

**Actualisation du schéma
directeur du réseau de
chaleur de la Ville de Bondy**
Rapport final



ITHERM**CONSEIL**

SOMMAIRE

1	PREAMBULE.....	4
1.1	Contexte de la mission	4
1.2	Objectif de l'étude.....	5
2	RENSEIGNEMENTS GENERAUX RELATIFS A L'ETUDE.....	6
2.1	Présentation du comité de pilotage de l'étude.....	6
2.2	Intervenants principaux.....	6
2.2.1	Ville de Bondy	6
2.2.2	Assistant à maîtrise d'ouvrage – schéma directeur.....	7
3	AUDIT DU RESEAU EXISTANT.....	8
3.1	Audit technique.....	8
3.1.1	Production	8
3.1.2	Distribution.....	15
3.1.3	Sous-stations	17
3.2	Audit énergétique du réseau existant.....	20
3.2.1	Consommation des abonnés.....	20
3.2.2	Production	21
4	AUDIT ECONOMIQUE.....	25
4.1	Structure et tarification.....	25
4.2	Cout de la chaleur	26
4.3	Subvention et frais de raccordement	28
4.4	Autres points d'analyse	29
5	CONTEXTE CONTRACTUEL.....	30
6	ETAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR A PROXIMITE.....	32
6.1	Démarche EnR'Choix.....	32
6.2	Réseaux publics et privés à proximité.....	33
6.3	Récupération de chaleur fatale.....	36
6.3.1	Principe	36
6.3.2	Contraintes – généralités	38
6.3.3	Ressources disponibles.....	39
6.4	Géothermie.....	40
6.4.1	Principe	40

6.4.2	Contraintes	43
6.4.3	Ressources locales	44
6.5	Biomasse.....	47
6.5.1	Principe	47
6.5.2	Contraintes	49
7	EVOLUTIONS ET DEVELOPPEMENTS ENVISAGES DU RESEAU	51
7.1	Développement du réseau – méthodologie pour la prospection	51
7.2	Projets d'aménagement ZAC rives de l'Ourcq et avenue Gallieni canal	52
7.3	Présentation des prospects.....	53
7.4	Evolution des besoins	59
8	ANALYSE TECHNIQUE ET ENERGETIQUE DES SCENARIOS	61
8.1	Définition des scénarios.....	61
8.1.1	Périmètre de desserte énergétique.....	61
8.1.2	Moyens de production ENR&R privilégiés.....	61
8.1.3	Scénarios envisagés	61
8.1.4	Hypothèses.....	62
8.2	Proposition de tracé	63
8.3	Analyse énergétique et environnementale	64
8.3.1	Scénario de référence.....	65
8.3.2	Scénario 1	66
8.3.3	Scénario 2	68
8.3.4	Conclusion de l'analyse énergétique et environnementale.....	70
9	ANALYSE ECONOMIQUE.....	71
9.1	Investissements et subventions.....	72
9.1.1	Les investissements	72
9.1.2	Les mécanismes de financement mobilisables.....	75
9.2	Les charges d'exploitation.....	78
9.2.1	Charges P1	78
9.2.2	Charges d'exploitation et administratives P2.....	79
9.2.3	Charges de gros entretien et renouvellement P3 (GER)	80
9.3	Conclusions de l'analyse économique – étude de sensibilité économique.....	81
10	MONTAGE CONTRACTUEL.....	83
11	SYNTHESE	87
12	ANNEXES ET TABLE DES FIGURES	89

1 PREAMBULE

1.1 Contexte de la mission

La Ville de Bondy est l'autorité délégante du réseau de chaleur qui alimente le nord de la Ville. Ce réseau est exploité en Délégation de Service Public par la société STB CORIANCE depuis 2011.

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

- Cogénération gaz
- Biomasse
- Chaufferie gaz d'appoint

La Ville de Bondy et son Délégué ont commencé à identifier différents abonnés potentiels raccordables au réseau. De plus, un certain nombre de projets de développement et d'aménagement sont prévus sur la Ville. Ces extensions conduisent à envisager la mise en œuvre d'un nouvel outil de production d'Énergies Renouvelables ou de Récupération (ENR&R).

En outre, l'article 194 de la loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte rend obligatoire la réalisation du schéma directeur par les collectivités disposant d'un réseau de chaleur. La Ville a mené cette étude en 2014/2015. La mise à jour tous les cinq ans du schéma directeur du réseau est demandée par l'ADEME et nécessaire pour l'octroi de subventions dans le cadre du Fonds Chaleur.

Le but de cette étude est de s'interroger sur le devenir du réseau à l'horizon 2030 afin de :

- Pérenniser un taux de couverture supérieur à 65% dans le mix énergétique du réseau
- Étendre le réseau pour bénéficier d'un effet échelle propice à une maîtrise des coûts malgré l'arrêt programmé de l'outil de cogénération, et envisager de nouveaux investissements sur les équipements de production
- Garantir un tarif attractif permettant de raccorder les nombreux programmes immobiliers

1.2 Objectif de l'étude

Le concept de « Schéma Directeur » s'inscrit dans une démarche d'anticipation dont l'objectif est de réaliser un exercice de projection d'un réseau à l'horizon 2030. Pour cela, l'étude doit mener à la définition de différents scénarios technico-énergétiques devant permettre à la Ville de Bondy de décider d'une orientation pour le service public de distribution de chaleur.

La présente étude a donc pour vocation de permettre à la commune d'identifier et valider les potentielles sources de chaleur renouvelables ou de récupération sur le territoire de la ville de Bondy ou à proximité immédiate, et de déterminer un plan d'actions qui intégrera les évolutions de raccordement, de demandes énergétiques, d'urbanisme, afin d'assurer la pérennité du réseau sur les plans économique et environnemental.

La présente étude a été réalisée sur les deux premiers trimestres 2021.

Le présent rapport suivra donc les étapes clés suivantes :

- Diagnostic du réseau de chaleur existant : contexte contractuel, technique, économique et énergétique ;
- Etat des lieux des sources de chaleur ENR&R à proximité ;
- Projection d'un réseau de chaleur territorial à l'horizon 2030 en termes d'évolution des consommations des abonnés actuels et des raccordements de nouveaux abonnés ;
- Elaboration de différents scénarios consensuels et chiffrés d'évolution du réseau avec leurs impacts techniques, économiques, contractuels, environnementaux et sociaux ;
- Synthèse de l'étude et proposition d'un plan d'actions avec échéancier prévisionnel.

Cette étude a pour vocation d'orienter la Ville sur les sources de chaleur renouvelable ou de récupération à mettre en œuvre, proposer une évaluation des coûts de production et définir un prix de la chaleur résultant. Elle vise également à éclairer la Ville dans ses choix de montages juridiques et opérationnels.

2 RENSEIGNEMENTS GENERAUX RELATIFS A L'ETUDE

2.1 Présentation du comité de pilotage de l'étude

Le comité de pilotage final de l'étude a réuni les acteurs du projet suivants :

Ville de Bondy :

La Ville de Bondy est notamment représentée par les intervenants suivants :

- Monsieur le Maire : Stephen HERVE
- Directeur Général des Services Techniques : Emilie BARTOLO
- Responsable des Projets de Rénovation Urbaine et de l'Habitat : Adel KAROUI

ADEME Ile de France :

- Responsable du Pôle Transition Energétique : Claire FLORETTE
- Ingénieure Transition Énergétique Catherine CHOU

CORIANCE

- Chargée d'affaires : Lila DAÏDJ

2.2 Intervenants principaux

2.2.1 Ville de Bondy

La Ville de Bondy détient la compétence « réseau de chaleur » et a donc naturellement porté et piloté la présente étude.

Coordonnées :

Mairie de Bondy

Esplanade Claude-Fuzier, 93143 Bondy Cedex

<https://www.ville-bondy.fr/>

L'interlocuteur principal est le suivant:

Emilie BARTOLO	Directeur Général des Services Techniques	E.BARTOLO@ville-bondy.fr
----------------	---	--------------------------

2.2.2 Assistant à maîtrise d'ouvrage – schéma directeur

La mission d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage pour la réalisation de l'étude technique, financière et juridique du schéma directeur du réseau est assurée par le Bureau d'études Itherm Conseil.

Coordonnées :

ITHERM CONSEIL

1 Allée des Pierres Mayettes – 92230 Gennevilliers

Tél. : 01 41 11 97 89 / Fax. : 01 41 11 91 67

www.ithermconseil.fr

Les interlocuteurs sont les suivants :

Benoît LACHENAIT	Directeur	blachenait@ithermconseil.fr
Pauline RAINE	Responsable d'Opérations	praine@ithermconseil.fr
Foucauld DEFREVILLE	Ingénieur chargé d'affaires	fdefreville@ithermconseil.fr
Claire DEMAIRE	Ingénieur d'études	cdemaire@ithermconseil.fr

3 AUDIT DU RESEAU EXISTANT

3.1 Audit technique

Une visite technique d'une journée a été réalisée le 27 avril 2021 en présence de l'exploitant (CORIANCE), avec notamment la présence des deux techniciens en charge de l'exploitation quotidienne. Préalablement à cette visite, l'ensemble des documents techniques permettant la compréhension du réseau ont été collectés auprès de l'exploitant : les rapports annuels d'exploitation des dernières années et l'ensemble de leurs annexes, et le tracé du réseau actuel.

3.1.1 Production

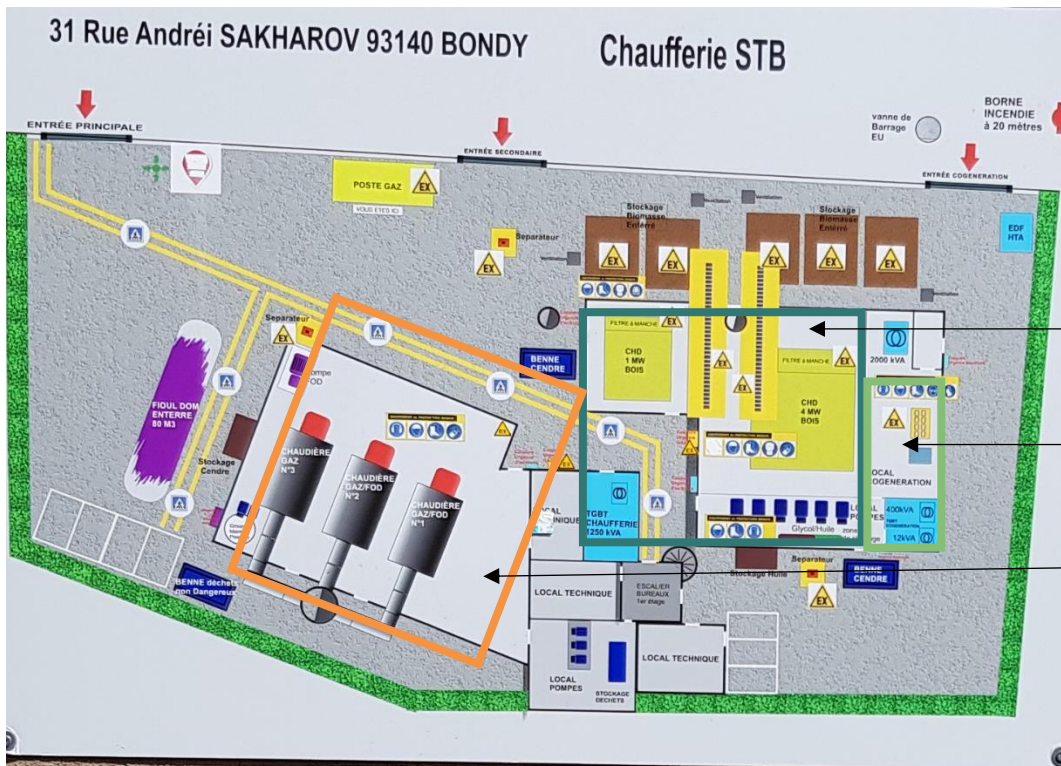
La production de chaleur est centralisée dans la chaufferie principale située au 31 rue Andrei Sakharov au nord du réseau. Elle est composée d'une cogénération, de trois chaudières gaz dont deux peuvent être alimentées avec du fioul et de deux chaudières biomasse.

Productions thermiques	Puissance unitaire MW	année de mise en service
1 générateur gaz /fioul	8,7	1999
2 générateur gaz /fioul	8,95	1999
1 générateur gaz (+ récup fumées 1 MW)	5,8	1987
1 chaudière biomasse	4	2014
1 chaudière biomasse	1	2014
Cogénération (moteur) – Puissance thermique	1,64	2012
Secours Hopital : 2 chaudières mobiles Fioul	1,79	2016
Total puissance thermique disponible	39,05	

Compte-tenu de la puissance des équipements (supérieure à 20 MW), ces installations sont soumises à autorisation au titre de la réglementation sur les ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement).



Figure 1 : Vue d'ensemble de la chaufferie principale



- Local chaufferie biomasse
- Local cogénération
- Local chaufferie gaz

Figure 2 : plan d'ensemble de la chaufferie principale

L'exploitation est assurée par quatre personnes : deux techniciens, un chef d'exploitation et un apprenti.

3.1.1.1 La cogénération

La cogénération consiste à produire simultanément de l'électricité et de la chaleur à partir d'une même énergie primaire et au sein de la même installation.

La cogénération fonctionne du 1^{er} novembre au 31 mars.

La puissance électrique de la cogénération est de 1,536 MW_{électrique} et la puissance thermique de 1,636 MW_{thermique}.

L'unité de cogénération a été renouvelée en 2012 (contrat C01 Rénovation) avec une obligation d'achat par EDF (C13). Elle a donc été prolongée pour une durée de 12 ans, soit jusqu'en octobre 2024 (arrêt fonctionnement 31 mars 2024). Les recettes électriques liées à l'obligation d'achat sont des recettes de la DSP.

Éléments	Année	Marque	Type	Caractéristiques
Groupe électrogène à gaz	2012	Eneria	3516 E SITA HR	Pélec= 1600kWel Pther eau moteur = 832 kW Pther fumées=853 kW
Echangeur d'interface moteur (niv.1)	2012	Barriquand	BAS 100 719 G P 85 SKM87	P=832 kW
Echangeur d'interface moteur (niv.2)	2012	Barriquand	BAS 100 1365 B P 99 4KM98	P=1685 kW
Récupérateur sur fumées (économiseur)	2012	Aprovis	N-25-650/4000-1H	Pnom=831 kW Tentréeair=411°C Tsortie air=110°C

Tableau 1 : Liste du matériel cogénération



Figure 4 : photo du moteur de la cogénération



Figure 3 : photo des échangeurs niveaux 1 et 2



Figure 5 : photo du Récupérateur sur fumées

3.1.1.2 Les chaudières gaz

La chaufferie gaz est composée de deux chaudières gaz/fioul et d'une chaudière gaz avec un récupérateur de chaleur. Elles sont toutes équipées de brûleurs à air pulsé. Les chaudières sont alimentées en gaz, jamais au fioul.

Les deux premières chaudières gaz datent de 1999 et ont une puissance totale maximale de 8.7 et 8.95 MW. Un remplacement de ces chaudières, notamment des brûleurs, est envisagé par le délégataire pour 2025.

La troisième chaudière est l'unique chaudière gaz équipée d'un récupérateur de chaleur. La puissance de la chaudière est de 5,8 MW. En comptant 1 MW récupéré avec la condensation des fumées, la puissance atteint 6,8 MW. L'utilisation de cette chaudière est privilégiée par rapport aux deux autres puisqu'elle dispose d'un meilleur rendement, grâce à la récupération des calories sur les fumées.

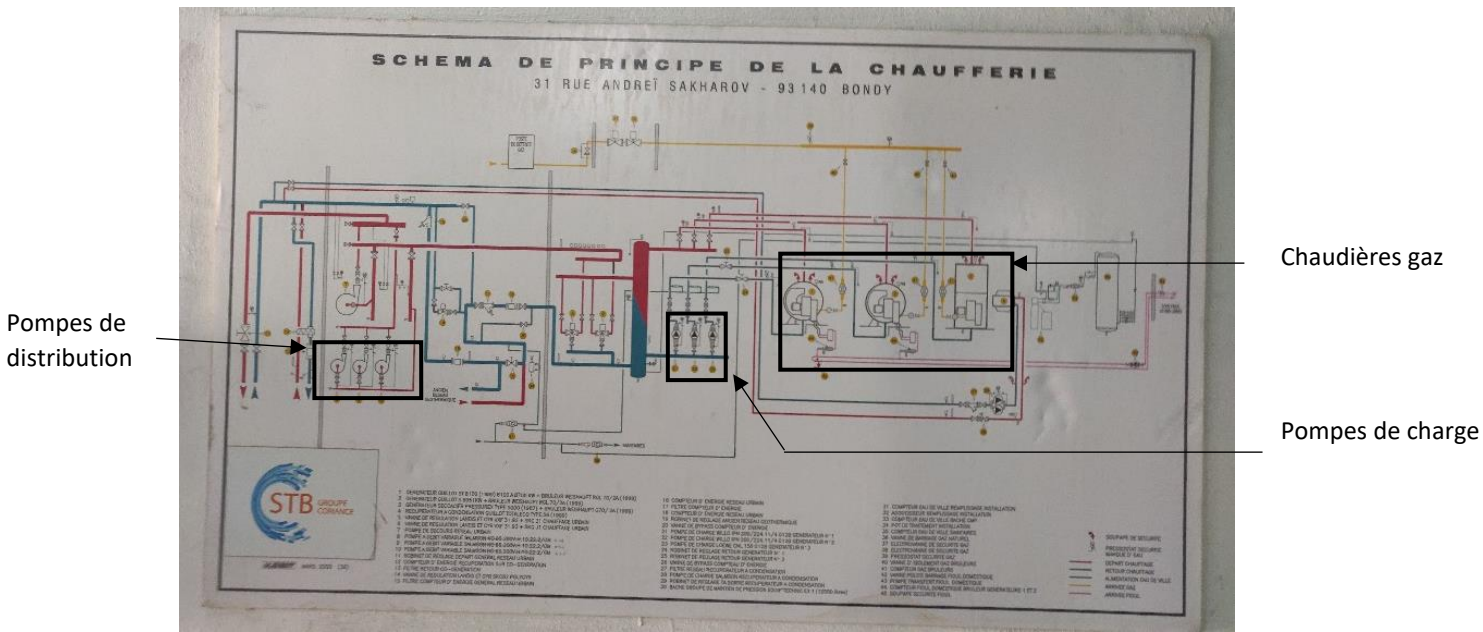


Figure 5 - Schéma de principe de la chaufferie gaz

Éléments	Année	Marque	Référence	Caractéristique
Chaudière CH1	1999	Guillot	Totaltub	P=8,7 MW
Brûleur CH1	1999	Weishaupt	RGL70/2-A	
Chaudière CH2	1999	Guillot	Totaltub	P=8,95 MW
Brûleur CH2	1999	Weishaupt	RGL70/2-A	
Chaudière CH3	1987	Seccacier	Pressurex	P = 5 ,8 MW
Brûleur CH3	?	Riello	RS 800/E BLU FS2	
Récupérateur fumées	-	Guillot	Totaleco n°56	1 MW
Pompe de charge 1	-	Wilo	IL 200/230-11/4	-
Pompe de charge 2	-	Wilo	IL 150/190-6,5/4	-
Pompe de charge 3	-	Wilo	-	-



Figure 6 : vue d'ensemble de la chaudière n+2



Figure 7 : chaudière numéro 3 avec récupérateur de chaleur



Figure 8 : photo du récupérateur de chaleur



Figure 9 : photo des pompes de charge



Figure 10 : photo des pompes de distribution

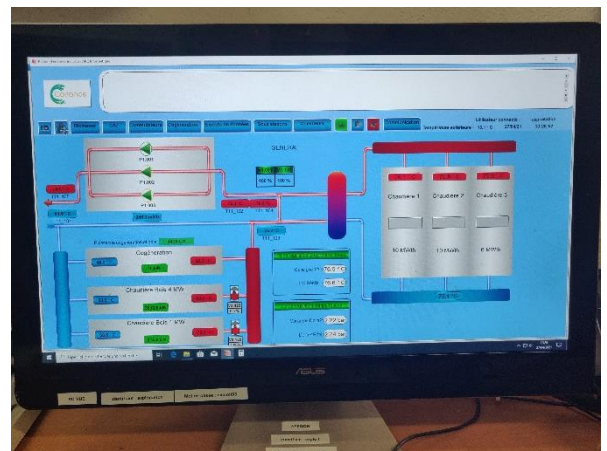


Figure 11 : visuel sur la chaufferie centrale

3.1.1.3 Les chaudières biomasse

La chaufferie biomasse est composée de deux chaudières, la première d'une puissance de 4 MW et l'autre d'une puissance de 1 MW.

La chaudière de 1 MW est utilisée tout au long de l'année, notamment pour la production d'ECS pendant la saison estivale. En général un arrêt d'une semaine pour l'entretien a lieu en mi-saison. La chaudière de 4 MW est arrêtée de juin à octobre.

