

SERMET

05/03/2021

RAPPORT TECHNIQUE

Rapport stratégique pour l'alimentation
énergétique de la ZAC de la Rucherie

MAÎTRE D'OUVRAGE

EPA Marne – EPA France
5 Bd Pierre Carle – CS 60084
77 448 MARNE LA VALLEE CEDEX 2



Destinataire

Marie SOUBIROU
EPA MARNE

Approbateur

Coline HUARD
SERMET

Rédacteur

Maëva CANONGE
SERMET

SOMMAIRE

1. PRÉAMBULE.....	4
1.1 Contexte de la mission	4
1.2 Périmètre et objectifs de la mission	7
2. EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES.....	9
3. ANALYSE TECHNIQUE DES RESSOURCES DISPONIBLES	14
3.1 Approche générale – Réseau de chaleur et de froid.....	14
3.2 Les réseaux de chaleur à proximité.....	15
3.3 Source d'énergie renouvelable ou de récupération	18
3.3.1 Récupération de chaleur fatale.....	18
3.3.2 Géothermie.....	23
3.3.3 Biomasse	27
3.3.4 Solaire thermique et photovoltaïque	28
3.4 Synthèse des gisements.....	31
4. SCENARIOS ENERGETIQUE ENVISAGES.....	32
4.1 Limites de l'étude	32
4.2 Scénario de référence - décentralisé.....	32
4.3 Scénario 1 – décentralisé - photovoltaïque.....	33
4.4 Les solutions centralisées (RCU).....	35
4.4.1 Les ressources d'énergie mobilisables pour la ZAC de la Rucherie.....	35
4.4.2 Spécificité technique de la Boucle d'Eau Tempérée (BET).....	36
4.4.3 Solution Réseau de chaleur : Besoins énergétiques	37
4.5 Scénario 2 – centralisé – Data Center	39
4.5.1 Production de chaleur.....	40
4.5.2 Production de froid	41
4.6 Scénario 3 – centralisé – Géothermie sur sonde.....	42
4.7 Récapitulatif des scénarios envisagés.....	46
5. BILAN ÉCONOMIQUE.....	47
5.1 Investissements	47
5.1.1 Scénario de référence.....	47
5.1.2 Scénario 1	49
5.1.3 Scénario 2	50

5.1.4	Scénario 3	50
5.1.5	Synthèse par scénario	51
5.2	Subventions mobilisables.....	51
5.3	Coût de fonctionnement	52
5.4	Compte d'exploitation prévisionnel	53
6.	ANALYSE DES MONTAGES JURIDIQUES.....	55
7.	CONCLUSION.....	56
7.1	Comparatif des scénarios	56
8.	ANNEXES.....	57

1. PRÉAMBULE

1.1 Contexte de la mission

Le contexte politique, économique et environnemental actuel engage les collectivités, aménageurs, constructeurs, bailleurs et autres acteurs à envisager les différentes possibilités de recours aux énergies renouvelables pour les besoins énergétiques de leur projet immobilier.

En particulier, en 2015, la Loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (**LTECV**) a été adoptée par l'Assemblée Nationale. Cette loi vise à définir les principaux objectifs d'un **nouveau modèle énergétique français** en vue de lutter contre le réchauffement climatique et les émissions de gaz à effet de serre. Les principaux objectifs de cette loi sont :

- Une diminution de 40 % des émissions de gaz à effet de serre en 2030 par rapport à 1990,
- Une diminution de 30 % de la consommation d'énergie fossiles en 2030 par rapport à 2012,
- Une augmentation de la part des énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) à 32 % de la consommation d'énergie finale en 2030,
- Une réduction de la consommation d'énergie finale de 50% en 2050 par rapport à 2012,
- Une diminution de 50% des déchets mis en décharges en 2025,
- Une diversification forte de la production d'électricité, avec pour objectif d'abaisser la part de production d'origine nucléaire à 50% (78% actuellement).

Derrière ces **objectifs environnementaux** chiffrés se cachent aussi des **objectifs de développement économique**, avec la création d'emplois locaux et durables, et une relocalisation de l'activité économique dans le domaine de l'énergie.

Ces objectifs ambitieux nécessitent une **implication** forte de **l'ensemble des acteurs de la société** comme les collectivités, les syndicats de copropriété, les bailleurs sociaux, les usagers, ... l'**EPA MARNE** s'inscrit dans cette démarche **volontariste**.

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

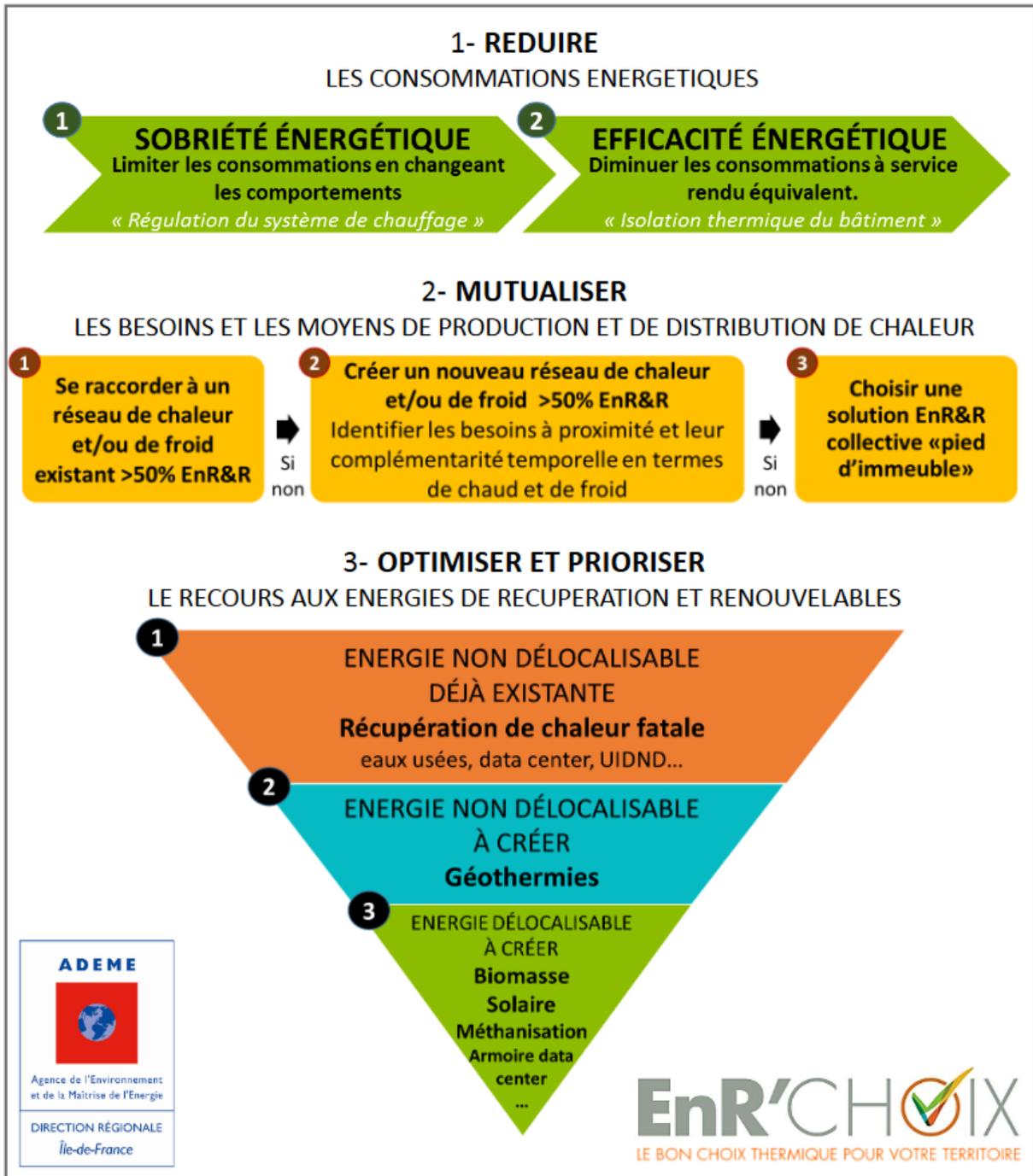
Le premier volet de ce guide correspond aux notions de sobriété et d'efficacité énergétique. Pour rappel, la sobriété énergétique correspond à la suppression ou la limitation des consommations d'énergie superflues par un meilleur usage du bâtiment et de ses équipements.

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

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

Le deuxième volet, qui nous intéresse plus dans cette étude, se penche sur la production de chaleur ou de froid pour un bâtiment ou une collectivité, et est résumé sur la Figure ci-dessous.

