Client :	PLESSIS DC
Numéro de projet :	P10502
Date :	29.07.2026
Révision :	P05
Référence :	BW-E-P10502-0-REP-000000-P05

PLESSIS DC

VALORISATION DE LA CHALEUR FATALE - ANALYSE COUTS-AVANTAGES

RÉVISIONS

Document original préparé par :		**Document original vérifié par :**	
Nom	Timothe SEEBURN	**Nom**	Jean-Paul SULIMA-SWIECHOWSKI
Signature		**Signature**	
Date	22/05/26	**Date**	22/05/26

Révision :

N° de révision	Date	Détails de la révision	Approuvé par
1	22/05/26	Edition originale	Cyril O'Lanyer
2	08/06/26	Mise à jour des taux de subventions	Cyril O'Lanyer
3	26/06/26	Ajout des mesures conservatoires	Cyril O'Lanyer
4	30/06/2026	Révision client	Cyril O'Lanyer
5	28/07/2026	Révision des commentaires de la part de Apto	Cyril O'Lanyer

SOMMAIRE

1.0 RESUME EXECUTIF....6
1.1 Présentation....6
1.2 Méthodologie d'évaluation....7
1.3 Evaluation des utilisateurs potentiels de chaleur....7
1.4 Dispositif de récupération de chaleur retenu....8
1.3 Interlocuteurs rencontrés dans le cadre de l'étude....11
2.0 INTRODUCTION....12
3.0 APERÇU DU PROJET....13
3.1 Emplacement du site....13
3.2 Présentation du centre de données....15
3.3 Valorisation de la chaleur fatale au sein du centre de données....16
3.4 Infrastructure de refroidissement et rejet de chaleur....16
3.5 Chaleur fatale....16
4.0 RÉGLEMENTATIONS CONCERNANT LA VALORISATION DE LA CHALEUR....18
4.1 Introduction....18
4.2 Réglementation nationale française....18
4.3 Réglementation en matière d'urbanisme....19
4.4 Définition et calcul de la réutilisation de la chaleur....19
5.0 METHODOLOGIE D'EVALUATION....21
5.1 Faisabilité technique....21
5.2 Faisabilité économique....21
5.3 Évaluation carbone....23
5.3.1 Évaluation et valorisation de la tonne de carbone....23
5.3.2 Évaluation carbone du gaz naturel....24
6.0 POTENTIELS UTILISATEURS DE LA CHALEUR FATALE....26
6.1 Opportunités départementales....26
6.2 Opportunités locales....28
6.3 Opportunités : Réseaux de chaleur urbains....31
6.3.1 RCU Clamart Plaine Sud....31
6.3.2 Réseau de Bagneux-Chatillon....35
6.3.3 Réseau de Meudon-La-Forêt....39
6.3.4 Réseau de Massy-Antony....43
6.3.5 Réseau de chaleur de Paris....47
6.3.6 Réseau de chaleur du Plessis-Robinson et de Chatenay-Malabry....51
6.3.7 Futur réseau de chaleur de Clamart....57
6.3.8 Autres opportunités de réseaux de chaleur....61
6.4 Autres opportunités de sites individuels....63

6.4.2 Centre aquatique du Plessis-Robinson....64
6.4.3 Site de maintenance remisage SMR du tramway T10....67
6.4.4 Centre d'affaires de la Boursidière....69
7.0 PLESSIS DC - CONCEPTION DE VALORISATION DE LA CHALEUR FATALE....72
7.1 Capacité de valorisation de la chaleur fatale du centre de données....72
7.1.1 Valorisation directe à basse température (30°C)....72
7.1.2 Valorisation avec rehaussement de température (70°C)....72
7.1.3 Dissipation thermique dans les canalisations....74
7.2 Choix techniques....75
7.2.1 Principe retenu pour la valorisation de la chaleur....75
7.2.2 Phasage de la récupération de chaleur....77
7.2.3 Mesures conservatoires pour les futurs raccordements....77
8.0 CONCLUSIONS....80

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Aperçu simplifié du principe de valorisation de la chaleur fatale 9
Figure 2 : Carte régionale, carte locale et emplacement du site entouré en rouge 12
Figure 3 : Carte rapprochée des environs du site entouré en rouge au Plessis-Robinson 13
Figure 4 : photo aérienne du site. 13
Figure 5 : Plan masse du centre de données 14
Figure 6 : Schéma illustrant le transfert de chaleur dans un échangeur de chaleur à plaques à contre-courant (Energuide). 16
Figure 7 : Température d'approche (https://www.ca-tz.org/index.php/aircyclopedia/approach-temperature) 16
Figure 8 : Evolution du prix de la tonne de carbone 22
Figure 9 : Besoins de chaleur et les réseaux de chaleur urbains existants, septembre 2024 – Source : SD RCU 92. 25
Figure 10 : Mix énergétique des RCU dans les Hauts-de-Seine et au niveau national, en 2023 – Source : SD RCU 92 – Extrait de la fig. n°2. 26
Figure 11 : Périmètre de l'EPT Vallée Sud – Grand Paris – Source : CD 92, 2020 26
Figure 12 : Carte de la demande en chauffage des zones environnantes ; 16 km d'ouest en est, 10 km du nord au sud. 27
Figure 13 : Carte inventaire des RCU existants sur le territoire Centre de l'EPT VSGP (sept. 2024) - Source : SD CRU 92 - p. 96 - Sept. 2025. 28
Figure 14 : Tracé (en bleu) du réseau vers Clamart Plaine Sud 30
Figure 15 : Tracé (en bleu) du réseau vers la chaufferie de Bagneux-Chatillon 33
Figure 16 : Vue de la chaufferie de Dalkia à Chatillon 34
Figure 17: illustration du réseau de chaleur urbain de Meudon-La-forêt – Source : https://www.rezomee.fr/meudon-la-foret-reseau-chaleur/ 37
Figure 18 : Tracé (en bleu) du réseau vers la chaufferie de Meudon-la-forêt 38
Figure 19 : Carte du réseau de chaleur, extrait de la plaquette de présentation de Enoris 41
Figure 20 : Tracé (en bleu) du réseau vers la centrale Victor Basch à Massy 42
Figure 21 : Détail des boucles d'eau chaude qui représenterait une connexion privilégiée au centre de données (extrait du schéma directeur du réseau de chaleur) 45
Figure 22 : Tracé (en bleu) du réseau vers les BEC de Paris 46
Figure 23 et 24 : Réseau de chauffage urbain développement à l'horizon 2028 par le Réseau Terra Confort, filiale de Coriance – source : Coriance 49
Figure 25: Proposition de tracé d'un réseau de chaleur urbain sur le quartier NOVEOS – Source : Coriance – 2026. 51
Figure 26 : Tracé (en bleu) du réseau vers la chaufferie de l'hôpital Antoine Béclère 54
Figure 27 : Tableau des estimations de consommations d'énergie issue de la note environnementale de la phase DCE 60
Figure 28 : Tracé de la création d'un raccordement depuis le centre de données 61
Figure 29 : Aperçu simplifié du principe de valorisation de la chaleur fatale 70
Figure 30 : Extrait du plan du sous-sol – Source : Architectes 71
Figure 31 : Synoptique simplifié de la récupération de chaleur au sein du centre de données. Les mesures conservatoires sont indiquées en vert 73

Informations confidentielles
Le présent document est mis à la disposition du destinataire à la condition que les informations qu'il contient soient considérées et traitées par le destinataire comme strictement confidentielles. Le contenu du présent document est destiné à l'usage exclusif du destinataire et ne doit être divulgué ou communiqué à aucune autre personne, ni utilisé en tout ou en partie à des fins autres que celles prévues pour le projet.

Copyright
© Black & White Engineering Limited

1.0 RESUME EXECUTIF

1.1 Présentation

01 Le projet consiste en la construction d'un nouveau bâtiment destiné à accueillir un centre de données sur une emprise située au 22 avenue Galilée au Plessis -Robinson (92 350), à environ 7 km au sud-ouest de Paris et à 10 km au nord-ouest de l'aéroport de Paris-Orly.

02 Sur la parcelle d'environ 19 460 m², le bâtiment représente une surface de plancher d'environ 22 333 m², 37 places de parking véhicules légers et 40 places de stationnement vélo.

03 La puissance informatique totale du site sera de 48 MW_{IT}, soit un besoin de 68,6 MW (x1,43) électrique (PUE 1,26 et PUE crête de 1,43 et une consommation électrique annuelle d'environ 530 GWh/an (valeur E_{DC}, le calcul est présenté dans la partie 4.4). La chaleur peut être récupérée à une température d'environ 30 °C disponible pour la récupération.

04 La directive européenne sur l'efficacité énergétique (EED) 2023/1791 et sa transposition en droit français (art. L. 236-2 du Code de l'énergie) exigent que les centres de données d'une puissance nominale supérieure ou égale à 1 MW mettent en place des systèmes de récupération et de valorisation de leur chaleur fatale afin d'atteindre un facteur de réutilisation de l'énergie (ERF – Energy Reuse Factor) de 0,2, sauf si cela est techniquement ou économiquement irréalisable. Cette valeur a été transposée à l'**Article R237-4** du Code de l'énergie par le Décret n° 2025-1382 du 29 décembre 2025 relatif à la transposition de la directive (UE) 2023/1791 relative à l'efficacité énergétique.

05 L'**Article R237-6** du Code de l'énergie permet à un centre de données de déroger à l'obligation de valorisation de chaleur fatale prévue au L. 236-2 du Code de l'énergie lorsque les conditions technico-économiques ne permettent pas d'atteindre la valeur seuil du facteur d'efficacité de réutilisation de la chaleur fatale (ERF) prévue à l'article R. 237-4 du même Code. Dans ce cas, l'analyse coûts-avantages prévue à l'article L. 233-5 dudit Code doit démontrer que les conditions technico-économiques permettant d'atteindre la valeur seuil du facteur d'efficacité de réutilisation de la chaleur fatale (ERF) prévue à l'article R. 237-4 ne sont pas réunies et l'exploitant du centre de données reste tenu de valoriser la part de la chaleur fatale produite pouvant être valorisée dans des conditions technico-économiques acceptables. Sur la base d'une consommation énergétique annuelle estimée du centre de données d'environ 530 GWh, un ERF de 0,20 correspondrait à la réutilisation d'environ 106 GWh de chaleur par an. Ce chiffre représente le seuil réglementaire par rapport auquel les possibilités de réutilisation de la chaleur disponibles ont été évaluées. Il ne constitue pas un engagement d'exporter 106 GWh par an lorsqu'une demande suffisante, techniquement et économiquement viable, n'est pas disponible. Le détail des estimations de consommation énergétique figure dans la partie 4.4.

06 Le contenu de l'analyse coûts-avantages pour l'exportation de la chaleur fatale d'un centre de données devrait être précisés dans un prochain arrêté ministériel. En attendant la publication de ce texte réglementaire, nous nous référons, au moment du dépôt du présent dossier, à l'arrêté du 9 décembre 2014 précisant le contenu de l'analyse coûts-avantages pour évaluer l'opportunité de valoriser de la chaleur fatale à travers un réseau de chaleur ou de froid ainsi que les catégories d'installations visées, tel que modifié par l'Arrêté du 3 août 2018 (l'arrêté du 9 décembre 2014).

07 Cet arrêté précise qu'un retour sur investissement (ROI) de 20 ans doit être pris en compte dans l'analyse et qu'une évaluation carbone doit également être réalisée. La faisabilité technique est évaluée en déterminant si la chaleur fatale est adaptée à l'utilisateur final, notamment en termes de besoins, de température, et d'espace requis.

1.2 Méthodologie d'évaluation

01 Le système de refroidissement du centre de données produira de la chaleur récupérable à une température d'environ 30 °C. Le scénario de base évalué dans le présent rapport est la récupération de cette chaleur à basse température issue du système de refroidissement du centre de données et sa mise à disposition pour exportation en limite de site à un utilisateur de chaleur tiers.

02 Chaque possibilité de réutilisation de la chaleur actuellement identifiable a été évaluée selon les critères suivants :

1. la compatibilité technique, incluant la demande de chaleur, la température de fonctionnement, la distance de raccordement, les équipements requis, l'espace disponible et la faisabilité de la connexion ;

2. la faisabilité économique, incluant l'investissement en capital requis, les coûts d'exploitation, les économies d'énergie et la performance financière sur la période d'évaluation ; et

3. la performance carbone, incluant les émissions évitées grâce au remplacement de la production de chaleur existante et l'impact carbone des infrastructures nécessaires à la mise en œuvre du dispositif.

03 Lorsqu'un réseau récepteur ne peut pas accepter directement la chaleur à la température disponible en sortie du centre de données, le scénario de base à basse température directe est considéré comme techniquement irréalisable. Dans ces circonstances, l'évaluation examine également si une solution alternative impliquant un rehaussement de température pourrait être techniquement, économiquement et environnementalement viable.

04 L'évaluation carbone devrait inclure le carbone incorporé associé aux équipements principaux, aux réseaux de tuyauterie, aux travaux de génie civil et de structure, aux infrastructures électriques et aux activités de construction nécessaires à la mise en œuvre de chaque dispositif. La période de retour carbone devrait comparer l'impact carbone initial et sur le cycle de vie de ces travaux par rapport aux émissions opérationnelles annuelles évitées.

1.3 Evaluation des utilisateurs potentiels de chaleur

01 L'étude a identifié une demande potentielle brute de chaleur d'environ 156 GWh par an à travers les réseaux de chaleur urbains et les utilisateurs individuels considérés. Cette demande brute ne représente pas de la chaleur qui peut nécessairement être fournie par le projet. Le potentiel de réutilisation réel dépend de l'existence et de l'état de l'infrastructure réceptrice, des températures de fonctionnement, de la proximité, du profil de demande, de la compatibilité technique et de la viabilité économique de chaque raccordement.

02 La chaleur à basse température issue d'un centre de données peut être réutilisée directement lorsqu'un réseau à basse température compatible ou un utilisateur final compatible existe. La réutilisation directe présente les avantages de nécessiter moins d'équipements, de consommer moins d'électricité et d'entraîner généralement des coûts d'investissement, d'exploitation et des coûts carbone plus faibles. Cependant, des réseaux à basse température adaptés et des utilisateurs de chaleur suffisamment importants et réguliers ne sont actuellement pas largement disponibles aux abords du site.

03 Bon nombre des réseaux de chaleur urbains existants évalués fonctionnent à des températures nettement supérieures aux quelque 30 °C de chaleur disponible en sortie du centre de données. L'exportation directe vers ces réseaux est par conséquent techniquement irréalisable sans rehaussement de température. Le rehaussement de température au moyen de pompes à chaleur eau-eau peut pallier cette incompatibilité, mais nécessite des installations supplémentaires, de l'espace, une infrastructure électrique, une consommation d'électricité et un investissement en capital additionnels.

04 Chaque possibilité identifiée a donc été évaluée d'abord sur la base d'une exportation directe à basse température et, le cas échéant, sur la base d'une solution alternative de rehaussement de température. L'évaluation conclut qu'aucune des alternatives n'est actuellement techniquement et économiquement viable, à l'exception du raccordement proposé au réseau de chaleur urbain Terra Confort exploité par Coriance.

05 Certaines possibilités peuvent présenter un bénéfice carbone théorique mais ne sont pas considérées comme viables parce que le réseau récepteur n'existe pas actuellement ou est insuffisamment défini, les profils de température directs sont incompatibles, l'infrastructure de rehaussement de température requise n'a pas été démontrée, ou l'investissement ne satisfait pas aux critères de l'évaluation économique

1.4 Dispositif de récupération de chaleur retenu

01 L'extension du réseau Terra Confort exploité par Coriance représente la seule possibilité de réutilisation de la chaleur identifiée par la présente évaluation qui est considérée comme techniquement faisable, économiquement viable et capable de fournir un bénéfice carbone positif significatif.

02 La chaleur issue du centre de données sera initialement disponible à environ 30 °C et n'est pas directement compatible avec les exigences de température de fonctionnement de l'extension du réseau Terra Confort. Le dispositif retenu inclut par conséquent des pompes à chaleur eau-eau et des échangeurs de chaleur associés pour élever la température de la chaleur récupérée à environ 70 °C.

03 Sur la base de la demande de chaleur identifiée par Coriance, le dispositif est évalué comme capable d'exporter jusqu'à environ 40 GWh de chaleur par an. Cela équivaut à un ERF d'environ 7,5 % sur la base de la consommation énergétique annuelle estimée du centre de données de 530 GWh. L'évaluation démontre donc que les conditions techniques et économiques requises pour atteindre un ERF de 20 % ne sont pas actuellement réunies, mais qu'un taux d'environ 7,5 % peut être atteint grâce au dispositif retenu dans des conditions techniques et économiques acceptables.

04 Afin de soutenir les objectifs locaux de décarbonation et de neutralité climatique, le développeur du centre de données financera et réalisera les travaux situés à l'intérieur des limites du site du centre de données pour le dispositif retenu. Cela comprendra l'espace dédié aux installations, les échangeurs de chaleur, les pompes à chaleur eau-eau et l'infrastructure interne associée en matière de mécanique, d'électricité, de contrôle-commande et de travaux préparatoires nécessaires à la mise en œuvre du raccordement. L'investissement estimé associé à ces travaux est d'environ 8,8 millions d'euros. Les équipements de récupération de chaleur seront introduits progressivement afin de s'aligner sur le développement du centre de données, la disponibilité de la chaleur récupérable et la mise en œuvre du réseau Terra Confort au sein de la zone Noveos. De plus amples détails sur la solution technique proposée, le phasage et la répartition des responsabilités sont fournis à la Section 7.

05 Coriance exploitera et entretiendra les équipements de rehaussement de température et supportera la consommation d'électricité et les coûts d'exploitation associés. L'extension du réseau de chaleur urbain et les autres infrastructures situées en dehors des limites du site du centre de données seront réalisées par Coriance. Les limites de prestations détaillées, la propriété, l'accès, les responsabilités de maintenance et d'exploitation seront consignés dans les accords techniques et commerciaux définitifs entre les parties.

06 Les équipements de récupération de chaleur seront introduits progressivement afin de s'aligner sur le développement du centre de données, la disponibilité de la chaleur récupérable et la mise en œuvre du réseau Terra Confort au sein de la zone Noveos. De plus amples détails sur la solution technique proposée, le phasage et la répartition des responsabilités sont fournis à la Section 7.

07 Aucun autre dispositif de réutilisation de la chaleur viable ni aucun preneur de chaleur supplémentaire confirmé n'a été identifié à la date de la présente évaluation.

08 Le projet intègrera néanmoins certaines mesures conservatoires destinées à préserver la possibilité de futurs raccordements vers d'autres utilisateurs de chaleur fatale, si des conditions techniques, économiques et contractuelles favorables venaient à être réunies. Ces mesures conservatoires se limiteraient aux seuls aménagements préparatoires nécessaires à la préservation de ces options futures, tel que décrit au 7.2.3

Tableau 1 : Potentiels futurs utilisateurs (Réseaux de chaleur urbain) de la chaleur, leur distance par rapport à la source et leur besoin estimé (GWh_{TH}).

Réseau de chaleur urbain	Production totale annuelle de chaleur	Mix énergétique	Besoin annuel en chaleur estimé	Distance depuis le Plessis DC	Température Départ estimative
RCU Clamart Plaine sud	6,7 GWh	50,2 % gaz 49,8 % biomasse	2,20 GWh	1,1 km	70°C
Réseau de Bagneux-Chatillon	74,9 GWh	23,1 % PAC/36,1 % gaz/40,8 % Géothermie	21,2 GWh	5,7 km	70°C
Réseau de Meudon-La-Forêt	67,6 GWh	83 % géothermie	7,66 GWh	2,3 km	105°C
Réseau de Massy – Antony	208,0 GWh	0,9 % fioul/ 8,9 % charbon/7,7 % gaz/ 34,3 % Biomasse / 48,2 % UVE	48,2 GWh	7,0 km	90°C
Réseau de chaleur de Paris	3 740 GWh	0,4 % PAC /2,2 % Charbon /6,4 % biomasse /51 % gaz /39,6 % UVE	19,0 GWh	9,4 km	80°C
Réseau de chaleur urbain du Plessis-Robinson et de Chatenay-Malabry	133 GWh	Réseau actuel : géothermie profonde (Dogger) et moyenne profondeur (Néocomien), biomasse, PAC sur géothermie et gaz naturel.	40,0 GWh	0,0 km	70°C
Futur réseau de chaleur de Clamart	70GWh	Géothermie Récupération Gaz naturel	10,0 GWh	2,0 km	70°C
TOTAL			**148,26 GWh**		

Tableau 2 : Potentiels futurs utilisateurs (sites industriels et commerciaux) de la chaleur, leur distance par rapport à la source et leur besoin estimé (GWh_{TH}).

	Opportunité	Description	Emplacement et distance par rapport au site	Besoin annuel (GWh_{TH})	Température Départ estimative
1	Centre aquatique municipal du Plessis-Robinson	Le nouveau centre aquatique du Plessis Robinson dont la construction est prévue pour commencer à l'automne 2026, est portée par Vallée Sud Grand Paris. Il sera situé à 250 m du futur réseau de chauffage urbain « Terra Confort ». Il s'agit d'une installation qui présente des besoins énergétiques intéressants au vue de sa proximité.	Au nord du quartier Novéos – 1,1 km	1,8 GWh	55°C
2	Site de maintenance et de remisage du tramway T10	Site RATP comportant des ateliers et des bureaux	À l'est du site – 0,25 km	0,75 GWh	70°C
3	Centre d'Affaire de la Boursidière	Espace inclus dans le périmètre d'étude du réseau « Terra confort»	Au sud-est du centre de données, 0,85km	5,3 GWh	70°C
				TOTAL	**~ 7,85 GWh**

09 D'autres opportunités ont été identifiées mais rapidement écartée du fait de leur distance, de leur approvisionnement en énergie déjà décarbonée ou de leur besoin trop faible pour justifier la construction d'infrastructure de transport de chaleur. L'ensemble des opportunités identifiées est présente dans le tableau en annexe A.

10 Ainsi, les besoins possibles de chaleur identifiés autour du site sont estimés à 156 GWh/an. Ces besoins sont supérieurs au seuil de récupération de chaleur ERF fixé à 106 GWh/an.

1.3 Interlocuteurs rencontrés dans le cadre de l'étude

01 Ci-dessous la liste de toutes les autorités et interlocuteurs rencontrés dans le cadre de la réalisation de l'étude d'export de chaleur. Ces prises de contact téléphonique et mails ont permis d'échanger sur les aspects techniques et économiques de chaque opportunité, de confirmer la règlementation en vigueur concernant les réseaux de chaleur ainsi que de valider l'intérêt et les besoins des potentiels utilisateurs finaux pour réutiliser la chaleur fatale dégagée par le projet de Plessis DC.

Tableau 3: Liste des interlocuteurs rencontrés

Autorité / Interlocuteur	Date de la rencontre/échange	Objectif de la rencontre
OPHLM des Hauts-de-Seine	17/18 mars 2026	Le réseau identifié a été rétrocédé à la Ville du Plessis Robinson au 01/10/25 pour maillage au réseau de chaleur TERRACONFORT (géré par CORIANCE).
Engie Solutions (Meudon-La-Forêt)	11 mars 2026	Echange avec le service commercial
Ville de Paris	26 février 2026	Echange sur les besoins et opportunités du reçu de la Ville de Paris En raison des élections municipales, les choix concernant les RCU sont en suspens.
EPT Vallée Sud GP	16/26 mars 2026	Echange sur la recherche d'opportunité de valorisation de la chaleur fatale.
Westfield Vélizy 2	16 mars 2026 30 mars 2026	1er contact tél. puis envoi d'un mail Relance par mail
Centre aquatique du Plessis	18 mars 2026 1er avril 2026 3 avril 2026	Appel auprès des architectes du projet (Agence d'Architectes Chabanne) Contact avec la MOA EPT VSGP Réunion en visio
15 avenue Galilée	31 mars 2026 1er avril 2026	Contact avec les architectes Contact avec la MOA
AgroEnergy (exploitant du RCU Clamart Plaine Sud)	11 mai 2026	Contact avec l'exploitant pour un potentiel raccordement aux réseaux de chaleur de Clamart plaine sud

2.0 INTRODUCTION

01 La directive européenne sur l'efficacité énergétique (EED) 2023/1791 et l'article L. 236-2 de la loi française appelé DDADUE[1] exigent qu'à partir du 1er octobre 2025, les centres de données, d'une puissance nominale de 1 MW ou plus, mettent en place des systèmes de valorisation de leur chaleur fatale afin d'atteindre un facteur de réutilisation de l'énergie (ERF – Energy Reuse Factor) de 0,2, sauf si cela est techniquement ou économiquement irréalisable.

02 Le présent document fournit une évaluation technique et une analyse coûts-avantages de la valorisation de la chaleur fatale des bâtiments du data center et vise à fournir des orientations à PLESSIS DC afin de sélectionner la (ou les) solution(s) de valorisation de chaleur fatale la (ou les) plus appropriée(s) pour aider à répondre aux besoins actuels et futurs environnants.

03 Ce rapport fournit une évaluation technique ainsi qu'une analyse coûts-avantages des options de réutilisation de la chaleur fatale identifiées en amont du projet de développement du centre de données au Plessis-Robinson. Les parties ayant contribué à ce rapport sont détaillées ci-dessous :

1. B&W a préparé une évaluation technique des options d'exportation de chaleur fatale ainsi qu'une évaluation des coûts de ces options pertinentes.

2. Lorsqu'une coordination avec les gestionnaires des locaux de chauffage urbain est nécessaire, il est prévu que le gestionnaire du réseau de chaleur urbain procède à sa propre évaluation de faisabilité technique et économique.

[1] Loi n° 2025-391 du 30 avril 2025 portant diverses dispositions d'adaptation au droit de l'Union Européenne en matière économique, financière, environnementale, énergétique, de transport, de santé et de circulation des personnes.

3.0 APERÇU DU PROJET

3.1 Emplacement du site

01 Le site est situé au Plessis-Robinson, dans le département des Hauts-de-Seine (92), en Île-de-France. Il se trouve à environ 7 km au-sud-ouest de Paris et à 10 km au nord-ouest de l'aéroport de Paris-Orly.

02 Le site comprend un terrain de 2 hectares (19 970 m²), délimité :

- à l'est par l'avenue Galilée
- au sud, par la rue du Général Eisenhower, l'avenue de la Division Leclerc et l'autoroute A86
- à l'ouest, par un parking silo et par une aire de stationnement liée à un centre de formation (Renault Agora)
- au nord par une emprise de futurs logements du quartier d'affaires Sud-Ouest Novéos en cours de reconversion.

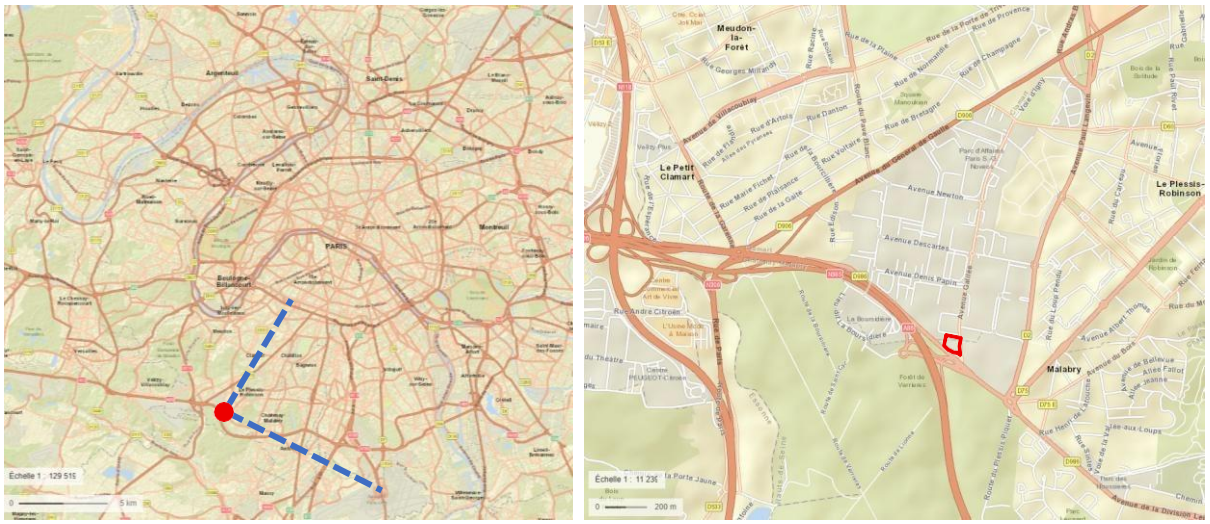


Figure 2 : Carte régionale, carte locale et emplacement du site entouré en rouge.

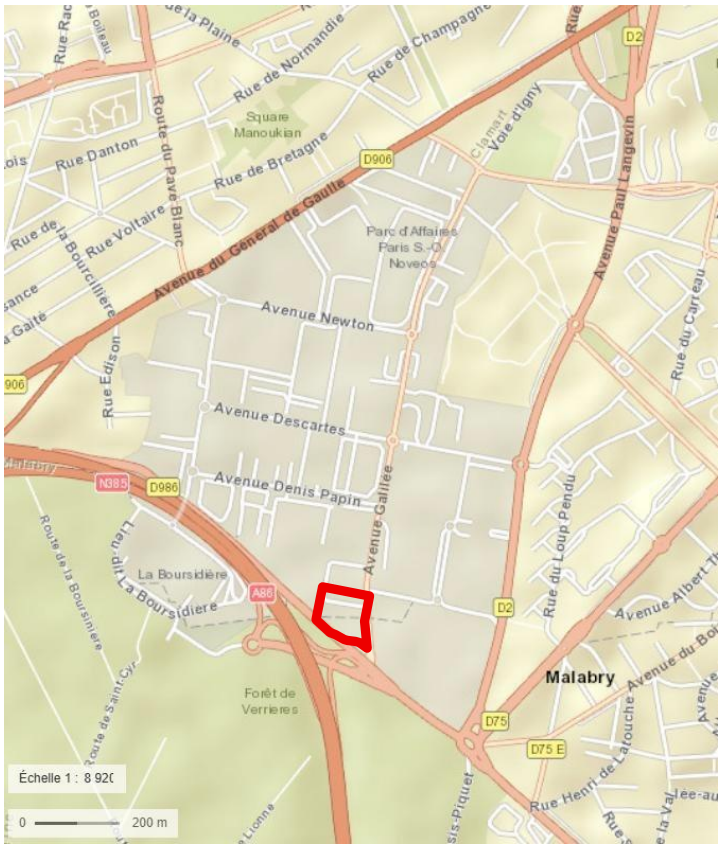


Figure 3 : Carte rapprochée des environs du site entouré en rouge au Plessis-Robinson.



Figure 4 : photo aérienne du site.

3.2 Présentation du centre de données

01 Le centre de données sera capable de délivrer une puissance informatique de 48 MW_{IT}. Le plan masse proposé est présenté ci-dessous.



Figure 5 : Plan masse du centre de données.

02 La quantité théorique d'un réseau d'exportation de chaleur dimensionné pour fournir un ERF maximal de 20%, serait égale à 106 GWh/an (le calcul est présenté dans la partie 4.4).

03 L'installation des salles informatiques se fera en 3 phases progressives.

04 À chaque nouvelle phase d'installation de nouvelles salles informatiques, la capacité d'exportation de la chaleur fatale augmente. La fourniture potentielle de chaleur fatale a été divisée en trois phases :

1. Phase 1 : réseau d'exportation de chaleur dimensionné pour fournir une puissance de 4 MW_{TH}.
2. Phase 2 : réseau d'exportation de chaleur dimensionné pour fournir une puissance de 8 MW_{TH}.
3. Phase 3 : réseau d'exportation de chaleur dimensionné pour fournir une puissance maximale de 12 MW_{TH}.

3.3 Valorisation de la chaleur fatale au sein du centre de données

01 Il est prévu que le centre de données dispose d'un bâtiment pouvant compter jusqu'à trois étages de salles informatiques et d'une terrasse technique métallique pour accueillir les installations de refroidissement. Il est prévu que les groupes électrogènes et les locaux techniques soient situés dans une partie de bâtiment ouvert à 3 niveaux, adjacente au bâtiment principal. Le centre de données disposera de bureaux et d'espaces destinés à l'accueil des employés.

3.4 Infrastructure de refroidissement et rejet de chaleur

01 Le centre de données disposera de sa propre infrastructure de refroidissement. L'infrastructure sera principalement composée de groupes frigorifiques à air (ACC) situés à l'extérieur au niveau de la plateforme technique métallique (caillebotis), qui fournissent de l'eau réfrigérée aux unités de refroidissement internes telles que les climatiseurs de salle informatique (CRAH), les murs de ventilateurs (FWU – Fan Wall Unit) et les unités de distribution de refroidissement (CDU). Ces unités de refroidissement internes seront situées dans des couloirs techniques pour desservir les salles de données et dans des salles techniques critiques.

02 L'environnement de la salle des données devrait être maintenu conformément dans la plage A1 (15-32 °C TBS) définie par les directives thermiques de l'ASHRAE pour les centres de données. Pour y parvenir, l'eau réfrigérée (CHW) générée par le système de refroidissement aura une température de départ de 20°C et une température de retour de 30 °C.

03 En règle générale, la chaleur provenant des équipements techniques est transférée vers le système d'eau réfrigérée et rejetée dans l'atmosphère via les groupes frigorifiques. La chaleur est transférée du condenseur du groupe frigorifique vers l'air via des ventilateurs intégrés qui augmentent la température de l'air et le dispersent. Il est plus efficace de capter la chaleur fatale à l'intérieur des tuyaux de retour du réseau de refroidissement que de capter la chaleur fatale de l'air provenant des groupes frigorifiques.

3.5 Chaleur fatale

01 La chaleur fatale peut être transférée vers différents systèmes via des échangeurs de chaleur à plaques ; ceux-ci assurent la séparation hydraulique des systèmes critiques et facilitent le transfert de chaleur entre le centre de données et une infrastructure extérieure. Les réseaux de chauffage urbain, les établissements commerciaux (par exemple, les piscines), les utilisations industrielles et les utilisations agricoles sont des exemples typiques de réutilisation de la chaleur provenant des centres de données.

02 Un schéma illustrant le fonctionnement d'un échangeur de chaleur à plaques à contre-courant est présenté ci-dessous.

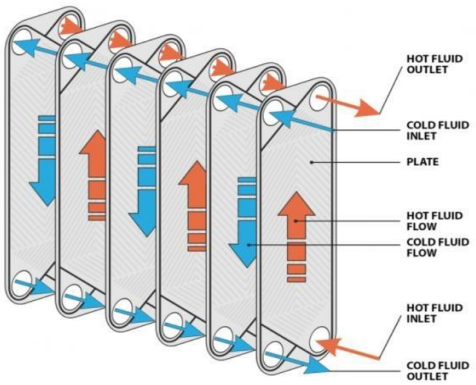


Figure 6 : Schéma illustrant le transfert de chaleur dans un échangeur de chaleur à plaques à contre-courant (Energuide).

03 Il convient de noter que le transfert de chaleur n'est pas efficace à 100 % et qu'une partie de l'énergie sera perdue dans l'environnement. Un autre aspect essentiel de l'échangeur de chaleur à plaques est la température d'approche, qui correspond à différence de température entre les deux fluides.

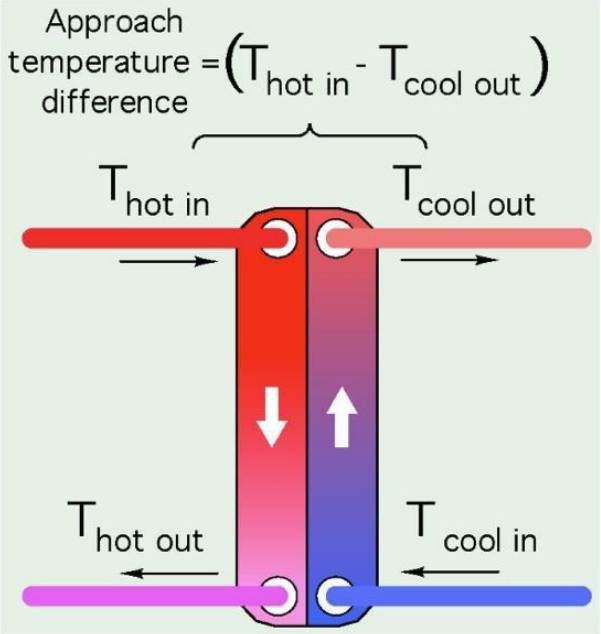


Figure 7 : Température d'approche (https://www.ca-tz.org/index.php/aircyclopedia/approach-temperature)

04 Une température d'approche plus basse indique une conception plus efficace, par conséquent une énergie transmise plus importante. Cela nécessite toutefois un échangeur de chaleur plus grand, c'est-à-dire une surface d'échange plus importante qui a un coût plus élevé. La chaleur fatale peut être classée en différentes catégories en fonction de sa température. Les centres de données produisent de la chaleur fatale à basse température (généralement < 30 °C) en raison des faibles températures de retour de l'eau réfrigérée, ce qui limite également son utilisation par les infrastructures à proximité.

05 Sur la base de ce qui précède, l'évaluation examine la faisabilité technique, économique et carbone de la récupération de la chaleur à basse température issue du système de refroidissement du centre de données et de sa mise à disposition à environ 30 °C en limite de site pour utilisation par des utilisateurs de chaleur tiers. Tout rehaussement de température, toute infrastructure de distribution en aval ou toute adaptation nécessaire pour répondre aux exigences de fonctionnement d'un réseau récepteur ou d'un utilisateur final relèverait d'un périmètre distinct du scénario de base et ferait l'objet d'accords techniques et commerciaux séparés.

4.0 RÉGLEMENTATIONS CONCERNANT LA VALORISATION DE LA CHALEUR

4.1 Introduction

01 La directive européenne sur l'efficacité énergétique (EED) fixe des exigences aux États membres de l'UE afin de les aider à atteindre leurs objectifs climatiques en imposant diverses mesures telles que la réduction de la consommation d'énergie, la mise en place de systèmes de gestion de l'énergie et la valorisation de la chaleur fatale. Ces exigences s'appliquent aux centres de données.

02 Les États membres de l'UE, dont la France, ont transposé les exigences de l'EED dans leur législation nationale. Les exigences de chaque État membre peuvent varier. En France, la loi DDADUE du 30 avril 2025 vient transposer cette directive européenne dans le droit national. Le décret d'application de cette loi a été adopté le 29 décembre 2025[2].

4.2 Réglementation nationale française

01 L'article L. 236-2 du Code de l'énergie français impose aux centres de données d'une puissance nominale supérieure ou égale à 1 MW de mettre en place des systèmes de récupération et de valorisation de leur chaleur fatale, une exigence transposée de la directive européenne 2023/1791.

02 Cette loi, promulguée en avril 2025, vise à améliorer l'efficacité énergétique et à promouvoir une économie circulaire en exigeant des centres de données qu'ils valorisent leur chaleur fatale, sauf si la faisabilité technique ou économique ne peut être prouvée.

03 Aux termes du décret d'application du 29 décembre 2025, un centre de données peut être considéré comme valorisant suffisamment sa chaleur fatale si son facteur de récupération d'énergie (ERF – Energy Reuse Factor) est supérieur ou égal à un seuil défini à 0,2. La définition de l'ERF est détaillée ci-dessous.

04 Les centres de données peuvent être exemptés s'ils peuvent démontrer que la valorisation de la chaleur fatale est techniquement ou économiquement irréalisable. Les conditions de cette étude seront définies par arrêté ministériel qui n'a pas encore été publié au moment de la publication de ce rapport.

05 Le contenu de l'analyse coûts-avantages de la valorisation de la chaleur fatale d'un centre de données sera inclus dans un prochain arrêté. En attendant la publication de cet arrêté, nous nous référons à l'arrêté existant du 9 décembre 2014, qui précise le contenu de l'analyse coûts-avantages permettant d'évaluer la faisabilité de la valorisation de la chaleur fatale par un réseau de chauffage ou de refroidissement, ainsi que les catégories d'installations concernées. Cet arrêté précise qu'un retour sur investissement de 20 ans doit être pris en compte pour l'analyse et qu'une évaluation carbone doit également être réalisée.

[2] Décret n° 2025-1382 du 29 décembre 2025 relatif à la transposition de la directive (UE) 2023/1791 relative à l'efficacité énergétique.

4.3 Réglementation en matière d'urbanisme

01 Le SDRIF-e récemment adopté contient une orientation OR126 concernant les centres de données. Celle-ci prévoit la mise en œuvre de mesures de récupération et de valorisation de la chaleur fatale. Il appartient aux documents d'urbanisme d'être compatibles avec cette orientation.

02 Le projet sera soumis à des réglementations environnementales supplémentaires résumées ci-dessous :

03 **RE2020** (pour les espaces de bureaux uniquement) : limitation des besoins énergétiques, de la consommation d'énergie et des émissions de carbone sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment.

04 **Article L171-4 du Code de la construction et de l'habitation (loi APER) :** cet article impose l'installation de 40 % de toitures végétalisées ou de panneaux solaires sur le toit des nouveaux bâtiments. Un dispositif de production d'énergie renouvelable qui générerait la même quantité d'énergie renouvelable que la couverture de 40% du toit avec des panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques est accepté comme équivalent.

4.4 Définition et calcul de la réutilisation de la chaleur

01 Le facteur de récupération d'énergie (ERF – Energy Reuse Factor) est une mesure qui peut être utilisée pour évaluer la valorisation de la chaleur fatale d'un centre de données. L'ERF mesure la quantité d'énergie valorisée par rapport à la consommation électrique du data center. Plus la valeur de l'ERF est élevée, plus la proportion de la consommation d'énergie entrant dans le centre de données, qui est valorisée au-delà de la du périmètre du projet, est importante.

02 La norme EN 50600-4-6 (Technologies de l'information – Installations et infrastructures des centres de données – Partie 4-6 : Facteur d'énergie renouvelable) définit l'ERF à l'aide de l'équation suivante :

$$ERF = \frac{E_{Reuse}}{E_{DC}}$$

Où :

$E_{Réutilisation =}$ énergie provenant du centre de données (annuelle) qui est utilisée en dehors du centre de données et qui remplace partiellement ou totalement l'énergie nécessaire en dehors des limites du centre de données (annuelle) ;

$E_{DC}=$ consommation totale d'énergie du centre de données (annuelle).

03 Un autre indicateur important qui est utilisé pour déterminer les besoins en matière d'exportation de chaleur fatale est le taux d'efficacité énergétique (PUE – Power Usage Effectiveness). Le taux PUE indique l'efficacité avec laquelle un centre de données utilise l'énergie et les valeurs de PUE proches de 100 % correspondent à une conception plus économe en énergie.

04 La norme EN 50600-4-2 (Technologies de l'information – Installations et infrastructures des centres de données – Partie 4-2 : Efficacité de l'utilisation de l'énergie) définit le PUE comme le rapport de « *la consommation énergétique des équipements informatiques, calculé, mesuré ou évalué sur la consommation énergétique totale du centre de données sur la même période* ».

05 Le taux d'efficacité énergétique PUE peut être calculé à l'aide de l'équation ci-dessous.

$$PUE = \frac{E_{DC}}{E_{IT}}$$

Où :

$E_{(IT)}$ = Consommation énergétique des équipements informatiques (annuelle) en kWh ;
E_{DC} = consommation énergétique totale du centre de données (annuelle) en kWh.

06 Les deux équations ci-dessus peuvent être combinées pour déterminer la valeur E_{Reuse} requise en termes d'ERF, du taux PUE et d'E_{IT}.

$$ERF \cdot PUE \cdot E_{IT} = E_{Reuse}$$

07 Cette équation est particulièrement utile, car les centres de données devront bientôt respecter des exigences visant à atteindre une valeur de taux PUE moyen annuel maximal et une valeur ERF minimale de 0,2. La valeur minimale requise *pour* E_{Reuse} peut alors être déterminée en fonction de la réglementation et de la puissance informatique de l'installation. Il convient de noter que si le taux PUE diminue, la valeur minimale *pour* E_{Reuse} diminue également.

08 Ces formules permettent donc de définir les valeurs suivantes pour ce projet :

Indice réglementaire	Valeur	Commentaires
Puissance des équipements informatiques	48 MW_{IT}	
Durée d'utilisation des équipements	8760 h	24h/24, 365 jours/an
E_{IT}	420 480 MWh/an	Puissance IT X Durée d'utilisation
PUE annuel moyen	1,26	
E_{DC}	530 000 MWh/an	E_{IT} X PUE
E_{Reuse} à atteindre pour obtenir un ERF de 20% au sens de l'Article R237-4 du Code de l'énergie	106 000 MWh/an	

5.0 METHODOLOGIE D'EVALUATION

5.1 Faisabilité technique

01 Il s'agit de vérifier si la solution proposée peut être mise en œuvre efficacement dans le cadre des contraintes physiques et opérationnelles du site et entre le site et les utilisateurs.

02 La faisabilité technique consiste à déterminer si le système peut être installé correctement et peut fournir la température requise pour l'utilisateur final. Elle consiste notamment à vérifier s'il y a suffisamment d'espace pour la tuyauterie et l'ensemble des équipements, et si la pompe à chaleur peut être installée et fonctionner comme prévu.

03 Les progrès technologiques peuvent rendre viables à l'avenir des options qui étaient historiquement irréalisables.

04 Il convient de noter que la possibilité de réaliser un projet de ce type dépend également de sa faisabilité administrative. Celle-ci recouvre notamment l'acceptabilité locale du projet, l'approbation des maires, la capacité à mener les travaux (obtention des permis de construire), la conformité aux documents d'urbanisme et de planification territoriale, ainsi que le montage institutionnel et contractuel entre acteurs publics et privés. Bien que cet aspect de la faisabilité soit déterminant pour la mise en œuvre du projet, il n'est pas évalué au stade de l'étude coûts-avantages.

5.2 Faisabilité économique

01 Nous avons réalisé une estimation préliminaire du système d'exportation de chaleur fatale en utilisant un ratio d'investissement au kilomètre et en mesurant si la distance de raccordement du destinataire, en fonction de la puissance fournie, est susceptible d'être économiquement viable. L'expérience de nombreux projets permet de dégager une tendance de rentabilité économique située autour de 5 GWh exporté/km.an entre le site de production et d'utilisation. Cela permet de présélectionner les opportunités de réutilisation de chaleur qui pourraient présenter une rentabilité économique.

02 Une évaluation économique préliminaire est ensuite réalisée pour les opportunités présélectionnées. Cette évaluation se concentre sur la viabilité financière du projet dans le temps. Le critère principal est le retour sur investissement (ROI). Le calcul du retour sur investissement présenté repose sur plusieurs hypothèses clés :

- **Investissement initial et économies d'énergie** : le calcul du retour sur investissement (ROI) tient compte à la fois du coût d'investissement initial et des économies d'énergie réalisées chaque année.
- **Coût de l'énergie** : les calculs supposent des prix de l'énergie selon le tableau ci-dessous. Le coût de l'énergie peut varier en fonction du contrat ou de l'accord de service spécifique.

Tableau 4 : Coût de l'énergie selon le SDES (nov. 2025)

Description	Quantité annuelle	Unité	Prix unitaire
Electricité	20 - 500MWh	kWh	0,23 €
Electricité	0,5-2 GWh	kWh	0,16 €
Electricité	2-20 GWh	MWh	140 €
Electricité	20-70GWh	MWh	100 €
Electricité	70-150 GWh	MWh	75 €
Electricité	>150GWh	MWh	70 €
Gaz	<278MWh	kWh	0,10 €
Gaz	278-2778 MWh	MWh	85 €
Gaz	2,8-28 GWh	MWh	70 €
Gaz	28 - 278 GWh	MWh	45 €
Gaz	278 -1 110 GWh	MWh	40 €
Gaz	>1 110 GWh	MWh	40 €

- *Ce coût est basé sur le prix moyen de l'énergie payé par le client industriel au cours du 1er semestre 2025. Il a été publié le 20 novembre 2025 par le SDES (Service des données et études statistiques) du CGDD (commissariat général au développement durable) du ministère de la transition écologique, de l'urbanisme, des transports, de la ville et du logement.*

- **Source d'énergie** : les calculs supposent que l'énergie provient de l'électricité produite en France.
- **Fluctuations du marché** : les prix de l'énergie sont soumis à des variations importantes. Les résultats présentés doivent donc être interprétés comme des estimations indicatives et non comme une garantie.
- **Conditions de fonctionnement :** la consommation d'énergie et les performances supposées reflètent un fonctionnement normal et stable des équipements.

03 Sur la base du texte actuellement à l'étude, le projet d'exportation doit démontrer un retour sur investissement dans un délai de 20 ans conformément à l'arrêté du 9 décembre 2014 précisant le contenu de l'analyse coûts-avantages pour évaluer la faisabilité ou la récupération de la chaleur fatale par un réseau de chauffage ou de refroidissement.

04 Cela comprend l'évaluation du coût d'installation et des économies d'énergie annuelles.

05 Les subventions susceptibles d'être attribuées à ce type de projet seront également intégrées à l'analyse économique, contribuant à améliorer le retour sur investissement et à renforcer la faisabilité et la probabilité de mise en œuvre des initiatives envisagées.

06 Les deux autres subventions disponibles sont le FEDER de l'Union européenne et les CEE (Certificats d'Economies d'Energie). Cependant, le projet n'est pas éligible à ces subventions, car la première est réservée aux petites et moyennes entreprises et, pour la seconde, il n'est pas certain que les promoteurs du centre de données puissent satisfaire aux exigences techniques pour les obtenir (PUE<1,15 par exemple).

07 L'analyse économique des flux de trésorerie tient compte des subventions du Fonds Chaleur, comme l'exige l'arrêté du 9 décembre 2014. Cependant, l'analyse économique générale du « retour sur investissement » n'en tient pas compte en raison du niveau élevé d'incertitude. La subvention est menacée par l'instabilité politique et l'évolution des exigences techniques. En outre, l'attribution de la subvention est soumise à l'analyse et à l'approbation de l'ADEME.

08 La faisabilité économique dépend également du coût de l'énergie, de la réglementation, du coût des matériaux, du coût de la main-d'œuvre, etc. En raison de la nature fluctuante de ces facteurs, l'évaluation de la faisabilité économique ne sera valable qu'au moment où elle sera réalisée. Ce qui est considéré comme économiquement faisable aujourd'hui peut ne plus l'être demain, et inversement.

09 Les résultats de l'analyse économique seront présentés de deux manières différentes :

1. En comparant les coûts d'investissement avec les économies réalisées permettant de déterminer le retour sur investissement

2. L'analyse économique des flux de trésorerie est également réalisée selon la méthodologie décrite dans l'arrêté du 9 décembre 2014, en tenant compte d'un taux d'inflation annuel de 1 % et d'un taux d'actualisation de 7,5 %. Les détails du calcul sont fournis en annexe L.

