR-ORGE	461	1669	28%	SOISY-SUR-SEINE	336	343	98%
LA VILLE-DU-BOIS	63	143	44%	VERRIERES-LE-BUISSON	461	1018	45%
LE PLESSIS-PATE	44	96	46%	VIGNEUX-SUR-SEINE	2093	4392	48%
LES ULIS	3856	4437	87%	VILLEBON-SUR-YVETTE	215	481	45%
LEUVILLE-SUR-ORGE	95	88	108%	VILLEMORISSON-SUR-ORGE	68	222	31%
LINAS	75	172	44%	VILLIERS-SUR-ORGE	40	320	13%
LISSES	552	728	76%	VIRY-CHATILLON	2438	4401	55%
LONGJUMEAU	2429	2631	92%	WISSOUS	50	254	20%
LONGPONT-SUR-ORGE	50	103	49%	YERRES	856	1585	54%
MASSY	4287	7037	61%	VILLABE	31	182	17%
TOTAL GENERAL					58434	96750	60%

Tableau 22. Taux de réponse du recensement patrimonial auprès des bailleurs sociaux.

Dans la suite, le terme de « bâtiments raccordables » fera référence à des programmes sociaux, copropriétés ou bâtiments de collectivités dont les locaux sont chauffés collectivement par une chaudière gaz (éventuellement fioul) possédant, ou non, un système d'eau chaude sanitaire collective.

Les bâtiments dont les locaux sont chauffés de manière individuelle, ou pour lesquelles l'information sur le caractère collectif/individuel du chauffage n'est pas clair, par exemple si l'information transmise dans le cadre du recensement collectif n'est pas explicite, et que le bâtiment ne présente a priori pas de chaufferies, le bâtiment a été écarté de l'étude.

Typologie de bâtiments

Parmi les zones retenues une écrasante majorité des bâtiments ne sont pas adaptés à la mise en place d'une géothermie à l'Albien ou au Néocomien. En effet, l'exploitation de ces ressources est plus adaptée à des consommations à basse température (via plancher chauffant par exemple), ce qui :

- N'est pas le cas sur bâtiments existants même après avoir fait l'objet d'une rénovation énergétique dans le cadre d'un plan de rénovation urbaine comme peuvent en subir un certain nombre de zones
- Est le cas sur les ZAC avec des bâtiments faiblement consommateurs, mais les zones retenues comportent extrêmement peu de ce type de projets.

Dans le cadre des zones définies à fort potentiel de développement de la géothermie, un projet à l'Albien ou au Néocomien présente donc encore, en l'état actuel des technologies, trop de risques et nécessite une étude approfondie. Concernant les programmes neufs, la mise en place de panneaux de sols ou d'émetteurs de chaleur basse température permet d'envisager beaucoup plus facilement la mise en place d'une telle géothermie profonde.

Regroupement de zones

Partant de ce constat, seuls les critères définis pour le Dogger à la Figure 90 subsistent, à savoir un minimum de 6000 logements ou un volume d'énergie entre 60 et 100GWh.

Il a été estimé qu'environ 2/3 des potentiels définis par l'étude CEREN qui sert de base à cette réflexion seront effectivement raccordables à un réseau de chaleur à courte échéance. Cela se justifie par l'existence de petits collectifs coûteux à raccorder, de commerces et bâtiments tertiaires qui ne seront pas forcément pris en compte dans la suite de l'étude... Les potentiels de raccordement à courte échéance sont donc, pour chacune des zones, les suivants :

Zone	Potentiel à courte échéance (GWh)
Athis-Mons Centre - Bord de Seine	46
Brétigny-sur-Orge Est	34
Chilly-Mazarin / Longjumeau	124
Corbeil-Essonnes Montconseil - Nacelle	66
Draveil Centre	34
Juvisy-sur-Orge Centre	45
Palaiseau Centre	54
Ris-Orangis Centre - Nationale	30
Sainte-Geneviève / Fleury-Merogis	50
Saint-Michel / Sainte-Geneviève	62
Morsang-sur-Orge Centre	15
Savigny Grand Vaux – Gare / Morsang Nord	61
Yerres / Brunoy	131

Tableau 23. Potentiel de raccordement à un réseau de chaleur à courte échéance.

Cinq zones atteignent finalement les critères définis pour une opération au Dogger, dont 3 de manière très limite. Pour cette raison, il a été décidé d'essayer de regrouper les zones de forte proximité géographique. Les deux regroupements présentés au Tableau 24 ont donc été effectués. Il est à noter que la somme des différentes zones ne donne pas forcément le total du regroupement. En effet, le rapprochement des zones a permis d'englober des consommations plus faibles et des surfaces qui n'étaient pas reprises dans les ensembles précédemment effectués.

Regroupement	Zone	Surface zone	Potentiel 2020 (GWh)	Potentiel à courte échéance (GWh)
1	Athis-Mons Centre - Bord de Seine	1,56 km ²	68,5	46
	Juvisy-sur-Orge Centre	0,96 km ²	67,1	45
	Athis-Mons / Juvisy-sur-Orge	3,67 km²	163	109
2	Savigny-sur-Orge / Morsang Nord	1,30 km ²	88,9	61
	Morsang-sur-Orge Centre	0,66 km ²	22,9	15
	Savigny-sur-Orge / Morsang-sur-Orge	2,16 km²	112	82
3	Sainte-Geneviève / Fleury-Merogis	1,58 km ²	75,0	50
	Saint-Michel / Sainte-Geneviève	1,07 km ²	92,4	62
	Ste Geneviève / St Michel / Fleury-Merogis	3,82 km²	175	117

Tableau 24. Regroupements effectués pour définir les zones à très fort potentiel.

Le premier regroupement a été effectué en rajoutant aux deux ensemble de fortes consommations celui de la cité I3F du Noyer Renard, situé à Athis Mons et potentiellement raccordable.

Le troisième regroupement s'effectue autour de l'interconnexion entre le réseau technique du centre pénitentiaire de Fleury-Merogis, le réseau St Hubert à Ste-Geneviève-des-Bois et le réseau Bois des Roches à St-Michel-sur-Orge.

Hiérarchie

Suite à ces rapprochements, le récapitulatif est le suivant :

Zone	Potentiel courte échéance (GWh)	Densité Thermique (kWh/m ²)	Potentiel Dogger	Potentiel Albien	Potentiel Neocomien
Athis-Mons / Juvisy-sur-Orge	109	44,41	Très Bon	Excellent	Excellent
Athis-Mons Centre - Bord de Seine	46	43,91	Très Bon	Excellent	Excellent
Brétigny-sur-Orge Est	34	35,56	Non réservoir	Très bon	Bon / Très Bon
Chilly-Mazarin / Longjumeau	124	47,45	Bon	Excellent	Très Bon
Corbeil-Essonnes Centre	66	36,83	Bon	Très bon	Très Bon
Draveil Centre	34	31,53	Très bon	Excellent	Très Bon
Juvisy-sur-Orge Centre	45	69,9	Bon	Excellent	Très Bon / Excellent
Palaiseau Centre	54	55,38	Moyen/Bon	Très bon	Bon / Très Bon
Ris-Orangis Centre	30	81,09	Permis de recherche	Excellent	Très Bon
Ste Geneviève / St Michel / Fleury-Merogis	117	45,81	Bon	Très Bon	Très Bon
Sainte-Geneviève / Fleury-Merogis	50	47,47	Bon	Très bon	Très Bon
Saint-Michel / Sainte-Geneviève	62	86,36	Moyen	Très bon	Très Bon
Morsang-sur-Orge Centre	15	34,7	Excellent	Très Bon	Bon
Savigny-sur-Orge / Morsang Nord	61	70,08	Bon	Excellent	Très Bon
Savigny-sur-Orge / Morsang-sur-Orge	82	56,94	Bon	Excellent	Très Bon
Yerres / Brunoy	131	71,12	Excellent	Excellent	Excellent

Tableau 25. Définition des zones à fort potentiel de développement de la géothermie.

Zone	Potentiel 2020	Densité Thermique	Potentiel Dogger	Potentiel Albien	Potentiel Neocomien	Groupe
Athis-Mons / Juvisy-sur-Orge	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Athis-Mons Centre - Bord de Seine	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange
Brétigny-sur-Orge Est	Orange	Orange	Orange	Vert	Vert	Orange
Chilly-Mazarin / Longjumeau	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Corbeil-Essonnes Centre	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Orange
Draveil Centre	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Orange
Juvisy-sur-Orge Centre	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange
Palaiseau Centre	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Orange
Ris-Orangis Centre	Orange	Vert	Recherche	Vert	Vert	Orange
Ste Geneviève / St Michel / Fleury-Merogis	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Sainte-Geneviève / Fleury-Merogis	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange
Saint-Michel / Sainte-Geneviève	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Orange
Morsang-sur-Orge Centre	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Orange
Savigny-sur-Orge / Morsang Nord	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange
Savigny-sur-Orge / Morsang-sur-Orge	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Yerres / Brunoy / Epinay-sous-Sénart	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert

Tableau 26. Hierarchisation des zones d'études.

ZONE :
En Vert : Créations de réseaux ex-nihilo
En Orange : Interconnexions et extensions de plusieurs réseaux
En Bleu : Raccordement d'un réseau
GROUPE :
En Orange : Groupe 2
En Vert : Groupe 1

Echelle					
Excellent	Très bon	Bon	Moyen	Faible	Non applicable

2.2. Identification des groupes

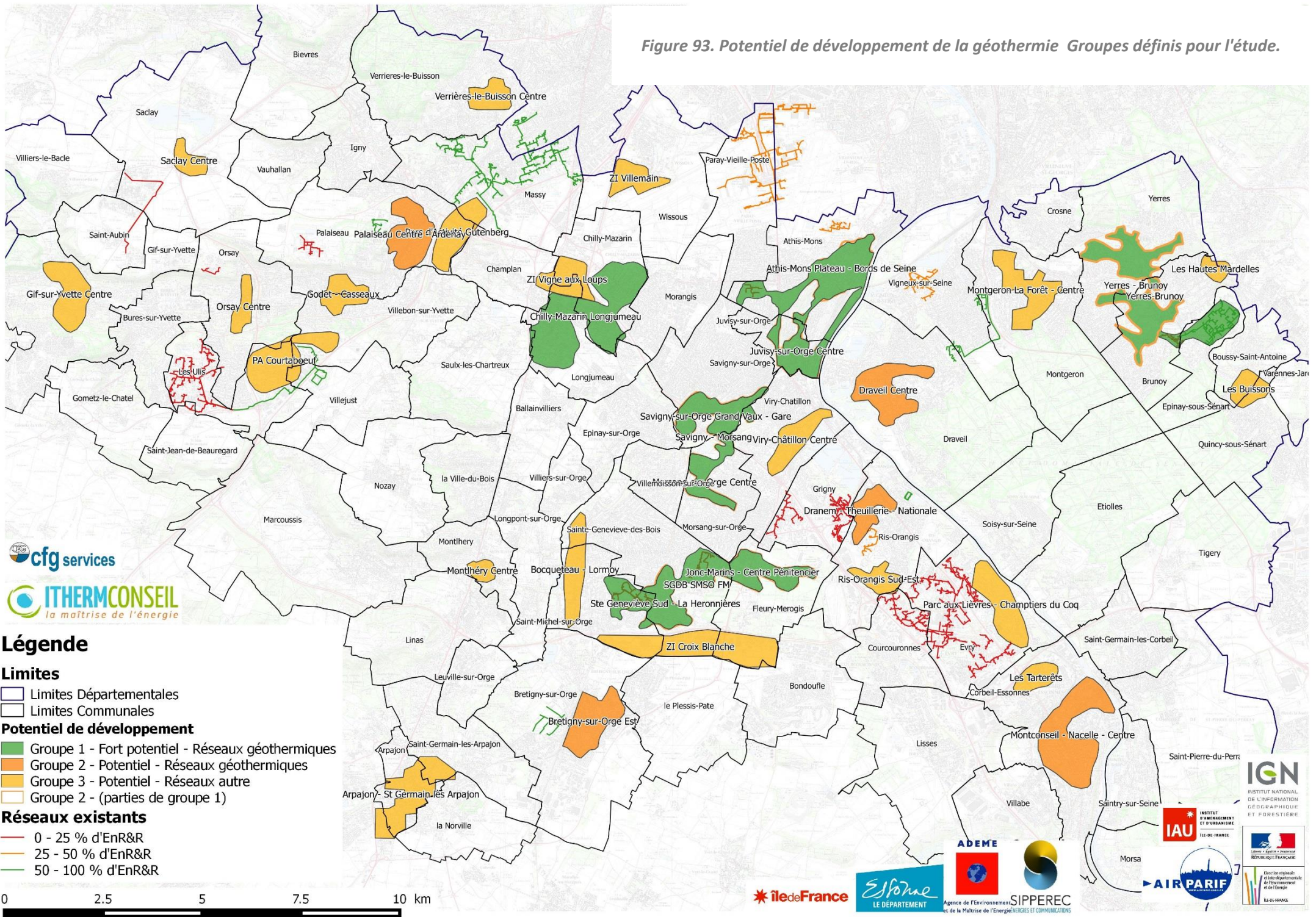
La méthode de criblage utilisée a permis d'effectuer le classement du département en 3 groupes, qui sont repris sur la Figure 93 ci-dessous.

Le Groupe 1 correspond aux zones à très fort potentiel de développement de la géothermie, pour lesquelles une étude technico-économique a été menée et est présentée dans la suite de l'étude.

Le Groupe 2 représente les zones où le potentiel de développement de la géothermie est fort, mais nécessite quand même des études plus poussées. En effet, de par les caractéristiques des bâtiments, les besoins recensés... Ces zones ne permettent pas de déterminer dans le cadre de cette première approche, qu'un projet de géothermie profonde soit intéressant.

Le Groupe 3 reprend tous les autres ensembles de fortes consommations du département. Dans chacune de ces zones, des possibilités de mise en place de réseau de chaleur existent, mais la ressource géothermale ne semble pas être la plus adaptées aux besoins de la zone, ou le potentiel n'est pas assez sûr pour la mise en place d'une telle étude.

Figure 93. Potentiel de développement de la géothermie Groupes définis pour l'étude.



cfp services

ITHERMCONSEIL
la maîtrise de l'énergie

Légende

Limites

- Limites Départementales
- Limites Communales

Potentiel de développement

- Groupe 1 - Fort potentiel - Réseaux géothermiques
- Groupe 2 - Potentiel - Réseaux géothermiques
- Groupe 3 - Potentiel - Réseaux autre
- Groupe 2 - (parties de groupe 1)

Réseaux existants

- 0 - 25 % d'EnR&R
- 25 - 50 % d'EnR&R
- 50 - 100 % d'EnR&R

0 2.5 5 7.5 10 km

iledeFrance

Es Seine
LE DÉPARTEMENT

ADEME

SIPPEREC
Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

IAU
INSTITUT D'AMÉNAGEMENT
ET D'URBANISME
Ile-de-France

AIR PARIS

IGN
INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE

Direction régionale
de l'Énergie, du Climat
et de l'Environnement
Ile-de-France

2.2.1. Groupe 1

Le groupe 1 rassemble toutes les « Zones où la réalisation d'une opération de géothermie est favorable ».

Zone	Potentiel 2020	Densité Thermique	Potentiel Dogger	Potentiel Albien	Potentiel Neocomien	Potentiel identifié
Athis-Mons / Juvisy-sur-Orge						Environ 90 GWh
Chilly-Mazarin / Longjumeau						Environ 100 GWh
Ste Geneviève / St Michel / Fleury-Merogis						Environ 150 GWh
Savigny-sur-Orge / Morsang-sur-Orge						Environ 70 GWh
Yerres / Brunoy / Epinay-sous-Sénart						Environ 120 GWh

Tableau 27. Caractéristiques des zones du Groupe 1

En Vert : Créations de réseaux ex-nihilo
En Orange : Interconnexions et extensions de plusieurs réseaux
En Bleu : Raccordement d'un réseau existant à un projet plus important

Echelle					
Excellent	Très bon	Bon	Moyen	Faible	Non applicable

Ces cinq zones ont fait l'objet d'une étude approfondie qui est détaillée dans le paragraphe : « Analyse technico-économique pour les villes retenues dans le Groupe 1 ».

2.2.2. Groupe 2

Le groupe 2 rassemble toutes les « Zone à fort potentiel de développement de la géothermie mais pour lesquelles des études plus poussées sont nécessaires ».

Pour les zones du Groupe 2, soit :

- l'accès au Dogger n'est pas réalisable, seules, en raison d'un manque de valorisation en surface, c'est dans ce cadre que certaines zones se trouvent regroupées par deux en groupe 1 ;
- soit les besoins en surface sembleraient suffisant mais leur grande dispersion rendrait incertaine, en première approche, la faisabilité d'une opération.

Celles-ci pourront éventuellement et sous réserves d'études complémentaires :

- S'associer avec des communes limitrophes pour créer une opération de géothermie profonde ou se raccorder à un réseau géothermique déjà existant ;
- Réaliser une opération de géothermie au Dogger après confirmation du potentiel ;
- Se tourner, seules ou en association, vers des aquifères plus superficiels tels que le Lusitanien/Néocomien ou l'Albien avec l'installation de pompes à chaleur ;

Ces zones font l'objet d'une fiche zone avec données chiffrées, reprise dans le classeur ville en annexe de ce rapport, et sont détaillée de manière succincte ci-après.

Zone	Potentiel 2020	Densité thermique	Logements sociaux	Potentiel Dogger	Potentiel Albien	Potentiel Neocomien	Conclusion
Athis-Mons Centre - Bord de Seine							Potentiel correct mais diffus - Regroupements possibles
Brétigny-sur-Orge Est							Opération à l'Albien envisageable mais potentiel moyen et diffus
Corbeil-Essonnes Centre							Opération envisageable avec potentiel important mais diffus
Draveil Centre							Opération de faible envergure envisageable mais potentiel moyen et diffus
Juvisy-sur-Orge Centre							Potentiel important et dense - Regroupements possibles
Palaiseau Centre							Opération de moyenne envergure envisageable avec un potentiel important mais diffus
Ris-Orangis Centre				Recherche			Potentiel correct et dense - Raccordements aux réseaux à proximité à envisager
Sainte-Geneviève / Fleury-Merogis							Potentiel important avec raccordement au réseau - Regroupements possibles
Saint-Michel / Sainte-Geneviève							Potentiel important avec raccordement au réseau - Regroupements possibles
Morsang-sur-Orge Centre							Potentiel faible et diffus - Regroupement possibles
Savigny-sur-Orge / Morsang Nord							Potentiel correct encore amélioré avec regroupement
Yerres / Brunoy (sans Epinay ^s / _s Senart)							Potentiel important mais diffus - Raccordements aux réseaux à proximité à envisager

Tableau 28. Caractéristiques des zones du Groupe 2

En Vert : Création de réseaux ex-nihilo
En Bleu : Raccordement d'un réseau existant à un projet plus important

Echelle					
Excellent	Très bon	Bon	Moyen	Faible	Non applicable

Concernant Ris-Orangis, un permis de recherche au Dogger a déjà été accordé pour la zone, et le forage du troisième puit géothermique commencera au 2^{ème} semestre 2015. Le périmètre sera ensuite diminué à la taille d'une gélule lors de la mise en service du triplet prévue fin 2015.

Athis-Mons – Quartiers Centre, Seine

Superficie	1,56 km ²
Nombre de logements sociaux	2 889 logements + 1 720 (quartier du Noyer-Renard)
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	60,9 GWh
Densité thermique	39,08 kWh/m ²
Densité linéique	3,58 MWh/ml

La ville d'Athis-Mons présente un potentiel intéressant et relativement dense, qui permet d'envisager la mise en place d'une géothermie à l'Albien, au Néocomien ou au Lusitanien. Cependant, les caractéristiques des bâtiments ont conduit à écarter cette zone dans le cadre de notre pré-étude.

Une étude portant sur la faisabilité de mise en place d'une géothermie à l'Albien est envisageable et pourra être menée, mais ne pourra aboutir sans le concours de l'Athégienne.

La mise en place d'une opération au Dogger n'est pas envisageable sur cette zone seule, mais l'est par contre dans le cadre d'un regroupement avec la zone voisine de Juvisy-sur-Orge et en englobant le réseau du Noyer Renard. Cette zone regroupée fait l'objet d'une analyse technico-économique présentée plus loin dans cette étude dans le cadre du Groupe 1.

Brétigny sur Orge Est – Quartiers La Moinerie, Les Ardrets, Saint Pierre

Superficie	1,13 km ²
Nombre de logements sociaux	1 815 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	39,1 GWh
Densité thermique	34,6 kWh/m ²
Densité Linéique	5,33 MWh/ml

Le potentiel surface semble intéressant et permettrait d'envisager la mise en place d'une géothermie à l'Albien ou au Néocomien (le Dogger n'étant de toute manière pas réservoir au droit de la commune). Cependant, les besoins semblent diffus et peu adaptés à la mise en place de ce type de géothermie.

Plusieurs pistes peuvent être explorées en vue de mettre en place un réseau de chaleur sur cette partie de la commune :

- Mise en place d'un réseau à l'Albien ou au Néocomien après étude en vue de confirmer les besoins et leur densité. Une attention particulière devra être portée au fait que cette commune n'est pas en zone privilégiée d'implantation d'un tel forage au sens du SDAGE ;
- Mise en place d'un réseau biomasse, en fonction des résultats d'une étude de faisabilité multi-énergie ;
- Extension du réseau existant sur la partie Ouest de la ville avec rajout de moyens de production à base d'EnR&R (biomasse, géothermie superficielle...).

Corbeil-Essonne – Quartiers Montconseil, La Nacelle, Centre

Superficie	2,68 km ²
Nombre de logements sociaux	3524 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	94,9 GWh
Densité thermique	37,36 kWh/m ²
Densité linéique	5,76 MWh/ml

Cette zone présente un très bon potentiel de consommations pouvant permettre d'envisager la mise en place d'une géothermie profonde. Cependant, ces besoins sont répartis suivant trois branches bien distinctes : vers Montconseil, vers la Nacelle et vers le centre, nécessitant des investissements importants et donc des études plus poussées, d'autant plus que la forte part d'électricité dans la consommation énergétique de la commune pourrait exclure de fait un certain nombre de bâtiments.