Éléments	Année	Marque	Référence	Caractéristiques
Chaudière biomasse 4MW	2014	Eurobiomass	FT4000	P= 4 MW/6 bar
Filtre poussière	2014	Nestro	Type 9/5/33	-
Filtre poussière cyclonique	2014	EBM	-	-
Chaudière biomasse 1 MW	2014	Eurobiomass	FT1000	P=1 MW/6 bar
Filtre poussière	2014	Nestro	Type 9/5/33	-
Filtre poussière cyclonique	2014	EBM	-	-

Tableau 2 : liste du matériel de la chaufferie biomasse

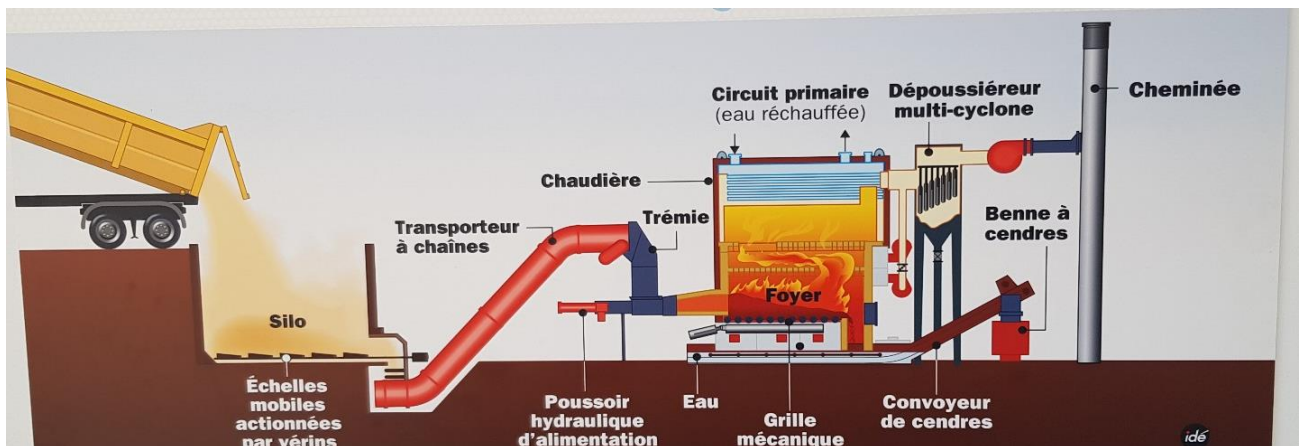


Figure 122 - Schéma de fonctionnement d'une chaufferie biomasse



Figure 13 - Silo d'alimentation en bois



Figure 134 - Transporteur alimentant le foyer



Figure 15 - Filtre à poussière cyclonique



Figure 16 - Vue d'ensemble de la chaudière de 4 MW

3.1.2 Distribution

Il s'agit d'un réseau d'eau chaude basse température bi-tube en acier calorifugé circulant en majorité en enterré dans la chaussée. La construction du réseau date de 1985. La qualité du calorifuge du réseau est correcte et peu de fuites sont observées par l'exploitant. La longueur du réseau a été estimée à 3 800 ml (selon les plans fournis). Le régime de température est de 95°C/58°C en hiver et 72°C/65°C en été.

Avec le développement de la ZAC des Rives de l’Ourcq, il est planifié une extension du réseau entre 2021 et 2027, desservant les nouveaux logements et activités en chauffage. La longueur ajoutée est de 952 ml. Le réseau mesurera donc 4752 ml.



Figure 15 : Plan non détaillé du réseau de chaleur de la Ville de Bondy avant extension vers la ZAC rives de l’Ourcq



Figure 16 : Plan non détaillé du réseau de chaleur de la Ville de Bondy après extension vers la ZAC rives de l’Ourcq

Etat de vétusté du réseau / Rendement :

La disponibilité du réseau (nombre d’heures d’arrêt du réseau et donc d’interruption de fourniture sur l’année) de 2018 a été de 98%, ce qui est satisfaisant.

D’après les bilans énergétiques présentés ci-après, le rendement moyen annuel du réseau sur la période 2016-2018 est le suivant :

Année	Rendement Réseau
2016	93%
2017	90%
2018	90%

Les pertes thermiques sont jugées correctes et ne témoignent pas de gros problèmes d’exploitation ; elles se situent plutôt dans la fourchette haute de pertes thermiques

pour un réseau d'une telle densité thermique fonctionnant à un tel régime de température.

La circulation de l'eau dans le réseau est assurée par trois pompes à débit variable qui ont été remplacées en 2016 :

Pompe de distribution 1,2,3	2016	KSB	ETN 150-125-400	Q=250m ³ /h – HMT = 75 mCE – P = 90 kW
-----------------------------	------	-----	-----------------	---

Nota : Les pompes ont été dimensionnées pour alimenter à terme la ZAC des rives de l'Ourcq.

3.1.3 Sous-stations

Les postes de livraison (aussi appelé sous-stations) sont au nombre de 15 et desservent 11 abonnés différents.

Deux nouvelles sous-stations ont été livrées en juin 2021 et de nouveaux raccordements sont planifiés dans les années à venir avec l'aménagement de la ZAC des rives de l'Ourcq.

N° Police	Sites / Abonnés	Equivalent logements	Typologie	ECS Collective (oui/non)	PS chauffage (kW)	PS ECS (kW)	Puissance souscrite totale début 2018 (kW)
1	I3F (4 sous-stations*)	509	Logements	oui	2 274	963	3 237
2	Bondy Habitat	1 317	Logements	non	5 080	95	5 175
3	Seine St Denis Habitat	428	Logements	non	2 530	0	2 530
4	Ville Evrard	116	Logements	oui	205	60	265
5	Palais des Sports / Ville	50	Equipement	oui	248	200	448
6	Collège Jean Zay / CG93	78	Equipement	non	460	0	460
7	Maternelle Jean Zay / Ville	21	Equipement	non	200	0	200
8	IRD A, B et C	125	Equipement	non	600	0	600
9	GS la Noue Caillet / Ville	82	Equipement	non	475	0	475
10	GS Terre Saint Blaise / Ville	36	Equipement	non	475	0	475
11	CHU Jean Verdier	692	Equipement	oui	3 800		3 800
12	EHPAD Arthur Groussier	204	Logements	oui	830	170	1 000
13	CROUS	101	Logements	oui	187	131	318

N° Police	Sites / Abonnés	Equivalent logements	Typologie	ECS Collective (oui/non)	PS chauffage (kW)	PS ECS (kW)	Puissance souscrite totale début 2018 (kW)
14	La Maison du Cil - 33 rue Fontaine	59	Logements	oui	224	163	387
15	GS Olympe de Gougues	47	Equipement	oui	220	30	250
		3 865			17 808	1 812	19 620

*Les 4 sous-stations I3F, en aval du même compteur, sont les suivantes :

I3F 9 Rue Rabelais
I3F 13 Rue Léon Jouhaux
Lot B
lot A



Figure 17: Echangeurs en sous-station (Bondy Habitat)



Figure 18 : Pompes de distribution en sous-station (Bondy Habitat)

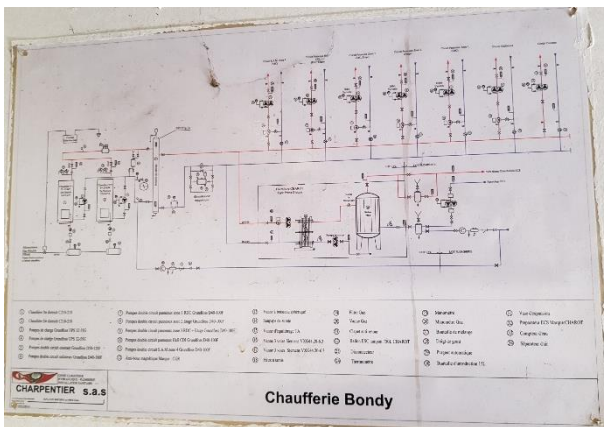


Figure 19 : Schéma de principe d'une sous-station (GS Olympe de Gougues)

Caractéristiques principales des sous-stations :

L'échange de chaleur entre primaire et secondaire se fait par un (ou plusieurs) échangeurs à plaques pour l'ensemble des sous-stations.

L'échangeur ECS est monté soit en aval de l'échangeur chauffage, soit en parallèle. Les deux configurations sont observées.

En général, la régulation se fait par une vanne deux voies (V2V) pour réguler le chauffage et une vanne trois voies pour l'ECS.

Certaines sous-stations sont ponctuellement équipées d'appoint (production ECS solaire, chaudières gaz) (Germain Tillon – Bondy Habitat, GS Olympe de Gougues). Ces installations semblent peu utilisées.

Toutes les sous-stations visitées sont équipées d'un adoucisseur (au secondaire).

Les sous-stations sont toutes équipées de compteur de chaleur.



Figure 20 : Photo 360 d'une sous-station

Nota : Obligation de desserte :

Le Délégué a l'obligation de raccorder, si la demande est formulée, les potentiels abonnés rassemblant les conditions suivantes :

*P*_{souscrite} > 6kW/ml sur la durée résiduelle de la DSP

*P*_{appelée} > 50 kW

Ce raccordement est permis moyennant le paiement de frais de raccordement, tels que définis ci-après.

Par ailleurs, l'Autorité Délégante peut imposer au délégataire de réaliser une extension de réseau si une densité équivalente à celle du réseau existant est attendue dans les 5 ans (et dans la limite de 250ml/an).

Nota : piste d'optimisation

Certaines sous-stations de bailleurs visitées (Seine-Saint-Denis Habitat, Bondy Habitat) ont de grands réseaux de distribution secondaires qui peuvent être optimisés. Le secondaire n'étant pas exploité par Coriance, il n'a pas été possible de rentrer dans les sous-stations secondaires en pieds d'immeuble.

3.2 Audit énergétique du réseau existant

3.2.1 Consommation des abonnés

Les consommations réelles totales (chauffage + ECS) des trois dernières années des abonnés sont présentées dans le tableau ci-dessous :

NOM DU SITE	2018	2019	2020
TOTAL I3F**	4 438	4 702	4 458
BONDY HABITAT	9 964	9 770	8 818
Seine st Denis Habitat	3 384	3 800	3 567
Etablissement public de santé	465	447	442
COLLEGE JEAN ZAY	881	929	878
Maternelle Jean Zay	344	366	312
Gymnase Jean Zay	484	542	493
IRD bâtiment A B C (2 sous stations)	1 224	1203	895
CROUS	251	294	260
EHPAD Arthur Groussier**	1 200*	1 543	1 586
Ecole Terre St Blaise	489	493	446
Ecole La Noue Caillet	448	404	392
GS Olympe de Gouges	333	385	284
33 rue fontaine	385	414	427
Hôpital Verdier	7 328	7 080	6 677
TOTAL	31 618	32 372	30 034

La rigueur climatique associée à ces années d'exploitation est rappelée ci-dessous :

DJU 2018	2163
DJU 2019	2 155
DJU 2020	2056

La répartition entre chauffage n'étant pas disponible, la consommation d'ECS a été estimée. La consommation dédiée au chauffage a ensuite été ramenée à 2300 DJU.

NOM DU SITE	Consommations ECS estimées (Mwhu)			Consommations chauffage estimées à 2300 DJU (Mwhu)			Consommations totales à 2300 DJU (Mwhu)		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
TOTAL I3F**	1 300	1 300	1 300	3 337	3 631	3 645	4 637	4 931	4 945
BONDY HABITAT	1 600	1 600	1 600	8 894	8 720	8 075	10 494	10 320	9 675
Seine st denis Habitat				3 598	4 056	3 990	3 598	4 056	3 990
Etablissement public de santé	100	100	100	388	370	383	488	470	483
COLLEGE JEAN ZAY				937	992	982	937	992	982
Maternelle Jean Zay				366	391	349	366	391	349
Gymnase Jean Zay	100	100	100	408	472	440	508	572	540
IRD bâtiment A B C (2 ss stations)	100	100	100	1 195	1 177	889	1 295	1 277	989
CROUS	100	100	100	161	207	179	261	307	279
EHPAD Arthur Groussier**	400	400	400	851	1 220	1 327	1 251	1 620	1 727
Ecole Terre St Blaise				520	526	499	520	526	499
Ecole La Noue Caillet				476	431	439	476	431	439
GS Olympe de Gougues	80	80	80	269	326	228	349	406	308
33 rue fontaine	150	150	150	250	282	310	400	432	460
Hopital Verdier	2 300	2 300	2 300	5 346	5 102	4 896	7 646	7 402	7 196
TOTAL	6 230	6 230	6 230	26 996	27 901	26 630	33 226	34 131	32 860

La consommation d'ECS représente au total 18 à 19 % des consommations totales.

3.2.2 Production

3.2.2.1 Analyse de la production des 3 dernières années

La production de chaleur par chacun des outils de production des trois dernières années est récapitulée ci-dessous :

	Chaleur produite en Mwh _u		
	2018	2019	2020
Fioul domestique	82	-	-
Gaz naturel	8 934	8 219	12 296
Biomasse	14 840	18 787	8 363
Cogénération	5 258	5 956	5 636
Total	29 114	32 962	26 295
Taux EnR	51.0%	57.0%	31.8%

Le taux EnR de l'année 2020 n'atteint pas les 50% nécessaire pour l'obtention d'une TVA à taux réduite. Coriance explique la baisse de la biomasse dans le mix énergétique par des problèmes d'approvisionnement de combustible pendant la période de la crise sanitaire du COVID 19. Cependant il semble que des disfonctionnement technique ont perturbé l'utilisation des chaudières biomasse.

3.2.2.2 Production théorique

A partir des données de consommations des abonnés raccordés au réseau existant et des outils de production, une modélisation énergétique du réseau a été réalisée grâce à l'outil dédié d'Itherm Conseil.

Un pas de temps horaire a été intégré, sur la base d'un fichier météo spécifique pour la zone géographique considérée et une rigueur climatique moyenne de 2 300 DJU.

Les productions par outil sont présentées ci-dessous :

	Consommation sous-station	Pertes thermiques	Consommation totale	Energie produite par la production 1 : Cogénération	Energie produite par la production 2 : Biomasse 1 MW	Energie produite par la production 3 : Biomasse 4 MW	Energie produite par la production 4 : Gaz
Janvier	5 665 MWh	0 181 MWh	5 846 MWh	1 220 MWh	0 670 MWh	2 441 MWh	1 516 MWh
Février	4 529 MWh	0 159 MWh	4 688 MWh	1 099 MWh	0 599 MWh	2 136 MWh	0 854 MWh
Mars	4 536 MWh	0 168 MWh	4 704 MWh	1 174 MWh	0 636 MWh	2 059 MWh	0 835 MWh
Avril	3 118 MWh	0 156 MWh	3 274 MWh	0 000 MWh	0 648 MWh	1 865 MWh	0 761 MWh
Mai	1 867 MWh	0 152 MWh	2 020 MWh	0 000 MWh	0 669 MWh	1 153 MWh	0 197 MWh
Juin	0 796 MWh	0 145 MWh	0 941 MWh	0 000 MWh	0 611 MWh	0 262 MWh	0 068 MWh
Juillet	0 446 MWh	0 151 MWh	0 598 MWh	0 000 MWh	0 580 MWh	0 000 MWh	0 018 MWh
Août	0 380 MWh	0 148 MWh	0 528 MWh	0 000 MWh	0 526 MWh	0 000 MWh	0 002 MWh
Septembre	1 189 MWh	0 140 MWh	1 329 MWh	0 000 MWh	0 615 MWh	0 550 MWh	0 164 MWh
Octobre	2 715 MWh	0 144 MWh	2 859 MWh	0 000 MWh	0 670 MWh	1 662 MWh	0 527 MWh
Novembre	4 380 MWh	0 155 MWh	4 535 MWh	1 139 MWh	0 638 MWh	1 969 MWh	0 789 MWh
Décembre	5 689 MWh	0 176 MWh	5 865 MWh	1 220 MWh	0 670 MWh	2 473 MWh	1 502 MWh
Total	35 310 MWh	1 876 MWh	37 186 MWh	5 853 MWh	7 531 MWh	16 570 MWh	7 233 MWh
Puissance maximale atteinte				2 MW	1 MW	4 MW	7 MW
Taux de couverture				15.7%	20.3%	44.6%	19.5%

Le taux de couverture EnR théorique résultant est de **64.9%** avec comme hypothèse crédible une disponibilité des chaudières biomasse de 90%.

Les graphiques suivants illustrent ces simulations énergétiques d'Itherm Conseil.

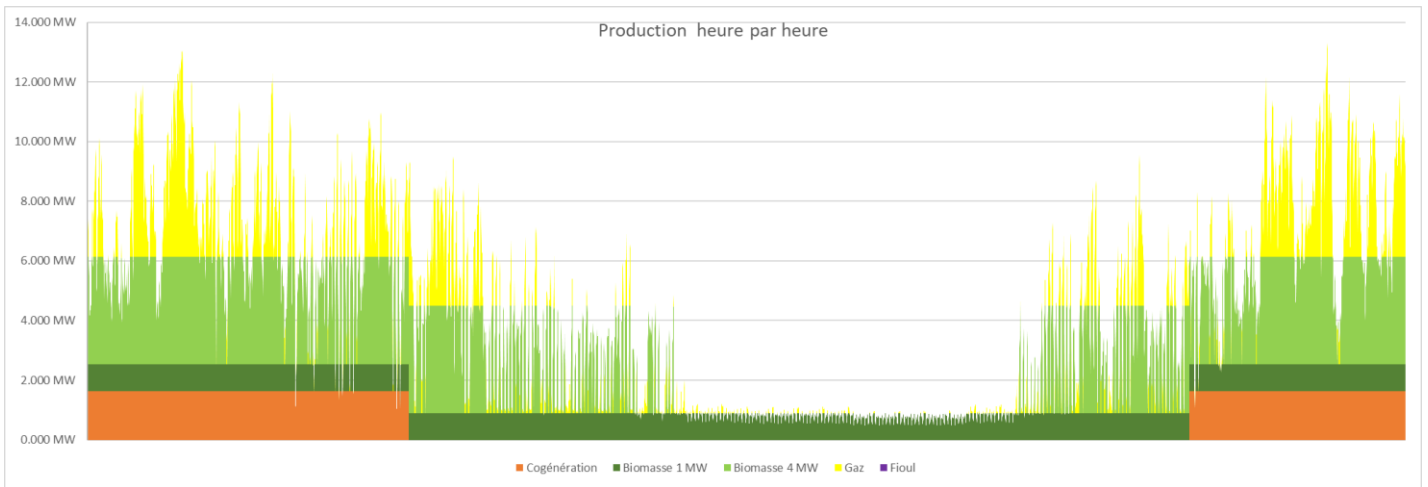


Figure 21 : Puissance en tête du réseau heure par heure de janvier à décembre

La monotone de chaleur est le graphique de la demande de chaleur mesurée heure par heure sur une année et classée par ordre décroissant. On observe ainsi sur la monotone ci-dessous un appel de puissance maximal de 14 MW par les températures les plus rigoureuses (-7°C).

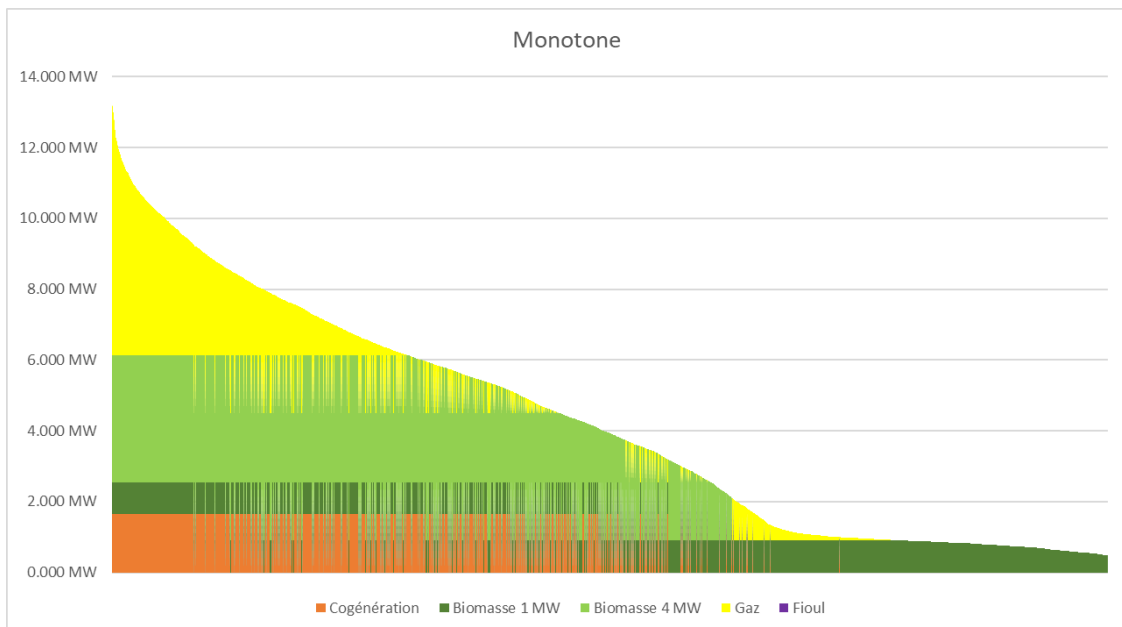


Figure 22 : Monotone énergétique théorique du réseau existant

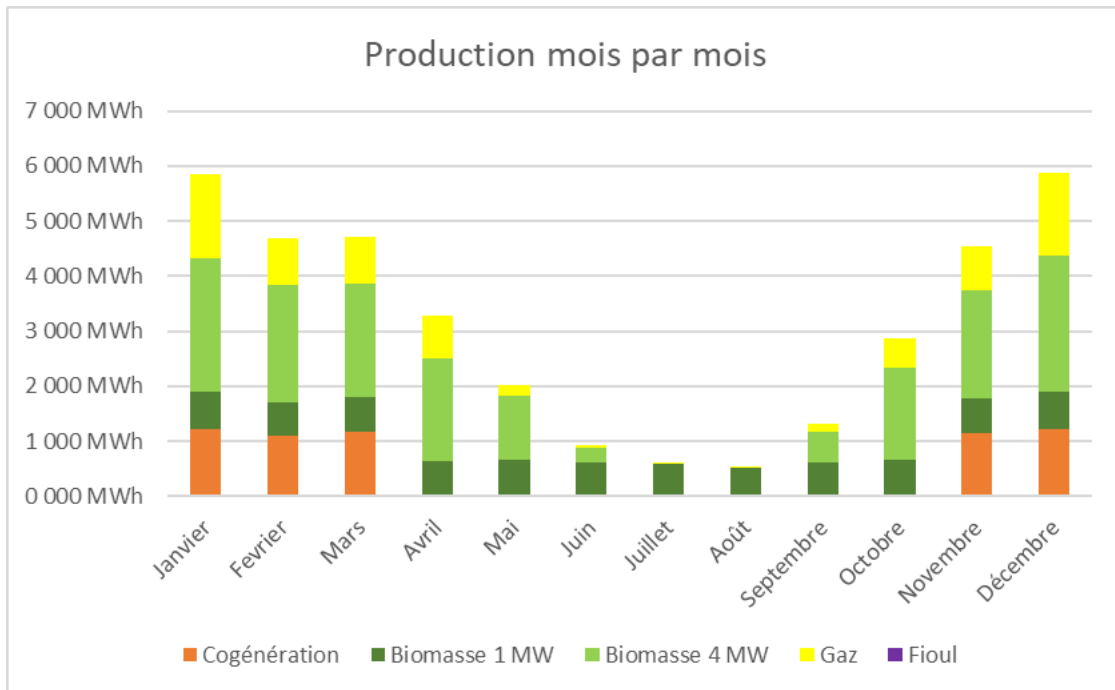


Figure 23 : répartition de la production mois par mois

Bilan :

Le modèle théorique confirme le fait que Coriance a de nombreux problèmes techniques sur les chaudières biomasse. En effet, les taux EnR de 2018 et 2020, respectivement 51% et 31% sont loin de la couverture théorique de la biomasse de 65%.

