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.

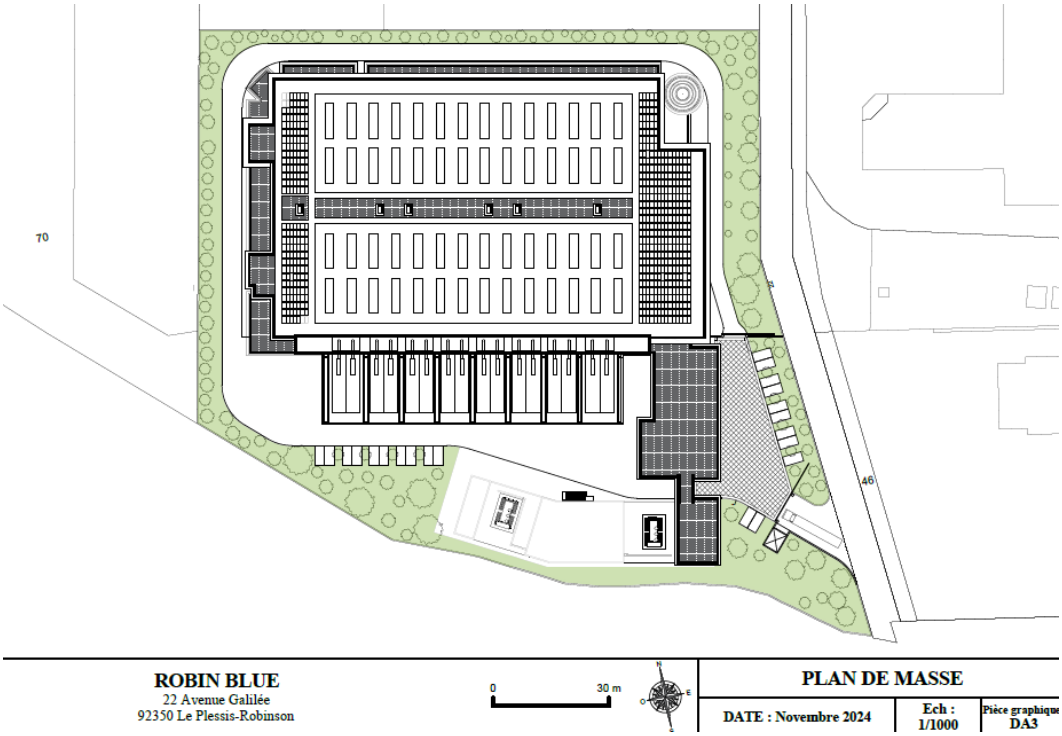
2. Descriptif du Data Center

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

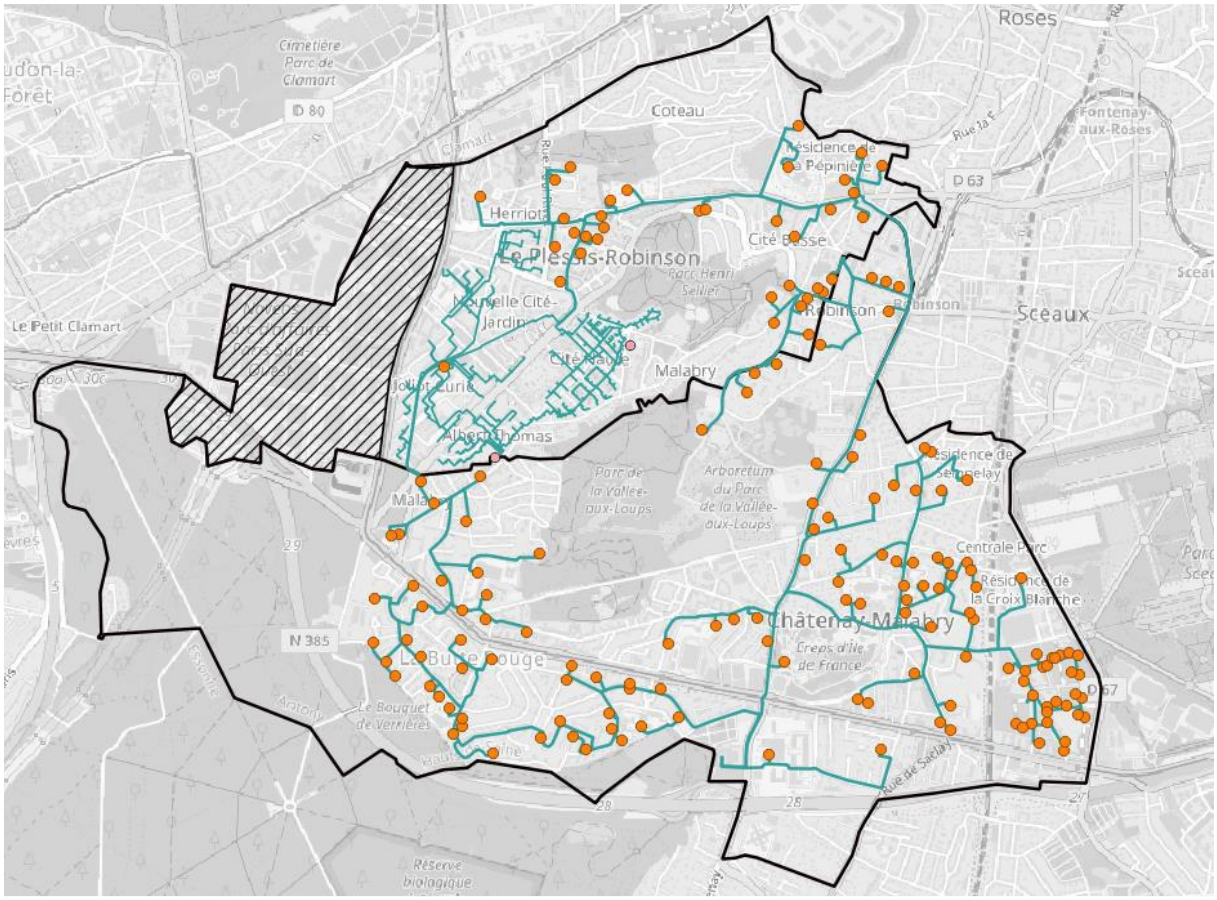
Le datacenter, dans le cadre de ses études de conception et de son processus de dépôt de demandes de permis, agrément, et autorisations administratives diverses, étudie les perspectives de valorisation de chaleur fatale produite par son opération. Cette valorisation de chaleur fatale permet aussi au 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