Une étude de faisabilité pourrait donc être menée en vue de :

- Confirmer et densifier les besoins, en particulier en se penchant sur les bâtiments publics (commune, agglomération) non recensés dans cette étude ;
- Valider les investissements nécessaires à la distribution ;
- Vérifier la présence de réseau technique sur certains programmes existants.

Draveil Centre

Superficie	0,91 km ²
Nombre de logements sociaux	2 256 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	36,2 GWh
Densité thermique	39,78 kWh/m ²
Densité linéique	6,13 MWh/ml

Au vue des besoins énergétiques et du relatif isolement géographique de la zone (qui ne permet pas d'envisager un regroupement avec une autre zone), seule la mise en place d'une géothermie à l'Albien ou au Néocomien est envisageable. Cependant, de grandes incertitudes sur les caractéristiques des bâtiments ne permettent pas d'envisager de mener cette analyse dans le cadre de cette pré-étude.

Une consolidation des besoins permettra d'analyser, dans le cadre d'une étude de faisabilité, la possibilité de mise en place d'une géothermie à l'Albien ou au Néocomien, d'autant plus que ces ressources présentent un très bon potentiel au droit de la commune.

Une autre piste pour le raccordement de cette zone à un réseau de chaleur géothermique réside dans la mise en place, sur les communes de Montgeron, Vigneux-sur-Seine et Draveil, d'un réseau étendu englobant celui de la ville de Vigneux-sur-Seine et celui de Batigère (Prairie de l'Oly et Bergerie) existants et en étendant celui-ci aux ensembles immobiliers proches, dont le centre de Draveil.

Fleury-Merogis / Ste Geneviève-des-Bois – Quartiers des Joncs-Marin, Les Aunettes

Superficie	0,95 km ²
Nombre de logements sociaux	1525 logements + 1500 raccordés au réseau St Hubert
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	79,4 GWh
Densité thermique	83,58 kWh/m ²
Densité linéique	8,75 MWh/ml

Ces caractéristiques s'entendent avec raccordement du centre pénitencier (30 GWh dont 6,3 GWh d'ECS) et du réseau existant du quartier S^t Hubert (12,6GWh, uniquement chauffage).

La mise en place d'un réseau géothermique au Dogger est en lui-même fortement envisageable, d'autant plus que la création en cours de l'éco-quartier des Joncs-Marins (composé de bâtiments RT2012 ayant des besoins basse température), la forte présence dans le quartier des Aunettes de bâtiments avec plancher chauffant et les caractéristiques de chauffages du centre pénitencier (planchers chauffants), permet d'envisager une exploitation maximale de la ressource géothermique.

Cependant, la très grande proximité avec la zone Sainte-Geneviève-des-Bois Sud – La Héronnière et du Centre Pénitencier à l'Est permet d'envisager, dans le cadre d'un rapprochement de ces deux zones, la mise en place d'une géothermie au Dogger de grande envergure avec exploitation maximale de la ressource.

Juvisy-sur-Orge – Quartiers Centre, Bord de Seine

Superficie	1,05 km ²
Nombre de logements sociaux	1080 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	70,2 GWh
Densité thermique	66,86 kWh/m ²
Densité linéique	10,30 MWh/ml

La ville de Juvisy-sur-Orge présente un potentiel intéressant et très dense, qui permet d'envisager la mise en place d'une géothermie à l'Albien, ou Néocomien ou au Lusitanien. Cependant, au vue du recensement mené dans le cadre de l'étude, ces besoins semblent correspondre à une multitude de poches de moyennes consommations, il est donc difficile d'envisager la mise en place d'un réseau exclusivement sur cette zone, d'autant plus qu'il existe peu de grands ensembles de logements sociaux (par exemple le quartier Bords de Seine est composé quasi-exclusivement de copropriétés).

La mise en place d'une opération au Dogger est plus envisageable dans le cadre d'un regroupement avec la zone voisine d'Athis-Mons et en englobant le réseau du Noyer Renard. Cette zone regroupée fait l'objet d'une analyse technico-économique présentée plus loin dans cette étude.

Morsang-sur-Orge / Savigny-sur-Orge – Quartiers Square Morlet, Gare, Grand Vaux

Superficie	1,57 km ²
Nombre de logements sociaux	1825 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	78,2 GWh
Densité thermique	49,81 kWh/m ²
Densité linéique	7,68 MWh/ml

Le potentiel de cette zone permet d'envisager la mise en place d'une géothermie à l'Albien, au Néocomien ou au Lusitanien, mais les caractéristiques des bâtiments font que des études complémentaires sont nécessaires pour envisager une opération à l'un de ces aquifères.

La mise en place d'un réseau de chaleur géothermique au Dogger de cette zone peut s'envisager :

- Via une alimentation par l'interconnexion en cours des réseaux de Viry-Grigny situé à proximité immédiate ;
- Via une nouvelle opération dans le cadre d'un regroupement avec la zone de Morsang-sur-Orge Centre. Ce regroupement fait partie du Groupe 1 et a fait l'objet d'une étude technico-économique présentée plus loin dans ce rapport.

Morsang-sur-Orge – Quartiers Centre, Guérinière, Square Louise Michel, Compiègne

Superficie	0,66 km ²
Nombre de logements sociaux	1160 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	22,9 GWh
Densité thermique	34,70 kWh/m ²
Densité linéique	5,35 MWh/ml

Le potentiel de cette zone permet, en première approche, d'envisager la mise en place d'un réseau de chaleur alimenté par une opération à l'Albien. Cependant, le caractère diffus des consommations et les caractéristiques des bâtiments nécessitent la mise en place d'études complémentaires pour la zone entière. Cependant, des géothermies superficielles peuvent s'envisager dans le cadre de réseaux techniques locaux.

Cette zone a cependant été regroupée avec la zone Morsang-sur-Orge / Savigny-sur-Orge – Square Morlet, Gare, Grand Vaux dans le cadre du Groupe 1, et a fait l'objet d'une étude technico-économique présentée plus loin dans ce rapport.

Palaiseau Centre – Quartiers Parc d'Ardenay, Le Val, Les Rieux

Superficie	2,02 km ²
Nombre de logements sociaux	1 630 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	85,1 GWh
Densité thermique	42,13 kWh/m ²
Densité linéique	6,49 MWh/ml

Cet ensemble présente un potentiel de développement de la géothermie profonde important mais néanmoins diffus et permettrait, en consolidant les besoins surface, d'envisager à lui seul la mise en place d'une géothermie au Dogger.

Cette opération de géothermie pourrait s'envisager dans le cadre d'un raccordement avec le réseau Camille Claudel ou avec le réseau Massy-Antony via les Parcs d'Activité situés à l'Est de Palaiseau.

Ris-Orangis – Quartiers Theuillerie, Dranem, Nationale

Superficie	0,79 km ²
Nombre de logements sociaux	1 024 logements + 2 000 raccordés au réseau du Plateau
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	62,9 GWh
Densité thermique	79,62 kWh/m ²
Densité linéique	12,27 MWh/ml

En prenant en compte uniquement la zone n'étant pas desservie par un réseau de chaleur, seule la mise en place d'une géothermie à l'Albien ou au Néocomien est envisageable au vue du potentiel, opérations qui ne correspondent pas spécialement aux caractéristiques des bâtiments présents sur la zone.

Cependant, celle-ci est située entre le réseau du Plateau au Sud, le réseau Grigny II (et l'interconnexion Grigny-Viry-Châtillon en cours de réalisation) à l'Ouest et le réseau Dock des Alcools de l'éco-quartier du Val de Ris au Nord, et elle présente un ensemble conséquent de logements sociaux, bâtiments publics et bâtiments d'activités tertiaires à priori raccordables.

La mise en place d'un réseau de chaleur sur cette zone est donc à réfléchir dans le cadre d'une interconnexion de l'ensemble des réseaux situés à proximité. Celle-ci n'a pas été étudiée dans le cadre de la présente étude en raison des investissements lourds déjà en cours de réalisation sur les réseaux, mais doit être envisagée à plus longue échéance (horizon 2025/2030).

Sainte-Geneviève-des-Bois – Quartiers Sud, La Héronnière

Superficie	0,62 km ²
Nombre de logements sociaux	1 147 logements + 1 800 raccordés au réseau Bois des Roches
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	44,8 GWh
Densité thermique	56,78 kWh/m ²
Densité linéique	8,75 MWh/ml

Cette zone composée de 4 ensembles de logements sociaux (entre 250 et 400 logements chacun) et de plusieurs copropriétés permet d'envisager la mise en place d'une géothermie à l'Albien ou au Néocomien. Cependant, la mise en place de ce type de géothermie sur des bâtiments existants anciens est à envisager au bout d'étude poussées.

De plus, la position géographique de cette zone située entre le réseau du quartier Bois des Roches à Saint-Michel-sur-Orge et du quartier St Hubert-Les Aunettes de Sainte-Geneviève-des-Bois permet d'envisager une interconnexion de ces deux réseaux autour des programmes immobiliers de cette zone. L'interconnexion globale a été étudiée dans le cadre du Groupe 1 et fait l'objet d'une étude technico-économique dans la suite du rapport.

Viry-Châtillon Centre

Superficie	0,89 km ²
Nombre de logements sociaux	1350 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	43,5 GWh
Densité thermique	49,43 kWh/m ²
Densité linéique	12 MWh/ml

Située entièrement dans le périmètre de DSP dévolu à la SPL SEER créée fin 2014 en vue de piloter les opérations de l'interconnexion des réseaux de Viry-Châtillon et Grigny autour de la mise en place de deux doublets géothermiques, l'étude de l'opportunité du raccordement de cette zone ou d'une partie de celle-ci sera réalisée dans le cadre de cette délégation de service public.

Yerres / Brunoy – Grand Godeaux, Gambetta, Bord de l'Yerres

Superficie	2,81 km ²
Nombre de logements sociaux	1 780 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	94,3 GWh (hors réseaux existant)
Densité thermique	33,56 kWh/m ²
Densité linéique	5,17 MWh/ml

Ces caractéristiques s'entendent hors réseau d'Epinay-sous-Sénart (78GWh), mais avec raccordement du réseau existant de la résidence de Talma (20GWh).

La mise en place d'un réseau géothermique au Dogger pour cette zone seule est fortement envisageable, bien que le potentiel soit relativement diffus.

Cependant, la très grande proximité du réseau de chaleur géothermique d'Epinay-sous-Sénart, qui dessert des bâtiments particulièrement bien adaptés à la géothermie, permet d'envisager une opération d'interconnexion avec ce réseau maximisant l'utilisation de la ressource géothermique via des mises en cascade.

Cette zone seule nécessite donc des consolidations sur les besoins, mais l'interconnexion globale avec Epinay-sous-Sénart a été étudiée dans le cadre du Groupe 1 et fait l'objet d'une étude technico-économique dans la suite du rapport.

2.2.3. Groupe 3

Le Groupe 3 reprend tous les autres ensembles de fortes consommations du département identifiés qui ne font partie ni du Groupe 1, ni du Groupe 2. Dans chacune de ces zones, des possibilités de mise en place de réseau de chaleur existent, mais :

- la ressource géothermale ne semble pas être la plus adaptée aux besoins de la zone, en raison d'une inadéquation entre les besoins et les caractéristiques propres à un réseau de chaleur alimenté par géothermie
- des freins importants à la mise en place du réseau existent en raison des caractéristiques urbanistiques
- les besoins sont peu connus et nécessitent d'être consolidés par rapport aux spécificités d'une opération de géothermie profonde
- les réseaux à proximité ont déjà envisagé de s'étendre sur l'ensemble identifié

Arpajon / Saint Germain-lès-Arpajon

Superficie	1,85 km ²
Nombre de logements sociaux	2 070 logements
Type de besoin	Habitat et tertiaire
Potentiel 2020	43 GWh
Densité thermique	23,24 kWh/m ²
Densité linéique	3,58 MWh/ml

Cet ensemble présente un potentiel correct pour une géothermie à l'Albien ou au Néocomien, d'ailleurs seules couches productrices au droit des communes. Cependant :

- Il s'agit d'un plan urbanistique mixte comportant quelques grands ensembles dispersés de part et d'autre d'une zone plus typique de Centre-Ville où il est plus compliqué de mettre en place un réseau de chaleur
- Les consommations restent diffuses et à confirmer ;
- Le potentiel sous-sol a été identifié comme moyen.

La mise en place de réseaux de chaleur reste donc envisageable, soit :

- sur l'ensemble de la zone, mais des études de faisabilité poussées sont nécessaires autant en surface qu'en sous-sol ;
- sur des portions de zones avec mise en place de petits réseaux de chaleur ou de réseaux techniques faisant appel à la géothermie superficielle ou à une autre source d'EnR&R, par exemple autour du quartier Croix Rouge/Centre Hospitalier d'Arpajon au Sud ou le long de la N20 avec les résidences de la Prairie et des Grouaisons.

Boussy-Saint-Antoine – Quartier Les Buissons

Superficie	0,64 km ²
Nombre de logements sociaux	474 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	35,1 GWh
Densité thermique	54,8 kWh/m ²

La mise en place d'un réseau de chaleur est possible, mais nécessitera, au vu du faible nombre de logements sociaux, de réunir un nombre important d'acteurs en vue de faire ressortir celui-ci.

De plus, les consommations estimées ne permettent que d'envisager la mise en place d'une géothermie à l'Albien ou au Néocomien, qui nécessitent des études plus poussées en vue de raccorder des ensembles immobiliers anciens.

Brunoy – Quartier Les Hautes Mardelles

Superficie	0,32 km ²
Nombre de logements sociaux	1 116 logements
Type de besoin	Habitat
Potentiel 2020	18,3 GWh
Densité thermique	57,2 kWh/m ²

Les consommations estimées ne permettent que d'envisager la mise en place d'une géothermie à l'Albien ou au Néocomien, qui ne sont pas les mieux adaptés, en l'état actuel des technologies, aux raccordements de bâtiments anciens (datant de la période des grands ensembles), et nécessite donc des études de faisabilités plus poussées.

De plus, ce quartier enclavé présente déjà un réseau technique. Le passage et l'adaptation de l'ensemble de celui-ci à la géothermie pourrait s'avérer compliqué et peu rentable par rapport à la mise en place d'une chaudière biomasse qui s'adapterait facilement aux besoins actuels en vue d'augmenter le taux d'EnR&R du réseau.

Champlan / Chilly-Mazarin / Longjumeau – Zone Industrielle de la Vigne aux-Loups

Superficie	0,25 km ²
Type de besoins	Industriels
Potentiel 2020	8,4 GWh

Cette zone industrielle présente une consommation relativement importante concentrée sur une faible zone. Cependant, les caractéristiques des consommations de ces zones, qui nécessitent pour les process des températures élevées et présentent une forte intermittence ne conviennent pas spécialement à la mise en place d'une géothermie.

Cependant, une réflexion à long terme pourrait être menée en conjonction avec la possible réalisation d'un réseau de chaleur de chaleur sur les communes de Longjumeau et Chilly-Mazarin (cf. Chilly-Mazarin / Longjumeau)

En effet, cette zone industrielle pourrait, à travers la chaleur fatale rejetée (potentiel de récupération à valider par l'étude ADEME – Récupération de chaleur fatale en Ile-de-France) devenir une source d'alimentation du possible réseau, et de son extension sur la zone industrielle.

Corbeil-Essonne – Quartier des Tarterêts

Superficie	0,59 km ²
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	29,4 GWh

Cette cité des années 1970 présente un bon potentiel pour la mise en place d'une géothermie profonde à l'Albien ou au Néocomien, bien que l'adéquation entre les caractéristiques des bâtiments et celle de ce type de réseau doive être étudiée.

Cependant, le démantèlement en 2013 d'un réseau de chaleur qui alimentait une grande partie des bâtiments du quartier ne permet pas d'envisager la mise en place d'un tel réseau à courte ou moyenne échéance.

Evry Nord – Quartiers Champtier-du-Coq, Les Mousseaux, Parc aux Lièvres

Superficie	1,43 km ²
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	67,8 GWh

Le schéma directeur du réseau d'Evry-Courcouronnes envisage des extensions à destination de ces quartiers situés à proximité immédiate du réseau de chaleur existant. Ce schéma directeur, et il s'agit d'une volonté de la communauté d'agglomération d'Evry-Centre-Essonne, prévoit aussi la mise en place de moyens de production renouvelables (géothermie au Dogger, chaufferies CSR, raccordement à l'UIOM de Vert-le-Grand,...).

L'étude du raccordement de ces quartiers a donc été envisagée dans une étude plus poussée que la présente et seront raccordés dans un futur proche aux réseaux d'Evry-Courcouronnes.

Fleury-Merogis / S^{te} Geneviève-des-Bois / S^t Michel-sur-Orge – Zone Industrielle Croix Blanche

Superficie	0,66 km ²
Type de besoins	Industriels
Potentiel 2020	19,6 GWh

Cette zone industrielle ne présente pas les caractéristiques de consommation optimale pour la mise en place d'une géothermie de par ses besoins en température élevés et son intermittence. De plus, de par les activités présentes dans la zone, la mise en place d'un réseau de chaleur à base de chaleur fatale est préconisée par rapport à la géothermie (cf. EnR'Choix).

La mise en place d'un réseau de chaleur à base de chaleur fatale est à réfléchir dans le cadre d'une mutualisation des moyens de production énergétique avec la mise en place des ZAC du Val Vert sur la commune du Plessis Pâté et des Portes de Bondoufle, toutes deux voisines de la zone industrielle.

Gif-sur-Yvette Centre

Superficie	1,3 km ²
Nombre de logements sociaux	850 logements dont 350 en chauffage individuel
Type de besoin	Habitat et tertiaire
Potentiel 2020	23,6 GWh

Cette zone située en Centre-Ville de Gif-sur-Yvette permet à première vue d'envisager une géothermie à l'Albien grâce à une consommation correcte et une densité importante. Cependant, la faible part de logements sociaux alimentés par chauffage collectif et les caractéristiques des consommations de Centre-ville nécessitent des études complémentaires très poussées en vue d'établir l'opportunité d'un tel projet.

Cependant, un recours local à une géothermie superficielle dans le cadre de réseaux techniques locaux pourra être plus facilement envisagé.

Un raccordement au projet de l'EPPS sur le plateau de Saclay (ZAC du Moulon) ne peut à court et moyen terme pas être envisagé en raison de l'éloignement géographique entre les deux zones.

Les Ulis / Villebon-sur-Yvette / Villejust – Parc d'Activité de Courtaboeuf

Superficie	1,77 km ²
Type de besoins	Activité et industries
Potentiel 2020	65 GWh

Ce parc d'activité, déjà en partie alimenté par les deux réseaux du SIOM Vallée de la Chevreuse (Courtabœuf et Villejust), alimentés à plus de 95% par EnR&R provenant de l'UIOM, présente encore un important potentiel de raccordement.

Cependant, dans le cadre du développement de la valorisation énergétique des déchets incinérés, le SIOM Vallée de la Chevreuse, en plus d'ouvrir une troisième canalisation à destination du réseau des Ulis, envisage aussi de nouvelles extensions sur le parc d'activité, cette zone a donc été écartée de l'étude.

Montgeron – Quartiers La Forêt, Centre

Superficie	1,48 km ²
Nombre de logements sociaux	1394 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	39,2 GWh
Densité thermique	26,49 kWh/m ²
Densité linéique	4,08 MWh/ml

Cet ensemble présente une consommation correcte pour la mise en place d'une géothermie à l'Albien, mais néanmoins diffuse, et nécessite donc des études de surface plus poussées en vue de valider la possibilité de mise en place de cette géothermie qui présente un très bon potentiel au droit de la commune.

L'alimentation de cet ensemble de forte consommation peut aussi être envisagé dans le cadre d'un développement (et d'un changement de statut juridique) du réseau technique d'importance locale de Batigère (Prairie de l'Oly, Les Bergeries), dans l'hypothèse où le maître d'ouvrage prolongerait l'ouvrage géothermique alimentant ce réseau, voire se raccorderait au réseau géothermique existant de Vigneux-sur-Seine.

Montlhéry Centre

Superficie	0,31 km ²
Nombre de logements sociaux	305 logements sociaux
Type de besoin	Habitat et tertiaire
Potentiel 2020	13 GWh

Cette zone située en Centre-Ville de Montlhéry est une des plus petites recensées dans le cadre de cette étude. Il serait possible d'y envisager la mise en place d'une géothermie à l'Albien, mais les consommations de bâtiments anciens en Centre-Ville nécessitent des études complémentaires très poussées en vue d'établir l'opportunité d'un tel projet.

L'isolement de cette commune ne permet pas d'envisager de raccordement à un réseau existant à court ou moyen terme, seule la mise en place de géothermies superficielles locales semble envisageable dans le cadre de réseaux techniques.

Orsay Centre

Superficie	0,48 km ²
Nombre de logements sociaux	504 logements
Type de besoin	Habitat et tertiaire
Potentiel 2020	25,3 GWh

Cette zone située en Centre-Ville d'Orsay permet à première vue d'envisager une géothermie à l'Albien grâce à une consommation correcte et une densité importante. Cependant, la faible part de logements sociaux et les caractéristiques des consommations de Centre-ville nécessitent des études complémentaires plus poussées en vue d'établir l'opportunité d'un tel projet.

Plusieurs pistes de mutualisation des besoins existent sur cet ensemble :

- Recours local à des géothermies superficielles dans le cadre de réseaux techniques locaux.
- Raccordement des programmes immobiliers, et du centre hospitalier au réseau existant sur le site de l'Université Paris Sud (avec changement de statut juridique) avec la mise en place d'une géothermie ou d'une autre source d'énergie renouvelable et de récupération.

Un raccordement au projet de l'EPPS sur le plateau de Saclay (ZAC Polytechnique) ne peut à court et moyen terme pas être envisagé en raison de l'éloignement géographique entre les deux zones.

Palaiseau Est – Zones d'Activité Gutenberg – La Garenne

Superficie	0,97 km ²
Type de besoins	Activité et habitation
Potentiel 2020	39,4 GWh

Cette zone industrielle ne présente pas les caractéristiques de consommation optimale pour la mise en place d'une géothermie de par ses besoins en température élevés et son intermittence, bien que la présence de logement contrebalance un peu cela.