5.3 Évaluation carbone

01 L'évaluation carbone quantifie les émissions totales, identifie les émissions évitées par rapport à un scénario de référence et calcule la période de récupération du carbone en indiquant le temps nécessaire pour compenser l'empreinte carbone de la construction. Cette évaluation prend en compte les émissions liés aux équipements et à la tuyauterie. Les émissions pour la partie génie civil pour la construction ou l'extension de la chaufferie n'ont pas été prises en compte du fait de leur variabilité suivant les scénarios.

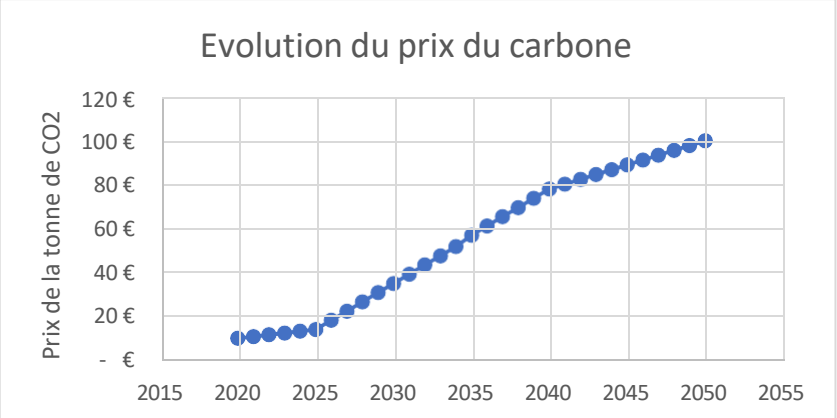
5.3.1 Évaluation et valorisation de la tonne de carbone

01 La valorisation du CO_2 sera calculée conformément à l'arrêté du 9 décembre 2014, en tenant compte des tonnes de CO_2 évitées et en appliquant le prix du carbone par tonne établi par cet arrêté, sur la base des données du scénario EU Trend 2050 de la Commission Européenne. Ci-dessous, le prix d'une tonne de CO_2 pris en compte dans l'analyse conformément à la réglementation.

Tableau 5 : Prix d'une tonne de CO_2

Année	Coût
2025	14 €
2030	35 €
2035	57 €
2040	78 €
2050	100€

02 Le diagramme suivant montre les évolutions engagées pour le prix de carbone.



03

Figure 8 : Evolution du prix de la tonne de carbone

Prix tiré de l'arrêté du 9 décembre 2014 précisant le contenu de l'analyse coûts-avantages

04 Les données sont tirées de la consommation d'énergie, des spécifications des équipements et des matériaux, avec des hypothèses sur la durée de vie et l'utilisation.

05 Une bonne période de retour sur investissement carbone est définie comme une période suffisamment courte pour compenser l'empreinte initiale liée à la construction et aux équipements grâce aux émissions évitées chaque année. Elle doit être plus courte que la durée de vie de l'installation.

06 Les émissions de carbone liées à l'électricité dépendent du mix énergétique de l'électricité produite en France. L'empreinte carbone d'un MWh d'électricité est de 30 kg de CO_2 par MWh.

5.3.2 Évaluation carbone du gaz naturel

01 Le gaz naturel est le combustible fossile le plus utilisé dans les réseaux de chaleur historiquement en France. Néanmoins il s'agit d'une énergie fossile et son impact carbone en France est estimé à 240 kg de CO_2 par MWh.

02 La fiscalité du carbone provenant du gaz naturel fait l'objet d'un traitement particulier.

03 En France, la taxe carbone est intégrée dans les taxes intérieures sur les énergies fossiles, notamment la TICGN (Taxe Intérieure sur la Consommation de Gaz Naturel). Elle s'applique à toute consommation de gaz naturel, que ce soit par des particuliers, des entreprises ou des opérateurs de réseaux de chaleur.

04 La composante carbone a été introduite en 2014 au sein de la TICGN, avec un prix fixé par tonne de CO_2. Cela signifie que tout opérateur qui brûle du gaz pour produire de la chaleur est soumis à la taxe carbone via la TICGN (Taxe Intérieure sur la Consommation de Gaz Naturel).

05 En 2024, la composante carbone de la taxe d'assise sur le gaz (ex TICGN) est de **44,6 €/t CO_2 .**

06 À partir de 2027, un nouveau marché carbone européen (ETS2) s'appliquera aux combustibles pour chauffage. Dans ce système, ce sont les fournisseurs d'énergie fossile qui devront acheter des quotas et répercuteront le coût sur les utilisateurs. Par conséquent le gaz sera doublement encadré par un prix du carbone, qui sera de toute façon supporté par les opérateurs de réseaux de chaleur utilisant du gaz.

07 Ce marché du carbone devra être supporté par les consommateurs en suppléments de la composante carbone de la taxe d'assise sur le gaz.

08 Le prix de la tonne de CO_2 sera soumis à un système de quota vendu aux enchères chaque année et qui diminuera d'année en année, augmentant mécaniquement le prix d'achat. Ce prix fera, par conséquent, l'objet d'une fluctuation qui n'est pas connue d'avance.

09 Voici une tendance cohérente et fondée sur les meilleures projections disponibles pour les prix du carbone EU ETS / ETS2 aux horizons 2030, 2035, 2040 et 2045, basée sur les sources les plus robustes identifiées (Enerdata[3], ABN AMRO[4], BloombergNEF[5], consensus GMK Center[6]).

Tableau 6 : Valeur probable des quotas de carbone selon le système d'échange ETS2

Année	Coût
2025	0 €
2030	136 €
2035	200 €
2040	245 €
2045	255€
2050	240€

[3] Carbon Price Forecast 2030-2050: Assessing Market Stability & Future Challenges | Enerdata
[4] Scenarios shaping EU ETS prices | ABN AMRO
[5] Climate Policy Factbook
[6] Infographic: Carbon price in the EU ETS to hit €126/t by 2030 — GMK Center

10 Les valeurs ci-dessous ne sont pas des prévisions officielles de la Commission Européenne mais constituent la meilleure approximation actuelle du marché réglementé européen, étayée par les projections publiées.

11 Ces valeurs varient significativement de celle indiquée dans l'arrêté du 9 décembre 2014, étant donné l'évolution réglementaire de la taxe carbone spécifiquement pour le gaz.

12 Dans ces conditions, il a été décidé d'établir une valorisation carbone différente pour le gaz dans cette étude que celle de l'arrêté mentionnée précédemment afin de prendre en compte les dernières évolutions réglementaires. Cette valorisation est constituée de l'addition de la composante carbone de la taxe d'assise sur le gaz (fiscalité nationale) ajouté au prix des quota carbone selon le système ETS2 (fiscalité européenne). Les valeurs retenues sont les suivantes :

Tableau 7 : Prix d'une tonne de CO_2 provenant de gaz

Année	Coût
2025	45 €
2030	180 €
2035	245 €
2040	290 €
2045	300€
2050	285€

13 Ces valeurs seront utilisées jusqu'à la publication de l'arrêté d'application du décret du 29 décembre 2025 qui fixera les conditions technico-économiques de l'analyse coût-avantage de la récupération de chaleur.

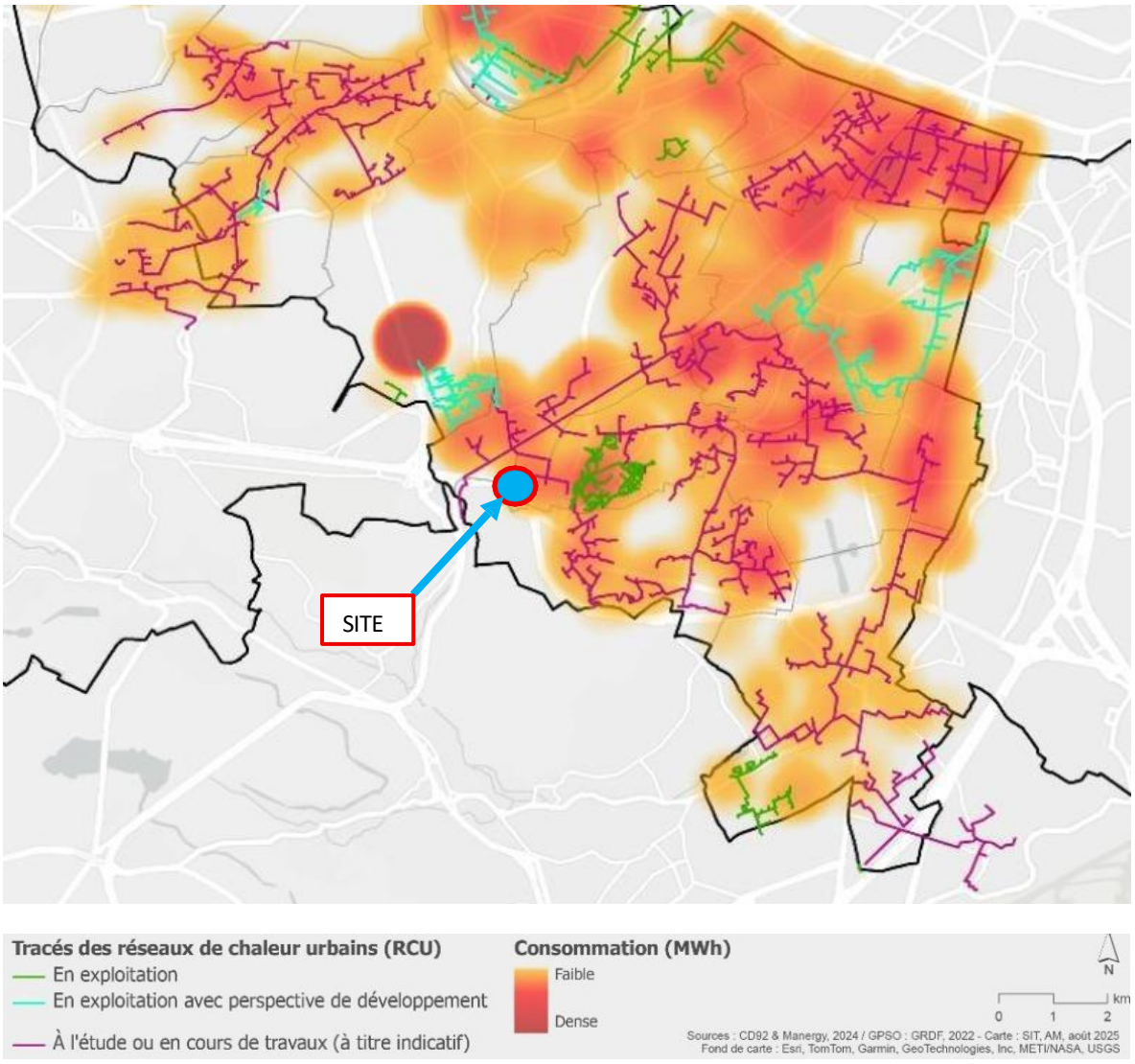
6.0 POTENTIELS UTILISATEURS DE LA CHALEUR FATALE

6.1 Opportunités départementales

01 L'état des lieux des réseaux de chauffage urbain a été réalisé pour le compte du département des Hauts-de-Seine dans le rapport sur le « Schéma Directeur des réseaux de chaleur urbains des Hauts-de-Seine », Département des Hauts-de-Seine / MANERGY / ANTEA / DRIEAT-UD92 / ADEME IdF, sept. 2025.

02 Ce rapport présente une cartographie des besoins de chaleur et les réseaux de chaleur urbains existants à septembre 2024 sur le sud du département des Hauts-de-Seine.

03



04

Figure 9 : Besoins de chaleur et les réseaux de chaleur urbains existants, septembre 2024 – Source : SD RCU 92.

Les tracés des réseaux « à l'étude ou en cours de travaux » (violet) sont des propositions théoriques qui seront modifiées ultérieurement, en phase d'étude de faisabilité, notamment.

05 La synthèse des besoins de chaleur recensés sur l'emprise de l'EPT Vallée Sud - Grand Paris représente, en termes de gaz consommés, une consommation de 944 GWh utilisé/an en 2023.

L'infographie suivante permet de présenter le mix énergétique des réseaux de chaleur urbains dans les Hauts-de-Seine.

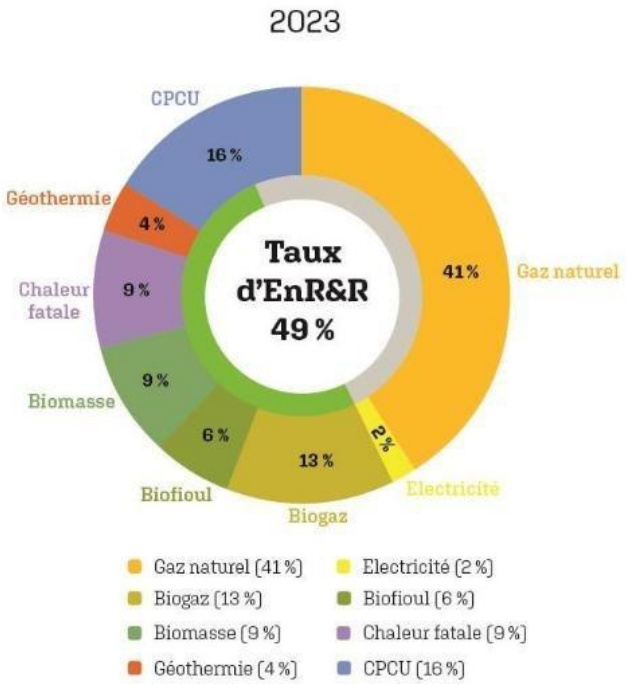


Figure 10 : Mix énergétique des RCU dans les Hauts-de-Seine et au niveau national, en 2023 – Source : SD RCU 92 – Extrait de la fig. n°2.

06 La figure suivante permet de présenter le périmètre de l'établissement public territorial (EPT) Vallée Sud – Grand Paris.



Figure 11 : Périmètre de l'EPT Vallée Sud – Grand Paris – Source : CD 92, 2020.

07 A terme, selon la délibération du Conseil Départemental des Hauts-de-Seine (92) du 17 octobre 2025, il est envisagé une interconnexion de l'ensemble des réseaux de chaleur urbains des Hauts-de-Seine. Cette délibération correspond à l'adoption par le Conseil départemental du schéma directeur des réseaux de chaleur urbains des Hauts-de-Seine, document-cadre qui prévoit explicitement une logique de couverture maximale, d'interconnexion et de massification des réseaux à l'échelle départementale.

6.2 Opportunités locales

01 Le périmètre immédiat du projet a été exploré afin d'identifier les opportunités actuelles et futures d'utilisation de la chaleur fatale. L'illustration ci-dessous montre la demande de chauffage et eau chaude sanitaire dans les zones environnantes. Les zones en vert représentent des zones où le besoin de chauffage est important, ce qui correspond à des zones favorables pour la création de réseaux de chaleur.



Figure 12 : Carte de la demande en chauffage des zones environnantes ; 16 km d'ouest en est, 10 km du nord au sud.

02 Lorsque la distance de l'utilisateur augmente par rapport à la source de chaleur (centre de données), l'efficacité et, par conséquent, la viabilité de l'opportunité diminue, en raison des coûts techniques et économiques.

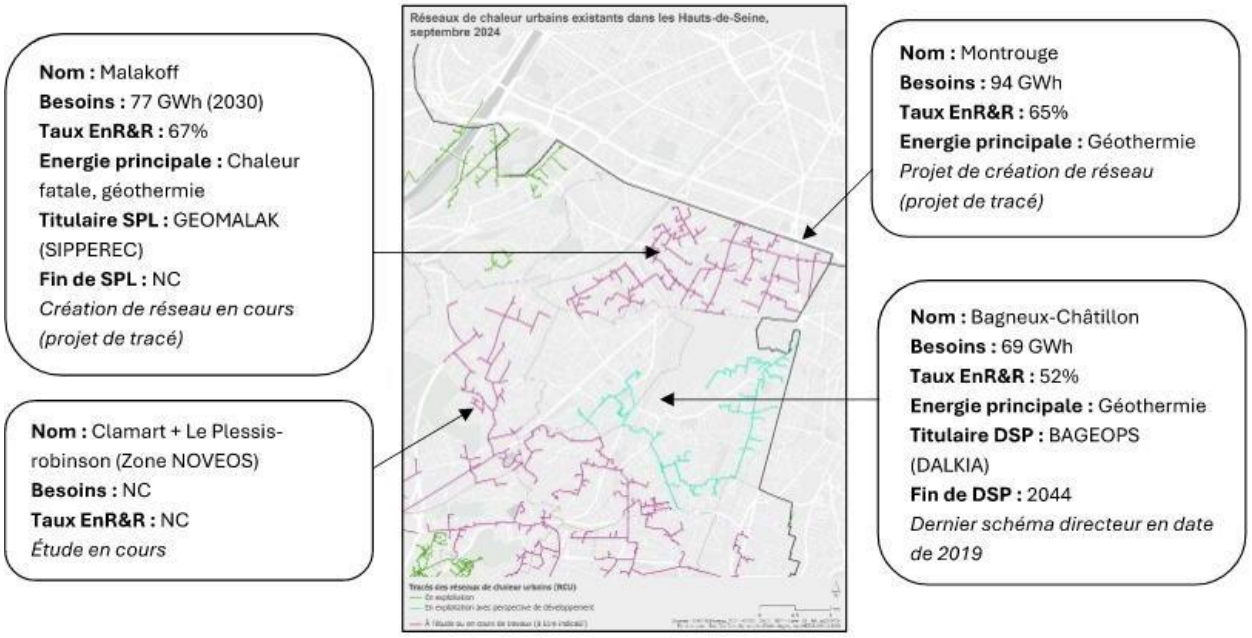
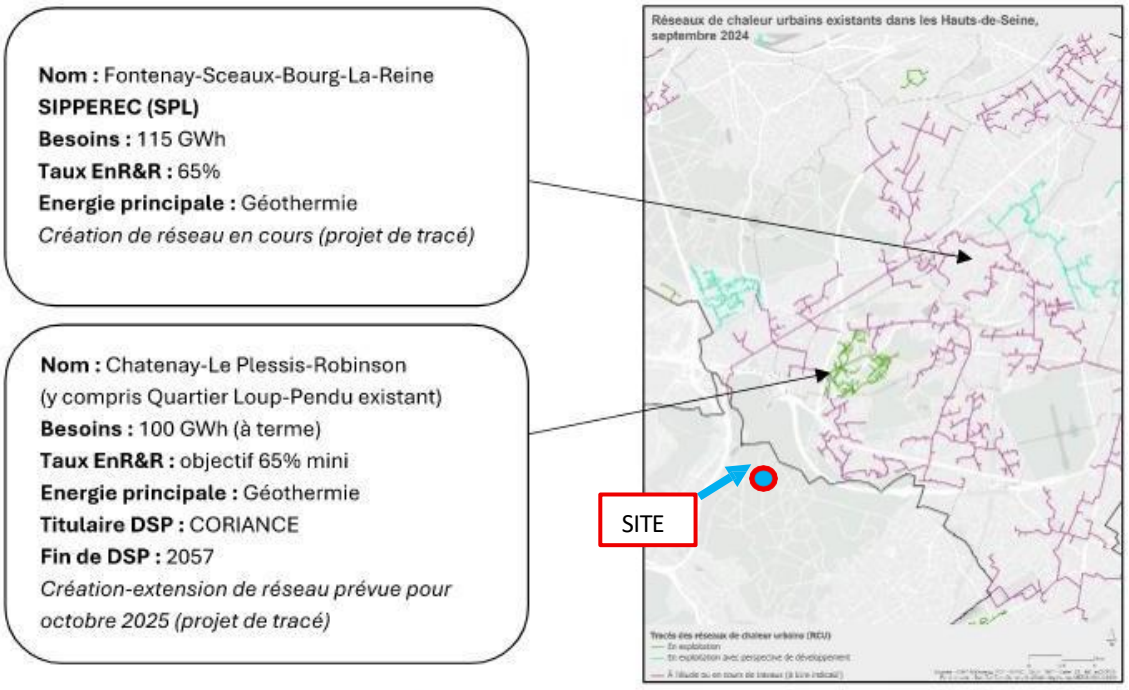


Figure : Carte inventaire des RCU existants sur le territoire Nord de l'EPT VSGP (sept. 2024) - Source : SD CRU 92 - p. 95 - Sept. 2025.

15.2.1.8. Vue n°8 : Centre EPT VSGP



Carte 46 : Inventaire des RCU existants - Centre VSGP (septembre 2024).

Figure 13 : Carte inventaire des RCU existants sur le territoire Centre de l'EPT VSGP (sept. 2024) - Source : SD CRU 92 - p. 96 - Sept. 2025.

03 Une analyse préliminaire de l'ensemble des opportunités a été effectuée. Elle est consultable dans le tableau en annexe A. Cette analyse a été effectuée à partir de la base de données France Chaleur Urbaine. Cette analyse a permis de présélectionner les opportunités de réseaux de chaleur suivant :

Réseau de chaleur urbain	Production totale annuelle de chaleur	Mix énergétique	Besoin annuel en chaleur estimé	Distance depuis le Plessis DC	Température du réseau
RCU Clamart Plaine sud	6,7 GWh	50,2 % gaz 49,8 % biomasse	2,20 GWh	1,1 km	70°C
Réseau de Bagneux-Chatillon	74,9 GWh	23,1 % PAC/36,1 % gaz/40,8 % Géothermie	21,2 GWh	5,7 km	70°C
Réseau de Meudon-La-Forêt	67,6 GWh	83 % géothermie	7,66 GWh	2,3 km	105°C
Réseau de Massy – Antony	208,0 GWh	0,9 % fioul/ 8,9 % charbon/7,7 % gaz/ 34,3 % Biomasse / 48,2 % UVE	48,2 GWh	7,0 km	90°C
Réseau de chaleur de Paris	3 740 GWh	0,4 % PAC /2,2 % Charbon /6,4 % biomasse /51 % gaz /39,6 % UVE	19,0 GWh	9,4 km	70°C
Réseau de chaleur urbain du Plessis-Robinson et de Chatenay-Malabry	133 GWh	Réseau actuel : géothermie profonde (Dogger) et moyenne profondeur (Néocomien), biomasse, PAC sur géothermie et gaz naturel.	40,0 GWh	0,0 km	70°C
Futur réseau de chaleur de Clamart	70GWh	Géothermie Récupération Gaz naturel	10,0 GWh	2,0 km	70°C
TOTAL			**148,26 GWh**		

04 Certains réseaux de chaleur étaient identifiés comme alimenté au gaz naturel dans la base de données de France Chaleur Urbaine. Néanmoins, après enquête et contact, il s'est avéré que ces réseaux de chaleur sont en cours de verdissement diminuant voir annulant le besoin en chauffage du data center. C'est notamment le cas du réseau de chaleur de Vélizy (Véligéo) pour lequel les travaux de verdissements sont en cours, réduisant à néant les besoins en chaleur pouvant provenir d'un centre de données. Le détail des contacts et enquêtes est expliqué dans les parties suivantes.

6.3 Opportunités : Réseaux de chaleur urbains

6.3.1 RCU Clamart Plaine Sud

Évaluation technique

01 Le RCU de Clamart Plaine Sud est un petit réseau de chaleur qui dessert le quartier du Grand Canal à Clamart, à moins d'1km du centre de données. Il s'agit d'un réseau privé construit par un consortium entre Eiffage concession et Agronergy qui vise à alimenter le quartier principalement avec une chaudière biomasse. Un appoint au gaz est néanmoins nécessaire pour compléter la biomasse. Cet appoint représente 48% du mix énergétique de 2024 soit environ 3,5 GWh/an.La température de départ estimée du réseau est de 70°C.

02 La chaleur du centre de données pourrait venir remplacer une partie de l'appoint au gaz naturel et ainsi participer aux efforts de décarbonation. Les besoins en chaleur de ce réseau sont estimés par convention à 2/3 de la production de chaleur au gaz naturel pour les besoins de cette évaluation. Cette estimation permet de conserver un appoint gaz en cas de forte demande.

03 Le besoin en chaleur estimée pour cette opportunité est de **2,23 GWh/an.**

04 Ci-dessous le tracé envisagé pour assurer la distribution de la chaleur vers le RCU de Clamart Plaine Sud.

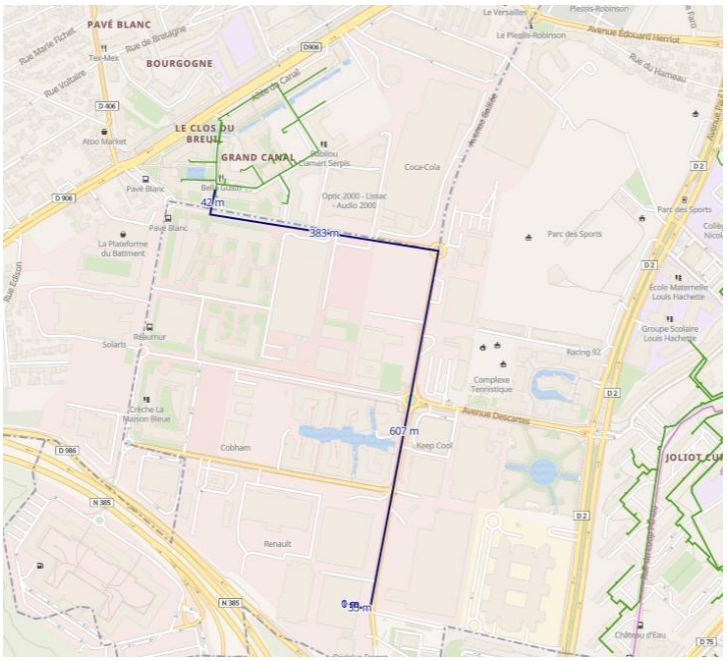


Figure 14 : Tracé (en bleu) du réseau vers Clamart Plaine Sud

05 Le tracé bleu ci-dessus représente la création d'un **réseau aller-retour en DN150 sur 1 km.**

06 La fourniture de chaleur à basse température du centre de données n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain du Grand Canal. Le réseau ne peut donc pas accepter directement la chaleur du centre de données à environ 30 °C, et un raccordement direct sans rehaussement de température est considéré comme techniquement irréalisable.

07 Bien que la chaleur à basse température du centre de données ne soit pas directement compatible avec le réseau de chaleur urbain du Grand Canal, le développeur du centre de données souhaite soutenir la récupération de chaleur et a par conséquent exploré des options pour élever le profil de température afin de répondre aux exigences de fonctionnement du réseau. Une pompe à chaleur eau-eau de 1,5 MW devrait être installée à un emplacement à déterminer pour élever la température de l'eau fournie par le centre de données d'environ 30 °C à 70 °C, correspondant ainsi aux exigences de température de fonctionnement du réseau de

chaleur urbain. L'évaluation examine donc la faisabilité technique, économique et carbone de cette solution de rehaussement de température.

Évaluation carbone

08 Le scénario de référence correspond aux émissions de carbone correspondant au fonctionnement de l'installation à gaz existante, sans tenir compte de l'import de la chaleur depuis le centre de données. Les émissions de carbone à prendre en compte sont celles liées à la production de 2,23 GWh/an de puissance thermique produite à partir de l'installation gaz ainsi que l'électricité consommée par les groupes frigorifiques du centre de données qui peut être évitée.

09 En prenant en compte les économies d'énergie précitées et la consommation électrique de la pompe à chaleur pour rehausser la température, les économies de carbone liées aux opérations sont estimées à **519 T CO_2/an.**

10 Les émissions de carbone associées à la construction pour ce raccordement sont principalement dues à l'installation de la tuyauterie et la fourniture et mise en œuvre des systèmes pompe à chaleur. Les émissions de carbone sont estimées sur une période de 20 ans. Les émissions de carbone dues à la tuyauterie sont estimées à **43 tonnes de CO_2 par an** sur une durée de 20 ans. Les émissions de carbone dues au système pompe à chaleur (fourniture, fonctionnement sans consommation électrique et fin de vie) sont estimées à **1 tonne de CO_2 par an**.

Economies de carbone lié aux opérations	519 T CO_2/an
Emissions de CO2 évitées (incluant la phase de construction)	475 T CO_2/an
Valeur € annuelle	114 103 €

10 Remplacer le fonctionnement d'une centrale gaz par la valorisation de l'eau chaude du centre de données a un impact important sur la décarbonisation du réseau.

11 La valorisation financière des émissions évitées, calculée conformément à la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone spécifique pour le gaz (en prenant en compte la fiscalité carbone du gaz naturel), s'élève **2 282 064 €** sur la période 2027–2047 et constitue un bénéfice socio-économique significatif. Cela représente **56%** de l'investissement initial.

Évaluation économique

12 Une estimation financière a été effectuée, considérant les postes suivants :

1. Mise en œuvre de la tuyauterie du centre de donnée jusqu'à la chaufferie du quartier.
2. Fourniture et mise en œuvre des pompes à chaleur eau/eau

13 Considérant toutes les hypothèses énoncées dans l'évaluation techniques, les coûts d'investissement pour le raccordement au RCU est estimé à **4,25 millions d'euros.**

14 Le calcul des économies d'énergie est basé sur les hypothèses suivantes :

1. Pompe à chaleur eau-eau SCOP : **4** (remontée de température 30°C à 70°C):
2. Consommation annuelle des PAC eau-eau: **550 MWh**
3. COP des groupes froid du centre de donnée : **6**
4. Prix du gaz **0,07 €/kWh**
5. Prix de l'électricité (RCU) **0,16 €/kWh**
6. Prix de l'électricité (centre de donnée) **0,07 €/kWh**

15 En supposant les hypothèses ci-dessus et un facteur d'utilisation de 70% des serveurs informatiques du centre données :

1. La consommation électrique du centre de données serait réduite de 257 MWh par an. L'économie annuelle réalisée sur les coûts d'exploitation du centre est estimée à **17 967 € par an**. Ce résultat est dû à la réduction de la production d'eau glacée grâce à l'utilisation de la puissance thermique exportée.

2. L'économie annuelle réalisée par le RCU en remplacement du gaz s'élève à **66 000€**, en prenant également en compte les consommations d'énergie induites par la pompe à chaleur pour l'augmentation de la température.

3. A cela s'ajoute les économies liées à la fiscalité carbone de **114 103€** (lissée sur 20 ans).

4. Cela donne des économies totales estimées à **198 070€/an**.

16 Avec un investissement initial de 4,25 millions d'euros et des économies annuelles totales (sur le centre de donnée ainsi que pour le RCU) à 198 070€ grâce à la réduction de la consommation d'énergie et de la fiscalité du carbone, la période de retour sur investissement actuelle est d'environ **21,5 ans.**

17 En considérant que 30% de l'investissement pourrait être financé par le fond chaleur pour ce type de raccordement, l'investissement serait réduit à 2,98 millions d'euros. Cette subvention permet de diminuer le **ROI à 15,0 ans.**

18 Pour plus de détails, voir l'annexe B.

Évaluation économique selon l'arrêté du 9 décembre 2014

19 Dans cette deuxième méthode de calcul, un taux d'inflation de 1 % et un taux d'actualisation annuel de 7,5 % sont pris en compte conformément à l'arrêté.

20 Si l'on considère à la fois le coût d'investissement des travaux et les économies d'énergie réalisées par les usagers du réseau de chaleur (et non celles réalisées par le centre de donnée) par la mise en place des pompes à chaleur eau-eau, cette opportunité se traduit par une **perte nette de 1 299 691 € sur 20 ans**.

21 Dans le scénario ou le centre prend en charge les coûts d'investissement du réseau et revend la chaleur au RCU ou à un tiers investisseur, cette opportunité se traduit également par une **perte nette de 1 097 544 € sur 20 ans** avec un prix de vente maximal de la chaleur de **93€/MWh**. Ce prix est limité au maximum des économies annuelles qu'auraient pu obtenir les usagers du réseau de chaleur si le maitre d'ouvrage du RCU ou son exploitant avait pris en charge les travaux de raccordement. Un prix de vente plus élevée est considéré comme inintéressant économiquement.

22 Pour plus de détails, voir l'annexe L.

Conclusion

23 L'exportation directe de chaleur du centre de données à environ 30 °C n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain de Clamart Plaine Sud et n'est donc pas techniquement faisable sans rehaussement de température.

24 Une solution de rehaussement de température utilisant une pompe à chaleur eau-eau d'environ 1,5 MW est considérée comme techniquement faisable en principe. Toutefois, cela reste soumis à la confirmation d'un emplacement d'installation approprié, de l'espace disponible, de la capacité électrique et d'un accord avec l'opérateur du réseau de chaleur urbain.

25 Sur la base des hypothèses évaluées, la solution de rehaussement de température fournirait un bénéfice carbone positif, avec des émissions nettes évitées estimées à environ 475 tonnes de CO_2 par an après prise en compte des émissions liées à la construction évaluées. Cette conclusion est soumise aux limites de l'évaluation carbone et au périmètre des émissions de construction incluses.

26 L'opportunité n'est pas considérée comme économiquement faisable selon la méthodologie appliquée de l'arrêté du 9 décembre 2014. L'évaluation identifie une valeur actuelle nette négative sur 20 ans, aussi bien dans le cas où le réseau de chaleur urbain finance les travaux que dans le cas où le centre de données finance le raccordement et vend la chaleur récupérée. Bien que le délai de retour sur investissement simple indicatif puisse passer d'environ 21,5 ans à 15 ans si une subvention de 30 % était obtenue, la disponibilité et les conditions d'une telle subvention n'ont pas été confirmées et ne modifient pas la conclusion de l'évaluation économique formelle.

27 Dans l'ensemble, l'opportunité n'est techniquement faisable qu'avec un rehaussement de température et pourrait fournir un bénéfice carbone positif, mais elle n'est pas économiquement faisable sur la base des hypothèses évaluées.

6.3.2 Réseau de Bagneux-Chatillon

Évaluation technique

01 Le réseau de chaleur urbain (RCU) de **Bagneux et Châtillon**, géré par la société BAGEOPS (filiale de Dalkia) pour le compte du SIPPEREC (Syndicat Intercommunal de la Périphérie de Paris pour les Réseaux de Communication), est un réseau alimentant environ **6 471 équivalents-logements** via **15,2 km** de canalisations. Sa production thermique, d'une capacité totale de **61,1 MWth**, repose prioritairement sur la valorisation de la **géothermie profonde** issue du Dogger couplée à des pompes à chaleur. En 2017, le mix énergétique du réseau affichait un taux d'énergies renouvelables de **50,6 %** (incluant la géothermie et le biogaz), et de 58,4% en 2023 le complément étant assuré par de la cogénération (20 %) et un appoint au gaz naturel et fioul.

02 Ce réseau fait l'objet d'un schéma directeur datant de 2018. L'intégration de la chaleur fatale représente un enjeu stratégique pour ce réseau afin d'atteindre l'objectif contractuel de **60 % d'énergies renouvelables et de récupération** tout en soutenant la densification urbaine prévue à l'horizon 2030.

03 La température de départ estimée du réseau est de 70°C.

04 La chaleur du centre de données pourrait venir remplacer une partie de l'appoint au gaz naturel et ainsi participer aux efforts de décarbonation. Les besoins en chaleur de ce réseau sont estimés par convention à 2/3 de la production de chaleur au gaz naturel pour les besoins de cette évaluation. Cette estimation permet de conserver un appoint gaz en cas de forte demande.

05 Le besoin en chaleur estimée pour cette opportunité est de **21,2 GWh/an.**

06 Ci-dessous le tracé envisagé pour assurer la distribution de la chaleur vers le RCU de Bagneux-Chatillon

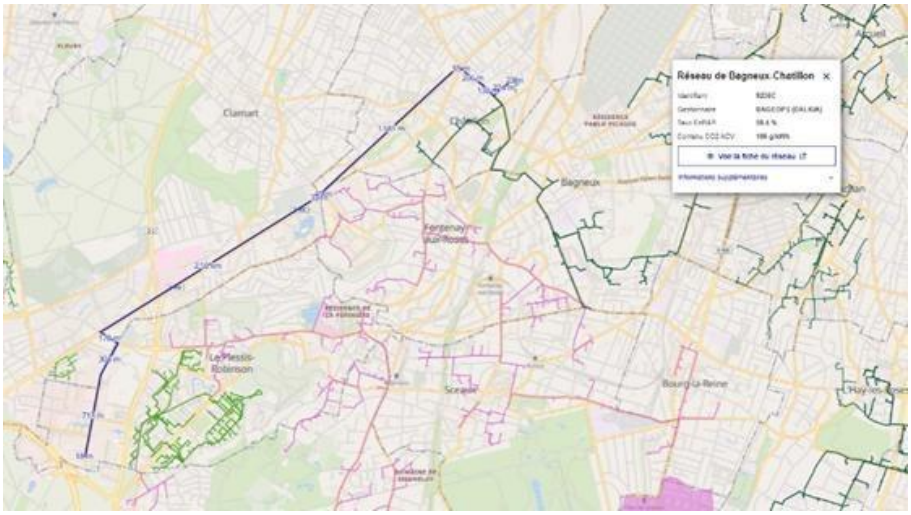


Figure 15 : Tracé (en bleu) du réseau vers la chaufferie de Bagneux-Chatillon

07 Le tracé bleu ci-dessus représente la création d'un **réseau aller-retour en DN250 pré-isolée sur 5,72 km.**

08 La fourniture de chaleur à basse température du centre de données n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain de Bagneux et Châtillon. Le réseau ne peut donc pas accepter directement la chaleur du centre de données à environ 30 °C, et un raccordement direct sans rehaussement de température est considéré comme techniquement irréalisable.

09 Bien que la chaleur à basse température du centre de données ne soit pas directement compatible avec le réseau de chaleur urbain du Grand Canal, le développeur du centre de données souhaite soutenir la récupération de chaleur et a par conséquent exploré des options pour élever le profil de température afin de répondre aux exigences de fonctionnement du réseau. Quatre pompes à chaleur eau-eau de 2,5 MW devraient être installées à un emplacement à déterminer pour élever la température de l'eau fournie par le centre de

données d'environ 30 °C à 70 °C, correspondant ainsi aux exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain. L'évaluation examine donc la faisabilité technique, économique et carbone de cette solution de rehaussement de température.

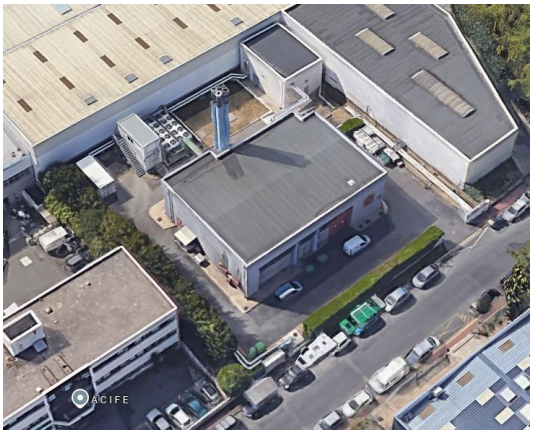


Figure 16 : Vue de la chaufferie de Dalkia à Chatillon.

Évaluation carbone

10 Le scénario de référence correspond aux émissions de carbone correspondant au fonctionnement de l'installation à gaz existante, sans tenir compte de l'import de la chaleur depuis le centre de données. Les émissions de carbone à prendre en compte sont celles liées à la production de 21,2 GWh/an de puissance thermique produite à partir de l'installation gaz ainsi que l'électricité consommée par les groupes frigorifiques du centre de données qui peut être évitée.

11 En prenant en compte les économies d'énergie précitées et la consommation électrique de la pompe à chaleur pour rehausser la température, les économies de carbone liées aux opérations sont estimées à **5003 T CO_2/an.**

10 Les émissions de carbone associées à la construction pour ce raccordement sont principalement dues à l'installation de la tuyauterie et la fourniture et mise en œuvre des systèmes pompe à chaleur. Les émissions de carbone sont estimées sur une période de 20 ans. Les émissions de carbone dues à la tuyauterie sont estimées à **229 tonnes de CO_2 par an** sur une durée de 20 ans. Les émissions de carbone dues au système de pompes à chaleur (fourniture, fonctionnement sans consommation électrique et fin de vie) sont estimées à **4 tonnes de CO_2 par an**.

Economies de carbone lié aux opérations	5 003 T CO_2/an
Emissions de CO2 évitées (incluant la phase de construction)	4 770 T CO_2/an
Valeur € annuelle	1 144 848 €

11 Remplacer le fonctionnement d'une centrale gaz par la valorisation de l'eau chaude du centre de données a un impact important sur la décarbonisation du réseau.

12 La valorisation financière des émissions évitées, calculée conformément à la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone spécifique pour le gaz (en prenant en compte la fiscalité carbone du gaz naturel), s'élève **à 22 896 960 €** sur la période 2027–2047 et constitue un bénéfice socio-économique significatif. Cela représente **101%** de l'investissement initial.

Évaluation économique

13 Une estimation financière a été effectuée, considérant les postes suivants :

1. Mise en œuvre de la tuyauterie du centre de donnée jusqu'à la chaufferie de chatillon.
2. Fourniture et mise en œuvre des pompes à chaleur eau/eau

14 Considérant toutes les hypothèses énoncées dans l'évaluation techniques, les coûts d'investissement pour le raccordement au RCU est estimé à **23,7 millions d'euros.**

15 Le calcul des économies d'énergie est basé sur les hypothèses suivantes :

1. Pompe à chaleur eau-eau SCOP : **4** (remontée de température 30°C à 70°C):
2. Consommation annuelle des PAC eau-eau: **5 300 MWh**
3. COP des groupes froid du centre de donnée : **6**
4. Prix du gaz **0,045 €/kWh**
5. Prix de l'électricité (RCU) **0,14 €/kWh**
6. Prix de l'électricité (centre de donnée) **0,07 €/kWh**

16 En supposant les hypothèses ci-dessus et un facteur d'utilisation de 70% des serveurs informatiques du centre données :

1. La consommation électrique du centre de données serait réduite de 2 473 MWh par an. L'économie annuelle réalisée sur les coûts d'exploitation du centre de données est estimée à **173 133 € par an**. Ce résultat est dû à la réduction de la production d'eau glacée grâce à l'utilisation de la puissance thermique exportée.
2. L'économie annuelle réalisée par le RCU en remplacement du gaz s'élève à **212 000€**, en prenant également en compte les consommations d'énergie induites par la pompe à chaleur pour l'augmentation de la température.
3. A cela s'ajoute les économies liées à la fiscalité carbone de **1 144 848 €** (lissée sur 20 ans).
4. Cela donne des économies totales estimées à **1 529 981 €/an**.

17 Avec un investissement initial de 23,7 millions d'euros et des économies annuelles totales (sur le centre de donnée ainsi que pour le RCU) à **1 529 981** € grâce à la réduction de la consommation d'énergie et de la fiscalité du carbone, la période de retour sur investissement actuelle est d'environ **15,5 ans.**

18 En considérant que 30% de l'investissement pourrait être financé par le fond chaleur pour ce type de raccordement, l'investissement serait réduit à 16,6 millions d'euros. Cette subvention permet de diminuer le **ROI à 10,9 ans.**

19 Pour plus de détails, voir l'annexe C.

<u>Évaluation économique selon l'arrêté du 9 décembre 2014</u>

20 Dans cette deuxième méthode de calcul, un taux d'inflation de 1 % et un taux d'actualisation annuel de 7,5 % sont pris en compte conformément à l'arrêté.

21 Si l'on considère à la fois le coût d'investissement des travaux et les économies d'énergie réalisées par les usagers du réseau de chaleur (et non celles réalisées par le centre de donnée) par la mise en place des pompes à chaleur eau-eau, cette opportunité se traduit par une **perte nette de 3 997 858€ sur 20 ans**.

22 Dans le scénario ou le centre de données prend en charge les coûts d'investissement du réseau et revend la chaleur au RCU ou à un tiers investisseur, cette opportunité se traduit également par une perte nette de **2 562 238€ sur 20 ans** avec un prix de vente maximal de la chaleur de **53€/MWh**. Ce prix est limité au maximum des économies annuelles qu'auraient pu obtenir les usagers du réseau de chaleur si le maitre d'ouvrage du RCU ou son exploitant avait pris en charge les travaux de raccordement. Un prix de vente plus élevée est considéré comme inintéressant économiquement.

23 Pour plus de détails, voir l'annexe L.

Conclusion

24 L'exportation directe de chaleur du centre de données à environ 30 °C n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain de Bagneux et Châtillon et n'est donc pas techniquement faisable sans rehaussement de température.

25 Une solution de rehaussement de température utilisant quatre pompes à chaleur eau-eau d'environ 2,5 MW est considérée comme techniquement faisable en principe. Toutefois, cela reste soumis à la confirmation d'un emplacement d'installation approprié, de l'espace disponible, de la capacité électrique et d'un accord avec l'opérateur du réseau de chaleur urbain.

26 Sur la base des hypothèses évaluées, la solution de rehaussement de température fournirait un bénéfice carbone positif, avec des émissions nettes évitées estimées à environ 4770 tonnes de CO_2 par an après prise en compte des émissions liées à la construction évaluées. Cette conclusion est soumise aux limites de l'évaluation carbone et au périmètre des émissions de construction incluses.

27 L'opportunité n'est pas considérée comme économiquement faisable selon la méthodologie appliquée de l'arrêté du 9 décembre 2014. L'évaluation identifie une valeur actuelle nette négative sur 20 ans, aussi bien dans le cas où le réseau de chaleur urbain finance les travaux que dans le cas où le centre de données finance le raccordement et vend la chaleur récupérée. Bien que le délai de retour sur investissement simple indicatif puisse passer d'environ 15,5 ans à 10,9 ans si une subvention de 30 % était obtenue, la disponibilité et les conditions d'une telle subvention n'ont pas été confirmées et ne modifient pas la conclusion de l'évaluation économique formelle.

28 Dans l'ensemble, l'opportunité n'est techniquement faisable qu'avec un rehaussement de température et pourrait fournir un bénéfice carbone positif, mais elle n'est pas économiquement faisable sur la base des hypothèses évaluées.

6.3.3 Réseau de Meudon-La-Forêt

Évaluation technique

01 Le réseau de chaleur de Meudon-La-Forêt produit et achemine de l'énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire de nombreux bâtiments privés et publics de la ville. Il a grandi et évolué au rythme des mutations de la ville. Copropriétés, immeubles propriétés de bailleurs sociaux, bâtiments communaux : il alimente aujourd'hui près de **7 600 équivalents-logements** tout au long des 8 km de canalisations. La température de départ estimée du réseau est de 105°C.

02 En 2022, Engie Solutions et la ville de Meudon-La-Forêt ont souhaité donner une nouvelle impulsion dans la politique énergétique du réseau en annonçant la création de la **SAS LTE GéoMeudon** et la construction d'une géothermie (15,9 MW) en lieu et place de la chaufferie gaz actuelle. La mise en service prévisionnelle de cette nouvelle installation énergétique est prévue en novembre 2027 et permettra de fournir une énergie à **83 % décarbonée (97 GWh/an)**.



Figure 17: illustration du réseau de chaleur urbain de Meudon-La-forêt – Source : https://www.rezomee.fr/meudon-la-foret-reseau-chaleur/

03 La chaleur du centre de données pourrait venir remplacer une partie de l'appoint au gaz naturel et ainsi participer aux efforts de décarbonation. Les besoins en chaleur de ce réseau sont estimés par convention à 2/3 de la production de chaleur au gaz naturel pour les besoins de cette évaluation. Cette estimation permet de conserver un appoint gaz en cas de forte demande.

04 Le besoin en chaleur estimée pour cette opportunité est de **7,66 GWh/an** pour le remplacement partiel de l'appoint gaz.

05 Ci-dessous le tracé envisagé pour assurer la distribution de la chaleur vers la chaufferie du réseau de chaleur de Meudon.

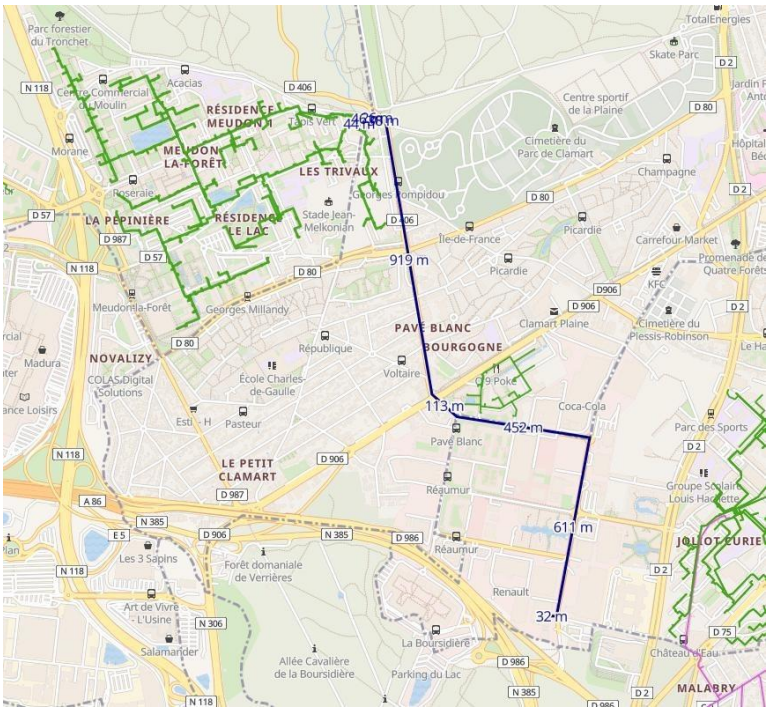


Figure 18 : Tracé (en bleu) du réseau vers la chaufferie de Meudon-la-forêt

06 Le tracé bleu ci-dessus représente la création d'un **réseau aller-retour en DN200 pré-isolée sur 2,28 km.**

La fourniture de chaleur à basse température du centre de données n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain de Meudon-La-Forêt. Le réseau ne peut donc pas accepter directement la chaleur du centre de données à environ 30 °C, et un raccordement direct sans rehaussement de température est considéré comme techniquement irréalisable.

07 Bien que la chaleur à basse température du centre de données ne soit pas directement compatible avec le réseau de chaleur urbain de Meudon-La-Forêt, le développeur du centre de données souhaite soutenir la récupération de chaleur et a par conséquent exploré des options pour élever le profil de température afin de répondre aux exigences de fonctionnement du réseau. Deux pompes à chaleur eau-eau de 2 MW devraient être installées à un emplacement à déterminer pour élever la température de l'eau fournie par le centre de données d'environ 30 °C à 105 °C, correspondant ainsi aux exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain. L'évaluation examine donc la faisabilité technique, économique et carbone de cette solution de rehaussement de température.

<u>Évaluation carbone</u>

08 Le scénario de référence correspond aux émissions de carbone correspondant au fonctionnement de l'installation à gaz d'appoint, sans tenir compte de l'import de la chaleur depuis le centre de données. Les émissions de carbone à prendre en compte sont celles liées à la production de 7,66 GWh/an de puissance thermique produite à partir de l'installation gaz ainsi que l'électricité consommée par les groupes frigorifiques du centre de données qui peut être évitée.