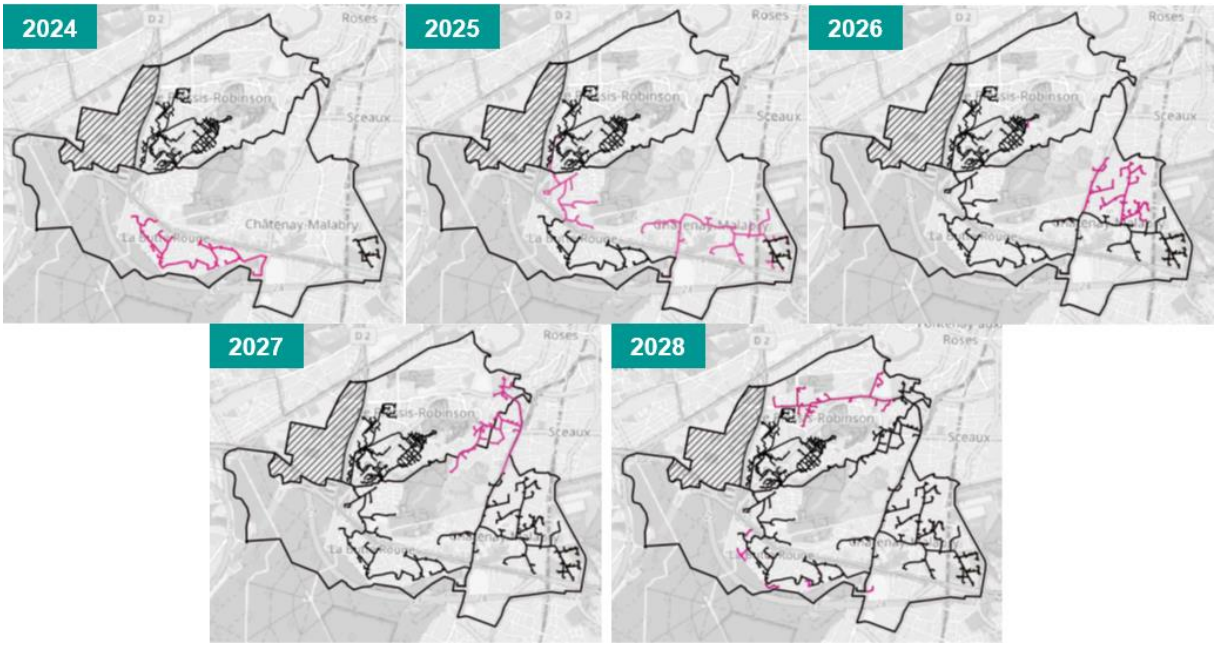
A travers sa filiale dédiée Réseau Terra Confort, Coriance développe, construit, et exploite le réseau de chaleur urbain de Châtenay-Malabry et Le Plessis-Robinson.

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.