Cependant, la mise en place d'un réseau de chaleur à base de chaleur fatale sera à préconiser par rapport à la géothermie (cf. EnR'Choix). Plusieurs pistes existent pour la mise en place d'un réseau de chaleur sur cet ensemble :

- Mise en place d'un réseau local alimenté par chaleur fatale ;
- Mise en place avec études complémentaires d'une géothermie à l'Albien ;
- Raccordement au réseau existant de Massy-Antony situé au Nord, voir interconnexion avec un réseau à créer sur Palaiseau (cf. Palaiseau Centre – Parc d'Ardenay, Le Val, Les Rieux).

Palaiseau / Villebon-sur-Yvette – Ensembles Godet, Chandeliers, Casseaux, roches

Superficie	0,8 km ²
Nombre de logements sociaux	552 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	15,8 GWh

La mise en place d'un réseau de chaleur est possible, cependant, le faible nombre de logements sociaux laisse envisager des difficultés lors du développement de projet du fait d'un nombre d'acteur conséquent. L'éloignement des quatre ensembles présente aussi un frein à la mise en place d'un réseau de chaleur commun.

De plus, les consommations estimées ne permettent que d'envisager la mise en place d'une géothermie à l'Albien ou au Néocomien, qui ne sont pas les mieux adaptés, en l'état actuel des technologies, aux raccordements de bâtiments anciens.

Cependant, la création de réseaux techniques locaux de faible envergure alimentés par géothermie superficielle ou via d'autre EnR&R est fortement envisageable, de même que le raccordement, à plus longue échéance, à un réseau à créer dans le centre de Palaiseau (cf. Palaiseau Centre – Parc d'Ardenay, Le Val, Les Rieux).

Ris-Orangis Sud-Est

Cet ensemble présente un potentiel de bâtiments raccordables composé uniquement d'un collège, d'un lycée et d'un centre d'apprentissage pour environ 2GWh. Cependant, cette étude s'est penchée dessus en vue d'envisager une interconnexion entre les réseaux d'Evry-Courcouronnes au Sud-Est, Ris-Orangis Plateau au Nord et la future ZAC Grand Stade située de l'autre côté de l'autoroute A6.

Cette interconnexion n'ayant pas été jugée a priori pertinente dans le cadre du schéma directeur du réseau d'Evry-Courcouronnes, il a été décidé de l'écarter de notre étude. Cependant, et dans le cadre du développement d'un service public de la chaleur étendu le long de l'autoroute A6 à longue échéance (cf. Mise en perspective - Prospective), cette interconnexion devra être envisagée.

Saclay Centre

Superficie	0,43 km ²
Nombre de logements sociaux	276 logements
Type de besoin	Habitat et tertiaire
Potentiel 2020	21 GWh

Cette zone située en Centre-Ville d'Orsay permet à première vue d'envisager une géothermie à l'Albien ou sur nappe superficielle grâce à une consommation relativement correcte. Cependant, la faible part de logements sociaux et les caractéristiques des consommations de Centre-ville nécessitent des études complémentaires poussées en vue d'établir l'opportunité d'un tel projet.

Plusieurs pistes de mutualisation des besoins existent sur cet ensemble :

- Recours local à des géothermies superficielles dans le cadre de réseaux techniques locaux.
- Extension du réseau du CEA vers le centre de Saclay.

Un raccordement au projet de l'EPPS sur le plateau de Saclay (ZAC du Moulon) est envisageable à travers le réseau du CEA, qui pourrait être à priori être fournisseur de chaleur au réseau de la ZAC du Moulon.

Ste Geneviève-des-Bois / St Michel-sur-Orge – Quartiers Bocqueteau, Lormoy, Le Perray

Superficie	1,17 km ²
Nombre de logements sociaux	370 logements
Type de besoin	Habitat et Tertiaire
Potentiel 2020	24,5 GWh

Cette zone est composée d'ensembles pavillonnaires au sein desquels se trouvent un certain nombre de programmes immobiliers en copropriétés et de quelques programmes sociaux.

Cependant, la mise en place, sur cette zone de consommations diffuses, d'un réseau de chaleur n'est pas à envisager en l'état actuel des choses. Cela n'exclut pas la mise en place, sur certains programmes, de réseaux techniques plus ou moins conséquent alimentés par géothermie superficielle.

Wissous – Zone Industrielle Villemain

Superficie	0,85 km ²
Type de besoins	Activité et industries
Potentiel 2020	25,6 GWh

Les caractéristiques des besoins de cette zone industrielle ne permettent pas d'envisager la mise en place d'un réseau de chaleur géothermique.

Cependant, la mise en place d'un réseau de chaleur alimenté par récupération de chaleur fatale sur les activités de la zone est fortement envisageable en vue de desservir la zone industrielle en elle-même et les ensembles de logements de Wissous situés à proximité.

2.2.4. Reste du périmètre

Le reste du département rassemble les « **Villes et zones où les besoins en surface et/ou les ressources géothermiques sont jugées insuffisantes dans le cadre de cette pré-étude** ». Les données de ce groupe sont disponibles dans l'Atlas de l'étude.

Ces zones ne présentent, de manière macroscopique, aucune possibilité de mise en place de réseau de chaleur. Il est néanmoins possible que, localement, des réseaux techniques ou petits réseaux de chaleur au sein de ZAC voient le jour. Il est possible d'envisager que ces réseaux de faible envergure puissent avoir un recours ponctuel à une géothermie à l'Albien, au Néocomien ou de surface.

3. ANALYSE DES POTENTIALITES DE LA GEOTHERMIE PROFONDE.

3.1. Aspects économiques des réseaux de chaleur géothermiques

3.1.1. Investissements

L'analyse des potentialités de création de nouveaux réseaux de chaleur à base géothermale nécessite une approche économique et en conséquence une estimation des investissements. L'évaluation de ces investissements a donc été réalisée à partir de coûts moyens et de ratios donnés dans le tableau ci-dessous.

Ces éléments constituent une base pour l'analyse des différents cas en termes de préfaisabilité. Pour les opérations jugées potentiellement intéressantes, seule une étude de faisabilité permettra d'affiner et de confirmer l'estimation des investissements et les bilans techniques et économiques menés ici.

Production		
Réalisation d'un doublet Dogger (y compris assurance chantier)	10 500 000	€HT
Réalisation d'un doublet Albién (y compris assurance chantier)	4 500 000	€HT
Réalisation d'un doublet Albién (y compris assurance chantier)	6 500 000	€HT
Équipement surface des puits de géothermie	600 000	€HT
Mise en place d'une liaison géothermale	700	€HT/ml
Automatisme / Electricité géothermie et centrales	1 150 000	€HT
Évacuation des fumées (cheminées, conduits...)	150 000	€HT
Pompe à Chaleur (y compris équipements et bâtiments)	400	€HT/kW
Génie Civil	1 000 000	€HT
Thermique Chaufferie	400 000	€HT
Investissement en vue d'un renouvellement de cogénération	450	€HT/kW
Réalisation d'une Chaufferie Biomasse (part fixe)	1 200 000	€HT
Réalisation d'une Chaufferie Biomasse (part variable)	300 000	€HT/MW
Livraison		
Mètre linéaire de tranchée	900	€HT/ml
Franchissement aérien - Part fixe	300 000	€HT/franchissement
Franchissement aérien - Part Variable	300	€HT/ml
Franchissement souterrain - Part fixe	500 000	€HT/franchissement
Franchissement souterrain - Part Variable	5 500	€HT/ml
Distribution		
Sous-station moyenne, chauffage + ECS	35 000	€

Tableau 29. Coûts d'investissements pour l'évaluation économique des potentialités (Valeur : Janvier 2015)

3.1.2. Aides financières au montage de l'opération

Les chiffres donnés dans cette partie correspondent à une estimation globale basée sur la « Méthode de calculs du Fonds Chaleur 2015 » et ne sont qu'indicatifs. Toutefois, le chiffrage exact, au cas par cas, des aides disponibles via le Fonds Chaleur devra être effectué en coordination avec l'ADEME. Les niveaux d'aides potentiellement octroyés par l'ADEME sont les suivants :

- Partie Géothermie profonde : « *La spécificité des opérations de géothermie sur aquifère profond – notamment le volet sous-sol –, leur variété, conduit à proposer une instruction des projets de géothermie sur aquifère profond au cas par cas dans le cadre d'une analyse du coût de revient de la chaleur renouvelable produite par l'installation, en comparaison avec une solution de référence fossile. Les éléments suivants ; coût de la chaleur renouvelable livrée, respect de l'encadrement européen, aide au réseau de chaleur éventuellement associé seront donc évalués selon les critères retenus par le fonds chaleur, ...* ». Les plafonds de subventions sont de 80€/tep d'EnR&R sur 20 ans pour la géothermie simple, et de 165€/tep d'EnR&R sur 20ans pour la géothermie avec mise en place d'une pompe à chaleur. Le versement des aides est conditionné à l'adhésion de l'opération au Fonds de garantie géothermique.
- Partie Réseau de Chaleur : « *Pour la création d'un réseau neuf (production et distribution), l'investissement doit prévoir que la part énergies renouvelables injectée sur le réseau est d'au moins 50 %. L'aide au réseau de chaleur représente au maximum 60% de l'investissement du réseau avec un plafond d'assiette de l'aide limitée à une valeur en €/mètre linéaire de tranchée.* » Pour un réseau Eau Chaude, le plafond de l'assiette est de 900€/ml, soit une aide maximale de 540 €/ml.

Un fois acceptée, l'aide du Fonds Chaleur est versée en trois fois, 50 % à la signature de la convention, 30 % à la réception de l'installation et 20 % maximum au prorata de la production réelle sur les deux premières années par rapport à l'engagement initial.

Face aux différentes variables difficiles à prendre en compte en phase de pré-étude (diamètre de conduite, production en tep/an,...), il a été décidé, dans le cadre de cette étude, de prendre en compte une subvention du Fonds chaleur de 20% du montant global de l'investissement, ce qui correspond globalement aux montants de subventions accordés actuellement aux opérations en développement.

Pour chaque zone, une simulation avec subvention et une simulation sans ont été réalisées, en vue d'apprécier l'impact de ce paramètre sur le prix de vente final de la chaleur.

3.1.3. Financement de l'opération

Dans le cadre d'une Délégation de Service Public (DSP) avec choix d'un concessionnaire sur 30 ans, l'opération sera financée sur la même période avec un taux d'intérêt de 5,5 %. L'assiette à financer correspondra au montant total de l'investissement déduit des aides du Fonds Chaleur.

3.1.4. Coût d'exploitation

Afin de pouvoir comparer économiquement les réseaux géothermiques avec les autres moyens de production de chaleur, il est nécessaire de raisonner en coût global. Cette notion tient compte de l'ensemble des frais d'investissements et de fonctionnement (production, distribution et entretien) d'un réseau de chaleur. Le coût global est décomposé en 4 postes :

- Fourniture d'énergies (P1), de combustibles (Gaz pour appoint) et d'électricité (pour pompage, réinjection de l'eau et distribution de la chaleur), incluant les rendements des différents générateurs. Ce poste sera fonction du taux de couverture de la géothermie et sujet aux évolutions du prix des énergies traditionnelles

(Valeur Janvier 2015)	Coût (€ HT/MWh)
Gaz (+TICGN)	35 (+4)
Electricité	65
Biomasse	30
Chaleur de cogénération	40

- Frais de conduite et de maintenance des installations (P2) en prenant en compte la gestion ;

(Valeur Janvier 2015)	P2 (Conduite – Maintenance – Montant annuel)
Charge P2 (y compris assurance et taxes)	8€HT/MWh livré
Electricité (hors géothermie et PAC)	1% des recettes de ventes de chaleur
Frais de siège et gestion	4% des recettes de ventes de chaleur
Redevances Autorité délégante	3% des recettes de ventes de chaleur

- Frais pour le gros entretien et le renouvellement des équipements de production (P3) :

(Valeur Janvier 2015)	P3 (Gros entretien / Renouvellement)
Charge GER	1,5% du montant total de l'investissement/an

- Frais liés à l'amortissement et au financement des ouvrages (P4), dépendant en grande partie des caractéristiques de financement de l'opération.

Comparaison avec réseau de gaz équivalent

Pour comparer économiquement les réseaux géothermiques proposés dans le Groupe 1, il est donné comme référence la moyenne nationale des réseaux de chaleur alimentés majoritairement par des énergies fossiles.

D'après l'étude AMORCE 2013, la moyenne des prix de la chaleur pour les réseaux alimentés majoritairement au gaz naturel était de 72,3 €HT/MWh.

Intérêt d'un raccordement pour un bailleur social

Pour un bailleur social possédant un immeuble de 100 logements chauffés au gaz naturel ayant une consommation unitaire de 10,5 MWh_{utile} /an, la facture totale (en coût global, c.à.d. P1+P2+P3+P4) s'élèverait à 81 €TTC/MWh_{utile} (valeur Janvier 2015).

Donc pour être compétitives (c'est-à-dire à -5% d'un coût de référence d'après l'ADEME) par rapport au gaz, les solutions de réseaux géothermique devront proposer un coût global de la chaleur compris entre 70 et 77 €HT/MWh_{utile} (pour rappel, en 2013, le prix moyen de vente de la chaleur sur un réseau géothermique était d'environ 62,6 €HT/MWh_{utile}).

3.1.5. Planification type pour une nouvelle opération de géothermie profonde

La réalisation d'une nouvelle opération de géothermie profonde nécessite une planification sur plusieurs années.

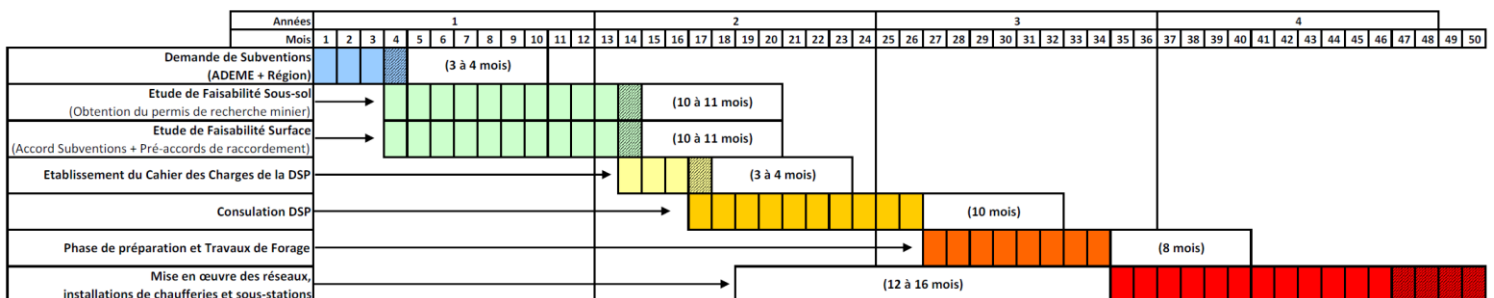


Tableau 30. Planification typique d'une opération de géothermie dans le cas d'une DSP.

3.2. Analyse technico-économique pour les villes retenues dans le Groupe 1

Le but de cette étude est d'analyser les potentialités de géothermie profonde en Essonne, il s'agit donc d'une étude de pré-faisabilité.

Les résultats (sous-sol et surface) présentés ci-après nécessiteront la réalisation d'une étude de faisabilité complète afin de valider les conclusions de cette étude. L'étude de faisabilité est obligatoire pour éventuellement lancer la réalisation d'un réseau de chaleur géothermique.

Pour l'analyse technico-économique des zones retenues dans le Groupe 1, un modèle de calcul commun a été mis en place. Il permet d'obtenir les performances énergétiques et environnementales des différentes solutions à partir des données d'entrée simples :

- nombre de logements ;
- nombre de logements qui utilisent de l'ECS collective et qui possèdent des panneaux de sol ;
- les caractéristiques de la ressource géothermale (T° et débit) ;
- les caractéristiques du réseau à créer (longueur, nombre de sous-stations).

Dans l'évaluation des besoins en chauffage des locaux la puissance maximale nécessaire par -7°C est calculée à partir de l'estimation de consommation moyenne pour un nombre de DJU standards. Le chauffage est considéré comme arrêté à 18°C. De même, les besoins en ECS sont évalués à 2 kW par logement en instantané, besoins qui sont lissés sur l'année pour l'ensemble du réseau.

Les températures de la ressource géothermique sont sujettes à une incertitude de plus ou moins 1°C en raison de conditions d'extraction de l'eau et de l'aléa géologique, la valeur retenue dans les simulations correspond à la moyenne des valeurs données. Le débit géothermique a été fixé à 300 m³/h, il s'agit de la moyenne du débit maximal potentiellement atteignable pour toute nouvelle opération au Dogger (comprise en 250 et 350 m³/h). Dans les cas potentiels à l'Albien ou au Lusitanien, le débit d'exploitation retenu est entre 150 et 200 m³/h suivant la position du potentiel.

Dans le modèle, les données du réseau proviennent du tracé effectué sur les cartes communales. Pour cette raison, la longueur de réseau est indicative, ainsi que le nombre de sous-stations, dont la quantité dépend du type de chaufferies raccordées au réseau (petite chaufferie d'immeuble ou grosse chaufferie de quartier).

En outre, le modèle ne tient pas compte des possibles optimisations de tracé.

Enfin, l'usage de Pompes à Chaleur a aussi été intégré au modèle. Le dimensionnement des PAC est tel qu'elles puissent fournir l'ensemble des besoins en ECS l'été, sans recourir à un appoint au gaz. Le COP des machines employées est de 3,6. L'intégration du condenseur des PAC sur le réseau de chaleur se fait en aval de l'échangeur géothermique et leur évaporateur en amont de la réinjection. L'appoint au gaz est placé en série des pompes à chaleur.

Pour finir, **le coût de la chaleur vendue est donné à titre indicatif**. Ce prix correspondrait à celui qui serait effectué par un concessionnaire privé dans le cadre d'une DSP de 30 ans et pour un TRI après impôts de 8%.

3.2.1. Athis-Mons / Juvisy-sur-Orge

Description technique de l'opération

La ville d'Athis-Mons possède déjà un réseau technique d'importance locale dans le quartier du Noyer-Renard. En prenant en compte ce réseau et les consommations recensées aux alentours sur les communes d'Athis-Mons et Juvisy-sur-Orge, le potentiel est intéressant pour mettre en place une géothermie au Dogger.

Périmètre retenu

Pour l'existant, le périmètre retenu concerne l'ensemble des communes d'Athis-Mons et de Juvisy-sur-Orge, en particulier

- Le quartier du Noyer-Renard avec reprise du réseau existant
- Athis-Mons Plateau - Centre-Ville, résidence Ozonville et les Clos Nollet, Perault et Brétigny
- Athis-Mons – Bord de Seine, avec les quartiers Provence, Mozart et Edouard Vaillant.
- Juvisy Centre, avec les copropriétés en Bords de Seine, l'Hôpital et les bâtiments publics.

Pour les projets d'aménagement, seul la ZAC des Berges de Seine, entre la Seine et les voies ferrées a été prise en compte, pour partie dès la création du réseau et pour partie à échéance plus longue suivant le planning d'aménagement.

Enfin, la cité du Noyer Renard et le Quartier Pasteur de Juvisy-sur-Orge, faisant l'objet d'un projet de rénovation urbaine, ont vu leurs consommations, recensées sur les bases actuelles, prises en compte de manière diminuées pour l'avenir.

Patrimoine habitable raccordable

Le patrimoine de logement raccordable pour cette potentielle opération est à la charge majoritairement de l'Athégienne et d'I3F, avec une forte part de copropriétés en majorité sur les bords de Seine à Juvisy-sur-Orge et en bas d'Athis-Mons.

	Nombre de logement	Consommations estimées ou recensées*
I3F	1434	10 000 MWh*
L'Athégienne	1289	9 925 MWh
Copropriétés	1627	10 000 MWh

Patrimoine public

	Collectivité	Consommations recensées* ou estimées
Piscine Berlioux	Les Portes de l'Essonne	1 450 MWh*
Ecole d'Art Camille Lambert	Les Portes de l'Essonne	865 MWh*
Ecole Jean Jaurès	Juvisy-sur-Orge	844 MWh*
Espace Lurcat	Les Portes de l'Essonne	725 MWh*
Lycée Marcel Pagnol	Région Ile de France	720 MWh*

Ces bâtiments sont les plus gros consommateurs d'énergie recensés, un certain nombre d'écoles publiques et autre établissements ayant été recensés.

Carte

Le positionnement des sites raccordables sur la carte de la zone montre que le réseau aurait besoin d'être de taille importante pour relier tous les postes de livraison. Il est évalué à 18,6 km dont 1,3 km existent déjà (Noyer-Renard). Il est à noter que le tracé, majoritairement en Centre-Ville, devra être optimisé dans le cadre d'une étude de faisabilité.