09 En prenant en compte les économies d'énergie précitées et la consommation électrique de la pompe à chaleur pour rehausser la température, les économies de carbone liées aux opérations sont estimées à **1 773 T CO2/an**.

10 Les émissions de carbone associées à la construction pour ce raccordement sont principalement dues à l'installation de la tuyauterie et la fourniture et mise en œuvre des systèmes pompe à chaleur. Les émissions de carbone sont estimées sur une période de 20 ans. Les émissions de carbone dues à la tuyauterie sont estimées à **91 tonnes de CO_2 par an** sur une durée de 20 ans. Les émissions de carbone dues au système de

pompes à chaleur (fourniture, fonctionnement sans consommation électrique et fin de vie) sont estimées à **2 tonnes de CO_2 par an**.

Economies de carbone lié aux opérations	1 773 T CO_2/an
Emissions de CO2 évitées (incluant la phase de construction)	1 680 T CO_2/an
Valeur € annuelle	403 198 €

11 Remplacer le fonctionnement d'une centrale gaz par la valorisation de l'eau chaude du centre de données a un impact important sur la décarbonisation du réseau.

12 La valorisation financière des émissions évitées, calculée conformément à la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone spécifique pour le gaz (en prenant en compte la fiscalité carbone du gaz naturel), s'élève **à 8 063 952 €** sur la période 2027–2047 et constitue un bénéfice socio-économique significatif. Cela représente **89%** de l'investissement initial.

<u>Évaluation économique</u>

13 Une estimation financière a été effectuée, considérant les postes suivants :

1. Mise en œuvre de la tuyauterie du centre de donnée jusqu'à la chaufferie de Meudon-la-forêt.
2. Fourniture et mise en œuvre des pompes à chaleur eau/eau

14 Considérant toutes les hypothèses énoncées dans l'évaluation techniques, les coûts d'investissement pour le raccordement au RCU est estimé à **9,44 millions d'euros.**

15 Le calcul des économies d'énergie est basé sur les hypothèses suivantes :

1. Pompe à chaleur eau-eau SCOP : **2,5** (remontée de température 30°C à 110°C, ce qui correspond à une eau surchauffée):
2. Consommation annuelle des PAC eau-eau: **3 064 MWh**
3. COP des groupes froid du centre de donnée : **6**
4. Prix du gaz **0,045 €/kWh**
5. Prix de l'électricité (RCU) **0,14 €/kWh**
6. Prix de l'électricité (centre de donnée) **0,07 €/kWh**

16 En supposant les hypothèses ci-dessus et un facteur d'utilisation de 70% des serveurs informatiques du centre données :

1. La consommation électrique du centre de données serait réduite de 894MWh par an. L'économie annuelle réalisée sur les coûts d'exploitation du centre de données est estimée à **62 557 € par an**. Ce résultat est dû à la réduction de la production d'eau glacée grâce à l'utilisation de la puissance thermique exportée.
2. Les coûts annuels au RCU en remplacement du gaz s'élève à **84 260€**, en prenant en compte les consommations d'énergie induites par la pompe à chaleur pour l'augmentation de la température
3. A cela s'ajoute les économies liées à la fiscalité carbone de **403 198 €** (lissée sur 20 ans).
4. Cela donne des économies totales estimées à **381 494 €/an**.

17 Avec un investissement initial de 9,44 millions d'euros et des économies annuelles totales (sur le centre de donnée ainsi que pour le RCU) à **381 494** € grâce à l'évolution de la fiscalité du carbone, la période de retour sur investissement actuelle est d'environ **24,7 ans.**

18 En considérant que 30% de l'investissement pourrait être financé par le fond chaleur pour ce type de

raccordement, l'investissement serait réduit à 6,61 millions d'euros. Cette subvention permet de diminuer le **ROI à 17,3 ans.**

19 Pour plus de détails, voir l'annexe D.

Évaluation économique selon l'arrêté du 9 décembre 2014

20 Dans cette deuxième méthode de calcul, un taux d'inflation de 1 % et un taux d'actualisation annuel de 7,5 % sont pris en compte conformément à l'arrêté.

21 Si l'on considère à la fois le coût d'investissement des travaux et les économies d'énergie réalisées par les usagers du réseau de chaleur (et non celles réalisées par le centre de donnée) par la mise en place des pompes à chaleur eau-eau, cette opportunité se traduit par une **perte nette de 4 018 400€ sur 20 ans**.

22 Dans le scénario ou le centre de données prend en charge les coûts d'investissement du réseau et revend la chaleur au RCU ou à un tiers investisseur, cette opportunité se traduit également par **perte nette de 3 306 876€ sur 20 ans** avec un prix de vente maximal de la chaleur de **47€/MWh**. Ce prix est limité au maximum des économies annuelles qu'auraient pu obtenir les usagers du réseau de chaleur si le maitre d'ouvrage du RCU ou son exploitant avait pris en charge les travaux de raccordement. Un prix de vente plus élevée est considéré comme inintéressant économiquement.

23 Pour plus de détails, voir l'annexe L.

Conclusion

24 L'exportation directe de chaleur du centre de données à environ 30 °C n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain de Meudon-La-Forêt et n'est donc pas techniquement faisable sans rehaussement de température.

25 Une solution de rehaussement de température utilisant deux pompes à chaleur eau-eau d'environ 2 MW est considérée comme techniquement faisable en principe. Toutefois, cela reste soumis à la confirmation d'un emplacement d'installation approprié, de l'espace disponible, de la capacité électrique et d'un accord avec l'opérateur du réseau de chaleur urbain.

26 Sur la base des hypothèses évaluées, la solution de rehaussement de température fournirait un bénéfice carbone positif, avec des émissions nettes évitées estimées à environ 1680 tonnes de CO_2 par an après prise en compte des émissions liées à la construction évaluées. Cette conclusion est soumise aux limites de l'évaluation carbone et au périmètre des émissions de construction incluses.

27 L'opportunité n'est pas considérée comme économiquement faisable selon la méthodologie appliquée de l'arrêté du 9 décembre 2014. L'évaluation identifie une valeur actuelle nette négative sur 20 ans, aussi bien dans le cas où le réseau de chaleur urbain finance les travaux que dans le cas où le centre de données finance le raccordement et vend la chaleur récupérée. Bien que le délai de retour sur investissement simple indicatif puisse passer d'environ 24,7 ans à 17,3 ans si une subvention de 30 % était obtenue, la disponibilité et les conditions d'une telle subvention n'ont pas été confirmées et ne modifient pas la conclusion de l'évaluation économique formelle.

28 Dans l'ensemble, l'opportunité n'est techniquement faisable qu'avec un rehaussement de température et pourrait fournir un bénéfice carbone positif, mais elle n'est pas économiquement faisable sur la base des hypothèses évaluées.

6.3.4 Réseau de Massy-Antony

Évaluation technique

01 Le réseau de chaleur de Massy-Antony, exploité dans le cadre du syndicat mixte SIMACUR avec une délégation de service publique à Enoris (Filiale de Engie), assure la production et la distribution de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire de nombreux bâtiments publics et privés sur les deux communes. Historiquement développé depuis les années 1960, il s'est progressivement étendu pour accompagner l'urbanisation du territoire. Il alimente aujourd'hui environ **26 000 équivalents-logements** via un réseau d'environ **35 km**, desservant logements sociaux, copropriétés, établissements scolaires, équipements publics et tertiaires, avec une part significative d'usagers collectifs.

02 Ces dernières années, le réseau a fait l'objet d'une transformation visant à renforcer sa performance environnementale, notamment à travers la modernisation des installations de production (valorisation énergétique des déchets et biomasse), l'abandon complet du charbon en 2026 et l'augmentation progressive de la part d'énergies renouvelables et de récupération.

03 La température de départ estimée du réseau est de 90°C .

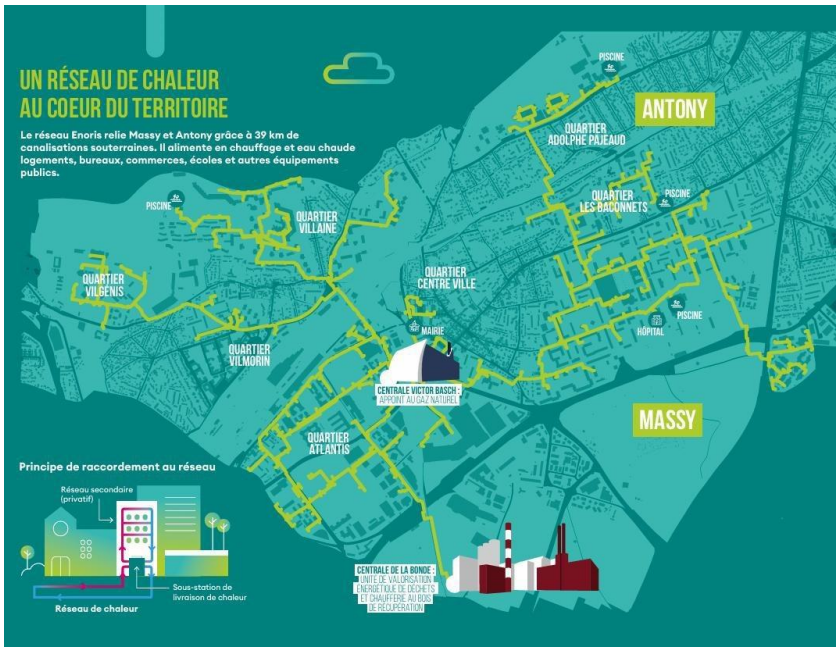


Figure 19 : Carte du réseau de chaleur, extrait de la plaquette de présentation de Enoris

04 Ce réseau utilise tout de même un appoint gaz relativement important qui représentait en 2025, 28% de son mix énergétique. Cela représente donc une production de chaleur de 72,24 GWh/an au gaz, généré par la centrale Victor Basch située dans le quartier Atlantis à Massy.

05 La chaleur du centre de données pourrait venir remplacer une partie de l'appoint au gaz naturel et ainsi participer aux efforts de décarbonation. Les besoins en chaleur de ce réseau sont estimés par convention à 2/3 de la production de chaleur au gaz naturel pour les besoins de cette évaluation. Cette estimation permet de conserver un appoint gaz en cas de forte demande.

06 Le besoin en chaleur estimée pour cette opportunité est de **48,16 GWh/an** pour le remplacement partiel de l'appoint gaz, ce qui en fait l'opportunité qui nécessiterait potentiellement le plus de chaleur parmi toutes celles étudiées.

07 La liaison entre le centre de données et la centrale au gaz du réseau de chaleur n'est pas évidente au premier abord. Elle nécessite la réalisation de 7 km de réseau aller-retour en DN350 pré-isolée. Cette liaison nécessiterait la traverser de la forêt de Verrières. La faisabilité technique et administrative d'une telle liaison devra être étudiée dans le cadre d'une étude de faisabilité détaillée, afin d'évaluer précisément cette opportunité. Il est tout à fait possible qu'une solution de micro-tunnelier doivent être envisagée pour ce raccordement.

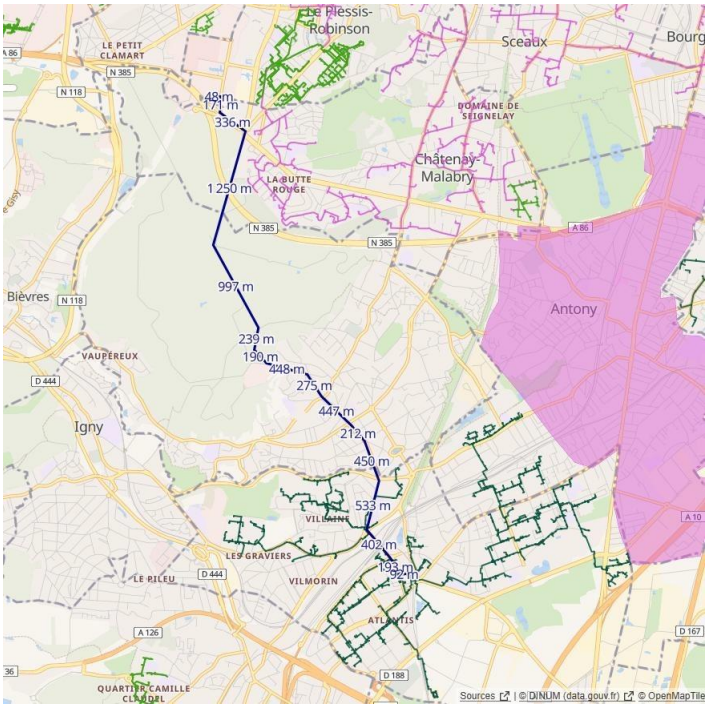


Figure 20 : Tracé (en bleu) du réseau vers la centrale Victor Basch à Massy

08 La fourniture de chaleur à basse température du centre de données n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain de Massy-Anthony. Le réseau ne peut donc pas accepter directement la chaleur du centre de données à environ 30 °C, et un raccordement direct sans rehaussement de température est considéré comme techniquement irréalisable.

09 Bien que la chaleur à basse température du centre de données ne soit pas directement compatible avec le réseau de chaleur urbain de Massy-Anthony, le développeur du centre de données souhaite soutenir la récupération de chaleur et a par conséquent exploré des options pour élever le profil de température afin de répondre aux exigences de fonctionnement du réseau. Dix pompes à chaleur eau-eau de 2 MW devraient être installées à un emplacement à déterminer pour élever la température de l'eau fournie par le centre de données d'environ 30 °C à 90°C, correspondant ainsi aux exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain. L'évaluation examine donc la faisabilité technique, économique et carbone de cette solution de rehaussement de température.

<u>Évaluation carbone</u>

10 Le scénario de référence correspond aux émissions de carbone correspondant au fonctionnement de l'installation à gaz existante, sans tenir compte de l'import de la chaleur depuis le centre de données. Les émissions de carbone à prendre en compte sont celles liées à la production de 21,2 GWh/an de puissance thermique produite à partir de l'installation gaz ainsi que l'électricité consommée par les groupes frigorifiques du centre de données qui peut être évitée.

11 En prenant en compte les économies d'énergie précitées et la consommation électrique de la pompe à chaleur pour rehausser la température, les économies de carbone liées aux opérations sont estimées à **11 077**

T CO_2/an.

10 Les émissions de carbone associées à la construction pour ce raccordement sont principalement dues à l'installation de la tuyauterie et la fourniture et mise en œuvre des systèmes pompe à chaleur. Les émissions de carbone sont estimées sur une période de 20 ans. Les émissions de carbone dues à la tuyauterie sont estimées à **280 tonnes de CO_2 par an** sur une durée de 20 ans. Les émissions de carbone dues au système de pompes à chaleur (fourniture, fonctionnement sans consommation électrique et fin de vie) sont estimées à **11 tonnes de CO_2 par an**.

Economies de carbone lié aux opérations	11 077 T CO_2/an
Emissions de CO2 évitées (incluant la phase de construction)	10 786 T CO_2/an
Valeur € annuelle	2 588 712 €

11 Remplacer le fonctionnement d'une centrale gaz par la valorisation de l'eau chaude du centre de données a un impact important sur la décarbonisation du réseau.

12 La valorisation financière des émissions évitées, calculée conformément à la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone spécifique pour le gaz (en prenant en compte la fiscalité carbone du gaz naturel), s'élève **à 51 774 240 €** sur la période 2027–2047 et constitue un bénéfice socio-économique significatif. Cela représente **65%** de l'investissement initial.

Évaluation économique

13 Une estimation financière a été effectuée, considérant les postes suivants :

1. Mise en œuvre de la tuyauterie du centre de donnée jusqu'à la centrale Victor Basch
2. Fourniture et mise en œuvre des pompes à chaleur eau/eau

14 Considérant toutes les hypothèses énoncées dans l'évaluation techniques, les coûts d'investissement pour le raccordement au RCU est estimé à **79,8 millions d'euros.**

15 Le calcul des économies d'énergie est basé sur les hypothèses suivantes :

1. Pompe à chaleur eau-eau SCOP : **3** (remontée de température 30°C à 90°C):
2. Consommation annuelle des PAC eau-eau: **16 053 MWh**
3. COP des groupes froid du centre de donnée : **6**
4. Prix du gaz **0,045 €/kWh**
5. Prix de l'électricité (RCU) **0,14 €/kWh**
6. Prix de l'électricité (centre de donnée) **0,07 €/kWh**

16 En supposant les hypothèses ci-dessus et un facteur d'utilisation de 70% des serveurs informatiques du centre données :

1. La consommation électrique du centre de données serait réduite de 5 619 MWh par an. L'économie annuelle réalisée sur les coûts d'exploitation du centre de données est estimée à **393 307 € par an**. Ce résultat est dû à la réduction de la production d'eau glacée grâce à l'utilisation de la puissance thermique exportée.
2. Les coûts annuels au RCU en remplacement du gaz s'élève à **80 267€**, en prenant en compte les consommations d'énergie induites par la pompe à chaleur pour l'augmentation de la température.
3. A cela s'ajoute les économies liées à la fiscalité carbone de **2 588 712 €** (lissée sur 20 ans).
4. Cela donne des économies totales estimées à **2 901 752 €/an**.

17 Avec un investissement initial de 54,4 millions d'euros et des économies annuelles totales (sur le centre de donnée ainsi que pour le RCU) à **2 901 752** € grâce à la réduction de la consommation d'énergie et de la fiscalité du carbone, la période de retour sur investissement actuelle est d'environ **27,5 ans.**

18 En considérant que 30% de l'investissement pourrait être financé par le fond chaleur pour ce type de raccordement, l'investissement serait réduit à 35,3 millions d'euros. Cette subvention permet de diminuer le **ROI à 19,3 ans.**

19 Pour plus de détails, voir l'annexe E.

Évaluation économique selon l'arrêté du 9 décembre 2014

20 Dans cette deuxième méthode de calcul, un taux d'inflation de 1 % et un taux d'actualisation annuel de 7,5 % sont pris en compte conformément à l'arrêté.

21 Si l'on considère à la fois le coût d'investissement des travaux et les économies d'énergie réalisées par les usagers du réseau de chaleur (et non celles réalisées par le centre de donnée) par la mise en place des pompes à chaleur eau-eau, cette opportunité se traduit par une **perte nette de 34 673 172€ sur 20 ans**.

22 Dans le scénario ou le centre de données prend en charge les coûts d'investissement du réseau et revend la chaleur au RCU ou à un tiers investisseur, cette opportunité se traduit également par une perte nette **de 30 264 233€ sur 20 ans** avec un prix de vente maximal de la chaleur de **60€/MWh**. Ce prix est limité au maximum des économies annuelles qu'auraient pu obtenir les usagers du réseau de chaleur si le maitre d'ouvrage du RCU ou son exploitant avait pris en charge les travaux de raccordement. Un prix de vente plus élevée est considéré comme inintéressant économiquement.

23 Pour plus de détails, voir l'annexe L.

Conclusion

24 L'exportation directe de chaleur du centre de données à environ 30 °C n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain de Massy-Anthony et n'est donc pas techniquement faisable sans rehaussement de température.

25 Une solution de rehaussement de température utilisant dix pompes à chaleur eau-eau d'environ 2 MW est considérée comme techniquement faisable en principe. Toutefois, cela reste soumis à la confirmation d'un emplacement d'installation approprié, de l'espace disponible, de la capacité électrique et d'un accord avec l'opérateur du réseau de chaleur urbain.

26 Sur la base des hypothèses évaluées, la solution de rehaussement de température fournirait un bénéfice carbone positif, avec des émissions nettes évitées estimées à environ 10 786 tonnes de CO_2 par an après prise en compte des émissions liées à la construction évaluées. Cette conclusion est soumise aux limites de l'évaluation carbone et au périmètre des émissions de construction incluses.

27 L'opportunité n'est pas considérée comme économiquement faisable selon la méthodologie appliquée de l'arrêté du 9 décembre 2014. L'évaluation identifie une valeur actuelle nette négative sur 20 ans, aussi bien dans le cas où le réseau de chaleur urbain finance les travaux que dans le cas où le centre de données finance le raccordement et vend la chaleur récupérée. Bien que le délai de retour sur investissement simple indicatif puisse passer d'environ 27,5 ans à 19,3 ans si une subvention de 30 % était obtenue, la disponibilité et les conditions d'une telle subvention n'ont pas été confirmées et ne modifient pas la conclusion de l'évaluation économique formelle.

28 Dans l'ensemble, l'opportunité n'est techniquement faisable qu'avec un rehaussement de température et pourrait fournir un bénéfice carbone positif, mais elle n'est pas économiquement faisable sur la base des hypothèses évaluées.

6.3.5 Réseau de chaleur de Paris

01 Le réseau de chaleur de Paris, géré par la CPCU, constitue le **premier réseau de France** et l'un des plus importants au monde, avec près de **500 km de canalisations** enterrées desservant environ 5 900 abonnés. Historiquement conçu autour d'une ossature de **transport à vapeur**, le réseau s'est engagé dans une mutation profonde pour atteindre la **neutralité carbone d'ici 2050**. Cette stratégie repose sur la transition d'un modèle centralisé vers un modèle plus décentralisé capable de capter les énergies de récupération locales.

02 Dans le cadre d'un projet de récupération de chaleur fatale, il est crucial de noter que la connexion d'un datacenter est **incompatible avec la boucle principale à vapeur**. En effet, le réseau vapeur fonctionne à une température moyenne de **235 °C**, alors que les datacenters produisent une **chaleur à très basse température**. L'injection de cette énergie nécessite donc des régimes thermiques bien plus bas, typiques des réseaux de distribution locaux.

03 Pour pallier cette incompatibilité, la Ville de Paris privilégie le développement de **Boucles d'Eau Chaude (BEC)**, qui fonctionnent à des températures inférieures à 110 °C (entre 60 °C et 70 °C en moyenne). Dans la **partie sud du territoire**, plusieurs de ces boucles offrent des opportunités de connexion immédiates, notamment les réseaux **Tombe Issoire, Paul Appell et Cité U (CIUP)** dans le 14e arrondissement, ainsi que la boucle **Edmond Roger** dans le 15e. Ces infrastructures locales sont les vecteurs privilégiés pour intégrer massivement la chaleur fatale des datacenters via des pompes à chaleur.

04 La température de départ estimée du réseau est de 70°C.

Détail des Boucles d'Eau Chaude

N° BEC	NOM BEC	Ville	Puissance installée en Station d'Echange et/ou chaufferie (kW)	régime de température départ BEC	Propriétaire BEC (CPCU= bien de retour Ville si dans Paris)	Exploitant BEC	Nombre de PDL sur la BEC	Nombre de PDL sur la BEC dans PARIS	Propriétaire des PDL
1	Tombe Issoire	PARIS	3800	80°	CPCU	CPCU	6	6	Mix
2	Paul Appell	PARIS	7800	80°C	CPCU	CPCU	11	11	CPCU
3	Percé Salpétrière	PARIS	7000	75°(14°C-105°(-7°C)	CPCU	CPCU	5	5	Mix
4	Ardennes	PARIS	50000	75°(14) - 105°(-7)	CPCU	CPCU	54	54	Mix
5	Charolais	PARIS	2500	70°(14) - 105°(-7)	CPCU	CPCU	9	9	Client
6	Cité U, CIUP	PARIS	5000	85° (14°)-105° (-7°)	CPCU	CPCU	11	11	Mix
7	Clichy Batignolles	PARIS	25000	65°C sur tube HT 50-65°C sur tube MT	CPCU	CPCU	56	56	Mix
	Chalabre Clichy	PARIS	5000		CPCU	CPCU			
8	Croix Nivert	PARIS	1800	85°C	CPCU	CPCU	5	5	Client
9	Curial Vilette	PARIS	15000	80°(15) - 90°(-7)	PARIS HABITAT	CPCU	5	5	Mix
10	Edmond Roger	PARIS	5000	80°(15) - 90°(-7)	CPCU	CPCU	16	16	CPCU
11	Ile des Vannes	SAINT DENIS	14000	75°(14) - 95°(-7)	CPCU	CPCU	7	0	Mix
12	Médiathèque	SAINT OUEN	5000	75°(14) - 105°(-7)	CPCU	CPCU	8	0	Client
13	Nation	PARIS	19000	95°(14°)C-105°(-7°)C	CPCU	CPCU	12	12	Mix
14	Paris VII	PARIS	30000	75°(14°)C-105°(-7°)C	CPCU	CPCU	47	47	Mix
15	PNE	PARIS	76000	Tube HT : 65°C - 102°C Tube MT : 40°C-60°C	CPCU	CPCU	64	64	Mix
16	PSA Asnières	ASNIERES sur SEINE	2600	65°	CPCU	CPCU	9	?	Client

Figure 21 : Détail des boucles d'eau chaude qui représenterait une connexion privilégiée au centre de données (extrait du schéma directeur du réseau de chaleur)

05 Actuellement, ce réseau de chaleur est approvisionné à moitié par des énergies fossiles (gaz, charbon, fioul,…).

06 Le besoin en chaleur estimée pour cette opportunité est de **19 GWh/an** pour le remplacement partiel des énergies fossiles.

07 Ci-dessous le tracé envisagé pour assurer la distribution de la chaleur vers Paris.

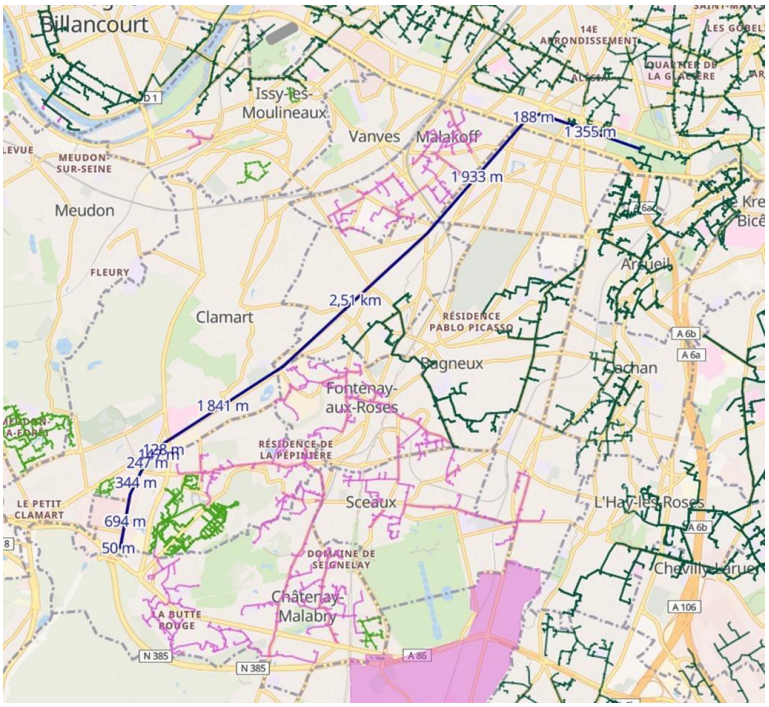


Figure 22 : Tracé (en bleu) du réseau vers les BEC de Paris

08 Le tracé bleu ci-dessus représente la création d'un **réseau aller-retour en DN300 pré-isolée sur 9,4 km.**

09 La fourniture de chaleur à basse température du centre de données n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain de Paris. Le réseau ne peut donc pas accepter directement la chaleur du centre de données à environ 30 °C, et un raccordement direct sans rehaussement de température est considéré comme techniquement irréalisable.

10 Bien que la chaleur à basse température du centre de données ne soit pas directement compatible avec le réseau de chaleur urbain de Paris, le développeur du centre de données souhaite soutenir la récupération de chaleur et a par conséquent exploré des options pour élever le profil de température afin de répondre aux exigences de fonctionnement du réseau. Cinq pompes à chaleur eau-eau de 2 MW devraient être installées à un emplacement à déterminer pour élever la température de l'eau fournie par le centre de données d'environ 30 °C à 80 °C, correspondant ainsi aux exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain. L'évaluation examine donc la faisabilité technique, économique et carbone de cette solution de rehaussement de température.

<u>Évaluation carbone</u>

10 Le scénario de référence correspond aux émissions de carbone correspondant au fonctionnement de l'installation à gaz existante, sans tenir compte de l'import de la chaleur depuis le centre de données. Les émissions de carbone à prendre en compte sont celles liées à la production de 21,2 GWh/an de puissance thermique produite à partir de l'installation gaz ainsi que l'électricité consommée par les groupes frigorifiques du centre de données qui peut être évitée.

11 En prenant en compte les économies d'énergie précitées et la consommation électrique de la pompe à chaleur pour rehausser la température, les économies de carbone liées aux opérations sont estimées à **4 484 T CO_2/an.**

12 Les émissions de carbone associées à la construction pour ce raccordement sont principalement dues à l'installation de la tuyauterie et la fourniture et mise en œuvre des systèmes pompe à chaleur. Les émissions de carbone sont estimées sur une période de 20 ans. Les émissions de carbone dues à la tuyauterie sont estimées à **376 tonnes de CO_2 par an** sur une durée de 20 ans. Les émissions de carbone dues au système de pompes à chaleur (fourniture, fonctionnement sans consommation électrique et fin de vie) sont estimées à **5 tonnes de CO_2 par an**.

Economies de carbone lié aux opérations	4 484 T CO_2/an
Emissions de CO2 évitées (incluant la phase de construction)	4 103 T CO_2/an
Valeur € annuelle	984 660 €

13 Remplacer le fonctionnement d'une centrale gaz par la valorisation de l'eau chaude du centre de données a un impact important sur la décarbonisation du réseau.

14 La valorisation financière des émissions évitées, calculée conformément à la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone spécifique pour le gaz (en prenant en compte la fiscalité carbone du gaz naturel), s'élève **à 19 693 200 €** sur la période 2027–2047 et constitue un bénéfice socio-économique significatif. Cela représente **55%** de l'investissement initial.

Évaluation économique

15 Une estimation financière a été effectuée, considérant les postes suivants :

1. Mise en œuvre de la tuyauterie du centre de donnée jusqu'au différente sous-station des boucles d'eau chaude.
2. Fourniture et mise en œuvre des pompes à chaleur eau/eau

16 Considérant toutes les hypothèses énoncées dans l'évaluation techniques, les coûts d'investissement pour le raccordement au RCU est estimé à **37,7 millions d'euros.**

17 Le calcul des économies d'énergie est basé sur les hypothèses suivantes :

1. Pompe à chaleur eau-eau SCOP : **4** (remontée de température 30°C à 70°C):
2. Consommation annuelle des PAC eau-eau: **4 750 MWh**
3. COP des groupes froid du centre de donnée : **6**
4. Prix du gaz **0,045 €/kWh**
5. Prix de l'électricité (RCU) **0,14 €/kWh**
6. Prix de l'électricité (centre de donnée) **0,07 €/kWh**

18 En supposant les hypothèses ci-dessus et un facteur d'utilisation de 70% des serveurs informatiques du centre données :

1. La consommation électrique du centre de données serait réduite de 2 217 MWh par an. L'économie annuelle réalisée sur les coûts d'exploitation du centre de données est estimée à **155 167 € par an**. Ce résultat est dû à la réduction de la production d'eau glacée grâce à l'utilisation de la puissance thermique exportée.
2. L'économie annuelle réalisée par le RCU en remplacement du gaz s'élève à **190 000€**, en prenant également en compte les consommations d'énergie induites par la pompe à chaleur pour l'augmentation de la température.
3. A cela s'ajoute les économies liées à la fiscalité carbone de **984 660 €** (lissée sur 20 ans).

4. Cela donne des économies totales estimées à **1 329 827 €/an**.

19 Avec un investissement initial de 37,7 millions d'euros et des économies annuelles totales (sur le centre de donnée ainsi que pour le RCU) à **1 329 827** € grâce à la réduction de la consommation d'énergie et de la fiscalité du carbone, la période de retour sur investissement actuelle est d'environ **28,3 ans.**

20 En considérant que 30% de l'investissement pourrait être financé par le fond chaleur pour ce type de raccordement, l'investissement serait réduit à 26,4 millions d'euros. Cette subvention permet de diminuer le **ROI à 19,8 ans.**

21 Pour plus de détails, voir l'annexe F.

Évaluation économique selon l'arrêté du 9 décembre 2014

22 Dans cette deuxième méthode de calcul, un taux d'inflation de 1 % et un taux d'actualisation annuel de 7,5 % sont pris en compte conformément à l'arrêté.

23 Si l'on considère à la fois le coût d'investissement des travaux et les économies d'énergie réalisées par les usagers du réseau de chaleur (et non celles réalisées par le centre de donnée) par la mise en place des pompes à chaleur eau-eau, cette opportunité se traduit par une **perte nette de 16 077 591€ sur 20 ans**.

24 Dans le scénario ou le centre de données prend en charge les coûts d'investissement du réseau et revend la chaleur au RCU ou à un tiers investisseur, cette opportunité se traduit également par une perte nette **de 14 337 816€ sur 20 ans**. Ce prix est limité au maximum des économies annuelles qu'auraient pu obtenir les usagers du réseau de chaleur si le maitre d'ouvrage du RCU ou son exploitant avait pris en charge les travaux de raccordement. Un prix de vente plus élevée est considéré comme inintéressant économiquement.

25 Pour plus de détails, voir l'annexe L.

Conclusion

26 L'exportation directe de chaleur du centre de données à environ 30 °C n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain de Paris et n'est donc pas techniquement faisable sans rehaussement de température.

27 Une solution de rehaussement de température utilisant cinq pompes à chaleur eau-eau d'environ 2 MW est considérée comme techniquement faisable en principe. Toutefois, cela reste soumis à la confirmation d'un emplacement d'installation approprié, de l'espace disponible, de la capacité électrique et d'un accord avec l'opérateur du réseau de chaleur urbain.

28 Sur la base des hypothèses évaluées, la solution de rehaussement de température fournirait un bénéfice carbone positif, avec des émissions nettes évitées estimées à environ 4 103 tonnes de CO_2 par an après prise en compte des émissions liées à la construction évaluées. Cette conclusion est soumise aux limites de l'évaluation carbone et au périmètre des émissions de construction incluses.

29 L'opportunité n'est pas considérée comme économiquement faisable selon la méthodologie appliquée de l'arrêté du 9 décembre 2014. L'évaluation identifie une valeur actuelle nette négative sur 20 ans, aussi bien dans le cas où le réseau de chaleur urbain finance les travaux que dans le cas où le centre de données finance le raccordement et vend la chaleur récupérée. Bien que le délai de retour sur investissement simple indicatif puisse passer d'environ 28,3 ans à 19,8 ans si une subvention de 30 % était obtenue, la disponibilité et les conditions d'une telle subvention n'ont pas été confirmées et ne modifient pas la conclusion de l'évaluation économique formelle.

30 Dans l'ensemble, l'opportunité n'est techniquement faisable qu'avec un rehaussement de température et pourrait fournir un bénéfice carbone positif, mais elle n'est pas économiquement faisable sur la base des hypothèses évaluées.

6.3.6 Réseau de chaleur du Plessis-Robinson et de Chatenay-Malabry

Evaluation technique

01 Le réseau de chaleur de Châtenay-Malabry et du Plessis-Robinson est exploité par « Réseau Terra Confort », filiale de CORIANCE. C'est CORIANCE qui a transmis une « note technique d'avant-projet – projet de valorisation de chaleur fatale produite par le Data Center […] PLESSIS DC » courant février 2026.

02 Ce réseau de chaleur représente une opportunité privilégiée pour la récupération de la chaleur fatale. Un travail d'étude de faisabilité a été lancé avec Coriance depuis 2025. Ce travail a permis d'évaluer un **besoin en chaleur de 40GWh/an.**

03 La température de départ estimée du réseau est de 70°C.

04 Réseau TERRA CONFORT

05 Le périmètre actuel du réseau couvre l'ensemble du territoire de Châtenay-Malabry et l'essentiel de la commune du Plessis-Robinson, en-dehors de la zone située à l'ouest de la RD2, c'est-à-dire le quartier « NOVEOS ».

06 Le site d'implantation du data center est directement en interface avec le réseau d'eau chaude existant (800 m à l'est-OPHLM des Hauts-de-Seine – quartier du Loup Pendu) et avec le futur quartier en reconversion développement.

07 La figure suivante donne une projection du développement à l'horizon 2028 du réseau de chauffage urbain sur le secteur (en hachuré, la zone Noveos).

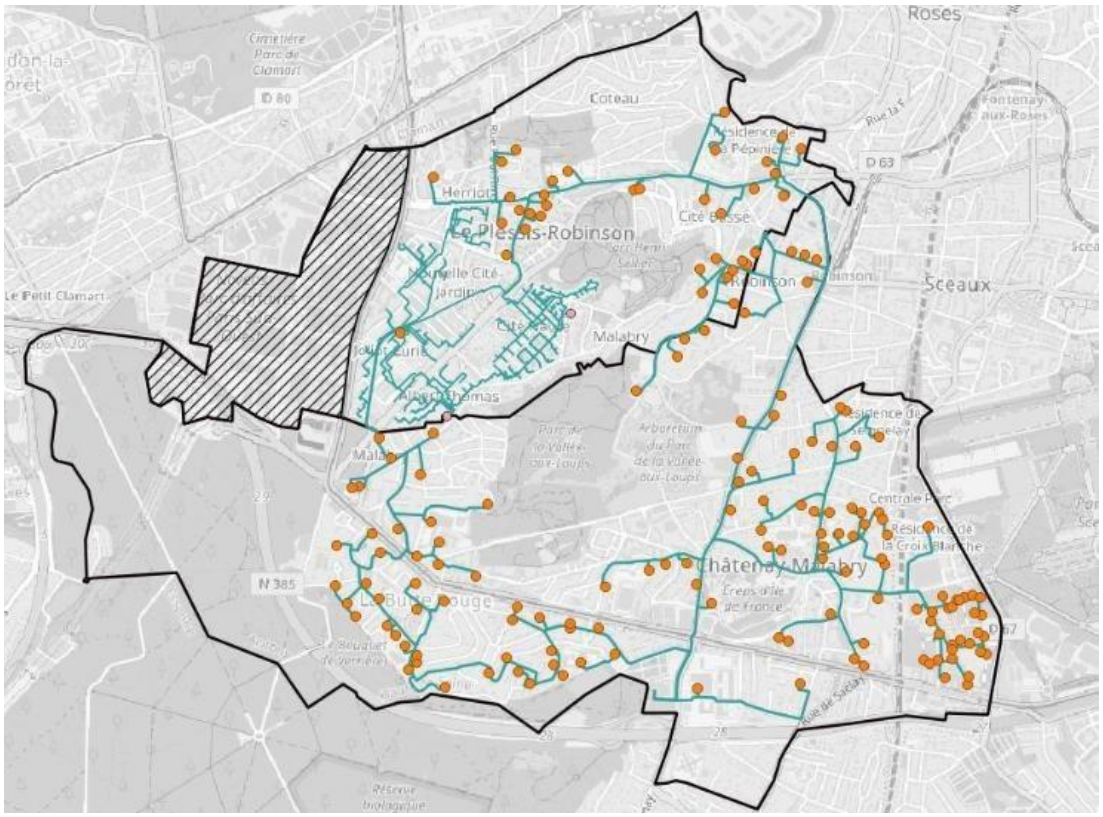
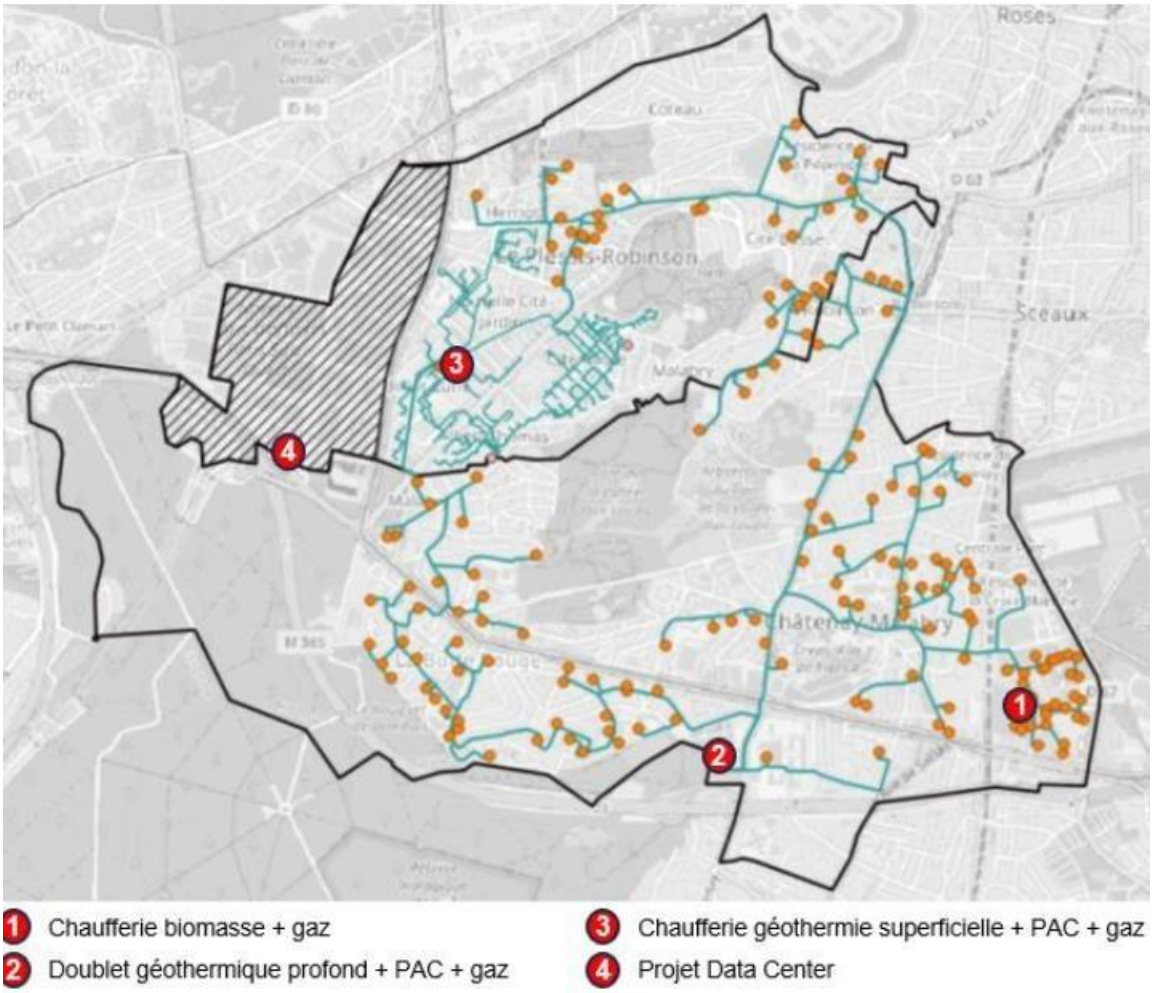


Figure 23 et 24 : Réseau de chauffage urbain développement à l'horizon 2028 par le Réseau Terra Confort, filiale de Coriance – source : Coriance.

08 Le réseau est et sera desservi par un ensemble de moyens de production actuellement en service ou en construction :

1. Une centrale géothermique profonde (Dogger) ;
2. Une centrale géothermique de moyenne profondeur (Néocomien) ;
3. Une centrale biomasse ;
4. Des pompes à chaleur (PAC) géothermiques sur les deux sites géothermiques ;
5. Des chaudières d'appoint et de secours à gaz naturel.

09 Ces moyens de production sont répartis en trois chaufferies situées à différents endroits du réseau. Ci-dessous sur la carte du réseau l'implantation de ces chaufferies, et l'emplacement du projet de centre de données.



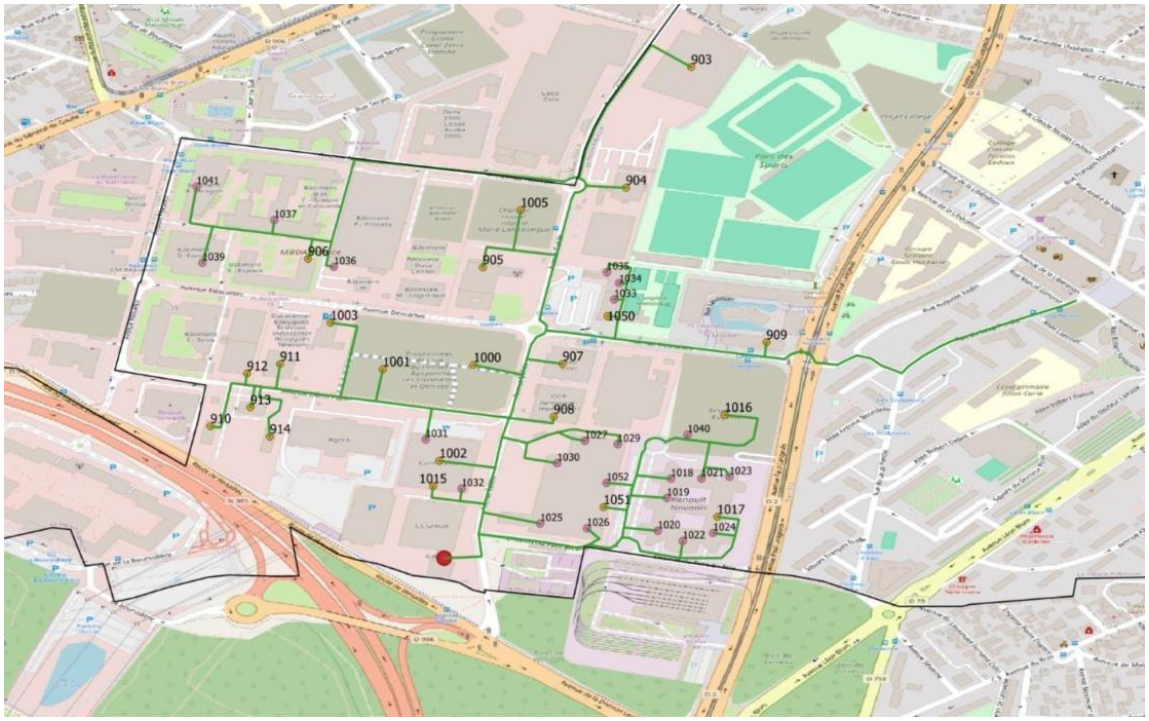
10 Une source géothermique est captée à une température stable (typiquement en Ile-de-France entre 60 et 75°C pour une géothermie au Dogger), aussi une relève de la température de l'eau chaude captée (au moyen d'une pompe à chaleur, ou d'une chaudière à gaz naturel) est nécessaire pour atteindre les températures de départ en cas de températures extérieures froides.

10 L'appoint au gaz permet de répondre aux appels de pointe, et couvre ainsi les 12% des besoins du réseau non produits par les sources d'énergie renouvelable. La lecture des résultats détaillés permet d'établir que sur le réseau, le gaz est appelé avec puissance non nulle pour un total de 2 391 heures par an, avec une moyenne de puissance de fonctionnement sur ces heures d'appel de 7,6 MW (Source Coriance). L'apport se fait en période de chauffe, en pointe, afin de contribuer à la diminution de l'utilisation du gaz naturel lors des périodes des forts appels de puissance du réseau.

11 La chaleur issue du centre de données pourra être employée uniquement à réduire la chaleur produite par des chaudières gaz. Dans nos hypothèses, la part fournie par le réseau de chaleur issu du centre de données couvrirait 2/3 du besoin, soit : 2/3x16,1 GWh soit **10,8 GWh par an.** Après évaluation technique, Coriance estime que la quantité de chaleur valorisée sera de l'ordre de **7 GWh/an** pour 900 h de fonctionnement pour ce réseau.

12 Quartier NOVEOS

13 La figure suivante donne une projection des réseaux de chauffage sur le quartier Novéos, conditionnée à l'extension de la concession de Coriance.



14

Figure 25: Proposition de tracé d'un réseau de chaleur urbain sur le quartier NOVEOS – Source : Coriance – 2026.

15 L'étude menée selon cette méthode a permis d'identifier à date sur la zone NOVEOS un potentiel de demande adressable maximum de **29 GWh par an** (soit 30 GWh/an de chaleur à produire en réintégrant les pertes réseau), avec une densité des besoins attractive et une intéressante proximité du centre de données. » (Source Coriance). A noter que le quartier « La Boursidière » au sud-ouest de l'A86 n'est pas raccordé dans le schéma directeur du nouveau réseau de chaleur urbain.

16 Opportunités locales d'exportation de chaleur en dehors des périmètres de réseaux de chaleur

17 La société Coriance évalue également des volumes entre 3 et 9 GWh/an de chaleur exportée par an au périmètre immédiat du quartier Novéos. Aux fins de cette étude, il a été fixé un besoin de chaleur de 4GWh/an exportable en dehors du périmètre de Noveos mais à travers ce réseau.

18 Etant donné que le centre de données est situé dans le périmètre du réseau de chaleur Noveos, aucun travaux de connexion supplémentaire n'est nécessaire pour pouvoir exporter la chaleur, ce qui augmente significativement la rentabilité d'une telle opération. Ainsi, dans notre analyse, seul le cout des pompes à chaleur pour rehausser la température est prise en compte.

19 La quantité totale de chaleur exportable tel que déterminé par Coriance est de 40 GWh/an.

20 La fourniture de chaleur à basse température du centre de données n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain sur le secteur de Noveos. Le réseau ne peut donc pas accepter directement la chaleur du centre de données à environ 30 °C, et un raccordement direct sans rehaussement de température est considéré comme techniquement irréalisable.

21 Bien que la chaleur à basse température du centre de données ne soit pas directement compatible avec le réseau de chaleur urbain sur le secteur de Noveos, le développeur du centre de données souhaite soutenir la récupération de chaleur et a par conséquent exploré des options pour élever le profil de température afin de répondre aux exigences de fonctionnement du réseau. Six pompes à chaleur eau-eau de 2 MW devraient être installées pour élever la température de l'eau fournie par le centre de données d'environ 30 °C à 70 °C, correspondant ainsi aux exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain. L'évaluation examine donc la faisabilité technique, économique et carbone de cette solution de rehaussement de température.

22 L'exploitation et la maintenance de ces pompes à chaleur et les consommations électriques associées seront assurées et prises en charge par le concessionnaire Coriance.

23 La partie suivante de l'étude vise à déterminer les conditions dans lesquelles ce raccordement est avantageux d'un point de vue technico-économique et carbone.

Évaluation carbone

24 Le scénario de référence correspond aux émissions de carbone correspondant au fonctionnement de l'installation à gaz d'appoint, sans tenir compte de l'import de la chaleur depuis le centre de données. Les émissions de carbone à prendre en compte sont celles liées à la production de 40 GWh/an de puissance thermique produite à partir de l'installation gaz ainsi que l'électricité consommée par les groupes frigorifiques du centre de données qui peut être évitée.

25 En prenant en compte les économies d'énergie précitées et la consommation électrique de la pompe à chaleur pour rehausser la température, les économies de carbone liées aux opérations sont estimées à **9 440 T CO_2/an.**

26 Les émissions de carbone associées à la construction pour ce projet sont dues au système de pompes à chaleur (fourniture, fonctionnement sans consommation électrique et fin de vie). Elles sont estimées à **11 tonnes de CO_2 par an**.