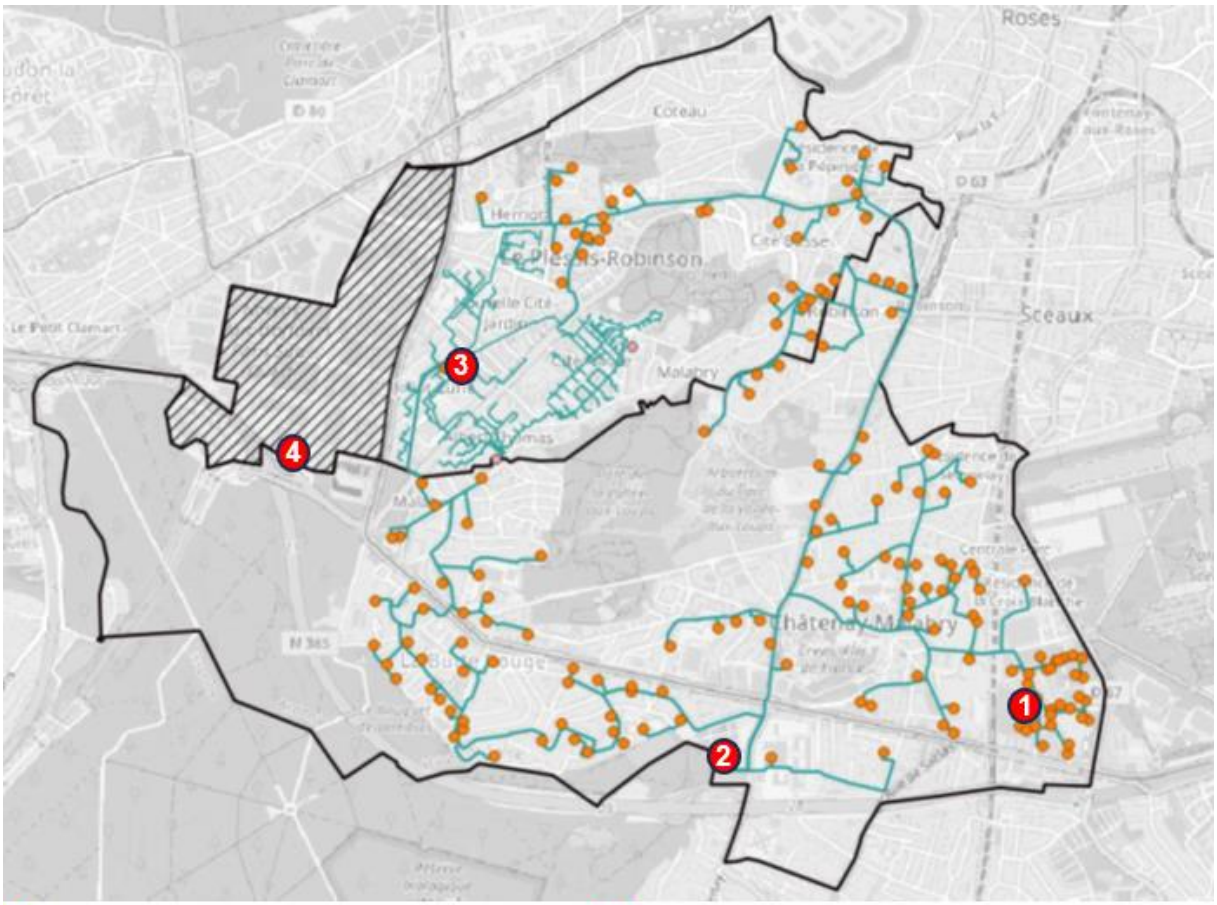
Phasage général des travaux de déploiement du réseau

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.

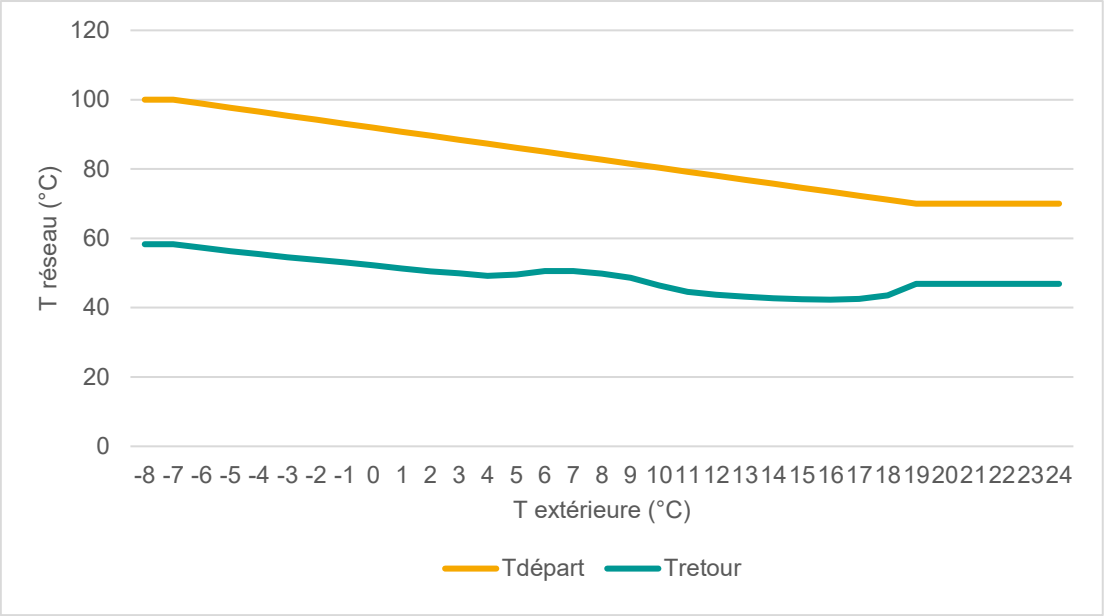


1 Chaufferie biomasse + gaz
2 Doublet géothermique profond + PAC + gaz
3 Chaufferie géothermie superficielle + PAC + gaz
4 Projet Data Center

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.