Athis-Mons / Juvisy-sur-Orge

Potentiel de développement d'un réseau de chaleur



Athis-Mons Centre
Résidence d'Ozonville
Cité Scolaire

Noyer-Renard
1200 logements I3F
430 logements Athégienne
2 écoles

Clos Nollet – Bretigny et Pérault
Environ 750 logements

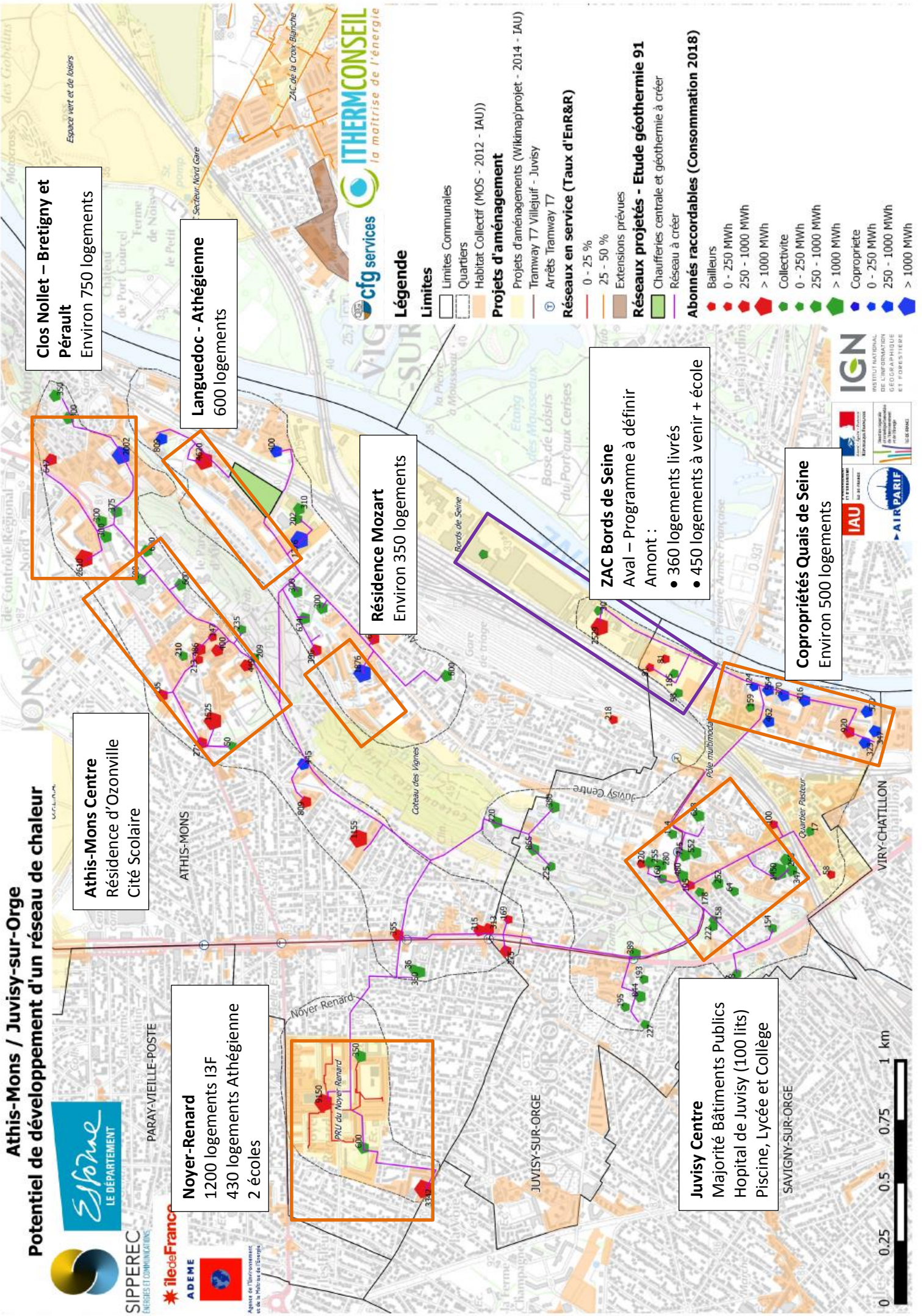
Languedoc - Athégienne
600 logements

Résidence Mozart
Environ 350 logements

ZAC Bords de Seine
Aval – Programme à définir
Amont :
• 360 logements livrés
• 450 logements à venir + école

Juvisy Centre
Majorité Bâtiments Publics
Hopital de Juvisy (100 lits)
Piscine, Lycée et Collège

Copropriétés Quais de Seine
Environ 500 logements



Légende

Limites

- Limites Communales
- Quartiers
- Habitat Collectif (MOS - 2012 - IAU))

Projets d'aménagement

- Projets d'aménagements (Wikimap/projet - 2014 - IAU)
- Tramway T7 Villejuif - Juvisy
- Arrêts Tramway T7

Réseaux en service (Taux d'EnR&R)

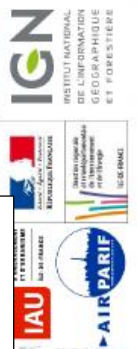
- 0 - 25 %
- 25 - 50 %
- Extensions prévues

Réseaux projetés - Etude géothermie 91

- Chaufferies centrale et géothermie à créer
- Réseau à créer

Abonnements rattachables (Consommation 2018)

- Bailleurs
- 0 - 250 MWh
- 250 - 1000 MWh
- > 1000 MWh
- Collectivité
- 0 - 250 MWh
- 250 - 1000 MWh
- > 1000 MWh
- Copropriété
- 0 - 250 MWh
- 250 - 1000 MWh
- > 1000 MWh



Données retenues pour l'étude

Besoins des abonnés	68,3 GWh + 1,4 GWh sur des opérations d'aménagement programmées (comptabilisé en 2024).
Dont ECS	11 GWh
Aquifère Ciblé	Dogger
Température d'exhaure	72°C
Débit maximal estimée	300 m ³ /h
Longueur de réseau	18 600 ml dont 1 300 ml existant (Noyer-Renard)
Nombre de sous-stations	Environ 100

Résultats Energétiques et Environnementaux

	Puissance	Production
Besoin en production	28 MW	71 860 MWh
Dont Géothermie	10 MW	46 860 MWh
Dont Gaz Naturel	23 MW	25 000 MWh
Taux d'EnR&R	65%	
CO₂ évités (comparé au gaz)	10 180 T	
TEP évités (comparé au gaz)	4 089 TEP	
Contenu CO₂	0,087 gCO ₂ /kWh _{utile}	

Perspectives pour optimiser les résultats

A ce stade de l'étude, le projet semble favorable, mais plusieurs éléments peuvent encore optimiser l'opération potentielle :

- Validation du potentiel des copropriétés, volontairement sous-estimé
- Validation du patrimoine communal d'Athis-Mons
- Optimisation du tracé
- Ajout et précision des logements sociaux de Juvisy-sur-Orge et d'Athis-Mons
- Mutualisation des travaux avec le chantier du Tramway T7

Analyse économique

Investissements & Aides

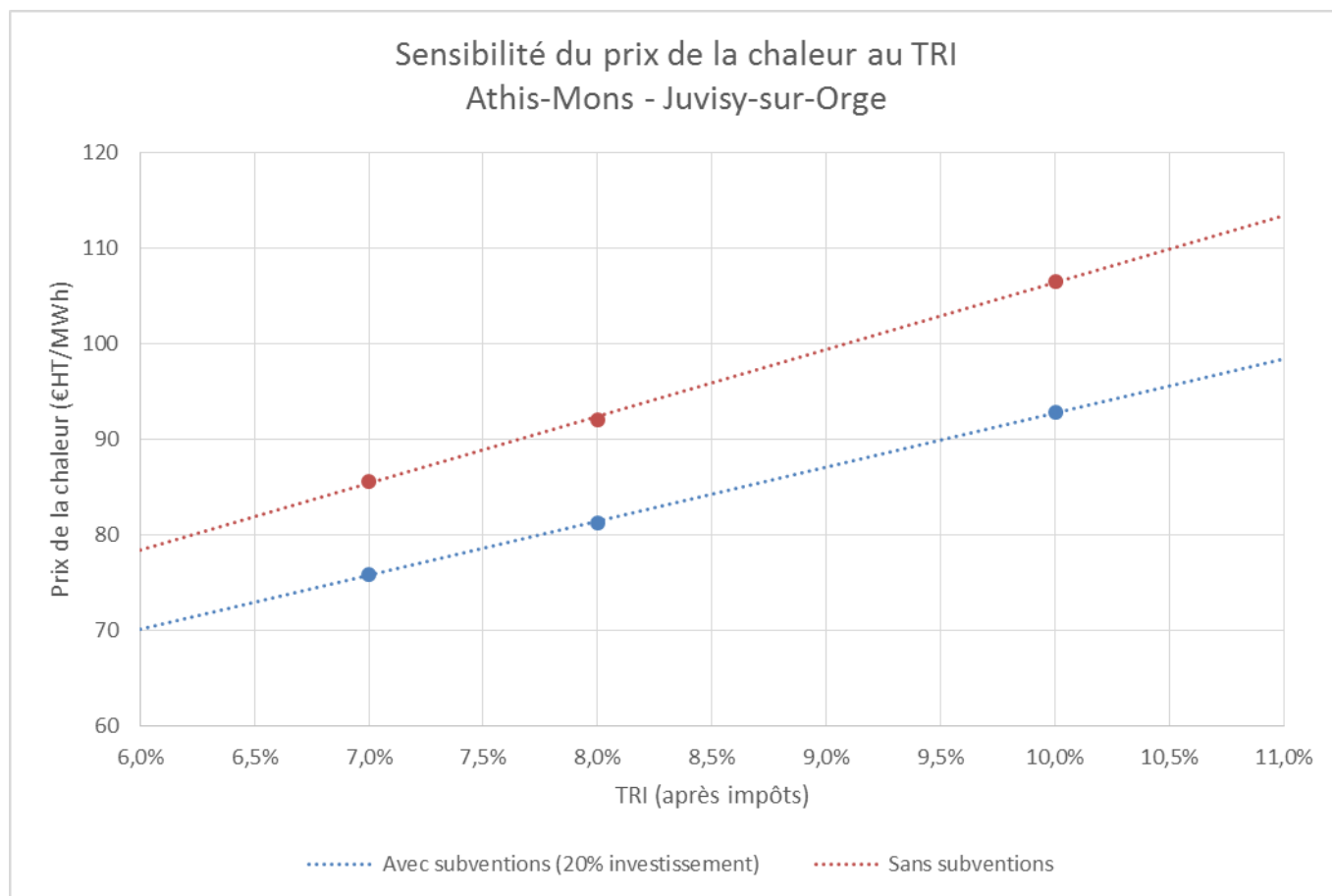
Investissements	33 770 000 €HT
Dont Production	13 835 000 €HT
Dont Distribution	16 270 600 €HT
Dont Livraison	3 664 500€HT
Aides envisageables (Fonds Chaleur)	6 754 030 €HT (20% des investissements)
Assiette à financer	27 016 120 €HT

Ces investissements prennent en compte une utilisation comme appoint de la chaufferie principale du Noyer-Renard (10 MW).

Compte d'exploitation prévisionnel

P1 : Fourniture combustibles	1 351 080 €HT
P2 : Entretien et Exploitation	934 880 €HT
P3 : Gros Entretien et Renouvellement	506 550 €HT
Autres charges (Amortissements et charges financières)	1 858 855 €HT
Total année 1	4 651 360 €HT

En fonction du TRI après impôts souhaité par le délégataire et de l'octroi ou non de subventions, le prix de la chaleur moyen est repris dans le graphique suivant :



Pour un TRI de 8%, le délégataire devrait fixer le prix de la chaleur à un tarif compris entre 81 et 91€/MWh en fonction du montant des subventions. Cependant, ce montant sera optimisable dans les conditions vues précédemment.

3.2.2. Chilly-Mazarin / Longjumeau

Description technique de l'opération

Périmètre retenu

Pour l'existant, le périmètre retenu concerne la partie Nord de Longjumeau et les zones d'habitation de Chilly-Mazarin, concentrées sur la moitié sud du territoire communal. Ce périmètre a été découpé en 5 quartiers :

- Chilly-Mazarin Centre situé à l'Est de l'Autoroute. Ce quartier est caractérisé par la présence de grandes copropriétés (Domaine de Bel Abord, Domaine du Château) et une forte présence de bâtiments publics ;
- Chilly-Mazarin Gravigny, situé dans la pointe sud de la commune et regroupant une majorité de copropriétés et un réseau technique géré en ASL ;
- Chilly-Mazarin Autoroute situé autour de la Gare, quartier ayant vocation à se développer ;
- Longjumeau Nord, quartier de Centre-Ville entouré de quelques grands ensembles ;
- Longjumeau quartier Sud, quartier caractérisé par de Grands ensembles à vocation mixte (social et copropriétés) et une forte concentration de bâtiments publics.

Pour les projets d'aménagement, ont été pris en compte : le renouvellement du quartier de la gare, du pôle de sécurité, des environs du Centre Technique municipal et le projet Secteur Mazarin, tous situés sur le territoire de la commune de Chilly-Mazarin. Ces projets représentent environ 400 logements pour une surface prévisionnelle d'environ 38 000m².

Le quartier des installations sportives de Longjumeau, actuellement en restructuration, a été considéré comme faisant l'objet d'une diminution conséquente de consommation dès la mise en place du réseau (par rapport aux données transmises) en raison du projet de rénovation actuellement mis en œuvre.

Patrimoine habitable raccordable

Le patrimoine de logements raccordables pour cette potentielle opération est composé majoritairement de copropriétés, et pour les logements sociaux d'I3F qui dispose d'un patrimoine important sur les deux communes.

	Nombre de logement	Consommations estimées ou recensées*
I3F	1322	8 200 MWh*
Efidis	993	14 100 MWh*
OPIEVOY	419	5 005 MWh*
Copropriétés	5170	30 300 MWh (en partie recensées)

Patrimoine public

	Collectivité	Consommations recensées* ou estimées
Piscine Chichignoud	Longjumeau	2 170 MWh*
Théâtre de Longjumeau	Longjumeau	1 100 MWh
Piscine Municipale	Chilly-Mazarin	787 MWh*
Hôpital de Longjumeau	Ministère de la Santé	5 808 MWh
Lycée Jean Perrin	Région Ile de France	900 MWh*

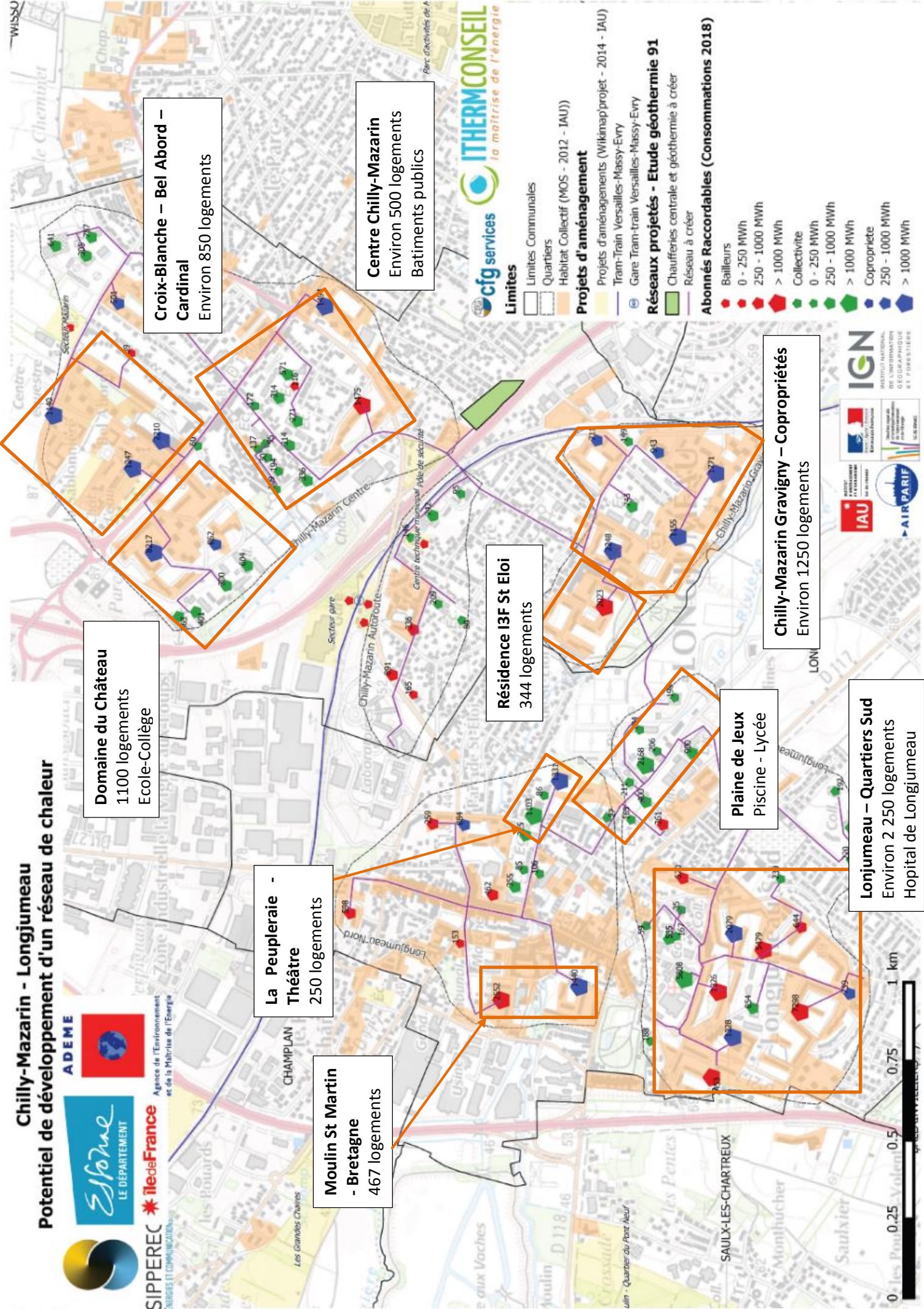
Carte

Le positionnement des sites raccordables sur la carte de la zone montre que le réseau aurait besoin d'être de taille importante pour relier tous les postes de livraison. Il est évalué à 13,6 km.

Chilly-Mazarin - Longjumeau Potentiel de développement d'un réseau de chaleur



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



Domaine du Château
1100 logements
Ecole-Colège

Croix-Blanche – Bel Abord – Cardinal
Environ 850 logements

La Peupleraie - Théâtre
250 logements

Moulin St Martin - Bretagne
467 logements

Centre Chilly-Mazarin
Environ 500 logements
Batiments publics

Résidence 13F St Eloi
344 logements

Plaine de Jeux
Piscine - Lycée

Chilly-Mazarin Gravigny – Copropriétés
Environ 1250 logements

Longjumeau – Quartiers Sud
Environ 2 250 logements
Hopital de Longjumeau



- Limites**
- Limites Communales
 - Quartiers
 - Habitat Collectif (MOS - 2012 - IAU))
- Projets d'aménagement**
- Projets d'aménagements (Wikimap/projet - 2014 - IAU)
 - Tram-Train Versailles-Massy-Evry
 - Gare Tram-train Versailles-Massy-Evry

- Réseaux projetés - Etude géothermie 91**
- Chaufferies centrale et géothermie à créer
 - Réseau à créer
- Abonnés Raccordables (Consommations 2018)**
- Baillleurs
 - 0 - 250 MWh
 - 250 - 1000 MWh
 - > 1000 MWh
 - Collectivité
 - 0 - 250 MWh
 - 250 - 1000 MWh
 - > 1000 MWh
 - Copropriété
 - 250 - 1000 MWh
 - > 1000 MWh



Données retenues pour l'étude

Besoins des abonnés	90 GWh + 3 GWh des opérations d'urbanisme (comptabilisé en 2024).
Dont ECS	14 GWh
Aquifère Ciblé	Dogger
Température d'exhaure	68°C
Débit maximal estimée	300 m ³ /h
Longueur de réseau	13 600 ml
Nombre de sous-stations	93

Résultats Energétiques et Environnementaux

	Puissance	Production
Besoin en production	37 MW	94 370 MWh
Dont Géothermie	8 MW	42 240 MWh
Dont PAC	8 MW	30 677 MWh
Dont Gaz Naturel	26 MW	21 450 MWh
Taux d'EnR&R	66%	
CO₂ évités (comparé au gaz)	16 200 T	
TEP évités (comparé au gaz)	6 082 TEP	
Contenu CO₂	0,070 gCO ₂ /kWh _{utile}	

Perspectives pour optimiser les résultats

A ce stade de l'étude, le projet semble favorable, mais plusieurs éléments peuvent encore optimiser l'opération potentielle :

- Validation des données des copropriétés
- Optimisation du tracé

Analyse économique

Investissements & Aides

Investissements	33 830 000 €HT
Dont Production	17 035 000 €HT
Dont Distribution	13 326 000 €HT
Dont Livraison	3 469 000 €HT
Aides envisageables (Fonds Chaleur)	6 766 000 €HT (20% des investissements)
Assiette à financer	27 063 000 €HT

Ces investissements prennent en compte une utilisation comme appoint de la chaufferie de l'ASL du Grand Jardin et de la chaufferie de l'Hopital de Longjumeau.

Compte d'exploitation prévisionnel

P1 : Fourniture combustibles	1 755 660 €HT
P2 : Entretien et Exploitation	1 150 400 €HT
P3 : Gros Entretien et Renouvellement	507 440 €HT
Autres charges (Amortissements et charges financières)	1 862 120 €HT
Total année 1	5 275 620 €HT

En fonction du TRI après impôts souhaité par le délégataire et de l'octroi ou non de subventions, le prix de la chaleur moyen est repris dans le graphique suivant :

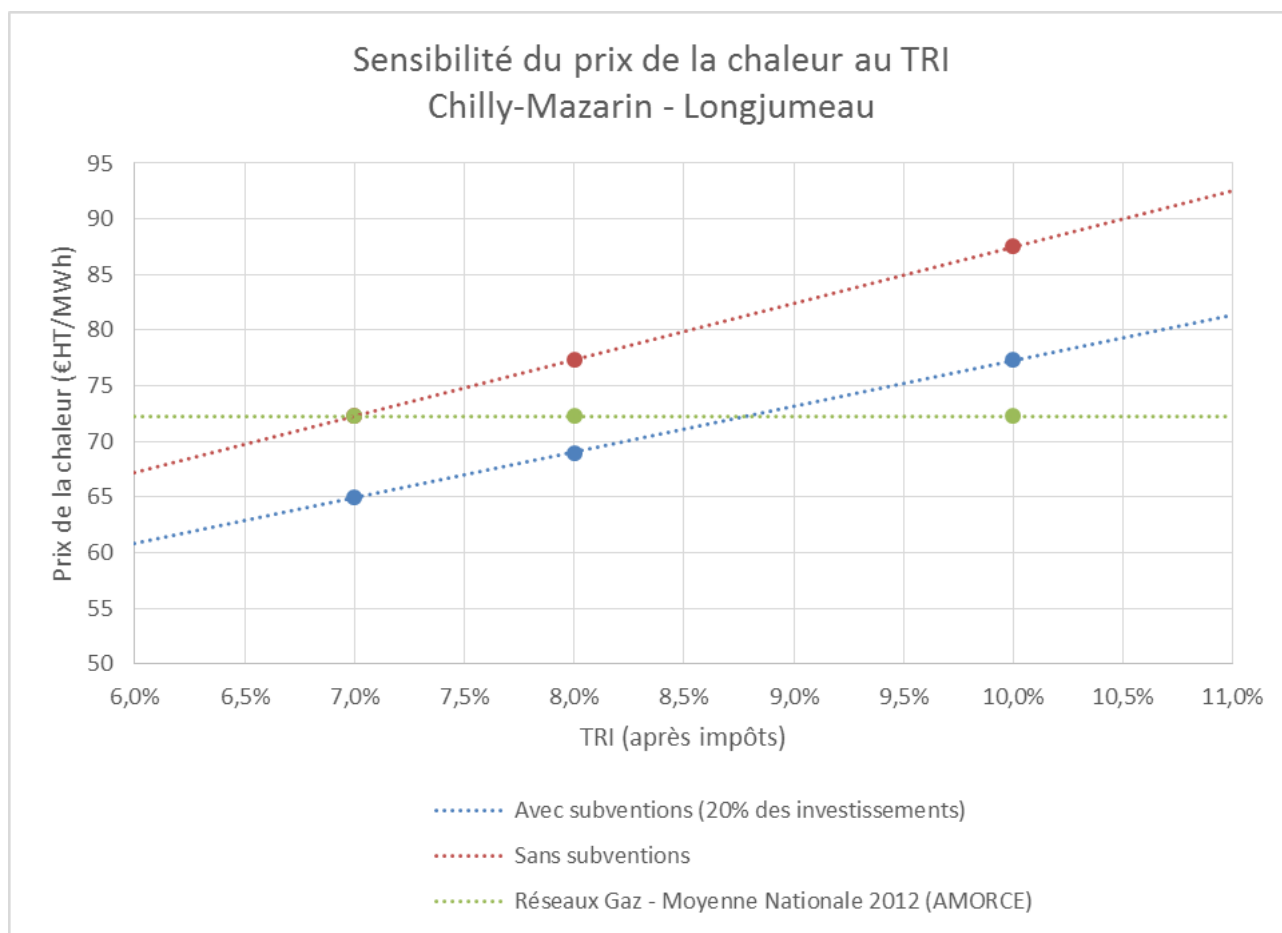


Figure 94. Sensibilité du prix de la chaleur au TRI et subventionnd - Zone Chilly-Mazarin / Longjumeau

Pour un TRI de 8%, le délégataire devrait fixer le prix de la chaleur à un tarif compris entre 69,5 et 77€HT/MWh en fonction du montant des subventions.