Economies de carbone lié aux opérations	9 440 T CO_2/an
Emissions de CO2 évitées (incluant la phase de construction)	9 430 T CO_2/an
Valeur € annuelle	2 263 080 €

27 Remplacer le fonctionnement d'une centrale gaz par la valorisation de l'eau chaude du centre de données à un impact important sur la décarbonisation du réseau.

28 La valorisation financière des émissions évitées, calculée conformément à la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone spécifique pour le gaz (en prenant en compte la fiscalité carbone du gaz naturel), s'élève **à 45 261 600 €** sur la période 2027–2047 et constitue un bénéfice socio-économique significatif. Cela représente **323%** de l'investissement initial.

Évaluation économique

29 Une estimation financière a été effectuée, considérant les postes suivants :

1. Fourniture et mise en œuvre des pompes à chaleur eau/eau

30 Considérant toutes les hypothèses énoncées dans l'évaluation techniques, les coûts d'investissement pour le raccordement au RCU est estimé à **8,8 millions d'euros.**

31 Le calcul des économies d'énergie est basé sur les hypothèses suivantes :

1. Pompe à chaleur eau-eau SCOP : **4** (remontée de température 30°C à 70°C, ce qui correspond à une eau chaude basse température)
2. Consommation annuelle des PAC eau-eau: **10 000 MWh**
3. COP des groupes froid du centre de donnée : **6**
4. Prix du gaz **0,045 €/kWh**
5. Prix de l'électricité (RCU) **0,14 €/kWh**
6. Prix de l'électricité (centre de donnée) **0,07 €/kWh**

32 En supposant les hypothèses ci-dessus et un facteur d'utilisation de 70% des serveurs informatiques du centre données :

1. La consommation électrique du centre de données serait réduite de 4 667MWh par an. L'économie annuelle réalisée sur les coûts d'exploitation du centre de données est estimée à **326 667 € par an**. Ce résultat est dû à la réduction de la production d'eau glacée grâce à l'utilisation de la puissance thermique exportée.
2. L'économie annuelle réalisée par le RCU en remplacement du gaz s'élève à **1 100 000€**, en prenant également en compte les consommations d'énergie induites par la pompe à chaleur pour l'augmentation de la température.
3. A cela s'ajoute les économies liées à la fiscalité carbone de **2 264 088 €** (lissée sur 20 ans).
4. Cela donne des économies totales estimées à **3 690 755 €/an**.

33 Avec un investissement initial de 8,8 millions d'euros et des économies annuelles totales (sur le centre de donnée ainsi que pour le RCU) à **3 690 755** € grâce à l'évolution de la fiscalité du carbone, la période de retour sur investissement actuelle est d'environ **2,4 ans.** Ce calcul est effectué à titre comparatif et prend en compte que les économies et les investissements sont réalisées par une seule entité. Puisque le développeur du centre de données finance les investissements en fournissant la chaleur gratuitement à Coriance, son retour sur investissement est de **26,9 ans**. Le retour sur investissement provient donc uniquement de l'électricité économisée par les groupes froids pour la climatisation des salles de serveurs.

34 Pour plus de détails, voir l'annexe G.

<u>Évaluation économique selon l'arrêté du 9 décembre 2014</u>

35 Dans cette deuxième méthode de calcul, un taux d'inflation de 1 % et un taux d'actualisation annuel de 7,5 % sont pris en compte conformément à l'arrêté.

36 Si l'on considère à la fois le coût d'investissement des travaux et les économies d'énergie réalisées par les usagers du réseau de chaleur (et non celles réalisées par le centre de donnée) par la mise en place des pompes à chaleur eau-eau, cette opportunité se traduit par un gain net **de 24 416 872 € sur 20 ans**.

37 Dans le scénario où le centre de données prend en charge les coûts d'investissement du réseau et revend la chaleur au RCU ou à un tiers investisseur, cette opportunité se traduit également par un gain net **de 24 971 833€ sur 20 ans** avec un prix de vente maximal de la chaleur de **101€/MWh**. Ce prix est limité au maximum des économies annuelles qu'auraient pu obtenir les usagers du réseau de chaleur si le maître d'ouvrage du RCU ou son exploitant avait pris en charge les travaux de raccordement. Néanmoins, la fourniture gratuite de cette chaleur résulte en une perte nette en valeur actuelle de 8 243 369€ sur 20 ans.

38 Pour plus de détails, voir l'annexe L.

Conclusion

39 Le scénario de base d'exportation directe de la chaleur récupérée du centre de données à environ 30 °C n'est pas compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain Terra Confort et n'est donc pas faisable sans rehaussement de température.

40 Le dispositif proposé par Coriance répond à cette incompatibilité en élevant la chaleur récupérée d'environ 30 °C à 70 °C. Le développeur du centre de données financera et réalisera les travaux situés à l'intérieur des limites du site du centre de données, incluant la mise à disposition de l'espace dédié aux installations, les échangeurs de chaleur, les pompes à chaleur eau-eau et l'infrastructure interne associée en matière de mécanique, d'électricité et de contrôle-commande. L'installation devrait comprendre six pompes à chaleur d'environ 2 MW chacune, déployées progressivement en fonction de la capacité informatique du centre de données et de l'extension du réseau de chaleur urbain au sein de la zone Noveos.

41 Coriance exploitera et entretiendra les équipements de récupération de chaleur et supportera la consommation d'électricité et les coûts d'exploitation associés. L'extension du réseau de chaleur urbain et les autres travaux situés en dehors des limites du site du centre de données resteront dans le périmètre de Coriance, sous réserve des accords techniques et commerciaux définitifs entre les parties.

42 Bien que le dispositif nécessite un investissement en capital substantiel de la part du développeur du centre de données, actuellement estimé à environ 8,8 millions d'euros, l'évaluation conclut que la solution de rehaussement de température est techniquement faisable, procure un bénéfice carbone positif significatif et est économiquement viable sur la base des hypothèses évaluées. Le dispositif est estimé permettre d'éviter environ 9 430 tonnes de CO_2 par an et de générer un bénéfice économique net positif sur la période d'évaluation de 20 ans sans recours à une subvention publique.

43 Dans l'ensemble, bien que l'exportation directe à environ 30 °C ne soit pas faisable, le dispositif de rehaussement de température proposé par Coriance est considéré comme techniquement, économiquement et carbone faisable. De plus amples détails sur la solution technique, le phasage, les interfaces, le financement et les responsabilités opérationnelles sont fournis à la Section 7.

6.3.7 Futur réseau de chaleur de Clamart

Évaluation technique

01 La ville de Clamart a récemment délégué sa compétence réseau de chaleur à l'intercommunalité Vallée Sud Grand Paris. La collectivité a engagé depuis plusieurs années des démarches en vue de développer un réseau de chaleur plus structurant à l'échelle de la ville, reposant notamment sur la valorisation de la géothermie profonde du Dogger. Des études et procédures administratives ont été lancées en ce sens. À ce stade, le projet reste toutefois en phase de définition et d'arbitrage, sans calendrier opérationnel définitivement arrêté, mais s'inscrit dans les stratégies régionales de décarbonation visant à accroître le recours aux énergies renouvelables et de récupération dans les réseaux urbains.

02 La température de départ estimée du réseau est de 70°C.

03 Une rencontre avec les responsables réseaux de chaleur de Vallée Sud Grand Paris a été effectuée le 26 mars qui nous a permis d'obtenir des informations sur le projet. Les conclusions de cette discussion étaient que le projet vise une consommation annuelle de 70GWh/an de chaleur, dont au moins **10GWh/an pourrait provenir du centre de données.**

03

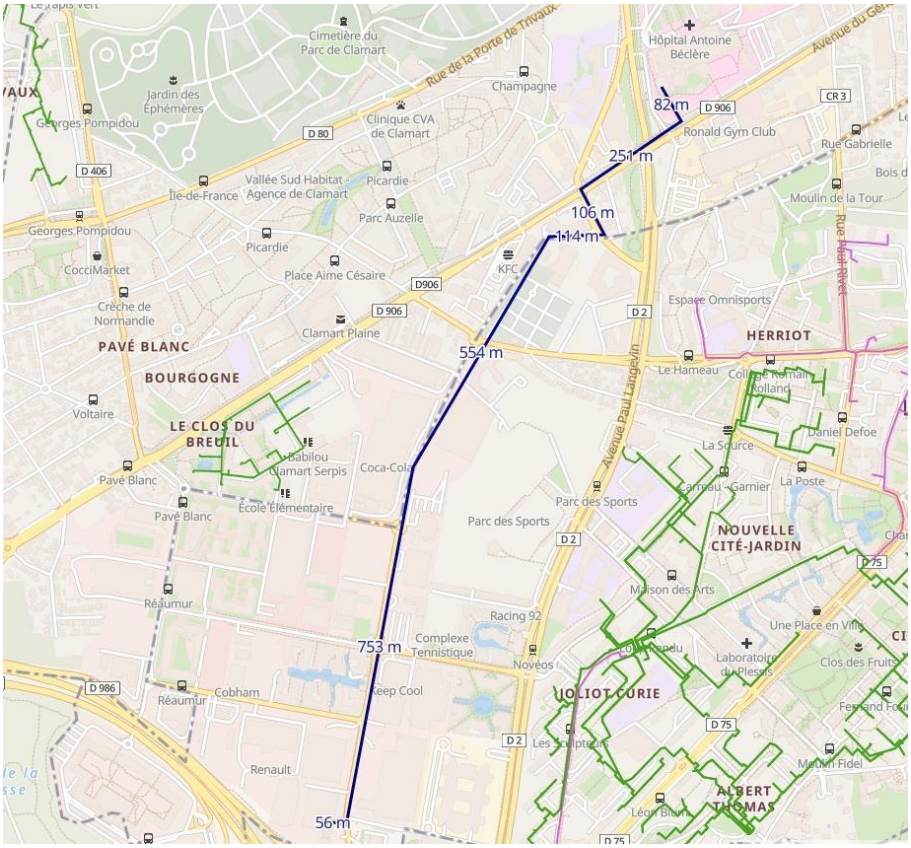


Figure 26 : Tracé (en bleu) du réseau vers la chaufferie de l'hôpital Antoine Béclère

04 Le point de livraison de la chaleur se situerait probablement au niveau de l'hôpital Antoine-Béclère, ou une chaufferie d'appoint du réseau de chaleur est prévue.

05 Le tracé bleu ci-dessus représente la création d'un **réseau aller-retour en DN200 pré-isolée sur 2km.**

06 La fourniture de chaleur à basse température du centre de données n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain de Clamart. Le réseau ne peut donc pas accepter directement la chaleur du centre de données à environ 30 °C, et un raccordement direct sans rehaussement de température est considéré comme techniquement irréalisable.

07 Bien que la chaleur à basse température du centre de données ne soit pas directement compatible avec le réseau de chaleur urbain de Clamart, le développeur du centre de données souhaite soutenir la récupération de chaleur et a par conséquent exploré des options pour élever le profil de température afin de répondre aux exigences de fonctionnement du réseau. Trois pompes à chaleur eau-eau de 2 MW devraient être installées à un emplacement à déterminer pour élever la température de l'eau fournie par le centre de données d'environ 30 °C à 70 °C, correspondant ainsi aux exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain. L'évaluation examine donc la faisabilité technique, économique et carbone de cette solution de rehaussement de température.

Évaluation carbone

08 Le scénario de référence correspond aux émissions de carbone correspondant au fonctionnement de l'installation à gaz existante, sans tenir compte de l'import de la chaleur depuis le centre de données. Les émissions de carbone à prendre en compte sont celles liées à la production de 10 GWh/an de puissance thermique produite à partir de l'installation gaz ainsi que l'électricité consommée par les groupes frigorifiques du centre de données qui peut être évitée.

09 En prenant en compte les économies d'énergie précitées et la consommation électrique de la pompe à chaleur pour rehausser la température, les économies de carbone liées aux opérations sont estimées à **2 360 T CO2/an**.

10 Les émissions de carbone associées à la construction pour ce raccordement sont principalement dues à l'installation de la tuyauterie et la fourniture et mise en œuvre des systèmes pompe à chaleur. Les émissions de carbone sont estimées sur une période de 20 ans. Les émissions de carbone dues à la tuyauterie sont estimées à **80 tonnes de CO_2 par an** sur une durée de 20 ans. Les émissions de carbone dues au système de pompes à chaleur (fourniture, fonctionnement sans consommation électrique et fin de vie) sont estimées à **3 tonnes de CO_2 par an**.

Economies de carbone lié aux opérations	2 360 T CO_2/an
Emissions de CO2 évitées (incluant la phase de construction)	2 277 T CO_2/an
Valeur € annuelle	546 444 €

10 Remplacer le fonctionnement d'une centrale gaz par la valorisation de l'eau chaude du centre de données a un impact important sur la décarbonisation du réseau.

11 La valorisation financière des émissions évitées, calculée conformément à la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone spécifique pour le gaz (en prenant en compte la fiscalité carbone du gaz naturel), s'élève **à 10 928 880 €** sur la période 2027–2047 et constitue un bénéfice socio-économique significatif. Cela représente **111%** de l'investissement initial.

Évaluation économique

12 Une estimation financière a été effectuée, considérant les postes suivants :

1. Mise en œuvre de la tuyauterie du centre de donnée jusqu'à la chaufferie de l'hôpital Antoine-Béclère
2. Fourniture et mise en œuvre des pompes à chaleur eau/eau

13 Considérant toutes les hypothèses énoncées dans l'évaluation techniques, les coûts d'investissement pour le raccordement au RCU est estimé à **10,3 millions d'euros.**

14 Le calcul des économies d'énergie est basé sur les hypothèses suivantes :

1. Pompe à chaleur eau-eau SCOP : **4** (remontée de température 30°C à 70°C):
2. Consommation annuelle des PAC eau-eau: **2 500 MWh**
3. COP des groupes froid du centre de donnée : **6**

4. Prix du gaz **0,045 €/kWh**

5. Prix de l'électricité (RCU) **0,14 €/kWh**

6. Prix de l'électricité (centre de donnée) **0,07 €/kWh**

15 En supposant les hypothèses ci-dessus et un facteur d'utilisation de 70% des serveurs informatiques du centre données :

1. La consommation électrique du centre de données serait réduite de 1 167 MWh par an. L'économie annuelle réalisée sur les coûts d'exploitation du centre de données est estimée à **81 667 € par an**. Ce résultat est dû à la réduction de la production d'eau glacée grâce à l'utilisation de la puissance thermique exportée.

2. L'économie annuelle réalisée par le RCU en remplacement du gaz s'élève à **100 000€**, en prenant également en compte les consommations d'énergie induites par la pompe à chaleur pour l'augmentation de la température.

3. A cela s'ajoute les économies liées à la fiscalité carbone de **546 444 €** (lissée sur 20 ans).

4. Cela donne des économies totales estimées à **728 111 €/an**.

16 Avec un investissement initial de 10,3 millions d'euros et des économies annuelles totales (sur le centre de donnée ainsi que pour le RCU) à **728 111** € grâce à la réduction de la consommation d'énergie et de la fiscalité du carbone, la période de retour sur investissement actuelle est d'environ **14,1 ans.**

17 En considérant que 30% de l'investissement pourrait être financé par le fond chaleur pour ce type de raccordement, l'investissement serait réduit à 7,18 millions d'euros. Cette subvention permet de diminuer le **ROI à 9,9 ans.**

18 Pour plus de détails, voir l'annexe H.

Évaluation économique selon l'arrêté du 9 décembre 2014

19 Dans cette deuxième méthode de calcul, un taux d'inflation de 1 % et un taux d'actualisation annuel de 7,5 % sont pris en compte conformément à l'arrêté.

20 Si l'on considère à la fois le coût d'investissement des travaux et les économies d'énergie réalisées par les usagers du réseau de chaleur (et non celles réalisées par le centre de donnée) par la mise en place des pompes à chaleur eau-eau, cette opportunité se traduit par une **perte nette de 1 228 793€ sur 20 ans**.

21 Dans le scénario ou le centre de données prend en charge les coûts d'investissement du réseau et revend la chaleur au RCU ou à un tiers investisseur, cette opportunité se traduit également par une perte nette **de 312 812€ sur 20 ans** avec un prix de vente maximal de la chaleur de **76€/MWh**. Ce prix est limité au maximum des économies annuelles qu'auraient pu obtenir les usagers du réseau de chaleur si le maitre d'ouvrage du RCU ou son exploitant avait pris en charge les travaux de raccordement. Un prix de vente plus élevée est considéré comme inintéressant économiquement.

22 Pour plus de détails, voir l'annexe L.

Conclusion

23 L'exportation directe de chaleur du centre de données à environ 30 °C n'est pas techniquement compatible avec les exigences de température de fonctionnement du réseau de chaleur urbain de Clamart et n'est donc pas techniquement faisable sans rehaussement de température.

24 Une solution de rehaussement de température utilisant trois pompes à chaleur eau-eau d'environ 2 MW est considérée comme techniquement faisable en principe. Toutefois, cela reste soumis à la confirmation d'un

emplacement d'installation approprié, de l'espace disponible, de la capacité électrique et d'un accord avec l'opérateur du réseau de chaleur urbain.

25 Sur la base des hypothèses évaluées, la solution de rehaussement de température fournirait un bénéfice carbone positif, avec des émissions nettes évitées estimées à environ 2 277 tonnes de CO_2 par an après prise en compte des émissions liées à la construction évaluées. Cette conclusion est soumise aux limites de l'évaluation carbone et au périmètre des émissions de construction incluses.

26 L'opportunité n'est pas considérée comme économiquement faisable selon la méthodologie appliquée de l'arrêté du 9 décembre 2014. L'évaluation identifie une valeur actuelle nette négative sur 20 ans, aussi bien dans le cas où le réseau de chaleur urbain finance les travaux que dans le cas où le centre de données finance le raccordement et vend la chaleur récupérée. Bien que le délai de retour sur investissement simple indicatif puisse passer d'environ 14,1 ans à 9,9 ans si une subvention de 30 % était obtenue, la disponibilité et les conditions d'une telle subvention n'ont pas été confirmées et ne modifient pas la conclusion de l'évaluation économique formelle.

27 Dans l'ensemble, l'opportunité n'est techniquement faisable qu'avec un rehaussement de température et pourrait fournir un bénéfice carbone positif, mais elle n'est pas économiquement faisable sur la base des hypothèses évaluées.

6.3.8 Autres opportunités de réseaux de chaleur

01 L'ensemble des réseaux de chaleur étudié est visible en annexe A. Néanmoins, certains réseaux de chaleur en construction ou cours de décarbonation n'était pas intégrés dans la base de données de France Chaleur Urbaine et on fait l'objet d'une analyse séparée :

Réseau de chaleur de Vélizy (Veligeo)

02 Le projet Véligéo à Vélizy-Villacoublay correspond à l'intégration d'une centrale de géothermie profonde au réseau de chaleur existant Vélidis, dans le cadre d'un partenariat entre la collectivité et ENGIE Solutions. Mis en service fin 2021, il permet d'alimenter environ 12 000 équivalents logements via un réseau d'environ 19 km, avec une puissance installée de l'ordre de 16 MW et une part d'énergies renouvelables supérieure à 60 %. Le système repose sur une ressource géothermale du Dogger à environ 60–65 °C, dont la valorisation est assurée par des pompes à chaleur centralisées, conduisant à un fonctionnement hybride typique des réseaux géothermiques basse température rehaussés.

03 La suite du projet consiste à transformer le réseau en réseau basse température afin d'optimiser l'exploitation de la géothermie et de permettre l'abandon du gaz naturel à court terme. Nos discussions avec les gestionnaires du réseau ont permis de conclure qu'aucune chaleur récupérée provenant du centre de données n'était nécessaire pour ce réseau de chaleur. En effet, le verdissement progressif du réseau permettra d'abandonner presque complètement l'appoint gaz.

Réseau de chaleur d'Antony

04 En dehors de ces réseaux, il a été noté le projet de réseau de chaleur de la ville d'Antony, pour lequel un marché a été lancé en 2025. En juillet 2025, le SIMACUR (syndicat de chauffage urbain Massy–Antony) a lancé une DSP / concession de service public pour concevoir, financer, construire et exploiter un *nouveau réseau de chaleur* à Antony reposant sur une géothermie profonde au Dogger (1500–2000 m) avec appoint gaz / autres sources et possibilité d'export vers Bourg-la-Reine.

05 Ce projet représente un investissement significatif (de l'ordre de 78 M€ pour les infrastructures, pour un montant global estimé à 200 M€) et vise notamment à renforcer la part d'énergies renouvelables et de récupération à l'échelle locale, tout en permettant des interconnexions avec les réseaux voisins.

06 À ce stade (mi-2026), malgré la clôture de la procédure de mise en concurrence en septembre 2025, aucune information publique claire n'atteste de l'attribution de la concession ni du démarrage opérationnel du projet. Les délibérations du conseil municipal d'Antony consultables ne mentionnent pas de décision en ce sens, ce qui s'explique par le fait que la compétence est exercée par le syndicat mixte et non directement par la commune.

07 Le réseau de chaleur urbain d'Antony n'est pas suffisamment développé ou défini pour permettre une évaluation technique, économique ou carbone. Par conséquent, le raccordement au réseau proposé n'est pas considéré comme faisable à l'heure actuelle.

Réseau de chaleur GéoSud 92

08 Le projet GéoSud92, porté par une société publique locale associant Fontenay-aux-Roses, Sceaux et Bourg-la-Reine avec le SIPPEREC, vise la création d'un réseau de chaleur géothermique profond (Dogger) d'environ 20 km, destiné à alimenter à terme près de 15 000 équivalents logements, avec une mise en service initialement prévue à partir de 2027. Toutefois, bien que le projet soit avancé sur les plans technique et organisationnel (SPL constituée, études réalisées, stratégie de raccordement engagée), son calendrier apparaît désormais incertain à la suite de la suspension des travaux de forage en 2026 par la nouvelle municipalité de Fontenay-aux-Roses, dans l'attente d'analyses complémentaires sur sa soutenabilité économique et ses impacts locaux.

09 Le réseau de chaleur urbain GeoSud92 n'est pas suffisamment développé ou défini pour permettre une évaluation technique, économique ou carbone. Par conséquent, le raccordement au réseau proposé n'est pas

considéré comme faisable à l'heure actuelle.

Réseau de chaleur GéoMalak

Le projet Géomalak, porté par une société publique locale créée en 2022 par la Ville de Malakoff et le SIPPEREC, vise la réalisation d'un réseau de chaleur alimenté par géothermie profonde du Dogger, couvrant environ 12 km et destiné à alimenter près de 8 000 équivalents logements, principalement dans le parc social et les équipements publics. D'un montant d'environ 50 M€, le projet est entré en phase travaux avec le lancement des forages fin 2024 et le déploiement du réseau en 2025, pour une mise en service prévue à l'horizon 2026.

Les besoins totaux en chaleur sont estimés à 78 GWh/an. Ces besoins seront couverts principalement par une géothermie profonde couplé avec des pompes à chaleur eau-eau. Un appoint gaz est prévue. Selon nos estimations, cet appoint ne représentera pas plus de 10% des besoins en chaleur soit 7,8 GWh/an. Le réseau étant située à approximativement 7km du projet, la distance de raccordement rend les besoins en chaleur provenant du centre de données trop petit par rapport aux montants des investissements. Ce projet n'a donc pas été présélectionné

6.4 Autres opportunités de sites individuels

01 Au-delà des réseaux de chaleur urbain, nous avons identifiés plusieurs sites industriels ou commerciaux qui présente un besoin de chaleur important. Une méthodologie de recherche et de présélections similaires à celle des réseaux de chaleur a été appliquée. Les sites étudiés sont les suivants :

Entité / Projet	Besoins énergétiques thermiques potentiels	Distance depuis le Plessis DC	Commentaires
Centre Commercial Vélizy 2	13,35 GWh/an	2,24 km	Situé à proximité du réseau de chaleur de Vélizy (Véligéo), le raccordement du centre commercial de Vélizy n'a pas de sens puisqu'il est plus intéressant pour celui-ci de se relier au RCU de Vélizy.
Emprise Somapap	4,3 GWh/an	0,20 km	Cette entreprise sera intégrée au réseau de chaleur au réseau de chaleur Noveos. De plus, un projet de requalification en logements (relié au RCU Noveos) est en cours.
Centre aquatique municipal du Plessis-Robinson	1,8 GWh/an	0,24 km	Opportunité présélectionnée. Pour le moment, elle est exclue du périmètre du réseau de chaleur Noveos. Un échange avec le maitre d'ouvrage (Vallée Sud) a été effectué.
Site de maintenance remisage SMR du tramway T10	0,75 GWh/an	0,25 km	Opportunité présélectionnée. Pour le moment, elle est exclue du périmètre du réseau de chaleur Noveos. Une prise de contact a été initié sans succès.
Hôpital Antoine Béclère 92 140 Clamart	7,0 GWh/an	2,00 km	Ce bâtiment a pour vocation d'être intégré au futur réseau de chaleur urbain de Clamart. Dans le cas où ce projet ne se réalise pas, cette opportunité pourra être étudiée.
Centre d'affaire la Boursidière Le Plessis Robinson	5,3 GWh/an	0,85 km	Opportunité présélectionnée. Pour le moment, aucun point de raccordement n'est inclus dans le réseau de chaleur Noveos vers ce centre.

02 Les sites présélectionnés font (dans la suite du rapport), l'objet d'une étude technico-économique simple (étude du retour sur investissement), et si intéressant, d'une étude du flux de trésorerie sur 20 ans selon le cahier des charges de l'arrêté du 9 décembre 2014.

6.4.2 Centre aquatique du Plessis-Robinson

Évaluation technique

01 Au Plessis-Robinson, la piscine municipale du Hameau a fait l'objet d'un vaste programme de reconstruction visant à créer un **nouveau complexe aquatique et sportif** adapté aux besoins actuels des usagers et aux standards environnementaux. L'ancien équipement, devenu obsolète, a été démoli puis remplacé par un centre moderne comprenant plusieurs bassins (sportif, apprentissage, ludique et balnéothérapie), ainsi que des espaces complémentaires dédiés au bien-être et aux activités sportives (fitness, dojo). Le projet s'inscrit dans la requalification du quartier du parc des sports.

02 Portée par l'établissement public territorial Vallée Sud – Grand Paris, cette opération constitue un investissement structurant (de l'ordre de **20 à 25 M€**) intégrant également la reconstruction d'une tribune et des équipements associés. Le nouveau complexe, prévu pour une mise en service à partir de 2027. L'équipement vise ainsi à réduire ses consommations énergétiques tout en offrant une installation durable et évolutive, contribuant à la modernisation des équipements publics du territoire.

03 La température du système est estimée à 55°C.

04 Une rencontre a été effectuée avec la maitrise d'ouvrage de ce projet le 26 mars 2026 afin d'évaluer la possibilité d'approvisionner la piscine en chaleur provenant du centre de données. Des données techniques ont été communiquées qui permettent d'estimer les besoins de cette installation.

05 L'approvisionnement en chaleur est principalement prévu par des énergies renouvelables :

1. Chaudières numériques pour le préchauffage de l'eau
2. Pompes à chaleur AIR/EAU
3. Chaudières gaz à condensation en appoint et secours
4. Récupération de chaleur sur la condensation des fumées d'échappements, sur la CTA (avec PAC dédiée), sur le débit de fuite des eaux des bassins, sur les eaux des douches et sur l'air rejeté des PAC air/eau

5.3. ESTIMATIONS PROVISOIRES DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

Le détail des hypothèses et résultats sont disponibles dans le rapport STD. L'estimation des consommations énergétiques PRO sont :

Consommations	Unité	Objectifs	Projet
Consommation de chaleur liée au chauffage de la halle bassins	kWh/m²HALLE.an	< 70	34
Consommation de chaleur liée des locaux annexes	kWh/m²LOCAUX.an	< 50	4
Consommation de chaleur liée au chauffage des bassins intérieurs	kWh/m²BASSINS.an	< 1800	467
Consommation en énergie finale pour la production de chaleur	kWHEF/m² TOTAL BASSINS.an	< 2200	728
Consommations totales d'électricité en énergie finale (hors électricité consommé pour produire de la chaleur comptabilisé)	kWhEF/m²TOTAL BASSINS.an	< 1000	816

Les estimations des consommations au stade PRO respectent les objectifs visés pour la piscine et les locaux annexes.

Figure 27 : Tableau des estimations de consommations d'énergie issue de la note environnementale de la phase DCE

06 Ainsi la consommation de chaleur totale de la piscine estimée de la piscine est de 728 kWh/m2.an x 3000 m² soit 2,18 GWh/an.

07 De cette chaleur, on peut considérer que seulement **1,8 GWh/an** pourrait être assurée grâce à la chaleur fatale du campus. Celle-ci pourrait venir en remplacement des pompes à chaleur air/eau. Les économies d'énergie proviendraient donc de la différence d'efficacité entre une PAC air/eau (estimé à un COP autour de 3) et une PAC eau/eau (avec un COP estimé à 6).

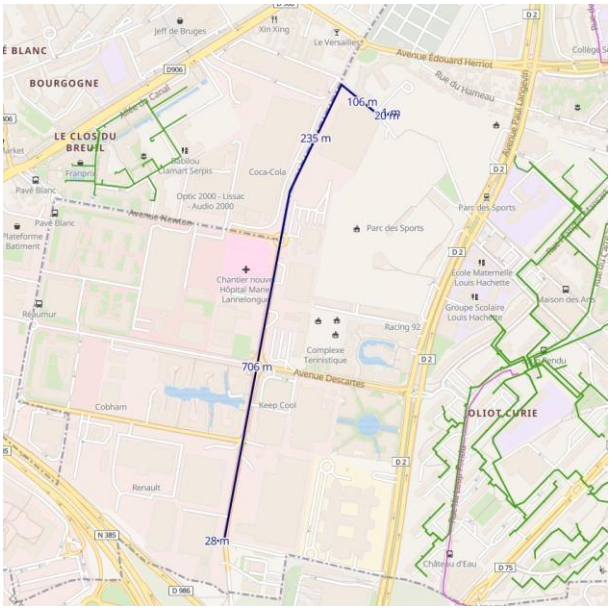


Figure 28 : Tracé de la création d'un raccordement depuis le centre de données

08 Le tracé bleu ci-dessus représente la création d'un réseau aller-retour en DN100 pré-isolée sur 1100m.

09 Une pompe à chaleur eau-eau de 450kW devra être mise en œuvre à proximité dans la chaufferie du réseau de chaleur afin d'augmenter la température de l'eau de 30°C à 55°C. La faisabilité d'une telle installation dépend de la place disponible dans la chaufferie ou autour. Il est possible également d'installer ces pompes à chaleur dans le sous-sol du centre de données mais avec une connexion électrique dédiée (voir paragraphe 7.3).

Évaluation carbone

Economies de carbone lié aux opérations	24 T CO_2/an
Emissions de CO2 évitées (incluant la phase de construction)	-21 T CO_2/an
Valeur € annuelle	- 1 280 €

10 La valorisation financière des émissions évitées, calculée conformément à la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone spécifique pour l'électricité), s'élève **à – 25 610 €** sur la période 2027–2047, ce qui rend l'opération non avantageuse d'un point de vue carbone.

Évaluation économique

10 Une estimation financière a été effectuée, considérant les postes suivants :

1. Mise en œuvre de la tuyauterie du centre de donnée jusqu'à la chaufferie de la piscine.
2. Fourniture et mise en œuvre des pompes à chaleur eau/eau

11 Considérant toutes les hypothèses énoncées dans l'évaluation techniques, les coûts d'investissement pour le raccordement au RCU est estimé à **3,60 millions d'euros.**

12 Le calcul des économies d'énergie est basé sur les hypothèses suivantes :

1. Pompe à chaleur eau-eau SCOP : **6** (remontée de température 30°C à 55°C):
2. Consommation annuelle des PAC eau-eau: **300 MWh**
3. COP des groupes froid du centre de donnée : **6**
4. Prix de l'électricité (RCU) **0,14 €/kWh**
5. Prix de l'électricité (centre de donnée) **0,07 €/kWh**

13 En supposant les hypothèses ci-dessus et un facteur d'utilisation de 70% des serveurs informatiques du centre données :

1. La consommation électrique du centre de données serait réduite de 210 MWh par an. L'économie annuelle réalisée sur les coûts d'exploitation du centre de données est estimée à **14 700 € par an**. Ce résultat est dû à la réduction de la production d'eau glacée grâce à l'utilisation de la puissance thermique exportée.
2. L'économie annuelle réalisée par le centre aquatique en remplacement de la pompe à chaleur air/eau s'élève à **84 000 €**, en prenant également en compte les consommations d'énergie induites par la pompe à chaleur pour l'augmentation de la température.
3. A cela s'ajoute les coûts supplémentaires liées à la fiscalité carbone de **– 1 280 €** (lissée sur 20 ans).
4. Cela donne des économies totales estimées à **97 420 €/an**.

14 Avec un investissement initial de **3,6 millions d'euros** et des économies annuelles totales (sur le centre de donnée ainsi que pour le RCU) à **97 420** €, la période de retour sur investissement actuelle est d'environ **36,9 ans.**

15 En considérant que 30% de l'investissement pourrait être financé par le fond chaleur pour ce type de raccordement, l'investissement serait réduit à 13,6 millions d'euros. Cette subvention permet de diminuer le **ROI à 25,8 ans.**

16 Pour plus de détails, voir l'annexe I.

17 En vue de la rentabilité économique sur ce projet, il est préférable d'envisager un raccordement du centre aquatique au réseau de chaleur du quartier Noveos, et non directement au centre de données.

6.4.3 Site de maintenance remisage SMR du tramway T10

Évaluation technique

01 Le site de remisage et de maintenance du tramway T10 est un bâtiment de maintenance pour le tramway T10 construit en 2022. Son maitre d'ouvrage est Ile de France Mobilité, et son opérateur actuel est RATP CAP Bièvre.

02 Ce bâtiment est situé à proximité immédiate du site et n'a pas été intégré dans le périmètre Noveos du réseau de chaleur par l'opérateur Coriance, étant situé sur la commune de Chatenay-Malabry.

03 Etant donné, son année de construction, ce bâtiment est soumis au décret tertiaire et donc présente une consommation d'énergie finale limité en valeur absolue à partir de 2030. Cette valeur est de 170kWh/ m2/an Pour une surface de 6000m2, la consommation d'énergie de la partie CVC du bâtiment est limité à 1GWh/an. Une valeur de **750MWh/an** sera par conséquent retenue pour cette étude.

04 Ce bâtiment n'est pas identifié dans la base de données de France Chaleur Urbaine comme consommateur de gaz. L'hypothèse prise est donc qu'il est chauffé à l'aide de PAC air/eau. Les économies d'énergie peuvent donc provenir de la différence d'efficacité entre une PAC air/eau et une PAC eau/eau.

05 Ci-dessous le tracé envisagé pour assurer la distribution de la chaleur vers le bâtiment :



Figure 17 : Tracé (en bleu) du réseau vers le site de maintenance de la RATP

06 Le tracé bleu ci-dessus représente la création d'un **réseau aller-retour en DN100 pré-isolée sur 250m.**

07 Une **pompe à chaleur eau-eau de 375kW** devra être mise en œuvre à proximité du bâtiment afin d'augmenter la température de l'eau de 30°C à 70°C. La faisabilité d'une telle installation dépend avant tout du système de chauffage déjà en place sur le site. Il est possible également d'installer ces pompes à chaleur dans le sous-sol du centre de données mais avec une connexion électrique dédiée (voir paragraphe 7.3).

Évaluation carbone

Economies de carbone lié aux opérations	17 T CO_2/an
Emissions de CO2 évitées (incluant la phase de construction)	6 T CO_2/an
Valeur € annuelle	371 €

10 La valorisation financière des émissions évitées, calculée conformément à la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone spécifique pour l'électricité), s'élève **à 7 411 €** sur la période 2027–2047.

Évaluation économique

11 Une estimation financière a été effectuée, considérant les postes suivants :

1. Mise en œuvre de la tuyauterie du centre de donnée jusqu'au local technique du site
2. Fourniture et mise en œuvre des pompes à chaleur eau/eau

12 Considérant toutes les hypothèses énoncées dans l'évaluation techniques, les coûts d'investissement pour le raccordement au RCU est estimé à **1,28 millions d'euros.**

13 Le calcul des économies d'énergie est basé sur les hypothèses suivantes :

1. Pompe à chaleur eau-eau SCOP : **4** (remontée de température 30°C à 70°C):
2. Consommation annuelle des PAC eau-eau: **187,5 MWh**
3. COP des groupes froid du centre de donnée : **6**
4. Prix de l'électricité (site RATP) **0,16 €/kWh**
5. Prix de l'électricité (centre de donnée) **0,07 €/kWh**

14 En supposant les hypothèses ci-dessus et un facteur d'utilisation de 70% des serveurs informatiques du centre données :

1. La consommation électrique du centre de données serait réduite de 22 MWh par an. L'économie annuelle réalisée sur les coûts d'exploitation du centre de données est estimée à **1 531 € par an**. Ce résultat est dû à la réduction de la production d'eau glacée grâce à l'utilisation de la puissance thermique exportée.
2. L'économie annuelle réalisée par le site RATP en remplacement de l'électricité utilisé pour les pompes à chaleur air/eau s'élève à **30 000€**, en prenant également en compte les consommations d'énergie induites par la pompe à chaleur eau/eau pour l'augmentation de la température.
3. A cela s'ajoute les économies liées à la fiscalité carbone de **371 €** (lissée sur 20 ans).
4. Cela donne des économies totales estimées à **31 902 €/an**.

15 Avec un investissement initial de 1,28 millions d'euros et des économies annuelles totales (sur le centre de donnée ainsi que pour le RCU) à **31 902** € grâce à la réduction de la consommation d'énergie et de la fiscalité du carbone, la période de retour sur investissement actuelle est d'environ **40,2 ans.** Cette opportunité ne serait pas admissible aux conditions des subventions du fonds chaleur (minimum 1GW/h de besoin en énergie)

16 Pour plus de détails, voir l'annexe J.

6.4.4 Centre d'affaires de la Boursidière

Évaluation technique

01 Le centre d'affaires de la Boursidière, situé au Plessis-Robinson, constitue l'un des principaux pôles tertiaires du territoire, intégré au parc d'activités de Noveos. Développé dès les années 1970, il regroupe aujourd'hui un ensemble de **16 bâtiments de bureaux représentant environ 60 000 à 65 000 m²**, accueillant plusieurs dizaines d'entreprises et près de 2 000 salariés.

02 Ce bâtiment est situé à proximité immédiate du centre de données est situé dans le périmètre Noveos du réseau de chaleur par l'opérateur Coriance, étant situé sur la commune du Plessis. Néanmoins, aucun point de livraison vers ce bâtiment n'a été considéré dans les cartes préliminaires de ce réseau. Il est possible qu'une raison technique soit la cause de cette absence de point de livraison (ex. : passage sous l'autoroute A86, système de chauffage du bâtiment incompatible avec la chaleur,…), cependant nous n'avons pas eu d'informations supplémentaires à ce sujet.

03 Le site France Chaleur urbaine estime les besoins en chaleur du bâtiment à 7,95 GWh/an. Les besoins en chaleur provenant du centre de données sont estimés par convention à 2/3 des besoins totaux en chaleur **soit 5,30 GWh/an.**

04 Ce bâtiment n'est pas identifié dans la base de données de France Chaleur Urbaine comme consommateur de gaz. L'hypothèse prise est donc qu'il est chauffé à l'aide de PAC air/eau. Les économies d'énergie peuvent donc provenir de la différence d'efficacité entre une PAC air/eau et une PAC eau/eau.

05 Ci-dessous le tracé envisagé pour assurer la distribution de la chaleur vers le bâtiment :

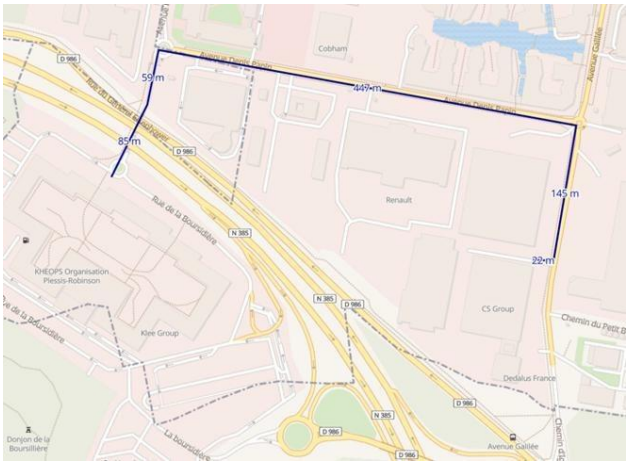


Figure 17 : Tracé (en bleu) du réseau vers le site de maintenance de la RATP

06 Le tracé bleu ci-dessus représente la création d'un **réseau aller-retour en DN150 pré-isolée sur 850m.**

07 Une **pompe à chaleur eau-eau de 2,7MW** devra être mise en œuvre dans le bâtiment afin d'augmenter la température de l'eau de 30°C à 70°C. La faisabilité d'une telle installation dépend avant tout du système de chauffage déjà en place sur le site.

Évaluation carbone

Economies de carbone lié aux opérations	138 T CO_2/an
Emissions de CO2 évitées (incluant la phase de construction)	103 T CO_2/an
Valeur € annuelle	6 341 €

08 La valorisation financière des émissions évitées, calculée conformément à la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone spécifique pour l'électricité), s'élève **à 126 814 €** sur la période 2027–2047.

Évaluation économique

09 Une estimation financière a été effectuée, considérant les postes suivants :

1. Mise en œuvre de la tuyauterie du centre de donnée jusqu'au local technique du bâtiment
2. Fourniture et mise en œuvre des pompes à chaleur eau/eau

10 Considérant toutes les hypothèses énoncées dans l'évaluation techniques, les coûts d'investissement pour le raccordement au RCU est estimé à **3,73 millions d'euros.**

11 Le calcul des économies d'énergie est basé sur les hypothèses suivantes :

1. Pompe à chaleur eau-eau SCOP : **4** (remontée de température 30°C à 70°C):
2. Consommation annuelle des PAC eau-eau: **1 325 MWh**
3. COP des groupes froid du centre de donnée : **6**
4. Prix de l'électricité (centre d'affaires) : **0,14 €/kWh**
5. Prix de l'électricité (centre de donnée) **0,07 €/kWh**

12 En supposant les hypothèses ci-dessus et un facteur d'utilisation de 70% des serveurs informatiques du centre données :

1. La consommation électrique du centre de données serait réduite de 618 MWh par an. L'économie annuelle réalisée sur les coûts d'exploitation du centre de données est estimée à **43 283 € par an**. Ce résultat est dû à la réduction de la production d'eau glacée grâce à l'utilisation de la puissance thermique exportée.
2. L'économie annuelle réalisée par les opérateurs du bâtiment en remplacement de l'électricité utilisé pour les pompes à chaleur air/eau s'élève à **0€**, en prenant également en compte les consommations d'énergie induites par la pompe à chaleur eau/eau pour l'augmentation de la température.
3. A cela s'ajoute les économies liées à la fiscalité carbone de **6 341€** (lissée sur 20 ans).
4. Cela donne des économies totales estimées à **49 624 €/an**.

13 Avec un investissement initial de 3,73 millions d'euros et des économies annuelles totales (sur le centre de donnée ainsi que pour le RCU) à **49 624** € grâce à la réduction de la consommation d'énergie du centre de données et de la fiscalité du carbone, la période de retour sur investissement actuelle est d'environ **15,8 ans.**

14 En considérant que 30% de l'investissement pourrait être financé par le fond chaleur pour ce type de raccordement, l'investissement serait réduit à 2,61 millions d'euros. Cette subvention permet de diminuer le **ROI à 11,1 ans.**

15 Pour plus de détails, voir l'annexe K.

Évaluation économique selon l'arrêté du 9 décembre 2014

16 Dans cette deuxième méthode de calcul, un taux d'inflation de 1 % et un taux d'actualisation annuel de 7,5 % sont pris en compte conformément à l'arrêté.

17 Si l'on considère à la fois le coût d'investissement des travaux et les économies d'énergie réalisées par les usagers du réseau de chaleur (et non celles réalisées par le centre de donnée) par la mise en place des pompes à chaleur eau-eau, cette opportunité se traduit par une **perte nette de 2 683 162€ sur 20 ans**.

18 Dans le scénario ou le centre de données prend en charge les coûts d'investissement du réseau et revend la chaleur au RCU ou à un tiers investisseur, cette opportunité se traduit également par une **perte nette de 2 122 351€ sur 20 ans** avec un prix de vente maximal de la chaleur nul. Un prix de vente positif est considéré comme inintéressant économiquement.

19 Pour plus de détails, voir l'annexe L.

7.0 PLESSIS DC - CONCEPTION DE VALORISATION DE LA CHALEUR FATALE

7.1 Capacité de valorisation de la chaleur fatale du centre de données

01 Le centre de données du Plessis constitue une source potentielle de chaleur fatale valorisable. L'énergie thermique produite par les équipements informatiques est récupérée par les installations de refroidissement et peut être transférée vers des usages externes.

02 La puissance thermique disponible varie en fonction de l'activité réelle du centre de données. Elle est directement corrélée à la consommation électrique des équipements informatiques : plus la charge informatique est élevée, plus le potentiel de récupération de chaleur est important.

03 Cette caractéristique implique que la puissance de chaleur valorisable sera évolutive au cours de la vie du projet et devra être prise en compte dans le dimensionnement des infrastructures de récupération et dans la stratégie de déploiement des capacités de valorisation.

04 La chaleur récupérée est initialement disponible sous forme d'eau chaude basse température (30°C). Les différents régimes de température envisageables ainsi que leurs implications techniques sont présentés dans les paragraphes suivants.

7.1.1 Valorisation directe à basse température (30°C)

01 La chaleur disponible immédiatement sur site est classée comme de la chaleur à basse température. La température de retour de l'eau de refroidissement dans chaque salle informatique sera de 30 °C. Cette chaleur passera par un échangeur de chaleur à plaques, avec une perte de 1°C. Cela signifie que la température utilisable du côté sortie (température de la chaleur exportée) devrait être de 29°C.

02 Les avantages et les inconvénients de cette option sont énumérés ci-dessous.

Tableau 5 : Avantages et inconvénients de la chaleur fatale à basse température.

Avantages	Inconvénients
Coût d'investissement réduit	Utilisateurs limités
Faible consommation d'énergie	Diamètres de la tuyauterie plus importants que pour des réseaux « eau haute température »
Faible encombrement (environ 150 $m^{2)}$ de locaux techniques dans le bâtiment sont suffisants)	
Moins de perte de chaleur si l'eau parcourt une plus grande distance (plus de 2 km)	

7.1.2 Valorisation avec rehaussement de température (70°C)

01 La chaleur à basse température issue d'un centre de données n'est pas intrinsèquement inadaptée à la réutilisation. Elle peut être compatible avec des réseaux de chauffage à basse température, certains usages industriels ou commerciaux, ou des bâtiments conçus avec une très faible demande de chauffage. Cependant, ces possibilités sont souvent limitées en pratique. Les bâtiments neufs à haute performance peuvent nécessiter relativement peu de chaleur, tandis que les réseaux de chaleur urbains existants et les systèmes résidentiels conventionnels fonctionnent généralement à des températures nettement supérieures aux quelque 30 °C de chaleur disponible en sortie du centre de données.

02 Il existe donc un décalage pratique entre la disponibilité de la chaleur récupérable et l'infrastructure ou la demande nécessaire pour l'utiliser. Dans certains emplacements, aucun réseau de chaleur ou utilisateur final

approprié n'existe. Lorsqu'un réseau existe, sa température de fonctionnement peut être incompatible avec l'utilisation directe de la chaleur à basse température du centre de données. Dans ces cas, des pompes à chaleur eau-eau ou d'autres équipements de rehaussement de température seraient nécessaires pour élever la chaleur à la température requise par le réseau, souvent environ 70 °C, avec les coûts d'investissement, la consommation d'électricité et l'impact carbone associés.

03 Les avantages et les inconvénients de cette option sont énumérés ci-dessous.

Tableau 6 : Avantages et inconvénients de la chaleur fatale à 70 °C

Avantages	Inconvénients
Permet la compatibilité avec les réseaux de chaleur urbains existants ou projetés à plus haute température et les systèmes de chauffage conventionnels	Dissipation thermique importante si l'eau parcours de longues distances (plus de 2 km)
Peut augmenter la quantité de chaleur pouvant être exportée lorsque des utilisateurs appropriés à basse température ne sont pas disponibles.	Plus grand espace requis sur site (environ 700 m² pour les pompes à chaleur et les échangeurs thermiques par 10 MW de chaleur récupérée)
	Une puissance électrique supplémentaire est nécessaire pour augmenter la température de l'eau, ce qui réduit la puissance disponible sur site pour l'informatique
	Coûts d'investissement et d'exploitation plus élevés

7.1.3 Dissipation thermique dans les canalisations

01 Le calcul des pertes thermiques dans les canalisations est important pour dimensionner correctement le réseau de valorisation de la chaleur fatale. Les pertes dans les canalisations correspondent à l'énergie perdue sous forme de chaleur à travers la tuyauterie. Pour l'exportation de chaleur fatale, ces pertes sont critiques car elles réduisent directement la quantité d'énergie utilisable par l'utilisateur final. L'isolation de la tuyauterie réduit considérablement les pertes thermiques, mais ne les élimine pas complètement.

02 Plus la chaleur doit parcourir une longue distance dans le réseau, plus les pertes sont importantes. La distance devient par conséquent un facteur limitant ; au-delà d'une certaine distance, l'exportation de chaleur peut ne plus être viable sur le plan technique ou économique.

03 Plus la différence de température entre le fluide dans la tuyauterie et le sol environnant augmente, plus les pertes de chaleur augmentent. Comme la température du sol reste stable tout au long de l'année (environ 12°C), on peut dire que plus la température de la chaleur fatale augmente, plus les pertes de chaleur du système par mètre de longueur sont importantes, à condition que les autres paramètres restent constants.

04 D'un point de vue technique, l'exportation de la chaleur fatale d'un centre de données est faisable. Dans les applications pratiques, les réseaux de chaleur fonctionnent généralement de manière efficace dans un rayon allant jusqu'à 5 km pour les grandes installations dont la demande thermique est d'environ 10 MW ou plus. Pour les installations plus petites dont la puissance thermique est moindre, le rayon doit être réduit à environ 2 km afin de garantir la viabilité économique.

7.2 Choix techniques

7.2.1 Principe retenu pour la valorisation de la chaleur

01 Le principe retenu consiste donc à récupérer la chaleur fatale à basse température, puis à en relever la température au moyen de pompes à chaleur eau-eau afin d'obtenir une température de distribution d'environ 70 °C compatible avec les exigences du réseau du Plessis-Robinson.

02 Les installations projetées permettront à terme une capacité de valorisation de 12 MWth, ce qui correspond aux exigences maximales de chaleur demandées par Coriance. Afin d'accompagner la montée en charge progressive du centre de données, cette capacité sera déployée par phases successives et en fonction de la réalisation effective des travaux d'extension du réseau de chaleur sur le secteur de Noveos (voir partie 7.2.2).