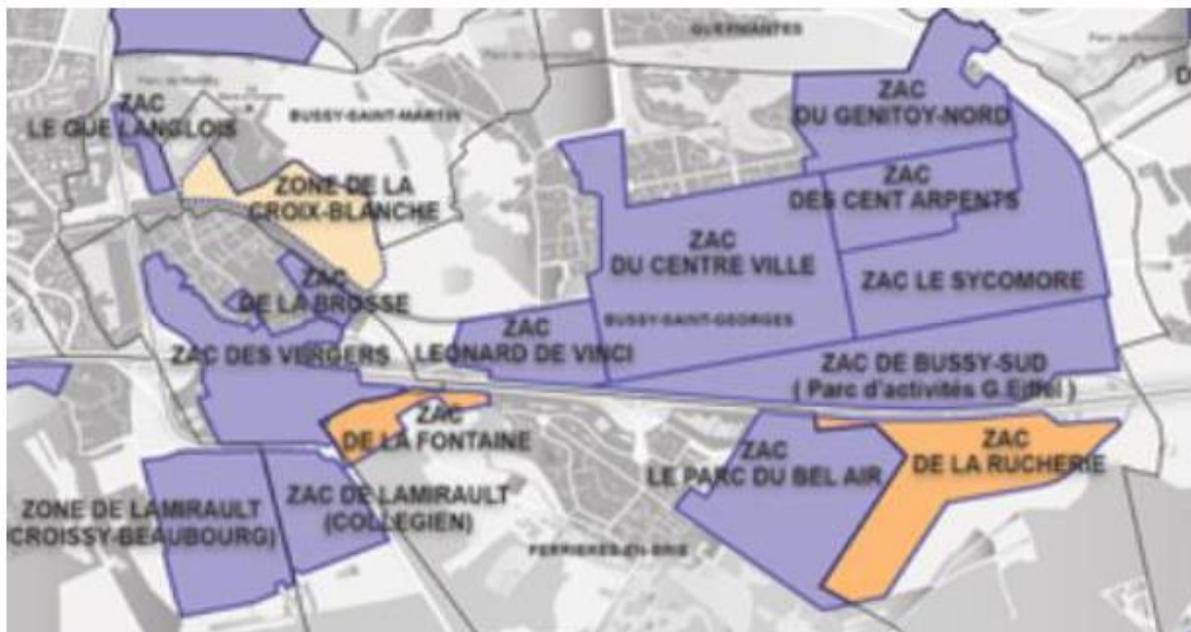
- La première étape encourage fortement la mutualisation des moyens de production avec réseau de chaleur (existant ou à créer) préalablement à la mise en place de solutions individuelles.
- La deuxième étape correspond à l'optimisation du choix de la source de chaleur, en favorisant les énergies locales et non délocalisables telles que la chaleur fatale ou la géothermie, avant d'envisager d'autres sources d'EnR&R telles que la biomasse, la méthanisation ou l'énergie solaire thermique



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

1.2 Périmètre et objectifs de la mission

Depuis 50 ans, les **Zones d'Aménagement Concertées (ZAC)** représentent des outils juridiques prisés par les acteurs de la fabrication de la ville. Sur le territoire de Marne-la-Vallée, il y a **61 ZAC aménagées et/ou à l'étude par EPA Marne et EPA France**. La communauté d'agglomération de Marne et Gondoire a travaillé avec l'EPA Marne sur le projet de la ZAC du Sycomore située à Bussy-Saint-Georges. Un projet à proximité est en cours d'étude, de l'autre côté de l'autoroute A4, toujours sur le territoire de Bussy-Saint-Georges, sous le nom de **ZAC de la Rucherie**.



C'est dans ce cadre que l'EPA Marne a contacté le bureau d'étude SERMET afin de réaliser une étude d'alimentation énergétique sur cette ZAC.

L'objectif de cette étude est de déterminer la viabilité technique, économique et environnementale de la **création d'un réseau de chaleur** sur la ZAC de la Rucherie à Bussy Saint Georges.

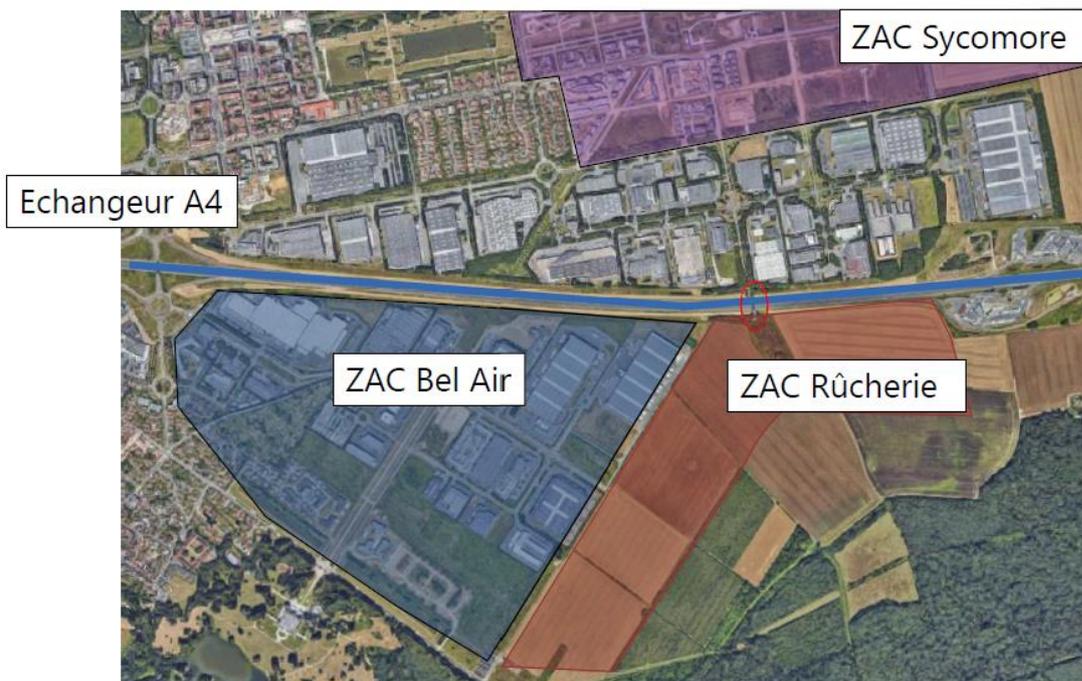
L'étude devra constituer pour l'EPA Marne un outil d'aide à la décision pour la mise en place d'une stratégie d'approvisionnement énergétique :

- ✱ **ANALYSE DES BESOINS ENERGETIQUES** : **Analyse des données thermiques d'entrée fournies par URBATEC et définition d'une situation de consommations énergétiques**. Conclusion : Valider les besoins en MWh (Consommations) et kW (Puissance) pour la ZAC.
- ✱ **SCENARIOS ENERGETIQUES ENVISAGES** : **Descriptif exhaustif des solutions envisagées d'un point de vue technique**. Conclusion : Définir les scénarios / solutions techniques applicables à la ZAC

- ✎ **BILAN ECONOMIQUE : Chiffrage des investissements et des coûts de fonctionnement.**
Conclusion : analyse de la rentabilité des scénarios et leur faisabilité économique.
- ✎ **COMPARATIF DES SOLUTIONS : Avantages et inconvénients par scénario.** Conclusion :
Confronter les spécificités techniques, économiques et environnementales de chaque scénario.

CARACTERISTIQUES DE LA ZAC DE LA RUCHERIE	
Surface totale de la ZAC	571 000 m ²
Surface des bâtiments à alimenter en énergie	254 000 m ²
Nombre de Lots à alimenter en énergie	16
Typologie de bâtiments	Activité, Parc PME/PMI, Logistique
Production	Alimentation : En chaleur l'hiver / En froid l'été Pas de cumule de livraison chaud et froid envisagé
Émetteurs	Basses températures
Températures ambiantes	Chauffage en Hiver : 19°C Refroidissement en Été : 26°C





2. EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES

Les données d'entrée sont issues de l'étude du BE URBATEC et ont fait l'objet d'une présentation à l'EPA Marne le 7 Janvier 2021.