3.2.3. Fleury-Merogis / Ste Geneviève-des-Bois / St Michel-sur-Orge

Description technique de l'opération

Périmètre retenu

Pour l'existant, le périmètre retenu concerne la partie nord de Fleury-Merogis, entre le centre pénitencier, la partie Sud de Ste Geneviève-des-Bois, entre Fleury-Merogis et St Michel-sur-Orge et la partie nord-est de St Michel-sur-Orge, autour du quartier Bois des Roches. Ce périmètre a été découpé en 5 quartiers :

- Fleury-Merogis Centre pénitencier, qui, de par les consommations importantes et les caractéristiques de diffusion de la chaleur, justifie un quartier à part ;
- Fleury-Merogis centre, qui englobe les résidences Logements des Fonctionnaires et l'éco-quartier des Joncs-Marins en développement ;
- Ste Geneviève-des-Bois – Les Aunettes, qui reprend le réseau existant et les extensions possibles à proximité ;
- Ste Geneviève-des-Bois Sud – Heronnière, qui englobe les bâtiments publics au sud des Aunettes et les résidences situées à proximité de la frontière avec St Michel-sur-Orge ;
- St Michel-sur-Orge Bois des Roches, qui englobe le réseau existant et les extensions possibles à proximité.

Pour les projets d'aménagement, ont été pris en compte : le développement en cours de l'éco-quartier des Joncs-Marins, dont une tranche a été prise en compte dès la mise en place du projet et une deuxième tranche a été prise en compte en 2024, et le programme de rénovation urbain ANRU du quartier des Aunettes, pour lesquels les consommations dès la mise en place du réseau ont été diminuées en conséquences.

Patrimoine habitable raccordable

Le patrimoine de nouveaux logements raccordables pour cette potentielle opération (logements non raccordés aux réseaux existants) est composé quasi-exclusivement de bailleurs sociaux.

	Nombre de logements	Consommations estimées* ou recensées
OSICA	682	8 500 MWh*
Logement des Fonctionnaires	609	4 500 MWh
Essonne Habitat	430	6 550 MWh*
I3F	400	2 700 MWh*

Patrimoine public raccordable

	Collectivité	Consommations recensées ou estimées*
Espace Nautique	Val d'Orge	2 919 MWh*
Lycée L. De Vinci	Région Ile de France	1 300 MWh*
Collège N. Boileau	Conseil Départemental	964 MWh*
Lycée A. Einstein	Région Ile de France	950 MWh*

Les deux réseaux existant, ainsi que le centre pénitencier ont été pris en compte à raison de :

	Consommation totale	dont ECS	dont Chauffage
Bois des Roches	51 500 MWh	10 300 MWh	41 200 MWh
St Hubert	12 600 MWh	0 MWh	12 600 MWh
Centre pénitencier	30 000 MWh	6 300 MWh	23 700 MWh

Carte

Le positionnement des sites raccordables sur la carte de la zone montre que le réseau aurait besoin d'être de taille importante pour relier les postes de livraison. Il est évalué à 20,1 km (6,3 km existants).

Ste Geneviève - St Michel - Fleury-Merogis Potentiel de développement d'un réseau de chaleur



Bois des Roches
51GWh sur réseau existant
470 logements à raccorder
Ecoles et collège

Henri Sellier (Essonne Habitat)
310 logements avec ECS

Les Aunettes – Rénovation urbaine
12,6GWh sur réseau existant
5 écoles – 1 collège

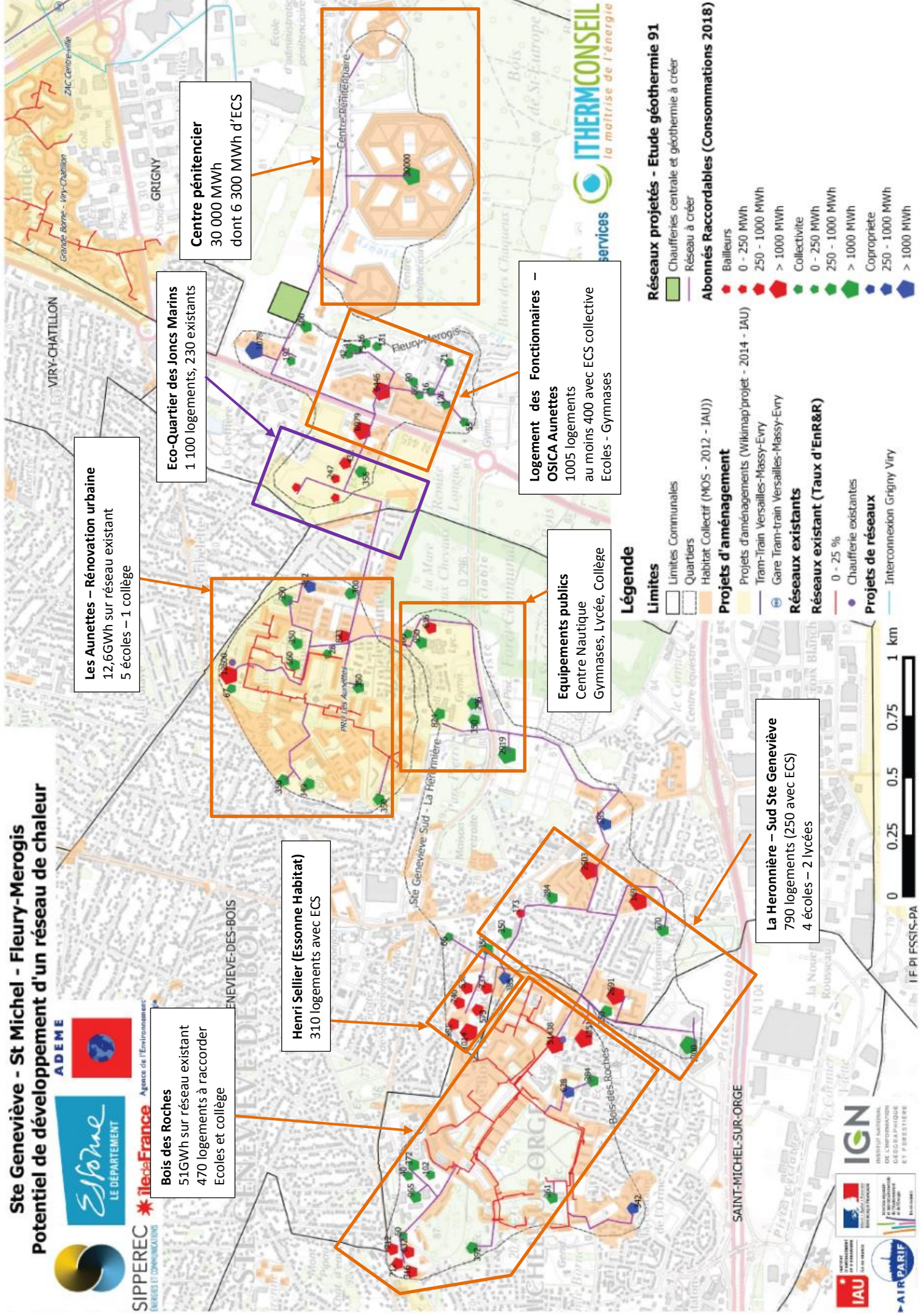
Eco-Quartier des Jons Marins
1 100 logements, 230 existants

Centre pénitencier
30 000 MWh
dont 6 300 MWh d'ECS

Equipements publics
Centre Nautique
Gymnases, Lycée, Collège

Logement des Fonctionnaires – OSICA Aunettes
1005 logements
au moins 400 avec ECS collective
Ecoles - Gymnases

La Heronnière – Sud Ste Geneviève
790 logements (250 avec ECS)
4 écoles – 2 lycées



Légende

- Limites**
- Limites Communales
 - Quartiers
 - Habitat Collectif (MOS - 2012 - IAU))
- Projets d'aménagement**
- Projets d'aménagements (Wikimap projet - 2014 - IAU)
 - Tram-Train Versailles-Massy-Evry
 - Gare Tram-train Versailles-Massy-Evry
- Réseaux existants**
- Réseaux existants (Taux d'EnR&R)
 - 0 - 25 %
 - Chaudière existantes
- Projets de réseaux**
- Interconnexion Grigny Viry
- Réseaux projetés - Etude géothermie 91**
- Chaudières centrale et géothermie à créer
 - Réseau à créer
- Abonnés Raccordables (Consommations 2018)**
- Baillleurs
- 0 - 250 MWh
 - 250 - 1000 MWh
 - > 1000 MWh
- Collectivité
- 0 - 250 MWh
 - 250 - 1000 MWh
 - > 1000 MWh
- Copropriété
- 250 - 1000 MWh
 - > 1000 MWh



Données retenues pour l'étude

Besoins des abonnés	143,3 GWh dont, pour les réseaux existants :
	<ul style="list-style-type: none"> • St Hubert (Ste Geneviève) : 12,6GWh • Bois des Roches (St Michel) : 51 GWh • Centre Pénitentiaire (Fleury-Merogis) : 30GWh
Dont ECS	23,7 GWh
Aquifère Ciblé	Dogger
Température d'exhaure	67°C
Débit maximal estimée	300 m ³ /h
Longueur de réseau	20 095 ml dont 6 300 ml existants
Nombre de sous-stations	Environ 82

Résultats Energétiques et Environnementaux

	Puissance	Production
Besoin en production	60 MW	150 832 MWh
Dont Géothermie	9 MW	43 425 MWh
Dont Pompe à chaleur	9 MW	34 613 MWh
Dont Biomasse	8 MW	18 093 MWh
Dont Cogénération	11 MW	38 339 MWh
Dont Gaz Naturel	39 MW	16 363 MWh
Taux d'EnR&R	57%	
CO₂ évités (comparé au gaz)	21 017 T	
TEP évités (comparé au gaz)	8 287 TEP	
Contenu CO₂	0,090 gCO ₂ /kWh _{utile}	

Perspectives pour optimiser les résultats

A ce stade de l'étude, le projet semble favorable, mais plusieurs éléments peuvent encore optimiser l'opération potentielle :

- Validation des données des copropriétés
- Possibilité d'adaptation des réseaux existants

Analyse économique

Investissements & Aides

Investissements	36 320 500 €HT
Dont Production	21 035 000 €HT
Dont Distribution	12 415 500 €HT
Dont Livraison	2 870 000 €HT
Aides envisageables (Fonds Chaleur)	7 264 100 €HT (20% des investissements)
Assiette à financer	29 056 400 €HT

Ces investissements prennent en compte une utilisation comme appoint des chaufferies du centre pénitentier (12MW), du réseau St Hubert (15MW) et du réseau Bois des Roches (45MW de gaz naturel, 11MW de cogénération), qui permettent de couvrir l'ensemble des besoins en gaz naturel.

Compte d'exploitation prévisionnel

P1 : Fourniture combustibles	3 669 800 €HT
P2 : Entretien et Exploitation	1 882 700 €HT
P3 : Gros Entretien et Renouvellement	544 800 €HT
Autres charges (Amortissements et charges financières)	1 999 200 €HT
Total année 1	8 096 500 €HT

En fonction du TRI après impôts souhaité par le délégataire et de l'octroi ou non de subventions, le prix de la chaleur moyen est repris dans le graphique suivant :

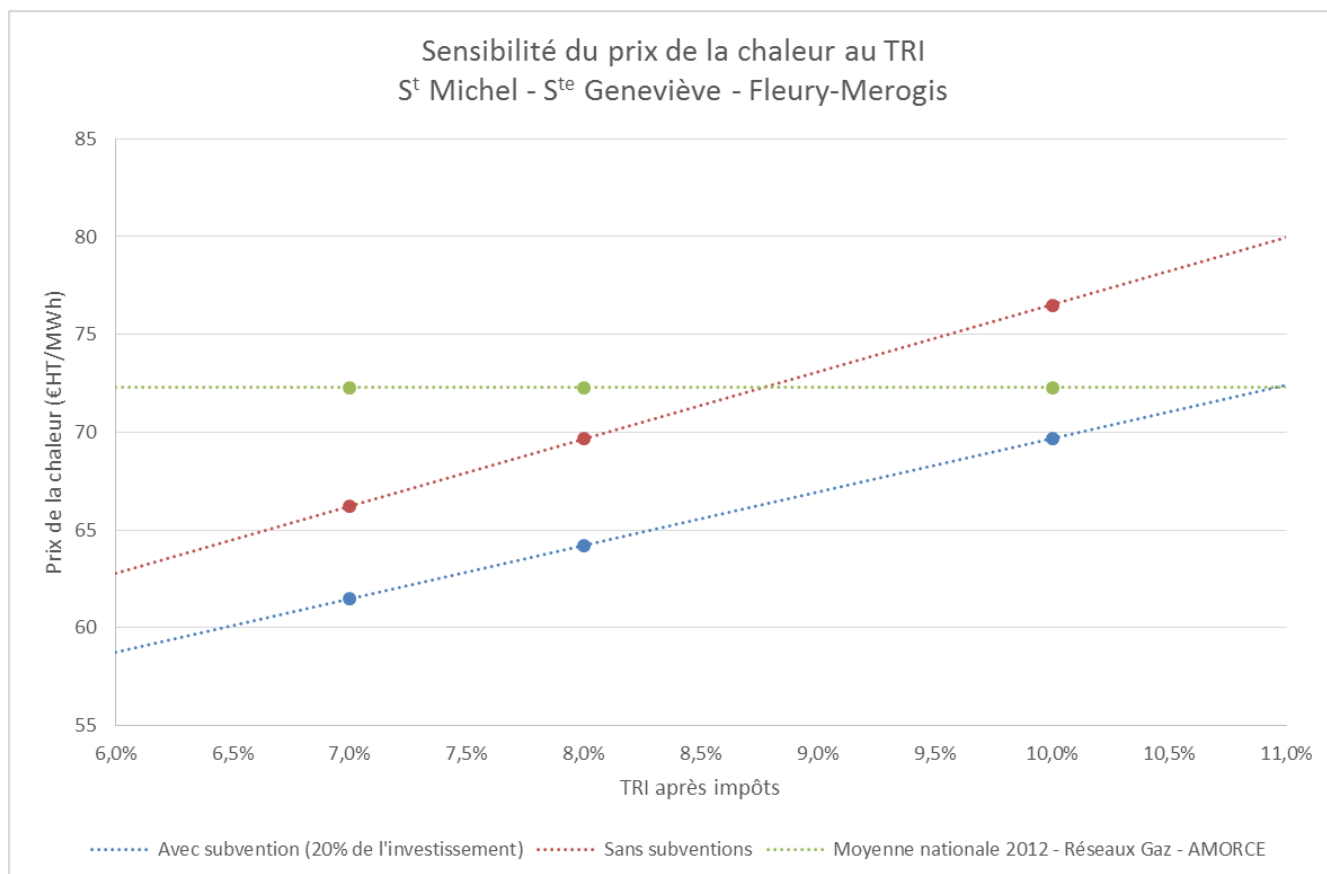


Figure 95. Sensibilité du prix de la chaleur au TRI et aux subventions. Zone St Michel / Ste Geneviève / Fleury-Merogis.

Pour un TRI de 8%, le délégataire devrait fixer le prix de la chaleur à un tarif compris entre 64,5 et 70€HT/MWh en fonction du montant des subventions.

3.2.4. Morsang-sur-Orge / Savigny-sur-Orge

Description technique de l'opération

Périmètre retenu

Pour l'existant, le périmètre retenu concerne la partie Grand Vaux Centre-Ville de Savigny-sur-Orge, la partie située au Sud Est des voies ferrées sur Savigny et Morsang et la partie Centre-Guérinière de Morsang-sur-Orge. Ce périmètre a été découpé en 3 quartiers :

- Savigny nord-Ouest, qui englobe le quartier Grand Vaux et les bâtiments publics de l'avenue Charles de Gaulle ;
- Savigny Centre – Sud qui englobe les programmes sociaux et résidences en copropriétés situées au Sud des voies ferrées, et de nombreux bâtiments publics (Lycées, Ecoles) situées sur les communes de Savigny et Morsang;
- Morsang Centre avec les résidences du Clos des Guérinières, et les résidences et bâtiments publics situés sur un axe ouest-est du square Louise Michel à la voie de Compiègne ;

Pour les projets d'aménagement, seul le programme de rénovation urbaine du quartier Grand Vaux a été pris en compte à travers les diminutions de consommations entraînées par les efforts de rénovations énergétiques.

Patrimoine habitable raccordable

Le patrimoine de nouveaux logements raccordables pour cette potentielle opération (logements non raccordés aux réseaux existants) est composé a priori à part égale de logements sociaux et de copropriétés surtout présente dans le quartier Grand Vaux.

	Nombre de logements	Consommations estimées ou recensées*
Efidis	791	10 770 MWh
GIE Logement Français	731	8 860 MWh
ICF La Sablière	471	4 930 MWh
Copropriétés	1570	10 800 MWh

Patrimoine public

	Collectivité	Consommations recensées* ou estimées
Lycée Monge	Région Ile-de-France	1 540 MWh
Lycée J.B Corot	Région Ile-de-France	1 450 MWh
Collège Péguy	Conseil Départemental 91	758 MWh
Ecoles Saint Exupéry	Savigny-sur-Orge	700 MWh
Lycée A-M. Ampère	Région Ile-de-France	620 MWh

Carte

Le positionnement des sites raccordables sur la carte de la zone montre que le réseau aurait besoin d'être de taille assez importante pour relier les postes de livraison. Il est évalué à 10,9km.