4 AUDIT ECONOMIQUE

4.1 Structure et tarification

Les abonnés sont soumis à une tarification de type binôme :

- R1 : Facturation sur la consommation de chaleur (€ HT / MWh)
- R2 : Facturation sur la puissance souscrite (€ HT / kW)

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

$$R1 \times (\text{Nombre de MWh consommés par l'abonné}) + R2 \times (\text{Puissance souscrite (en kW)})$$

Part proportionnelle R1 :

La part proportionnelle R1 est fonction d'une mixité contractuelle qui est représentative de la mixité réelle. En effet, elle correspond à une fourniture à partir de quatre sources d'énergie distinctes (à partir de la mise en service de la biomasse) :

- Biomasse : Mise en service prévisionnelle en janvier 2013 – effective 2014
- Cogénération
- Gaz
- Fioul

La mixité est contractuelle, et le prix des énergies après la mise en service de la biomasse sont les suivants:

Energie	Mixité	€ HT/ MWhu - Date de valeur 2010
bois	52,08%	24,94
cogénération	19,07%	13,41
gaz	28,57%	32,95
fioul	0,28%	71,5
R1		25,16

Remarques :

- Le contrat est en date de valeur 1^{er} décembre 2010.
- Pour rappel en 2019 la mixité réelle était de 56.9% bois.
- Ce tableau permet de mesurer le **risque de l'impact tarifaire de la suppression de la cogénération dans le mix énergétique à partir de 2024**. En effet, il s'agit de la valeur unitaire la plus faible, qui impacte le R1 à hauteur de 19%, et les

énergies de substitution disponibles à ce jour augmenteraient donc le tarif en cas de révision des mixités. En valeur 2017, le R1cogénération est à 10 €/HT/MWh.

Part fixe R2 – abonnement :

La décomposition du terme R2 est la suivante :

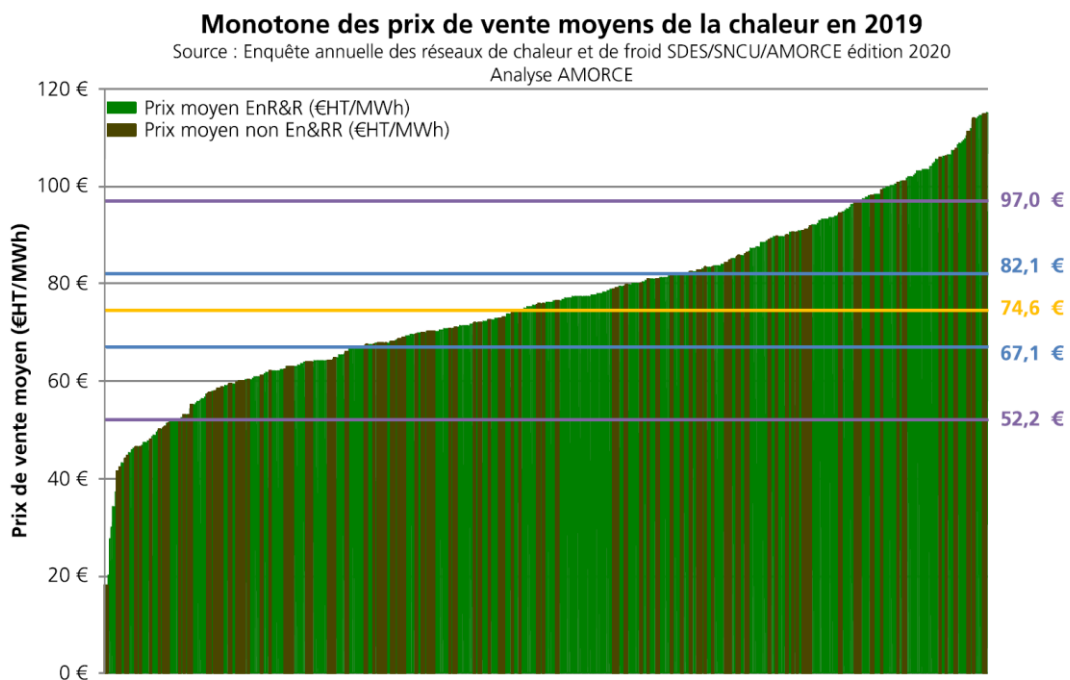
- R21 : (correspond au P2) : redevances, frais divers, entretien (*usuellement r22*)
- R22 : financement (*usuellement R24*)
- R23 : Charges P3

R21	23,18
R22	28,23
R23	4,45
R2 total	55,86
R2 total revu post sub*	57,97

*Une fois les subventions réellement attribuées, le montant du R2 a été revu en conséquence, comme le prévoit le contrat.

4.2 Cout de la chaleur

En 2020, le tarif moyen du MWh issu du réseau de chaleur de Bondy était de 59,28 € HT/ MWh soit 62,54 € TTC/MWh ; ce qui le place parmi les 40% les réseaux les moins chers en France d'après la monotone des prix dressée par l'AMORCE en 2019.

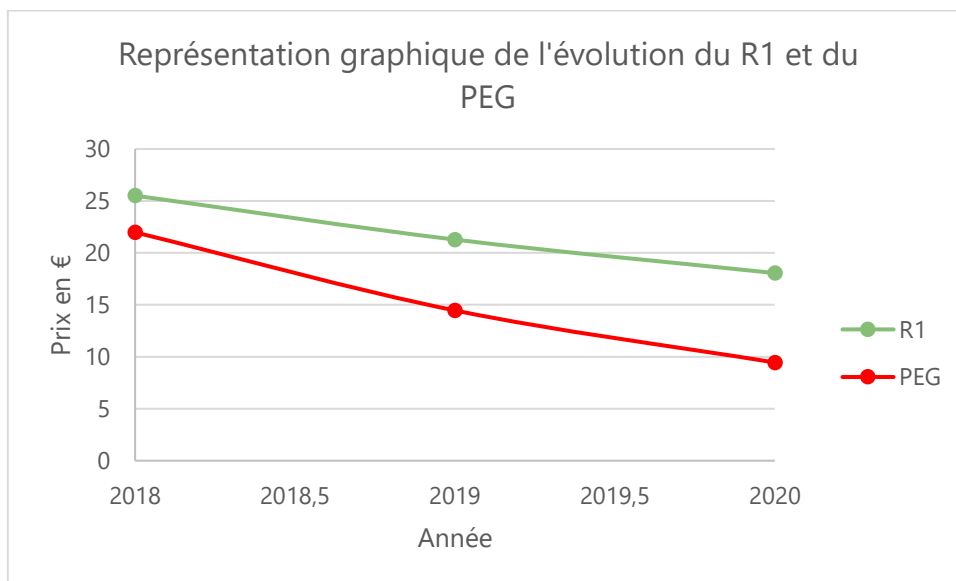


En 2019, le cout de la chaleur s'élevait à 59,52 €HT/MWh, soit 62,79 €TTC/MWh.
En 2018, le cout de la chaleur s'élevait à 66,26 €HT/MWh, soit 69,90 €TTC/MWh.

Point de vigilance :

Le cout de la chaleur étant en partie lié au prix des énergies fossiles, il est intéressant de comparer le prix de la chaleur annuel moyen au prix du PEG (indice qui reflète le prix du gaz sur le marché) :

	R1 € HT/MWh	PEG moyen
2018	25.51 € HT/MWh	21.98 €/MWh
2019	21.28 € HT/MWh	14,46 €/MWh
2020	18.06 € HT/MWh	9,45 €/MWh



En 2018, le PEG se situait autour de 22 €/MWh et le cout du R1 était par conséquent particulièrement haut : 25.5 €HT/MWh.

Une vigilance est donc à prendre en compte sur le prix de la chaleur qui varie fortement en fonction du prix des énergies et risque d'augmenter ces prochaines années.

Par ailleurs, il est à noter que l'arrêt de la cogénération en 2024, non prévu initialement, risque d'augmenter le coût de chaleur de manière significative.

4.3 Subvention et frais de raccordement

Subventions :

Dans le cadre du contrat de concession de 2011 prévoyant la mise en place d'outils de production Biomasse et des extensions du réseau, un dossier de demande de subvention a été déposé par STB CORIANCE sur la base du programme de travaux du contrat (travaux de 1^{er} établissement). Celui-ci, après analyse, a donné lieu à une convention de subventionnement dont le contenu est synthétisé ci-dessous.

Convention de subvention ADEME :

- Notification : **5 novembre 2012**
- Subventions ADEME : 154 755 €.
- Autres subventions : Conseil régional IDF, FEDER, Systèmes Echange de Quotas : 953 245 €
 → Soit un total d'aides publiques de : **1 107 000 €.**
- 2 avenants (2015 et 2018) sur la durée et modalités de versement.

Remarques :

- La convention de DSP mentionnait un montant de subvention de 1 286 k€.
- Une incohérence avec les comptes de 2017 est constatée (1 043 k€).

Par ailleurs, une nouvelle convention de financement ADEME a été signée pour les travaux inhérents au développement de la ZAC Rives de l'Ourcq, une résidence Léon Grosse Immobilier et les Mérisiers de I3F:

- Notification : 27 mars 2017
- Extension de 1083 ml (+ 7 sous-stations ; + 3 136 MWh livrés)
- Montant de subventions : **258 093 €**
- Concerne les raccordements prévus avant 2021.
- Pour la phase 2022>2027 de la ZAC, une nouvelle demande de subvention sera prévue.

Les frais de raccordement :

Des droits de raccordement jusqu'à 100 €HT/kW sont prévu dans le règlement de service.

4.4 Autres points d'analyse

Les Clauses de révision des tarifs :

L'article 78 du contrat de DSP présente les clauses de révision des tarifs de vente de la chaleur aux abonnés. Elles sont synthétisées et commentées ci-après.

- Variation de plus de 10% du total des puissances souscrites indiquées dans le CEP
- Variation de plus de 25% des consommations (hors informations PRU transmises)
- Import ou export >20% (référence : « négociation précédente ou mise en service du réseau »). → En l'occurrence, il faudrait se baser sur la notification du contrat comme valeur référence. Aucune valeur n'est indiquée dans le CEP initial.
- Evolution importante de la réglementation et notamment valorisation de l'électricité issue de la cogénération.
- En cas de changement de source d'énergie (si révision à la baisse).
- Révisions successives cumulées du R2 dépassant +15%.

5 CONTEXTE CONTRACTUEL

L'objet de la DSP est d'assurer la production et la distribution de chaleur nécessaire à la fourniture de chauffage et d'eau chaude sanitaire aux bâtiments situés sur la Ville de Bondy.

Le périmètre de la DSP inclut l'intégralité de la Ville.

La DSP a été signée le 14/06/2011 entre le Syndicat Mixte pour la Production de Chaleur à Bondy (SMPDC) et la société Coriance, à laquelle s'est substituée la Société Thermique de Bondy (STB), pour une durée de 22 ans. L'échéance de la DSP est fixée au 10 juillet 2033.

Il ressort de la note intitulée « Note relative à la conclusion d'un avenant au contrat de concession de réseau de chauffage urbain de la ville de Bondy » non datée et non signée figurant dans les documents communiqués que : « le Syndicat mixte pour la production de chaleur à Bondy, dont les compétences ont été transférées à la commune de Bondy le 1er janvier 2018 ». Si cette formulation paraît peu précise, nous comprenons que le contrat est aujourd'hui exécuté par la Ville de Bondy, ce point devant être éclairci.

Le réseau est existant à la signature du contrat de DSP. Toutefois, de nombreux travaux neufs (dits de premier établissement) sont prévus au contrat. Ils sont indiqués ci-dessous.

Concernant la production :

- Rénovation de la centrale de cogénération (contrat C01 Rénovation 1er novembre 2012 pour 12 ans)
- Mise en place d'une chaufferie Biomasse de 5 MW au total (4 + 1 MW) avec mise en service en avril 2014

Concernant la distribution :

- 300 ml de tranchée (4 nouveaux postes abonnés) prévus en 2013
- I = 180 k€ soit 600€ HT/ml de tranchée
- Raccordement des nouvelles sous-stations I3F suite à séparation.

Concernant la livraison :

- 4 nouveaux postes abonnés I3F au lieu d'un unique prévus en 2011

- 4 nouvelles sous-stations prévues en 2012 et 2013 :
 - o Merisiers I3F : en négociation à début 2018
 - o EPHAD A. Groussier
 - o IRD
 - o GS Terre St Blaise

La STB doit prendre en charge des droits d'entrée relatifs à :

- la location de la cogénération
- la VNA (valeur non amortie) du bâtiment de la cogénération
- La VNA des travaux d'extension du réseau.

Un audit juridique complet de la DSP, réalisé par le Cabinet d'avocats Ravetto Associés, a été remis à la Ville en avril 2019.

Règlement de service :

Un règlement général de service est appliqué entre la ville de Bondy et le délégataire du contrat de Délégation de Service Public sur la durée du contrat.

Ce règlement définit les rapports contractuels entre les abonnés et le délégataire ; il permet de conclure les polices d'abonnement spécifiques.

Polices d'abonnement :

Les abonnements sont conclus pour une durée de trois ans. Ils sont renouvelables par tacite reconduction par périodes de trois ans.

Aucune obligation de raccordement n'est imposée à l'intérieur du périmètre de concession. (article 41 de la DSP).

6 ETAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR A PROXIMITE

Dans le cadre du présent schéma directeur de développement du réseau de chaleur, un état des lieux des sources de chaleur ENR&R situées sur le périmètre d'étude et à proximité est réalisé, dans le but de :

- Mutualiser les équipements existants, notamment en envisageant des interconnexions entre réseaux de chaleur ;
- Définir un projet de réseau de chaleur territorial alimenté majoritairement par des énergies renouvelables et de récupération, en utilisant prioritairement des sources d'énergie locales et préexistantes.

6.1 Démarche EnR'Choix

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

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

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

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

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



Figure 24. Démarche EnR&R'Choix de l'ADEME.

6.2 Réseaux publics et privés à proximité

Trois réseaux sont situés à proximité de Bondy :

- Le réseau YGEO (Noisy, Rosny, Montreuil) du Sipperec (exploité par ENGIE)
- Le réseau du Blanc-Mesnil géré par l'EPT Terres d'Envol (exploité par Coriance)
- Le réseau GENYO (Bobigny et Drancy) du Sipperec.

Les possibilités d'import ENR&R existent mais sont insuffisantes pour couvrir l'ensemble des besoins en chaleur identifiés sur le territoire (ou a minima la proportion des nouveaux besoins requise dans le cadre du Fonds Chaleur).

YGEO :

En effet le réseau YGEO est situé à plus de 700 mètres de distance de la branche la plus au Sud du futur réseau de chaleur de Bondy et son acheminement est difficile de par le carrefour de l'A86 et la présence de voies de chemin de fer.

De plus, d'après les échanges avec le Sipperec (1^{er}-2nd trimestres 2021), les capacités d'export ENR&R sont limitées malgré le projet de 2nd doublet géothermique compte tenu des extensions planifiées sur les 3 communes couvertes par la DSP (Noisy-le-Sec, Rosny-sous-Bois, Montreuil).

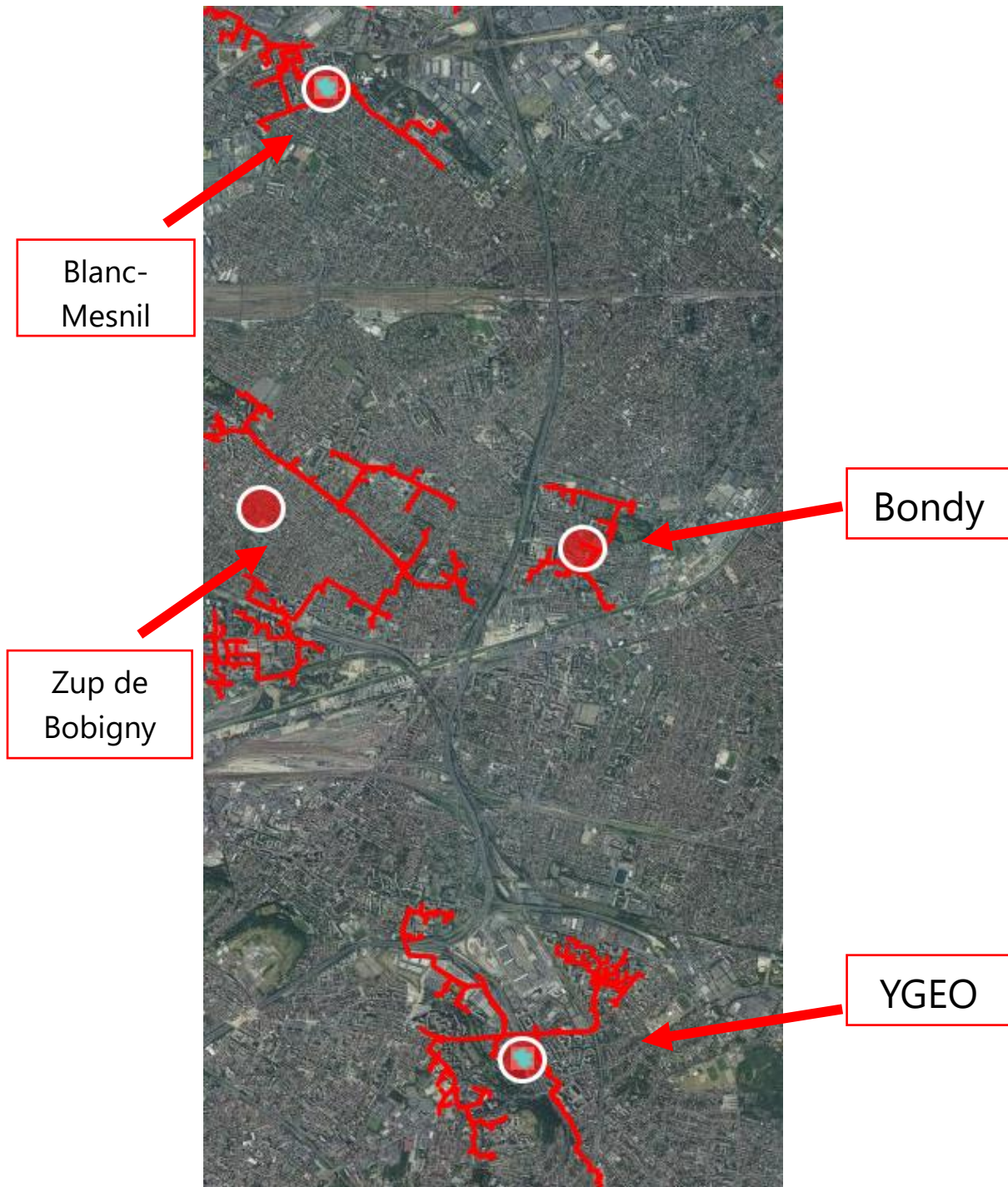
Blanc-Mesnil :

Le réseau géothermique (avec PAC) du Blanc-Mesnil (BEMS) ne dispose pas quant à lui d'une capacité d'export suffisante R&R. Le réseau actuel se situe à une distance très importante (3 km). Un projet d'extension vers le sud de la Ville (en direction de Bondy) a été étudié par Coriance (BMES) et l'EPT Terres d'Envol. Toutefois, ces développements requièrent déjà un complément d'ENR&R sur BMES qui n'a pas été arbitrée à ce jour. Il n'y a donc aucune capacité d'export ENR&R en dehors du périmètre de la DSP BMES.

GENYO :

Récemment le réseau de chaleur de Bobigny, anciennement fortement carboné (100% gaz), a été verdi et largement étendu (sur les communes de Bobigny et Drancy) par le biais de la création de deux doublets de géothermie au Dogger. Cependant, la ressource géothermale sera pleinement valorisée sur le périmètre ; la partie nord-ouest du secteur devra même être couverte par un autre projet de doublet géothermique en étude par le SIPPAREC pour garantir une fourniture ENR&R à l'ensemble des deux communes.

Il n'y a donc pas de capacité d'export vers Bondy envisageable.



Finalement, malgré la proximité de certains réseaux de chaleur, les caractéristiques de ces derniers (et les extensions déjà prévues) ne permettent pas d'envisager un export d'EnR&R suffisant vers Bondy. Une solution autoporteuse de production ou récupération de chaleur renouvelable est donc à envisager.

6.3 Récupération de chaleur fatale

6.3.1 Principe

Suivant la définition de 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 ».

Cette chaleur, normalement dissipée et perdue, est alors valorisée sur un autre process, interne ou externe, et peut dans certaines conditions, être injectée sur un réseau de chaleur.

Cette chaleur, locale et non délocalisable car liée au process existant, est perdue si elle n'est pas valorisée. Il s'agit donc de la première source d'EnR&R à valoriser.

La figure 25 ci-dessous présente les modalités de valorisation de chaleur fatale.

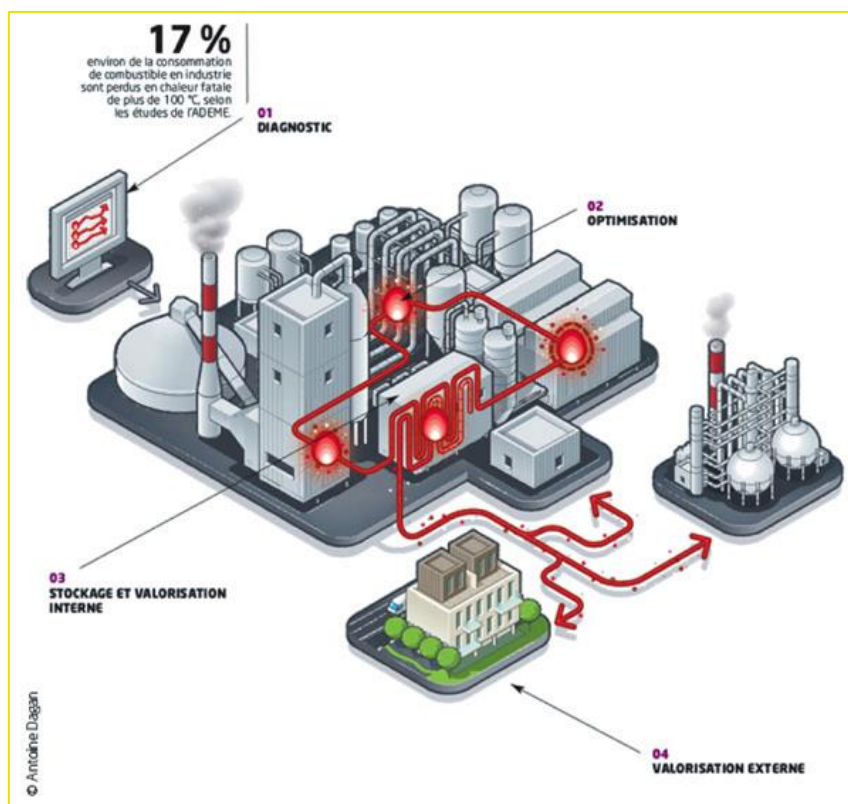


Figure 25 : modalités de valorisation de chaleur fatale

La figure ci-dessous reprend les différentes sources de chaleur fatale, leur état et leur température.