FAISA - 23/11/2020						Hyspoyhèses de Besoin en chauffage et en Froid				
Lots	Taille (en m²)	Type de lot	Cos Faisa	Emprise sol (en m²)	SDP Faisa (en m²)	Températures	Surfaces à chauffer	Durée de chauffage	Besoin en Chauffage [MWh/an]	Besoin en Froid [MWh/an]
LOTA	21970	Activité	0,4	8406	7986	19°C	7986	15 oct - 15 mai	479	399
LOTB1	18692	Activité	0,5	9006	8556	19°C	8556	15 oct - 15 mai	513	428
LOTB2	18711	Activité	0,5	10440	9918	19°C	9918	15 oct - 15 mai	595	496
LOTB3	18749	Activité	0,5	9006	8556	19°C	8556	15 oct - 15 mai	513	428
LOTC1	19782	Activité	0,4	8213	7802	19°C	7802	15 oct - 15 mai	468	390
LOTC2	19090	Activité	0,4	8120	7714	19°C	7714	15 oct - 15 mai	463	386
LOTC3	24279	Parc PME-PMI	0,5	13548	12871	19°C	12871	15 oct - 15 mai	772	644
LOTD1	7758	Parking silo - 2 niv		8486		-	0	-	0	0
LOTD2	7780	Activité	0,6	4646	4414	19°C	4414	15 oct - 15 mai	265	221
LOTD3	18581	Activité	0,5	9006	8556	19°C	8556	15 oct - 15 mai	513	428
LOTE1	16521	Activité	0,6	10962	10414	19°C	10414	15 oct - 15 mai	625	521
LOTE2	69345	Logistique	0,5	33509	31834	14°C	31834	1er nov - 30 avril	1 433	0
LOTF	23069	Parc PME-PMI	0,6	13633	12951	19°C	12951	15 oct - 15 mai	777	648
LOTG	124320	Logistique	0,4	49335	46868	14°C	46868	1er nov - 30 avril	2 109	0
LOTH1	28349	Parc PME-PMI	0,5	14677	13943	19°C	13943	15 oct - 15 mai	837	697
LOTH2	39230	Parc PME-PMI	0,5	22108	21003	19°C	21003	15 oct - 15 mai	1 260	1 050
LOTI	102970	Logistique	0,4	42338	40221	14°C	40221	1er nov - 30 avril	1 810	0
Total	571438			266953	253605				13 432	6 734

Les données principales qui découlent de ces tableaux sont les suivantes :

	Consommation annuelle (MWh utiles/an)	Puissance (kW)	Ratio moyen (kWh utile/m ²)	Temps de fonctionnement à plein régime (h/an)
CHAUD	13 432	7 604	53	1 766
FROID	6 734	9 353	27	720

On considère que les bâtiments ne consomment pas d'eau chaude sanitaire.

Les consommations de chaud (en kWh / m² ou MWh utiles / an) sont plus importantes que les consommations de froid.

Nous attirons l'attention sur les **ratios moyens de consommations au m²** qui semblent élevés, au vu de :

- **La typologie des bâtiments** : activités chauffées à 19°C uniquement en journée et ateliers nécessitant des températures ambiantes largement inférieures à 19°C.
- La future prise d'effet de la **RE 2020 pour les bâtiments neufs** (plus exigeante que la RT2012), donnant la priorité à la sobriété énergétique

Ce paramètre impacte fortement le potentiel énergétique de la ZAC, et donc les résultats techniques et financiers de l'étude.

Nous avons donc pris des **hypothèses plus conservatrices** concernant les consommations et puissances chaud/froid, basées sur notre **retour d'expérience** :

	Ratio moyen (kWh utile/m ²)
CHAUD	30 pour Activités 10 pour Ateliers logistique
FROID	20

Les données d'entrée thermiques qui en découlent sont les suivantes :

	Consommation annuelle (MWhutiles/an)	Puissance (kW)	Temps de fonctionnement à plein régime (h/an)
CHAUD	5 230	2 961	1 766
FROID	2 694	2 565	1 050

Pour mémoire,

la puissance chauffage maximale appelée peut être estimée selon la formule suivante :

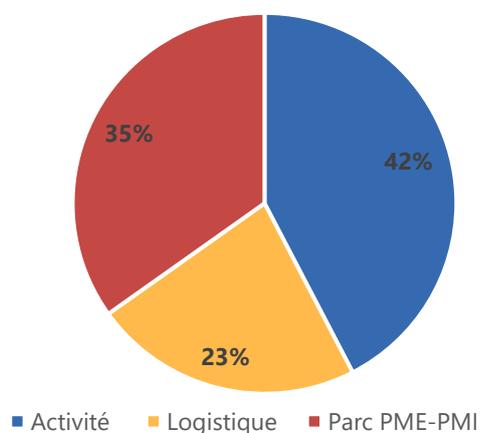
$$PMA(kW) = \frac{\text{Consommations (MWh)} * 1000 * (T_{ref} - T_{DJU})}{DJU * 24 * C_i}$$

- *PMA* est la puissance maximale appelée en kW
- *T_{ref}* est la température de référence (°C) : température à partir de laquelle la production de chauffage s'arrête (18°C extérieure)
- *T_{DJU}* est la température minimale à l'endroit concerné (°C) (-7°C pour Bussy Saint Georges)
- *DJU* est le nombre de DJU dans l'année à l'endroit concerné (estimé à 2 300 DJU)
- *C_i* est un coefficient d'intermittence qui dépend du bâtiment considéré (considéré égal à 0,8 pour la typologie de bâtiments du projet)

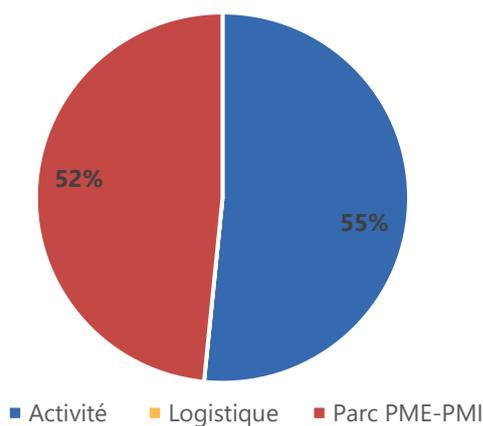
Le détail par lot est le suivant :

LOT	Consommation chaud (MWh/an)	Puissance chaud (kW)	Consommation froid (MWh/an)	Puissance froid (kW)
LOTA	240	136	160	152
LOTB1	257	145	171	163
LOTB2	298	168	198	189
LOTB3	257	145	171	163
LOTC1	234	133	156	149
LOTC2	231	131	154	147
LOTC3	386	219	257	245
LOTD1	0	0	0	0
LOTD2	132	75	88	84
LOTD3	257	145	171	163
LOTE1	312	177	208	198
LOTE2	318	180	0	0
LOTF	389	220	259	247
LOTG	469	265	0	0
LOTH1	418	237	279	266
LOTH2	630	357	420	400
LOTI	402	228	0	0
TOTAL	5 230	2 961	2 694	2 565

Répartition des besoins de chaleur sur la ZAC



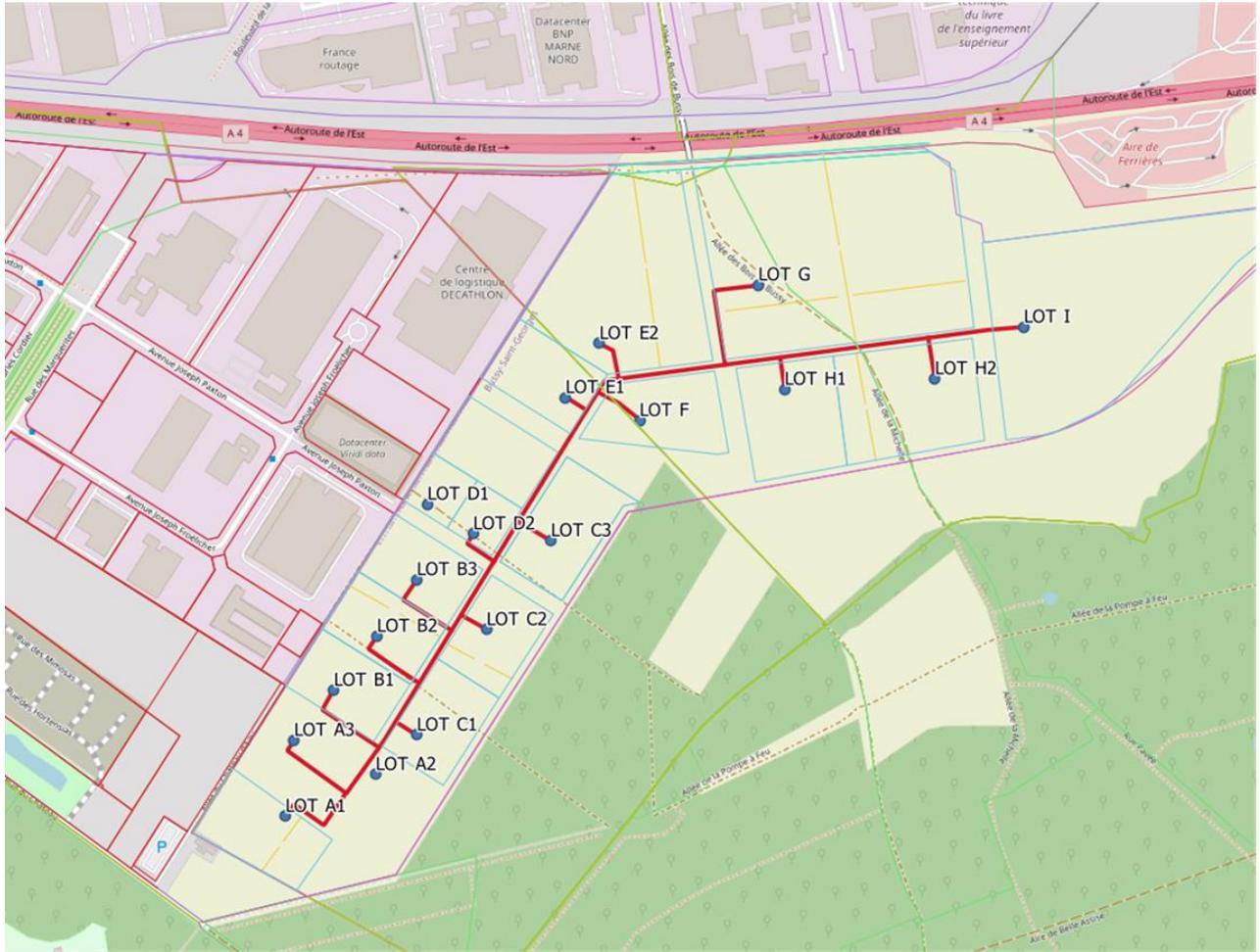
Répartition des besoins de froid sur la ZAC