Savigny-sur-Orge - Morsang-sur-Orge

Potentiel de développement d'un réseau de chaleur



SIPPEREC
ÉNERGIES ET COMMUNICATIONS



Agence de l'Environnement
et de la Métrique de l'Énergie



LE DÉPARTEMENT
d'Essonne

Grand Vaux
1500 logements
2 écoles – 1 collège

Avenue Charles de Gaulle
130 logements
Mairie, écoles, gymnase

Prés St Martin
337 logements (ECS collective)

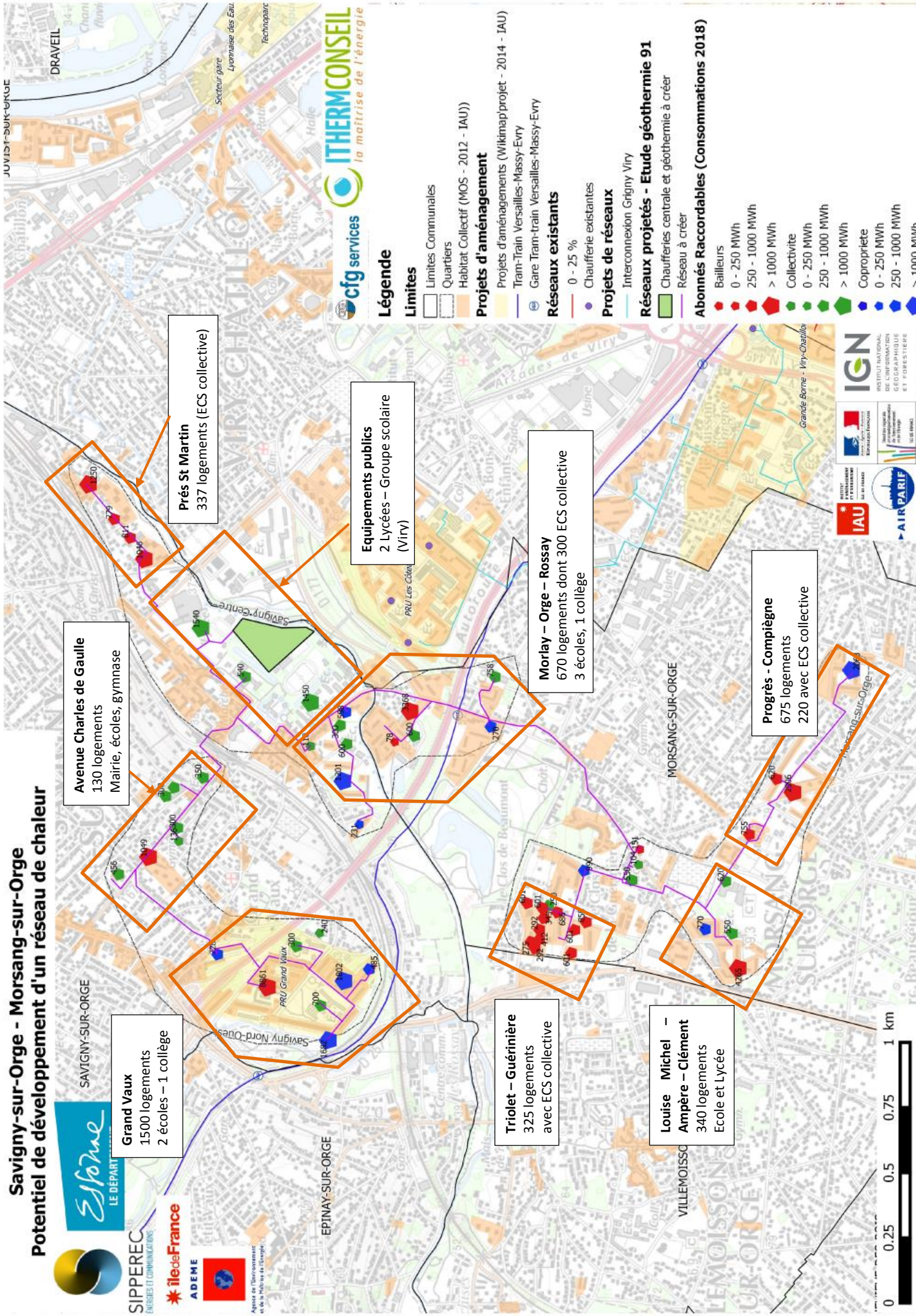
Equipements publics
2 Lycées – Groupe scolaire
(Viry)

Triplet – Guérinière
325 logements
avec ECS collective

Morlay – Orge – Rossay
670 logements dont 300 ECS collective
3 écoles, 1 collège

**Louise Michel –
Ampère – Clément**
340 logements
Ecole et Lycée

Progrès - Compiègne
675 logements
220 avec ECS collective



la maîtrise de l'énergie

Légende

- Limites**
- Limites Communales
 - Quartiers
 - Habitat Collectif (MOS - 2012 - IAU))

Projets d'aménagement

- Projets d'aménagements (Wikimap/projet - 2014 - IAU)
- Tram-Train Versailles-Massy-Evry
- Gare Tram-train Versailles-Massy-Evry

Réseaux existants

- 0 - 25 %
- Chaudière existantes

Projets de réseaux

- Interconnexion Grigny Viry

Réseaux projetés - Etude géothermie 91

- Chaudières centrale et géothermie à créer
- Réseau à créer

Abonnés Raccordables (Consommations 2018)

- Bailleurs**
- 0 - 250 MWh
 - 250 - 1000 MWh
 - > 1000 MWh
- Collectivité**
- 0 - 250 MWh
 - 250 - 1000 MWh
 - > 1000 MWh
- Copropriété**
- 0 - 250 MWh
 - 250 - 1000 MWh
 - > 1000 MWh



Données retenues pour l'étude

Besoins des abonnés	56,13 GWh
Dont ECS	6,4 GWh
Aquifère Ciblé	Dogger
Température d'exhaure	69°C
Débit maximal estimée	300 m ³ /h
Longueur de réseau	10 930ml
Nombre de sous-stations	58

Résultats Energétiques et Environnementaux

	Puissance	Production
Besoin en production	24 MW	59 065 MWh
Dont Géothermie	8 MW	36 434 MWh
Dont Gaz Naturel	21 MW	22 631 MWh
Taux d'EnR&R	62%	
CO₂ évités (comparé au gaz)	7 970 T	
TEP évités (comparé au gaz)	3 140 TEP	
Contenu CO₂	0,094 gCO ₂ /kWh _{utile}	

Perspectives pour optimiser les résultats

A ce stade de l'étude, le projet semble favorable, mais plusieurs éléments peuvent encore optimiser l'opération potentielle :

- Etude de différents scénarios de production (ajout Pompe à chaleur)
- Consolidation du potentiel (en particulier pour les copropriétés, volontairement sous-évaluées)
- Densification du réseau en ajoutant certaines résidences de petites envergures non prises en compte dans l'étude
- Possibilité de raccordement au projet d'interconnexion Viry/Grigny et mutualisation des moyens de productions

Analyse économique

Investissements & Aides

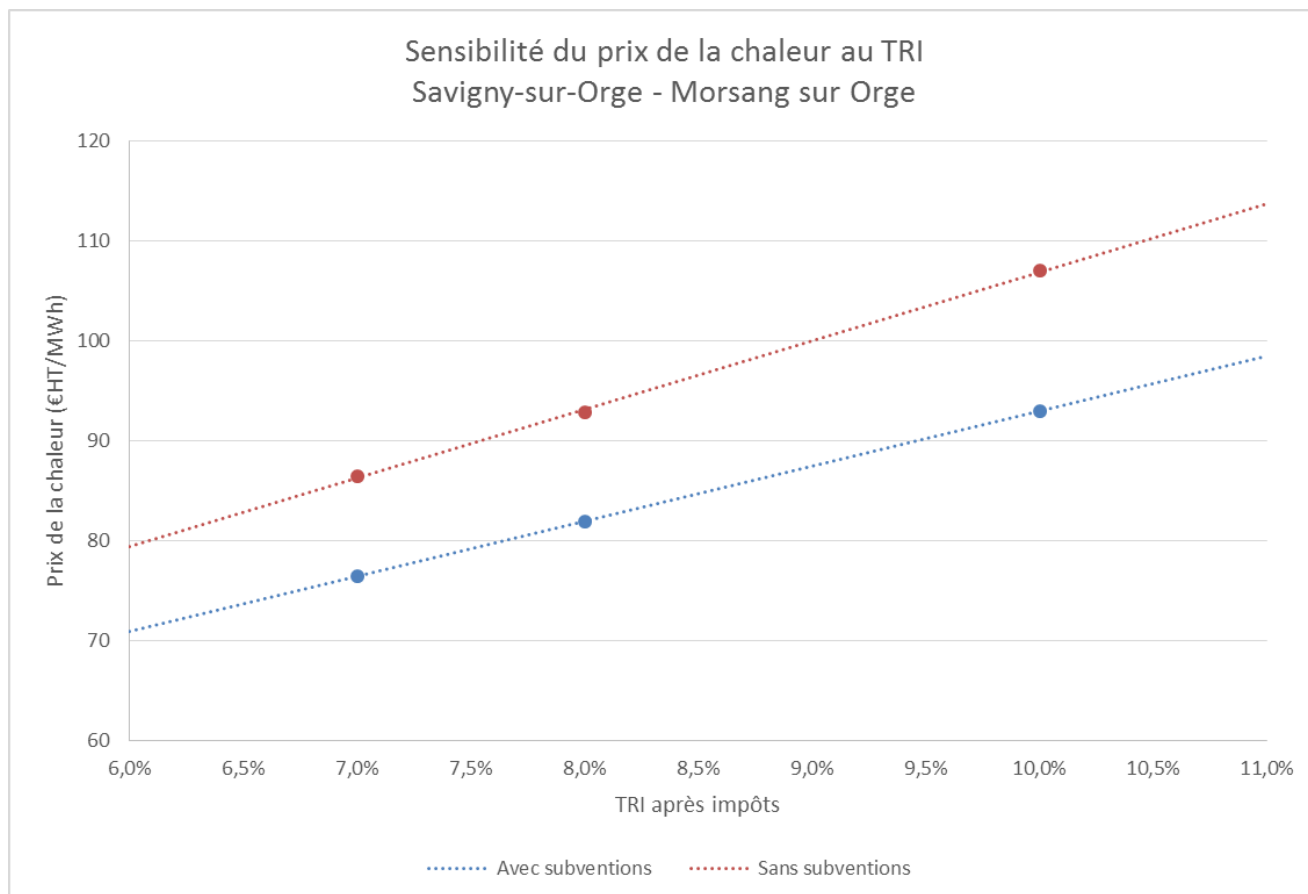
Investissements	26 136 100 €HT
Dont Production	13 870 000 €HT
Dont Distribution	10 166 100 €HT
Dont Livraison	2 100 000 €HT
Aides envisageables (Fonds Chaleur)	5 227 220 €HT (20% des investissements)
Assiette à financer	20 908 880 €HT

Ces investissements prennent en compte une utilisation comme appoint de chaufferies existantes, en particulier des résidences Grand Vaux (6 MW), Lurcat (2,5 MW) et Morlet (2 MW).

Compte d'exploitation prévisionnel

P1 : Fourniture combustibles	1 206 900 €HT
P2 : Entretien et Exploitation	770 783 €HT
P3 : Gros Entretien et Renouvellement	392 050 €HT
Autres charges (Amortissements et charges financières)	1 438 650 €HT
Total année 1	3 808 383 €HT

En fonction du TRI après impôts souhaité par le délégataire et de l'octroi ou non de subventions, le prix de la chaleur moyen est repris dans le graphique suivant :



Pour un TRI de 8%, le délégataire devrait fixer le prix de la chaleur à un tarif compris entre 81,5 et 92€/HT/MWh en fonction du montant des subventions. Ce prix, faiblement compétitif en l'état actuel de l'étude, pourra être fortement amélioré en prenant en compte les remarques en vue d'optimiser les résultats.

3.2.5. Yerres / Brunoy / Epinay-sous-Sénart

Description technique de l'opération

Périmètre retenu

Pour l'existant, le périmètre retenu concerne l'ensemble d'Epinay-sous-Sénart avec reprise du réseau existant et les rives gauche et droite de l'Yerres sur les communes de Brunoy et d'Yerres. Ce périmètre a été découpé en 3 quartiers :

- Réseaux existants, quartier qui englobe le réseau d'Epinay-sous-Sénart qui dispose d'un doublet géothermique et dessert quasiment toute la ville (hors zone pavillonnaire) et le réseau technique de la résidence Talma ;
- Brunoy Rive Gauche, qui englobe l'institut St Pierre, et les quartiers des Ombrages et des Choquets ;
- Brunoy Rive Droite ;
- Yerres Rive Droite, desservie en trois branches, Trois Chênes, Camaldules et Manoir – Hôpital ;
- Yerres Rive Gauche, regroupant les résidences comprises entre le quartier Grandes Prairies et la résidence du parc, en passant par les Tournelles et les Jardins de Concy ;

Pour les projets d'aménagement, seul le programme de rénovation urbaine des quartiers Cinéastes – la Plaine à Epinay-sur-Orge a été pris en compte à travers les diminutions de consommations entraînées par les efforts de rénovations énergétiques que cela entraînera pour le réseau existant.

Patrimoine habitable raccordable

Le patrimoine de nouveaux logements raccordables pour cette potentielle opération (logements non raccordés aux réseaux existants) est composé a priori à parts égales de logements sociaux et de copropriétés surtout présente dans le quartier Grand Vaux.

	Nombre de logements	Consommations estimées ou recensées*
OSICA	468	3 460 MWh*
I3F	238	1 860 MWh*
Toit et Joie	112	1 750 MWh*
Copropriétés	2900	21 300 MWh

Patrimoine public raccordable

	Collectivité	Consommation recensées ou estimées
Piscine Brunoy	Val d'Yerres	1 700 MWh
Piscine P. De Coubertin	Val d'Yerres	1 500 MWh
Groupe Scolaire Brossolette	Yerres	1 005 MWh*
Lycée Talma	Région Ile de France	930 MWh*
Lycée L. Armand	Région Ile de France	620 MWh
Ecoles Camaldules + Gymnase	Yerres	650 MWh
Piscine Brunoy	Val d'Yerres	1 700 MWh

En plus de ces bâtiments, ont été pris en compte :

- Le réseau d'Epinay-sous-Sénart à hauteur de 60 000 MWh dont 21 000 MWh d'ECS
- Le réseau de Brunoy Talma à hauteur de 18 600 MWh
- L'institut St Pierre, regroupant plusieurs Lycées, un collège, une école et des installations sportives à hauteur de 2600 MWh (a priori sous-estimé)

Carte

Le positionnement des sites raccordables sur la carte de la zone montre que le réseau aurait besoin d'être de taille assez importante pour relier les postes de livraison. Il est évalué à 26,1 km dont 11,8 km existants.

Yerres - Brunoy - Epinay-sous-Sénart Potentiel de développement d'un réseau de chaleur

Légende

Limites

- Limites Communales
- Quartiers
- Habitat Collectif (MOS - 2012 - IAU))

Projets d'aménagement

- Projets d'aménagements (Wikimap/projet - 2014 - IAU)

Réseaux existant (Taux d'EnR&R)

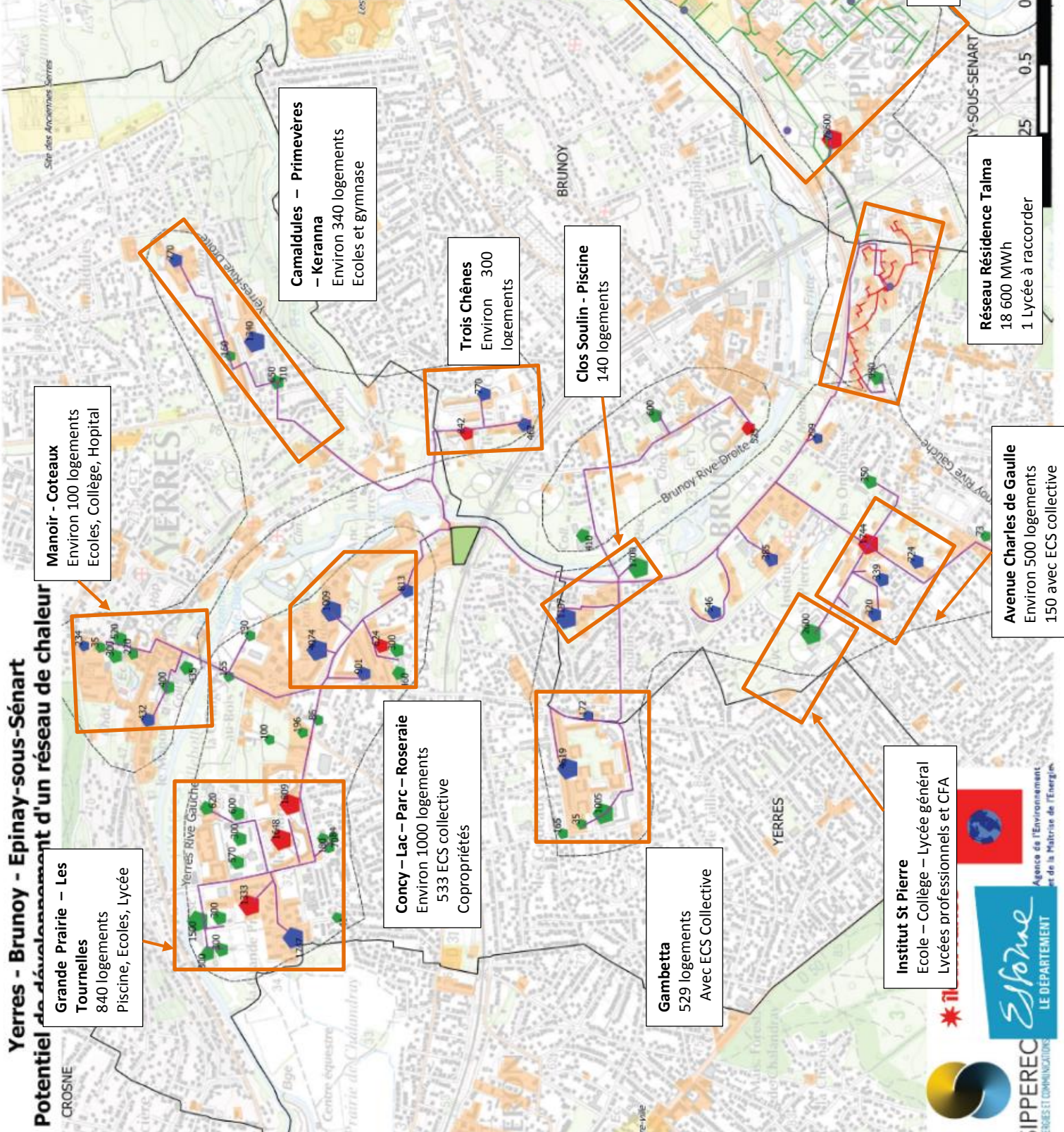
- 0 - 25 %
- 50 - 100 %
- Chaudière existantes

Réseaux projetés - Etude géothermie 91

- Chaudières centrale et géothermie à créer
- Réseau à créer

Abonnés Raccordables (Consommations 2018)

- Baillleurs
- 250 - 1000 MWh
- > 1000 MWh
- Collectivité
- 0 - 250 MWh
- 250 - 1000 MWh
- > 1000 MWh
- Copropriété
- 0 - 250 MWh
- 250 - 1000 MWh
- > 1000 MWh



Données retenues pour l'étude

Besoins des abonnés	127,5 GWh dont 78 GWh de réseaux existants (Epinay ^s / _s Sénart + Talma)
Dont ECS	30,4 GWh
Aquifère Ciblé	Dogger
Température d'exhaure	75°C
Débit maximal estimée	300 m ³ /h
Longueur de réseau	26 120 ml dont 11 800 ml existant (Epinay ^s / _s Sénart + Talma)
Nombre de sous-stations	Environ 75

Résultats Energétiques et Environnementaux

	Puissance	Production
Besoin en production	50 MW	134 175 MWh
Dont Géothermie	11 MW	63 622 MWh
Dont Pompe à chaleur	8 MW	32 221 MWh
Dont Gaz Naturel	35 MW	38 332 MWh

Taux d'EnR&R	65%
CO₂ évités (comparé au gaz)	19 542 T
TEP évités (comparé au gaz)	8 790 TEP
Contenu CO₂	0,083 gCO ₂ /kWh _{utile}

Perspectives pour optimiser les résultats

A ce stade de l'étude, le projet semble favorable, mais plusieurs éléments peuvent encore optimiser l'opération potentielle :

- Réflexion à mener autour de l'intérêt de desservir les Rives Droites des deux communes ;
- Consolidations sur les consommations des bâtiments publics de la ville de Brunoy et de la Communauté d'agglomération du Val d'Yerres (actuellement estimées) ;
- Adaptabilité des réseaux de Talma

Analyse économique

Investissements & Aides

Investissements	33 770 000 €HT
Dont Production	17 070 000 €HT
Dont Distribution	13 906 000 €HT
Dont Livraison	2 583 000 €HT
Aides envisageables (Fonds Chaleur)	6 711 800 €HT (20% des investissements)
Assiette à financer	26 847 000 €HT

Ces investissements prennent en compte une utilisation comme appoint de chaufferies existantes pour les réseaux, à savoir Résidence Talma (8MW) et Epinay-sous-Sénart (36MW), permettant ainsi de couvrir l'ensemble des appoints gaz.

Compte d'exploitation prévisionnel

P1 : Fourniture combustibles	2 552 000 €HT
P2 : Entretien et Exploitation	1 609 500 €HT
P3 : Gros Entretien et Renouvellement	503 400 €HT
Autres charges (Amortissements et charges financières)	1 347 300 €HT
Total année 1	6 012 200 €HT

En fonction du TRI après impôts souhaité par le délégataire et de l'octroi ou non de subventions, le prix de la chaleur moyen est repris dans le graphique suivant :

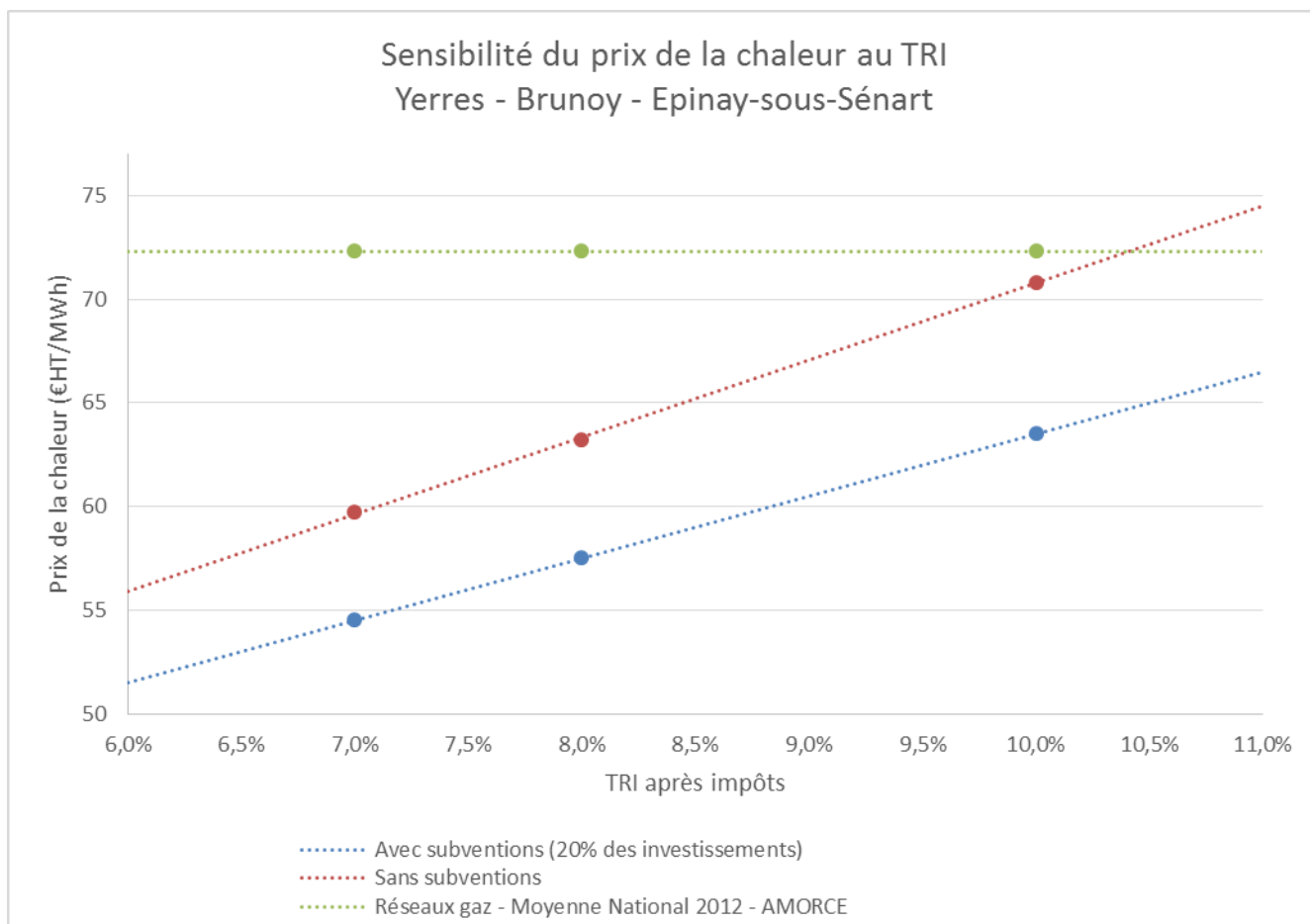


Figure 96. Sensibilité du prix de la chaleur au TRI et aux subventions. Zone Yerres / Brunoy / Epinay sous-Senart

Pour un TRI de 8%, le délégataire devrait fixer le prix de la chaleur à un tarif compris entre 57,5 et 63,5€/MWh en fonction du montant des subventions. Une étude de faisabilité permettra de confirmer les besoins surface recensés et d'améliorer la prise en compte des réseaux existants, ce qui pourrait aussi avoir pour conséquence de remonter légèrement le prix de la chaleur, cette solution restant quand même compétitive.