03 La limite de prestation actuellement envisagée pour le centre de données porte sur la fourniture de la chaleur à basse température ainsi que sur la mise à disposition des pompes à chaleur et des espaces techniques nécessaires à l'installation des équipements de valorisation. Le schéma de répartition définitif des responsabilités entre le centre de données et l'exploitant du réseau de chaleur devra être confirmé lors des prochaines phases de conception du projet.

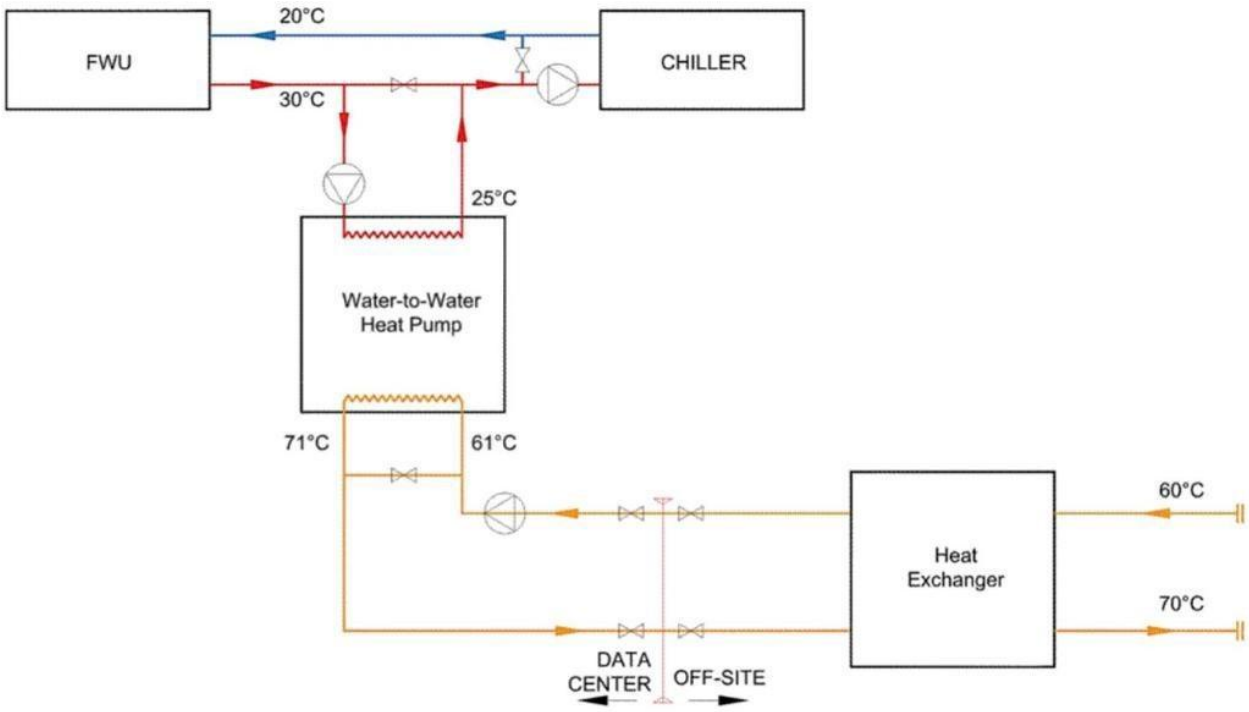


Figure 29 : Aperçu simplifié du principe de valorisation de la chaleur fatale

04 L'exploitation, la maintenance et le pilotage des équipements de valorisation thermique resteraient à la charge de l'exploitant du réseau de chaleur.

05 Une salle technique dédiée à la valorisation thermique est prévue au sous-sol du bâtiment. Cette salle disposera d'une surface minimale de 484 m² ainsi que d'un accès indépendant permettant les opérations d'exploitation, de maintenance et de remplacement des équipements.

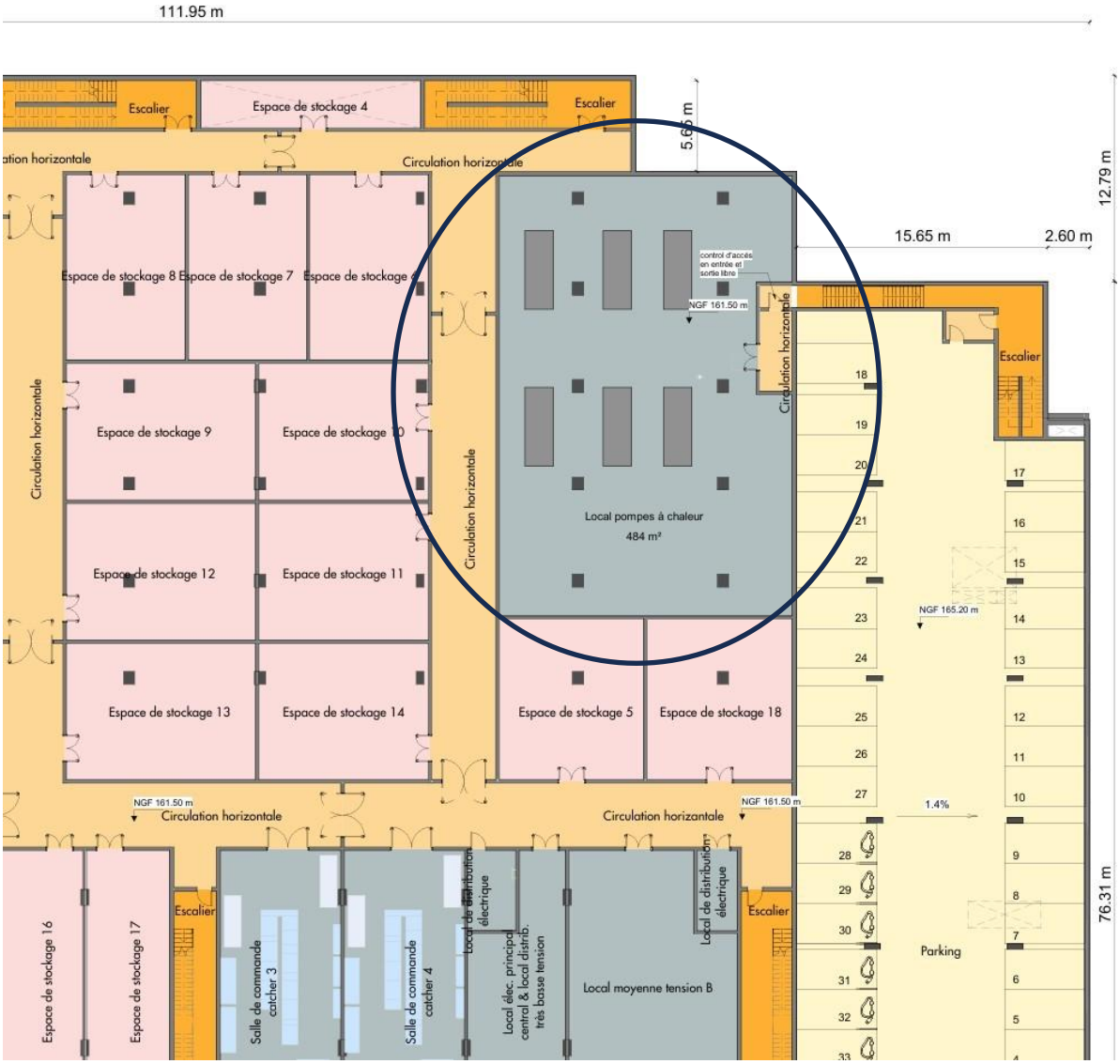


Figure 30 : Extrait du plan du sous-sol – Source : Architectes.

06 De plus, des mesures conservatoires sont prévues afin de permettre l'augmentation de la quantité de chaleur Exportée.

07 En conséquence, toute extension future des capacités de récupération de chaleur nécessitant un rehaussement de température par pompe à chaleur devra être réalisée au sein d'installations externes dédiées disposant de leur propre alimentation électrique ;

7.2.2 Phasage de la récupération de chaleur

01 Afin d'assurer une montée progressive de la puissance de calcul et de permettre la récupération de chaleur même en situation dégradé, le système de récupération de chaleur sera installé par phase de 4MWth:

1. Phase 1 : 4MWth (2 pompes à chaleur)
2. Phase 2 : 8 MWth (2 pompes à chaleur)
3. Phase 3 : 12MWth (2 pompes à chaleur)

02 Il est précisé que le nombre de pompes à chaleur pourra évoluer dans la suite des études, en fonction du choix et des caractéristiques des équipements, pour atteindre la puissance thermique par phase.

03 Une évaluation complète a été menée afin d'identifier les opportunités de récupération de chaleur susceptibles de permettre d'atteindre un Energy Reuse Factor (ERF) pouvant aller jusqu'à 20 % pour le centre de données. Cette évaluation a inclus des échanges avec les réseaux de chaleur existants et planifiés ainsi qu'avec d'autres utilisateurs potentiels de chaleur situés dans la zone environnante, de même que des analyses techniques, économiques et carbone des opportunités identifiées.

04 La chaleur récupérée directement du système de refroidissement du centre de données sera disponible à une température d'environ 30 °C. Aucun utilisateur confirmé n'a été identifié comme étant actuellement en mesure ou disposé à accepter directement de la chaleur à cette température et à l'échelle disponible dans le cadre du projet.

05 La seule opportunité de récupération actuellement confirmée et viable est le raccordement proposé au réseau exploité par Coriance. Afin de permettre ce raccordement, le développeur financera et réalisera les travaux, dans les limites du site, nécessaires pour porter la chaleur récupérée d'environ 30 °C à la température requise par le réseau. Cela représente un investissement estimé à environ 8,8 millions d'euros.

06 Sur la base de la demande de chaleur identifiée par Coriance, ce dispositif devrait permettre d'exporter jusqu'à environ 40 GWh de chaleur par an, soit un ERF d'environ 7,5%. Cela correspond au volume de chaleur demandé par Coriance.

07 Le porteur de projet demeure ouvert à des discussions avec d'autres utilisateurs potentiels de chaleur. Lorsqu'une opportunité suffisamment définie se présentera, il conviendrait alors de l'évaluer sur le plan technique et de remettre à jour la présente analyse coûts-avantages.

7.2.3 Mesures conservatoires pour les futurs raccordements

01 Au-delà de la valorisation de chaleur actuellement proposée pour le centre de données, le projet intégrera certaines mesures conservatoires destinées à préserver la possibilité de futurs raccordements vers d'autres utilisateurs de chaleur fatale, si des conditions techniques, économiques et contractuelles favorables venaient à être réunies. Ces mesures conservatoires se limiteraient aux seuls aménagements préparatoires nécessaires à la préservation de ces options futures.

02 L'approche envisagée consisterait à prévoir, dès la phase de conception, des réservations et aménagements permettant de faciliter, le cas échéant, l'installation ultérieure d'équipements complémentaires par des tiers pour récupérer la chaleur à basse température (30 °C environ).

03 À ce titre, il pourra être envisagé d'assurer la réversibilité d'un espace technique adapté en sous-sol permettant l'accueil futur de plusieurs postes de récupération de chaleur indépendants, sous réserve d'une analyse cout-avantages ultérieure de telles opportunités. Les équipements associés (échangeurs, vannes, pompes, instrumentation et autres équipements hydrauliques ou électriques ne seraient

toutefois installés par des opérateurs externes qu'en cas de concrétisation de projets de raccordement.

04 Dans cette perspective, une surface d'environ 300 m² pourrait potentiellement être reconvertie en sous-sol en local de récupération de chaleur, préservant les possibilités d'évolution du site à long terme afin de répondre à une éventuelle évolution de la demande qui permettrait d'atteindre un ERF de 20 % à l'échelle du site.

05 Afin de faciliter d'éventuels raccordements futurs sans intervention majeure sur les infrastructures existantes, une canalisation technique sera aussi établie entre la zone réservée et la limite de propriété. Cette mesure permettrait de simplifier l'installation ultérieure de canalisations par les opérateurs qui souhaiteraient se raccorder au site.

06 Ces mesures conservatoires ont pour objet de préserver le potentiel de valorisation énergétique du site et de maintenir ouvertes différentes possibilités de développement futur.

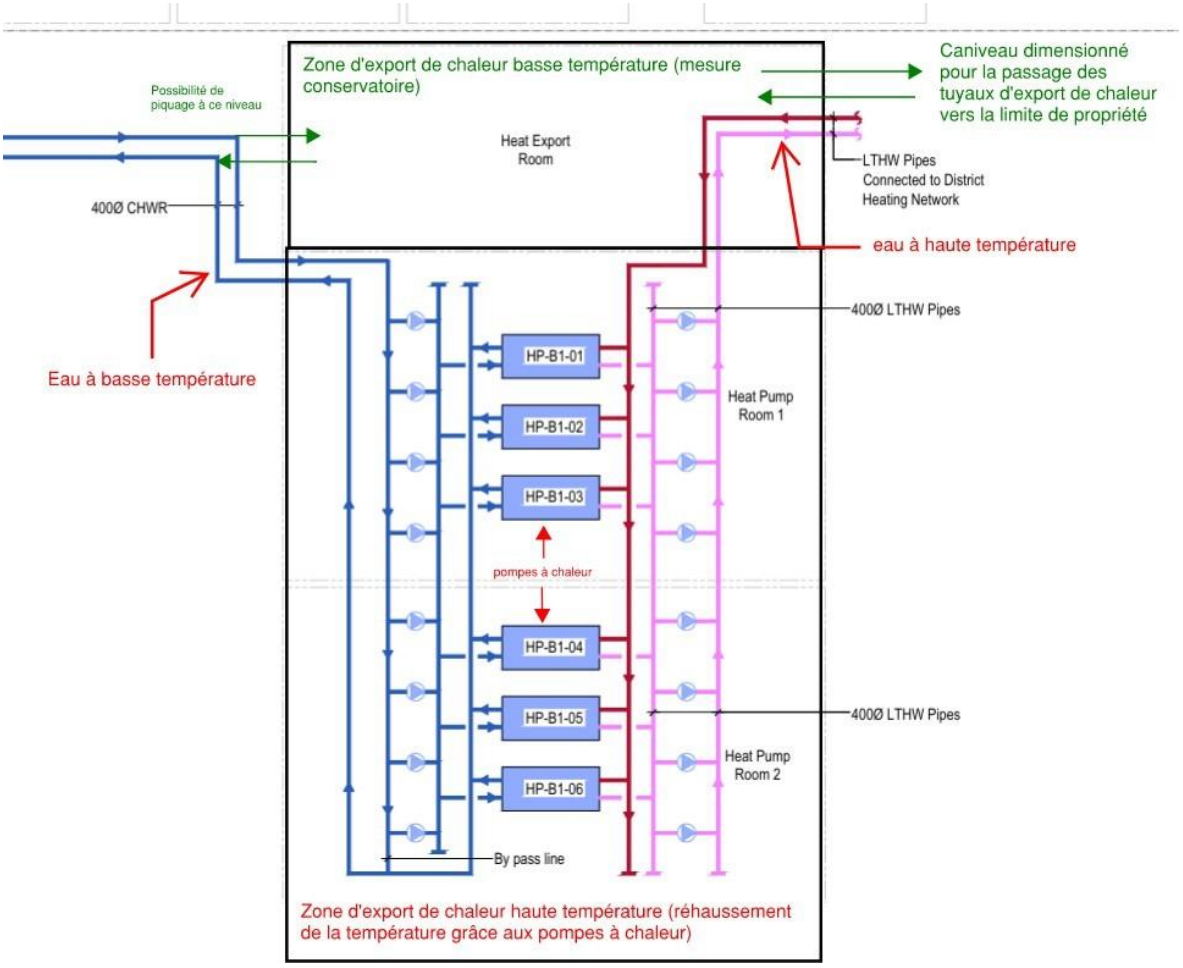


Figure 31 : Synoptique simplifié

8.0 CONCLUSIONS

01 La présente analyse a pris en compte les opportunités actuellement identifiables de réutilisation de la chaleur produite par le centre de données. Le scénario de référence évalué est la récupération de chaleur à basse température issue du système de refroidissement du centre de données et sa disponibilité pour exportation à environ 30 °C. Sur la base des évaluations techniques, économiques et carbone réalisées, aucune opportunité identifiée n'est actuellement viable sur cette base directe à basse température.

02 Le réseau Terra Confort exploité par Coriance est la seule opportunité identifiée pouvant être rendue techniquement faisable, économiquement viable et capable de produire un bénéfice carbone positif significatif. Le réseau ne pouvant pas accepter directement de la chaleur à environ 30 °C, le schéma retenu comprend des échangeurs de chaleur et des pompes à chaleur eau/eau permettant d'élever la température de la chaleur récupérée à environ 70 °C. Le dispositif devrait permettre l'exportation d'environ 40 GWh de chaleur par an, soit un ERF d'environ 7,5 %. Cela correspond au volume de chaleur demandé par Coriance.

03 L'évaluation conclut par conséquent que les conditions techniques et économiques nécessaires pour atteindre un ERF de 20 % ne sont pas actuellement réunies. Toutefois, le projet proposé avec Coriance permet de réutiliser la part de chaleur pouvant être récupérée dans des conditions techniques et économiques acceptables.

04 Afin de soutenir les objectifs locaux de décarbonation et de neutralité climatique, le développeur du centre de données financera et réalisera les travaux à l'intérieur des limites du site, y compris l'espace technique dédié, les échangeurs de chaleur, les pompes à chaleur eau/eau ainsi que les infrastructures mécaniques, électriques, de contrôle et les travaux connexes associés. Cela représente un investissement estimé pour le développeur d'environ 8,8 millions d'euros et va significativement au-delà du scénario de référence d'exportation directe de chaleur à basse température.

05 Coriance exploitera et entretiendra les équipements de relevage de température, prendra en charge la consommation d'électricité et les coûts d'exploitation associés, et réalisera l'infrastructure de réseau de chaleur à l'extérieur des limites du site. Les responsabilités détaillées en matière de propriété, de limites de prestations, d'accès, de maintenance et d'exploitation seront confirmées dans le cadre des accords techniques et commerciaux définitifs.

06 Afin de faciliter d'éventuels raccordements futurs sans intervention majeure sur les infrastructures existantes, il pourra être envisagé d'assurer la réversibilité d'un espace technique adapté en sous-sol permettant l'accueil futur de plusieurs postes de récupération de chaleur indépendants, sous réserve d'une analyse cout-avantages ultérieure de telles opportunités. Une canalisation technique sera aussi établie entre la zone réservée et la limite de propriété.
Les équipements associés (échangeurs, vannes, pompes, instrumentation et autres équipements hydrauliques ou électriques) ne seraient toutefois installés par des opérateurs externes qu'en cas de concrétisation de projets de raccordement.

07 Ces mesures conservatoires ont pour objet de préserver le potentiel de valorisation énergétique du site et de maintenir ouvertes différentes possibilités de développement futur.

ANNEXE A - OPPORTUNITES IDENTIFIEES (RAYON DE 40KM)

Réseau	Production totale de chaleur	Mix énergétique (part des énergies fossiles) (GWh/an)	2/3 de la part des énergies fossiles	Distance depuis le Plessis DC	PRESELECTION
Réseau de chaleur urbain du Plessis-Robinson et de Chatenay-Malabry	133 GWh/an	76,6 GWh/an	51,0 GWh/an	0,0km	OUI
RCU Clamart Plaine Sud	6,7 GWh/an	48,9 GWh/an	2,2 GWh/an	1,1 km	OUI
Réseau de Meudon-La-Forêt	67,6 GWh/an	11,5 GWh/an	7,7 GWh/an	2,3 km	OUI
Réseau de Bagneux-Chatillon	82,8 GWh/an	34,8 GWh/an	19,2 GWh/an	4,5 km	OUI
Réseau de Vélizy	90,2 GWh/an	0,0 GWh/an	0,0 GWh/an	4,7 km	NON
Réseau de Massy - Antony	217,7 GWh/an	58,9 GWh/an	39,3 GWh/an	5,3 km	OUI
Réseau du Fort d'Issy	11,1 GWh/an	24,0 GWh/an	1,8 GWh/an	6,0 km	NON
Réseau de chaleur de Paris	3740 GWh/an	1795 GWh/an	1197 GWh/an	6,5km	OUI
Réseau de Chaville	11,5 GWh/an	100,0 GWh/an	7,7 GWh/an	6,7 km	NON
Réseau chaud Seguin Rives de Seine	64,8 GWh/an	0,0 GWh/an	0,0 GWh/an	6,8 km	NON
Réseau de Cachan	48,0 GWh/an	36,2 GWh/an	11,6 GWh/an	6,8 km	NON
Réseau de Chevilly-Larue L'Haÿ-les-Roses Villejuif	205,2 GWh/an	15,5 GWh/an	21,2 GWh/an	7,2 km	NON
Réseau de Fresnes	70,8 GWh/an	32,8 GWh/an	15,5 GWh/an	7,2 km	NON
Réseau de chaleur de l'écoquartier Camille Claudel	11,1 GWh/an	25,8 GWh/an	1,9 GWh/an	7,7 km	NON
Réseau de Versailles	78,5 GWh/an	46,3 GWh/an	24,2 GWh/an	8,9 km	NON
Arcueil-Gentilly	62,1 GWh/an	15,6 GWh/an	6,5 GWh/an	8,9 km	NON
Réseau chaud de l'école polytechnique	15,3 GWh/an	100,0 GWh/an	10,2 GWh/an	9,0 km	NON
Marché International de Rungis	41,1 GWh/an	2,2 GWh/an	0,6 GWh/an	9,0 km	NON
Réseau ENERUNGIS	17,8 GWh/an	0,2 GWh/an	0,0 GWh/an	9,2 km	NON
Liaison chauffage Orme	53,7 GWh/an	33,0 GWh/an	11,8 GWh/an	10,4 km	NON
Réseau chaud ADP Orly	54,8 GWh/an	18,7 GWh/an	6,8 GWh/an	10,6 km	NON
BET Paris Saclay	46,3 GWh/an	22,2 GWh/an	6,9 GWh/an	11,1 km	NON
Réseau de Choisy-Vitry	186,1 GWh/an	0,0 GWh/an	0,0 GWh/an	11,1 km	NON
Parly II	76,3 GWh/an	100,0 GWh/an	50,9 GWh/an	11,8 km	NON
Réseau de Thiais	32,4 GWh/an	9,1 GWh/an	2,0 GWh/an	11,9 km	NON
Réseau d'Ivry centre-ville	65,7 GWh/an	0,4 GWh/an	0,2 GWh/an	12,0 km	NON
Parc d'activités	76,4 GWh/an	0,0 GWh/an	0,0 GWh/an	12,4 km	NON
Réseau de Suresnes	49,9 GWh/an	42,3 GWh/an	14,1 GWh/an	12,6 km	NON

Réseau des Ulis	122,4 GWh/an	26,7 GWh/an	21,8 GWh/an	12,8 km	NON
RUEIL ENERGIE	71,9 GWh/an	35,0 GWh/an	16,8 GWh/an	12,9 km	NON
Réseau Enebio	30,9 GWh/an	0,0 GWh/an	0,0 GWh/an	13,8 km	NON
Réseau de Ivry-Port	18,2 GWh/an	0,0 GWh/an	0,0 GWh/an	14,2 km	NON
Réseau d'Orly	76,1 GWh/an	14,9 GWh/an	7,6 GWh/an	14,5 km	NON
Réseau de chaleur de Levallois	126,4 GWh/an	0,0 GWh/an	0,0 GWh/an	14,6 km	NON
Réseau de La Défense	207,7 GWh/an	43,2 GWh/an	59,8 GWh/an	15,0 km	NON
Réseau d'Alfortville	43,2 GWh/an	9,0 GWh/an	2,6 GWh/an	15,0 km	NON
Réseau SEINERGIE	82,1 GWh/an	45,7 GWh/an	25,0 GWh/an	15,1 km	NON
ZAC Sainte Geneviève	5,0 GWh/an	25,1 GWh/an	0,8 GWh/an	15,2 km	NON
Rue Legendre	3,9 GWh/an	0,0 GWh/an	0,0 GWh/an	15,5 km	NON
Maison Alfort	9,2 GWh/an	100,0 GWh/an	6,1 GWh/an	15,5 km	NON
Réseau de maisons-alfort	123,7 GWh/an	32,1 GWh/an	26,5 GWh/an	15,8 km	NON
Réseau de CLICHY	133,8 GWh/an	25,9 GWh/an	23,1 GWh/an	16,2 km	NON
BET NANTERRE chaud	4,1 GWh/an	37,2 GWh/an	1,0 GWh/an	16,4 km	NON
Réseau de Carrières - Chatou	76,4 GWh/an	6,4 GWh/an	3,3 GWh/an	16,7 km	NON
Réseau Quartier Hoche	7,5 GWh/an	38,8 GWh/an	1,9 GWh/an	16,7 km	NON
Réseau de Viry Chatillon	9,7 GWh/an	100,0 GWh/an	6,5 GWh/an	17,2 km	NON
Réseaux de Créteil - Scuc	285,1 GWh/an	31,0 GWh/an	58,9 GWh/an	17,5 km	NON
Réseau de Bagnolet	109,9 GWh/an	41,3 GWh/an	30,3 GWh/an	17,6 km	NON
Réseau de chaleur de la ZAC des docks Saint-Ouen	40,3 GWh/an	0,0 GWh/an	0,0 GWh/an	17,6 km	NON
Réseau SEER Grigny-Viry	134,5 GWh/an	37,1 GWh/an	33,3 GWh/an	18,1 km	NON
Réseau de la Zac de la Marine	9,6 GWh/an	49,8 GWh/an	3,2 GWh/an	18,5 km	NON
Réseau de Villeneuve Saint Georges - SCVG	58,0 GWh/an	47,4 GWh/an	18,3 GWh/an	18,6 km	NON
Flowergy Asnières – RCU Parc d'Affaires	4,4 GWh/an	27,9 GWh/an	0,8 GWh/an	19,0 km	NON
Réseau de Grigny	31,9 GWh/an	30,3 GWh/an	6,4 GWh/an	19,3 km	NON
Réseau Gennevilliers	81,0 GWh/an	43,7 GWh/an	23,6 GWh/an	19,3 km	NON
Domaine du Bois des Roches	32,7 GWh/an	100,0 GWh/an	21,8 GWh/an	19,4 km	NON
BONNEUIL-RESEAU CHALEUR	35,3 GWh/an	5,6 GWh/an	1,3 GWh/an	19,5 km	NON
Pariferic	7,3 GWh/an	100,0 GWh/an	4,9 GWh/an	20,2 km	NON
Les Fosses Jean Nord	14,3 GWh/an	100,0 GWh/an	9,5 GWh/an	20,4 km	NON
Réseau de Limeil-Brévannes	13,1 GWh/an	40,4 GWh/an	3,5 GWh/an	20,5 km	NON
Réseau de Saint Denis	317,8 GWh/an	35,3 GWh/an	74,8 GWh/an	20,6 km	NON
DSP - Vigneux - Concorde	50,0 GWh/an	19,1 GWh/an	6,4 GWh/an	20,9 km	NON

Ris-Orangis Dock et Gare	6,6 GWh/an	25,5 GWh/an	1,1 GWh/an	21,3 km	NON
Réseau de Saint Germain en Laye	48,9 GWh/an	43,1 GWh/an	14,1 GWh/an	21,6 km	NON
Réseau de Ris-Orangis	46,1 GWh/an	26,1 GWh/an	8,0 GWh/an	21,6 km	NON
Réseau de Fontenay sous Bois	95,8 GWh/an	74,3 GWh/an	47,5 GWh/an	21,6 km	NON
Réseau de La Courneuve	63,6 GWh/an	25,3 GWh/an	10,7 GWh/an	21,8 km	NON
Réseau de Rosny-sous-Bois /Noisy-le-Sec / Montreuil	62,6 GWh/an	8,4 GWh/an	3,5 GWh/an	21,8 km	NON
Réseau d'Argenteuil - ARGEVAL	105,8 GWh/an	19,2 GWh/an	13,5 GWh/an	21,8 km	NON
Résidence Villeneuve	3,5 GWh/an	100,0 GWh/an	2,3 GWh/an	22,2 km	NON
OROBIA - Réseau de Brétigny-sur-Orge	11,7 GWh/an	23,9 GWh/an	1,9 GWh/an	22,6 km	NON
Zup de Bobigny - Genyo	127,8 GWh/an	43,5 GWh/an	37,1 GWh/an	22,8 km	NON
Réseau de Sucy en Brie	24,9 GWh/an	2,6 GWh/an	0,4 GWh/an	23,4 km	NON
Réseau de Dugny - Le Bourget	3,2 GWh/an	31,8 GWh/an	0,7 GWh/an	23,9 km	NON
Réseau d'Evry	223,9 GWh/an	22,8 GWh/an	34,0 GWh/an	24,0 km	NON
Réseau de Plaisir - Resop	63,3 GWh/an	14,3 GWh/an	6,0 GWh/an	24,2 km	NON
OPH de Drancy	3,8 GWh/an	45,1 GWh/an	1,1 GWh/an	24,2 km	NON
Les Nouveaux Horizons	10,2 GWh/an	100,0 GWh/an	6,8 GWh/an	24,3 km	NON
Réseau du quartier du Grand Parc de Bondoufle	9,0 GWh/an	23,4 GWh/an	1,4 GWh/an	24,4 km	NON
Réseau du Blanc Mesnil	46,4 GWh/an	43,5 GWh/an	13,5 GWh/an	24,4 km	NON
Réseau chaud ADP le Bourget	6,3 GWh/an	95,3 GWh/an	4,0 GWh/an	24,9 km	NON
Réseau de Champigny-sur-Marne	62,9 GWh/an	31,0 GWh/an	13,0 GWh/an	24,9 km	NON
Reseau de Bondy	31,9 GWh/an	49,6 GWh/an	10,5 GWh/an	25,1 km	NON
"Placo"	7,1 GWh/an	0,0 GWh/an	0,0 GWh/an	25,6 km	NON
Reseau de Noisy Le Grand	1,1 GWh/an	0,0 GWh/an	0,0 GWh/an	25,9 km	NON
Zup des Fauvettes	63,3 GWh/an	20,6 GWh/an	8,7 GWh/an	26,0 km	NON
Zup de Sannois - Ermont - Franconville	65,3 GWh/an	27,9 GWh/an	12,1 GWh/an	26,4 km	NON
Les chenes	5,1 GWh/an	100,0 GWh/an	3,4 GWh/an	26,4 km	NON
CEA DIF	20,1 GWh/an	16,2 GWh/an	2,2 GWh/an	26,9 km	NON
Réseau d'Épinay-sous-Sénart	39,0 GWh/an	26,4 GWh/an	6,9 GWh/an	27,3 km	NON
Grand Ensemble Sarcelles-Locheres	161,3 GWh/an	35,9 GWh/an	38,6 GWh/an	27,5 km	NON
Carrière sous Poissy	4,2 GWh/an	46,9 GWh/an	1,3 GWh/an	27,8 km	NON
Van Gogh	13,5 GWh/an	100,0 GWh/an	9,0 GWh/an	28,0 km	NON
Zup de l'Epine Guyon	8,0 GWh/an	100,0 GWh/an	5,3 GWh/an	28,1 km	NON
Garonor	1,9 GWh/an	89,3 GWh/an	1,1 GWh/an	28,3 km	NON
DOMNIS ACHERES Champs Villars	11,3 GWh/an	48,0 GWh/an	3,6 GWh/an	28,5 km	NON
Zac de Montedour	13,7 GWh/an	48,3 GWh/an	4,4 GWh/an	28,6 km	NON
Le Chêne Pointu	27,6 GWh/an	37,6 GWh/an	6,9 GWh/an	28,8 km	NON
SEBIO	48,4 GWh/an	27,4 GWh/an	8,8 GWh/an	28,9 km	NON

Champs sur Marne	73,1 GWh/an	14,8 GWh/an	7,2 GWh/an	29,0 km	NON
Aulnay 3000 - Rose des Vents	41,2 GWh/an	100,0 GWh/an	27,5 GWh/an	29,2 km	NON
Réseau de Chelles	52,2 GWh/an	46,8 GWh/an	16,3 GWh/an	30,0 km	NON
Réseau d'Aulnay-sous-bois - Le Gros Saule	43,2 GWh/an	100,0 GWh/an	28,8 GWh/an	30,1 km	NON
Champs sur Marne			0,0 GWh/an	31,0 km	NON
Réseau de Villiers le Bel - Gonesse	53,3 GWh/an	43,1 GWh/an	15,3 GWh/an	31,0 km	NON
Zac de Sevran	60,6 GWh/an	34,5 GWh/an	13,9 GWh/an	31,3 km	NON
IDEX CROIX ROUGE GEOTHERMIE	11,2 GWh/an	49,0 GWh/an	3,7 GWh/an	31,4 km	NON
Zac de la Noe	9,7 GWh/an	100,0 GWh/an	6,5 GWh/an	31,5 km	NON
Réseau de Villepinte	44,6 GWh/an	30,1 GWh/an	8,9 GWh/an	32,5 km	NON
Réseau de Tremblay en France	43,8 GWh/an	12,8 GWh/an	3,7 GWh/an	33,5 km	NON
Réseau de Cergy - Pontoise	273,7 GWh/an	30,5 GWh/an	55,7 GWh/an	34,0 km	NON
Réseau de Marne la Vallée	47,8 GWh/an	18,5 GWh/an	5,9 GWh/an	34,2 km	NON
La renardière	5,2 GWh/an	30,5 GWh/an	1,1 GWh/an	34,8 km	NON
Réseau de Goussainville	18,3 GWh/an	11,2 GWh/an	1,4 GWh/an	35,1 km	NON
Réseau CDC HABITAT anciennement OSICA	6,4 GWh/an	70,3 GWh/an	3,0 GWh/an	36,7 km	NON
Réseau de Dourdan	8,1 GWh/an	45,6 GWh/an	2,5 GWh/an	37,3 km	NON
Réseau de Pontoise	21,3 GWh/an	100,0 GWh/an	14,2 GWh/an	39,1 km	NON
Réseau des Mureaux	36,4 GWh/an	35,4 GWh/an	8,6 GWh/an	39,4 km	NON

ANNEXE B – RCU CLAMART PLAINE SUD

Objectif de l'analyse

Cette annexe présente l'étude économique de l'exportation de chaleur du centre de données vers le réseau de chaleur urbain de Clamart Plaine Sud, en tenant compte à la fois des coûts d'investissement et des économies d'énergie réalisées.

L'analyse globale dépend également des performances des équipements

Hypothèses techniques

Tableau 7 : Hypothèses techniques pour le réseau de chaleur urbain

Paramètre	Pompe à chaleur eau-eau
Puissance calorifique nominale	1500 kW
SCOP	4
Température source	30 °C
Heures de fonctionnement annuelle	1 460 h

Hypothèses économiques

Tableau 8 : Hypothèses économiques pour le réseau de chaleur urbain

Paramètres	
Prix de l'électricité – RCU	0,16 €/kWh
Prix de l'électricité – Centre de données	0,07 €/kWh
Période d'analyse économique	20 ans

Analyse des coûts d'investissement

Tableau 9 : Analyse des coûts d'investissement pour le réseau de chaleur urbain

Poste de coût	Pompe à chaleur eau-eau
Tuyau DN150 pré-isolée	961 200 €
Chambre en béton armée	8000 €
Tranchée civile	801 000 €
Regards et valves	50 000 €
PAC 1500 kW	1 000 000 €
Zone technique dans un bâtiment	80 000 €
Total	2 900 200 €
Mise en service	145 010 €
Travaux préparatoires	290 020 €
Frais du contractant	217 515 €
Frais de conception	145 010 €
Total	797 555 €

Contingences/Risques	554 663,25 €
Grand total	4 252 418,25 €

Consommation électrique annuelle

Tableau 10 : Consommation électrique annuelle du réseau de chaleur urbain

Indicateur	Pompe à chaleur eau-eau
Chaleur fournie annuellement	2 200 000 kWh
Consommation annuelle d'électricité	550 000 kWh
Coût annuel de l'électricité	88 000 €

Tableau 11 : Économies annuelles d'électricité du centre de données

Indicateur	
Réduction de la consommation électrique liée au refroidissement du centre de données	1 540 000 kWh
COP du groupe frigorifique	6
Économies annuelles d'électricité	257 000 kWh
Coût annuel d'électricité évité	17 967 €

Économies et retour sur investissement

Tableau 12 : Économies et retour sur investissement du réseau de chaleur urbain

Éléments	Résultat
Économies annuelles - RCU	66 000 €
Économies annuelles – Centre de données	17 967 €
Économies CO2	114 103 €
Économies totales annuelles	198 070 €
Retour sur investissement	21,5 ans

Emissions de CO_2

Tableau 13 : Émissions de CO_2 évitées grâce au raccordement

CARBONE (20 ans)	
Intensité carbone de l'électricité en France	30 kgCO2/MWh
Intensité carbone du gaz en France	240 kgCO2/MWh
Economies de carbone liées aux opérations	**519 T CO2/year**
Emission de CO2 pour la fourniture d'une pompe à chaleur eau-eau	21 T CO2
Impact carbone total des pompes à chaleur en acier amortie sur 20 ans	1 T CO2/year
Impact carbone des tuyaux en acier	400 kg CO2/m
Distance totale de tuyaux	2,14 km
Impact carbone total des tuyaux en acier amortie sur 20 ans	43 T CO2/year
Emission annuelle totale	44 T CO2/year
Emissions de CO2 évitées	**475 T CO2/year**
Valeur € annuelle	**114 103 €**
€ sur 20 ans	2 282 064 €
% des cout d'investissement	54%

ANNEXE C – RESEAU DE BAGNEUX-CHATILLON

Objectif de l'analyse

Cette annexe présente l'étude économique relative à l'exportation de chaleur du centre de données vers le réseau de chaleur urbain, en tenant compte à la fois des coûts d'investissement et des économies d'énergie réalisées.

L'analyse globale dépend également des performances des équipements.

Hypothèses techniques

Tableau 14 : Hypothèses techniques pour le réseau de chaleur urbain

Paramètre	Pompe à chaleur eau-eau
Puissance calorifique nominale	8000 kW
SCOP	4
Température source	30 °C
Heures de fonctionnement annuelles	2000 h

Hypothèses économiques

Tableau 15 : Hypothèses économiques pour le réseau de chaleur urbain

Paramètre	
Prix de l'électricité - RCU	0,14 €/kWh
Prix de l'électricité - Centre de données	0,07 €/kWh
Période d'analyse financière	20 ans

Analyse des coûts d'investissement

Tableau 16 : Analyse des coûts d'investissement du réseau de chaleur urbain

Poste de coût	Pompe à chaleur eau-eau
Tuyau DN250 pré-isolée	7 436 000 €
Chambre en béton armée	8000 €
Tranchée civile	4 290 000 €
Regards et valves	125 000 €
PAC 2000 kW	4 000 000 €
Zone technique dans un bâtiment	320 000 €
Total	16 179 000 €
Mise en service	808 950 €
Travaux préparatoires	1 617 900 €
Frais du contractant	1 213 425 €
Frais de conception	808 950 €

Total	4 449 225 €
Contingences/Risques	3 094 233,75 €
Grand total	23 722 458,75 €

Consommation électrique annuelle

Tableau 17 : Consommation électrique annuelle du réseau de chaleur urbain

Indicateur	Pompe à chaleur eau-eau
Chaleur fournie annuellement	21 200 000 kWh
SCOP	4
Consommation annuelle d'électricité	5 300 000 kWh
Coût annuel de l'électricité	742 000 €

Tableau 18 : Économies annuelles d'électricité du centre de données

Indicateur	
Facteur d'utilisation	0,7
Réduction de la consommation électrique liée au refroidissement du centre de données	14 840 000 kWh
COP du refroidisseur	6
Économies annuelles d'électricité	2 473 MWh
Coût annuel d'électricité évité	173 133 €

Économies et retour sur investissement

Tableau 19 : Économies et retour sur investissement du réseau de chaleur urbain

Poste	Résultat
Économies annuelles - RCU	212 000 €
Économies annuelles - Centre de données	173 133 €
Économie CO2	1 144 848 €
Économie totale annuelle	1 529 981 €
Retour sur investissement	15,5 ans

Emissions de CO_2

Tableau 20 : Émissions de CO_2 évitées grâce au raccordement

CARBONE (20 ans)	
Intensité carbone de l'électricité en France	30 kgCO2/MWh
Intensité carbone du gaz en France	240 kgCO2/MWh
Economies de carbone liées aux opérations	5003 T CO2/year

Emission de CO2 pour la fourniture d'une pompe à chaleur eau-eau	84 T CO2
Impact carbone total des pompes à chaleur en acier amortie sur 20 ans	4 T CO2/year
Impact carbone des tuyaux en acier	400 kg CO2/m
Distance totale de tuyaux	11,4 km
Impact carbone total des tuyaux en acier amortie sur 20 ans	229 T CO2/year
Emission annuelle totale	233 T CO2/year
Emissions de CO2 évitées	4770 T CO2/year
Valeur € annuelle	1 144 848 €
€ sur 20 ans	22 896 960 €
% des cout d'investissement	97%

ANNEXE D – RESEAU DE MEUDON-LA-FORÊT

Objectif de l'analyse

Cette annexe présente l'étude économique relative à l'exportation de chaleur du centre de données vers le réseau de chaleur urbain, en tenant compte à la fois des coûts d'investissement et des économies d'énergie réalisées.

L'analyse globale dépend également des performances des équipements.

Hypothèses techniques

Tableau 21 : Hypothèses techniques pour le réseau de chaleur urbain

Paramètre	Pompe à chaleur eau-eau
Puissance calorifique nominale	4000 kW
SCOP	2,5
Température source	30 °C
Heures de fonctionnement annuelles	2000 h

Hypothèses économiques

Tableau 22 : Hypothèses économiques pour le réseau de chaleur urbain

Paramètre	
Prix de l'électricité - RCU	0,14 €/kWh
Prix de l'électricité - Centre de données	0,07 €/kWh
Période d'analyse financière	20 ans

Analyse du coût d'investissement

Tableau 23 : Analyse du coût d'investissement du réseau de chaleur urbain

Poste de coût	Pompe à chaleur eau-eau
Tuyau DN200 pré-isolée	2 508 000 €
Chambre en béton armée	8000 €
Tranchée civile	1 710 000 €
Regards et valves	50 000 €
PAC 2000 kW	2 000 000 €
Zone technique dans un bâtiment	160 000 €
Total	6 436 000 €
Mise en service	321 800 €
Travaux préparatoires	643 600 €
Frais du contractant	482 700 €
Frais de conception	321 800 €

Total	1 769 900 €
Contingences/Risques	1 230 885 €
Grand total	9 436 785 €

Consommation électrique annuelle

Tableau 26 : Consommation électrique annuelle du réseau de chaleur urbain

Indicateur	Pompe à chaleur eau-eau
Chaleur fournie annuellement	7 660 000 kWh
SCOP	2,5
Consommation annuelle d'électricité	3 064 000 kWh
Coût annuel de l'électricité	428 960 €

Tableau 27 : Économies annuelles d'électricité du centre de données

Indicateur	
Facteur d'utilisation	0,7
Réduction de la consommation électrique liée au refroidissement du centre de données	5 362 000 kWh
COP du refroidisseur	6
Économies annuelles d'électricité	894 MWh
Coût annuel d'électricité évité	62 557 €

Économies et retour sur investissement

Tableau 28 : Économies et retour sur investissement du réseau de chaleur urbain

Poste	Résultat
Économies annuelles – RCU	-84 260 €
Économies annuelles - Centre de données	62 557 €
Économie CO2	403 198 €
Économie totale annuelle	381 494 €
Retour sur investissement	24,7 ans

Emissions de CO_2

Tableau 24 : Émissions de CO_2 évitées grâce au raccordement

CARBONE (20 ans)	
Intensité carbone de l'électricité en France	30 kgCO2/MWh
Intensité carbone du gaz en France	240 kgCO2/MWh
Economies de carbone liées aux opérations	1773 T CO2/year

Emission de CO2 pour la fourniture d'une pompe à chaleur eau-eau	42 T CO2
Impact carbone total des pompes à chaleur en acier amortie sur 20 ans	2 T CO2/year
Impact carbone des tuyaux en acier	400 kg CO2/m
Distance totale de tuyaux	4,56 km
Impact carbone total des tuyaux en acier amortie sur 20 ans	91 T CO2/year
Emission annuelle totale	93 T CO2/year
Emissions de CO2 évitées	1680 T CO2/year
Valeur € annuelle	403 198 €
€ sur 20 ans	8 063 952 €
% des cout d'investissement	85%

ANNEXE E – RESEAU DE MASSY-ANTONY

Objectif de l'analyse

Cette annexe présente l'étude économique relative à l'exportation de chaleur du centre de données vers le réseau de chaleur urbain, en tenant compte à la fois des coûts d'investissement et des économies d'énergie réalisées.

L'analyse globale dépend également des performances des équipements.

Hypothèses techniques

Tableau 25 : Hypothèses techniques pour le réseau de chaleur urbain

Paramètre	Pompe à chaleur eau-eau
Puissance calorifique nominale	24000 kW
SCOP	3
Température source	30 °C
Heures de fonctionnement annuelles	2000 h

Hypothèses économiques

Tableau 26 : Hypothèses économiques pour le réseau de chaleur urbain

Paramètre	
Prix de l'électricité – RCU	0,14 €/kWh
Prix de l'électricité - Centre de données	0,07 €/kWh
Période d'analyse financière	20 ans

Analyse du coût d'investissement

Tableau 27 : Analyse du coût d'investissement du réseau de chaleur urbain

Poste de coût	Pompe à chaleur eau-eau
Tuyau DN450 pré-isolée	18 200 000 €
Chambre en béton armée	8000 €
Tranchée civile	5 250 000 €
Regards et valves	175 000 €
PAC 2500 Kw	30 000 000 €
Zone technique dans un bâtiment	800 000 €
Total	54 433 000 €
Mise en service	2 721 650 €
Travaux préparatoires	5 443 300 €
Frais du contractant	4082 475 €
Frais de conception	2 721 650 €
Total	14 969 075 €

Contingences/Risques	10 410 311,25 €
Grand total	79 812 386,25 €

Consommation électrique annuelle

Tableau 28 : Consommation électrique annuelle du réseau de chaleur urbain

Indicateur	Pompe à chaleur eau-eau
Chaleur fournie annuellement	48 160 000 kWh
SCOP	3
Consommation annuelle d'électricité	16 053 000 kWh
Coût annuel de l'électricité	2 247 467 €

Tableau 29 : Économies annuelles du centre de données

Indicateur	
Facteur d'utilisation	0,7
Réduction de la consommation électrique liée au refroidissement du centre de données	33 712 000 kWh
COP du refroidisseur	6
Économies annuelles d'électricité	5 619 MWh
Coût annuel d'électricité évité	393 307 €

Économies et retour sur investissement

Tableau 30 : Économies et retour sur investissement du réseau de chaleur urbain

Poste	Résultat
Économies annuelles – RCU	2 167 200 €
Économies annuelles - Centre de données	393 307 €
Économie CO2	2 588 712 €
Économie totale annuelle	2 901 752 €
Retour sur investissement	27,5 ans

Emissions de CO_2

Tableau 31 : Émissions de CO_2 évitées grâce au raccordement

CARBONE (20 ans)	
Intensité carbone de l'électricité en France	30 kgCO2/MWh
Intensité carbone du gaz en France	240 kgCO2/MWh
Intensité charbon en France	374 kgCO2/MWh
Intensité fioul en France	272 kgCO2/MWh
Economies de carbone liées aux opérations	11077 T CO2/year

Emission de CO2 pour la fourniture d'une pompe à chaleur eau-eau	210 T CO2
Impact carbone total des pompes à chaleur en acier amortie sur 20 ans	11 T CO2/year

Impact carbone des tuyaux en acier	400 kg CO2/m
Distance totale de tuyaux	14,0 km
Impact carbone total des tuyaux en acier amortie sur 20 ans	280 T CO2/year
Emission annuelle totale	291 T CO2/year
Emissions de CO2 évitées	10786 T CO2/year
Valeur € annuelle	2 588 712 €
€ sur 20 ans	51 774 240 €
% des cout d'investissement	65%

ANNEXE F – RESEAU DE CHALEUR DE PARIS

Objectif de l'analyse

Cette annexe présente l'étude économique relative à l'exportation de chaleur du centre de données vers le réseau de chaleur urbain, en tenant compte à la fois des coûts d'investissement et des économies d'énergie réalisées.

L'analyse globale dépend également des performances des équipements.

Hypothèses techniques

Tableau 32 : Hypothèses techniques pour le réseau de chaleur urbain

Paramètre	Pompe à chaleur eau-eau
Puissance calorifique nominale	10000 Kw
SCOP	4
Température source	30 °C
Heures de fonctionnement annuelles	2000 h

Hypothèses économiques

Tableau 33: Hypothèses économiques pour le réseau de chaleur urbain

Paramètre	
Prix de l'électricité – RCU	0,14 €/kWh
Prix de l'électricité - Centre de données	0,07 €/kWh
Période d'analyse financière	20 ans

Analyse du coût d'investissement

Tableau 34: Analyse du coût d'investissement du réseau de chaleur urbain

Poste de coût	Pompe à chaleur eau-eau
Tuyau DN300 pré-isolée	13 160 000 €
Chambre en béton armée	8000 €
Tranchée civile	7 050 000 €
Regards et valves	75 000 €
PAC 2500 Kw	5 000 000 €
Zone technique dans un bâtiment	400 000 €
Total	25 693 000 €
Mise en service	1 284 650 €
Travaux préparatoires	2 569 300 €
Frais du contractant	1 926 975 €
Frais de conception	1 284 650 €
Total	7 065 575 €
Contingences/Risques	4 913 786,25 €
Grand total	37 672 361,25 €

Consommation électrique annuelle

Tableau 35 : Consommation électrique annuelle du réseau de chaleur urbain

Indicateur	Pompe à chaleur eau-eau
Chaleur fournie annuellement	19 000 000 kWh
SCOP	4
Consommation annuelle d'électricité	4 750 000 kWh
Coût annuel de l'électricité	665 000 €

Tableau 36: Économies annuelles d'électricité du centre de données

Indicateur	
Facteur d'utilisation	0,7
Réduction de la consommation électrique liée au refroidissement du centre de données	13 300 000 kWh
COP du refroidisseur	6
Économies annuelles d'électricité	2 217 MWh
Coût annuel d'électricité évité	155 167 €

Économies et retour sur investissement

Tableau 37 : Économies et retour sur investissement du réseau de chaleur urbain

Poste	Résultat
Économies annuelles – RCU	190 000 €
Économies annuelles - Centre de données	155 167 €
Économie CO2	984 660 €
Économie totale annuelle	1 329 827€
Retour sur investissement	28,3 ans

Emissions de CO_2

Tableau 38 : Émissions de CO_2 évitées grâce au raccordement

CARBONE (20 ans)	
Intensité carbone de l'électricité en France	30 kgCO2/MWh
Intensité carbone du gaz en France	240 kgCO2/MWh
Economies de carbone liées aux opérations	**4484 T CO2/year**
Emission de CO2 pour la fourniture d'une pompe à chaleur eau-eau	105 T CO2
Impact carbone total des pompes à chaleur en acier amortie sur 20 ans	5 T CO2/year

Impact carbone des tuyaux en acier	400 kg CO2/m
Distance totale de tuyaux	18,8 km
Impact carbone total des tuyaux en acier amortie sur 20 ans	376 T CO2/year
Emission annuelle totale	381 T CO2/year

Emissions de CO2 évitées	**4103 T CO2/year**
Valeur € annuelle	**984 660 €**
€ sur 20 ans	19 693 200 €
% des cout d'investissement	52%

ANNEXE G – RESEAU DE CHALEUR DU PLESSIS-ROBINSON ET DE CHÂTENAY-MALABRY

Objectif de l'analyse

Cette annexe présente l'étude économique relative à l'exportation de chaleur du centre de données vers le réseau de chaleur urbain, en tenant compte à la fois des coûts d'investissement et des économies d'énergie réalisées.