**Tracé du réseau de chaleur et de froid :**

Lors de la réunion du 7 Janvier 2021, un tracé de réseau de distribution entre les lots (en vue de mettre en place un réseau de chaleur et de froid) a été présenté à l'EPA Marne. Ce tracé totalise **3,4 kml pour un réseau de chaud** (alimentant les 16 lots), **3 kml pour un réseau de froid** (alimentant tous les lots sauf les 3 lots de bâtiments Logistique).

Le densité énergétique résultante est de :

- **1,5 MWh / mètre linéaire pour la chaleur,**
- **0,9 MWh / mètre linéaire pour le froid.**



Étude d'impact de la suppression des bâtiments Logistique :

Nous avons étudié l'impact de la suppression des bâtiments de logistique, afin de maximiser la densité énergétique de chaleur du projet (ces bâtiments ne sont pas refroidis en été).

Il en résulte des consommations de chaleur de 4 040 MWh/an et un réseau de chaleur d'une longueur de 3kml ; soit une densité énergétique de 1,35 MWh / ml.

La nouvelle densité énergétique étant inférieure, **nous conservons les bâtiments Logistique dans l'étude.**

Éligibilité aux subventions réseau :

L'ADEME, via le Fonds Chaleur, subventionne la création de réseau de chaleur ou leur extension. Cette aide permet d'atteindre un équilibre économique sur des projets dont la concurrence aux énergies fossiles est importante.

Pour être éligible à cette subvention, un réseau doit avoir une densité minimum de 1,5 MWh/ml.

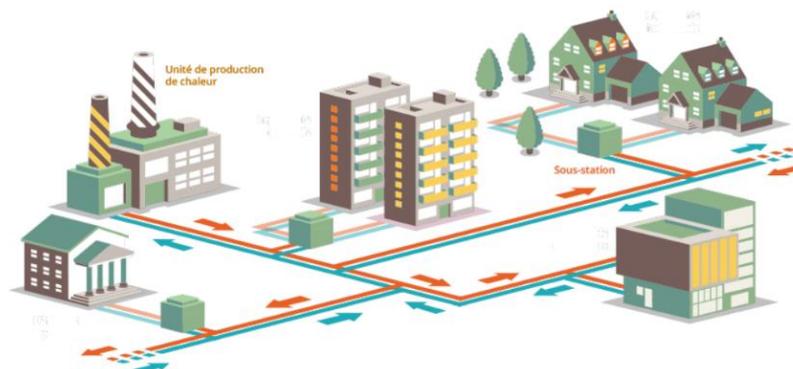
L'étude montre que la densité du réseau de la ZAC de la Rucherie se trouve tout juste à la limite d'éligibilité. Dans le cas d'un approfondissement de ce scénario centralisé, il sera important d'être vigilant sur cette donnée.

3. ANALYSE TECHNIQUE DES RESSOURCES DISPONIBLES

3.1 Approche générale – Réseau de chaleur et de froid

Un réseau de chaleur et de froid est un réseau de distribution d'énergie à l'échelle d'un quartier, d'une ZAC ou d'une ville jusqu'aux abonnés (le bâtiment utilisant l'énergie). La production de cette énergie est assurée de manière centralisée (chaufferie) ou semi-centralisée (présence d'équipement complémentaire aux pieds des bâtiments des abonnés). Les avantages des réseaux de chaleur et de froid sont les suivants :

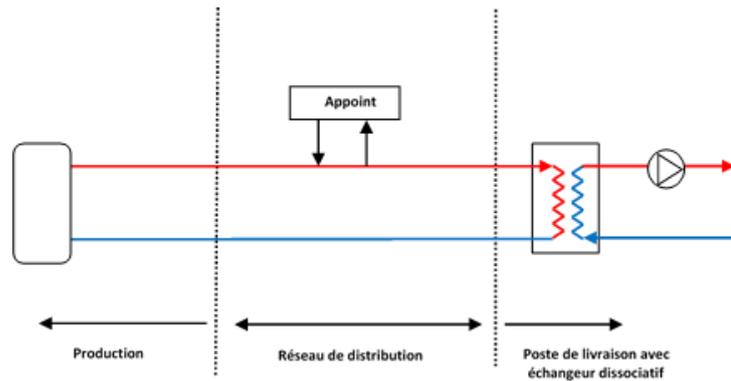
- La centralisation de moyens de production, permet des économies d'échelle en termes d'investissement, mais aussi de mobiliser des ressources énergétiques renouvelables ou de récupération difficilement exploitable pour un bâtiment seul.
- La possibilité de mixer les sources énergétiques (Biomasse + Gaz etc...) afin d'assurer la production de chaleur au meilleur coût, au meilleur moment, et la possibilité de modifier ce mixe pour l'ensemble des abonnés en même temps.
- Limiter la puissance thermique des équipements à installer, en utilisant le stockage d'énergie du réseau et le principe de foisonnement (appels de puissance des bâtiments non simultanés à l'échelle d'un quartier).



Pour les bâtiments (ou abonnés) raccordés à ce réseau, l'énergie est généralement récupérée au travers d'un échangeur qui transfère les calories vers le réseau dit « secondaire » (appartenant à l'abonné). Cet échange se fait dans un local appelé « Sous-station », comprenant également des équipements secondaires (Pompe, automate de régulation etc...). L'objectif de ce cloisonnement est d'éviter tout risque d'arrêt du réseau dans sa globalité en cas de problème dans un bâtiment.

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

- D'une production centralisée de chaleur ;
- D'un réseau de distribution ;
- De postes de livraison de chaleur et/ou de froid.



Généralement, la facturation est pour partie en fonction de la consommation d'énergie de la sous-station (définie via un compteur – terme R1) et pour partie selon une redevance fixe, correspondant à un abonnement au réseau, proportionnel à la puissance de la sous-station (capacité à capter l'énergie – terme R2), dimensionné en fonction des besoins du bâtiment.

De manière simplifiée :

- Le R1 correspond à la consommation de l'abonné, proportionnellement au prix du MWh d'énergie utilisée pour sa production, en tenant compte des rendements techniques des installations.
- Le R2 correspond aux charges d'exploitation, de maintenance et d'investissements pour la création du réseau.