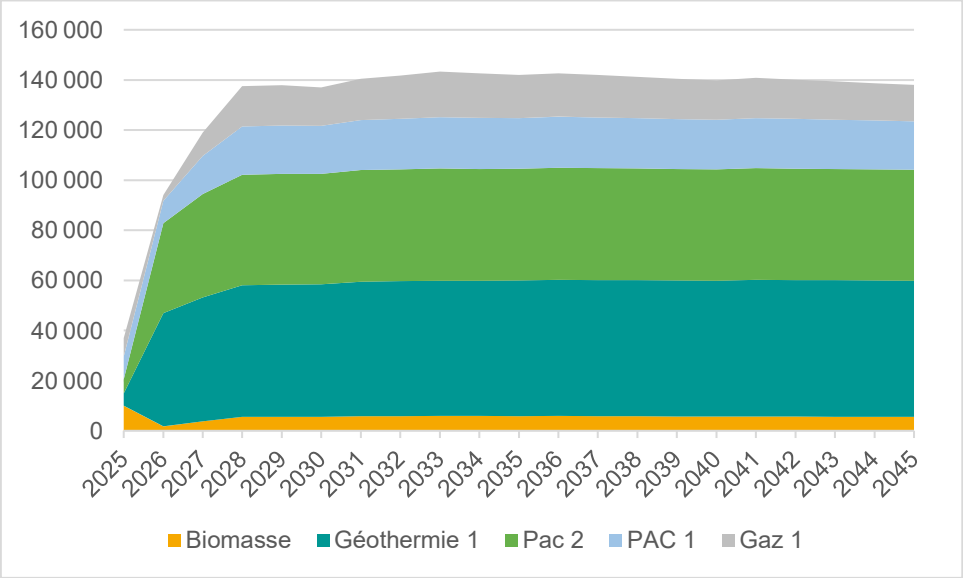
4. Opportunité de Valorisation

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.

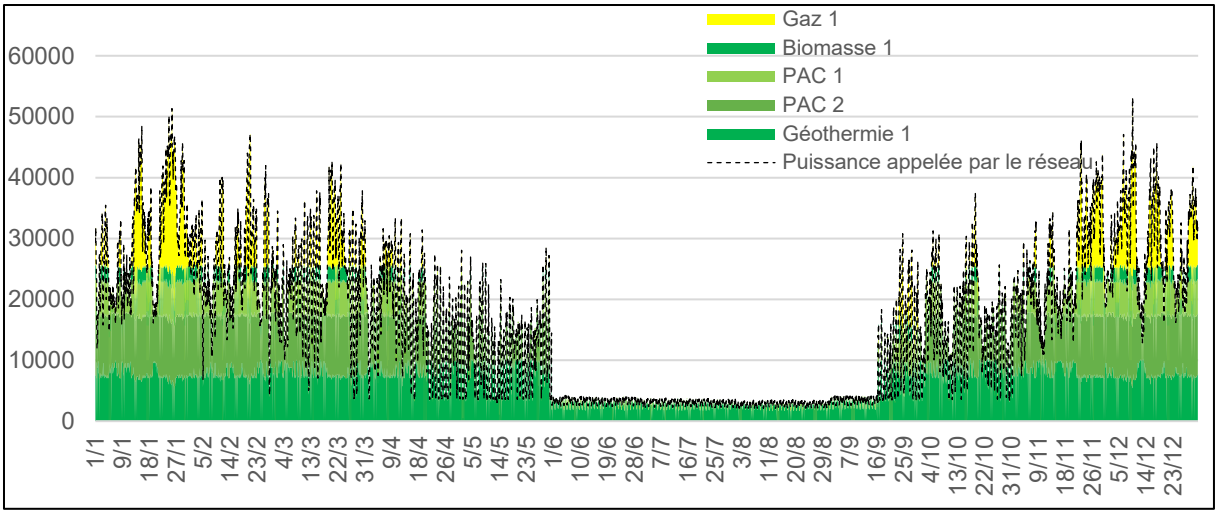
Ces besoins de chaleur sont couverts par une variété de moyens de production de chaleur, majoritairement renouvelables. Ci-dessous la répartition annuelle de la couverture des besoins par moyen de production. Le gaz, en gris, est la seule source fossile du réseau.



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.