L'analyse globale dépend également des performances des équipements.

Hypothèses techniques

Tableau 39 : Hypothèses techniques du site

Paramètre	Pompe à chaleur eau-eau
Puissance calorifique nominale	20 000 Kw
SCOP	4
Température source	30 °C
Heures de fonctionnement annuelles	2000 h

Hypothèses économiques

Tableau 40 : Hypothèses économiques du site

Paramètre	
Prix de l'électricité – RCU	0,14 €/kWh
Prix de l'électricité - Centre de données	0,07 €/kWh
Période d'analyse financière	20 ans

Analyse du coût d'investissement

Poste de coût	Pompe à chaleur eau-eau
PAC 2000 Kw	6 000 000 €
Total	6 000 000 €
Mise en service	300 000 €
Travaux préparatoires	600 000 €
Frais du contractant	450 000 €
Frais de conception	300 000 €
Total	7 650 000 €
Contingences/Risques	1 147 500 €
Grand total	8 797 500 €

Consommation électrique annuelle

Tableau 41 : Consommation électrique annuelle du réseau de chaleur urbain

Indicateur	Pompe à chaleur eau-eau
Chaleur fournie annuellement	40 000 000 kWh
SCOP	4
Consommation annuelle d'électricité	10 000 000 kWh
Coût annuel de l'électricité	700 000 €

Tableau 42 : Économies annuelles d'électricité du centre de données

Indicateur	
Facteur d'utilisation	0,7
Réduction de la consommation électrique liée au refroidissement du centre de données	28 000 000 kWh
COP du refroidisseur	6
Économies annuelles d'électricité	4 667 MWh
Coût annuel d'électricité évité	326 667 €

Économies et retour sur investissement

Tableau 43: Economies et retour sur investissement du réseau de chaleur urbain

Poste	Résultat
Économies annuelles – RCU	1 100 000 €
Économies annuelles - Centre de données	326 667 €
Économie CO2	2 263 080 €
Économie totale annuelle	3 689 747 €
Retour sur investissement	2,4 ans

Emissions de CO_2

Tableau 44 : Émissions de CO_2 évitées grâce au raccordement

CARBONE (20 ans)	
Intensité carbone de l'électricité en France	30 kgCO2/MWh
Intensité carbone du gaz en France	240 kgCO2/MWh
Economies de carbone liées aux opérations	**9440 T CO2/year**
Emission de CO2 pour la fourniture d'une pompe à chaleur eau-eau	210 T CO2
Impact carbone total des pompes à chaleur en acier amortie sur 20 ans	11 T CO2/year
Impact carbone des tuyaux en acier	400 kg CO2/m

Distance totale de tuyaux	0,000 km
Impact carbone total des tuyaux en acier amortie sur 20 ans	0 T CO2/year
Emission annuelle totale	11 T CO2/year
Emissions de CO2 évitées	9430 T CO2/year
Valeur € annuelle	2 263 080 €
€ sur 20 ans	45 261 600 €
% des cout d'investissement	309%

ANNEXE H – FUTUR RESEAU DE CHALEUR DE CLAMART

Objectif de l'analyse

Cette annexe présente l'étude économique relative à l'exportation de chaleur du centre de données vers le réseau de chaleur urbain, en tenant compte à la fois des coûts d'investissement et des économies d'énergie réalisées.

L'analyse globale dépend également des performances des équipements.

Hypothèses techniques

Tableau 45: Hypothèses techniques du futur réseau de chaleur urbain

Paramètre	Pompe à chaleur eau-eau
Puissance calorifique nominale	5000 kW
SCOP	4
Température source	30 °C
Heures de fonctionnement annuelles	2000 h

Hypothèses économiques

Tableau 46: Hypothèses économiques du futur réseau de chaleur urbain

Paramètre	
Prix de l'électricité – RCU	0,14 €/kWh
Prix de l'électricité - Centre de données	0,07 €/kWh
Période d'analyse financière	20 ans

Analyse du coût d'investissement

Tableau 47 : Analyse du coût d'investissement du futur réseau de chaleur urbain

Poste de coût	Pompe à chaleur eau-eau
Tuyau DN200 pré-isolée	2 200 000 €
Chambre en béton armée	8000 €
Tranchée civile	1 500 000 €
Regards et valves	50 000 €
PAC 2000 Kw	3 000 000 €
Zone technique dans un bâtiment	240 000 €
Total	6 998 000 €
Mise en service	349 900 €
Travaux préparatoires	699 800 €
Frais du contractant	524 850 €
Frais de conception	349 900 €
Total	1 924 450 €
Contingences/Risques	1 338 367,5€

Grand total	10 260 817,50 €

Analyse du coût d'investissement

Tableau 48 : Consommation électrique annuelle du futur réseau de chaleur urbain

Indicateur	Pompe à chaleur eau-eau
Chaleur fournie annuellement	10 000 000 kWh
SCOP	4
Consommation annuelle d'électricité	2 500 000 kWh
Coût annuel de l'électricité	350 000 €

Tableau 49 : Économies annuelles du centre de données

Indicateur	
Facteur d'utilisation	0,7
Réduction de la consommation électrique liée au refroidissement du centre de données	7 000 000 kWh
COP du refroidisseur	6
Économies annuelles d'électricité	1 167 MWh
Coût annuel d'électricité évité	81 667 €

Économies et retour sur investissement

Tableau 50 : Économies et retour sur investissement du futur réseau de chaleur urbain

Poste	Résultat
Économies annuelles – RCU	100 000 €
Économies annuelles - Centre de données	81 667 €
Économie CO2	546 444 €
Économie totale annuelle	728 111€

Emissions de CO_2

Tableau 51 : Émissions de CO_2 évitées grâce au raccordement

CARBONE (20 ans)	
Intensité carbone de l'électricité en France	30 kgCO2/MWh
Intensité carbone du gaz en France	240 kgCO2/MWh
Economies de carbone liées aux opérations	**2360 T CO2/year**
Emission de CO2 pour la fourniture d'une pompe à chaleur eau-eau	63 T CO2
Impact carbone total des pompes à chaleur en acier amortie sur 20 ans	3 T CO2/year

Impact carbone des tuyaux en acier	400 kg CO2/m
Distance totale de tuyaux	4,00 km
Impact carbone total des tuyaux en acier amortie sur 20 ans	80 T CO2/year
Emission annuelle totale	83 T CO2/year
Emissions de CO2 évitées	2277 T CO2/year
Valeur € annuelle	546 444 €
€ sur 20 ans	10 928 880 €
% des cout d'investissement	107%

ANNEXE I – CENTRE AQUATIQUE DU PLESSIS-ROBINSON

Objectif de l'analyse

Cette annexe présente l'étude économique relative à l'exportation de chaleur du centre de données vers le centre aquatique, en tenant compte à la fois des coûts d'investissement et des économies d'énergie réalisées.

L'analyse globale dépend également des performances des équipements.

Hypothèses techniques

Tableau 52 : Hypothèses techniques pour le centre aquatique

Paramètre	Pompe à chaleur eau-eau
Puissance calorifique nominale	450 KW
SCOP	6
Température source	30 °C
Heures de fonctionnement annuelles	4000 h

Hypothèses économiques

Tableau 53 : Hypothèses économiques pour le centre aquatique

Paramètre	
Prix de l'électricité – RCU	0,14 €/kWh
Prix de l'électricité - Centre de données	0,07 €/kWh
Période d'analyse financière	20 ans

Analyse du coût d'investissement

Tableau 54 : Analyse du coût d'investissement du centre aquatique

Poste de coût	Pompe à chaleur eau-eau
Tuyau DN100 pré-isolée	770 000 €
Chambre en béton armée	8000 €
Tranchée civile	825 000 €
Regards et valves	50 000 €
PAC 450 Kw	800 000 €
Total	2 453 000 €
Mise en service	122 650 €
Travaux préparatoires	245 300 €
Frais du contractant	183 975 €
Frais de conception	122 650 €
Total	674 575 €
Contingences/Risques	469 136,25 €
Grand total	3 596 711,25 €

Consommation électrique annuelle

Tableau 55 : Consommation électrique annuelle du centre aquatique

Indicateur	Pompe à chaleur eau-eau	Pompe à chaleur air-eau
Chaleur fournie annuellement	1 800 000 kWh	1 800 000 kWh
SCOP	6	2
Consommation annuelle d'électricité	300 000 kWh	900 000 kWh
Coût annuel de l'électricité	42 000 €	126 000 €

Tableau 56: Économies annuelles du centre de données

Indicateur	
Facteur d'utilisation	0,7
Réduction de la consommation électrique liée au refroidissement du centre de données	1 260 000 kWh
COP du refroidisseur	6
Économies annuelles d'électricité	210 MWh
Coût annuel d'électricité évité	14 700 €

Économies et retour sur investissement

Tableau 57 : Économies et retour sur investissement

Poste	Résultat
Économies annuelles – Centre aquatique	84 000 €
Économies annuelles - Centre de données	14 700 €
Économie CO2	-1 280 €
Économie totale annuelle	97 420€
Retour sur investissement	36,9 ans

Emissions de CO_2

Tableau 58 : Émissions de CO_2 évitées grâce au raccordement

CARBONE (20 ans)	
Intensité carbone de l'électricité en France	30 kgCO2/MWh
Economies de carbone liées aux opérations	24 T CO2/year
Emission de CO2 pour la fourniture d'une pompe à chaleur eau-eau	21 T CO2

Impact carbone total des pompes à chaleur en acier amortie sur 20 ans	1 T CO2/year
Impact carbone des tuyaux en acier	400 kg CO2/m
Distance totale de tuyaux	2,200 km
Impact carbone total des tuyaux en acier amortie sur 20 ans	44 T CO2/year
Emission annuelle totale	45 T CO2/year
Emissions de CO2 évitées	-21 T CO2/year
Valeur € annuelle	-1 280 €
€ sur 20 ans	-25 610 €
% des cout d'investissement	-1%

ANNEXE J - SITE DE MAINTENANCE REMISAGE SMR DU TRAMWAY T10

Objectif de l'analyse

Cette annexe présente l'étude économique relative à l'exportation de chaleur du centre de données vers le site de maintenance, en tenant compte à la fois des coûts d'investissement et des économies d'énergie réalisées.

L'analyse globale dépend également des performances des équipements.

Hypothèses techniques

Tableau 59 : Hypothèses techniques du site

Paramètre	
Puissance nominale	375 kW
COP du refroidisseur	4
Température exportée	30 °C
Heures de fonctionnement annuelles	2 000 heures

Hypothèses économiques

Tableau 60 : Hypothèses économiques du site

Paramètre	
Prix de l'électricité – RCU	0,14 €/kWh
Prix de l'électricité - Centre de données	0,07 €/kWh
Période d'analyse financière	20 ans

Analyse des coûts d'investissement

Tableau 61 : Analyse des coûts d'investissement pour le site

Poste de coût	Pompe à chaleur eau-eau
Tuyau DN100 pré-isolée	175 000 €
Chambre en béton armée	8000 €
Tranchée civile	187 500 €
Regards et valves	50 000 €
PAC 375 Kw	375 000 €
Zone technique dans un bâtiment	80 000 €
Total	875 500 €
Mise en service	43 775 €
Travaux préparatoires	87 550 €

Frais du contractant	65 662,5 €
Frais de conception	43 775 €
Total	240 762,5 €
Contingences/Risques	167 439,38 €
Grand total	1 283 701,88 €

4

Consommation électrique annuelle

Tableau 62 : Consommation électrique annuelle du site

Indicateur	Pompe à chaleur eau-eau
Chaleur fournie annuellement	750 000 kWh
SCOP	4
Consommation annuelle d'électricité	187 500 kWh
Coût annuel de l'électricité	30 000 €

Tableau 63: Économies annuelles du centre de données

Indicateur	
Facteur d'utilisation	0,7
Réduction de la consommation électrique liée au refroidissement du centre de données	131 000 kWh
COP du refroidisseur	6
Économies annuelles d'électricité	22 MWh
Coût annuel d'électricité évité	1 531 €

Économies et retour sur investissement

Tableau 64: Économies et retour sur investissement du site

Poste	Résultat
Économies annuelles – Centre aquatique	30 000 €
Économies annuelles - Centre de données	1 531 €
Économie CO2	371 €
Économie totale annuelle	31 902 €
Retour sur investissement	40,2 ans

Emissions de CO_2

Tableau 65 : Émissions de CO_2 évitées grâce au raccordement

CARBONE (20 ans)	
Intensité carbone de l'électricité en France	30 kgCO2/MWh
Economies de carbone liées aux opérations	**17 T CO2/year**
Emission de CO2 pour la fourniture d'une pompe à chaleur eau-eau	21 T CO2

Impact carbone total des pompes à chaleur en acier amortie sur 20 ans	1 T CO2/year
Impact carbone des tuyaux en acier	400 kg CO2/m
Distance totale de tuyaux	0,500 km
Impact carbone total des tuyaux en acier amortie sur 20 ans	10 T CO2/year
Emission annuelle totale	11 T CO2/year
Emissions de CO2 évitées	6 T CO2/year
Valeur € annuelle	371 €
€ sur 20 ans	7 411 €
% des cout d'investissement	1%

ANNEXE K – CENTRE D'AFFAIRES DE LA BOURSIDIERE

Objectif de l'analyse

Cette annexe présente l'étude économique relative à l'exportation de chaleur du centre de données vers le centre d'affaire, en tenant compte à la fois des coûts d'investissement et des économies d'énergie réalisées.

L'analyse globale dépend également des performances des équipements.

Hypothèses techniques

Tableau 66: Hypothèses techniques du centre

Paramètre	
Puissance nominale	2700 kW
COP du refroidisseur	4
Température exportée	30 °C
Heures de fonctionnement annuelles	2 000 heures

Hypothèses économiques

Tableau 67: Hypothèses économiques du centre

Paramètre	
Prix de l'électricité – RCU	0,14 €/kWh
Prix de l'électricité - Centre de données	0,07 €/kWh
Période d'analyse financière	20 ans

Analyse des coûts d'investissement

Tableau 68: Analyse des coûts d'investissement pour le site

Poste de coût	Pompe à chaleur eau-eau
Tuyau DN150 pré-isolée	765 000 €
Chambre en béton armée	8000 €
Tranchée civile	637 500 €
Regards et valves	50 000 €
PAC 2700 Kw	1 000 000 €
Zone technique dans un bâtiment	80 000 €
Total	2 540 500 €
Mise en service	127 025 €
Travaux préparatoires	254 050 €
Frais du contractant	190 537,5 €
Frais de conception	127 025 €
Total	698 637,5 €

Contingences/Risques	485 870,63 €
Grand total	3 725 008,13 €

Consommation électrique annuelle

Tableau 69 : Consommation électrique annuelle du centre

Indicateur	Pompe à chaleur eau-eau
Chaleur fournie annuellement	5 300 000 kWh
SCOP	4
Consommation annuelle d'électricité	1 325 000 kWh
Coût annuel de l'électricité	185 500 €

Tableau 70 : Économies annuelles du centre de données

Indicateur	
Facteur d'utilisation	0,7
Réduction de la consommation électrique liée au refroidissement du centre de données	3 710 000 kWh
COP du refroidisseur	6
Économies annuelles d'électricité	618 MWh
Coût annuel d'électricité évité	43 283 €

Économies et retour sur investissement

Tableau 71 : Économies et retour sur investissement du site

Poste	Résultat
Économies annuelles – Centre d'affaire	0 €
Économies annuelles - Centre de données	43 283 €
Économie CO2	6 341 €
Économie totale annuelle	49 624 €
Retour sur investissement	15,8 ans

Emissions de CO_2

Tableau 72 : Émissions de CO_2 évitées grâce au raccordement

CARBONE (20 ans)	
Intensité carbone de l'électricité en France	30 kgCO2/MWh
Economies de carbone liées aux opérations	**138 T CO2/year**
Emission de CO2 pour la fourniture d'une pompe à chaleur eau-eau	21 T
Impact carbone total des pompes à chaleur en acier amortie sur 20 ans	1 T CO2/year

Impact carbone des tuyaux en acier	400 kg CO2/m
Distance totale de tuyaux	1,70 km
Impact carbone total des tuyaux en acier amortie sur 20 ans	34 T CO2/year
Emission annuelle totale	35 T CO2/year
Emissions de CO2 évitées	103 T CO2/year
Valeur € annuelle	6 341 €
€ sur 20 ans	126 814 €
% des cout d'investissement	3%

ANNEXE L - ANALYSE DES FLUX DE TRESORERIE

Analyse du flux de trésorerie

Opportunité	**Clamart Plaine sud**

Scénario considéré — Le RCU (ou un tiers investisseur) supporte les investissements mais bénéficie de la chaleur gratuite du centre de données

Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Economie d'énergie		- €	154 000 €	155 540 €	157 095 €	158 666 €	160 253 €	161 856 €	163 474 €	165 109 €	166 760 €	168 428 €	170 112 €	171 813 €	173 531 €	175 266 €	177 019 €	178 789 €	180 577 €	182 383 €	184 207 €	186 049 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		1 275 725 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
EXTERNALITES	Carbone évitée (en €)		- €	53 134 €	68 663 €	84 191 €	90 272 €	96 352 €	102 433 €	108 513 €	114 594 €	118 803 €	123 013 €	127 223 €	131 432 €	135 642 €	136 577 €	137 513 €	138 448 €	139 384 €	140 319 €	138 916 €	137 513 €
	Total des bénéfices et externalités		1 275 725 €	207 134 €	224 203 €	241 287 €	248 938 €	256 605 €	264 288 €	271 987 €	279 703 €	285 563 €	291 441 €	297 334 €	303 245 €	309 173 €	311 844 €	314 532 €	317 237 €	319 961 €	322 702 €	323 123 €	323 561 €
	Coûts d'investissement	Production	4 252 418 €																				
		Distribution	Inclus																				
	Coûts opérationnels	Production		10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €	10 631 €
COÛTS		Distribution																					
	Coût de l'énergie	Electricité PAC	- €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €	88 000 €
		Achat de la chaleur	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total Coûts		4 252 418 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €	98 631 €
	Total coûts avec inflation		4 252 418 €	99 617 €	100 614 €	101 620 €	102 636 €	103 662 €	104 699 €	105 746 €	106 803 €	107 871 €	108 950 €	110 040 €	111 140 €	112 251 €	113 374 €	114 508 €	115 653 €	116 809 €	117 977 €	119 157 €	120 349 €
BALANCE		-	2 976 693 €	107 517 €	123 589 €	139 667 €	146 302 €	152 943 €	159 590 €	166 242 €	172 899 €	177 692 €	182 490 €	187 295 €	192 105 €	196 921 €	198 470 €	200 024 €	201 585 €	203 151 €	204 725 €	203 965 €	203 213 €
BALANCE en valeur actuelle		-	2 976 693 €	100 016 €	106 946 €	112 427 €	109 551 €	106 534 €	103 408 €	100 203 €	96 945 €	92 681 €	88 543 €	84 534 €	80 656 €	76 910 €	72 107 €	67 601 €	63 376 €	59 412 €	55 695 €	51 617 €	47 839 €

VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans - **1 299 691 €**

Scénario alternatif — Le datacenter supporte les investissements mais vend la chaleur à basse température aux preneurs

Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Prix de vente de la chaleur(limité aux économies maximales que réaliseraient la prison si elle portait les investissement et bénéficiait de la chaleur gratuite)			107 517 €	123 589 €	139 667 €	146 302 €	152 943 €	159 590 €	166 242 €	172 899 €	177 692 €	182 490 €	187 295 €	192 105 €	196 921 €	198 470 €	200 024 €	201 585 €	203 151 €	204 725 €	203 965 €	203 213 €
	Prix indicatif de la chaleur vendue/MWh			49 €	56 €	63 €	67 €	70 €	73 €	76 €	79 €	81 €	83 €	85 €	87 €	90 €	90 €	91 €	92 €	92 €	93 €	93 €	92 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		1 275 725 €																				
	Carbone évitée (en €)			205 €	237 €	270 €	302 €	334 €	367 €	399 €	439 €	471 €	504 €	536 €	568 €	601 €	618 €	634 €	651 €	668 €	685 €	702 €	719 €
EXTERNALITES	Réduction des coûts de refroidissement			17 967 €	18 146 €	18 328 €	18 511 €	18 696 €	18 883 €	19 072 €	19 263 €	19 455 €	19 650 €	19 846 €	20 045 €	20 245 €	20 448 €	20 652 €	20 859 €	21 067 €	21 278 €	21 491 €	21 706 €
	Total des bénéfices et externalités		1 275 725 €	125 737 €	142 029 €	158 328 €	165 182 €	172 043 €	178 912 €	185 788 €	192 680 €	197 699 €	202 727 €	207 762 €	212 806 €	217 857 €	219 625 €	221 402 €	223 186 €	224 979 €	226 781 €	226 251 €	225 730 €
	Coûts d'investissement	Production	4 252 418 €																				
		Distribution	Inclus																				
COÛTS	Coûts opérationnels	Production																					
		Distribution																					
	Total Coûts		4 252 418 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total coûts avec inflation		4 252 418 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
BALANCE		-	2 976 693 €	125 737 €	142 029 €	158 328 €	165 182 €	172 043 €	178 912 €	185 788 €	192 680 €	197 699 €	202 727 €	207 762 €	212 806 €	217 857 €	219 625 €	221 402 €	223 186 €	224 979 €	226 781 €	226 251 €	225 730 €
BALANCE en valeur actuelle		-	2 976 693 €	116 965 €	122 902 €	127 448 €	123 688 €	119 838 €	115 928 €	111 985 €	108 036 €	103 117 €	98 362 €	93 772 €	89 347 €	85 087 €	79 793 €	74 826 €	70 167 €	65 796 €	61 696 €	57 257 €	53 140 €

VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans - **1 097 544 €**

Opportunité	**Bagneux-Chatillon**

Scénario considéré — Le RCU (ou un tiers investisseur) supporte les investissement mais bénéficie de la chaleur gratuite du centre de données

Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Economie d'énergie		- €	954 000 €	963 540 €	973 175 €	982 907 €	992 736 €	1 002 664 €	1 012 690 €	1 022 817 €	1 033 045 €	1 043 376 €	1 053 810 €	1 064 348 €	1 074 991 €	1 085 741 €	1 096 598 €	1 107 564 €	1 118 640 €	1 129 826 €	1 141 125 €	1 152 536 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		7 116 738 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
EXTERNALITES	Carbone évitée (en €)		- €	541 895 €	700 265 €	858 636 €	920 649 €	982 661 €	1 044 674 €	1 106 686 €	1 168 699 €	1 211 631 €	1 254 563 €	1 297 494 €	1 340 426 €	1 383 358 €	1 392 898 €	1 402 439 €	1 411 979 €	1 421 520 €	1 431 060 €	1 416 749 €	1 402 439 €
	Total des bénéfices et externalités		7 116 738 €	1 495 895 €	1 663 805 €	1 831 811 €	1 903 556 €	1 975 397 €	2 047 337 €	2 119 377 €	2 191 516 €	2 244 676 €	2 297 938 €	2 351 304 €	2 404 774 €	2 458 349 €	2 478 639 €	2 499 037 €	2 519 544 €	2 540 160 €	2 560 886 €	2 557 874 €	2 554 975 €
	Coûts d'investissement	Production	23 722 459 €																				
		Distribution	Inclus																				
	Coûts opérationnels	Production	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €
COÛTS		Distribution																					
	Coût de l'énergie	Electricité PAC	- €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €	742 000 €
		Achat de la chaleur	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total Coûts		23 722 459 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €	801 306 €
	Total coûts avec inflation		23 722 459 €	809 319 €	817 412 €	825 587 €	833 842 €	842 181 €	850 603 €	859 109 €	867 700 €	876 377 €	885 140 €	893 992 €	902 932 €	911 961 €	921 081 €	930 292 €	939 594 €	948 990 €	958 480 €	968 065 €	977 746 €
BALANCE		-	16 605 721 €	686 576 €	846 393 €	1 006 225 €	1 069 713 €	1 133 217 €	1 196 735 €	1 260 268 €	1 323 816 €	1 368 299 €	1 412 798 €	1 457 312 €	1 501 842 €	1 546 388 €	1 557 559 €	1 568 746 €	1 579 949 €	1 591 169 €	1 602 406 €	1 589 809 €	1 577 229 €
BALANCE en valeur actuelle		-	16 605 721 €	638 675 €	732 411 €	809 971 €	801 002 €	789 352 €	775 438 €	759 633 €	742 267 €	713 682 €	685 481 €	657 748 €	630 555 €	603 960 €	565 882 €	530 183 €	496 715 €	465 342 €	435 933 €	402 332 €	371 300 €

VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans - **3 997 858 €**

Scénario alternatif — La centre de données supporte les investissements mais vend la chaleur à basse température à Bagneux-Chatillon

Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Prix de vente de la chaleur(limité aux économies maximales que réaliseraient l'agglomération si elle portait les investissement et bénéficiait de la chaleur gratuite)		0	686 576 €	846 393 €	1 006 225 €	1 069 713 €	1 133 217 €	1 196 735 €	1 260 268 €	1 323 816 €	1 368 299 €	1 412 798 €	1 457 312 €	1 501 842 €	1 546 388 €	1 557 559 €	1 568 746 €	1 579 949 €	1 591 169 €	1 602 406 €	1 589 809 €	1 577 229 €
	Prix indicatif de la chaleur vendue/MWh			23 €	28 €	34 €	36 €	38 €	40 €	42 €	44 €	46 €	47 €	49 €	50 €	52 €	52 €	52 €	53 €	53 €	53 €	53 €	53 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		7 116 738 €																				
	Carbone évitée (en €)		- €	11 842 €	13 712 €	15 582 €	17 452 €	19 322 €	21 192 €	23 061 €	25 376 €	27 246 €	29 116 €	30 986 €	32 856 €	34 726 €	35 705 €	36 684 €	37 664 €	38 643 €	39 623 €	40 602 €	41 582 €
EXTERNALITES	Réduction des coûts de refroidissement			173 133 €	174 865 €	176 613 €	178 379 €	180 163 €	181 965 €	183 785 €	185 622 €	187 479 €	189 353 €	191 247 €	193 159 €	195 091 €	197 042 €	199 012 €	201 002 €	203 012 €	205 043 €	207 093 €	209 164 €
	Total des bénéfices et externalités		7 116 738 €	871 574 €	1 034 998 €	1 198 454 €	1 265 580 €	1 332 739 €	1 399 931 €	1 467 156 €	1 534 859 €	1 583 070 €	1 631 314 €	1 679 593 €	1 727 907 €	1 776 256 €	1 790 357 €	1 804 495 €	1 818 668 €	1 832 878 €	1 847 125 €	1 837 557 €	1 828 027 €
	Coûts d'investissement	Production	23 722 459 €																				
		Distribution	Inclus																				
COÛTS	Coûts opérationnels	Production	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €
		Distribution																					
	Total Coûts		23 781 765 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €	59 306 €
	Total coûts avec inflation		23 781 765 €	59 899 €	60 498 €	61 103 €	61 714 €	62 331 €	62 955 €	63 584 €	64 220 €	64 862 €	65 511 €	66 166 €	66 828 €	67 496 €	68 171 €	68 853 €	69 541 €	70 237 €	70 939 €	71 648 €	72 365 €
BALANCE		-	16 665 027 €	811 675 €	974 500 €	1 137 351 €	1 203 866 €	1 270 408 €	1 336 976 €	1 403 572 €	1 470 639 €	1 518 208 €	1 565 804 €	1 613 427 €	1 661 080 €	1 708 760 €	1 722 187 €	1 735 642 €	1 749 127 €	1 762 642 €	1 776 186 €	1 765 909 €	1 755 662 €
BALANCE en valeur actuelle		-	16 665 027 €	755 046 €	843 266 €	915 522 €	901 456 €	884 914 €	866 309 €	846 010 €	824 591 €	791 872 €	759 718 €	728 209 €	697 411 €	667 377 €	625 694 €	586 588 €	549 903 €	515 490 €	483 210 €	446 897 €	413 306 €

VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans - **2 562 238 €**

Opportunité	Meudon-la-Forêt																					
Scénario considéré		Le RCU (ou un tiers investisseur) supporte les investissements mais bénéficie de la chaleur gratuite du centre de données																				
Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Economie d'énergie		- €	344 700 €	348 147 €	351 628 €	355 145 €	358 696 €	362 283 €	365 906 €	369 565 €	373 261 €	376 993 €	380 763 €	384 571 €	388 417 €	392 301 €	396 224 €	400 186 €	404 188 €	408 230 €	412 312 €	416 435 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		2 831 036 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
EXTERNALITES	Carbone évitée (en €)		- €	187 801 €	242 687 €	297 572 €	319 064 €	340 555 €	362 046 €	383 538 €	405 029 €	419 908 €	434 786 €	449 665 €	464 544 €	479 422 €	482 729 €	486 035 €	489 341 €	492 648 €	495 954 €	490 994 €	486 035 €
	Total des bénéfices et externalités		2 831 036 €	532 501 €	590 834 €	649 201 €	674 208 €	699 251 €	724 330 €	749 444 €	774 594 €	793 168 €	811 780 €	830 428 €	849 114 €	867 839 €	875 029 €	882 259 €	889 527 €	896 835 €	904 184 €	903 306 €	902 470 €
	Coûts d'investissement	Production	9 436 785 €																				
		Distribution	Inclus																				
	Coûts opérationnels	Production		23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €	23 592 €
COÛTS		Distribution																					
	Coût de l'énergie	Electricité PAC	- €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €	428 960 €
		Achat de la chaleur	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total Coûts		9 436 785 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €	452 552 €
	Total coûts avec inflation		9 436 785 €	457 077 €	461 648 €	466 265 €	470 927 €	475 637 €	480 393 €	485 197 €	490 049 €	494 949 €	499 899 €	504 898 €	509 947 €	515 046 €	520 197 €	525 399 €	530 653 €	535 959 €	541 319 €	546 732 €	552 199 €
BALANCE			- 6 605 750 €	75 424 €	129 186 €	182 936 €	203 281 €	223 615 €	243 937 €	264 247 €	284 545 €	298 219 €	311 881 €	325 530 €	339 168 €	352 792 €	354 833 €	356 860 €	358 875 €	360 876 €	362 865 €	356 574 €	350 271 €
BALANCE en valeur actuelle			- 6 605 750 €	70 162 €	111 788 €	147 256 €	152 217 €	155 761 €	158 062 €	159 276 €	159 545 €	155 546 €	151 323 €	146 926 €	142 401 €	137 787 €	128 915 €	120 607 €	112 825 €	105 539 €	98 717 €	90 238 €	82 458 €
VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans			**- 4 018 400 €**																				

Scénario alternatif		Le datacenter supporte les investissements mais vend la chaleur à basse température aux preneurs																				
Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Prix de vente de la chaleur(limité aux économies maximales que réaliseraient la prison si elle portait les investissement et bénéficiait de la chaleur gratuite)			75 424 €	129 186 €	182 936 €	203 281 €	223 615 €	243 937 €	264 247 €	284 545 €	298 219 €	311 881 €	325 530 €	339 168 €	352 792 €	354 833 €	356 860 €	358 875 €	360 876 €	362 865 €	356 574 €	350 271 €
	Prix indicatif de la chaleur vendue/MWh			10 €	17 €	24 €	27 €	29 €	32 €	34 €	37 €	39 €	41 €	42 €	44 €	46 €	46 €	47 €	47 €	47 €	47 €	47 €	46 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		2 831 036 €																				
	Carbone évitée (en €)			713 €	826 €	938 €	1 051 €	1 164 €	1 276 €	1 389 €	1 528 €	1 641 €	1 753 €	1 866 €	1 979 €	2 091 €	2 150 €	2 209 €	2 268 €	2 327 €	2 386 €	2 445 €	2 504 €
EXTERNALITES	Réduction des coûts de refroidissement			62 557 €	63 182 €	63 814 €	64 452 €	65 097 €	65 748 €	66 405 €	67 069 €	67 740 €	68 417 €	69 101 €	69 792 €	70 490 €	71 195 €	71 907 €	72 626 €	73 353 €	74 086 €	74 827 €	75 575 €
	Total des bénéfices et externalités		2 831 036 €	138 703 €	193 210 €	247 712 €	268 811 €	289 904 €	310 992 €	332 075 €	353 180 €	367 639 €	382 092 €	396 540 €	410 983 €	425 420 €	428 224 €	431 023 €	433 816 €	436 603 €	439 384 €	433 893 €	428 396 €
	Coûts d'investissement	Production	9 436 785 €																				
		Distribution	Inclus																				
COÛTS	Coûts opérationnels	Production																					
		Distribution																					
	Total Coûts		9 436 785 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total coûts avec inflation		9 436 785 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
BALANCE			- 6 605 750 €	138 703 €	193 210 €	247 712 €	268 811 €	289 904 €	310 992 €	332 075 €	353 180 €	367 639 €	382 092 €	396 540 €	410 983 €	425 420 €	428 224 €	431 023 €	433 816 €	436 603 €	439 384 €	433 893 €	428 396 €
BALANCE en valeur actuelle			- 6 605 750 €	129 026 €	167 191 €	199 399 €	201 286 €	201 935 €	201 511 €	200 160 €	198 029 €	191 754 €	185 389 €	178 976 €	172 553 €	166 153 €	155 580 €	145 671 €	136 386 €	127 686 €	119 534 €	109 805 €	100 850 €
VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans			**- 3 316 876 €**																				

Opportunité	Massy-Antony																					
Scénario considéré		Le RCU (ou un tiers investisseur) supporte les investissements mais bénéficie de la chaleur gratuite du centre de données																				
Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Economie d'énergie		- €	2 167 200 €	2 188 872 €	2 210 761 €	2 232 868 €	2 255 197 €	2 277 749 €	2 300 526 €	2 323 532 €	2 346 767 €	2 370 235 €	2 393 937 €	2 417 876 €	2 442 055 €	2 466 476 €	2 491 141 €	2 516 052 €	2 541 212 €	2 566 625 €	2 592 291 €	2 618 214 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		23 943 716 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
EXTERNALITES	Carbone évitée (en €)		- €	1 206 175 €	1 558 684 €	1 911 193 €	2 049 224 €	2 187 254 €	2 325 285 €	2 463 316 €	2 601 346 €	2 696 906 €	2 792 466 €	2 888 025 €	2 983 585 €	3 079 145 €	3 100 380 €	3 121 616 €	3 142 851 €	3 164 087 €	3 185 322 €	3 153 469 €	3 121 616 €
	Total des bénéfices et externalités		23 943 716 €	3 373 375 €	3 747 556 €	4 121 954 €	4 282 092 €	4 442 451 €	4 603 034 €	4 763 842 €	4 924 878 €	5 043 673 €	5 162 700 €	5 281 962 €	5 401 461 €	5 521 200 €	5 566 856 €	5 612 756 €	5 658 903 €	5 705 299 €	5 751 947 €	5 745 760 €	5 739 829 €
	Coûts d'investissement	Production	79 812 386 €																				
		Distribution	Inclus																				
	Coûts opérationnels	Production		199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €	199 531 €
COÛTS		Distribution																					
	Coût de l'énergie	Electricité PAC	- €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €	2 247 467 €
		Achat de la chaleur	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total Coûts		79 812 386 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €	2 446 998 €
	Total coûts avec inflation		79 812 386 €	2 471 468 €	2 496 182 €	2 521 144 €	2 546 356 €	2 571 819 €	2 597 537 €	2 623 513 €	2 649 748 €	2 676 245 €	2 703 008 €	2 730 038 €	2 757 338 €	2 784 912 €	2 812 761 €	2 840 888 €	2 869 297 €	2 897 990 €	2 926 970 €	2 956 240 €	2 985 802 €
BALANCE			- 55 868 670 €	901 908 €	1 251 374 €	1 600 810 €	1 735 737 €	1 870 632 €	2 005 497 €	2 140 329 €	2 275 130 €	2 367 428 €	2 459 693 €	2 551 925 €	2 644 123 €	2 736 288 €	2 754 095 €	2 771 868 €	2 789 606 €	2 807 309 €	2 824 977 €	2 789 520 €	2 754 027 €
BALANCE en valeur actuelle			- 55 868 670 €	838 984 €	1 082 855 €	1 288 589 €	1 299 720 €	1 303 005 €	1 299 485 €	1 290 094 €	1 275 671 €	1 234 811 €	1 193 428 €	1 151 794 €	1 110 146 €	1 068 690 €	1 000 600 €	936 797 €	877 016 €	821 006 €	768 533 €	705 941 €	648 334 €
VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans			**- 34 673 172 €**																				

Scénario alternatif		Le datacenter supporte les investissements mais vend la chaleur à basse température aux preneurs																				
Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Prix de vente de la chaleur(limité aux économies maximales que réaliseraient la prison si elle portait les investissement et bénéficiait de la chaleur gratuite)			901 908 €	1 251 374 €	1 600 810 €	1 735 737 €	1 870 632 €	2 005 497 €	2 140 329 €	2 275 130 €	2 367 428 €	2 459 693 €	2 551 925 €	2 644 123 €	2 736 288 €	2 754 095 €	2 771 868 €	2 789 606 €	2 807 309 €	2 824 977 €	2 789 520 €	2 754 027 €
	Prix indicatif de la chaleur vendue/MWh			19 €	26 €	33 €	36 €	39 €	42 €	44 €	47 €	49 €	51 €	53 €	55 €	57 €	57 €	58 €	58 €	58 €	59 €	58 €	57 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		23 943 716 €																				
	Carbone évitée (en €)			4 484 €	5 192 €	5 900 €	6 608 €	7 316 €	8 023 €	8 731 €	9 608 €	10 316 €	11 024 €	11 732 €	12 440 €	13 148 €	13 519 €	13 889 €	14 260 €	14 631 €	15 002 €	15 373 €	15 744 €
EXTERNALITES	Réduction des coûts de refroidissement			393 307 €	397 240 €	401 212 €	405 224 €	409 276 €	413 369 €	417 503 €	421 678 €	425 895 €	430 154 €	434 455 €	438 800 €	443 188 €	447 620 €	452 096 €	456 617 €	461 183 €	465 795 €	470 453 €	475 157 €
	Total des bénéfices et externalités		23 943 716 €	1 299 717 €	1 653 831 €	2 007 955 €	2 147 604 €	2 287 263 €	2 426 931 €	2 566 608 €	2 706 463 €	2 803 688 €	2 900 921 €	2 998 165 €	3 095 418 €	3 192 681 €	3 215 291 €	3 237 911 €	3 260 541 €	3 283 181 €	3 305 832 €	3 275 403 €	3 244 985 €
	Coûts d'investissement	Production	79 812 386 €																				
		Distribution	Inclus																				
COÛTS	Coûts opérationnels	Production																					
		Distribution																					
	Total Coûts		79 812 386 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total coûts avec inflation		79 812 386 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
BALANCE			- 55 868 670 €	1 299 717 €	1 653 831 €	2 007 955 €	2 147 604 €	2 287 263 €	2 426 931 €	2 566 608 €	2 706 463 €	2 803 688 €	2 900 921 €	2 998 165 €	3 095 418 €	3 192 681 €	3 215 291 €	3 237 911 €	3 260 541 €	3 283 181 €	3 305 832 €	3 275 403 €	3 244 985 €
BALANCE en valeur actuelle			- 55 868 670 €	1 209 039 €	1 431 114 €	1 616 324 €	1 608 127 €	1 593 213 €	1 572 558 €	1 547 036 €	1 517 520 €	1 462 357 €	1 407 509 €	1 353 201 €	1 299 624 €	1 246 940 €	1 168 158 €	1 094 304 €	1 025 072 €	960 176 €	899 349 €	828 903 €	763 912 €
VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans			**- 30 264 233 €**																				

Opportunité	**Paris**																					
Scénario considéré			Le RCU (ou un tiers investisseur) supporte les investissements mais bénéficie de la chaleur gratuite du centre de données																			
Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Economie d'énergie		- €	855 000 €	863 550 €	872 186 €	880 907 €	889 716 €	898 614 €	907 600 €	916 676 €	925 842 €	935 101 €	944 452 €	953 896 €	963 435 €	973 070 €	982 800 €	992 628 €	1 002 555 €	1 012 580 €	1 022 706 €	1 032 933 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		11 301 708 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
EXTERNALITES	Carbone évitée (en €)		- €	458 518 €	592 522 €	726 525 €	778 996 €	831 468 €	883 939 €	936 410 €	988 881 €	1 025 208 €	1 061 534 €	1 097 860 €	1 134 186 €	1 170 513 €	1 178 585 €	1 186 658 €	1 194 730 €	1 202 803 €	1 210 875 €	1 198 766 €	1 186 658 €
	Total des bénéfices et externalités		11 301 708 €	1 313 518 €	1 456 072 €	1 598 711 €	1 659 904 €	1 721 184 €	1 782 552 €	1 844 010 €	1 905 557 €	1 951 050 €	1 996 635 €	2 042 312 €	2 088 083 €	2 133 948 €	2 151 655 €	2 169 458 €	2 187 358 €	2 205 357 €	2 223 455 €	2 221 472 €	2 219 591 €
	Coûts d'investissement	Production	37 672 361 €																				
		Distribution	Inclus																				
COÛTS	Coûts opérationnels	Production		94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €	94 181 €
		Distribution																					
	Coût de l'énergie	Electricité PAC	- €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €	665 000 €
		Achat de la chaleur	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total Coûts		37 672 361 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €	759 181 €
	Total coûts avec inflation		37 672 361 €	766 773 €	774 440 €	782 185 €	790 007 €	797 907 €	805 886 €	813 945 €	822 084 €	830 305 €	838 608 €	846 994 €	855 464 €	864 019 €	872 659 €	881 385 €	890 199 €	899 101 €	908 092 €	917 173 €	926 345 €
BALANCE		-	26 370 653 €	546 745 €	681 631 €	816 526 €	869 897 €	923 277 €	976 667 €	1 030 065 €	1 083 473 €	1 120 745 €	1 158 027 €	1 195 318 €	1 232 619 €	1 269 929 €	1 278 996 €	1 288 072 €	1 297 159 €	1 306 256 €	1 315 363 €	1 304 299 €	1 293 246 €
BALANCE en valeur actuelle		-	26 370 653 €	508 600 €	589 838 €	657 271 €	651 379 €	643 117 €	632 842 €	620 877 €	607 506 €	584 562 €	561 867 €	539 499 €	517 520 €	495 986 €	464 676 €	435 325 €	407 810 €	382 018 €	357 844 €	330 078 €	304 447 €
VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans		**-**	**16 077 591 €**																				

Scénario alternatif — Le datacenter supporte les investissements mais vend la chaleur à basse température aux preneurs

Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Prix de vente de la chaleur(limité aux économies maximales que réaliseraient la prison si elle portait les investissement et bénéficiait de la chaleur gratuite)			546 745 €	681 631 €	816 526 €	869 897 €	923 277 €	976 667 €	1 030 065 €	1 083 473 €	1 120 745 €	1 158 027 €	1 195 318 €	1 232 619 €	1 269 929 €	1 278 996 €	1 288 072 €	1 297 159 €	1 306 256 €	1 315 363 €	1 304 299 €	1 293 246 €
	Prix indicatif de la chaleur vendue/MWh			29 €	36 €	43 €	46 €	49 €	51 €	54 €	57 €	59 €	61 €	63 €	65 €	67 €	67 €	68 €	68 €	69 €	69 €	69 €	68 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		11 301 708 €																				
	Carbone évitée (en €)			1 769 €	2 048 €	2 328 €	2 607 €	2 886 €	3 165 €	3 445 €	3 791 €	4 070 €	4 349 €	4 628 €	4 908 €	5 187 €	5 333 €	5 480 €	5 626 €	5 772 €	5 919 €	6 065 €	6 211 €
EXTERNALITES	Réduction des coûts de refroidissement			155 167 €	156 718 €	158 286 €	159 868 €	161 467 €	163 082 €	164 713 €	166 360 €	168 023 €	169 703 €	171 401 €	173 115 €	174 846 €	176 594 €	178 360 €	180 144 €	181 945 €	183 765 €	185 602 €	187 458 €
	Total des bénéfices et externalités		11 301 708 €	703 710 €	840 433 €	977 182 €	1 032 418 €	1 087 679 €	1 142 965 €	1 198 277 €	1 253 680 €	1 292 897 €	1 332 140 €	1 371 410 €	1 410 706 €	1 450 029 €	1 460 991 €	1 471 980 €	1 482 997 €	1 494 042 €	1 505 115 €	1 496 035 €	1 486 983 €
	Coûts d'investissement	Production	37 672 361 €																				
		Distribution	Inclus																				
COÛTS	Coûts opérationnels	Production																					
		Distribution																					
	Total Coûts		37 672 361 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total coûts avec inflation		37 672 361 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
BALANCE		-	26 370 653 €	703 710 €	840 433 €	977 182 €	1 032 418 €	1 087 679 €	1 142 965 €	1 198 277 €	1 253 680 €	1 292 897 €	1 332 140 €	1 371 410 €	1 410 706 €	1 450 029 €	1 460 991 €	1 471 980 €	1 482 997 €	1 494 042 €	1 505 115 €	1 496 035 €	1 486 983 €
BALANCE en valeur actuelle		-	26 370 653 €	654 614 €	727 254 €	786 593 €	773 075 €	757 632 €	740 597 €	722 267 €	702 941 €	674 354 €	646 346 €	618 976 €	592 291 €	566 326 €	530 798 €	497 479 €	466 235 €	436 937 €	409 466 €	378 600 €	350 055 €
VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans		**-**	**14 337 816 €**																				

Opportunité	**Clamart futur**																					
Scénario considéré			Le RCU (ou un tiers investisseur) supporte les investissements mais bénéficie de la chaleur gratuite du centre de données																			
Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Economie d'énergie		- €	450 000 €	454 500 €	459 045 €	463 635 €	468 272 €	472 955 €	477 684 €	482 461 €	487 286 €	492 158 €	497 080 €	502 051 €	507 071 €	512 142 €	517 263 €	522 436 €	527 660 €	532 937 €	538 266 €	543 649 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		3 078 245 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
EXTERNALITES	Carbone évitée (en €)		- €	254 674 €	329 104 €	403 533 €	432 677 €	461 821 €	490 965 €	520 109 €	549 253 €	569 430 €	589 607 €	609 783 €	629 960 €	650 137 €	654 620 €	659 104 €	663 588 €	668 071 €	672 555 €	665 829 €	659 104 €
	Total des bénéfices et externalités		3 078 245 €	704 674 €	783 604 €	862 578 €	896 313 €	930 093 €	963 920 €	997 793 €	1 031 714 €	1 056 715 €	1 081 765 €	1 106 863 €	1 132 011 €	1 157 208 €	1 166 762 €	1 176 367 €	1 186 024 €	1 195 732 €	1 205 492 €	1 204 096 €	1 202 753 €
	Coûts d'investissement	Production	10 260 818 €																				
		Distribution	Inclus																				
COÛTS	Coûts opérationnels	Production		25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €	25 652 €
		Distribution																					
	Coût de l'énergie	Electricité PAC	- €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €	350 000 €
		Achat de la chaleur	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total Coûts		10 260 818 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €	375 652 €
	Total coûts avec inflation		10 260 818 €	379 409 €	383 203 €	387 035 €	390 905 €	394 814 €	398 762 €	402 750 €	406 777 €	410 845 €	414 954 €	419 103 €	423 294 €	427 527 €	431 802 €	436 120 €	440 482 €	444 886 €	449 335 €	453 829 €	458 367 €
BALANCE		-	7 182 572 €	325 266 €	400 401 €	475 543 €	505 407 €	535 279 €	565 157 €	595 043 €	624 937 €	645 870 €	666 811 €	687 760 €	708 716 €	729 681 €	734 960 €	740 247 €	745 542 €	750 845 €	756 157 €	750 267 €	744 386 €
BALANCE en valeur actuelle		-	7 182 572 €	302 573 €	346 480 €	382 794 €	378 449 €	372 853 €	366 200 €	358 665 €	350 403 €	336 875 €	323 533 €	310 416 €	297 558 €	284 986 €	267 021 €	250 178 €	234 389 €	219 587 €	205 712 €	189 869 €	175 238 €
VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans		**-**	**1 228 793 €**																				

Scénario alternatif — Le datacenter supporte les investissements mais vend la chaleur à basse température aux preneurs

Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Prix de vente de la chaleur(limité aux économies maximales que réaliseraient la prison si elle portait les investissement et bénéficiait de la chaleur gratuite)			325 266 €	400 401 €	475 543 €	505 407 €	535 279 €	565 157 €	595 043 €	624 937 €	645 870 €	666 811 €	687 760 €	708 716 €	729 681 €	734 960 €	740 247 €	745 542 €	750 845 €	756 157 €	750 267 €	744 386 €
	Prix indicatif de la chaleur vendue/MWh			33 €	40 €	48 €	51 €	54 €	57 €	60 €	62 €	65 €	67 €	69 €	71 €	73 €	73 €	74 €	75 €	75 €	76 €	75 €	74 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		3 078 245 €																				
	Carbone évitée (en €)			931 €	1 078 €	1 225 €	1 372 €	1 519 €	1 666 €	1 813 €	1 995 €	2 142 €	2 289 €	2 436 €	2 583 €	2 730 €	2 807 €	2 884 €	2 961 €	3 038 €	3 115 €	3 192 €	3 269 €
EXTERNALITES	Réduction des coûts de refroidissement			81 667 €	82 483 €	83 308 €	84 141 €	84 983 €	85 832 €	86 691 €	87 558 €	88 433 €	89 318 €	90 211 €	91 113 €	92 024 €	92 944 €	93 874 €	94 812 €	95 761 €	96 718 €	97 685 €	98 662 €
	Total des bénéfices et externalités		3 078 245 €	407 896 €	484 002 €	560 124 €	590 971 €	621 834 €	652 712 €	683 607 €	714 552 €	736 510 €	758 485 €	780 476 €	802 483 €	824 508 €	830 785 €	837 079 €	843 390 €	849 719 €	856 066 €	851 220 €	846 392 €
	Coûts d'investissement	Production	10 260 818 €																				
		Distribution	Inclus																				
COÛTS	Coûts opérationnels	Production																					
		Distribution																					
	Total Coûts		10 260 818 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total coûts avec inflation		10 260 818 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
BALANCE		-	7 182 572 €	407 896 €	484 002 €	560 124 €	590 971 €	621 834 €	652 712 €	683 607 €	714 552 €	736 510 €	758 485 €	780 476 €	802 483 €	824 508 €	830 785 €	837 079 €	843 390 €	849 719 €	856 066 €	851 220 €	846 392 €
BALANCE en valeur actuelle		-	7 182 572 €	379 438 €	418 823 €	450 878 €	442 520 €	433 144 €	422 933 €	412 047 €	400 651 €	384 152 €	368 012 €	352 262 €	336 926 €	322 021 €	301 835 €	282 904 €	265 151 €	248 503 €	232 892 €	215 417 €	199 252 €
VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans		**-**	**312 812 €**																				