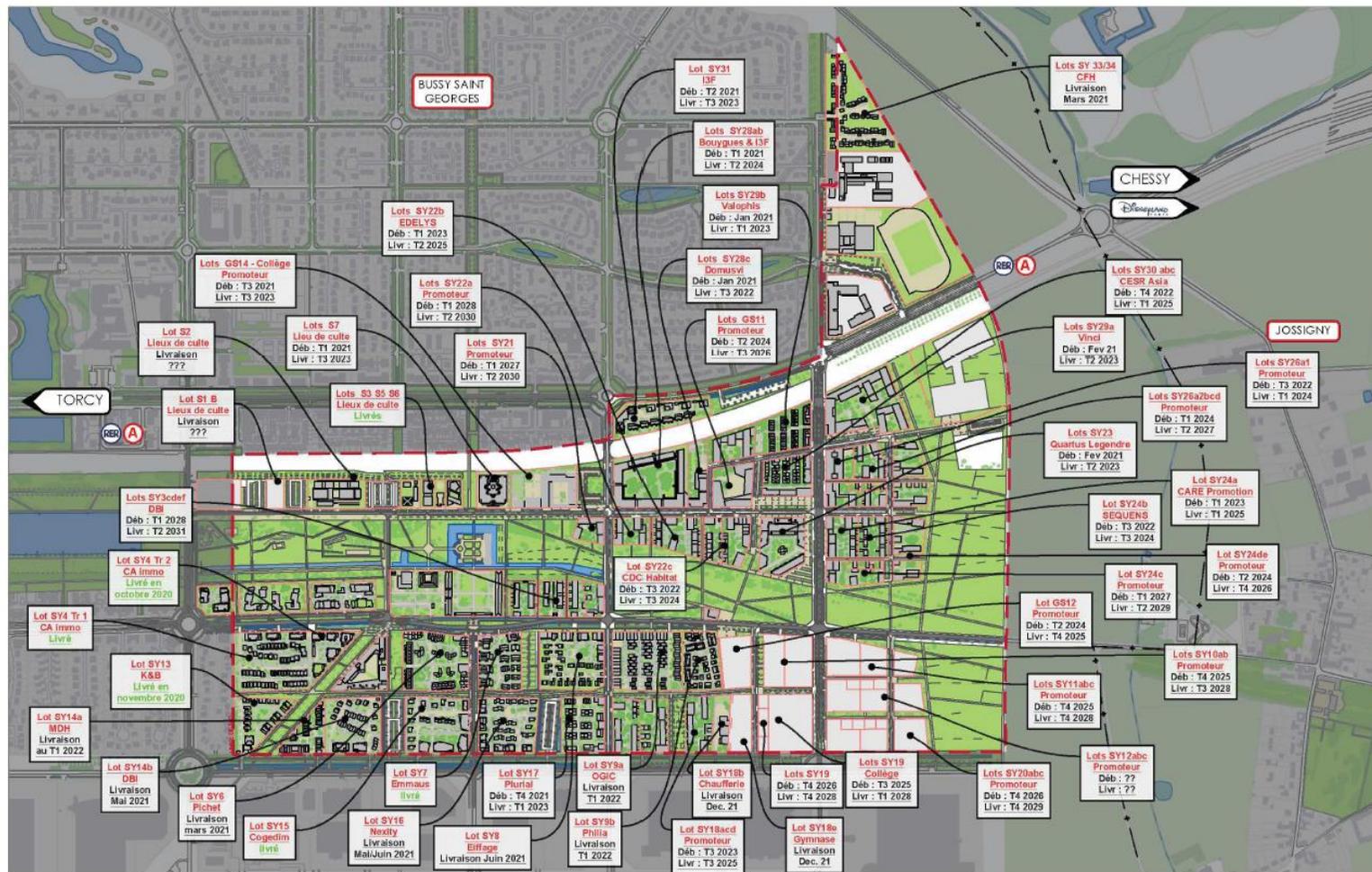
Ce volet vise à étudier l'ensemble des gisements d'énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) disponibles sur le territoire proche de la ZAC, selon la démarche EnR Choix :



3.2 Les réseaux de chaleur à proximité

L'objectif de cette partie est d'évaluer la possibilité de mutualisation de l'énergie par un raccordement de la ZAC de la Rucherie sur un réseau de chaleur existant.

Un réseau de chaleur a été identifié à proximité du périmètre étudié, le réseau de chaleur de la ZAC Sycomore et Entrée de Ville, également sur la ville de Bussy-Saint-Georges.



<p>Louis Berger International A WSP COMPANY</p> <p>15, rue de Vienne 92100 Boulogne-Billancourt www.lbi.com</p>	<p>EpaMarnE EpaFrance l'âme dans l'aménagement</p>	<p>ZAC DU SYCOMORE Plan général de l'opération</p>	<p>DIRECTION: DR-FRANCE DATE: 11/12/2020 INDICE DE REVISION: LB-IND</p>	<p>PROJET: SYCOMORE CODE PROJET: 5101923 NOM: C.VAZ</p>	<p>SPECIALITE: OPC TRAVAUX Echelle: 1:7000 NUMERO D'ORDRE: 03</p>
---	--	--	---	---	---

Plan réseau de chaleur ZAC Sycomore – Entrée de ville

Ce réseau de chaleur a été confié par la Communauté d'Agglomération de Marne et Gondoire via un contrat de DSP (Délégation de Service Public) à BUSSYCOMORE ENERGIE (filiale à 100% d'IDEX) jusqu'à 2040. Les données principales de ce réseau sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Données caractéristiques du réseau de BUSSYCOMORE

Délégant	CAMG
Délégataire	BUSSYCOMORE ENERGIE
Échéance de la concession	2040
Volume de ventes de chaleur à terme	22 GWh/an
Volume de ventes de froid à terme	0 GWh/an
Taille du réseau à terme	7 km
Taux d'énergie renouvelable et de récupération	> 85%
Moyens de production à terme	Chaufferie Biomasse / Gaz

Les travaux de création du réseau de chaleur ont débuté en 2018 pour le raccordement des premiers lots en novembre 2018. Le développement est toujours en cours durant l'année 2021 avec le raccordement des lots au fur et à mesure de leur livraison.

La construction de la chaufferie définitive a démarré en 2021. La puissance biomasse prévue initialement a été augmentée pour pouvoir raccorder des lots supplémentaires à ceux du projet initial. Cependant, le développement de la ZAC étant largement supérieur au prévisionnel du contrat de DSP, cette augmentation de puissance ne permet pas, en l'état du projet, d'avoir un excédent de puissance qui pourrait être alloué au raccordement de la ZAC de la Rucherie.

Une étude est en cours de réalisation par BUSSYCOMORE ENERGIE afin d'analyser précisément la faisabilité du développement du réseau de chaleur avec les puissances prévues dans la chaufferie définitive. Les conclusions de cette étude permettront d'identifier les potentiels d'interconnexion entre les deux ZAC soit en import soit en export de chaleur.

Cette éventuelle interconnexion pourrait être réalisée suivant le tracé ci-dessous :



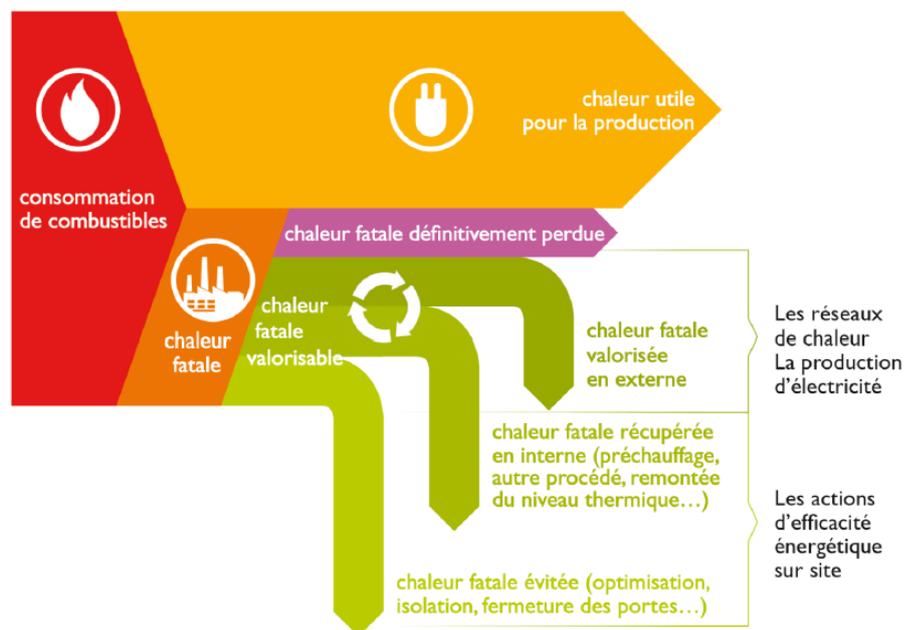
Ce tracé représente 1500 ml.



3.3 Source d'énergie renouvelable ou de récupération

3.3.1 Récupération de chaleur fatale

Suivant la définition de l'ADEME, « la chaleur fatale désigne la chaleur résiduelle issue d'un procédé dont l'objectif principal n'est pas la production de cette chaleur. Elle est considérée comme une énergie n'émettant pas de CO₂, puisqu'il s'agit d'une ressource qui est de toute façon produite puis rejetée sans valorisation ».



Les principaux gisements de chaleur fatale sont :

- Data center,
- Eaux usées,
- Usine d'Incinération d'Ordures Ménagères (UIOM),
- Industrie (process).