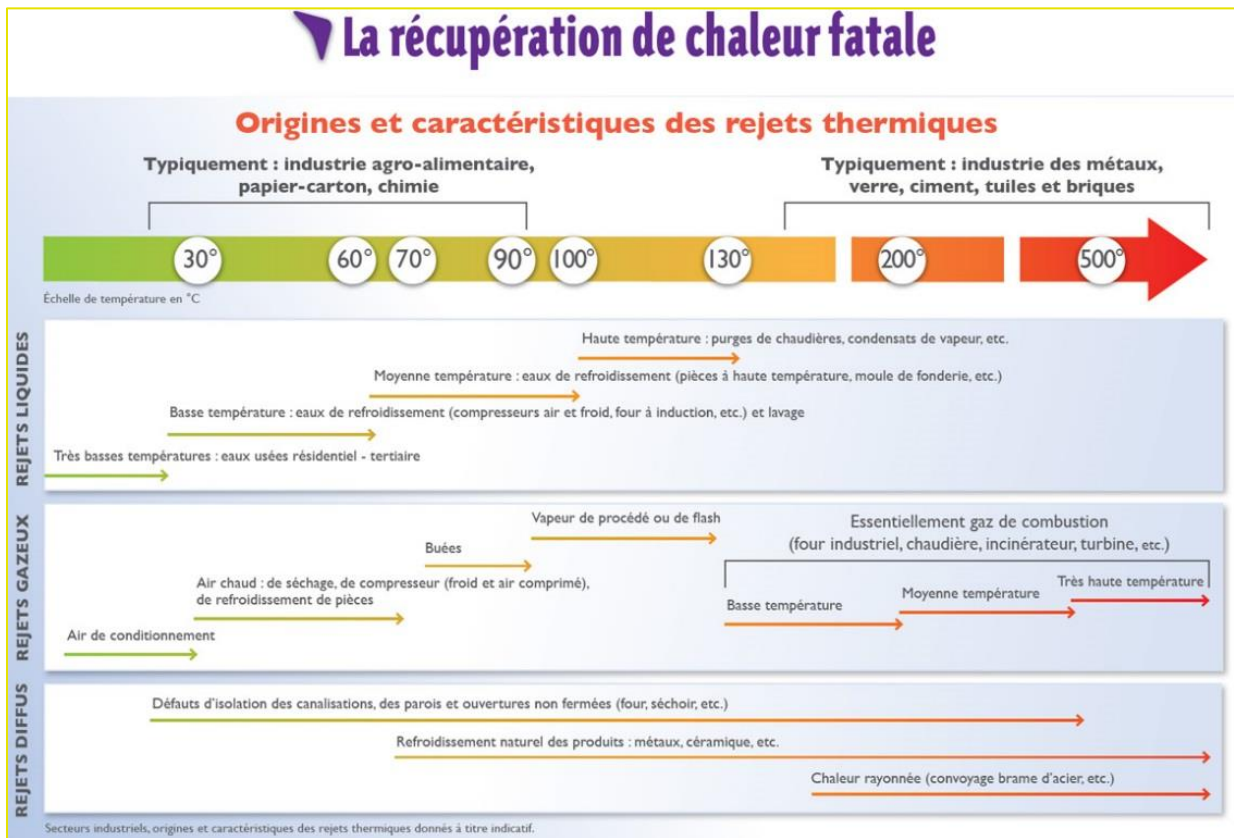


Figure 26 : Caractéristiques des différents types de chaleur fatale et classification. Source : ADEME

Les principaux gisements permettant la valorisation de chaleur fatale sur un réseau de chaleur sont :

- Les UIDND (Usine d’Incinération des Déchets Non Dangereux) avec la valorisation énergétique de la chaleur produite par l’incinération des déchets ;
- Les Data Centers, qui présentent de forts besoins de refroidissement pour maintenir les installations informatiques dans des conditions optimales de fonctionnement. Le refroidissement représente une part importante de la consommation électrique, et la récupération de chaleur sur les groupes froids est possible ;
- Les eaux usées, qui représentent une source d’énergie très basse température disponible même en milieu urbain dense ;
- Les autres industries aux profils divers.

D’une manière globale, la récupération de chaleur fatale sera un domaine dont l’essor, dans les prochaines années, devrait être conséquent.

6.3.2 Contraintes – généralités

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

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

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

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

- Les modalités de financement des ouvrages ;
- Les caractéristiques de la chaleur fournie ;
- Les limites de prestations ;
- Les quantités de chaleur et la disponibilité de celle-ci, sur une année, et dans le temps ;
- Les modalités de répartition des quotas CO2 le cas échéant ;
- Le prix de la chaleur fournie et son évolution ;
- Les engagements des différentes parties et les éventuelles pénalités, ...

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

6.3.3 Ressources disponibles

Selon les données transmises par l'ADEME :

- Aucune Unité de Valorisation Energétique des déchets ménagers (UVE) n'est située à proximité
- Aucun Datacenter n'est situé à proximité
- Aucune opportunité notable sur la récupération de chaleur sur les eaux usées (collecteur et STEP)
- Aucune opportunité notable sur les industries à proximité comme on peut le constater sur le tableau récapitulatif ci-dessous fourni par l'ADEME
- L'industriel Hermès est situé à plus de 4 km du réseau de chaleur de Bondy et sa chaleur fatale potentielle valorisable est trop faible (0,8 GWh) par rapport aux 104.19 GWh de consommations des prospects identifiés pour 2030 (Cf chapitre 7.4). Il n' a donc pas été jugé pertinent de prendre contact.
- Sur les autres lignes du tableau ci-après, les sites industriels ne sont pas jugés suffisamment proches du réseau de Bondy actuel et projeté, et ne présentent pas, selon l'étude ADEME, de gisements de chaleur fatale valorisable.

Raison sociale	Adresse	Code Postal	Ville	BT Potentiel valorisable 2015 (MWh)	HT Potentiel valorisable 2015 (MWh)
SOPROREAL	1 rue blaise pasc	93600	AULNAY SOUS BOIS	-	-
ROBERT BOSCH	126 rue de stalin	93700	DRANCY	-	-
MA FRANCE	boulevard andre	93600	AULNAY SOUS BOIS	-	-
AIR LIQUIDE SA	171 AVENUE HEN	93000	BOBIGNY	-	-
HERMES	1 avenue de la c	93000	BOBIGNY	1 336	854
SEBR	3 RUE LEON MAU	93600	AULNAY SOUS BOIS	-	-

Total **1 336** **854**

6.4 Géothermie

6.4.1 Principe

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

Trois grands types de géothermie, reprises sur la Figure 15, existent :

- La géothermie très basse énergie (10 à 40 °C) et à faible profondeur. Cette énergie peut être soit utilisée directement pour les besoins de chaleur nécessitant de très faibles températures, soit couplée à une pompe à chaleur en vue d'utilisation à des températures plus élevées.
- La géothermie basse énergie, qui est habituellement utilisée dans le cadre du chauffage urbain et sur laquelle cette étude se concentrera.
- La géothermie haute énergie, dénommée profonde ci-dessus, permettant d'alimenter en vapeur des centrales de production d'électricité.

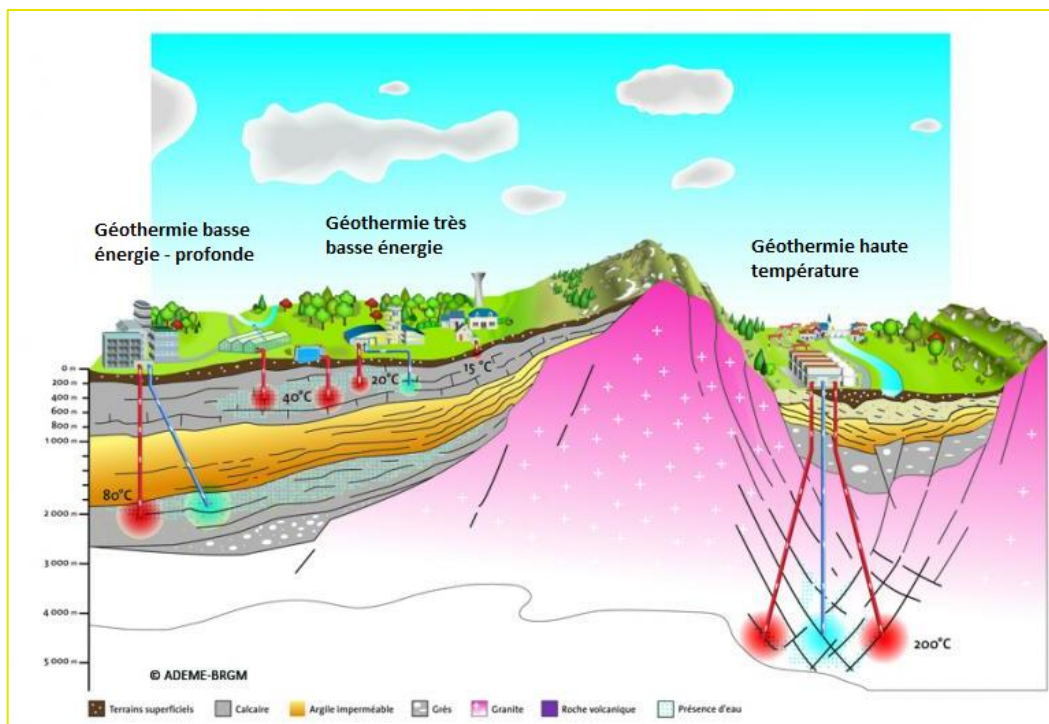


Figure 27 : Différents type de géothermie. Source : ADEME et BRGM

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

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

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

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

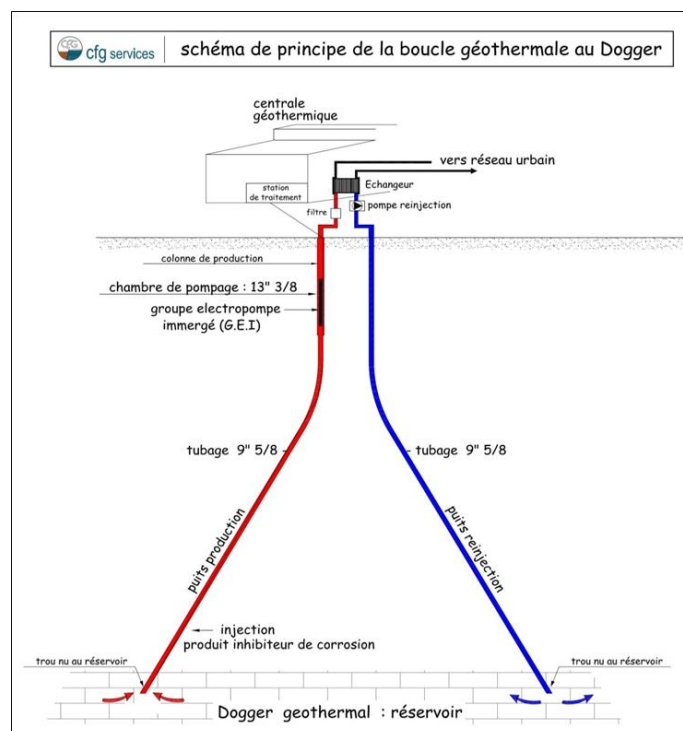


Figure 28 : Schéma de principe d'un doublet géothermique au Dogger. Source : Cfg Services

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

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 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.

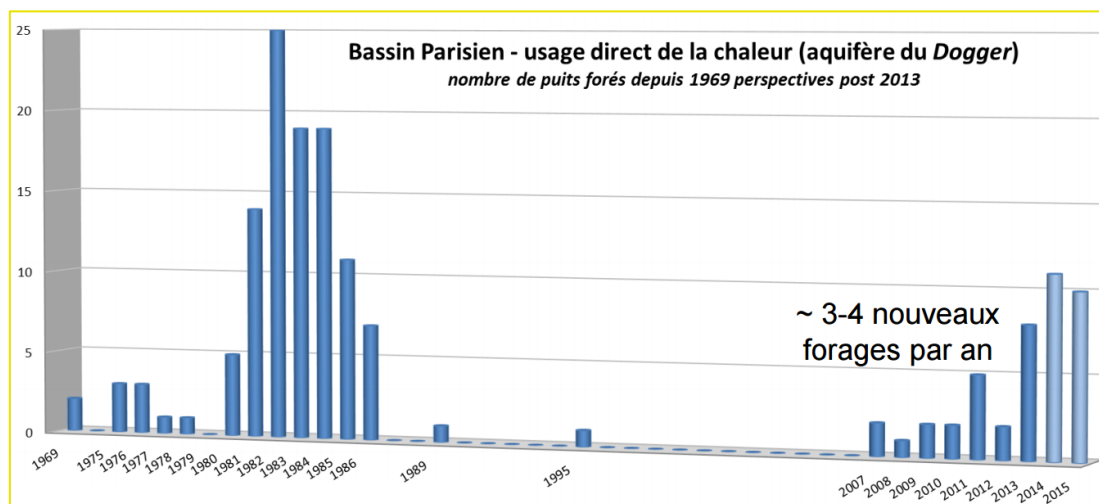


Figure 29 : Nombre de doublets au Dogger mis en service depuis 1969 - Exemple du bassin parisien. Source : BRGM - 2013

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 doublets ont depuis été forés (Tremblay-en-France, Blanc-Mesnil, Bagneux, Rosny-sous-Bois, Arcueil, Bobigny-Drancy...).

La majorité des exploitations actuelles se concentre sur l'aquifère du Dogger, mais l'exploitation d'autres aquifères est en pleine essor, en particulier l'Albien, moins

profond, qui fait à ce jour l'objet de quelques réalisations sur des ZAC, telles que Paris Clichy-Batignolles, Fort d'Issy-les-Moulineaux, Paris-Saclay.

Différentes nappes peuvent et sont alors exploitées mais ne sont pas disponibles partout en France. L'analyse suivante se base sur les données disponibles sur le site géothermie.fr

6.4.2 Contraintes

La réalisation d'un doublet géothermique nécessite une certaine surface pour les installations de forage (5 000 m² à enrober pour un forage au dogger) puis pour l'exploitation et la maintenance (moins de 1 500 m² mobilisés ponctuellement). Ce terrain doit permettre une bonne adéquation entre la ressource sous-sol et les besoins en surface. Cette question de l'emprise doit être étudiée en amont pour permettre de respecter un certain nombre de contraintes réglementaires (plus de 50 m d'une voie ferrée, hors d'emprise sous-sol d'autres installations...), et techniques (accès du site, nuisances, conditions topographiques).

De plus, l'exploitation de la ressource géothermale est conditionnée à un certain nombre de contraintes qui ont pour but de pérenniser la ressource et de réglementer l'utilisation des aquifères entre leurs différents usages possibles.

Ce deuxième point est particulièrement vrai :

- pour les nappes de l'Albien et du Néocomien, considérées comme des réserves stratégiques en eau potable pour l'alimentation de la région parisienne.
- pour le Dogger, aquifère le plus exploité de nos jours où les installations ne doivent pas interférer les unes avec les autres, surtout dans les zones fortement mobilisées.

La réalisation d'un doublet géothermique est conditionnée à l'obtention d'un permis d'ouverture des travaux d'exploration (PER-DOTEX). Le dossier de demande décrit l'usage qui sera fait de la ressource, les moyens de protection mis en œuvre, les différents impacts et des modélisations de l'aquifère visé en vue de s'assurer de la pérennité de la ressource sur la durée d'exploitation prévue. Ce dossier doit aussi montrer la bonne prise en compte des réglementations régissant l'exploitation géothermale :

- Code Minier : un gîte géothermique est considéré comme une mine (articles L112-1 et L112-2) ;

- 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.

A terme, la réglementation des exploitations géothermiques pourrait se rapprocher de celle des ICPE.

Ce permis est délivré par la préfecture ou via un arrêté inter-préfectoral lorsque la future exploration portera au droit de plusieurs départements. Ce permis est accordé après instruction par différents services de l'état (DRIEE, Inspection Générale des Carrières,...) et enquête publique. Une fois les travaux de forage réalisés, les DOE du forage sont transmis à la préfecture qui, après nouvelle consultation de la DRIEE, transforme le PER-DOTEX en permis d'exploitation (PEX) pour une durée déterminée. Ce permis d'exploitation rappelle les contrôles et opérations de maintenance à réaliser à intervalle réguliers, les limites d'exploitation,...

6.4.3 Ressources locales

Géothermie profonde : Opportunité d'un doublet au Dogger au droit de Bondy

Les aquifères présentés ici, du moins profond au plus profond, représentent les principaux potentiels géothermiques du bassin parisien :

- Les aquifères superficiels multicouches de l'Eocène (supérieur, moyen et inférieur) et de l'oligocène s'étendent très largement au Nord de la Seine et occupent au droit de l'Ile-de-France une surface d'environ 4 000 km² ;
- L'aquifère superficiel de la Craie, présent sur toute l'étendue de la région parisienne;
- Le réservoir de l'Albien, ressource stratégique pour l'eau potable en région parisienne, peut assurer le chauffage et la climatisation ;
- Les réservoirs du Néocomien et du Lusitanien sont peu exploités et donc méconnus, bien que leurs ressources ne soient pas négligeables ;
- 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 40 à 80°C sur le territoire de l'Ile-

de-France. De nombreuses exploitations sont aujourd'hui en fonctionnement en Ile-de-France ;

- 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 pouvant dépasser les 85°C. Ce réservoir n'est pas exploité à l'heure actuelle pour la géothermie, du fait notamment des difficultés d'exploitation rencontrées lors des premiers essais dans les années 1980. Ces problèmes d'exploitation venaient de difficultés de réinjection dans le réservoir argilo-gréseux. Dans la mesure où des technologies nouvelles permettraient de s'affranchir de ces difficultés, une exploration de cette ressource est en cours avec le projet d'extension du réseau de Bobigny-Drancy.

Le Nord Est Parisien est un secteur opportun pour la valorisation de chaleur géothermale issue du réservoir du Dogger. La transmissivité est relativement bonne sur le secteur.

Comme on peut le voir sur la carte ci-dessous, le niveau de température du réservoir au droit de Bondy peut être estimé entre 64°C et 67°C sur la partie nord de la ville (67°C à Villiers-Le-Bel)

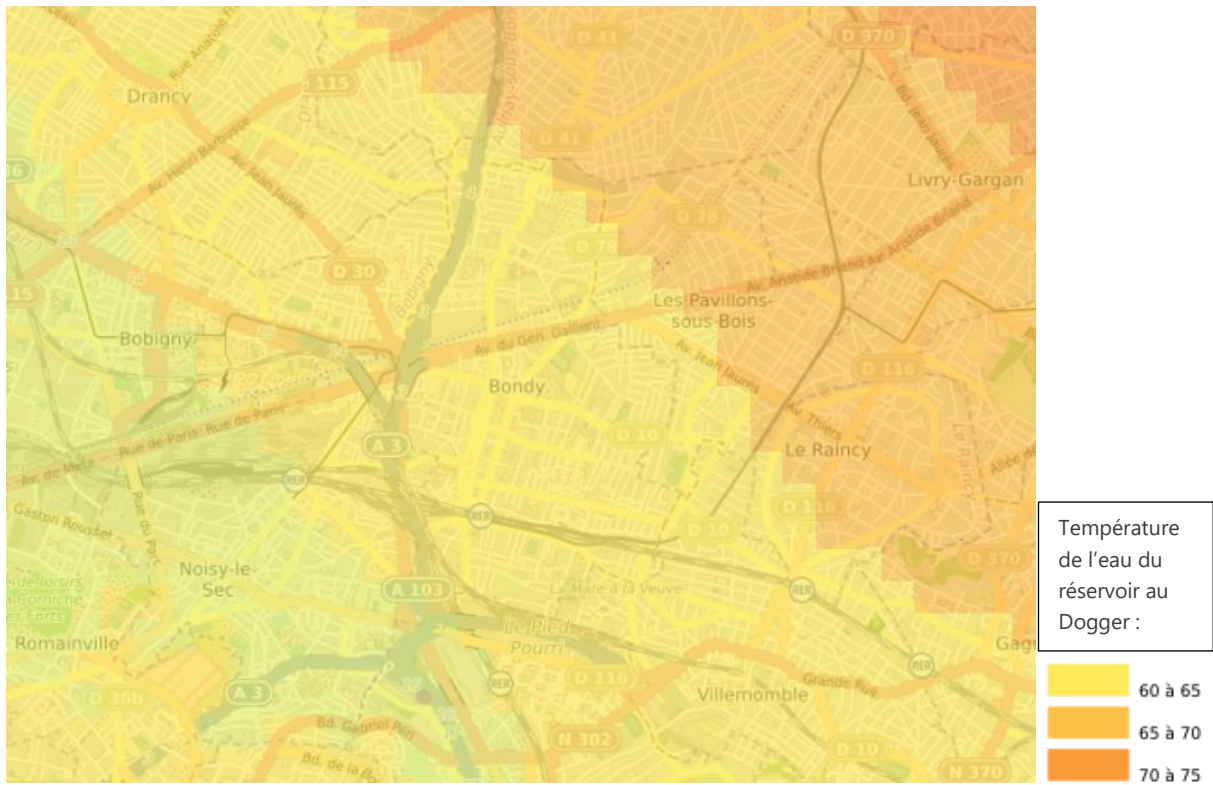


Figure 30 : carte représentant la température du réservoir au Dogger. Source géothermie.fr

Géothermie Basse profondeur :

Ci-dessous est présentée la carte présentant le potentiel géothermique de surface sur nappe de la Ville de Bondy.