Opportunité	CA La Boursidière																					
Scénario considéré		Le RCU (ou un tiers investisseur) supporte les investissements mais bénéficie de la chaleur gratuite du centre de données																				
Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Economie d'énergie		- €	185 500 €	187 355 €	189 229 €	191 121 €	193 032 €	194 962 €	196 912 €	198 881 €	200 870 €	202 879 €	204 907 €	206 956 €	209 026 €	211 116 €	213 227 €	215 360 €	217 513 €	219 688 €	221 885 €	224 104 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		1 117 502 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
EXTERNALITES	Carbone évitée (en €)		- €	2 240 €	2 593 €	2 947 €	3 301 €	3 654 €	4 008 €	4 362 €	4 799 €	5 153 €	5 507 €	5 860 €	6 214 €	6 568 €	6 753 €	6 938 €	7 123 €	7 309 €	7 494 €	7 679 €	7 864 €
	Total des bénéfices et externalités		1 117 502 €	187 740 €	189 948 €	192 176 €	194 421 €	196 686 €	198 970 €	201 274 €	203 681 €	206 023 €	208 385 €	210 768 €	213 170 €	215 594 €	217 869 €	220 166 €	222 483 €	224 822 €	227 182 €	229 564 €	231 968 €
COÛTS	Coûts d'investissement	Production	3 725 008 €																				
		Distribution	Inclus																				
	Coûts opérationnels	Production		9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €	9 313 €
		Distribution																					
	Coût de l'énergie	Electricité PAC	- €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €	185 500 €
		Achat de la chaleur	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total Coûts		3 725 008 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €	194 813 €
	Total coûts avec inflation		3 725 008 €	196 761 €	198 728 €	200 716 €	202 723 €	204 750 €	206 797 €	208 865 €	210 954 €	213 064 €	215 194 €	217 346 €	219 520 €	221 715 €	223 932 €	226 171 €	228 433 €	230 717 €	233 025 €	235 355 €	237 708 €
BALANCE			- 2 607 506 €	- 9 021 €	- 8 780 €	- 8 540 €	- 8 301 €	- 8 064 €	- 7 827 €	- 7 592 €	- 7 274 €	- 7 041 €	- 6 809 €	- 6 578 €	- 6 349 €	- 6 121 €	- 6 063 €	- 6 006 €	- 5 950 €	- 5 895 €	- 5 842 €	- 5 790 €	- 5 740 €
BALANCE en valeur actuelle			- 2 607 506 €	- 8 392 €	- 7 598 €	- 6 874 €	- 6 216 €	- 5 617 €	- 5 072 €	- 4 576 €	- 4 078 €	- 3 672 €	- 3 304 €	- 2 969 €	- 2 666 €	- 2 391 €	- 2 203 €	- 2 030 €	- 1 871 €	- 1 724 €	- 1 589 €	- 1 465 €	- 1 351 €
VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans		**-**	**2 683 162 €**																				

Scénario alternatif		Le datacenter supporte les investissements mais vend la chaleur à basse température aux preneurs																				
Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Prix de vente de la chaleur(limité aux économies maximales que réaliseraient la prison si elle portait les investissement et bénéficiait de la chaleur gratuite)			- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Prix indicatif de la chaleur vendue/MWh			- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)		1 117 502 €																				
	Carbone évitée (en €)			493 €	571 €	649 €	727 €	805 €	883 €	961 €	1 057 €	1 135 €	1 213 €	1 291 €	1 369 €	1 447 €	1 488 €	1 529 €	1 569 €	1 610 €	1 651 €	1 692 €	1 733 €
EXTERNALITES	Réduction des coûts de refroidissement			43 283 €	43 716 €	44 153 €	44 595 €	45 041 €	45 491 €	45 946 €	46 406 €	46 870 €	47 338 €	47 812 €	48 290 €	48 773 €	49 260 €	49 753 €	50 251 €	50 753 €	51 261 €	51 773 €	52 291 €
	Total des bénéfices et externalités		1 117 502 €	43 777 €	44 288 €	44 803 €	45 322 €	45 846 €	46 374 €	46 907 €	47 463 €	48 005 €	48 552 €	49 103 €	49 659 €	50 220 €	50 748 €	51 282 €	51 820 €	52 363 €	52 912 €	53 465 €	54 024 €
COÛTS	Coûts d'investissement	Production	3 725 008 €																				
		Distribution	Inclus																				
	Coûts opérationnels	Production																					
		Distribution																					
	Total Coûts		3 725 008 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total coûts avec inflation		3 725 008 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
BALANCE			- 2 607 506 €	43 777 €	44 288 €	44 803 €	45 322 €	45 846 €	46 374 €	46 907 €	47 463 €	48 005 €	48 552 €	49 103 €	49 659 €	50 220 €	50 748 €	51 282 €	51 820 €	52 363 €	52 912 €	53 465 €	54 024 €
BALANCE en valeur actuelle			- 2 607 506 €	40 723 €	38 323 €	36 064 €	33 937 €	31 934 €	30 049 €	28 273 €	26 613 €	25 039 €	23 557 €	22 162 €	20 849 €	19 614 €	18 437 €	17 331 €	16 292 €	15 314 €	14 395 €	13 530 €	12 718 €
VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans		**-**	**2 122 351 €**																				

Opportunité	RCU Plessis-Robinson_Chatenay-Malabary																					
Scénario considéré		Le RCU (ou un tiers investisseur) supporte les investissements mais bénéficie de la chaleur gratuite du centre de données																				
Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Economie d'énergie		- €	1 800 000 €	1 818 000 €	1 836 180 €	1 854 542 €	1 873 087 €	1 891 818 €	1 910 736 €	1 929 844 €	1 949 142 €	1 968 633 €	1 988 320 €	2 008 203 €	2 028 285 €	2 048 568 €	2 069 054 €	2 089 744 €	2 110 642 €	2 131 748 €	2 153 065 €	2 174 596 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)			- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
EXTERNALITES	Carbone évitée (en €)		- €	1 055 764 €	1 364 315 €	1 672 866 €	1 793 684 €	1 914 502 €	2 035 320 €	2 156 138 €	2 276 957 €	2 360 600 €	2 444 243 €	2 527 886 €	2 611 530 €	2 695 173 €	2 713 760 €	2 732 348 €	2 750 935 €	2 769 523 €	2 788 110 €	2 760 229 €	2 732 348 €
	Total des bénéfices et externalités		- €	2 855 764 €	3 182 315 €	3 509 046 €	3 648 226 €	3 787 589 €	3 927 138 €	4 066 875 €	4 206 800 €	4 309 742 €	4 412 877 €	4 516 206 €	4 619 733 €	4 723 458 €	4 762 328 €	4 801 401 €	4 840 679 €	4 880 164 €	4 919 858 €	4 913 294 €	4 906 944 €
COÛTS	Coûts d'investissement	Production	8 797 500 €																				
		Distribution	Inclus																				
	Coûts opérationnels	Production		21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €	21 994 €
		Distribution																					
	Coût de l'énergie	Electricité PAC	- €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €	700 000 €
		Achat de la chaleur	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total Coûts		8 797 500 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €	721 994 €
	Total coûts avec inflation		8 797 500 €	729 214 €	736 506 €	743 871 €	751 310 €	758 823 €	766 411 €	774 075 €	781 816 €	789 634 €	797 530 €	805 506 €	813 561 €	821 696 €	829 913 €	838 212 €	846 594 €	855 060 €	863 611 €	872 247 €	880 970 €
BALANCE			- 8 797 500 €	2 126 551 €	2 445 809 €	2 765 175 €	2 896 916 €	3 028 767 €	3 160 727 €	3 292 800 €	3 424 984 €	3 520 108 €	3 615 346 €	3 710 701 €	3 806 172 €	3 901 762 €	3 932 415 €	3 963 189 €	3 994 085 €	4 025 104 €	4 056 247 €	4 041 047 €	4 025 974 €
BALANCE en valeur actuelle			- 8 797 500 €	1 978 187 €	2 116 439 €	2 225 857 €	2 169 212 €	2 109 714 €	2 048 030 €	1 984 751 €	1 920 396 €	1 836 030 €	1 754 144 €	1 674 799 €	1 598 037 €	1 523 880 €	1 428 699 €	1 339 423 €	1 255 688 €	1 177 154 €	1 103 499 €	1 022 664 €	947 767 €
VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans			**24 416 872 €**																				

Scénario alternatif		Le datacenter supporte les investissements mais vend la chaleur à haute température aux preneurs																				
Année			**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**2046**	**2047**
	Prix de vente de la chaleur			2 126 551 €	2 445 809 €	2 765 175 €	2 896 916 €	3 028 767 €	3 160 727 €	3 292 800 €	3 424 984 €	3 520 108 €	3 615 346 €	3 710 701 €	3 806 172 €	3 901 762 €	3 932 415 €	3 963 189 €	3 994 085 €	4 025 104 €	4 056 247 €	4 041 047 €	4 025 974 €
	Prix indicatif de la chaleur vendue/MWh			53 €	61 €	69 €	72 €	76 €	79 €	82 €	86 €	88 €	90 €	93 €	95 €	98 €	98 €	99 €	100 €	101 €	101 €	101 €	101 €
BENEFICES	Subventions (Fonds chaleur, CEE, FEDER,...)																						
	Carbone évitée (en €)			3 724 €	4 312 €	4 900 €	5 488 €	6 076 €	6 664 €	7 252 €	7 980 €	8 568 €	9 156 €	9 744 €	10 332 €	10 920 €	11 228 €	11 536 €	11 844 €	12 152 €	12 460 €	12 768 €	13 076 €
EXTERNALITES	Réduction des coûts de refroidissement			43 283 €	43 716 €	44 153 €	44 595 €	45 041 €	45 491 €	45 946 €	46 406 €	46 870 €	47 338 €	47 812 €	48 290 €	48 773 €	49 260 €	49 753 €	50 251 €	50 753 €	51 261 €	51 773 €	52 291 €
	Total des bénéfices et externalités		- €	2 173 611 €	2 493 899 €	2 814 298 €	2 947 072 €	3 079 959 €	3 212 962 €	3 346 080 €	3 479 456 €	3 575 634 €	3 671 931 €	3 768 349 €	3 864 889 €	3 961 552 €	3 993 002 €	4 024 577 €	4 056 279 €	4 088 110 €	4 120 069 €	4 105 690 €	4 091 442 €
COÛTS	Coûts d'investissement	Production	8 797 500 €																				
		Distribution	Inclus																				
	Coûts opérationnels	Production																					
		Distribution																					
	Total Coûts		8 797 500 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Total coûts avec inflation		8 797 500 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
BALANCE			- 8 797 500 €	2 173 611 €	2 493 899 €	2 814 298 €	2 947 072 €	3 079 959 €	3 212 962 €	3 346 080 €	3 479 456 €	3 575 634 €	3 671 931 €	3 768 349 €	3 864 889 €	3 961 552 €	3 993 002 €	4 024 577 €	4 056 279 €	4 088 110 €	4 120 069 €	4 105 690 €	4 091 442 €
BALANCE en valeur actuelle			- 8 797 500 €	2 021 964 €	2 158 052 €	2 265 399 €	2 206 769 €	2 145 372 €	2 081 876 €	2 016 866 €	1 950 939 €	1 864 991 €	1 781 599 €	1 700 819 €	1 622 690 €	1 547 232 €	1 450 711 €	1 360 170 €	1 275 241 €	1 195 580 €	1 120 862 €	1 039 023 €	963 179 €
VALEUR ACTUELLE NET sur 20 ans			**24 971 833 €**																				

ANNEXE M – LETTRE D'INTERET DE CORIANCE

SAS PLESSIS DC
121 avenue de Malakoff
75116 Paris
A l'attention de MM. Yann Bloch et David Marigny

Noisy-le-Grand, le 09 mars 2026

Interlocuteur : Frédéric TURIN
01.49.14.79.79
etudes@groupe-coriance.fr

Objet : Lettre d'intérêt pour un projet de valorisation de chaleur fatale issue d'un *Data Center* par un réseau de chaleur sur le territoire du Plessis-Robinson

Monsieur,

Votre société étudie la réalisation d'un datacenter sur le site du 22 avenue Galilée au PLESSIS-ROBINSON (92350). A ce titre, nous avons pu échanger à plusieurs reprises sur l'opportunité d'employer la chaleur fatale qui sera produite par les installations techniques du data center pour alimenter un réseau de chaleur développé et opéré par la société CORIANCE à travers l'une de ses filiales, et avons émis à cet effet une lettre d'intention vous étant destinée le 14 janvier 2025.

Le groupe Coriance, à travers sa filiale dédiée Réseau Terra Confort, s'est vu attribuer la délégation de service public pour la conception, construction, financement, et l'exploitation d'un réseau de chaleur géothermique par le groupement d'autorités délégantes constitué des villes du Plessis-Robinson et de Châtenay-Malabry, par contrat en date du 9 avril 2024.

Nos études concluent aujourd'hui à un potentiel de valorisation de chaleur fatale supérieur aux projections précédentes. Une fois pris en compte les profils attendus de consommation, la capacité de valorisation de la chaleur fatale, et les contraintes physiques à sa distribution, nous prévoyons la valorisation d'un volume de chaleur fatale pouvant atteindre les **40 GWh annuels**. Celui-ci se répartirait entre la desserte du quartier à proximité du Data Center, et celle du réseau existant du Loup Pendu, laquelle permettrait de combler un besoin EnR sur cette zone.

Au regard de ce fait, nous vous confirmons notre intérêt marqué pour poursuivre les discussions avec vous et aboutir rapidement à la signature d'une convention de valorisation de chaleur fatale.

Vous souhaitant bonne réception des présentes, je vous prie de croire, Monsieur, à l'expression de mes salutations distinguées.

Frédéric TURIN
Directeur Général Adjoint, GROUPE CORIANCE

Frederic TURIN (17 mars 2026 11:15:28 GMT+1)

Signature: 
Frederic TURIN (17 mars 2026 11:15:28 GMT+1)

E-mail: frederic.turin@groupe-coriance.fr
Fonction: DGA
Société: Coriance Groupe

202603_Lettre_Plessis-DC

Rapport d'audit final 2026-03-17

Créé le :	2026-03-17
De :	Morgane PONS (morgane.pons@groupe-coriance.fr)
État :	Signé
ID de transaction :	CBJCHBCAABAAaBBvUOQO325hQEvonxvb2fmwRGfZd-J6

Historique de "202603_Lettre_Plessis-DC"

Document créé par Morgane PONS (morgane.pons@groupe-coriance.fr)
2026-03-17 - 10:07:50 GMT- Adresse IP : 194.9.100.92

Document envoyé par e-mail à Frederic TURIN (frederic.turin@groupe-coriance.fr) pour signature
2026-03-17 - 10:08:26 GMT

E-mail consulté par Frederic TURIN (frederic.turin@groupe-coriance.fr)
2026-03-17 - 10:14:27 GMT- Adresse IP : 104.28.42.27

Document signé électroniquement par Frederic TURIN (frederic.turin@groupe-coriance.fr)
Date de signature : 2026-03-17 - 10:15:28 GMT - Source de l'heure : serveur- Adresse IP : 172.226.148.11

Accord terminé
2026-03-17 - 10:15:28 GMT

ANNEXE N – NOTE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET - PROJET DE VALORISATION DE CHALEUR FATALE PRODUITE PAR LE DATA CENTER EN PROJET SUR LE TERRITOIRE DU PLESSIS ROBINSON ET PORTE PAR LA SOCIETE PLESSIS DC

ANNEXE 1

NOTE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET

Projet de valorisation de chaleur fatale produite par le *Data Center* en projet sur le territoire du Plessis Robinson et porté par la société PLESSIS DC

Synthèse – résumé analytique

La société Coriance a étudié dans la présente étude préliminaire d'avant-projet la faisabilité, et l'intérêt, d'un projet de valorisation de la chaleur fatale du datacenter prévu pour être développé et installé par la société Plessis DC dans la zone NOVEOS, commune du Plessis-Robinson.

Coriance, société spécialisée dans les réseaux de chaleur urbains (RCU), est délégataire de service public pour le réseau Terra Confort, couvrant l'ensemble des communes du Plessis-Robinson et de Châtenay-Malabry, à l'exception notable de la zone NOVEOS. Bien que le réseau Terra Confort doive atteindre des volumes de livraison de chaleur importants de plus de **130 GWh** annuels, ceux-ci sont **déjà très majoritairement couverts par les sources de production actuelles**, ou déjà en construction. La chaleur fatale du datacenter, une fois relevée en température par des PAC à charge du datacenter, sera utilisée en **effacement de chaleur produite par combustion de gaz**, ce qui signifie qu'elle se substituera à des énergies fossiles.

Les paramètres opérationnels du réseau, les travaux déjà engagés sur le réseau, et la localisation du datacenter, imposent par ailleurs des contraintes de raccordement, et viennent ainsi conditionner les volumes de chaleur fatale valorisables. **La valorisation de chaleur fatale sur le réseau existant est possible mais pour des volumes modérés.** L'équilibre entre bénéfice énergétique et économique, contraintes opérationnelles et de construction, et coûts de travaux, sera donc à considérer plus avant pour cette solution.

Coriance a en parallèle conduit un travail de prospection sur la partie de la zone NOVEOS faisant partie du Plessis-Robinson. Ce quartier est actuellement exclu du périmètre de Coriance. Il en ressort que les volumes de consommation de chaleur sur zone dépassent 25 GWh par an, volumes qui pourraient en cas de création d'un réseau sur la zone NOVEOS être couverts à plus de 80% par la chaleur fatale du datacenter.

Aussi, **en cas de création d'un réseau sur la zone NOVEOS, une quantité conséquente de chaleur fatale du datacenter, estimée à 25 GWh/an, pourrait être valorisée**. Ce réseau pourrait être interconnecté avec le réseau Terra Confort existant (avec cependant une limite technique aux volumes échangeables) pour augmenter la sécurité énergétique et opérationnelle de la nouvelle zone comme du réseau existant.

De plus, la zone jouxte des quartiers, hors de la ville du Plessis-Robinson, comportant bon nombre de consommateurs potentiels de chaleur. A plus long terme, des exports de chaleur vers ceux-ci pourraient être étudiés pour augmenter encore les volumes de chaleur fatale valorisés par le datacenter.

Table des Matières

1. Présentation du Projet. Contexte de l'Etude 3

2. Descriptif du Data Center 4

3. Le Réseau Coriance TERRACONFORT 6

a. Implantation Coriance sur le Territoire 6

b. Fonctionnement du Réseau de Chaleur 8

4. Opportunité de Valorisation 10

a. Monotone du Réseau existant 10

b. Volumes Valorisables sur le Périmètre TERRACONFORT 12

c. Opportunités complémentaires identifiées 13

5. Descriptif Technique du Projet 15

a. Evaluation de l'Energie Disponible 15

b. Conception de la Solution de Récupération de Chaleur Fatale 16

c. Conception de la Solution de Valorisation de Chaleur sur le(s) RCU 17

a. Solution de Valorisation sur le Réseau Existant 17

b. Potentiel sur Zone NOVEOS 21

c. Valorisation sur zone NOVEOS 23

6. Schéma d'Implantation Préliminaire 26

7. Prochaines Etapes 27

a. Raffinage de la Prospection sur Zone 27

b. Elaboration d'un Protocole d'Accord et d'une Convention de Valorisation de Chaleur 27

c. Discussions Délégant 27

8. Conclusions 28

1. Présentation du Projet. Contexte de l'Etude

L'objectif de cette étude est de mettre en avant le potentiel de valorisation de la chaleur fatale issue du datacenter en projet porté par la société PLESSIS DC sur le territoire de la Ville du Plessis Robinson, au 22 Avenue Galilée, dans la zone NOVEOS.

La société Coriance est spécialisée dans la conception, construction, financement et opération de réseaux de chaleur urbains et la production et valorisation de chaleur décarbonée. A travers sa filiale Réseau Terra Confort, elle est délégataire de service public pour le réseau de chaleur alimenté par géothermie de Châtenay-Malabry et du Plessis-Robinson. Cette étude vise à établir les conditions de la possibilité de valorisation de chaleur du datacenter à l'échelle du territoire couvert par ce réseau et des deux communes.

Les besoins de chaleur totaux sur le réseau, en année de plein développement du réseau, sont de 133 GWh/an. Le territoire de la délégation de service public ne comprend pas la zone NOVEOS en vertu du cahier des charges de la délégation.

Le réseau Terra Confort est desservi en énergie décarbonée par une centrale géothermique profonde (Dogger), une centrale géothermique de moyenne profondeur (néocomien), des pompes à chaleur géothermiques, ainsi qu'une centrale biomasse. Aussi, la chaleur fatale du datacenter vient en complément de ces centrales et a pour objet de limiter le recours au Gaz naturel.

Pour les besoins de cette étude et au vu du périmètre sur lequel de la chaleur serait valorisable, plusieurs options ont été étudiées pour valoriser la chaleur fatale : à la fois la valorisation de chaleur fatale du datacenter sur le réseau tel qu'il est aujourd'hui prévu, et une valorisation sur un réseau à développer sur la zone NOVEOS dans laquelle s'implante le datacenter, selon une méthode décrite plus bas dans ce document.

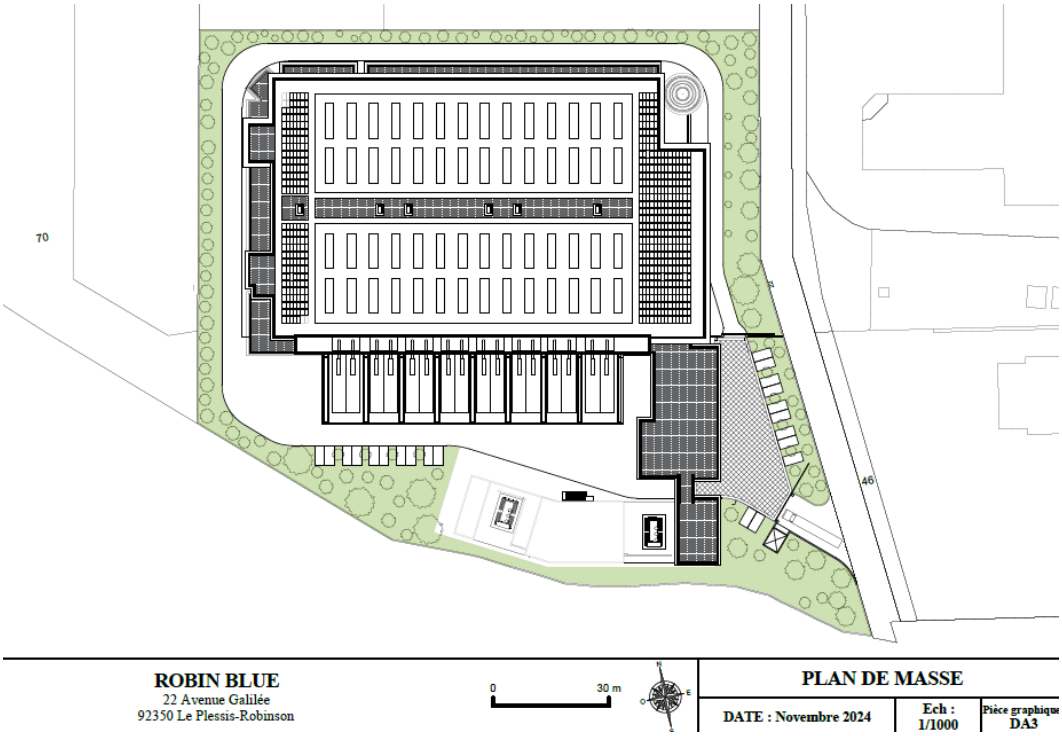
2. Descriptif du Data Center

La société EMERIGE développe actuellement, sur la commune du Plessis-Robinson et plus précisément la zone NOVEOS, un datacenter prévu pour un déploiement prévisionnel en trois phases de puissances égales.



Implantation du datacenter sur zone NOVEOS – situation par rapport au réseau de chaleur zone Loup Pendu

En plein développement, le datacenter aura une puissance de calcul (puissance IT) de 48MW. Pour permettre le refroidissement des serveurs et des salles, nécessaire au bon fonctionnement des équipements informatiques, une puissance froid de 55,3 MW sera installée. Dans l'ensemble, la puissance électrique du site atteindra les 70 MW.



Plan de masse, projet de datacenter Robin Blue, Le Plessis-Robinson

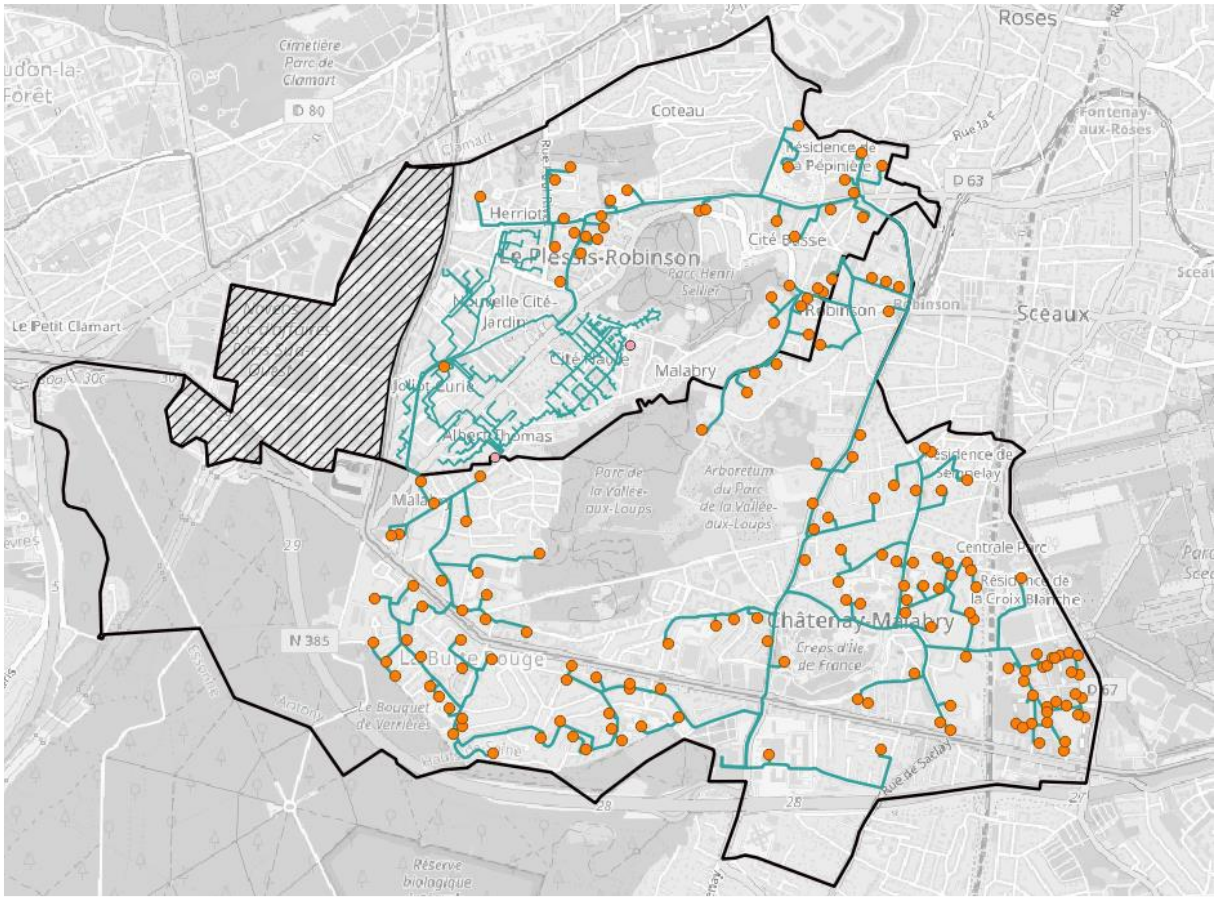
Le datacenter, dans le cadre de ses études de conception et de son processus de dépôt de demandes de permis, agrément, et autorisations administratives diverses, étudie les perspectives de valorisation de chaleur fatale produite par son opération. Cette valorisation de chaleur fatale permet aussi au datacenter de respecter les critères légaux pour l'obtention d'un tarif préférentiel de l'électricité en vertu du CIBS (article L.312-70), ainsi que d'être en conformité avec la Directive Efficacité Energétique révisée de l'Union Européenne, en prévision de sa transposition en droit français prévue d'ici au 11 octobre 2025.

3. Le Réseau Coriance TERRACONFORT

a. Implantation Coriance sur le Territoire

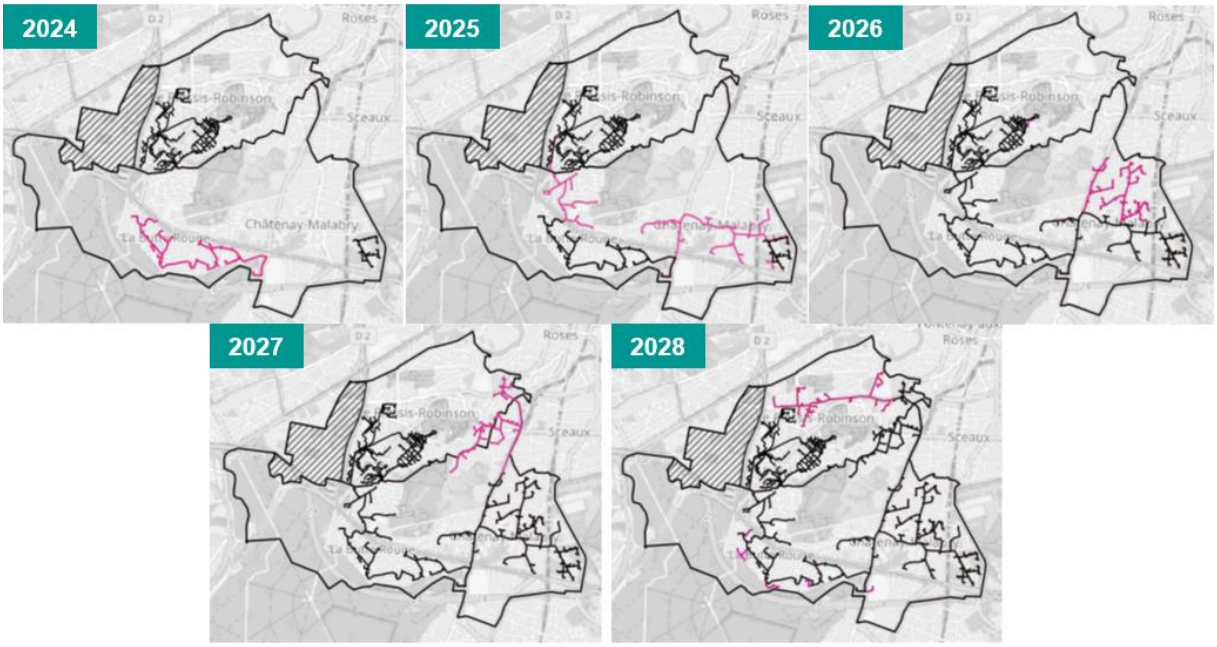
A travers sa filiale dédiée Réseau Terra Confort, Coriance développe, construit, et exploite le réseau de chaleur urbain de Châtenay-Malabry et Le Plessis-Robinson.

Le périmètre actuel du réseau couvre l'ensemble du territoire de Châtenay-Malabry et l'essentiel du Plessis-Robinson, en-dehors de la zone située à l'Ouest de la RD2, comme présenté en hachuré sur la carte ci-après.



Tracé prévisionnel du RCU en plein développement, et périmètre concessif.

Le réseau sera déployé sur une durée de plusieurs années, le calendrier prévisionnel de travaux s'étendant de 2024 à 2028. En plein développement, le réseau atteindra une longueur de **31 km linéaires**. Ci-dessous, année par année, le plan en noir de l'existant et en rose des segments en travaux.



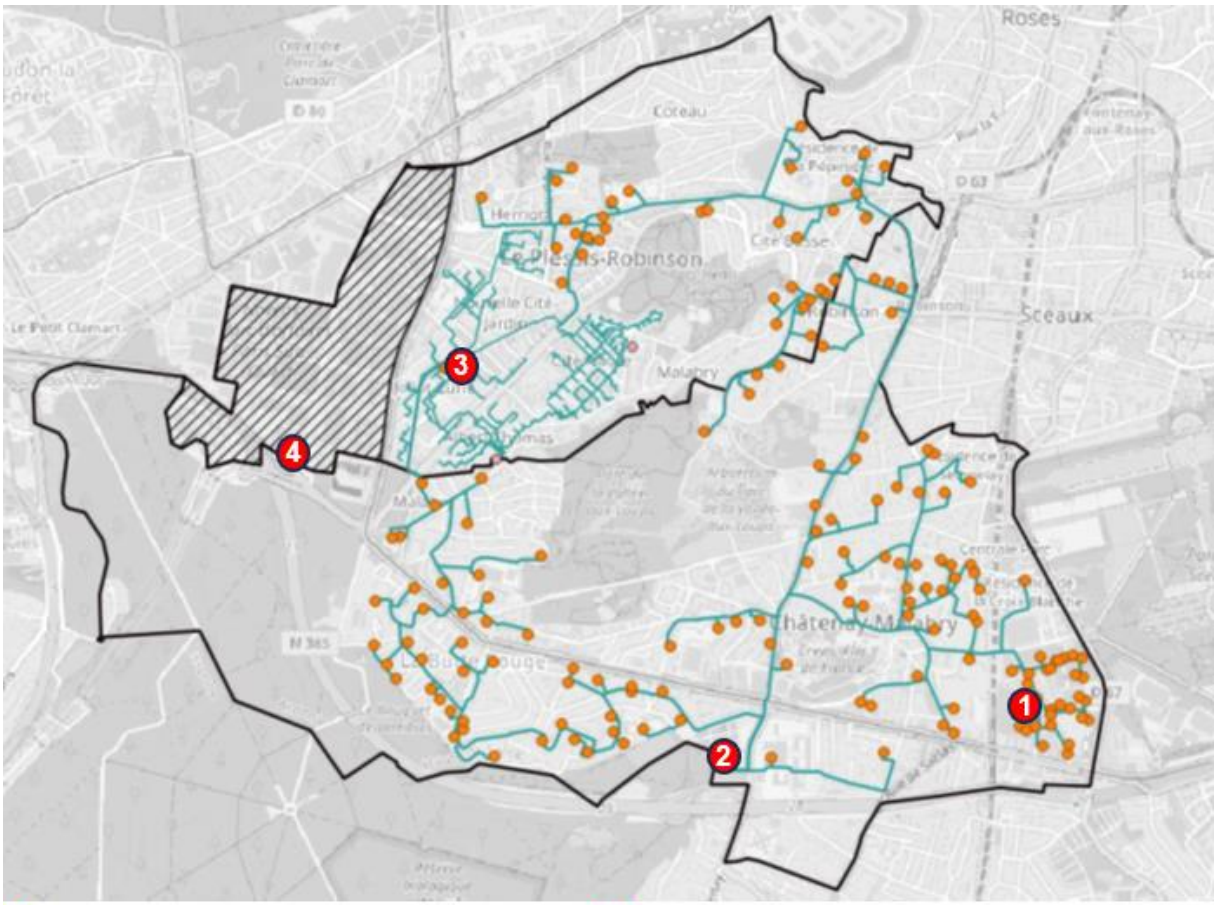
Phasage général des travaux de déploiement du réseau

Les travaux prévus pour 2024, et les études et dimensionnements de ceux prévus pour 2025, sont à la date de cette étude déjà effectués ou lancés. Aussi, toute modification de ceux-ci est aujourd'hui non envisageable, et ils formeront une donnée technique dans le cadre du projet de valorisation de chaleur du datacenter. Voir ci-après en section 5.c.a) pour plus de détail.

Le réseau est et sera desservi par un ensemble de moyens de production actuellement en service ou en construction :

- Une centrale géothermique profonde (Dogger) ;
- Une centrale géothermique de moyenne profondeur (Néocomien) ;
- Une centrale biomasse ;
- Des pompes à chaleur (PAC) géothermiques sur les deux sites géothermiques ;
- Des chaudières d'appoint et de secours à gaz naturel.

Ces moyens de production sont répartis en trois chaufferies situées à différents endroits du réseau. Ci-dessous sur la carte du réseau l'implantation de ces chaufferies, et l'emplacement du projet de datacenter.

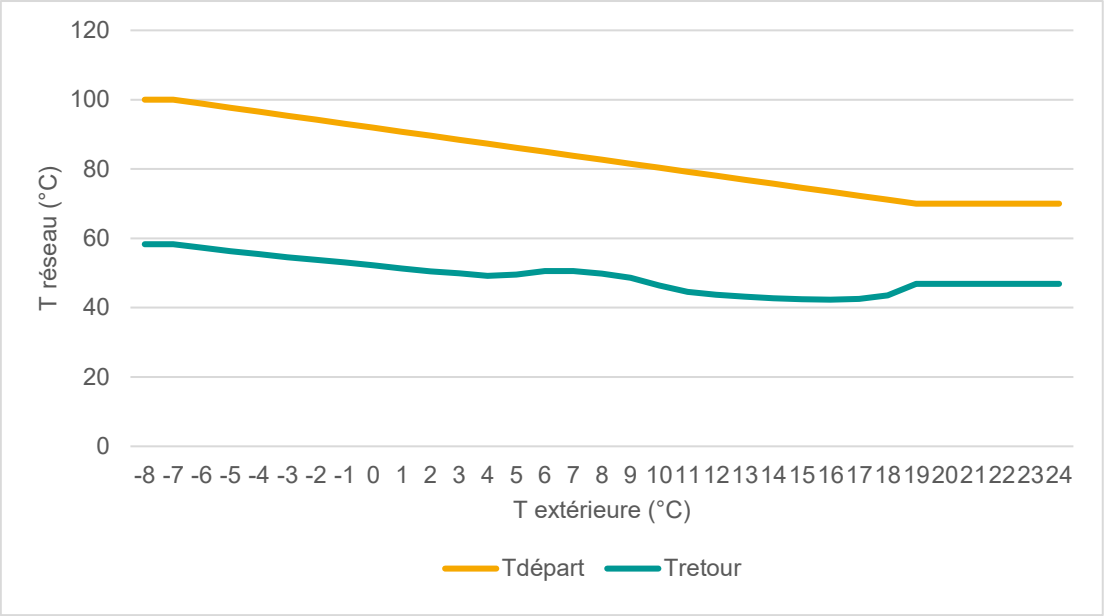


1 Chaufferie biomasse + gaz
2 Doublet géothermique profond + PAC + gaz
3 Chaufferie géothermie superficielle + PAC + gaz
4 Projet Data Center

La zone située autour de la chaufferie du quartier du Loup Pendu (numéro 3 sur la carte ci-dessus) est un réseau existant et ne s'étendant que sur un quartier de la commune du Plessis-Robinson. Ce réseau existant sera raccordé et intégré à l'ensemble du réseau par le Sud d'abord, puis par le Nord quelques années plus tard, comme présenté dans les plans ci-dessus.

b. Fonctionnement du Réseau de Chaleur

Afin de pouvoir desservir l'ensemble des clients du réseau, la température de départ du réseau doit s'ajuster en fonction de la température extérieure :



Loi d'eau du réseau : températures de départ et retour en fonction de la température extérieure

Ci-dessus les courbes de consignes de températures de départ, et de la température de retour, en fonction de la température extérieure. Cette « loi d'eau » représente pour un réseau une contrainte opérationnelle forte. La chaleur étant injectée, et véhiculée, sous forme d'eau chaude, il n'est pas possible d'injecter de chaleur sur le réseau à une température ne tenant pas compte de cette loi d'eau. Mélanger de l'eau à des températures différentes compromettrait le fonctionnement et la capacité à livrer la chaleur du réseau, ainsi, tout moyen de production doit respecter une température minimale d'injection.

Cela peut parfois imposer à certains moyens de production d'employer une solution complémentaire de « relève » de température. Par exemple, une source géothermique est captée à une température stable (typiquement en Ile-de-France entre 60 et 75°C pour une géothermie au Dogger), aussi une relève de la température de l'eau chaude captée (au moyen d'une pompe à chaleur, ou d'une chaudière à gaz naturel) est nécessaire pour atteindre les températures de départ en cas de températures extérieures froides.

Cet argument est valable, à plus forte raison, pour des sources de moyenne ou basse enthalpie, comme la chaleur fatale d'un datacenter.

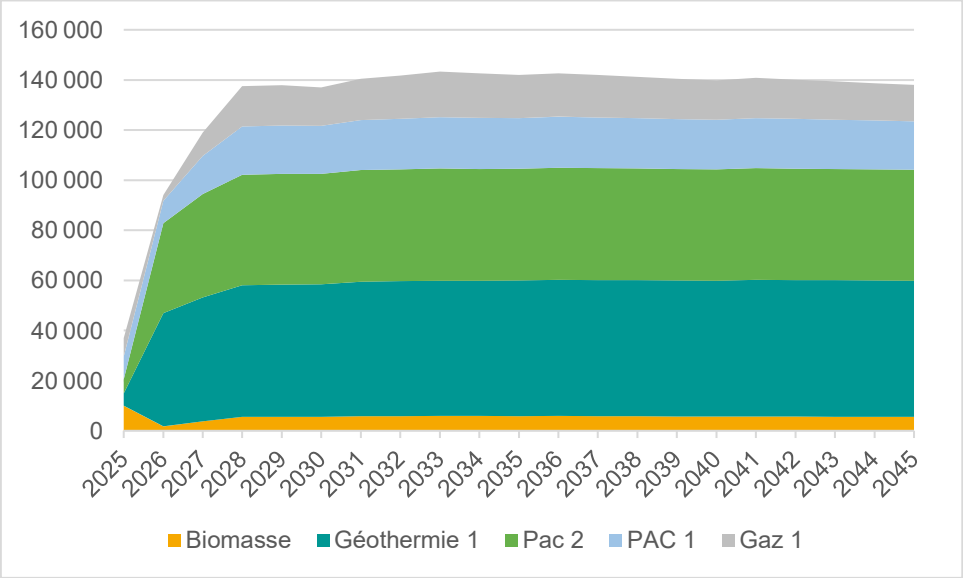
4. Opportunité de Valorisation

a. Monotone du Réseau existant

L'étude de l'opportunité de valorisation de chaleur fatale du datacenter impose de mener une étude des besoins en chaleur sur le réseau Terra Confort et sur le territoire.

Le réseau existant a fait l'objet d'études poussées par la société Coriance, laquelle a mené un large travail d'identification des consommateurs existants ou potentiels de chaleur livrée par un réseau de chaleur urbain. Sur cette base, a été établie une liste des abonnés, puis un calcul des besoins de chaleur projetés, année par année en fonction des raccordements planifiés et du développement du réseau de chaleur.

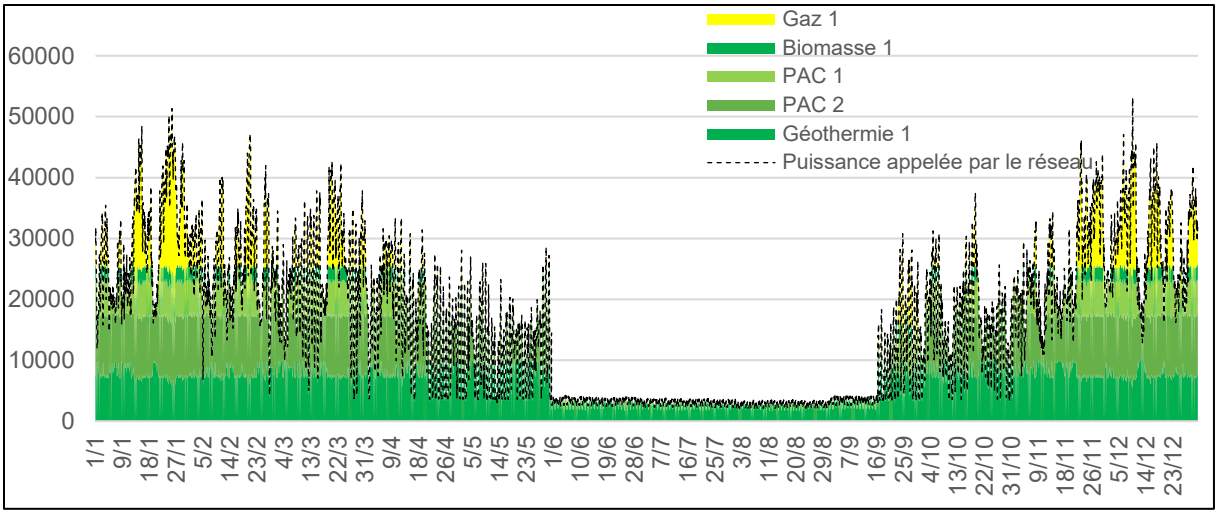
Ces besoins de chaleur sont couverts par une variété de moyens de production de chaleur, majoritairement renouvelables. Ci-dessous la répartition annuelle de la couverture des besoins par moyen de production. Le gaz, en gris, est la seule source fossile du réseau.



Courbe de production des sources de chaleur, année par année (MWh)

Le développement du réseau de chaleur s'étend sur plusieurs années Les besoins annuels totaux projetés de chaleur sur le réseau Terra Confort atteignent **133 GWh de livraisons** pour **143 GWh produits** (les pertes sur le réseau expliquant la différence).

Dans la mesure où la demande de chaleur est **très saisonnière**, ces volumes sont livrés de façon inégale selon les différentes périodes de l'année. La couverture par les moyens de production ENR (biomasse, géothermie, PAC géothermiques) est totale lorsque les températures extérieures sont modérées à chaudes (en été et en mi-saison par exemple), avec un besoin en appoint, couvert par le gaz, lors des périodes de faibles températures extérieures et de forts appels de puissance sur le réseau. Une analyse précise, au pas horaire, des besoins est donc nécessaire pour permettre d'étudier l'importance des différents moyens de production.

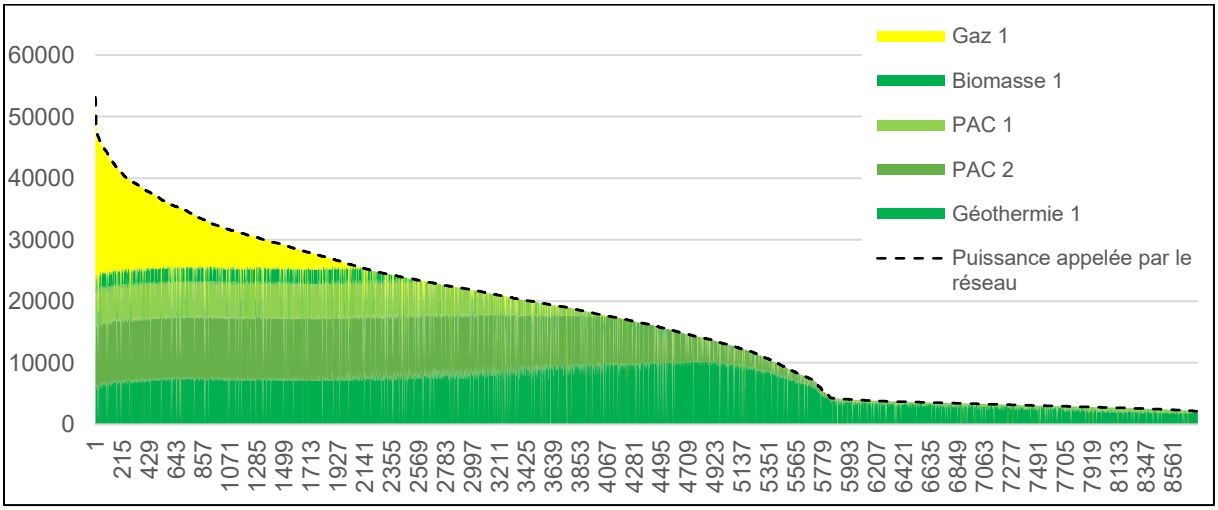


Courbe de charge du réseau TERRA CONFORT (kW appelés)

Ci-dessus la courbe de charge du réseau Terra Confort. Cette figure présente, heure par heure et dans l'ordre chronologique, les appels de puissance et les moyens de production y répondant, pour une année suivant un profil climatique type. Les volumes correspondent à ceux de l'année de « pointe » du réseau i.e. l'année de plein développement où la construction du réseau est achevée et les consommateurs identifiés raccordés.

Les appels de puissance hors période hivernale sont totalement couverts par les moyens de production ENR, la géothermie couvre même l'intégralité des besoins (hors arrêts de maintenance) en eau chaude sanitaire l'été, hors période de chauffe.

Le réseau, avec son appareil de production existant ou en cours de construction, bénéficiera d'un **taux de couverture ENR avantageux de 88 %**, ce qui signifie que 88% des besoins sont produits par des sources renouvelables ou de récupération. Le taux de couverture ENR est défini comme le pourcentage de la chaleur produite totale provenant de sources catégorisées comme des sources renouvelables ou de récupération. Le taux ENR, lui, retraite la consommation primaire des pompes à chaleur employées, donc leur consommation électrique. Ici, ce taux ENR **s'établit à 77 %**.



Monotone des puissances du réseau (kW appelés)

Ci-dessus la courbe monotone du réseau, présentant au pas horaire et dans l'ordre décroissant les puissances appelées par les consommateurs réseau, ainsi que les moyens de production permettant d'y répondre. On y constate que l'appoint au gaz permet de répondre aux appels de pointe, et **couvre ainsi les 12%** des besoins du réseau non produits par les sources ENR&R. La lecture des résultats détaillés permet d'établir que sur le réseau, le gaz est appelé avec puissance non nulle pour un total de **2 391 heures par an**, avec une moyenne de puissance de fonctionnement sur ces heures d'appel de **7,6 MW**.

b. Volumes Valorisables sur le Périmètre TERRACONFORT

Comme expliqué précédemment et présenté ci-dessus, le réseau dispose déjà d'un ensemble de moyens de production de chaleur, et bénéficie déjà d'un taux de couverture ENR favorable (88% en année pointe).