3.3.1.1 Data Center

Les datas-centers sont des centres de stockage de données informatiques dans lesquels sont situés des serveurs et diverses installations nécessaires aux systèmes informatiques et aux systèmes d'information. La chaleur dissipée est dans la majorité des cas perdue car peu valorisée en interne. Il est donc possible de récupérer cette chaleur pour alimenter un réseau de chaleur avec ou sans pompe à chaleur en fonction de la température de la ressource. Ces installations sont des gros consommateurs d'énergie puisqu'approximativement 2 à 2,5 kW/m² sont nécessaires à leur bon

fonctionnement. À titre de comparaison, un Data Center aussi grand qu'un terrain de football consomme autant d'électricité qu'une ville de 60 000 habitants.

Un exemple de schéma de récupération de chaleur fatale sur datacenter est présenté ci-dessous :

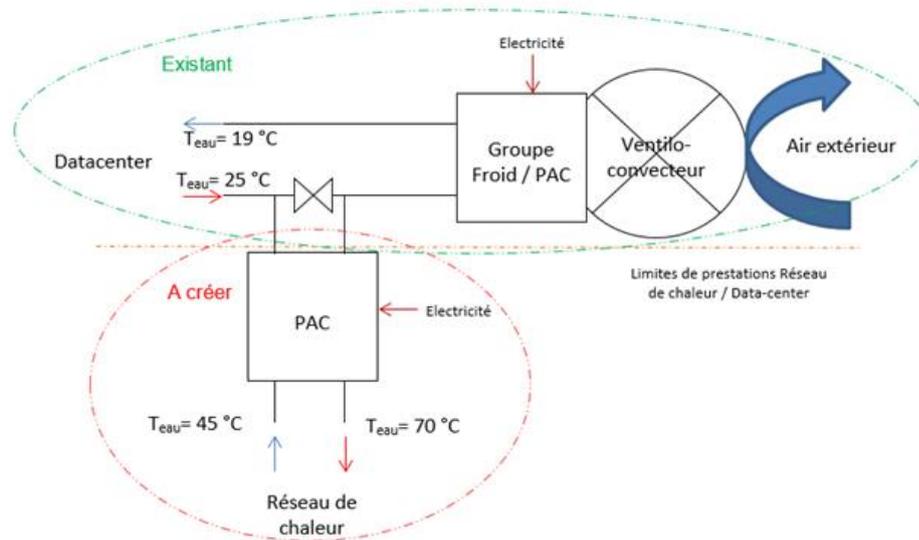


Schéma de principe de récupération de chaleur sur Datacenter

Le Data Center nécessite d'être refroidi en permanence via des groupes froids, qui consomment une grande quantité d'énergie (plus de la moitié de la consommation totale du centre). La chaleur dégagée est habituellement évacuée sous forme d'air chaud. Cette chaleur fatale peut être récupérée.

La récupération de chaleur consiste à placer un système d'échange (échangeur, PAC,...) sur le retour du circuit de refroidissement, ayant récupéré l'énergie dans les locaux à refroidir, afin de céder la chaleur au réseau. La chaleur n'est plus évacuée par le système de refroidissement sous forme de chaleur fatale mais valorisée auprès des usagers du réseau. **Ce système de récupération de chaleur nécessite d'avoir un système de refroidissement air/eau du Data Center (boucle d'eau glacée).**

Il existe un Data Center sur la ZAC de Bel-Air, avoisinant la ZAC de la Rucherie, **refroidi par air** (absence de boucle d'eau glacée). Le raccordement à ce Data Center n'est donc pas possible.

En revanche, une **extension de ce Data Center est en cours d'étude (6 MW électriques)** et pourrait déboucher sur un système de refroidissement type air/eau, qui permettrait la récupération de chaleur. Une demande officielle doit être formulée par l'EPA Marne à l'aménageur pour approfondir cette opportunité.

De plus, l'EPA Marne a indiqué la possibilité d'intégration d'un nouveau Data Center sur le périmètre de l'étude. **Dans la suite de l'étude, il sera considéré la présence d'un Data Center à proximité du réseau mettant à disposition la puissance nécessaire pour chauffer la totalité du réseau en hiver.**



Implantation du Data Center de la ZAC Bel-Air

Au vu des opportunités identifiées, cette ressource sera prise en compte dans les scénarios étudiés dans la suite de ce rapport.

3.3.1.2 Eaux usées

Les eaux usées sont des eaux polluées (effluents) constituées de toutes les eaux susceptibles de contaminer un milieu dans lequel elles seraient déversées ; elles sont issues de l'utilisation anthropique (artisanale, agricole, industrielle...etc.). La température de ces eaux est relativement constante (entre 12 et 25°C) sur l'ensemble de l'année. On parle d'eaux « grises » pour des eaux peu polluées d'origine domestiques résultant de douches, de lavage de mains ou de vaisselles ou les eaux pluviales. On parle d'eaux « noires » lorsque les matières qu'elles contiennent sont des substances plus polluantes.

Il existe notamment les récupérations possibles suivantes :

- Sur collecteur ;
- Au pied des bâtiments ayant une forte consommation d'eau (récupération thermique sur eaux grises). Cette solution est adaptée à l'échelle d'un bâtiment.

Le tableau suivant présente les avantages et limites de ces différentes techniques :

Dans les collecteurs	dans les STEP	dans les stations de relevage	au pied des bâtiments
<ul style="list-style-type: none"> • Potentiel de puissance entre 10 kW et 1 MW • S'installe dans le réseau public • Nécessite d'avoir de longues conduites droites et un gros diamètre • Doit vérifier les effets sur le fonctionnement du process de la STEP (abaissement de la T°) • Proximité des preneurs de chaleur 	<ul style="list-style-type: none"> • Potentiel de puissance jusqu'à 20 MW • Pas de problème de refroidissement • Risque d'être éloigné des preneurs de chaleur 	<ul style="list-style-type: none"> • Potentiel de puissance jusqu'à 2 MW • Solution indépendante de la taille du collecteur • Système encore nouveau avec peu de retour d'expérience 	<ul style="list-style-type: none"> • Potentiel de puissance entre 50 kW et 300 kW • Solution simple pour l'eau chaude sanitaire, mais qui ne convient pas pour un chauffage à distance • Solution individuelle, pour les bâtiments de taille significative (hôtel, hôpital, piscine, industrie)

Tableau de synthèse de la technologie sur eaux usées

Au vu de l'absence de STEP (station de traitement des eaux usées) et des besoins en chauffage nécessaires, cette ressource n'est pas conservée dans la suite de l'étude.

3.3.1.3 Usines d'Incinération d'Ordures Ménagères (UIOM)

Les unités d'incinérations de déchets non dangereux sont des centres dans lesquels sont incinérés les déchets non valorisés par le recyclable, non dangereux. Ils dégagent ainsi une énergie thermique qui peut être valorisée suivant les politiques locales en vigueur. La récupération de la chaleur fatale d'une usine d'incinération d'ordures ménagères constitue un moyen efficace et économique de développement d'ENR&R sur un territoire. Une unité de valorisation énergétique (UVE) des ordures ménagères est composée :

- d'un four pour la combustion,
- d'une chaudière pour la récupération de la chaleur,
- d'un système de traitement des fumées.

La vapeur générée par la chaudière peut être utilisée pour alimenter un réseau de chauffage urbain (après d'éventuelles détentes pour un réseau eau chaude). Elle peut également être détendue dans un turboalternateur pour produire de l'électricité, ré-injectable sur le réseau d'électricité national. Le type de valorisation énergétique mis en œuvre dépend de la taille de l'usine mais aussi de son contexte d'implantation, en particulier de l'existence ou non d'un utilisateur à proximité pour