3.3. Synthèse des zones de potentialités pour l'Essonne

(Valeur Janvier 2015)	Athis-Mons Juvisy-sur-Orge	Chilly-Mazarin Longjumeau	Fleury-Merogis Ste Geneviève-des-Bois St Michel-sur-Orge	Savigny-sur-Orge Morsang-sur-Orge	Yerres Brunoy Epinay-sous-Sénart
Aquifère	Dogger	Dogger	Dogger	Dogger	Dogger
Longueur de réseau (m)	18 600	13 600	20 095	10 929	26 120
Longueur à créer (m)	17 300	13 600	13 795	10 929	14 320
Nombre d'équivalent-logement	5 900	7 750	12 350	4 800	11 000
Température d'exhaure (°C)	72	68	67	69	75
Débit géothermal (m ³ /h)	300	300	300	300	300
Production Totale (MWh)	71 860	94 370	150 832	59 065	134 175
Fourniture Géothermique ou Géothermie + PAC (MWh)	46 860	72 920	78 038	36 434	95 843
Fourniture Appoint Gaz (MWh)	25 000	21 450	38 339 - Cogénération 16 363 – Gaz Simple	22 631	38 332
Fourniture autre (MWh)			18 093 - Biomasse		
Taux de couverture	65%	66%	57%	62%	65%
Contenu CO ₂ (gCO ₂ /kWh utile)	0,087	0,070	0,090	0,094	0,083
Investissements (€HT)					
<i>Moyens productions</i>	13 835 000	17 035 000	21 035 000	13 870 000	17 070 000
<i>Distribution</i>	16 270 600	13 326 000	12 415 500	10 166 100	13 906 000
<i>Livraison</i>	3 664 500	3 469 000	2 870 000	2 100 000	2 583 000
Total	33 770 100	33 830 000	36 320 500	26 136 100	33 559 000
<i>Aides Possibles du Fonds Chaleur</i>	6 754 030	6 766 000	7 264 100	5 227 220	6 711 800
Investissements Total avec Aides	27 016 120	27 063 000	29 056 400	20 908 880	26 847 000

Tableau 31. Synthèse des principaux paramètres des potentiels réseaux géothermiques du groupe 1

En synthèse, la création des 5 opérations du Groupe 1 permettrait de raccorder de raccorder environ 41 800 équivalent-logements (donnée SCRAE) parmi lesquels 28 900 nouveaux équivalent-logements (la différence provenant des réseaux existants repris pour l'étude) sur le département de l'Essonne, soit une augmentation d'environ 24 %. Ceci représente environ 129 % des objectifs et 29% du potentiel déterminés par le SRCAE pour le département de l'Essonne.

Ces opérations permettraient de valoriser environ 231 000 MWh géothermal supplémentaire au Dogger, et 328 380 MWh en ajoutant la production des pompes à chaleur.

Au niveau économique, un investissement total d'environ 164 millions d'euros HT serait nécessaire pour ces 5 projets de réseaux. Les subventions, dans le contexte, seraient de l'ordre de 32,7 millions (estimée à 20% dans chaque projet).

4. MISE EN PERSPECTIVE - PROSPECTIVE

Compte-tenu de l'ensemble des éléments développés et recensés au cours de cette étude, il est possible d'établir un profil des réseaux de chaleur de l'Essonne à l'horizon 2025/2030 :

- Fin du déploiement de trois nouveaux réseaux existants :
 - Breteigny-sur-Orge, Réseau Clause Bois Badeau ;
 - Palaiseau, Réseau Camille Claudel ;
 - Ris-Orangis, Réseau de l'éco-quartier du Val de Ris ;
- Création de nouveaux réseaux :
 - ZAC du Moulon et Polytechnique (Plateau de Saclay) : Mis en service en totalité et rétrocédé à l'agglomération
 - Interconnexion des réseaux de Viry-Châtillon et Grigny ;
 - ZAC Grand Stade Bondoufle – Ris-Orangis (en projet) ;
 - Mise en place de 5 réseaux projetés dans le cadre de cette étude, à savoir :
 - Athis-Mons / Juvisy-sur-Orge
 - Chilly-Mazarin / Longjumeau
 - Morsang-sur-Orge / Savigny-sur-Orge
 - Sainte-Geneviève-des-Bois / Saint-Michel-sur-Orge / Fleury-Merogis
 - Yerres / Brunoy / Epinay-sous-Sénart
 - Réseaux locaux avec énergies renouvelables (géothermie superficielle, biomasse, récupération de chaleur fatale) dans le cadre du développement des ZAC Les Portes de Bondoufle/Val Vert, Les Clés St Pierre, Les Belles Vues,... ;
 - Créations de réseaux sur une partie des zones du Groupe 2 ;
- Développement des réseaux existants :
 - Evry-Courcouronnes : Extensions vers les quartiers nord et Est d'Evry et augmentation du taux d'EnR&R ;
 - Ris-Orangis Plateau : Extensions et augmentation de la part de géothermie ;
 - Réseaux Villejust et Courtaboeuf du SIOM Vallée de la Chevreuse : Extensions au reste du parc d'activité dans les limites de valorisation énergétique possible de l'UIOM ;
 - Vigneux-sur-Seine, avec mise en service d'un nouveau doublet et extensions ;
 - ...
- Développement des interconnexions ;
- Pour les réseaux existants : compensation intégrale des opérations de réhabilitation de l'habitat par le développement du réseau vers des prospects présents à proximité immédiate.

Cette photographie des réseaux de chaleur de l'Essonne à l'horizon 2025/2030, permettrait de livrer près de 2 200 GWh/an, alimentant ainsi près de 210 000 équivalents-logements, avec une énergie à plus de 60% renouvelable.

Il en ressortirait que le bouquet énergétique des réseaux de l'Essonne à horizon 2025/2030 pourrait être le suivant :

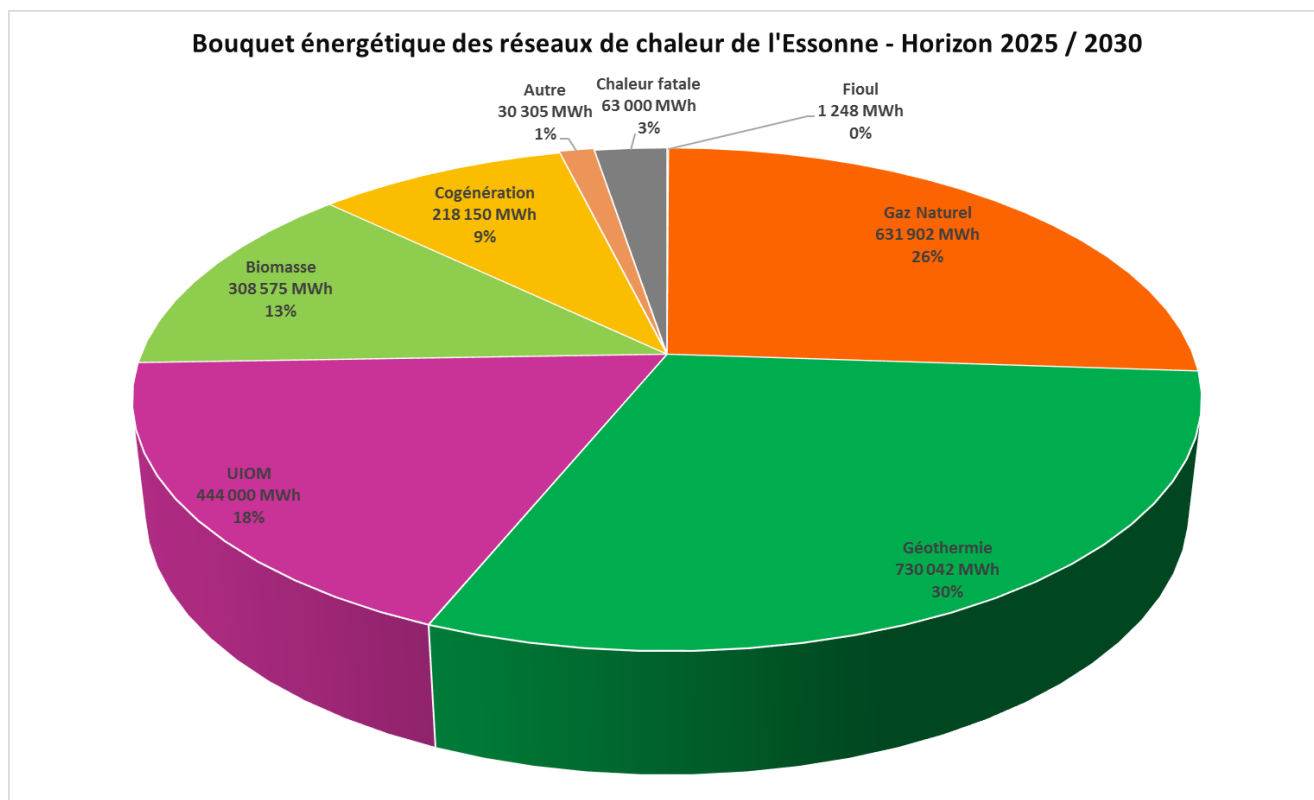


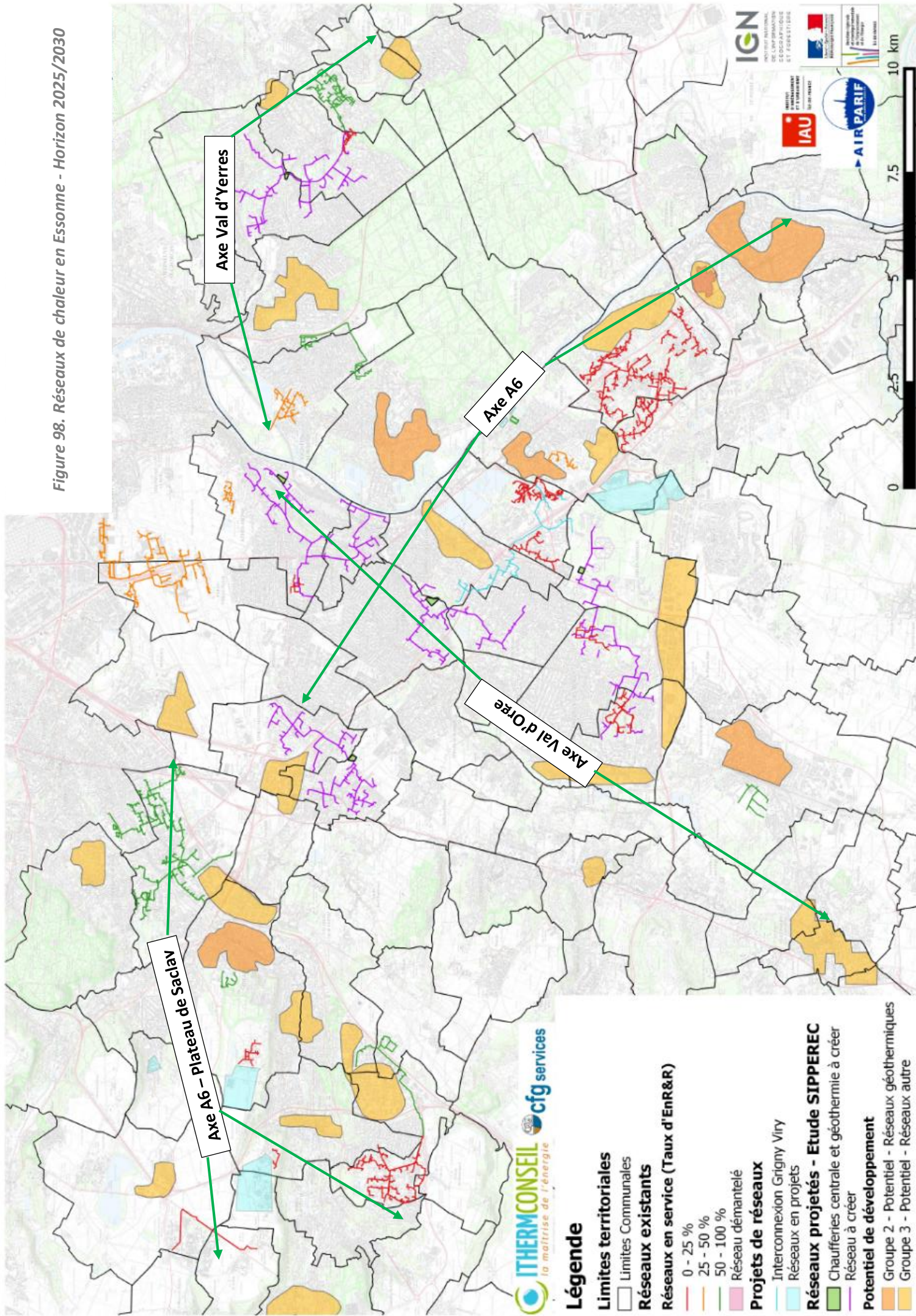
Figure 97. Bouquet énergétique envisageable des réseaux de chaleur de l'Essonne à l'horizon 2025/ 2030

Ces réalisations permettraient de dépasser amplement les objectifs du SRCAE, en raccordant approximativement 80 000 équivalents-logements supplémentaires, proche des 100 000 équivalents-logements potentiel identifiés. Cela permettrait au département de l'Essonne de devenir un des fers de lance des réseaux de chaleur et de la géothermie en Ile-de-France.

Ces réseaux se répartiraient géographiquement comme sur la carte suivante (cf Figure 98), qui permet d'envisager, à longue échéance, la mise en place d'un réseau public de chaleur via des interconnexions :

- Le long de l'autoroute A6, allant de Corbeil-Essonnes à Longjumeau en passant par Ris-Orangis, Evry, Grigny, Viry-Châtillon, Savigny-sur-Orge.
- Le long de l'autoroute A10 entre les Ulis et Massy, en englobant Le parc d'activité de Courtabœuf, Palaiseau et le plateau de Saclay.
- Le long du Val d'Yerres entre Arpajon et Athis-Mons en passant par Bretigny-sur-Orge, St Michel-sur-Orge, Ste Geneviève-des-Bois, Fleury-Merogis, Viry-Chatillon, Morsang-sur-Orge, Savigny-sur-Orge, Juvisy-sur-Orge, et en croisant l'axe A6 aux alentours de Viry-Châtillon/Savigny-sur-Orge.
- Le long du Val d'Yerres, entre Boussy-Saint Antoine et Vigneux-sur-Seine en passant par Epinay-sous-Sénart, Montgeron, Yerres, Brunoy. Vigneux-sur-Seine, terminus de cet axe se trouve en face d'Athis-Mons, terminus de l'axe de Val d'Orge.

Figure 98. Réseaux de chaleur en Essonne - Horizon 2025/2030



Cependant, la mise en place d'un tel service de distribution de chaleur demande une certaine volonté. Celle-ci devrait se manifester via la mise en place d'actions concrètes qui permettraient de :

- Mieux connaître et comprendre les différents aquifères, en développant des modèles régionaux de manière à mieux prévoir leurs évolutions et ainsi pérenniser les ressources ;
- Développer l'exploitation de nouveaux aquifères de manière à soulager le Dogger, qui est actuellement la ressource de la quasi-totalité des opérations géothermiques, en particulier en développant, dans les limites des possibilités techniques, l'exploitation du Trias, du Lusitanien, du Néocomien et de l'Albien ;
- Développer de nouvelles technologies, que ce soit pour l'exploitation des puits géothermiques (nouvelles architectures des puits), ou pour développer le stockage inter-saisonnier en aquifères ;
- Développer le parc de bâtiments raccordables aux réseaux de chaleur, en imposant dans les nouvelles constructions des régimes de basse température (idéale pour la géothermie), en créant des zones de développement prioritaire des réseaux de chaleur urbains, en imposant la mutualisation des besoins énergétiques dans les projets de ZAC, ou encore en adaptant les logements chauffés individuellement au chauffage collectif dans le cadre des programmes de rénovation urbaine ;
- Encourager financièrement les créations de réseaux, en favorisant les regroupements de commandes, notamment pour les forages géothermiques, ou encore en pérennisant les taux de TVA incitatifs et les subventions pour les réseaux vertueux ;
- Favoriser les rapprochements de réseau et la mutualisation des moyens de production en standardisant les régimes de pressions et températures, en favorisant les opérations d'import/export de la chaleur, ou encore en encourageant la mise en place d'une gestion commune dans l'optique de Smart-Grid thermiques.

CONCLUSION

Le département de l'Essonne a fait l'objet d'un début de développement de la géothermie au Dogger dans les années 1980, développement qui a été freiné par les problèmes technologiques qui ont menés, entre autre, à l'arrêt de l'opération au Dogger d'Evry-Courcouronnes. Malgré ce relatif échec, et grâce à l'amélioration des technologies géothermiques, les opérations actuellement en exploitation constituent des références solides dans ce domaine et l'expérience accumulée doit être valorisée.

Aujourd'hui, les réseaux géothermiques de l'Essonne ont d'indéniables atouts à faire valoir dans le contexte actuel :

- Ils permettent d'alimenter environ plusieurs milliers d'équivalent-logements en énergies renouvelables ;
- Ils sont compétitifs d'un point de vue économique avec les solutions de production de chaleur à base d'énergies fossiles ;
- Ils ont un impact environnemental faible sur leur environnement.

Après des années de latence, les projets géothermiques sont de nouveau au rendez-vous dans le département, avec des projets plus ou moins avancés comme celui proposé par l'EPPS dans le cadre du développement du Plateau de Saclay sud, la possible remise en service d'une géothermie au Dogger sur le réseau d'Evry-Courcouronnes, ou encore le projet de réseau autour de la ZAC Grand Stade.

D'autres opérations d'aménagement tels que le Grand Paris Express, les plans ANRU,... sont autant de chances pour développer de nouveaux réseaux dans les secteurs actuellement non pourvus et ne faisant pas l'objet des projets pour le moment et une opportunité pour optimiser les réseaux existants (densification, extension, meilleure valorisation de la ressource géothermale par cascade de température).

Ainsi, il semble important que, dès à présent, des dispositions soient prises pour que ces nouvelles opérations d'aménagement soient pensées pour la géothermie (obligation de raccordement, mise en place d'émetteurs de chaleur basse température, cascade de température sur les réseaux...) avec la mise en place d'une politique volontariste.

Ces enjeux, certes importants, sur les nouvelles opérations urbanistiques ne doivent pas masquer les enjeux des réseaux existants. En effet, ceux-ci seront amenés à connaître un développement important de part :

- leur attractivité économique (potentiellement renforcée par une contribution climat énergie)
- la nécessité de développer le recours aux énergies renouvelables dans le secteur du bâtiment.

C'est ainsi que la question de la gestion de la ressource géothermale sera amenée à être développée au cours des prochaines années.

Des études sont actuellement menées par l'ADEME dans le Val de Marne afin de connaître l'évolution du réservoir du Dogger, suite à l'apparition des bulles froides de certains doublets et afin de prévoir une potentielle saturation de cette nappe sur ce département l'exploitant fortement et situé au voisinage de l'Essonne. Les conclusions de ces études devraient servir de référence pour la délivrance des prochains permis de recherche sur le territoire de l'Essonne, notamment pour les projets situés à proximité immédiate du Val-de-Marne.

Des mesures de pérennisation de la ressource géothermique doivent aussi être mises en place, notamment au travers d'opérations nouvelles de recherche ou de connaissances des aquifères. Ces mesures sont connues :

- exploitation de réservoirs alternatifs (Lusitanien, Trias) ;
- tests de stockage d'énergie ;
- modélisations de l'évolution des aquifères ;
- ...

Elles doivent être mises en œuvre dans un futur proche afin de bénéficier d'un retour d'expérience qui permettra de pérenniser les ressources.

Dans le cadre de cette étude, il a été montré que 5 zones, à savoir :

- Athis-Mons, Juvisy-sur-Orge ;
- Chilly-Mazarin, Longjumeau ;
- Fleury-Merogis, Sainte-Geneviève-des-Bois, Saint-Michel-sur-Orge ;
- Savigny-sur-Orge, Morsang-sur-Orge ;
- Yerres, Brunoy, Epinay-sous-Sénart ;

auraient, dès aujourd'hui, l'opportunité de développer un réseau de chaleur à base géothermale sur leur territoire ou d'étendre et/ou passer leur production à la géothermie.

En plus de ces zones, d'importantes potentialités sous-sol existent sur la partie nord-ouest du département, mais, hormis les zones identifiées, le potentiel surface est actuellement difficilement accessible car très diffus. Cependant, l'étude locale de mise en place de réseau de chaleur à base de géothermie faible profondeur avec pompe à chaleur est fortement envisageable.

Le potentiel surface sur le département, est concentré le long de 4 axes principaux :

- A 10 / N118 avec le plateau sud de Saclay ;
- A 6 de Corbeil-Essonnes à Chilly-Mazarin
- Val d'Orge de Bretigny-sur-Orge à Athis-Mons
- Val d'Yerres, de Boussy-Saint-Antoine à Orly

Bien que présentant des disparités le long de ces axes avec des zones plus ou moins diffuses, la mise en place de réseau(x) de chaleur alimenté(s) à base de chaleur fatale, de géothermie ou d'autre EnR&R est à étudier. La mise en place de ces réseaux de chaleur pourrait, à terme, mener à la mise en place d'un service public de la chaleur sur ces axes, avec mutualisation des moyens de productions EnR&R.