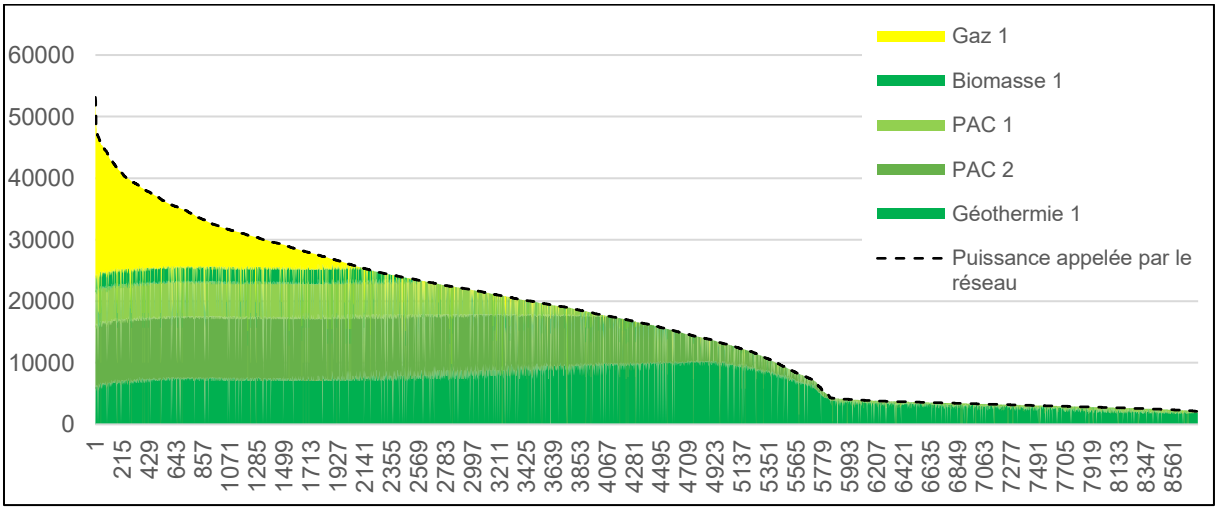


Courbe de charge du réseau TERRA CONFORT (kW appelés)

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 :

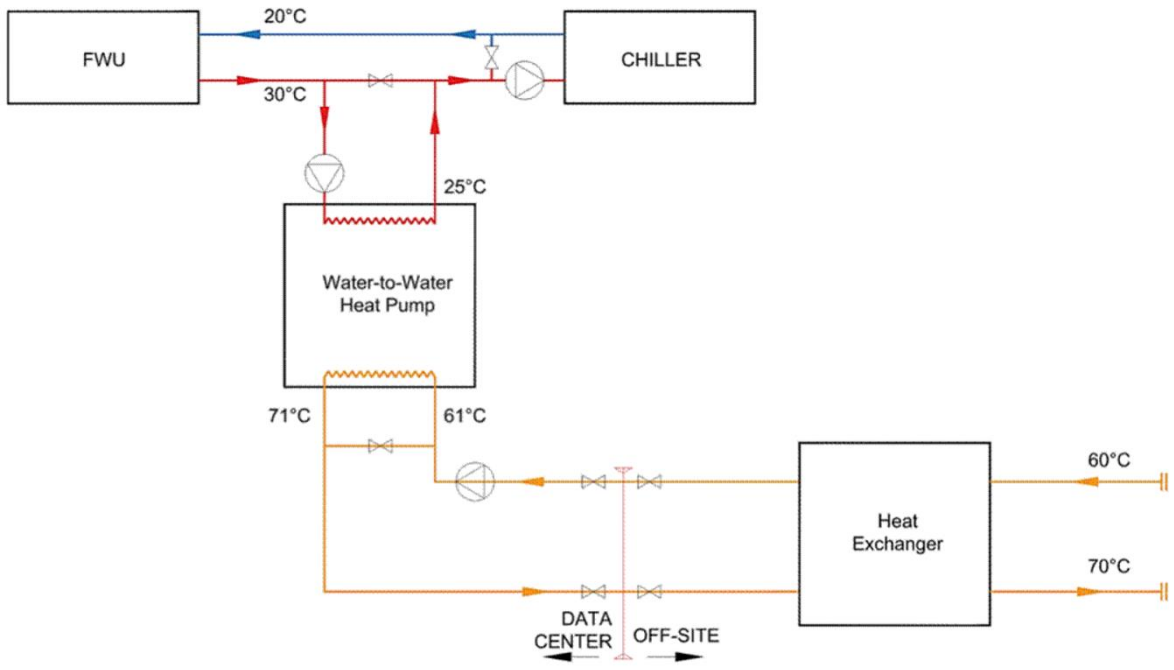


Schéma de principe de la solution de récupération, tel que proposé par le datacenter

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).

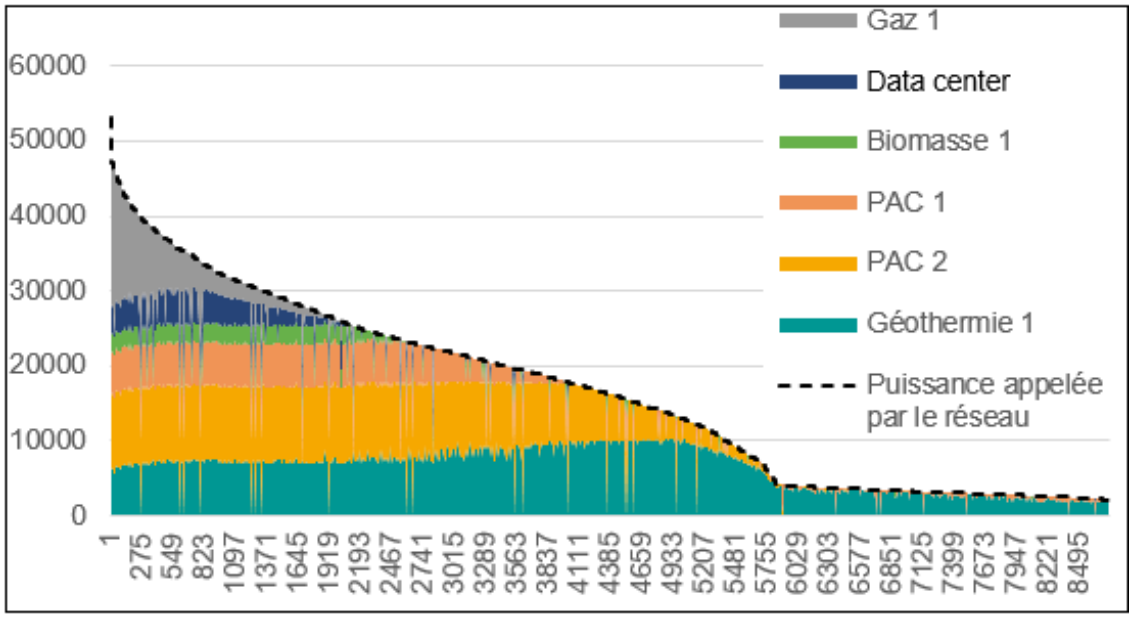
Par ailleurs et sur la base de la même formule, si le ΔT est contraint, alors la puissance sera nécessairement limitée par le débit maximum que supporte le diamètre des canalisations. Le haut régime de températures de retour du RCU implique que le delta T sur la boucle condenseur des PAC du datacenter 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.