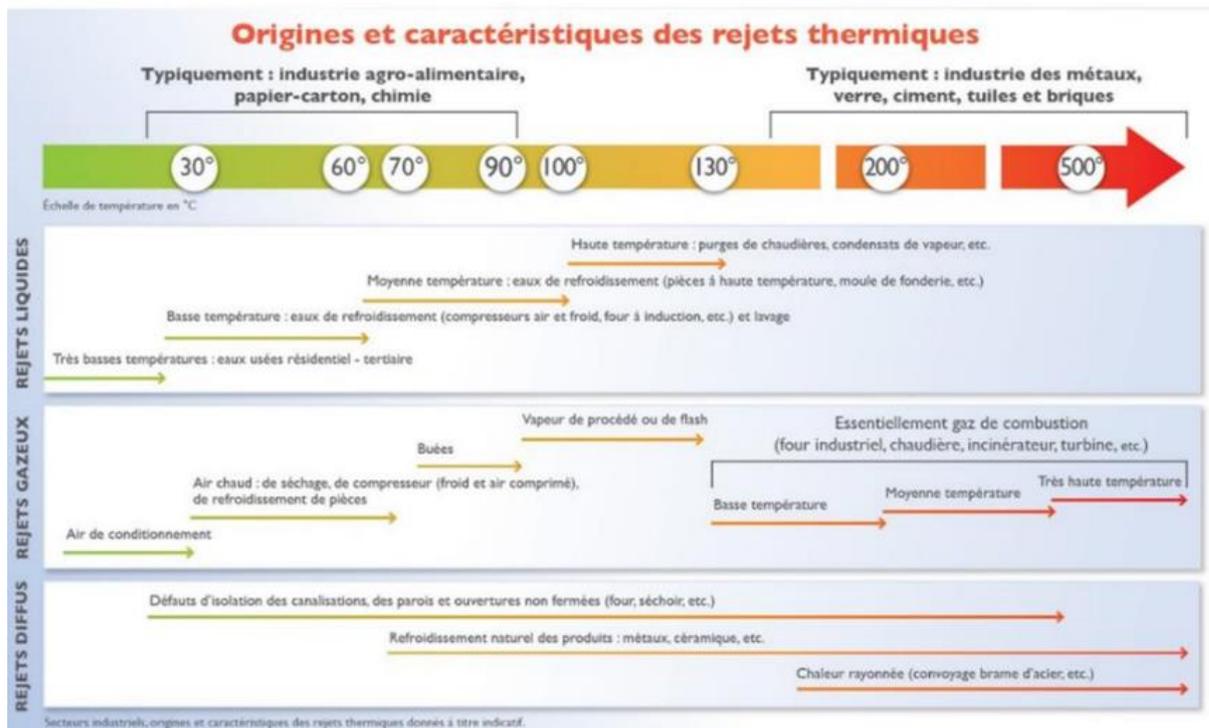
absorber la chaleur fournie tout au long de l'année. Une production combinée de chaleur et d'électricité (cogénération) peut être mise en œuvre.

Aucune installation de ce type n'est répertoriée à proximité de la ZAC.

3.3.1.4 Process industriels

La récupération de chaleur sur les process industriels s'effectue de manière similaire à la récupération sur les UIOM. Plusieurs process industriels nécessitent de l'énergie thermique pour la production principale (exemple : Fours dans le process de fabrication du verre). Cette chaleur est rarement exploitée en totalité, elle peut donc faire l'objet de valorisation par le biais d'un système spécifique, selon le process utilisé.

La récupération de chaleur fatale



Origines et caractéristiques des rejets thermiques dans la chaleur fatale

Aucune industrie susceptible de faire l'objet de récupération de chaleur n'est identifiée proximité de la ZAC de la Rucherie.

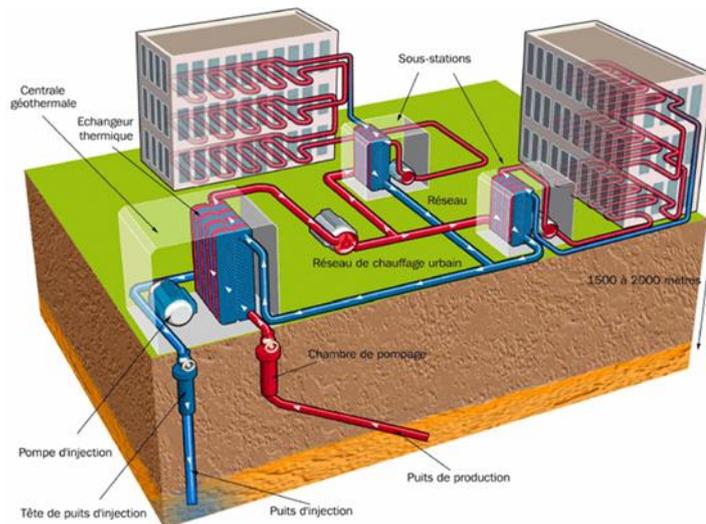
3.3.2 Géothermie

On distingue différents types de Géothermie :

- La géothermie sur nappe, nécessitant le forage d'un doublet
- La géothermie de surface, avec la mise en place de sondes géothermiques

- **Géothermie sur nappe**

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



Exemple schématique d'un réseau alimenté par une centrale géothermique

Trois grands types de géothermie, reprises sur la figure précédente, existent :

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

Quelle que soit la ressource géothermale utilisée, les contraintes environnementales ou réglementaires imposent l'exploitation géothermique des aquifères avec un doublet géothermique. Il s'agit de créer au minimum un puits de production et un puits de réinjection permettant de

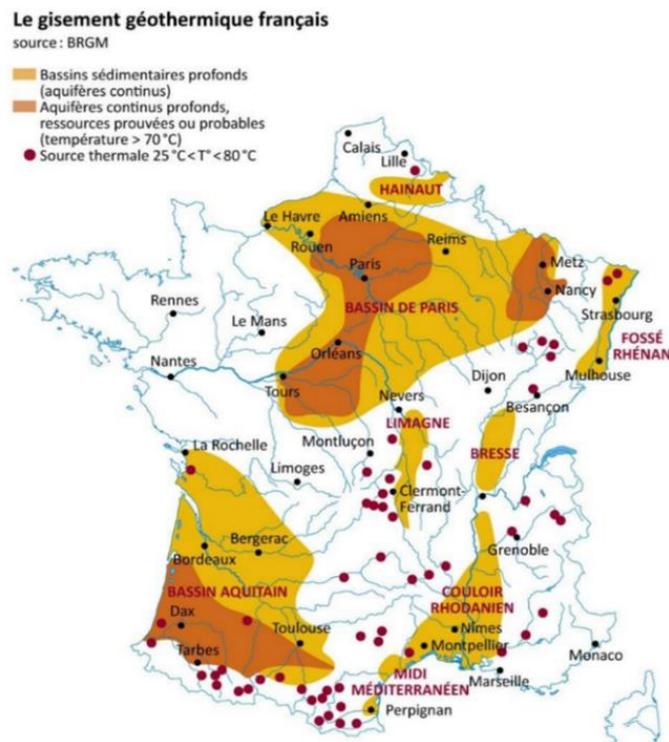
réintroduire la quantité de fluide extraite du puits de production dans son réservoir d'origine en vue de pérenniser la ressource.

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

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

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

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

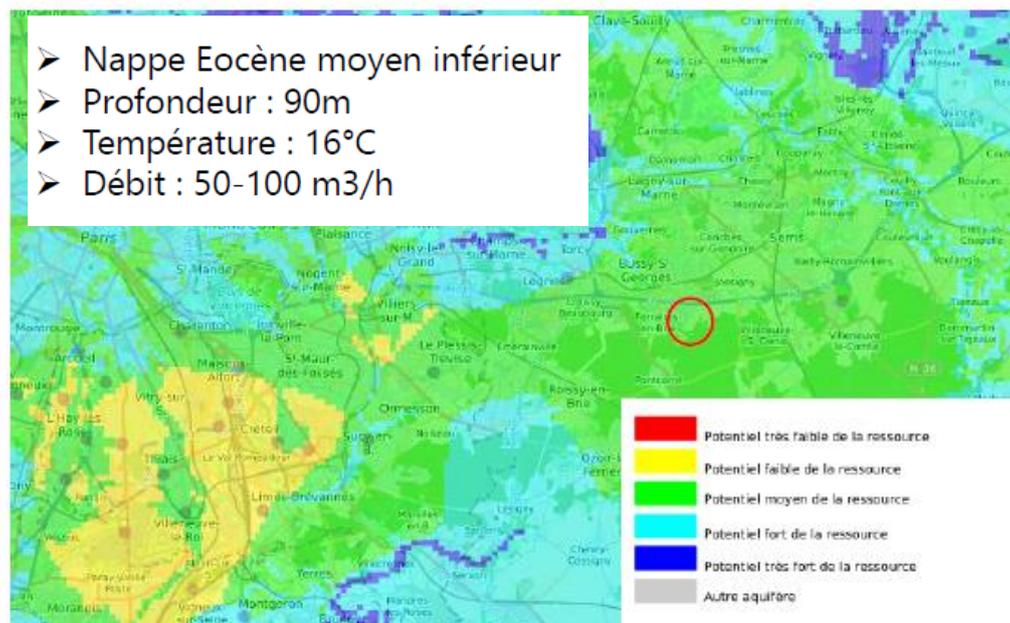


Gisement géothermie profonde en France

L'utilisation de la géothermie profonde ne peut s'appliquer au projet (investissements conséquents pour des besoins trop faibles).

En revanche, le recours à la **géothermie superficielle** sur nappe a été étudié ci-dessous.