En tout état de cause, le département de l'Essonne, à horizon 2025/2030, devrait fortement développer son expérience dans le domaine de la valorisation de la ressource géothermale et des réseaux de chaleur plus généralement. A cet horizon en effet, les réseaux de chaleur pourraient être amenés à desservir près de 210 000 équivalents-logements, avec une énergie à plus de 60% renouvelable, dont 30% (soit plus de 700 000 MWh) serait issu de la géothermie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agence Nationale pour la rénovation urbaine, 2014. Etat du programme national de rénovation urbaine.

AMORCE, 2015. Comparatif des modes de chauffage et Prix de vente de la chaleur en 2013. Référence AAMORCE RCE23.

Bel A., Poux A., Goyénèche O., Allier D., Darricau G., Lemale J., 2012. Synthèse de l'étude préalable à l'élaboration du schéma de développement de la géothermie en Ile de France. Rapport Final. Rapport BRGM/RP-61325-FR.

Bouniol B., 1985. Etude d'un réservoir géothermique carbonaté : le Lusitanien de la Région Parisienne. Thèse de doctorat. BRGM / AFME. N°85 04.

BRGM, 1970. Atlas des nappes aquifères de la région parisienne.

BRGM, 2008. Ressources géothermiques du département de l'Essonne (91). Rapport BRGM/RP-56966-FR.

Caritg S., Bourguin B., Foissard D., Lopez S., Allanic C., Zammit C., 2014. Projet Lusitanien. Evaluation du potentiel géothermique du Lusitanien du bassin de Paris pour la production de chaleur : mise en adéquation entre ressource et besoins. Rapport final. Rapport BRGM/RP-63244-FR, 78 p.

CETE de l'Ouest, 2011. Fiches synthétiques « Réseaux de chaleur et Outils de l'Urbanisme », « Réseaux de chaleur et plan local d'urbanisme », Enjeux du développement des réseaux de chaleur » et « Energies Renouvelables et Opérations d'aménagement. »

Comité Interministériel Grand Paris, 2014. Dossier de Presse – Grand Paris, le Temps des «réalisations.

Communauté d'Agglomération du Val d'Orge, 2013. Atlas du logement social du Val d'Orge.

Diverses collectivités, 2008-2011. Plans locaux d'Habitat.

DRIEA Ile de France, 2012. Rapport final de l'étude sur les réseaux de chaleur en Ile de France, contributive à l'élaboration du schéma régional climat air énergie.

DRIEE, 2012. Evaluation du potentiel de développement du chauffage urbain en Ile de France.

DRIEE, 2011. Le chauffage urbain en Ile-de-France, Éléments pour la construction d'une vision partagée

Etablissement Public Paris Saclay, Communauté d'Agglomération Paris-Saclay, 2013. Contrat de développement territorial Paris-Saclay territoire Sud.

Etablissement Public d'Administration du Grand Orly, 2013. Accord Cadre du Contrat de développement territorial.

Frey C., Alliez V., Berger G., Moussie B., 1981. Etude hydrogéologique de la nappe de l'Albien en région Ile-de-France. Rapport BRGM/81-SGN-800-IDF, 18 p.

Hamm V., 2012. Expertise du développement de l'exploitation du Dogger dans le secteur Ouest du Val de Marne. Présentation. BRGM.

Hervé J.Y., Ignatiadis I., 2007. Nappes de l'Albien et du Néocomien. Définition des conditions d'accès à la ressource géothermique en Ile de France. Rapport final. Rapport BRGM/RP-55990-FR, 55 p.

Housse B., Maget P., 1976. Potentiel géothermique du Bassin parisien. Rapport BRGM/RR-29146-FR, 125 p.

IAU, 2014. Fiches Communautés d'Agglomération.

Le Nir M., Ranquet C., Szymanski A.L., Bezelgues S., Darricau G., Lemale J., 2008. Ressources géothermiques du département de l'Essonne (91), Rapport détaillé. Rapport de synthèse, Rapport BRGM/RP-56966-FR, 295 p.

Ministère de la Défense, 2012. Contrat de Redynamisation des Site de défense. Base aérienne de Bretigny-sur-Orge.

Région Ile de France, 2012. Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie.

SAN Senart, 2013. Contrat de développement territorial de Sénart.

SNCU, 2015. Enquête Nationale sur les réseaux de chaleur et de froid. Restitution régionale des statistique Ile de France et Enquête nationale.

Solving EFESO, 2010. Plan Climat Territorial de l'Essonne.

Vernoux J.F., Maget P., Donsimoni M., Blanchin R., Afzali H., Vairon J., 1997. Synthèse hydrogéologique du Crétacé inférieur du bassin de Paris, Rapport BRGM/RR-39702-FR, 222 p.

Via Seva, 2015. L'annuaire des réseaux de chaleur et de Froid.

TABLES DES ILLUSTRATIONS ET TABLEAUX

Tables des illustrations

Figure 1. Implantation des réseaux de chaleur, réseaux techniques et projets de l'Essonne en 2014. .	8
Figure 2 : Répartition des sources énergétiques utilisées pour la production de chaleur dans les réseaux de l'Essonne.....	9
Figure 3 : Ordres de grandeurs pour cibler l'aquifère cible en fonction des besoins en surface. Source : BET Sermet.	11
Figure 4. Mix énergétique des réseaux ce chaleur de l'Essonne. Horizon 2025/2030.	15
Figure 5. Réseaux de chaleur en Essonne - Horizon 2025/2030.	16
Figure 6. Densité de population de l'Essonne. Source : RGP 2011 - INSEE.	20
Figure 7. Schéma d'un réseau de chaleur. Source : ADEME.....	22
Figure 8 : Schéma-type de fonctionnement d'un réseau de chaleur.....	23
Figure 9. Schéma-type de fonctionnement d'une sous-station pour le chauffage uniquement.....	25
Figure 10. Schéma-type de fonctionnement d'une sous-station chauffage et production d'ECS.....	25
Figure 11. Schéma d'intégration de pompes à chaleur sur un réseau géothermique. Montage du condenseur en parallèle avec l'échangeur géothermal.	26
Figure 12. Intégration d'une PAC sur un réseau de chaleur géothermique.....	27
Figure 13. Schéma d'intégration d'un appoint décentralisé sur un réseau de chaleur.....	27
Figure 14. Schéma d'intégration d'un appoint semi-centralisé sur un réseau de chaleur.....	28
Figure 15. Schéma d'intégration d'un appoint centralisé sur un réseau de chaleur.....	28
Figure 16. Pyramide des choix d'EnR&R. Source : ADEME Ile de France.	29
Figure 17. Sources de chaleur fatales - Températures et forme de rejet. Source : ADEME.	30
Figure 18. Principe de fonctionnement du système Degré Bleus. Source : Lyonnaise des Eaux.....	33
Figure 19. Système de récupération de chaleur sur groupe froid de data-center, projet Val d'Europe. Source : Dalkia – Groupe EDF.....	34
Figure 20. Différents type de géothermie. Sources : ADEME et BRGM.	35
Figure 21 : Schéma de principe d'un doublet au Dogger.	36
Figure 22. Nombre de doublets au Dogger mis en service depuis 1969. Source : BRGM - 2013.....	37
Figure 23. Schéma de principe d'une chaufferie Biomasse.....	38
Figure 24. Principales étapes de la méthanisation.....	40
Figure 25. Schéma de principe de la filière méthanisation.....	41
Figure 26. Réseau de chaleur solaire avec production centralisée - Source : CEA-INES.....	42
Figure 27. Réseau de chaleur solaire avec production décentralisée - Source : CEA-INES.....	43
Figure 28. Localisation des forages servant à constituer la base de données. Source : CfG Services. .	44

Figure 29. Coupe Ouest – Est du Bassin parisien. Source : BRGM.	45
Figure 30. Coupe lithostratigraphique avec les aquifères cibles du Bassin parisien. Source : BRGM...	46
Figure 31. Carte de profondeur du toit des Sables de l'Albien.	49
Figure 32. Carte de température au toit des Sables de l'Albien	49
Figure 33 : Carte d'épaisseur utile des Sables de l'Albien.....	50
Figure 34 : Carte de transmissivité des Sables de l'Albien.	51
Figure 35 : Carte de profondeur du toit des Sables du Néocomien.....	52
Figure 36 : Carte de température au toit des Sables du Néocomien.....	53
Figure 37 : Carte d'épaisseur utile des Sables du Néocomien.	53
Figure 38 : Carte de transmissivité des Sables du Néocomien.....	54
Figure 39 : Carte de profondeur du toit du Lusitanien. D'après Caritg et al., 2014.	57
Figure 40 : Carte de température au toit du Lusitanien. D'après Caritg et al., 2014.	57
Figure 41 : Carte d'épaisseur utile du Lusitanien. D'après Caritg et al., 2014.	58
Figure 42 : Observation à la loupe binoculaire d'un échantillon prélevé en cours de forage au niveau du réservoir du doublet géothermique des Aéroports de Paris - Orly (Mai 2010)	59
Figure 43 : Carte de profondeur du toit du Dogger.	61
Figure 44 : Carte de température au toit du Dogger.....	61
Figure 45 : Carte d'épaisseur utile du Dogger.	62
Figure 46 : Carte de transmissivité du Dogger.	62
Figure 47 : Schéma de principe d'un doublet au Dogger.	64
Figure 48. Modélisation des phénomènes corrosion-depôts dans un puits géothermique.....	66
Figure 49. Schéma de principe du dispositif de traitement en inhibiteur de corrosion	67
Figure 50. Coupe d'un puits avec rechemisage en tube composite.....	69
Figure 51 : Schéma d'une gélule de permis d'exploitation.	72
Figure 52 : Contraintes du SDAGE pour l'Albien-Néocomien.....	73
Figure 53. Implantation des réseaux de chaleur, réseaux techniques et projets de l'Essonne en 2014	78
Figure 54 : Exploitations et projets géothermiques au Dogger en Ile-de-France.	79
Figure 55 : Exploitations et projets géothermiques au Dogger dans le nord Essonne.	80
Figure 56 : Carte de température au toit du Dogger en Essonne à fin 2014 - les bulles froides apparaissent à l'injecteur.	81
Figure 57. Livraisons de chaleur des réseaux de chauffage urbain recensés de l'Essonne.....	85

Figure 58. Répartition des sources énergétiques utilisées pour la production de chaleur dans l'Essonne. Source : Recensement.....	86
Figure 59. Bouquets énergétiques des réseaux de chaleur de l'Essonne recensés	87
Figure 60. Etablissement Public de Coopération Locale en matière de Déchet, Centres de traitement des déchets et réseaux de chaleur de l'Essonne.	88
Figure 61. Nombre d'équivalent-logements des réseaux de chaleur de l'Essonne.	90
Figure 62 : Quotas d'émissions accordés aux réseaux de chaleur de l'Essonne sur la période de 2013 à 2020 – Décision de la commission européenne du 24 janvier 2012.....	92
Figure 63 : Contenu en CO ₂ des réseaux de chaleur de l'Essonne. Source : Arrêté du 11/07/2013 et SNCU.....	93
Figure 64 : Prix de vente de la chaleur en fonction de l'énergie principale utilisée sur le réseau. Source : Prix de vente de la chaleur AMORCE/SNCU/ADEME 2013	95
Figure 65 : Coût global de la chaleur (€TTC) pour un logement d'un bâtiment de type « Peu Performant » suivant le modes de chauffage. Source : Prix de vente de la chaleur AMORCE/SNCU/ADEME 2013	97
Figure 66 : Coût global de la chaleur (€TTC) pour un logement d'un bâtiment de type « Parc Social » suivant le mode de chauffage. Source : Prix de vente de la chaleur AMORCE/SNCU/ADEME 2013.	97
Figure 67 : Coût global de la chaleur pour un logement d'un bâtiment de type « RT 2012 » suivant le mode de chauffage. Source : Prix de vente de la chaleur AMORCE/SNCU/ADEME 2013.	98
Figure 68. Estimation de la facture énergétique (€TTC) en coût global pour un logement d'un bâtiment de type « Parc social moyen »	99
Figure 69 : Schéma de montage en gestion directe avec intégration d'un prestataire d'exploitation (optionnel).....	102
Figure 70 : Schéma de montage en gestion déléguée de type Affermage	105
Figure 71 : Schéma de montage en gestion déléguée de type Concession	106
Figure 72. Mode de gestion et montage financier pour les réseaux de chaleur. Source : AMORCE. .	108
Figure 73. Bilan du fonds chaleur sur la période 2009-2013. Source : Ministère du Développement Durable.	116
Figure 74. Evolution des réglementations thermiques depuis la RT 2000 avec les perspectives à l'horizon 2020.....	119
Figure 75. Intercommunalités de l'Essonne en 2015. Source : Région Ile de France.....	122
Figure 76. Schéma Régional de coopération intercommunale d'Ile de France au 4 Mars 2015. Source : Préfecture d'Ile de France.	123
Figure 77. SRCAE et documents de planification régionaux. Source : SRCAE IdF.	124
Figure 78. Synthèse des objectifs et orientations retenus dans le cadre du SCRAE -secteur Bâtiment	125

Figure 79. Synthèse des objectifs et orientations retenus dans le cadre du SCRAE pour le secteur des Energies Renouvelables et de Récupération.....	126
Figure 80. Documents d'aménagement Paris-Saclay Territoire Sud. Source : DRIEA Ile de France....	129
Figure 81. Carte des Opérations d'Intérêt National - Essonne. Source : IAU IdF.	131
Figure 82. Contrats de Développement Territorial et de Reconversion des Sites de Défense.	132
Figure 83. Carte de potentiel géothermique de l'Albien. Source : CfG Services.....	134
Figure 84. Forages à l'Albien existants et contraintes du SDAGE.....	134
Figure 85. Potentiel du Néocomien. Source : CfG Services.....	135
Figure 86. Forages existants au Néocomien et contraintes SDAGE.	135
Figure 87. Potentiel géothermique au Lusitanien. Source : CfG Services.	136
Figure 88. Potentiel géothermique au Dogger. Source : CfG Services.	137
Figure 89. Densité de population de l'Essonne. Source : RGP INSEE.	138
Figure 90. Ordre de grandeur pour cibler l'aquifère en fonction du besoin surface. Source : BET Sermet.	139
Figure 91. Ensembles de fortes consommations recensés sur l'Essonne.	141
Figure 92. Projets de transport dans le département de l'Essonne.....	149
Figure 93. Potentiel de développement de la géothermie Groupes définis pour l'étude.	155
Figure 94. Sensibilité du prix de la chaleur au TRI et subvention - Zone Chilly-Mazarin / Longjumeau	181
Figure 95. Sensibilité du prix de la chaleur au TRI et aux subventions. Zone St Michel / Ste Geneviève / Fleury-Merogis.	185
Figure 96. Sensibilité du prix de la chaleur au TRI et aux subventions. Zone Yerres / Brunoy / Epinay sous-Senart.....	193
Figure 97. Bouquet énergétique envisageable des réseaux de chaleur de l'Essonne à l'horizon 2025/ 2030.....	196
Figure 98. Réseaux de chaleur en Essonne - Horizon 2025/2030	197

Tables des tableaux

Tableau 1. Comparatif des performances environnementales des réseaux de l'Essonne à ceux des réseaux français et franciliens	9
Tableau 2 : Caractéristiques hydrogéologiques des Sables de l'Albien.	51
Tableau 3 : Caractéristiques hydrogéologiques des Sables du Néocomien.	54
Tableau 4. Inventaire et productivité des puits captant l'Albien et le Néocomien (Source : Infoterre BSS) dans Paris et la proche couronne	55
Tableau 5 : Caractéristiques hydrogéologiques du Lusitanien.	58
Tableau 6 : Caractéristiques hydrogéologiques du Dogger.	63
Tableau 7. Caractéristiques techniques des opérations actuelles et passées au DOGGER ayant une emprise sur le sous-sol de l'Essonne.	82
Tableau 8. Etat actuel des exploitations au Dogger au droit du département de l'Essonne.	83
Tableau 9. Tableau comparatif des caractéristiques des réseaux de chaleur. Source : Recensement.	91
Tableau 10. Définition des différents termes du prix de la chaleur. Source : Enquête AMORCE – 2013	96
Tableau 11. Aides à la création ou extension, > 500 tep/an, d'un réseau. Source : ADEME.	117
Tableau 12. Aides à la création ou l'extension, <500 tep/an, d'un réseau. Source : ADEME.	117
Tableau 13. Aides à la mise en place d'une géothermie profonde. Source : ADEME.	117
Tableau 14. Récapitulatif des potentialités aux différents aquifères sur le périmètre d'étude.	138
Tableau 15. Périmètre défini pour l'étude.	139
Tableau 16. Ensemble de fortes consommations sur le département de l'Essonne.	142
Tableau 17. Récapitulatif des ensembles de consommations énergétiques impactés par la présence à proximité d'un réseau.	144
Tableau 18. Ensembles écartés en raison d'une inadéquation entre les besoins et la géothermie. ...	144
Tableau 19 Ensembles écartés en raison d'un nombre de logements sociaux faible.	145
Tableau 20. Critères énergétiques pour les différents ensembles de fortes consommations.	146
Tableau 21. Zones à fort potentiel de développement de la géothermie. En vert : les créations, en bleu : les extensions et en orange : les interconnexions.	150
Tableau 22. Taux de réponse du recensement patrimonial auprès des bailleurs sociaux.	151
Tableau 23. Potentiel de raccordement à un réseau de chaleur à courte échéance.	152
Tableau 24. Regroupements effectués pour définir les zones à très fort potentiel.	153
Tableau 25. Définition des zones à fort potentiel de développement de la géothermie.	153
Tableau 26. Hierarchisation des zones d'études.	154
Tableau 27. Caractéristiques des zones du Groupe 1	156
Tableau 28. Caractéristiques des zones du Groupe 2	157
Tableau 29. Coûts d'investissements pour l'évaluation économique des potentialités (Valeur : Janvier 2015)	170
Tableau 30. Planification typique d'une opération de géothermie dans le cas d'une DSP.	172
Tableau 31. Synthèse des principaux paramètres des potentiels réseaux géothermiques du groupe 1	194
Tableau 32. Mesure de réduction des impacts des travaux de forages.	213

ANNEXES

1. ANNEXE – ETUDE D'IMPACT POUR DEMANDE DE PERDOTEX

L'étude d'impact comprend notamment un développement des sujets suivants :

- Contexte du projet
 - Justification du projet
 - Contexte historique, géographique et administratif de la commune
 - Contexte socio-économique
 - Monuments classés, espaces verts
- Description du site et de son environnement- état initial du site
 - Situation et description du site
 - Propriétés
 - Projets situés à proximité du site
 - Accès et dessertes du site
 - Equipements et habitations situés à proximité du site
 - Caractère général du paysage du site de l'opération
 - Qualité du sol et qualité de l'air
 - Environnement sonore
 - Urbanismes et servitudes
 - Servitude au titre du Code Minier
 - Risques industriels et naturels
 - Réseaux
- Analyse des impacts du projet et mesures destinées à supprimer, atténuer ou compenser les effets négatifs
 - Impact sur le contexte socio-économique de la ville
 - Impact sur la circulation et les infrastructures
 - Impact sur la sécurité des personnes
 - Impact sur le paysage, la faune et la flore
 - Impacts sur le sol et les eaux de surface
 - Impacts sur la géologie et les aquifères profonds
 - Impact visuel et nuisances sonores
 - Impacts sur la qualité de l'air
 - Impact sur les réseaux existants
 - Protection du patrimoine
 - Déchets et propreté du site
- Incidence des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eau, compatibilité avec le SDAGE Seine-Normandie et le SAGE local
 - Le schéma d'aménagement concerné : le SDAGE du bassin Seine Normandie
 - Le schéma d'aménagement concerné : le SAGE Local
 - Protection des ressources en eaux souterraines au droit du site
 - Incidence des travaux sur les eaux de surface
- Evaluation des incidences natura 2000
- Aspects économiques des mesures destinées à supprimer ou à atténuer les impacts
- Evaluation des effets du projet sur la santé humaine
 - Objet du projet et population concernée
 - Synthèse de l'analyse des impacts du projet sur la santé humaine et mesures destinées à supprimer, atténuer ou compenser les effets négatifs

Impact du projet de géothermie sur le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines

2. ANNEXE - MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS PENDANT LES TRAVAUX DE FORAGE

Impact visuel du chantier de forage
Clôture et balisage (mur périphérique entourant le chantier de forage préexistant aux travaux).
Accès et desserte du site
<ul style="list-style-type: none">a. Information des usagers de la route par des panneaux routiers de chantier de la sortie d'engins de chantier au niveau des voies d'accès au chantier. Contrôle du stationnement des véhicules aux abords du chantier de manière à ne pas créer d'entrave à la circulation sur les voies d'accès.b. L'accès au chantier se fera par la rue XXX Le Maître d'Ouvrage cette contrainte a été prise en compte dans la logistique et l'approvisionnement du chantier.c. Aire spécifique dans l'enceinte du chantier réservée à la manœuvre et au parking des véhicules leur permettant d'attendre et de réemprunter l'accès sans entrave à la circulation. Lorsque cela sera possible, les engins ressortiront en marche avant par l'entrée existante.
Impact sonore
<ul style="list-style-type: none">a. Insonorisation, isolation des moteurs des groupes électrogènes et des moteurs, sources de bruits (mise aux normes).b. Mise en place éventuelle d'un mur anti-bruit afin de réduire au maximum possible le bruit engendré par les travauxc. Réalisation des opérations particulièrement bruyantes de préférence en journée.
Impact liés aux vibrations induites par la machine de forage
celles-ci ne sont limitées qu'aux frottements de l'outil de forage en rotation au contact de la roche dans le puits. Ces vibrations sont maîtrisées et limitées. Au-delà de 30 mètres à 40 mètres de profondeur, les vibrations du sol ne sont plus perceptibles en surface, à l'exception d'une zone restreinte à la superstructure de l'appareil de forage, et notamment au niveau du plancher de forage.

Tableau 32. Mesure de réduction des impacts des travaux de forages.