Les moyens de production ENR existants bénéficieront, sur le réseau existant, d'une priorité automatique pour plusieurs raisons. D'abord leur caractère ENR « meilleur » que celui de la chaleur issue d'un datacenter, laquelle est considérée environ aux 2/3 ENR en tenant en compte la consommation énergétique des pompes à chaleur (PAC) qu'il faudra employer pour relever la température. Voir section 5b) ci-dessous pour une explication plus détaillée de la solution retenue.

En effet, le taux ENR (taux d'énergie renouvelable) dépend, en cas de présence de pompes à chaleur, du coefficient de performance (COP) de celles-ci. Plus celles-ci sont efficaces et économes en électricité pour produire la chaleur, plus le taux ENR sera bon. Les PAC géothermiques du réseau sont attendues avec un meilleur COP que les PAC, et donc un meilleur taux ENR, que celles du datacenter. Ensuite, les moyens existants ont déjà fait l'objet d'un investissement, sont déjà intégrés au réseau, et seul leur coût de fonctionnement reste à porter. **La chaleur issue du datacenter devra donc être employée uniquement à effacer la chaleur actuellement produite par des chaudières gaz.**

Ci-dessous pour quelques années de fonctionnement les volumes adressables sur le réseau :

	Volumes			
Moyen prod.	**2028**	**2030**	**2035**	**2040**
Géothermie (Dogger)	52,5 GWh	52,9 GWh	54,1 GWh	54,2 GWh
PAC géo 1	44,1 GWh	44,1 GWh	44,6 GWh	44,4 GWh
PAC géo 2 (Néocomien)	19,2 GWh	19,2 GWh	20,2 GWh	19,7 GWh
Biomasse	5,6 GWh	5,5 GWh	5,8 GWh	5,7 GWh
Gaz	16,1 GWh	15,3 GWh	17,2 GWh	15,7 GWh
Volume adressable	**16,1 GWh**	**15,3 GWh**	**17,2 GWh**	**15,7 GWh**

Par ailleurs, et en raison à la fois de la localisation du datacenter hors du périmètre concessif, et de son intégration ultérieure à la conception voire à l'installation du réseau, certaines contraintes techniques s'imposeront au projet. Les volumes valorisables sur le réseau Terra

Confort dans sa configuration actuelle, et tout projet de valorisation de chaleur du data center, devraient ainsi respecter les conditions suivantes :

- Contraintes de puissance maximum liés aux dimensions des tuyaux ou échangeurs déjà existants, le cas échéant (diamètre nominal ou DN) ;
- Régime de températures de départ : l'injection sur le réseau se fait à une certaine température, toute source à une température inférieure doit être relevée pour arriver à cette température en départ chaufferie ;
- COP des PAC : le COP des PAC détermine la catégorisation comme ENR d'une source et l'éligibilité à des subventions des projets par l'ADEME. Ce COP doit respecter des valeurs minimales imposées, et qui sont fonction du delta T entre la température de sortie du condenseur (côté chaud) de la PAC, et la température de sortie de l'évaporateur (côté froid) de la PAC. Le COP tend à baisser à mesure que s'élève ce delta T, et il devient difficile, au-delà de certaines différences de température, de le maintenir à un niveau compatible avec les critères imposés. Il faudra donc veiller à maintenir un delta T ne dégradant pas outre mesure le COP du système.

En l'état des choses, la valorisation de chaleur depuis le data center se ferait donc en période de chauffe, en pointe, afin de permettre l'effacement d'un certain volume de gaz naturel consommé lors de périodes de forts appels de puissance sur le réseau. Elle devrait par ailleurs prendre en compte les paramètres opérationnels du réseau et certaines contraintes techniques liées à l'existant.

c. Opportunités complémentaires identifiées

Le projet de datacenter se situe, comme présenté plus haut, **hors du périmètre attribué au réseau Terra Confort**. Cela étant, il est implanté dans une zone, la zone NOVEOS, présentant des **opportunités conséquentes de valorisation de chaleur fatale**. Afin d'élargir les besoins de chaleur adressables par le datacenter, et de permettre d'envisager la desserte de zones plus larges par de la chaleur fatale (une source de chaleur ENR&R, par ailleurs la première au rang de priorité EnR'Choix de l'ADEME), la société Coriance a donc mené un travail d'étude des besoins de chaleur potentiels sur la zone NOVEOS.

La méthode pour cette étude, ou méthode de prospection, emploie un certain nombre d'outils, internes et externes, nous permettant d'effectuer des prospections approfondies pour les villes et les zones identifiées afin de faire une estimation aussi précise que possible des besoins de chaleur sur ces zones, et d'identifier les bâtiments ayant le potentiel d'être raccordés au RCU.

Les principales manières utilisées pour identifier les prospects sont :

- La récupération de données des *Points de Livraison Gaz*, permettant d'identifier les consommations gaz répertoriées à chaque adresse ;
- Des vérifications et une prospection visuelle, afin d'affiner les hypothèses retenues, ajouter ou retirer des prospects non ou mal identifiés ;
- D'éventuelles sources tierces, afin d'intégrer les projets futurs ou en cours. Nous sommes ainsi rentrés en contact avec les autorités, puis par leur biais avec les porteurs de projets immobiliers sur la zone. Ci-dessous quelques projets en cours ou à venir ainsi identifiés par Coriance à ce stade :
    - le nouvel Hôpital Marie Lannelongue (également identifié par nos autres méthodes de prospection) ;

- des programmes immobiliers mixtes situés au Sud de la zone, incluant logements, commerces et hôtels;
- d'importants programmes de logements au Sud-Est de la zone, sur le site des anciens bureaux de la société Renault ;
- un programme de logements sur le site actuel du Conforama, au Sud également



Zone NOVEOS et périmètre ayant fait l'objet d'une étude de prospection

Il est à noter que l'étude de prospection de Coriance ne s'est pas arrêtée à une étude de l'existant, mais inclut, en remplacement de ceux des ensembles bâtis appelés à être supprimés, les programmes neufs en cours et futurs, sur la base d'échange menés avec les acteurs du territoire.

Une fois identifiés les prospects, les profils de consommation retenus sont établis par l'emploi de méthodes différentes selon la source d'origine pour le prospect :

- Les **prospects visuels**, ainsi que **ceux issus des échanges avec les porteurs de projet,** font l'objet de l'application de calculs sur la base de retours d'expérience internes de Coriance, ainsi que d'une vérification croisée, au moyen de plusieurs sources, de la plausibilité de leur raccordement à un RCU ;
- Les **prospects provenant des données de livraison gaz** se voient appliquer, selon le type de bâtiment, des calculs pour séparer les différents types de consommation (chaleur, eau chaude sanitaire, gaz de cuisson), puis établir un profil mensualisé théorique des consommations. Cette seconde étape permet d'établir un profil annualisé des volumes estimés de chaleur livrables par un RCU sur une zone, et des appels de puissance associés.

L'étude menée selon cette méthode a permis d'identifier à date sur la zone NOVEOS un potentiel de **demande adressable maximum de 29 GWh par an** (soit 30 GWh de chaleur à produire en réintégrant les pertes réseau), avec une densité des besoins attractive et une intéressante proximité du datacenter.

La même méthodologie que précédemment permet par ailleurs d'identifier, en plus des volumes de la zone NOVEOS, jusqu'à **9 GWh** de consommation de chaleur par an sur un périmètre réduit à proximité immédiate de la limite communale du Plessis-Robinson et de la zone NOVEOS (en restant à l'Est de la RD906), leur desserte ultérieure pourrait être étudiée.

	Volume adressable (produit) en plein développement			
	Terra Confort	**NOVEOS LPR**	**Voisinage NOVEOS**	**TOTAL**
Consommation totale	143 GWh	30 GWh	9 GWh	182 GWh
Gaz	17 GWh	30 GWh	9 GWh	56 GWh
Volume max adressable par le datacenter	**17 GWh**	**25 GWh**	**9 GWh**	**51 GWh**

Au total, et sans prendre pour l'heure en considération les éventuelles limites techniques, opérationnelles ou juridiques à la valorisation de la chaleur fatale, le volume total de demande de chaleur pouvant être couvert atteint ainsi les **51 GWh annuels**.

5. Descriptif Technique du Projet

a. Evaluation de l'Energie Disponible

Le datacenter disposerait en plein développement d'une puissance IT de 48 MW, associée à une puissance de refroidissement théorique de 55,3 MW.

La montée en charge du datacenter, et la progression de son taux d'occupation, sera progressive à compter de sa livraison attendue pour 2029. La livraison est attendue en trois phases égales de 16 MW de puissance IT chacune. En supposant, avec des hypothèses d'activité du datacenter prudentes, une puissance disponible sur la boucle de refroidissement (côté évaporateur de la pompe à chaleur) en première phase de 2,9 MW_{froid}, nous pourrons compter sur une puissance thermique d'environ 4 MW_{th} qui pourra être injectée sur le réseau. On peut ainsi compter sur une chaleur récupérée de 8 MW_{th} en phase 2, et l'on peut envisager une puissance thermique disponible pour injection sur le réseau de 12 MW_{th} en fin de phase 3. Cela correspond à un ratio de récupération final d'environ 25% par rapport à la puissance totale IT théorique au niveau du Data Center.

Ces volumes supposés disponibles correspondent à une hypothèse d'activité du data center raisonnablement conservatrice, et au dimensionnement proposé des pompes à chaleur (8 MW total en phase 2). Dans l'éventualité où le data center observe un niveau d'activité réel supérieur, la puissance de chaleur disponible pourra être supérieure.

On peut ainsi envisager d'atteindre la puissance froid (sur boucle évaporateur des PAC, voir plus bas) cible pour le RCU (pour une puissance nominale de 8 MW chaud des PAC) à la livraison de la phase 2. Le déploiement ultérieur, couplé avec une conception adaptée et des redondances à discuter avec le datacenter, permettraient d'augmenter encore le confort opérationnel, le potentiel de valorisation, et la certitude sur la stabilité de la fourniture de

chaleur fatale pour le RCU, même en présence de variations du taux d'occupation du datacenter.

b. Conception de la Solution de Récupération de Chaleur Fatale

Sur la base de la proposition faite par le développeur du datacenter et de son bureau d'études, la solution retenue pour la récupération de chaleur fatale est de valoriser la chaleur issue des salles IT au moyen de l'utilisation de la boucle d'eau chaude. La température des salles IT est maintenue grâce à des CTA avec batterie froide alimentées par eau glacée. La chaleur récupérée dans les salles IT est ensuite acheminée via le réseau d'eau glacée vers les aérothermes situés en toiture. La chaleur serait ainsi rejetée dans l'atmosphère, si elle n'était pas récupérée par le RCU.

La chaleur, récupérée à une température de 30°C et réinjectée dans la boucle d'eau froide à une température de 20°C après passage complémentaire dans un climatiseur (ou *freecooling* selon la saison), serait valorisée au moyen d'un système de pompes à chaleur (PAC) à installer, maintenir et exploiter par le datacenter. Le régime de températures évaporateur des PAC serait ainsi de 30 °C – 25 °C.

La boucle chaud (condenseur) des PAC aurait une entrée condenseur à hauteur des retours réseau. Le système des pompes à chaleur (PACs) permet d'élever la température des retours du réseau, jusqu'à environ 70°C afin que cette chaleur fatale puisse être valorisée sur le réseau de chaleur. LE PLESSIS DC livrerait la chaleur en sortie de PAC, l'interface avec le réseau se faisant directement en aval des pompes à chaleur.

Les PAC seront installées par le PLESSIS DC. L'exploitation des PAC par le RCU est envisageable pour la simplicité de pilotage des moyens de production, et sous réserve d'un accès 24/24 et 7/7 au local PAC pour les techniciens CORIANCE.

Le schéma simplifié ci-dessous illustre le fonctionnement du système de récupération de chaleur côté data center, tel que proposé par PLESSIS DC :

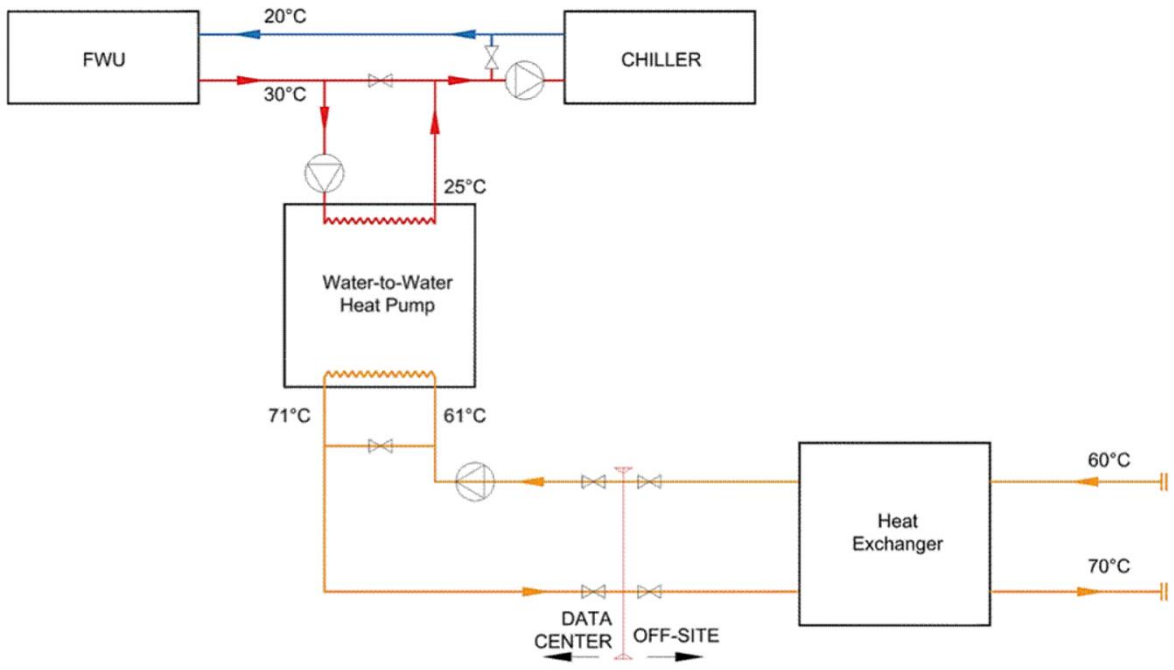


Schéma de principe de la solution de récupération, tel que proposé par le datacenter

Les caractéristiques retenues pour la chaleur sont celles proposées par les équipes du PLESSIS DC et ses conseils (à la température de retour boucle chaude près, que nous recommandons d'adapter) telles que décrites ci-dessous :

T° départ	Stable à **70 °C**
T° retour	Variable en fonction des retours réseau 42 – 60 °C
Puissance chaud	**4,1 – 4,5 MW** pour la première phase du site

On notera que, pour les besoins du projet, on suppose déjà une déviation au design proposé, plus précisément à la température de retour. En effet, celle-ci étant une conséquence des livraisons sur le réseau et une fonction de la température extérieure, le fait de stabiliser les retours à 60°C nécessiterait d'employer de l'énergie à cette fin. Nous proposons à la place de faire correspondre la température de retour à celle du réseau.

La température de sortie des PAC pourrait également être discutée, selon le modèle employé par LE PLESSIS DC, afin de maximiser la part de la chaleur valorisable sur le réseau lorsque les températures de départ de celui-ci doivent être élevées (en hiver).

c. Conception de la Solution de Valorisation de Chaleur sur le(s) RCU

a. Solution de Valorisation sur le Réseau Existant

La première solution étudiée consiste à valoriser la chaleur du datacenter sur le réseau Terra Confort tel qu'il existe aujourd'hui ou est actuellement prévu, sans modification majeure en-dehors de la liaison avec le datacenter. Ci-dessous en orange le tracé prévisionnel de ladite liaison.



Liaison datacenter – Terra Confort, chaufferie Loup Pendu, et réseau existant ou en déploiement

La liaison franchirait nécessairement la départementale 2 (surlignée en rose ci-dessus). En vert, le réseau existant du quartier du Loup Pendu, dont Coriance récupère l'exploitation en 2025. En rouge, le réseau en développement, sur un secteur dont les travaux seront effectués en 2025, et pour lequel les études, consultations, et commandes sont déjà engagés.

La chaleur fatale du datacenter est véhiculée par de l'eau chaude transportée dans des canalisations enterrées, dont le diamètre est adapté à la puissance thermique transportée. L'idéal pour brancher le datacenter au réseau Terra Confort serait de se contenter de tirer une canalisation vers la canalisation structurante la plus proche (juste au Nord du point marqué « 401 » sur la carte ci-dessus). Cependant, le diamètre de la canalisation posée à cet endroit ne lui permet pas de véhiculer la puissance déjà prévue plus la chaleur du datacenter (8,2 MW de capacité thermique au maximum). Il faudrait donc augmenter le diamètre des canalisations prévues à cet endroit, cependant à ce degré d'avancement des travaux sur le réseau et au vu du stade préliminaire du projet de valorisation de chaleur du datacenter, il n'est plus possible d'adapter aujourd'hui ces travaux au projet futur de datacenter et aux puissances associées. Il faudra donc poser ultérieurement une deuxième canalisation adaptée, en orange sur le plan ci-dessus, sur un axe Sud-Nord vers une chaufferie du réseau (Loup Pendu), laquelle comprend une géothermie au Néocomien, de moyenne profondeur, ainsi que des PAC et chaudières à gaz.

Le besoin de raccorder le datacenter à une chaufferie provient de la température d'injection en sortie du datacenter (70°C en aval de l'échangeur réseau) et de sa différence avec les températures du réseau. Ci-dessous quelques points de la loi d'eau du réseau Terra Confort :

$T_{extérieure}$ (°C)	$T_{départ}$ (°C)	T_{retour} (°C)
-7	**100**	58
0	**92**	52
5	**86**	50
10	**80**	46
18	**71**	44

Le réseau Terra Confort, réseau en grande partie neuf et en cours de création, a été conçu avec des températures de départ élevées pour faciliter sa construction. Ce choix de conception permet de limiter les dimensions des canalisations à enterrer, ainsi que la magnitude des travaux de génie civil associés. Ce choix vient cependant, dans le cas précis de la valorisation de chaleur fatale du datacenter, limiter le potentiel de valorisation.

Dans la mesure où l'on ne peut pas transporter dans le même tuyau en parallèle des flux d'eau à différentes températures, il est nécessaire d'injecter l'eau chaude vecteur de la chaleur du RCU à la température de départ du réseau. Comme illustré ci-dessus, les températures sont systématiquement plus élevées que la température de sortie des PAC du datacenter. Il n'est pas envisageable d'augmenter la température de sortie de condenseur des PAC, dans la mesure où cela dégrade rapidement le COP de celles-ci, et entraîne (i) la perte de la capacité à être subventionné par l'ADEME pour le projet et donc de l'équilibre économique d'un tel projet, et (ii) la baisse rapide du taux ENR&R de l'énergie injectée.

Il est donc nécessaire de procéder à une **relève de la température**, au moyen d'une **chaudière à gaz**, en aval du système de récupération de chaleur, mais cela implique que seule une partie de la puissance chaude du datacenter pourra être employée. L'hypothèse la plus facile, dans le cadre d'une valorisation de toute la chaleur du datacenter sur le RCU existant, serait d'employer les chaudières à gaz situées dans la chaufferie du Loup Pendu, et donc de tirer une boucle d'eau reliant le datacenter et cette chaufferie. C'est ce qui est proposé sur la carte plus haut dans cette section. Cette solution ne permet cependant toujours pas d'effacer les principales limites à la valorisation de la chaleur du datacenter sur le réseau existant.

La puissance produite par un moyen de production du RCU injectant de l'eau chaude liquide, dans les régimes de température d'un RCU, est :

$$P = \Delta T * d * 1{,}16$$

où d est le débit, 1,16 est la valeur de capacité calorifique volumique (en $kWh.K^{-1}.m^{-3}$) de l'eau chaude, P la puissance véhiculée, et ΔT le différentiel de température entre entrée et sortie.

En cas d'appel de puissance donné, la température en sortie du datacenter étant contrainte et celle de départ du réseau également, seule une fraction de l'appel de puissance pourrait être couvert par le datacenter dès lors que la température de départ est supérieure à celle de sortie du datacenter (ce qu'elle est dans tous les cas d'emploi du datacenter sur le RCU).

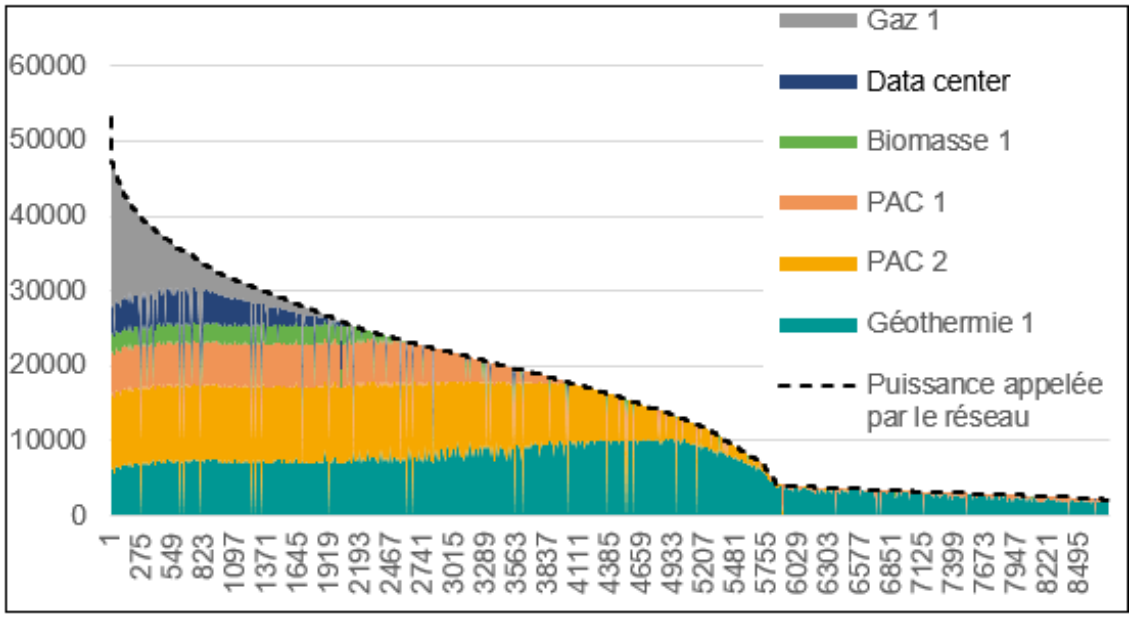
Par ailleurs et sur la base de la même formule, si le ΔT est contraint, alors la puissance sera nécessairement limitée par le débit maximum que supporte le diamètre des canalisations. Le haut régime de températures de retour du RCU implique que le delta T sur la boucle condenseur des PAC du datacenter sera faible (de 13 à 20°C), et donc que les débits pour

véhiculer la puissance seront forts, ainsi que les diamètres des canalisations employées pour cela.

Le diamètre (DN) des canalisations complique par ailleurs les travaux s'il est trop fort, d'autant qu'il faudrait ici franchir un axe de circulation en 2x2 voies, et que les canalisations existantes ou en cours de pose ne permettraient pas de véhiculer les débits attendus ici – il faudrait donc en poser un deuxième jeu, dans un second temps, sur le même tracé. Ces difficultés n'ont pas été prises en compte dans les calculs à venir mais compliqueraient encore considérablement l'hypothèse d'un projet de valorisation sur l'existant. En plus de ces contraintes sur la liaison datacenter – Loup Pendu, il est également à noter que nous n'avons à ce stade pas étudié les contraintes provenant du dimensionnement des canalisations partant de la chaufferie du Loup Pendu pour distribuer la chaleur. Celles-ci ont été dimensionnées par rapport à la puissance de la chaufferie et aux besoins du quartier qu'elle dessert, et non pour inclure un moyen de production supplémentaire. Il est donc très possible que le diamètre des canalisations contraigne encore les puissances véhiculables au départ de la chaufferie, et limite donc encore les volumes de chaleur fatale valorisables pour le datacenter, en cela qu'il introduirait là encore une concurrence indésirée entre plusieurs moyens de production.

Les besoins de chaleur fatale sont concentrés sur la période hivernale et la mi-saison (oct-mai). En période estivale, les PACs du datacenter seraient mises à l'arrêt et ne pourraient intervenir en secours qu'en cas d'indisponibilité des géothermies (sous réserve de disponibilité de la puissance électrique nécessaire au fonctionnement des PACs en été, une fois pris en compte les besoins de refroidissement du site), et uniquement avec les limites exposées ci-dessus.

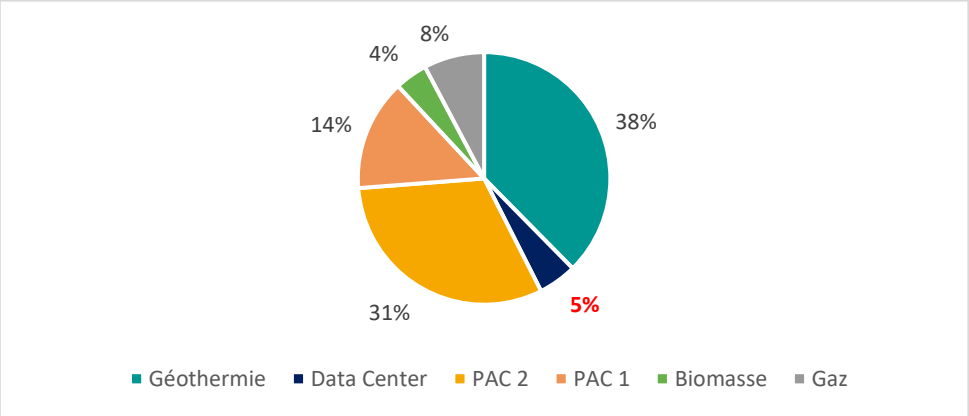
En prenant en compte l'ensemble des conditions développées précédemment, la quantité d'énergie provenant du data center et valorisée sur le réseau est fortement limitée, et ne dépasse pas, en année de plein développement du réseau, les **7 GWh annuels**, soit un peu moins de **900 h de fonctionnement à équivalent pleine puissance** du système. Ci-dessous la courbe monotone du réseau pour l'année de consommation maximale du réseau Terra Confort, en incluant tous les moyens de production dont le datacenter.



Monotone des besoins en incluant le datacenter (kW) – réseau Terra Confort

On peut y lire que la valorisation de chaleur fatale du datacenter fonctionnerait environ **2 000 h par an**, ne couvrirait qu'une portion minimale des besoins totaux, effacerait une part **mais minoritaire** de la consommation de gaz naturel du réseau du fait de ses limites en température d'injection et de retour, et ne serait jamais appelée que pour une puissance inférieure à sa capacité. En outre, on constate que le besoin de relève de température est toujours présent sur les heures de fonctionnement du datacenter, ce qui fait que le datacenter **ne permettrait pas de raccourcir les périodes de fonctionnement des chaudières d'appoint** au gaz.

Utilisé en complément du mix existant et au vu des contraintes techniques imposées, les volumes de chaleur fatale valorisés permettent de couvrir **5% des besoins en chaleur** du réseau.



Mix énergétique Terra Confort en incluant le datacenter

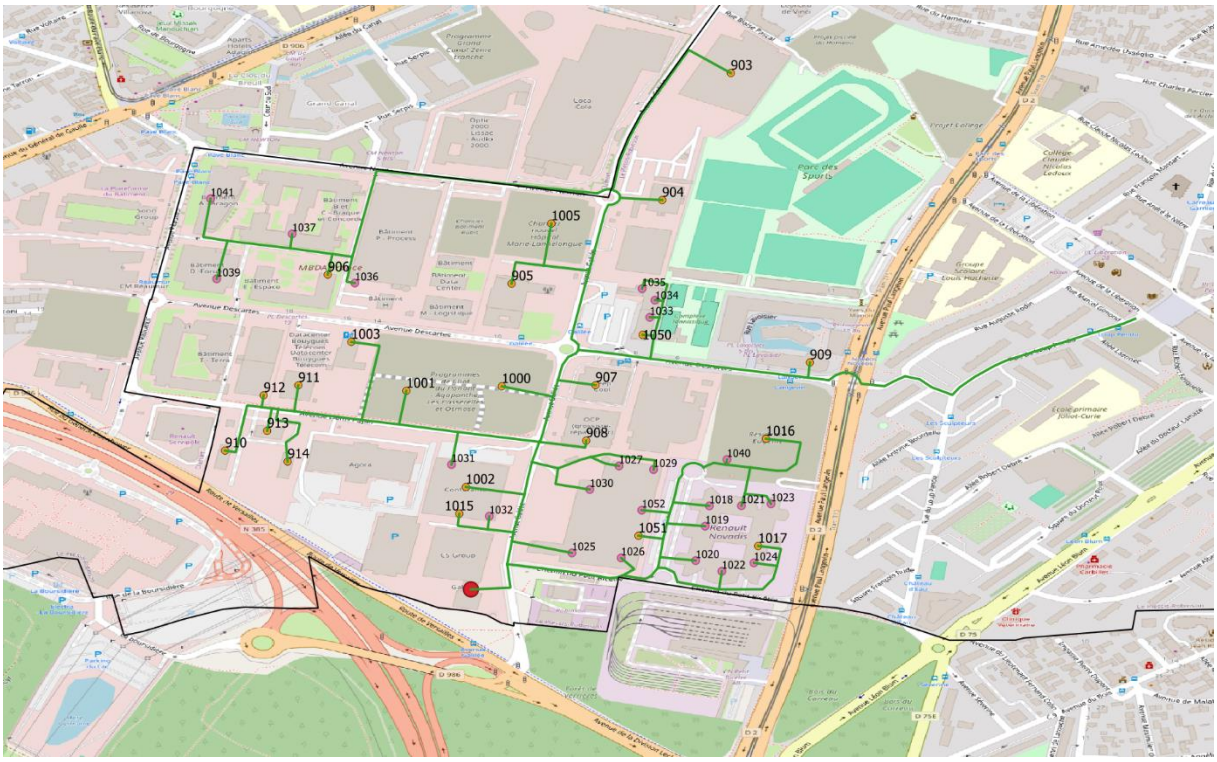
Au vu des volumes de chaleur fatale valorisée, du taux d'utilisation restreint de la solution, des contraintes techniques à l'intégration de la solution dans le réseau existant, et du rapport entre tous ces éléments et l'investissement à conduire par les deux parties (de l'ordre de 2 M€ en première estimation côté RCU, plus les PAC, pomperie, échangeurs et génie civil, soit là encore quelques M€ côté datacenter), cette hypothèse **permet la valorisation de la chaleur** fatale du datacenter mais **d'une façon assez contrainte**.

b. Potentiel sur Zone NOVEOS

Les limites rencontrées ci-dessus à une valorisation efficace de la chaleur fatale du datacenter résultent cependant d'une hypothèse d'injection sur le seul réseau existant Terra Confort, sans envisager de périmètre plus large.

La zone NOVEOS, actuellement exclue du périmètre concessif de Coriance et du réseau Terra Confort, présente comme exposé ci-dessus un potentiel intéressant de consommation de chaleur. En suivant la méthode d'identification des prospects détaillée plus haut, nous avons pu élaborer un scénario de valorisation de chaleur sur cette zone, de façon (partiellement au moins) indépendante du réseau Terra Confort.

Ci-dessous un tracé prévisionnel permettant, depuis le datacenter, de desservir les abonnés potentiels identifiés sur la zone NOVEOS.



Proposition de tracé d'un réseau sur zone NOVEOS

Le tracé ci-dessus ne constitue qu'un premier jet proposant de raccorder tous les prospects identifiés à date sur la base de la méthodologie exposée ci-dessus. Il reste préliminaire, et est appelé à être modifié sur la base d'un affinage des hypothèses, d'éventuelles contraintes sur les travaux en espace public, et de l'implantation réelle des sous-stations d'échange.

Comme évoqué plus haut, les consommations sur zone atteignent les **29 GWh par an**, ce qui représenterait **30 GWh** de production nécessaire en prenant en considération les pertes réseau.

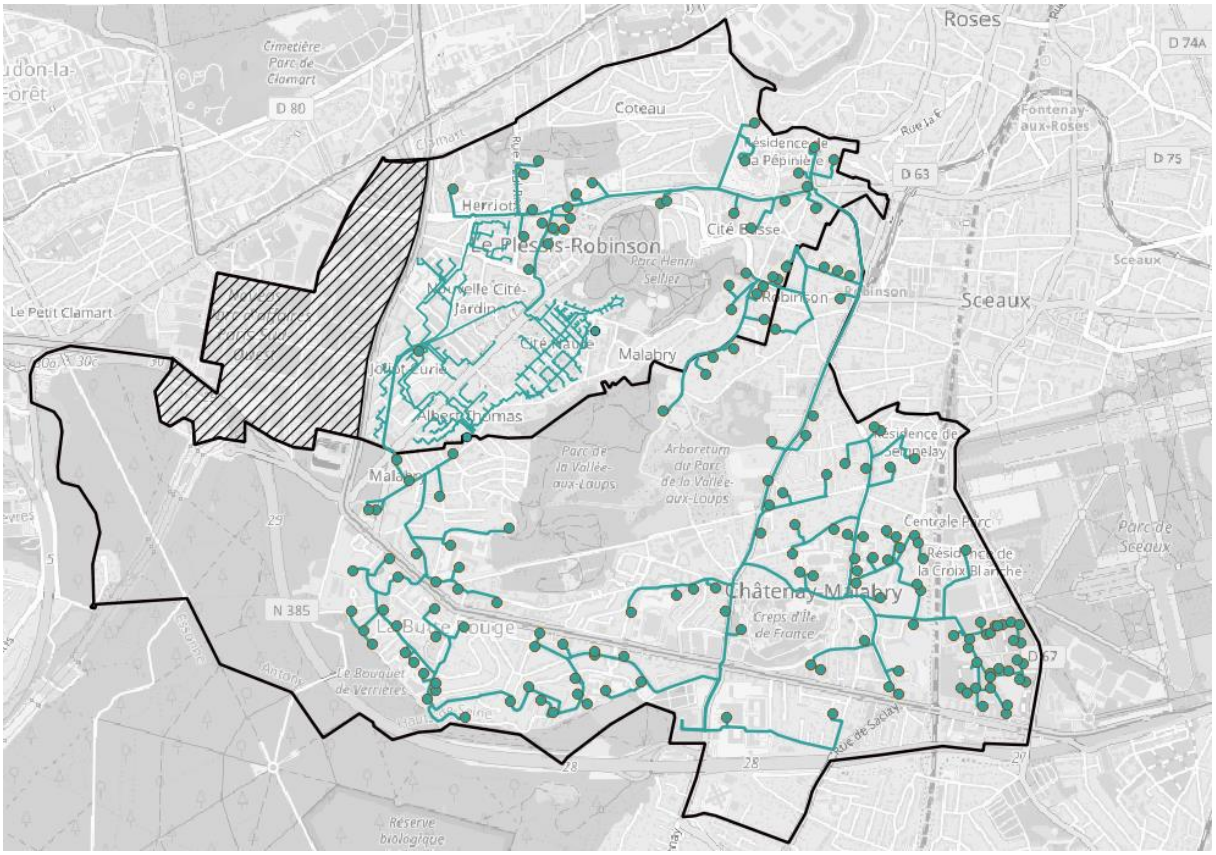
Pour les besoins de l'étude et afin de limiter les contraintes sur le datacenter, un développement de réseau de ce type sur cette zone se ferait à des températures de consignes plus faibles que celles ayant cours sur Terra Confort. Cela limitera fortement le besoin de relève de température en sortie du datacenter. On suppose donc sur la base du retour d'expérience Coriance un réseau avec des températures de départ s'étalant de 85°C à 61°C, suivant ces points de loi d'eau :

$T_{extérieure}$ (°C)	$T_{départ}$ (°C)	T_{retour} (°C)
-7	**85**	55
0	**78**	49
5	**73**	45
10	**69**	41
18	**61**	35

La puissance maximale appelée sur la zone NOVEOS (considérée en « îlot ») est de 9 MW, donc du même ordre de grandeur que la puissance proposée en sortie du datacenter. Le datacenter n'intervient, sur cette zone, pas en concurrence avec les moyens de production existants du réseau, ce qui permet de considérablement optimiser la valorisation de sa chaleur fatale.

c. Valorisation sur zone NOVEOS

La zone NOVEOS, située à l'Ouest du territoire du Plessis-Robinson, est aujourd'hui exclue du périmètre concessif attribué à Coriance. Sa couverture par un RCU desservi par la chaleur fatale du datacenter nécessitera donc un accord avec la ville, laquelle a été sollicitée pour évoquer cette éventualité.



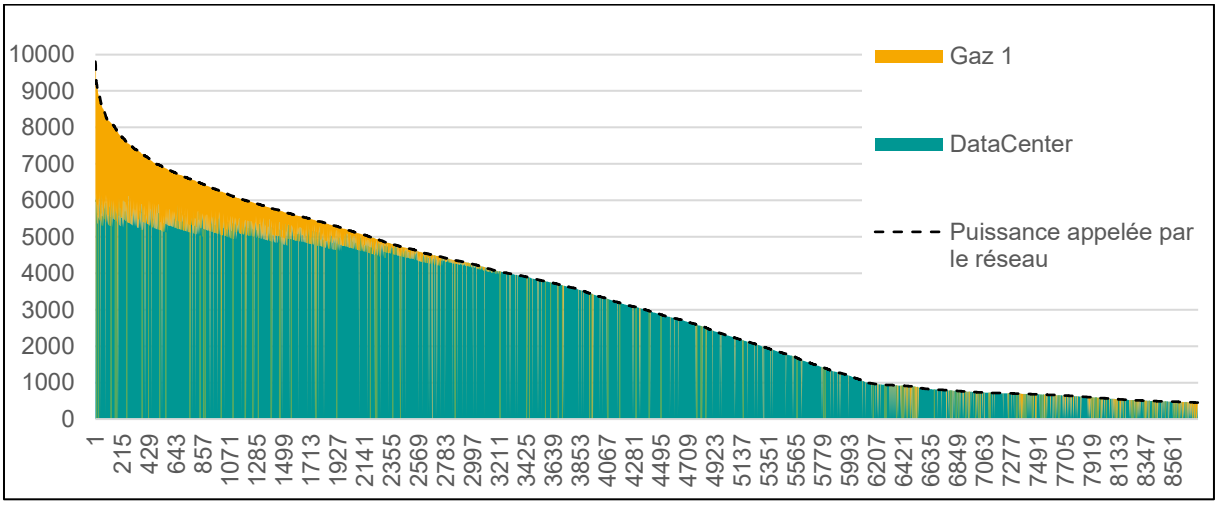
Carte du réseau Terra Confort, en hachuré, zone NOVEOS

Comme expliqué à la section précédente, et dans le but d'optimiser le potentiel de valorisation du datacenter, nous supposons ici le développement d'un réseau suivant localement une loi d'eau à plus faible température que celle du réseau Terra Confort[1].

[1] L'interconnexion entre les deux pourrait néanmoins se faire au moyen d'une sous-station d'échange, à installer par exemple dans la chaufferie du Loup Pendu.

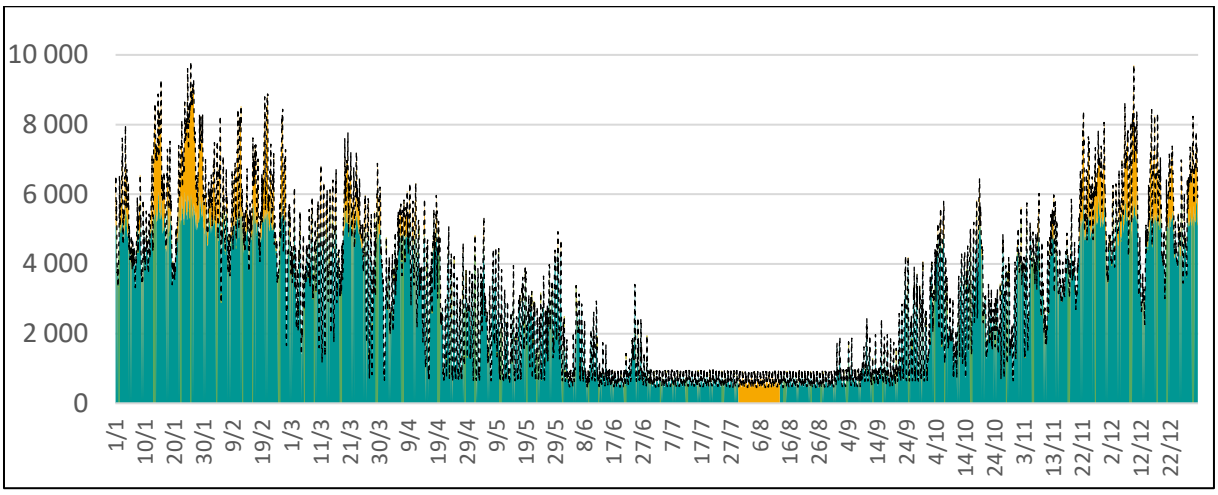
En suivant les hypothèses de loi d'eau, et les résultats de prospection sur la zone, développés précédemment, on arrive ici à des résultats plus favorables et un meilleur emploi de la chaleur fatale du datacenter. Pour une puissance maximale de **8,2 MW** en sortie condenseurs, le datacenter fournit ainsi **25 GWh/an** de chaleur au réseau de la zone NOVEOS, soit un total de **82%** de la production nécessaire pour couvrir les consommations identifiées et adressables. Ces 25 GWh de chaleur fatale valorisée représentent, par comparaison avec un chauffage au gaz, jusqu'à **5 500 t d'émissions de CO_2 évitées** par an et plus de **2500 équivalents-logement**.

La contribution du data center au mix énergétique du réseau sur zone NOVEOS est présentée ci-dessous sous la forme d'une monotone des puissances :



Monotone – zone NOVEOS seule

Ci-dessous une représentation heure par heure de la couverture (courbe de charge) des besoins du réseau, par ordre chronologique.

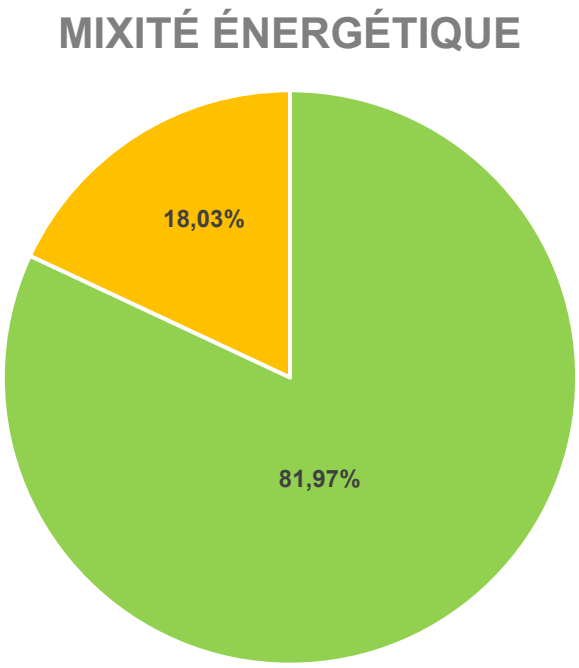


Courbe de charge – zone NOVEOS seule

On note ci-dessus que le gaz reste nécessaire de façon à assurer (i) l'appoint en hiver, (ii) le secours pour les heures d'indisponibilité des PAC, et (iii) le complément de puissance pour relève de température en hiver.

Pour ce dernier point, cela reste nécessaire malgré l'emploi de températures de départ réduites par rapport à celles du réseau Terra Confort : la température d'injection en sortie de la solution de récupération de chaleur étant de 70°C, toute température de départ réseau supérieure nécessite une **relève de température, effectuée ici au gaz**. Le phénomène, et son effet sur le potentiel de valorisation de chaleur fatale, est cependant **nettement moindre que dans le cas précédent**.

On note également la présence d'un arrêt estival, tant pour maintenance annuelle que pour cause de minimum technique des PAC (la demande totale de chaleur sur le réseau devient ponctuellement inférieure au point de fonctionnement technique minimal des pompes à chaleur).



Le taux de couverture ENR, présenté ci-dessus, atteint **82 % des besoins en production de chaleur**.

En complément de cette valorisation, une quantité supplémentaire de chaleur pourrait être exportée vers le réseau Terra Confort dans sa forme actuelle. La valorisation présentée en partie 5.c.a) ci-dessus peut partiellement se cumuler avec celle de la zone NOVEOS, pouvant porter à maximum **32 GWh / an** le potentiel de chaleur valorisable du datacenter sur le périmètre de Châtenay-Le Plessis. Par ailleurs, la liaison peut être envisagée à un DN plus réduit que s'il fallait véhiculer l'intégralité de la puissance du DC vers Terra Confort, facilitant ainsi les travaux à mener.

6. Schéma d'Implantation Préliminaire

Ci-dessous un plan masse prévisionnel du projet de datacenter, et en encadré rouge pointillé le local chaufferie prévu (qui serait situé en sous-sol). Le datacenter mettrait à la disposition de l'opérateur du RCU un local, dans lequel le datacenter installerait lui-même ses PAC et sa pomperie, pour que le RCU y installe une sous-station d'échange (échangeur, pomperie).

Une présence permanente sur site ne serait pas nécessaire, mais des interventions peuvent intervenir régulièrement. Aussi, et afin de faciliter l'accès au local chaufferie pour la maintenance ou les opérations courantes, un accès indépendant au local, ne nécessitant pas de passer par la zone data qui bénéficie d'une sécurité très renforcée, sera aménagé.



Schéma préliminaire d'implantation – site datacenter

Comme évoqué plus tôt, une solution de relève gaz en complément du système chaleur fatale + PAC sera nécessaire pour permettre la bonne valorisation de la chaleur sur RCU. Son implantation, ainsi que celle des équipements annexes associés (fumisterie notamment, donc cheminée), n'ont pas encore été étudiés. Une solution centralisant les moyens de production de chaleur dans un seul local chaufferie est préférable à l'emploi de plusieurs sites afin de

limiter le besoin de boucles d'eau entre les divers équipements, mais dans ce cas précis la relève Gaz devra être assurée dans une chaufferie située à l'extérieur du terrain sur lequel se situe le Data center, à cause de contraintes foncières importantes et des problèmes de sécurité dus à la proximité avec les salles des serveurs informatiques.

D'autres pistes d'implantation pour la relève gaz et/ou des moyens de production complémentaires seront étudiées aux prochaines étapes, dans des échanges avec la ville (éventuels terrains libres) ou avec des abonnés potentiels sur la zone (possibles chaufferies gaz existantes chez des abonnés à récupérer et réutiliser, etc.).

7. Prochaines Etapes

a. Raffinage de la Prospection sur Zone

Le travail de prospection effectué à date, suivant la méthodologie détaillée à la section 4b) et c), sera continuellement affiné et vérifié, notamment au moyen de la poursuite d'échanges avec la mairie et les promoteurs pour confirmer la teneur des différents programmes prévus sur la zone NOVEOS. Des réunions de travail ont été tenues afin de déterminer plus précisément les calendriers attendus de livraison, les surfaces, et la nature des programmes attendus sur la zone. Ces échanges se poursuivront dans la mesure où ces projets sont en plein développement.

Sous réserve d'accords de principe pour l'objet des deux points b) et c) ci-dessous, une nouvelle prise de contact avec les principaux prospects sera menée, pour discuter des principes d'un raccordement et d'éventuels sujets annexes, par exemple la possibilité de réemploi de chaufferies existantes pour effectuer l'appoint gaz du réseau.

b. Elaboration d'un Protocole d'Accord et d'une Convention de Valorisation de Chaleur

Une fois cette note technique validée dans ses principes par le porteur du projet de datacenter, et le processus de dépôt et d'obtention de permis / agrément du datacenter engagé, le datacenter et le RCU engageront la rédaction et la négociation d'une convention de valorisation de chaleur entre les parties. Celle-ci devra pour Coriance suivre certains grands principes, que Coriance détaillera dans une annexe à la lettre d'intérêt à adresser au datacenter en parallèle de ou suite à la présente étude.

Afin d'élaborer les annexes nécessaires à la conclusion d'une telle convention, Coriance, le datacenter, et ses conseils, poursuivront également les échanges techniques visant à une conception précise de la solution et à l'élaboration d'un schéma d'implantation des équipements.

c. Discussions Délégant

En parallèle du point b) ci-dessus, la société Coriance poursuivra et approfondira ses discussions avec la commune du Plessis-Robinson et avec son délégant au titre de la DSP du

réseau de Châtenay-Malabry – Le Plessis-Robinson, afin de prévoir les conditions contractuelles dans lesquelles s'inscriraient le développement d'un RCU sur la zone NOVEOS.

8. Conclusions

La valorisation de chaleur fatale du datacenter en projet situé avenue Galilée, commune du Plessis-Robinson, est possible et avantageuse sur un RCU. Une valorisation plus efficace serait cependant surtout possible en cas de **développement d'un tel réseau sur la zone NOVEOS** dans laquelle se trouvera le datacenter, afin de pouvoir exploiter au mieux la source de chaleur et d'éviter de nombreux freins à son injection sur un réseau. Un tel développement serait énergétiquement vertueux en cela qu'il permettrait de fournir le quartier en chauffage et eau chaude sanitaire provenant de sources renouvelables et de récupération, en employant de la chaleur fatale, source d'énergie à employer en priorité selon les critères EnR'Choix de l'ADEME.

A l'échelle de la zone NOVEOS, la chaleur fatale du datacenter pourrait produire et valoriser jusqu'à **25 GWh** annuels de chaleur de récupération, couvrant ainsi **82% des besoins de chaleur estimés de la zone**. Cette valorisation permet l'effacement de consommation gaz, et représenterait une réduction annuelle d'émissions de gaz à effet de serre de **5 500 tonnes d'équivalent-CO_2**. Ces volumes pourraient être augmentés par (i) l'interconnexion de la zone avec le réseau Terra Confort, déjà construit ou actuellement en déploiement, et (ii) d'éventuelles livraisons à des consommateurs de chaleur voisins situés hors du territoire municipal du Plessis-Robinson, sous réserve de faisabilité technique et juridique.

La société Coriance, délégataire du réseau de Châtenay-Malabry et Le Plessis-Robinson, a déjà engagé des discussions en ce sens avec la ville du Plessis-Robinson, laquelle a pris bonne note du lancement de pré-études et a manifesté son intérêt à Coriance pour explorer les possibilités de valorisation de chaleur sur un réseau, y compris l'étude de la desserte énergétique de NOVEOS par l'énergie fatale du datacenter. Coriance est idéalement placée pour valoriser de façon optimale la chaleur issue du datacenter sur un RCU, et poursuivra les échanges en ce sens avec les parties prenantes au projet.



EMPLACEMENTS DES BUREAUX
www.bw-engineering.com/contact

DEMANDES DE RENSEIGNEMENTS E-MAIL
enquiries@bw-engineering.com

SITE WEB DE B&W
www.bw-engineering.com