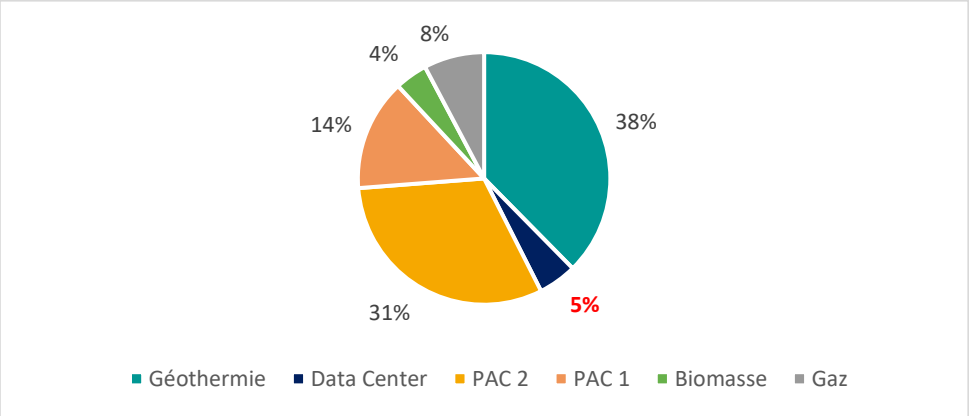
En prenant en compte l'ensemble des conditions développées précédemment, la quantité d'énergie provenant du data center et valorisée sur le réseau est fortement limitée, et ne dépasse pas, en année de plein développement du réseau, les **7 GWh annuels**, soit un peu moins de **900 h de fonctionnement 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

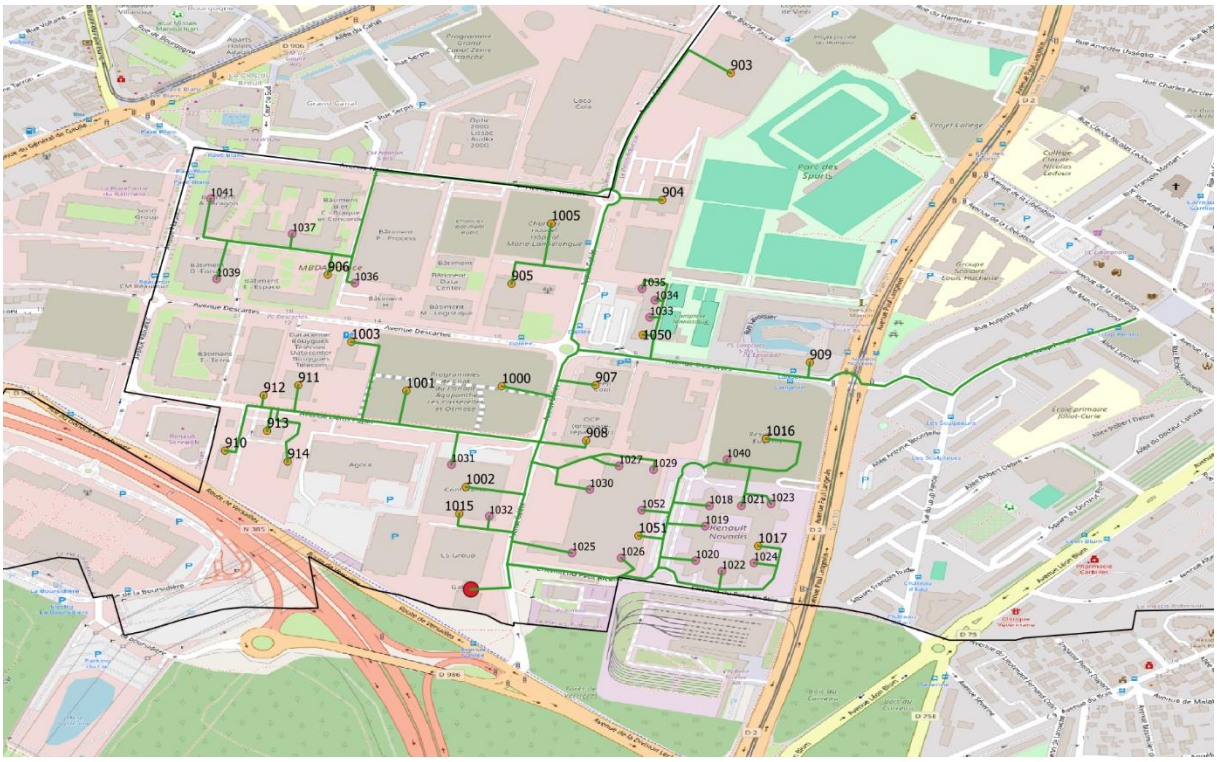
Au vu des volumes de chaleur fatale valorisée, du taux d'utilisation restreint de la solution, des contraintes techniques à l'intégration de la solution dans le réseau existant, et du rapport entre tous ces éléments et l'investissement à conduire par les deux parties (de l'ordre de 2 M€ en première estimation 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.