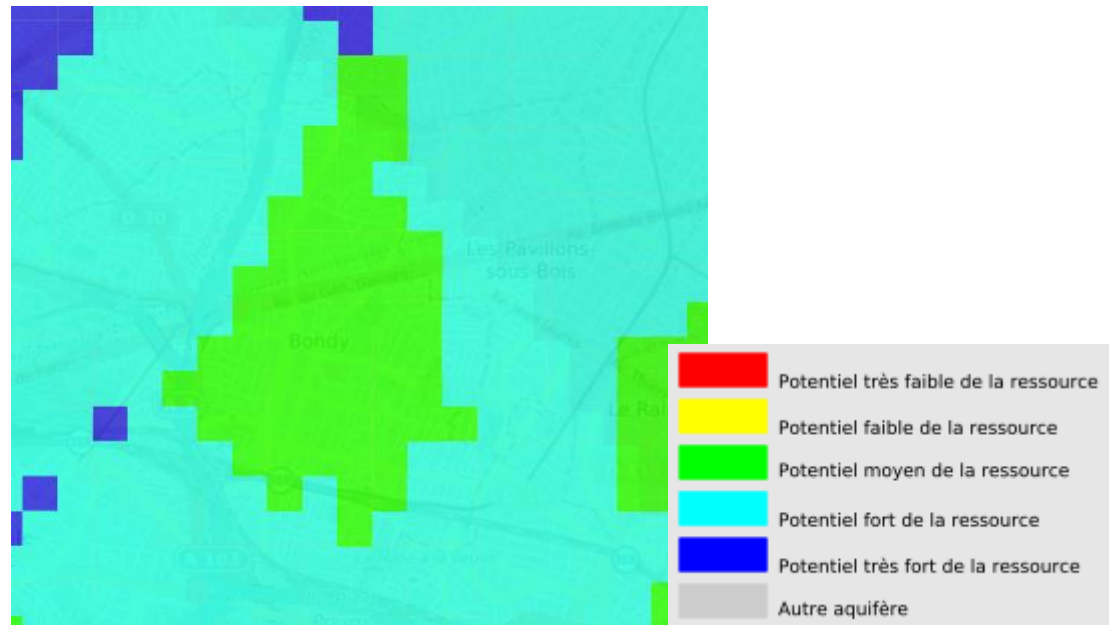


Figure 31 : Figure 31 : carte représentant le potentiel géothermique de surface sur nappe de la ville de Bondy. Source géothermie.fr

La ville de Bondy présente un potentiel moyen de ressources géothermiques de surface sur nappe sur la majorité de son territoire.

Toutefois, la valorisation de la géothermie de surface (donc basse température) est optimale lorsque les régimes de température des consommateurs sont bas. Par ailleurs les niveaux de température et débit de la ressource ne permettent pas d'alimenter des besoins de chaleur à l'échelle d'un territoire. Cette ressource n'est donc pas jugée adaptée pour le projet.

6.5 Biomasse

6.5.1 Principe

La matière première de la filière biomasse provenant de sources vivantes, celle-ci répond donc à un certain cycle de vie. Pour que la ressource soit qualifiée de renouvelable, il ne faut pas que la ressource soit surexploitée, ni que l'exploitation de celle-ci bouleverse la biodiversité ou l'équilibre entre les différents usages des terres. Cette énergie est donc considérée comme une énergie renouvelable à condition que les forêts bénéficient d'une gestion durable et que la somme des émissions de gaz à effet de serre liées aux transformations, aux transports et à la combustion puisse être

absorbée lors de la croissance des arbres. La biomasse s'appuie donc sur le cycle du carbone et la capacité métabolique des arbres à réaliser la photosynthèse.

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. Cette filière permet d'intégrer facilement une énergie renouvelable à l'ensemble des réseaux, qu'ils soient vapeur, eau surchauffée ou eau chaude.

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

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

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

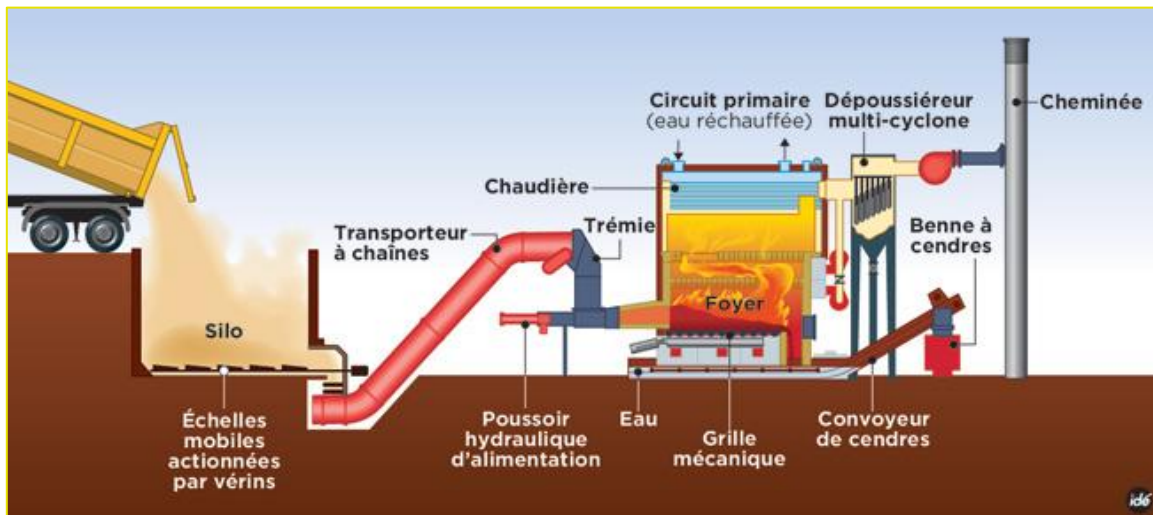


Figure 32 : Schéma de principe d'une chaufferie biomasse

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

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

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

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

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 avait pour objectif d'accentuer le développement de chaufferies bois et de structurer de véritables filières locales d'approvisionnement en combustibles.

6.5.2 Contraintes

Les conditions d'implantation d'une chaufferie biomasse sont relativement contraignantes. En effet :

- Une emprise au sol importante est requise pour garantir l'implantation des zones de stockage, de manutention et les installations de combustion ;
- L'accès pour les livraisons de combustible doit être aisé (réseau routier, voies ferrées,...) ;
- L'emplacement doit être pertinent vis-à-vis du tracé du réseau projeté ou à équiper ;
- Une chaufferie biomasse peut être une ICPE à plusieurs titres :
- En tant que chaufferie, il s'agit d'une ICPE sous la rubrique 2910 soumise à déclaration si la puissance est supérieure à 1 MW et inférieure à 20 MW ou à autorisation si la puissance de la chaufferie est supérieure à 20 MW ;
- En tant que dépôt de bois sec ou matériaux combustibles analogues, il s'agit alors d'une ICPE sous la rubrique 1532 soumise à déclaration.

L'ensemble des obligations réglementaires sont définies par la catégorie de classement. En exploitation, ces installations doivent faire l'objet d'un contrôle rigoureux :

- Des émissions, pour vérifier le bon traitement des fumées et de récupération des cendres, et ainsi éviter toute pollution atmosphérique.
- De gestion de l'approvisionnement.

Bien qu'il n'y ait pas de problématique de ressource pour un approvisionnement d'un nouveau réseau en biomasse (plaquettes forestières notamment) en Ile de France, la mise en œuvre d'une chaufferie bois n'est à envisager qu'en dernier recours pour le présent projet.

En effet, il s'agit d'une ENR&R à combustion et les problématiques de qualité de l'air en zones urbaines en Ile de France, malgré l'amélioration des technologies de filtration et la performance environnementale des installations biomasse, placent cette solution en dernière position dans la liste des ENR&R à mettre en œuvre, en cohérence avec l'ENR choix.

7 EVOLUTIONS ET DEVELOPPEMENTS

ENVISAGES DU RESEAU

7.1 Développement du réseau – méthodologie pour la prospection

Le réseau existant de Bondy ne desservant qu'une partie limitée de la Ville, un recensement des besoins de chaleur sur l'ensemble de la ville a été réalisé afin d'identifier de potentiels futurs usagers d'un service public de réseau de chaleur.

La méthodologie suivante a été appliquée :

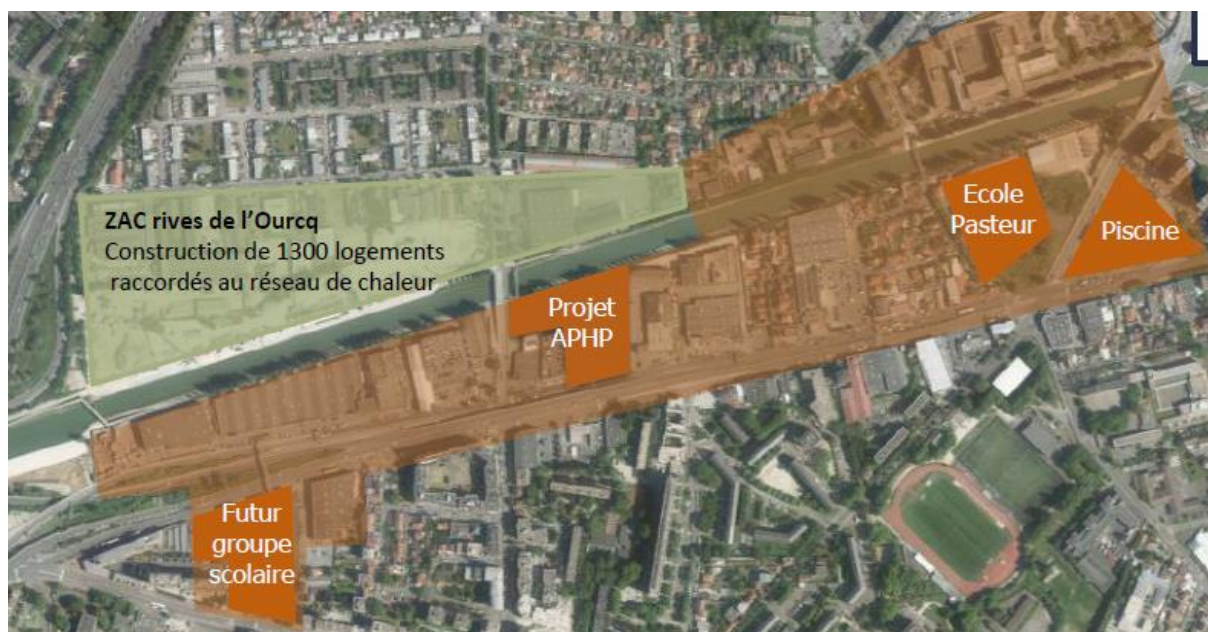
1. Prise de contact avec les bailleurs sociaux présents sur le périmètre. Ont été contactés :
 - RATP Habitat
 - Bondy Habitat
 - I3F (Immobilière 3F)
 - CDC Habitat
 - LogiRep
 - Seine-Saint-Denis Habitat
 - ADOMA
2. Prise de contact avec les services patrimoine et urbanisme des entités publiques: Ville, agglomération (Est Ensemble), Département (CD93) et Région (Ile de France)
3. Collecte d'informations concernant les entités privées : face aux difficultés pour obtenir des informations sur le patrimoine privé (EHPAD, copropriétés...), un certain nombre d'hypothèses ont été prises en compte pour estimer les besoins de l'habitat privé de la ville de Bondy
4. Prise de contact avec l'exploitant du réseau existant : CORIANCE

5. Recensement et filtre des sites « compatibles » Réseau de Chaleur : pour être compatible avec un réseau, la production de chaleur pour le chauffage doit être collective et les réseaux hydrauliques de distribution intérieure préexistants. De plus, les besoins énergétiques du bâtiment ne doivent pas être trop faibles pour que les investissements soient justifiés.
6. Prospection cartographique complémentaire.
7. Traitement et consolidation de données de consommation disponibles et/ou estimations.

7.2 Projets d'aménagement ZAC rives de l'Ourcq et avenue Gallieni canal

Ces deux projets, portés par la communauté d'agglomération Est Ensemble, regroupent :

- La construction de la ZAC rives de l'Ourcq, soit 1300 logements ;
- La construction d'environ 1 800 logements à horizon 2030 sur l'avenue Gallieni canal ;
- La construction d'un groupe scolaire à horizon 2026 ;
- La construction d'un hôpital de jour (projet APHP) de 21 000 m², dont la livraison est prévue pour 2025/2026.



7.3 Présentation des prospects

En suivant la méthodologie précédemment décrite, 158 prospects ont été recensés dont 142 ont été identifiés raccordables à un réseau de chaleur sur la ville de Bondy.

Numéro	Dénomination	N° rue	Rue/Boulevard	Typologie
A1	I3F - La Noue Caillet			Logement
A2	Bondy Habitat			Logement
A3	Office HLM Seine Saint-Denis			Logement
A4	Etablissement Public de Santé			Sante
A5	Gymnase Jean Zay			Gymnase
A6	Collège Jean Zay			Ecole
A7	Maternelle Jean Zay			Ecole
A8	IRD Bâtiments A & B & C			Bâtiment Tertiaires
A9	Ecole La Noue Caillet			Ecole
A10	Ecole Terre Saint Blaise			Ecole
A11	Hôpital Jean Verdier			Sante
A12	EHPAD Arthur Groussier			Sante
A13	CROUS			Logement
A14	33 rue Fontaine	33	rue Fontaine	Logement
A15	GS Olympe de Gougues			Ecole
V16	Ecole Pasteur 1	6	rue des écoles	Ecole
V17	Ecole Pasteur 2	6	rue des écoles	Ecole
V18	Maternelle Pasteur	2	rue des écoles	Ecole
V19	Ecole maternelle Alain Savary	21	rue du vieux moulin	Ecole
V20	Ecole élémentaire Roger Salengro	106	rue Roger Salengro	Ecole
V21	Ecole élémentaire Mainguy-Guehenno	19	rue Paul Vaillant Couturier	Ecole
V22	Ecole maternelle Mainguy	30	rue Paul Vaillant Couturier	Ecole
V23	Ecole maternelle Jules Ferry	2	rue François Collet	Ecole
V24	Ecole élémentaire Jules Ferry	136	rue Louis Auguste Blanqui	Ecole
V25	Ecole élémentaire Edmond Rostand	136	rue Martin Luther King	Ecole
V26	Ecole maternelle Henri Sellier	2	rue des cinq ormes	Ecole
V27	Ecole maternelle Camille Claudel		rue Pierre Brossolette	Ecole
V28	Ecole maternelle Léo Lagrange	11-13	avenue de Verdun	Ecole
V29	Gymnase Léo Lagrange	4	avenue de Verdun	Gymnase
V30	Ecole élémentaire Guillaume Apollinaire	16	avenue Henri Barbusse	Ecole
V31	Crèche Arc en ciel	43	avenue de Verdun	Ecole

V32	Hôtel de Ville	5	square du 8 mai 1945	Bâtiment Tertiaires
V33	Centre municipal de santé Henri Tauleigne	38	avenue de la République	Sante
D34	Collège Henri Sellier	4-6	rue des cinq ormes	Ecole
D35	Collège Pierre Brossolette	77	avenue Henri Barbusse	Ecole
D37	Ardepass	39	avenue de Verdun	Bâtiment Tertiaires
D38	Crèche départementale Blanqui	10	rue Henri Dunant	Ecole
D39	Caserne sapeurs pompiers	12 ?	avenue de Verdun	Bâtiment Tertiaires
R40	Collège Jean Renoir	11	rue Frémin	Ecole
R41	Lycée professionnel Léo Lagrange	2	rue Campagnon	Ecole
R42	Lycée Jean Renoir	11	rue Frémin	Ecole
R43	Lycée professionnel Marcel Pagnol	1	rue Jules Guesde	Ecole
IC44	Bibliothèque Denis Diderot	23	Rue Roger Salengro	Bâtiment Tertiaires
IC45	Cinéma André Malraux		Rue du 8 mai 1945	Bâtiment Tertiaires
IC46	Auditorium Bondy	61	avenue Henri Barbusse	Bâtiment Tertiaires
IC47	Conservatoire Bondy	23 bis	Rue Roger Salengro	Bâtiment Tertiaires
IC48	Piscine Michel Beaufort	207	avenue Gallieni	Piscine
E50	Commissariat	1	rue Gaston Deferre	Bâtiment Tertiaires
P51	Ecole maternelle de l'Assomption	12	avenue de Verdun	Ecole
P52	Ecole élémentaire + Collège + Lycée de l'Assomption	12	avenue de Verdun	Ecole
P53	APAJH	15	avenue de Verdun	Bâtiment Tertiaires
P54	EJS Lille	39	rue Roger Salengro	Ecole
P55	La Poste	40	avenue Henri Barbusse	Bâtiment Tertiaires
P56	Clinique Ambroise Paré	2	avenue Jean Moulin	Sante
P57	Noüe Caillet Bâtiment 1		Rue Tillion, Rue Odette Pain	Logement
P58	Noüe Caillet Bâtiment 2		Avenue Léon Blum, Rue Odette Pain	Logement
B59	Résidence Vaillant	167-187	rue Edouard Vaillant	Logement
B60	BONDY OURCQ	58/62	Route d'Aulnay	Logement
B61	Résidence Bobillot	20	rue du Sergent Bobillot	Logement
B62	Résidence Salengro	156-164	rue Roger Salengro	Logement
B63	Résidence Egalité	4	rue de l'égalité	Logement
B64	Résidence Thomas	2-14	place Albert Thomas	Logement
B65	Résidence Furci	2-16	allée de Furci	Logement
B66	Résidence Eluard	2	rue Paul Eluard	Logement

B67	Résidence Apollinaire	2-20	rue Guillaume Apollinaire	Logement
B68	Résidence Blanqui (2014)	35-53	rue Louis Auguste Blanqui	Logement
B69	Résidence Paix	29-37	allée de la Paix	Logement
B70	Résidence Beauvoir	1-5	rue Simone de Beauvoir	Logement
B71	Résidence Martin Luther King	2-10	rue Martin Luther King	Logement
B72	Résidence Dunand	1	rue Henri Dunant	Logement
B73	Résidence Blanqui 3	130	rue Louis Auguste Blanqui	Logement
B74	Cité des Saules 1	125	rue Louis Auguste Blanqui	Logement
B75	Cité des Saules 2	125	rue Louis Auguste Blanqui	Logement
B76	Résidence Polissard	24-28	rue Auguste Polissard	Logement
B77	Résidence Lyssandre		Place Georges Lyssandre	Logement
B78	Résidence Neuburger	1-11	Place Nicole Neuburger	Logement
B79	Cité du Stade	2-14	Allée des Renoncules	Logement
B80	Résidence De Lattre de Tassigny	10-18/20-24	Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny	Logement
B81	Résidence Place du 11 novembre		Place du 11 novembre 1918	Logement
B82	Résidence Polissard	25-27	rue Auguste Polissard	Logement
B83	Résidence Lamartine	2	rue Auguste Polissard	Logement
B84	Résidence Guesde	15-23	rue Jules Guesde	Logement
B85	Résidence Potager	2	rue du Potager	Logement
B86	Résidence Barbusse	50	avenue Henri Barbusse	Logement
B87	Les Merisier (Bât B C D E)	10-20	avenue Marx Dormoy	Logement
B88	BONDY 14 JUILLET 1	33/35	Rue François Villon	Logement
B89	BONDY LES MERISIER	44	Rue Fontaine	Logement
B90	BONDY 14 Juillet ANRU		QUART du 14 Juillet	Logement
B93	BONDY 42 avenue Henri Barbusse	42	avenue Henri Barbusse	Logement
B94	BONDY - TERRE ST BLAISE		TERRE ST BLAISE - ANRU - RUE DES ESCHOLIENS	Logement
B95	BONDY - TERRAIN RFF		TERRAIN RFF RUE DE LA LIBERTE	Logement
B96	BONDY rue Edouard Vaillant	155 /159	rue Edouard Vaillant	Logement
B97	BONDY Gaston Deferre Constr.		rue Gaston Deferre	Logement
B98	BONDY CUB av. Gaston Deferre	28-38	avenue Gaston Deferre	Logement
B99	Avenue DU MARECHAL DE LATTRE	132	Avenue Gallieni	Logement
B100	BONDY 140 Av Gallieni	140	Avenue Gallieni	Logement
B101	Residence Hannah ARENDT	158	Avenue Gallieni	Logement
B103	Liberté	9	rue de la Liberté	Logement
B104	BOND - Rue Benhamou	10-12	Avenue Maurice Benhamou	Logement
B105	Résidence du Breuil		Rue du Breuil	Logement
B106	HLM Plaine de France		Avenue Maurice Benhamou	Logement
B107	Raymond Aubra	2	Avenue Léon Blum	Logement
B108	Léon Blum	4-8	Avenue Léon Blum	Logement

N109	EHPAD La maison de l'égliantier	56	avenue Geneviève Anthonioz de Gaulle	Sante
N110	Tour Sévigné	2ter	rue Gaston Deferre	Logement
N111	Crèche Delattre de Tassigny	8	Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny	Ecole
C114	43 Rue Jules Guesde	43	Rue Jules Guesde	Logement
C115	55 Rue Jules Guesde	55	Rue Jules Guesde	Logement
C116	33 Avenue Pasteur	33	Avenue Pasteur	Logement
C117	17 Avenue Henri Barbusse	17	Avenue Henri Barbusse	Logement
C118	21 Avenue Henri Barbusse	21	Avenue Henri Barbusse	Logement
C119	45 Avenue Carnot	45	Avenue Carnot	Logement
C120	57 Rue Louis Auguste Blanqui	57	Rue Louis Auguste Blanqui	Logement
C121	25 rue roger salengro	25	rue roger salengro	Logement
C122	39 cours de la republique	39	cours de la republique	Logement
C123	44 Avenue Carnot	44	Avenue Carnot	Logement
C124	38 rue roger salengro	38	rue roger salengro	Logement
C125	12 rue jean jaures	12	rue jean jaures	Logement
C127	58 rue roger salengro	58	rue roger salengro	Logement
C128	3 B rue de la fraternite	3 B	rue de la fraternite	Logement
C129	107 avenue de la republique	107	avenue de la republique	Logement
C130	41 rue roger salengro	41	rue roger salengro	Logement
FR139	Ilôt S1a		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR140	Ilôt S1b		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR141	Ilôt S2		ZAC rives de l'Ourcq	Equipement
FR142	Ilôt S3		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR143	Ilôt S4		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR144	Ilôt S5		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR145	Ilôt C6		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR146	Ilôt C7a		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR147	Ilôt C7b		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR148	Ilôt C8		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR149	Ilôt C9		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR150	Ilôt C10		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR151	Ilôt C11a		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR152	Ilôt C11b		ZAC rives de l'Ourcq	Logement
FR153	Ilôt A12		ZAC rives de l'Ourcq	Activite neuf
FR154	Ilôt A13		ZAC rives de l'Ourcq	Activite neuf
FR155	Ilôt A14		ZAC rives de l'Ourcq	Activite neuf
FA156	Futur groupe scolaire	52	Avenue Gallieni	Ecole
FA157	Hopital de jour	113	Avenue Gallieni	Sante
FA158	Logements Gallieni/Canal	149-155	Avenue Gallieni	Logement