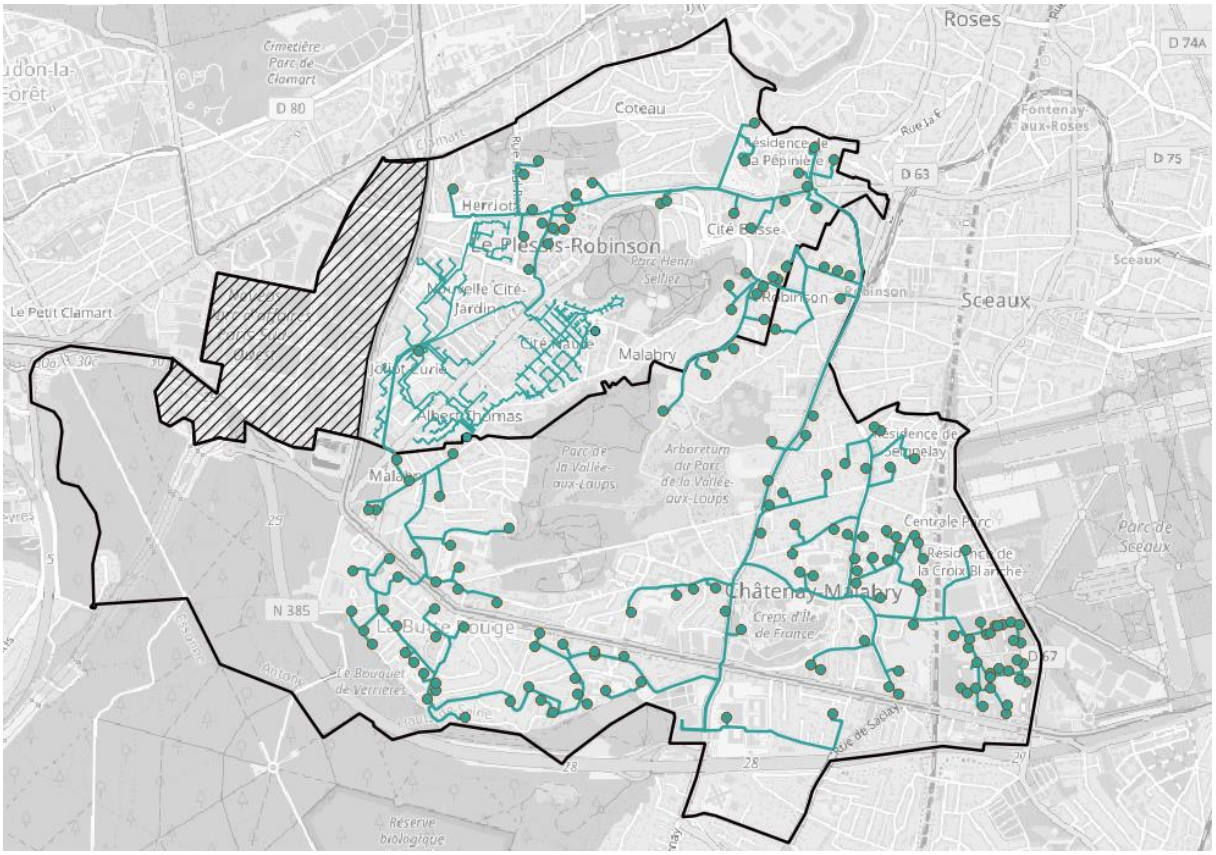
Pour les besoins de l'étude et afin de limiter les contraintes sur le datacenter, un développement de réseau de ce type sur cette zone se ferait à des températures de consignes plus faibles que celles ayant cours sur Terra Confort. Cela limitera fortement le besoin de relève de température en sortie 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.