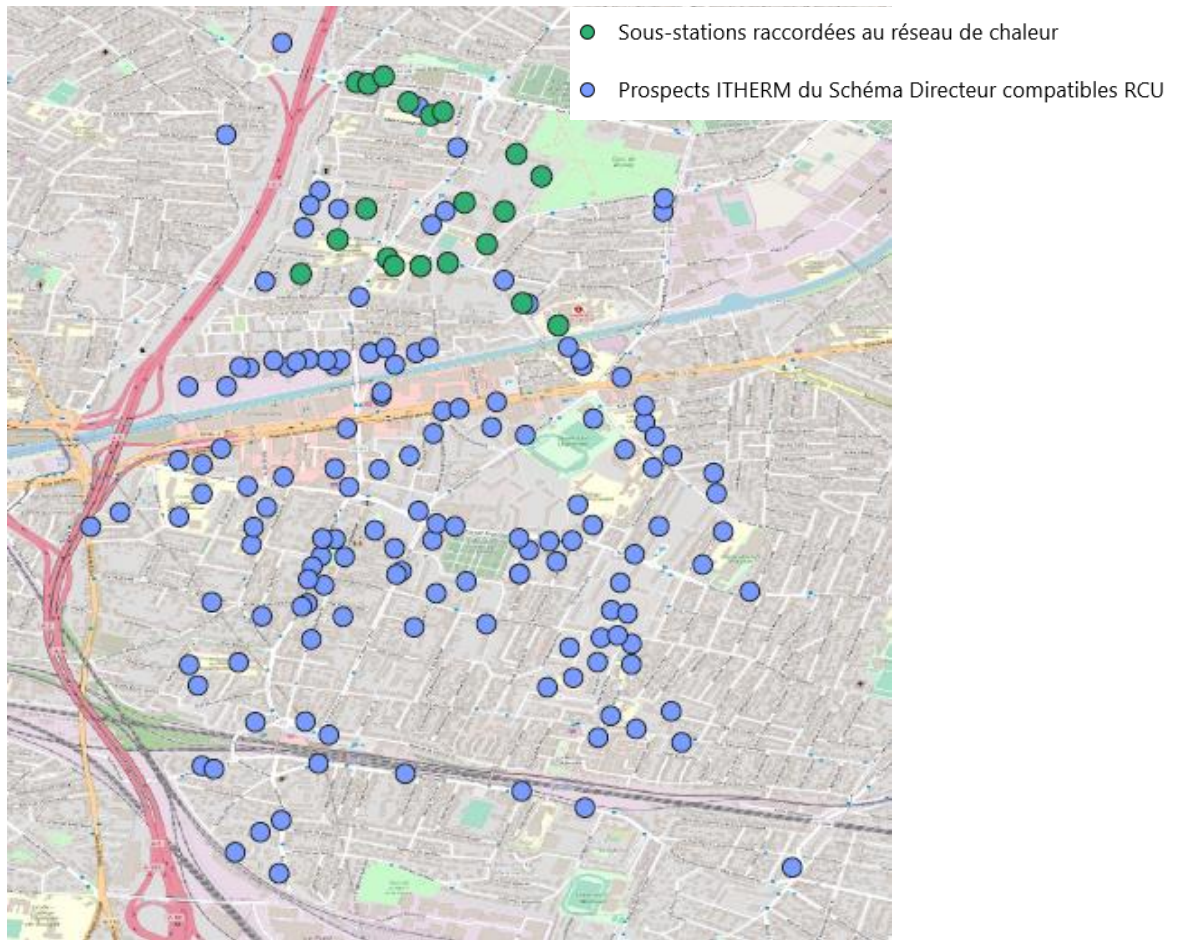


Figure 33 : Localisation des prospects identifiés

Les sites situés au sud de la voie ferrée ne sont pas pris en compte étant donné l'investissement nécessaire pour le franchissement des voies.

De plus, les 4 sites situés dans le quartier sud-ouest de la ville ne sont pas retenus : la densité énergétique résiduelle est trop faible pour envisager leur raccordement.

La répartition des besoins actuels (en 2021) de chaleur en chauffage et en ECS est la suivante :

	Besoins de chauffage à 2200 DJU	Besoins d'ECS	Besoins totaux à 2200 DJU
2021	94.1 GWh	24.0 GWh	118.1 GWh

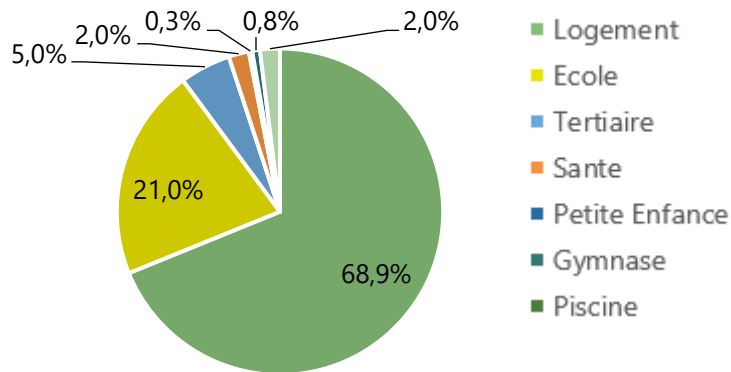


Figure 34 : Répartition des besoins recensés par typologie des prospects

Il est intéressant de constater sur le graphique ci-dessus que les logements représentent 69% des besoins énergétiques, dont une grande partie de logements sociaux. Le taux de raccordement est plus élevé chez les bailleurs publics que dans l'habitat privé, la commercialisation y étant plus simple. Cela sécurise une part importante des perspectives de ventes de chaleur du projet.

Nota :

Le potentiel sur les copropriétés n'est pas pleinement consolidé (difficulté d'accès aux données).

Ci-dessous est présentée la carte de chaleur des besoins recensés ; les zones les plus « rouges » représentent une forte concentration de besoins énergétiques sous forme de chaleur (chauffage et ECS confondus).

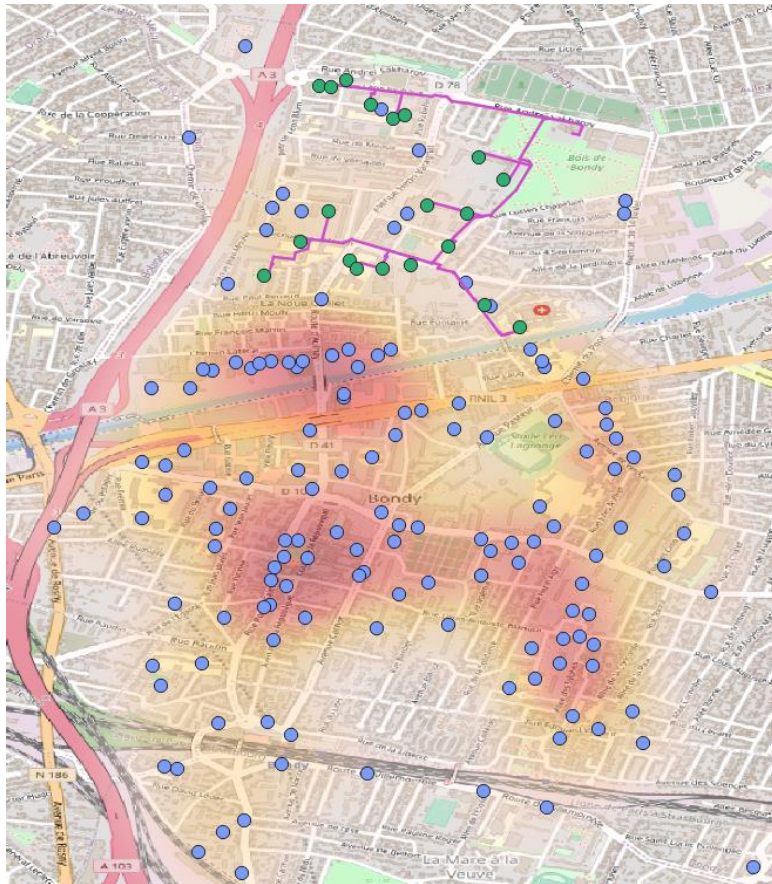


Figure 35 : carte de chaleur des besoins de la ville de Bondy

Trois zones présentant de forts besoins en chaleur ressortent :

- La première au niveau de l'avenue Gallieni
- La deuxième autour de la mairie
- La troisième entre la rue Jacqueline Auriol et la rue Martin Luther King

7.4 Evolution des besoins

Deux hypothèses de réduction des consommations de chauffage ont été prises en compte pour estimer l'évolution des besoins recensés précédemment.

- La concrétisation du décret tertiaire, avec les hypothèses suivantes :
 - - 10% en 2023,
 - - 20% en 2025
 - - 40% en 2030

pour les prospects concernés (bâtiments tertiaires dont la surface est supérieure à 1000m²)

- Une réduction des consommations de chauffage des logements existants (ratio de consommation de chauffage de 6MWh/logement en 2025 et 5MWh/logement en 2030). Ces ratios ont été basés sur les objectifs de la PPE (programmation pluriannuelle de l'énergie) 2019-2028 qui vise une réduction de 15% des consommations du secteur du bâtiment.

A l'inverse, les différents projets d'aménagement viennent eux augmenter les besoins à partir de leur année prévisionnelle de livraison.

L'évolution des besoins à horizon 2030 est récapitulée dans le tableau ci-dessous :

	Besoins de chauffage à 2300 DJU	Besoins d'ECS	Besoins totaux à 2300 DJU
2021	94.75 GWh	23.24 GWh	117.99 GWh
2023	96.17 GWh	24.61 GWh	120.78 GWh
2025	82.18 GWh	25.54 GWh	107.72 GWh
2030	74.84 GWh	29.35 GWh	104.19 GWh

8 ANALYSE TECHNIQUE ET ENERGETIQUE DES SCENARIOS

8.1 Définition des scénarios

8.1.1 Périmètre de desserte énergétique

Un unique scénario de desserte énergétique est envisagé.

La liste des abonnés et le bilan des besoins sont donc identiques pour l'ensemble des scénarios ci-après présentés.

8.1.2 Moyens de production ENR&R privilégiés

Compte tenu de l'état des lieux des sources EnR&R à proximité du réseau, de la priorisation selon l'ENR choix, et du volume de besoin en chaleur recensé sur la ville de Bondy, **la géothermie profonde** a été retenue comme premier moyen de production EnR&R à étudier.

Un deuxième scénario prévoyant l'ajout d'une chaudière **biomasse** d'une puissance suffisante pour atteindre un taux EnR&R supérieur à 65% a été considéré, compte-tenu :

- De l'intérêt de disposer d'un scénario alternatif à comparer, tel que le prévoit le cahier des charges ADEME ;
- Du fait que le réseau actuel est d'ores et déjà équipé d'une chaufferie biomasse ce qui pourrait a priori permettre des économies d'échelle ;
- De l'historique de la géothermie sur le territoire de la Ville de Bondy (échec industriel, qui a été bien expliqué par la suite et qui ne remet pas en cause la faisabilité d'un nouveau doublet sur le secteur)

Dans les deux scénarios, un appoint (gaz) sera nécessaire pour compléter la production.

8.1.3 Scénarios envisagés

Ci-dessous le tableau récapitulatif des scénarios retenus.

Le scénario de référence correspond à la desserte énergétique de l'ensemble des prospects identifiés par les moyens de production actuels.

Scénario	Scénario de référence	Scénario 1	Scénario 2
Description du scénario	Moyens de production actuels	Géothermie au Dogger avec une PAC de 8 MW montée en série Moyens de production actuels	Ajout d'une chaudière biomasse de 9 MW Moyens de production actuels
Source de production EnR&R	<ul style="list-style-type: none"> Chaudières biomasse actuelles (4MW + 1MW) 	<ul style="list-style-type: none"> Géothermie + PAC Chaudières biomasse actuelles (4MW + 1MW) 	<ul style="list-style-type: none"> Chaudière biomasse nouvelle (9 MW) Chaudières biomasse actuelles (4MW + 1MW)
Appoint/Secours	<ul style="list-style-type: none"> Chaufferie principale de Bondy Chaufferies de bailleurs reconverties et mises à disposition du réseau 		

Remarque :

1. Une sensibilité sur la puissance sortie PAC et sur la puissance biomasse supplémentaire à installer a été étudiée afin de sélectionner la solution la plus compétitive économiquement tout en permettant d'atteindre un taux d'EnR&R de 65%.
2. L'appoint et secours total gaz du réseau sera donc réalisé par :
 - La chaufferie principale de Bondy
 - Des chaufferies de bailleurs transformées en chaufferies d'appoint/secours (par exemple les résidences Lyssandre, Neuburger et De Lattre de Tassigny appartenant à Bondy Habitat) pour ilotage voire export sur le réseau. Des conventions de mises à disposition de ces chaufferies devront être contractualisées.

8.1.4 Hypothèses

La longueur de réseau à construire pour desservir l'ensemble des prospects raccordables identifiés étant conséquente, il a été fait comme hypothèse que les travaux de raccordement débutent en 2022 et qu'ils se terminent fin 2023. Les premières livraisons de chaleur auront lieu début d'année 2023.

La montée en charge de la desserte du réseau sera progressive sur 2023 et 2024 : 60% des besoins énergétiques des nouveaux abonnés seront alimentés par le réseau de chaleur de Bondy en 2023 puis 100% en 2024.

Les besoins énergétiques évoluent tels que décrits dans le paragraphe §5.4. Les besoins sont donc supposés constants à partir de 2030.

En effet, des baisses de consommation liées aux réhabilitations de patrimoine ont été prises en compte entre 2021 et 2030 ; on considère que les baisses de consommations au-delà seront compensées par de nouveaux raccordements de bâtiments neufs sur la Ville (notamment compte-tenu du classement obligatoire du réseau à sa mise en service).

Un taux de raccordement/commercialisation de 100% a été pris en compte pour le raccordement des prospects identifiés dont les données étaient confirmées par le maître d'ouvrage (présence chauffage collectif et données de consommation). Lorsque les données n'ont pas pu être confirmées, notamment sur la présence d'ECS collective, celle-ci a été supposée en production individuelle (donc non assurable par le réseau de chaleur), ce qui correspond à une hypothèse prudente.

Les hypothèses générales suivantes ont par ailleurs été considérées.

Température de base	-7°C
Température de non chauffage	18°C
Rigueur climatique standard	2300 DJU
Surpuissance échangeur sous-stations	15 %
Rendement chaudière gaz	0.9
Passage PCS en PCI	0.9

Figure 36 : Hypothèses générales de simulations.

8.2 Proposition de tracé

Ci-dessous est présentée la proposition de tracé qui raccorde l'ensemble des prospects raccordables aux sources de production EnR&R.

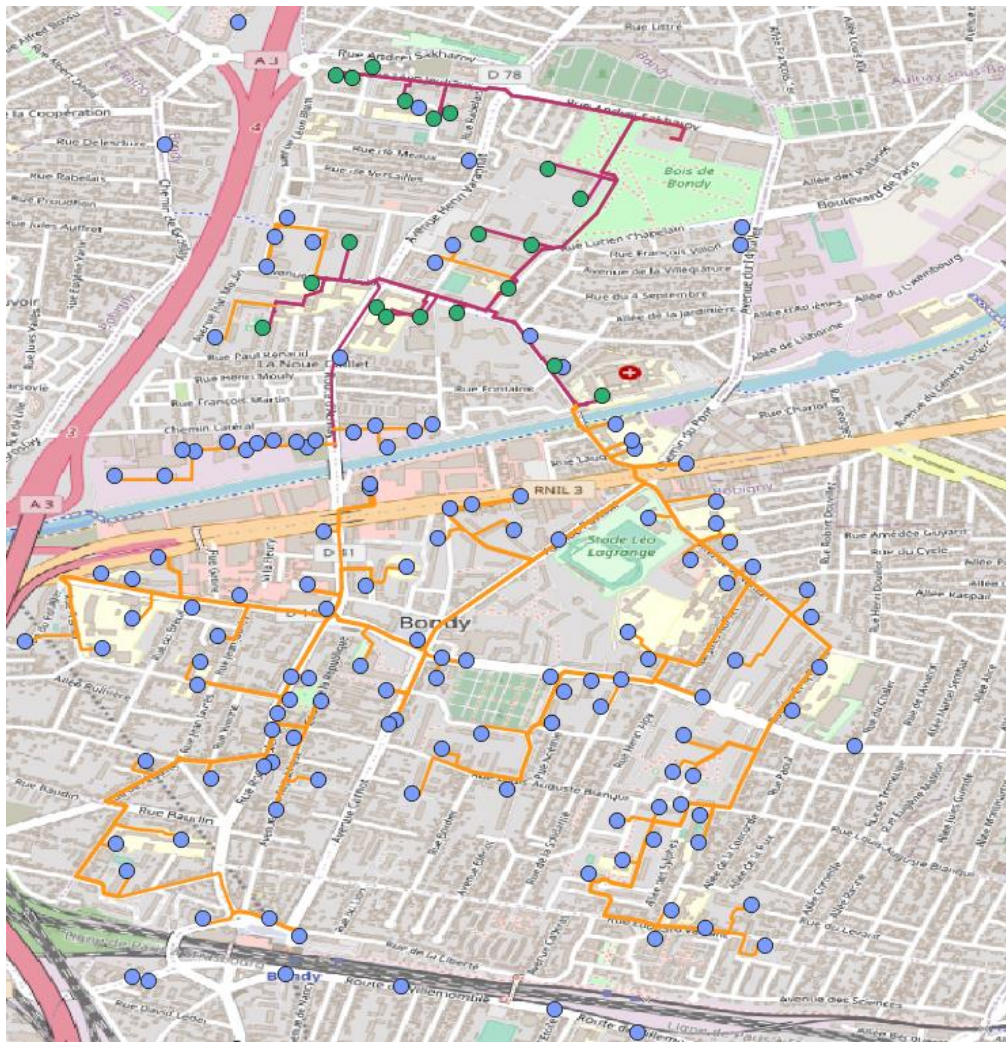


Figure 37: proposition de tracé de réseau

La longueur du réseau à construire (en orange sur la plan ci-dessus) est de 20 100 mètres. Pour rappel, la longueur du réseau existant (en rouge) est de 3 800 mètres.

8.3 Analyse énergétique et environnementale

Pour chaque scénario, il est présenté ci-après :

- Un tableau des productions théoriques annuelles de chaque énergie ;
- Une monotone du réseau en régime établi après l'arrêt de la cogénération (2030) correspondant à la répartition horaire des appels de puissance, sur une année à une rigueur climatique standard ;

8.3.1 Scénario de référence

Dans le scénario de référence, les outils de production sont ceux actuellement en place, c'est-à-dire :

- Les deux chaudières biomasse existantes (4MW et 1MW)
- Les chaudières gaz existantes

La modélisation énergétique a été faite en 2030, lorsque la cogénération est à l'arrêt. La biomasse est définie comme prioritaire (en base) pour le réseau de Bondy.

Le tableau ci-dessous récapitule les volumes des productions de chaque outil pour la simulation des besoins en 2030 :

	Consommation sous-station	Production totale	Biomasse 4 MW	Biomasse 1 MW	Gaz
Total	104 187 MWh	113 215 MWh	28 345 MWh	7 884 MWh	76 986 MWh
Puissance maximale atteinte			4 MW	1 MW	31MW
Taux de couverture			25 %	7 %	68 %

Figure 38 : Bilan des productions du scénario de référence en 2030

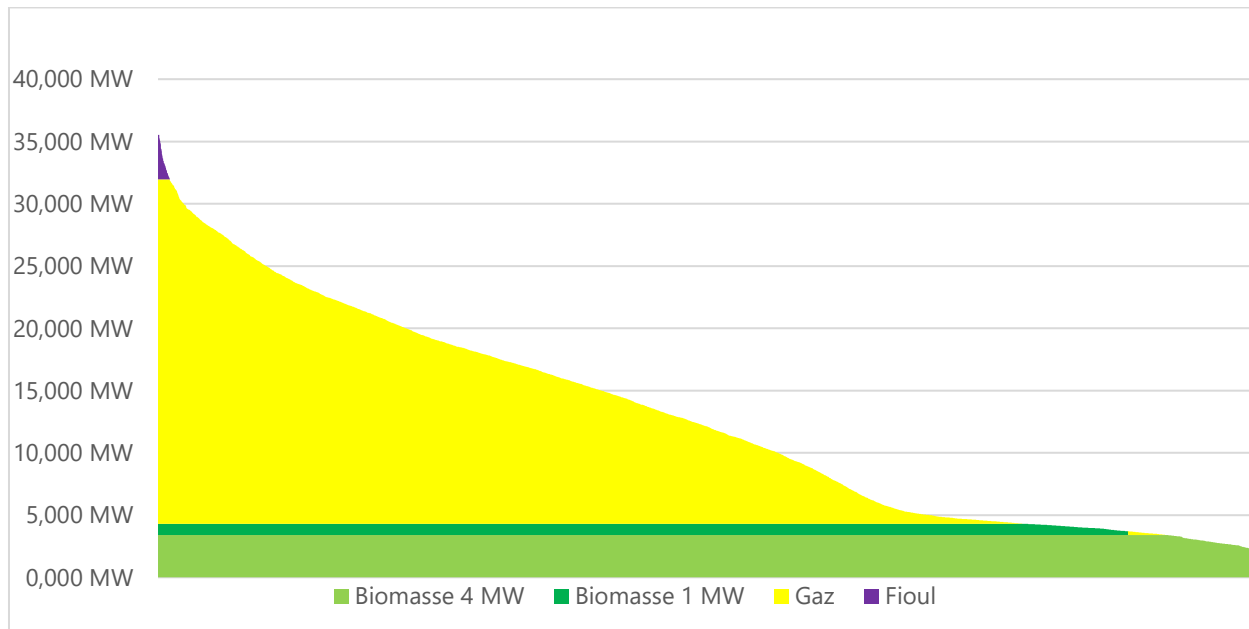


Figure 39 : Monotone reclassée des productions en 2030 pour le scénario de référence

A termes, la couverture EnR atteint seulement 32%. Ce taux ne permettant pas une facturation à taux réduit, la mise en place de nouveaux outils de production EnR est nécessaire.

Nota : la puissance des chaudières gaz actuelles ne permettent pas d'atteindre la puissance maximale nécessaire dans cette simulation et donc de couvrir les besoins de 2030. L'exercice a été fait pour démontrer la nécessité d'installer des outils de production EnR supplémentaires. En pratique pour ce scénario, il conviendrait d'installer des chaudières gaz supplémentaires.

8.3.2 Scénario 1

Dans ce scénario 1, les outils de production sont:

- La géothermie (à construire) : on prend comme hypothèse un débit d'exhaure de 300m³/h et une température de sortie de 62°C . Une PAC de 8 MW est montée en série, la température de sortie est limitée à 85°C afin de ne pas dégrader le COP
- Les deux chaudières biomasse existantes (4MW et 1MW)
- Les chaudières gaz actuelles

La modélisation énergétique a été faite en 2025 et après 2030, dans les deux cas la cogénération est à l'arrêt. La PAC est définie comme source d'EnR&R prioritaire (c'est-à-dire sollicitée en base) pour le réseau de Bondy. La température de sortie des PACs étant limitée à 85°C, les chaudières biomasse viennent compléter la production lorsque cela est nécessaire, puis dans un second temps les chaudières gaz.

Le tableau ci-dessous récapitule les volumes des productions de chaque outil pour la simulation en 2030 :

	Consommation sous-station	Production totale	Géothermie	PAC 8 MW	Biomasse 4 MW	Biomasse 1 MW	Gaz
Total	104 187 MWh	113 215 MWh	24 145 MWh	44 702 MWh	14 911 MWh	3 195 MWh	26 263 MWh
Puissance maximale atteinte			5 MW	8 MW	4 MW	1 MW	26 MW
Puissance moyenne			3 MW	5 MW	2 MW	0 MW	3 MW
Taux de couverture			21.3%	39.5%	13.2%	2.8%	23.2%

Figure 40 : Bilan des productions du scénario 1 en 2030

En régime établi (après 2030), le taux EnR est de **69.7 %**.

En 2025, le taux EnR est de **67.1 %**.

Comme mentionné dans l'audit technique, certaines SST ne sont pas optimisées. Des optimisations sont à prévoir pour obtenir des retours les plus bas possibles et ainsi optimiser le fonctionnement de la géothermie.

La monotone suivante permet d'appréhender le profil de production du réseau de chaleur à l'horizon 2030 :

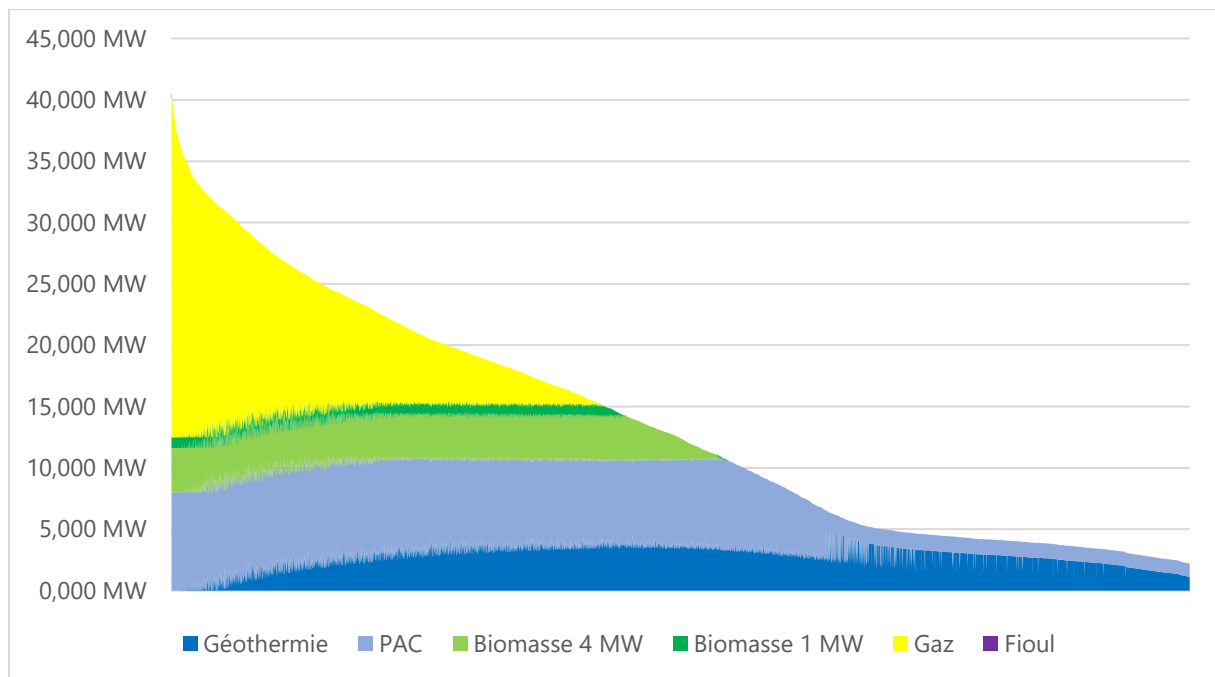


Figure 41 : Monotone reclassée des productions en 2030 pour le scénario 1

Comme on peut le constater sur le graphique ci-dessus, l'appoint gaz intervient à partir d'une température extérieure de 8°C pour compléter la puissance et rehausser la température à la sortie des PACs.

La puissance gaz appelée maximale est de 25 MW dans ce scénario. La puissance actuelle en chaufferie principale est donc suffisante (puissance installée de 28.45 MW).

On rappelle que l'ADEME considère le taux EnR&R de la première année à pleine charge pour l'octroi de subvention, c'est-à-dire 2025 pour le présent projet.

Analyse environnementale :

Le volume d'émission de CO2 évité annuellement se calcule en faisant la différence entre :

- Les tonnes de CO2 émises avec une production tout gaz,
- Les tonnes de CO2 émises avec la production avec le mix énergétique calculé du scénario ,

Le nombre de tonnes de CO2 évitées annuellement dans ce scénario est de **15 861 tonnes de CO2 par an.**

Pour réaliser la signification de ce nombre, il est intéressant de le comparer à l'émission annuelle d'une voiture diesel en prenant les hypothèses suivantes :

- 0,112 kg CO2_{éq}/km (source : site de l'ADEME : <http://carlabelling.ademe.fr/chiffrescles/r/evolutionTauxCo2>) ;
- 13 968 km/an (source : rapport SOeS « Comptes des Transports en 2018 »).
bCela signifie qu'une voiture moyenne au diesel émet : 1,56 tonnesCO2_{éq}/an.

Le volume de CO2 évité annuellement correspond aux émissions annuelles de CO2 de **10 167 voitures.**

8.3.3 Scénario 2

Dans ce scénario 2, les outils de production sont:

- Les chaudières biomasse :
 - De 9 MW, à construire
 - De 4MW et 1MW (existantes)
- Les chaudières gaz actuelles

La modélisation énergétique a été faite en 2025 et après 2030, dans les deux cas la cogénération est à l'arrêt. Les chaudières biomasse sont définies comme outils de production prioritaire (c'est-à-dire sollicitée en base) pour le réseau de Bondy.

Le tableau ci-dessous récapitule les volumes des productions de chaque outil pour la simulation en 2030 :

	Consommation sous-station	Production totale	Biomasse 9 MW	Biomasse 4 MW	Biomasse 1 MW	Gaz
Total	104 187 MWh	113 076 MWh	57 757 MWh	17 283 MWh	3 921 MWh	34 116 MWh
Puissance maximale atteinte			8 MW	4 MW	1 MW	25 MW
Puissance moyenne			7 MW	2 MW	0 MW	4 MW
Taux de couverture			51.1%	15.3%	3.5%	30.2%

Figure 42 : Bilan des productions du scénario 2 en 2030

En régime établi (après 2030), le taux EnR est de **69.9 %**.

En 2025, le taux EnR est de **67.2%**.

La monotone suivante permet d’appréhender le profil de production du réseau de chaleur à l’horizon 2030 :

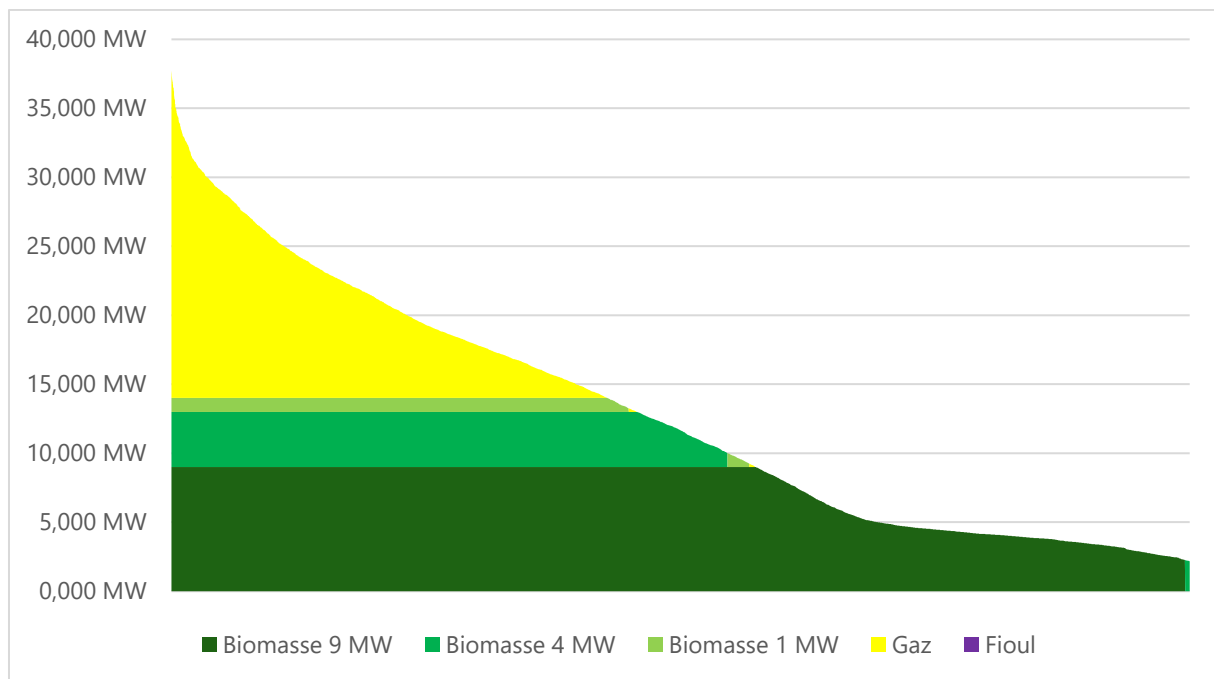


Figure 43 : Monotone reclassée des productions en 2030 pour le scénario 2

La puissance gaz appelée maximale est de 28 MW dans ce scénario. La puissance actuelle en chaufferie principale est donc suffisante (puissance installée de 28.45 MW).

Analyse environnementale :

En suivant la même méthodologie détaillée dans le scénario 1 :

Le nombre de tonnes de CO2 évitées annuellement dans ce scénario 5 est de **15 861 tonnes de CO2 par an.**

Le volume de CO2 évité annuellement correspond aux émissions annuelles de CO2 de **10 167 voitures.**

8.3.4 Conclusion de l'analyse énergétique et environnementale

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats de l'analyse énergétique et environnementale :

Synthèse de la production				
	Actuel (2020)	Scénario de référence	Scénario 1	Scénario 2
Puissance ENR&R (MW)	5	5	17	14
Production ENR&R (GWhutile)	22,9	36,3	81,1	76,0
Taux EnR&R global	60 % *	32 %	70 %	70 %

* 52 % constaté en moyenne ces trois dernières années, 60 % selon nos simulations théoriques. C'est-à-dire lorsque les chaudières biomasse sont utilisées avec une disponibilité de 90%.

Les deux scénarios atteignent les 65% d'EnR&R requis par le fonds chaleur de l'ADEME pour un subventionnement et par conséquent une application de la facturation à taux réduit.

9 ANALYSE ECONOMIQUE

Une analyse économique est conduite pour chacun des scénarios retenus afin d'évaluer leur pertinence et l'impact sur la facture énergétique.

Pour chaque scénario seront développés les points suivants :

- Les investissements ;
- Les mécanismes de financement mobilisables ;
- Les charges d'exploitation ;
- Le coût de la chaleur.

L'analyse économique consiste à décrire les différents postes du compte d'exploitation du gestionnaire du réseau de chaleur afin de déterminer le futur coût de la chaleur et le mode de facturation aux abonnés.

Dans le contexte actuel d'un contrat en cours depuis 2011, cette analyse a été menée de manière marginale : seules les ventes supplémentaires ont été considérées par rapport à la situation actuelle. De la même façon, uniquement les charges supplémentaires relatives à la production et la distribution supplémentaire de chaleur ont été prises en compte. Le but étant de caractériser uniquement la viabilité économique du projet d'extension du réseau de chaleur.

Les hypothèses principales prises en compte pour l'élaboration du compte d'exploitation sont les suivantes :

- Durée et révision :
Les deux scénarios ont été simulés sur une période de 30 ans permettant d'amortir les investissements.
- Objectifs économiques :
Le Taux de Rentabilité Interne (TRI) du projet a été fixé à 8% avant impôts, afin d'assurer la rentabilité du projet en portage privé.
- Application du taux de couverture en énergie renouvelable :
Au vu des critères de simulation technique, chaque scénario présente un taux en énergie renouvelable largement supérieur à 50%. Cela permettra ainsi de prétendre à un taux de TVA sur l'énergie réduit à 5,5% pour les termes R1 et R2.

- Impact abonnés existants :

Le tarif a été conservé dans les deux scénarios pour les abonnés actuels et le R1 unitaire est donc figé. On parle d'iso-tarif.

9.1 Investissements et subventions

9.1.1 Les investissements

9.1.1.1 Scénario 1

Les différents postes d'investissements ont été estimés selon les retours d'expérience d'ITHERM CONSEIL lors de réalisation de missions de maîtrise d'œuvre et de suivi de projets similaires.

Investissements relatifs à la géothermie :

Ils ont été décomposés en plusieurs sous-parties :

- Réalisation d'un doublet géothermique au Dogger : 11 000 k€
- Travaux hydrauliques : 800 k€
- Mise en place des échangeurs géothermiques : 300 k€
- Réalisation de la liaison géothermale (de la tête de puit aux échangeurs) : 200 k€
- Travaux d'électricité et d'automatisme : 1 500 k€
- Mise en place d'une pompe à chaleur de 8 MW : 1 300 k€

Le total des investissements relatifs à la géothermie est de **15,1 M€**.

Investissements relatifs à la création du réseau enterré :

Les hypothèses suivantes ont été considérées :

Type de travaux	Prix
Création de réseau enterré (prix moyen) *	1050 €/ml
Aléas sur le tracé du réseau *	5 %

*Ces hypothèses seront les mêmes pour le scénario 2.

Le linéaire de réseau à créer étant de 15 120 mètres, les investissements relatifs à la création du réseau enterré sont de **16.67 M€**.

Investissements relatifs à la création des nouvelles sous-stations :

Les hypothèses suivantes ont été considérées :

Type de travaux		Prix
Transformation d'une chaufferie en sous-station*	P < 500 kW	20 000 €
	500 < P < 1500kW	22 000 €
	1500 < P < 3000 kW	25 000 €
	3000 < P < 5000 kW	37 000 €
	Supplément présence ECS 0 < P < 400 kW	12 000 €
	Supplément présence ECS 400 kW < P < 1 000 kW	18 000 €

*Ces hypothèses seront les mêmes pour le scénario 2.

Le total des investissements relatifs à la création des sous-stations est de 3 082 k€.

Différents postes d'investissement supplémentaires sont prévus :

- 510 k€ pour l'adaptation des chaufferies des bailleurs servant d'appoint/secours ;
- 280 k€ pour le remplacement d'une partie du réseau existant dans le Nord de la ville de Bondy dont le diamètre actuel ne permettra pas de faire passer la puissance nécessaire à l'alimentation de l'ensemble de la ville ;
- 100 k€ pour le passage du canal de l'Ourcq en encorbellement sur le pont.

Enfin, on ajoute aux montants des travaux décrits ci-dessus des frais divers (maîtrise d'œuvre, assurances, aléas) selon la nature des travaux :

- Pour le forage géothermique : 10%
- Pour le réseau et les sous-stations : 11%
- Pour la centrale de production : 14%

Pour rappel, les travaux sont étalés sur deux ans étant donné la longueur importante du réseau à construire.

Les différents montants sont récapitulés ci-dessous :

k€	2022	2023	TOTAL
Création de la centrale géothermique	10 000	5 100	15 100
Création du réseau enterré et franchissement complexe	10 230	6 820	17 050
Création des sous-stations	1 794	1 288	3 082
Adaptation des chaufferies bailleurs	510		510
<i>Frais divers (MOE, aléas...)</i>	2 394	1 449	3 843
TOTAL	24 928	14 657	39 585

9.1.1.2 Scénario 2

Les investissements concernant la distribution (création du réseau et franchissement du canal), la livraison (création des sous-stations) ainsi que les travaux relatifs à l'adaptation des chaufferies mises à disposition par les bailleurs sont les mêmes que dans le scénario 1.

Investissements relatifs à la biomasse :

- Mise en place de la chaudière biomasse de 9MW et de l'ensemble du process : 3 150 k€
- Construction du bâtiment de la chaufferie : 2 250 k€

Le total des investissements relatifs à la création d'une chaufferie biomasse est estimé à **5,4 M€**.

Les hypothèses concernant les frais divers supplémentaires (frais de maîtrise d'œuvre et d'aléas) sont les mêmes que pour le scénario 1, avec un taux de 14% pour les travaux relatifs à la chaufferie biomasse.

k€	2021	2022	2023	TOTAL
Création d'une chaufferie de 9MW	5 400			5 400
Création du réseau enterré et franchissement complexe		10 230	6 820	17 050
Création des sous-stations		1 794	1 288	3 082
Adaptation des chaufferies bailleurs	510			510
<i>Frais divers (MOE, aléas...)</i>	827	1 323	892	3 042
TOTAL	6 737	13 347	9 000	29 084

9.1.2 Les mécanismes de financement mobilisables

9.1.2.1 Les droits de raccordement

Des droits de raccordements sont prévus dans le contrat de la DSP actuelle à hauteur de 100 € HT/kW.

Des droits de raccordement ont donc été comptabilisés pour les bâtiments neufs (c'est-à-dire uniquement la ZAC Gallieni canal dans les prospects identifiés).

Cette somme est calibrée pour correspondre à une part de l'investissement que le gestionnaire dudit bâtiment aurait payé pour se doter d'une solution de production de chaleur (chaufferie par exemple). Les droits de raccordement ne sont donc pas un frein à la commercialisation.

Il est précisé que les droits de raccordement sont comptabilisés comme des recettes (et non des subventions).

Des droits de raccordement peuvent également être demandés pour des bâtiments existants. La récente possibilité de cumul entre CEE (Certificats d'Economie d'Energie) et subventions ADEME introduit une possibilité de facturer des Droits de Raccordement pour des potentiels abonnés gestionnaires de patrimoine existant à hauteur du

montant de CEE qu'ils peuvent valoriser dans le cadre de leur raccordement à un réseau de chaleur vertueux.

9.1.2.2 Les subventions

Les scénarios précédemment présentés peuvent prétendre à des aides au financement par la Région et par l'ADEME via le Fonds Chaleur ou via les Certificats d'économies d'énergies (CEE). Comme indiqué ci-avant, ces deux aides sont depuis peu cumulables dans le cas d'aides forfaitaires de l'ADEME : depuis les conclusions du GT Wargon en 2020, le cumul des CEE et Fonds chaleur a été rendu possible pour les cas de figure du Fonds Chaleur « en analyse économique ». Toutefois, en pratique, l'obtention de CEE peut venir diminuer le montant d'aide versé par le Fonds Chaleur. En tout état de cause, un nouveau groupe de travail en 2021 a été demandé par la FNCCR pour faire évoluer ces dispositions en faveur du développement des réseaux de chaleur.

9.1.2.2.1 Le Fonds Chaleur

Le Fonds Chaleur Renouvelable est l'une des mesures majeures issues du Grenelle de l'Environnement en faveur du développement des énergies renouvelables, pérennisé et renforcé par la loi sur la transition énergétique de 2015.

L'objectif du Fonds Chaleur est de permettre aux installations produisant de la chaleur à partir d'énergies renouvelables d'être économiquement compétitives par rapport aux installations utilisant une énergie conventionnelle.



Deux types d'aides peuvent être alloués :

- **L'aide aux installations de nouveaux moyens de production renouvelables.**
Dans les deux scénarios, le projet peut prétendre à cette aide.
- **L'aide aux créations, extensions ou densifications de réseaux.**

Dans les deux scénarios, il s'agit d'une extension d'un réseau de chaleur déjà alimenté à plus de 50% d'ENR&R. **Selon la « fiche descriptive de l'éligibilité des financements des réseaux de chaleur » 2021 édité par l'ADEME**, un tel réseau doit respecter au moins les conditions suivantes :

- Dans le cas d'une extension, les besoins supplémentaires sont couverts au minimum à 65 % par une production supplémentaire d'EnR&R et le

réseau est alimenté globalement, extension comprise au minimum par 55% EnR&R.

- Extension d'une longueur minimum de 200 m ou programme de densification supérieur à 200 m cumulé ;
- Extension permettant de valoriser au minimum 300 MWh/an d'EnR&R (soit 26 tep ENR/an);
- Densité thermique du réseau après extension $\geq 1,5$ MWh/ml ;
- Impact positif pour l'abonné sur le tarif de fourniture de chaleur ;

Ces conditions sont respectées par le projet.

Calcul du niveau d'aide :

Dans notre étude, le réseau de chaleur permet de valoriser plus de 12 000 MWh d'EnR&R. Dans ce cas, les subventions sont donc soumises à **l'analyse économique conventionnelle**. Cette aide sera globale et constituée de l'aide apportée à la production et de l'aide apportée au réseau. Le pourcentage global est déterminé suivant l'ADEME et l'encadrement européen.