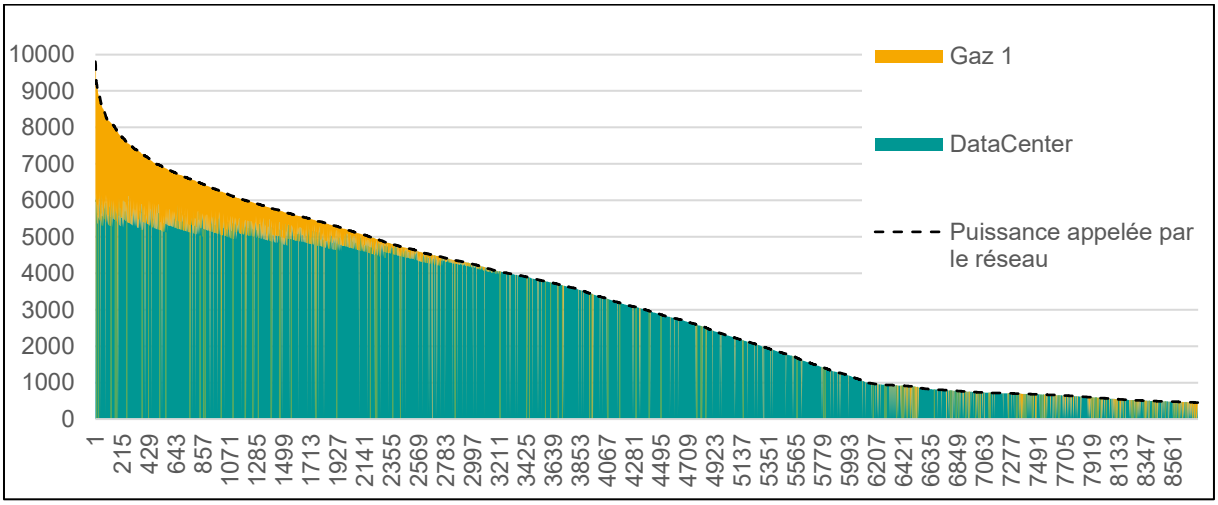
Carte du réseau Terra Confort, en hachuré, zone NOVEOS

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.

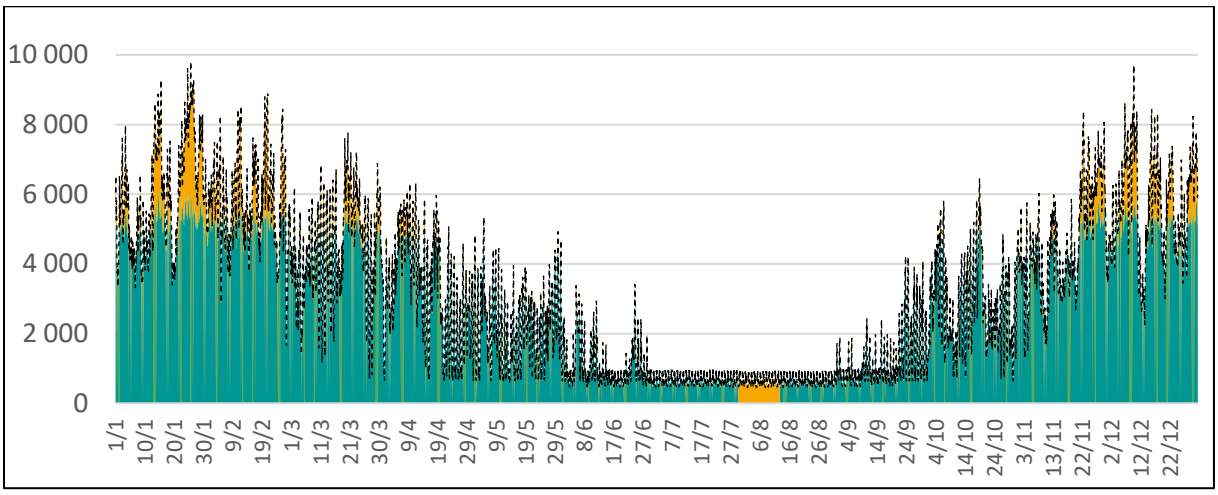
En suivant les hypothèses de loi d'eau, et les résultats de prospection sur la zone, développés précédemment, on arrive ici à des résultats plus favorables et un meilleur emploi de la chaleur fatale du datacenter. Pour une puissance maximale de **8,2 MW** en sortie condenseurs, le datacenter fournit 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.

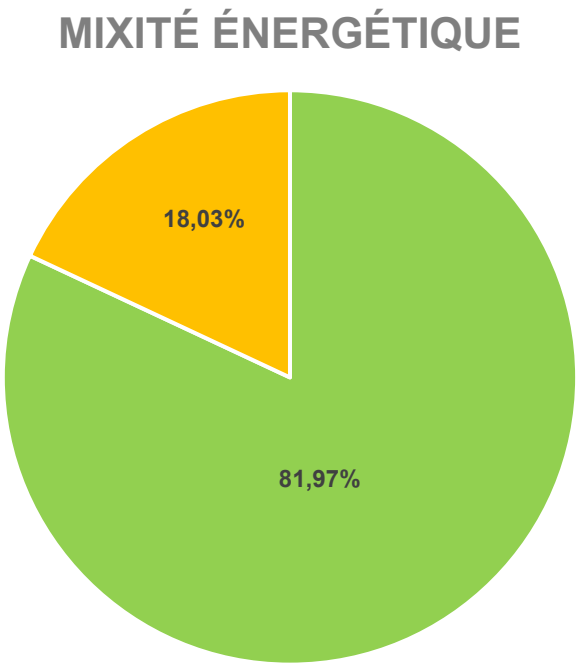


Courbe de charge – zone NOVEOS seule

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.