Pour ce qui est des travaux spécifiques dans le cadre du réseau de chaleur, le surcoût de ces investissements spécifiques peut être pris en compte dans le calcul de l'assiette de l'aide. Parmi des travaux spécifiques concernés on trouvera notamment :

- Travaux de passage de canaux, voie navigable
- Travaux de fonçage voie ferrées
- Travaux de génie civil sous ligne tramway nécessaires au réseau de chaleur
- Travaux de fonçage d'autoroute, routes nationales ou roades
- Surcoût passage de ponts et passerelle voies ferrées
- Surcoûts liés aux réfections de revêtement de voirie particulières : Routes pavées ou enrobés bitumineux amiantés.
- Autres travaux spécifiques à justifier.
- .

9.1.2.2 Certificats d'économie d'énergies

Pour les réseaux de chaleur en France Métropolitaine, les opérations suivantes sont éligibles pour l'obtention de certificats d'économies d'énergies :

- Fiche RES-CH-101 : Valorisation de chaleur de récupération en réseau ;

- Fiche RES-CH-103 : Réhabilitation d'un poste de livraison de chaleur d'un bâtiment tertiaire ;
- Fiche RES-CH-104 : Réhabilitation d'un poste de livraison de chaleur d'un bâtiment résidentiel.

En complément, et comme évoqué ci-avant, les abonnés (logements ou tertiaire) qui se raccordent à un réseau de chaleur peuvent valoriser des « CEE raccordement » (BAT-TH 127, BAR-TH-137).

9.1.2.2.3 Synthèse des financements mobilisables

Pour l'établissement des comptes d'exploitation prévisionnels (CEP), une approche globale a été privilégiée. Selon nos retours d'expériences, le taux de subventionnement de ce type de projet se situe entre 26 % et 30 %. Certains quartiers de Bondy étant définis comme prioritaire, un subventionnement important peut être espéré. Ainsi, un taux de subvention de 30% a été considéré dans les approches économiques présentées pour l'ensemble des travaux de production, distribution et livraison de chaleur.

9.2 Les charges d'exploitation

9.2.1 Charges P1

Ce poste comprend les charges de combustible. Ces charges évoluent en fonction du bouquet énergétique de l'année considérée. Il s'agit donc de l'achat de :

- Gaz naturel
- Electricité pour le fonctionnement des PACs (scénario 1)
- Biomasse (scénarios 1 et 2)

- **Pour le gaz :**

Les charges P1 relatives au gaz correspondent aux consommations de gaz utilisées par :

- la chaufferie d'appoint-secours de la chaufferie actuelle principale ;
- la cogénération (jusqu'à mi 2024) ;
- les chaufferies appoint/secours décentralisées mises à disposition par les bailleurs.

Le prix du gaz a été reconstitué à partir des factures gaz de Coriance dont la partie variable (relative au prix de la molécule de gaz) a été ramené à un indice du PEG moyen de 20 € HT/MWh PCS.

- **Pour la biomasse :**

Les charges P1 relatives à l'achat de biomasse correspondent aux consommations des chaudières biomasse situées dans la chaufferie principale.

Les hypothèses utilisées pour le calcul d'achat de la biomasse sont les suivantes :

- Prix du MWh PCI du bois : 28 € HT/MWh PCI
- Rendement chaudière bois : 85%

- **Pour la géothermie :**

Les hypothèses suivantes ont été considérées :

- Prix de l'électricité : 85 € HT/MWhé

Les charges P1 sont ensuite calculées pour chacun des scénarios en fonction des mixités énergétiques prévisionnelles détaillées dans le §6.3.

Ces charges sont récapitulées dans les CEP en annexe du rapport.

9.2.2 Charges d'exploitation et administratives P2

Les charges d'exploitation P2 comprennent :

- **Les consommations d'électricité** consommées par les chaufferies d'appoint-secours (auxiliaires de production) et les pompes pour la distribution réseau ;
- **Les consommations d'eau de ville et de produits de traitement de l'eau :**
L'eau de ville est utilisée pour le remplissage des réseaux lors de fuites, lors de nouveaux raccordements, lors de vidange de tronçons, et les produits de traitement sont utilisés pour conserver les propriétés physico-chimiques de l'eau du réseau ;
- **La fourniture des consommables ;**
- **L'entretien des compteurs des sous-stations ;**
- **Les charges de personnel et d'exploitation :**
Elles comprennent les salaires, les charges sociales, les frais de véhicule et d'équipement pour chaque employé, l'outillage, l'évacuation des cendres et les travaux sous-traités ;
- **Les redevances :**
 - Redevance d'occupation du domaine public, calculée avec un prix au ml de réseau
 - Redevance ferme (frais de contrôle) ;
 - Redevance / Location pour mise à disposition de terrain, chaufferies abonnés, ... ;

- La cotisation économique territoriale ;
- Les frais de gestion de l'opérateur (délégataire le cas échéant) ;
- La taxe foncière ;
- Autres (frais de télécommunication et postaux, service bancaire, ...).

Certaines charges ont été ajoutées ou supprimées par rapport au CEP de base :

- Pour le scénario 1 ; ajout d'un loyer correspondant à la location du terrain où est implanté la géothermie
- Pour le scénario 2 ; ajout d'un loyer correspondant à la location du terrain où est implanté la biomasse
- Pour le scénario 1 & 2, les charges relatives à l'exploitation de la cogénération ont été supprimées.

L'ensemble des charges P2 sont récapitulées dans les CEP en annexe du rapport.

9.2.3 Charges de gros entretien et renouvellement P3 (GER)

Les charges de gros entretien et de renouvellement (dites charges P3 GER) correspondent aux provisions à réaliser pour les opérations de maintenance lourde permettant de :

- Faire face aux imprévus de l'exploitation courante (panne, fuite...);
- Renouveler le matériel en fin de vie.

Ce renouvellement concerne tous les éléments constitutifs d'un réseau de chaleur :

- L'ensemble des équipements en chaufferie et autres équipements de production ;
- Les chaufferies appoint/secours ;
- Les sous-stations ;
- Les réseaux.

L'ensemble des charges P3 sont récapitulées dans les CEP en annexe du rapport.

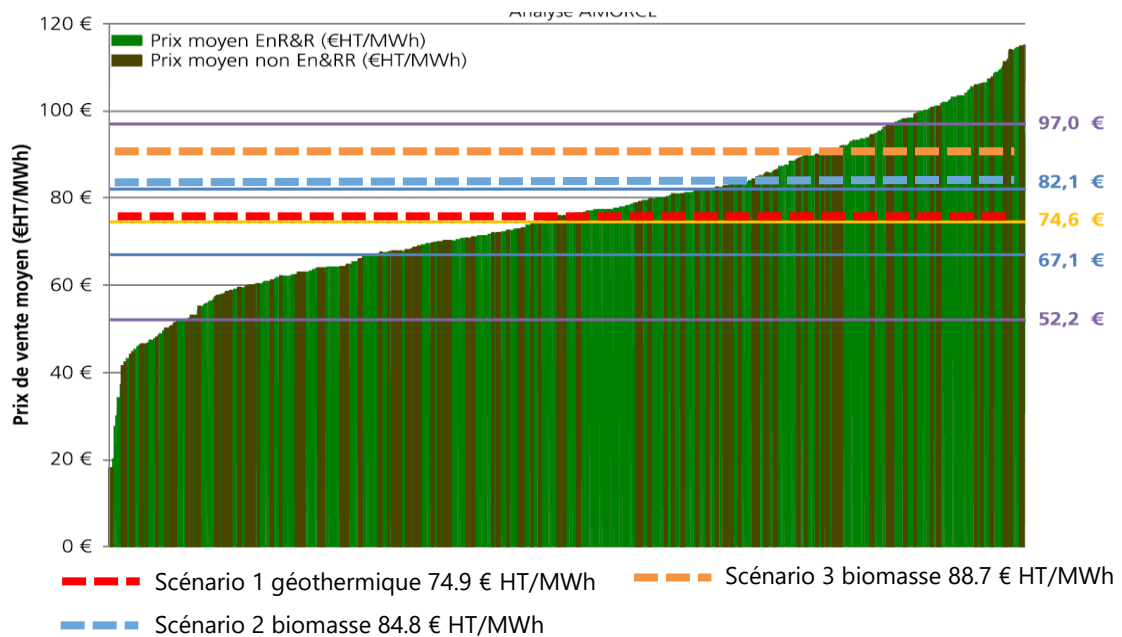
9.3 Conclusions de l'analyse économique – étude de sensibilité économique

Sur la base des données économiques établies dans les paragraphes précédents, le tableau ci-dessous récapitule les charges, les investissements, les subventions espérées et le tarif de vente de la chaleur résultant :

	Scenario 1 (géothermie)	Scénario 2 (biomasse)	Scénario 3 (biomasse sans subvention)
Investissements M€	39,58 M€	29,08 M€	29,08 M€
Subventions M€	11,88 M€ (30%)	8,73 M€ (30%)	-
Charges totales annuelles k€ (moyenne de 2025-2054)	3 298 k€	4 604 k€	4 604 k€
Tarif € TTC/MWh	74.9 €TTC/MWh	84.8 €TTC/MWh	93.6 €TTC/MWh

Un troisième scénario, nommé scénario 3 a été ajouté aux deux autres scénarios. Il reprend le scénario 2, sans les subventions.

Figure 44 : représentation des prix de la chaleur des scénarios 1, 2 et 3 sur la monotone des prix de vente moyens de la chaleur en 2019



Nota 1 sur le prix de la chaleur : le niveau de subventionnement :

Un cumul Fonds Chaleur/Région et CEE permettrait d'atteindre un subventionnement légèrement plus important (supérieur à 30%). Par ailleurs, les abonnés peuvent prétendre à des CEE dans le cadre d'un raccordement à un réseau de chaleur que le délégataire pourrait « récupérer » sous forme de droits de raccordement, comme présenté précédemment.

Ces mécanismes auraient un impact à la baisse non négligeable sur le prix de chaleur résultant.

Nota 2 sur le prix de la chaleur : le prix du gaz

Comme décrit dans le paragraphe §8.2.1, un prix de la molécule de gaz « moyen » à 20 €HT/MWh a été considéré.

En considérant un PEG plus élevé, le prix de référence (situation 100% gaz d'une chaufferie en pied d'immeuble) augmente sensiblement plus vite que le prix résultant des différents scénarios qui ne dépendent qu'à 30% maximum d'un approvisionnement gaz. Si la tendance d'augmentation du prix du gaz observée ces derniers mois se confirme et se maintient, le projet de réseau, quel que soit le scénario, présenterait alors une meilleure compétitivité (pour rappel, le PEG en septembre 2021 atteint 53.3 €/MWh).

10 MONTAGE CONTRACTUEL

Les possibilités qui s’offrent à la Ville de Bondy pour la gestion du futur réseau de chaleur sur son territoire sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

Scénarios		Inconvénients
1.	Résiliation de la DSP et remise en concurrence	Compensation financière du manque à gagner du délégataire → Très onéreux pour la Ville (durée résiduelle de 12 ans)
2.	Financement des investissements dans le cadre de la DSP <ul style="list-style-type: none"> • Prolongation de la durée de la DSP • Soulte en fin de contrat 	Risque juridique lié à des investissements importants susceptibles d’entraîner une modification significative de l’économie du contrat Cf Article L3135-1 du code de la commande publique.
3.	Création d’une entité séparée pour la production géothermique – possibilité de participation au capital par la collectivité Financement des investissements d’extension dans le cadre de la DSP et mise en place d’une soulte	Décorrélations entre la production et la distribution : dimensionnements et risques associés Pas d’engagement du Délégataire sur le plan de développement

Les solutions 1 et 2 présentent respectivement un risque juridique important et une compensation financière conséquente à prendre en charge par la Ville.

Il est donc recommandé de se tourner vers la solution 3.

Dans ce cadre, plusieurs montages contractuels semblent envisageables pour la désignation de l’opérateur dédié au projet de production géothermique :

- **Montages publics :**

- **Régie internalisée : Ville de Bondy**

- Ce montage implique le portage de la totalité des investissements et des risques par la Ville. Cette solution a donc été écartée à ce stade.

➤ **SPL : Gouvernance/coopération publique (Ville de Bondy + partenaire public)**

Ce montage implique :

- La création d'une SPL avec au moins un partenaire public, les compétences des actionnaires devant faire l'objet d'une intersection avec l'objet social de la SPL. Le projet ne présentant pas d'interaction territoriale, cette condition semble difficile à remplir.
- Le portage de la totalité des investissements et des risques par les actionnaires publics.

Cette solution a donc été écartée à ce stade.

• **Montages mixtes :**

- **SEM : Gouvernance mixte : Ville de Bondy (>51%)+ opérateur privé**
- **SEMOP : Gouvernance mixte : Ville de Bondy (entre 35% et 85 %) + opérateur privé**
- **SAS ENR : actionnariat mixte ou privé : Ville de Bondy (entre 0 et 100%) + opérateur privé**

Les caractéristiques principales de ces trois montages sont présentées ci-dessous.

	SEM	SEMOP	SAS ENR
Actionnaires	2 actionnaires minimum dont au moins une personne privée Capital majoritairement public réparti entre 51% et 85%	2 actionnaires minimum dont une seule personne publique et au moins 1 opérateur privé - participation de la caisse des dépôts admise Capital public réparti entre 34% et 85%	Pas de nombre d'actionnaires minimum Capital public réparti entre 0 et 100%
Gouvernance	Majorité des voix détenues par les élus locaux représentant les actionnaires publics	Minorité de blocage reconnue à l'actionnaire public Président de la SEMOP choisi parmi les élus de l'actionnaire public même si l'actionnariat privé est majoritaire	Définie par les statuts – pas d'obligation de proportionnalité des voix et du capital
Contrôle exercé	Maîtrise des orientations de la SEM du fait de la présence des élus dans les instances dirigeantes et la détention a minima de la majorité des droits de vote	Maîtrise des orientations de la SEMOP du fait de la présence des élus dans les instances dirigeantes et de la présidence de la SEMOP par un élu de l'acheteur public Obligation de contrôle par la Ville et par la Préfecture du Département	Défini par les statuts Pas d'obligation de contrôle par les pouvoirs publics
Durée	Régie par le code du commerce (max = 99 ans)	Durée de la SEMOP = durée du contrat	Régie par le code du commerce (max = 99 ans)
Mise en concurrence	SEM mise en concurrence pour l'attribution du marché	Unique pour le choix de l'opérateur et l'attribution du marché	Aucune
Financement des investissements	Partagé entre les actionnaires publics et privés au prorata de leur participation au capital		
Relations contractuelles avec les tiers	La SEM est un acheteur public au sens des dispositions de la commande publique et doit donc mettre en concurrence les contrats conclus avec des tiers.	Possibilité pour la société d'être qualifiée d'acheteur public (pouvoir adjudicateur) en fonction de la composition de son actionnariat	

Quelle que soit la solution retenue, en parallèle de la mise en place de la société de projet, il sera nécessaire de :

- Mettre en place une **convention d'achat de chaleur entre la SAS et la DSP** en vue de cadrer les conditions technico-économiques de l'achat de chaleur : prix de la chaleur, engagement de fourniture et d'enlèvement, limites de prestation.

- **Mettre en œuvre un avenant** prévoyant :
 - Le non-renouvellement de la cogénération
 - La modification du mix énergétique intégrant l'achat de chaleur géothermique
 - La mise en place d'une soulte pour les investissements de distribution non amortis

11 SYNTHÈSE

Le présent schéma directeur identifie une véritable opportunité de développement du service public à l'échelle du territoire de la Ville, en passant de 30 GWh livrés aujourd'hui à plus de 100 GWh à horizon 2030.

Ce développement nécessite la mise en œuvre d'une production d'énergie renouvelable ou de récupération (ENR&R) supplémentaire, en vue d'assurer un taux de couverture supérieur à 65% dans un double objectif : conserver un taux de TVA réduit sur l'ensemble de la facture énergétique pour les abonnés d'une part, et bénéficier de subventions d'investissements d'autre part.

Les deux scénarios techniques étudiés permettent de conclure quant à la faisabilité technico-énergétique d'un réseau de chaleur vertueux (taux EnR&R >65%) sur l'ensemble des quartiers de la Ville de Bondy.

La solution géothermique, en plus d'être priorisée par l'ADEME comme étant plus vertueuse, permet d'atteindre un prix de la chaleur plus compétitif que la solution biomasse, même si les investissements initiaux sont supérieurs.

Le prix marginal de la chaleur dans le scénario géothermique (74.9 €TTC/MWh) est par ailleurs inférieur au prix moyen des réseaux de chaleur en France en 2019 selon l'Amorce (78.7 €TTC/MWh pour un réseau vertueux avec une TVA réduite), ce qui confirme l'intérêt de ce scénario.

Le scénario biomasse a été simulé avec et sans subventions ; en effet, cette énergie n'étant pas prioritaire selon la démarche ENR Choix, elle est susceptible de ne pas faire l'objet d'aides du Fonds Chaleur.

La durée résiduelle de la DSP en cours, qui arrive à échéance en 2033, pose la question du montage contractuel le plus adapté pour la mise en œuvre de cette opération qui comporte des investissements significatifs à la fois sur les ouvrages de production et de distribution du réseau de chaleur. La mise en œuvre d'une société de projet pourrait être envisagée en vue de ne pas modifier l'économie générale de la DSP.

Le tableau ci-dessous synthétise l'ensemble des paramètres technico-économiques pour les trois scénarios envisagés : le scénario géothermie, le scénario biomasse, et le même scénario biomasse sans subvention.

	Scenario 1	Scénario 2	Scénario 3
Production ENR&R en base	Géothermie et PAC de 8 MW	Chaudières biomasse de 14 MW au total	Chaudières biomasse de 14 MW au total
Production ENR&R en appoint	Chaudière biomasse de 5 MW au total		
Production d'appoint/secours gaz	Chaufferie principale de Bondy Chaufferies de bailleurs reconverties et mises à disposition du réseau	Chaufferie principale de Bondy Chaufferies de bailleurs reconverties et mises à disposition du réseau	Chaufferie principale de Bondy Chaufferies de bailleurs reconverties et mises à disposition du réseau
Taux EnR&R première année à charge complète	67,1 %	67,2%	67,2%
Taux EnR&R 2030	69,7 %	69,9 %	69,9 %
Investissements M€	39,58 M€	29,08 M€	29,08 M€
Subventions M€	11,88 M€	8,73 M€	8,73 M€
Charges totales annuelles k€ (moyenne de 2025-2054)	3 298 k€	4 604 k€	-
Tarif € TTC/MWh	74,9 €TTC/MWh	84,8 €TTC/MWh	93,6 € TTC/MWh

12 ANNEXES ET TABLE DES FIGURES

Liste des annexes :

- Annexe 1 - CEP scénario 1
- Annexe 2 - CEP scénario 2
- Annexe 3 – CEP scénario 3

Table des figures :

Figure 1 : Vue d'ensemble de la chaufferie principale	9
Figure 2 : plan d'ensemble de la chaufferie principale	9
Figure 3 : photo des échangeurs niveaux 1 et 2	10
Figure 4 : photo du moteur de la cogénération	10
Figure 5 - Schéma de principe de la chaufferie gaz	12
Figure 6 : vue d'ensemble de la chaudière n+°2	13
Figure 7 : chaudière numéro 3 avec récupérateur de chaleur	13
Figure 8 : photo du récupérateur de chaleur	13
Figure 9 : photo des pompes de charge	13
Figure 10 : photo des pompes de distribution	13
Figure 11 : visuel sur la chaufferie centrale	13
Figure 122 - Schéma de fonctionnement d'une chaufferie biomasse	14
Figure 134 - Transporteur alimentant le foyer	15
Figure 14 - Chaudière biomasse	15
Figure 15 : Plan non détaillé du réseau de chaleur de la Ville de Bondy avant extension vers la ZAC rives de l'Ourcq	16
Figure 16 : Plan non détaillé du réseau de chaleur de la Ville de Bondy après extension vers la ZAC rives de l'Ourcq	16
Figure 17: Echangeurs en sous-station (Bondy Habitat)	18
Figure 18 : Pompes de distribution en sous-station (Bondy Habitat)	18
Figure 19 : Schéma de principe d'une sous-station (GS Olympe de Gougues)	18
Figure 20 : Photo 360 d'une sous-station	19
Figure 21 : Puissance en tête du réseau heure par heure de janvier à décembre	23
Figure 22 : Monotone énergétique théorique du réseau existant	23
Figure 23 : répartition de la production mois par mois	24
Figure 24. Démarche EnR&R'Choix de l'ADEME.	33
Figure 25 : modalités de valorisation de chaleur fatale	36
Figure 26 : Caractéristiques des différents types de chaleur fatale et classification. Source : ADEME	37
Figure 27 : Différents type de géothermie. Source : ADEME et BRGM	40
Figure 28 : Schéma de principe d'un doublet géothermique au Dogger. Source : CfG Services	41
Figure 29 : Nombre de doublets au Dogger mis en service depuis 1969 - Exemple du bassin parisien. Source : BRGM - 2013	42
Figure 30 : carte représentant la température du réservoir au Dogger. Source géothermie.fr	46

Figure 31 : Figure 31 : carte représentant le potentiel géothermique de surface sur nappe de la ville de Bondy. Source géothermie.fr	47
Figure 32 : Schéma de principe d'une chaufferie biomasse	48
Figure 33 : Localisation des prospectifs identifiés	57
Figure 35 : Répartition des besoins recensés par typologie des prospectifs	58
Figure 36 : carte de chaleur des besoins de la ville de Bondy	59
Figure 37 : Hypothèses générales de simulations.	63
Figure 38: proposition de tracé de réseau	64
Figure 39 : Bilan des productions du scénario de référence en 2030	65
Figure 40 : Monotone reclassée des productions en 2030 pour le scénario de référence	65
Figure 41 : Bilan des productions du scénario 1 en 2030	66
Figure 42 : Monotone reclassée des productions en 2030 pour le scénario 1	67
Figure 43 : Bilan des productions du scénario 2 en 2030	69
Figure 44 : Monotone reclassée des productions en 2030 pour le scénario 2	69
Figure 45: Plafond d'assiette des subventions Fonds Chaleur 2020. Source : ADEME. Erreur ! Signet non défini.	
Figure 46 : représentation des prix de la chaleur des scénarios 1 et 2 sur la monotone des prix de vente moyens de la chaleur en 2019	82