La caractérisation des ressources géothermiques est décrite ci-dessous selon les données fournies par le BRGM / Géothermies :



Les données ci-dessus confirment un potentiel géothermique dans la zone. Cependant, **une étude hydrogéologique poussée est à mener par un bureau d'étude sous-sol pour confirmer le potentiel aquifère de la zone.**

Nous avons contacté un BE sous-sol, STRATEGEO, pour avoir un premier avis sur la ressource de géothermie superficielle sur nappe. Il en ressort que le potentiel géothermique n'est pas optimal ; et que des difficultés liées au sous-sol ont été rencontrées sur un projet à proximité à Bussy-Saint-Georges (difficultés de réinjection, nécessité d'un forage supplémentaire) entraînant des surcoûts.

Cette ressource a donc été écartée de l'étude.

- **Principe d'une PAC sur champ de sondes**

Le principe d'une pompe à chaleur sur champs de sondes repose sur l'exploitation de la capacité calorifique du sous-sol, en y prélevant ou rejetant de la chaleur (produire du chaud ou du froid). Pour cela des sondes en polyéthylène sont insérées dans des forages, puis scellées par une cimentation adaptée. On y fait alors circuler en circuit fermé de l'eau ou un fluide antigel caloporteur

biodégradable (eau glycolée avec a minima 25% de monopropylène glycol) pour prélever/injecter la chaleur du sous-sol environnant.

Grâce à une PAC réversible, les dispositifs peuvent fonctionner en mode chauffage ou en mode rafraîchissement.

Un champ de sondes est composé de plusieurs sondes géothermiques verticales reliées entre elles, selon un schéma défini et raccordées à la pompe à chaleur, placée à proximité du bâtiment à chauffer ou rafraîchir.

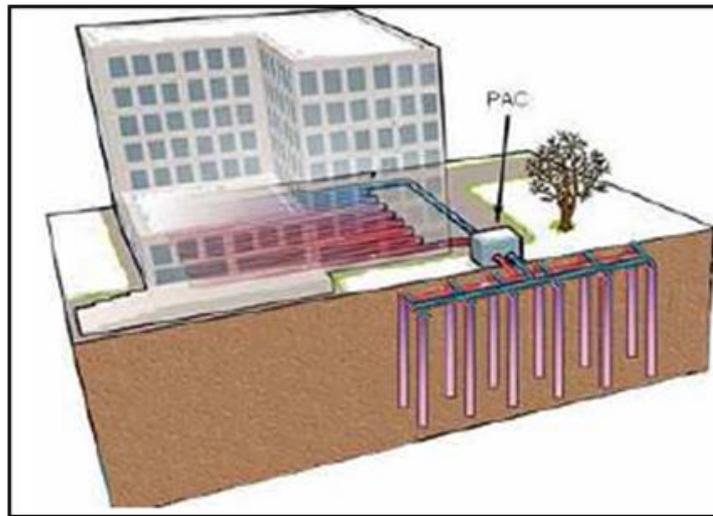


Schéma de principe d'une PAC sur champ de sondes sèche

Les sondes sont disposées dans des forages d'une profondeur comprise entre 20 à 200 m, et de diamètre de 10 à 15 cm. Chaque sonde est constituée par une ou plusieurs boucles en PEHD, souvent en forme de double U. L'ensemble est ensuite cimenté dans un ciment spécialement conçu.

Il est à noter que les sondes doivent normalement être distantes entre elles de 2 à 10 m selon le modèle afin de maintenir un régime de fonctionnement optimal avec les transferts thermiques des sols.

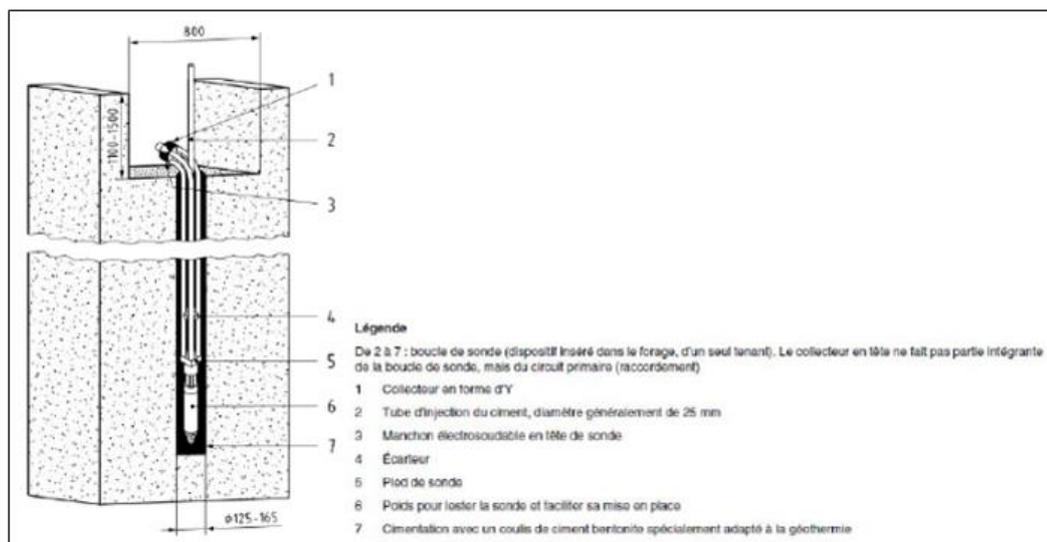


Schéma de principe d'une sonde géothermique

L'installation d'un champ de sondes présente l'avantage d'être réalisable sur des secteurs larges, indépendamment du contexte hydrogéologique régional. Les contraintes de réalisation d'installations de champ de sonde sont liées principalement au retrait et au gonflement des argiles, ainsi qu'aux risques de dissolution (gypse). Les risques techniques engendrés par le nombre de forages, et le nombre de couches géologiques à traverser ne doivent pas être négligés et impliquent d'importants investissements.

Nous avons demandé l'avis du même BE sous-sol, qui a réalisé une pré-étude pour déterminer la viabilité de la ressource.

La géothermie sur sonde a été considérée comme ressource disponible. À nouveau, cette hypothèse doit être confirmée par une étude hydrogéologique approfondie réalisée par un BE sous-sol.

3.3.3 Biomasse

La matière première de la filière biomasse provient de sources vivantes, celle-ci répond à un certain cycle de vie. Pour que la ressource soit qualifiée de renouvelable, il ne faut pas que la ressource soit surexploitée, ni que l'exploitation de celle-ci bouleverse la biodiversité ou l'équilibre entre les différents usages des terres. Cette énergie est donc considérée comme une énergie renouvelable à condition que les forêts (ou autre exploitation) bénéficient d'une gestion durable et que la somme des émissions de gaz à effet de serre liée aux transformations, aux transports et à la combustion puisse être absorbée lors de la croissance des arbres. La biomasse s'appuie donc sur le cycle du carbone et la capacité métabolique des arbres à réaliser la photosynthèse.

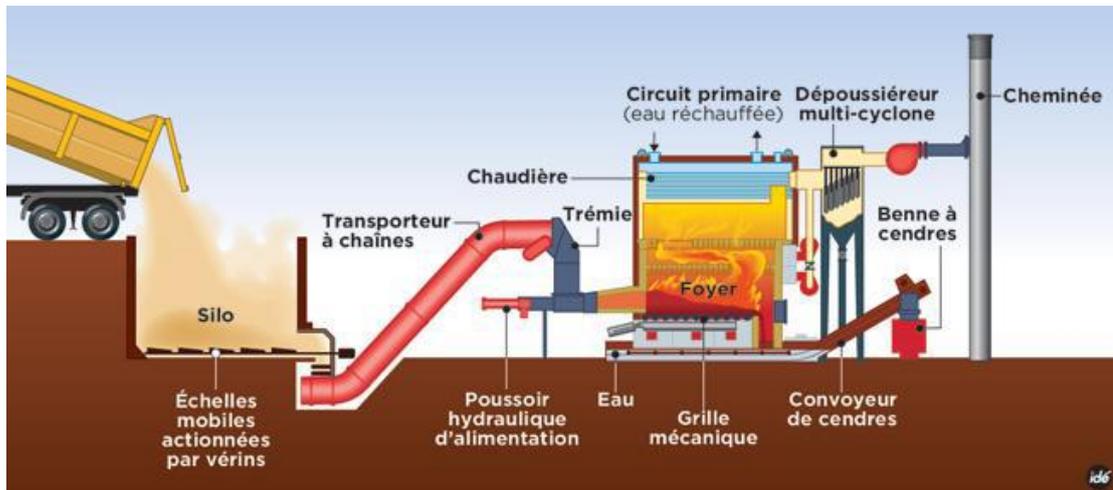
Le principe de fonctionnement est simple mais impose des contraintes pour la livraison/stockage, pour le contrôle des émissions, pour le traitement des fumées ainsi que pour la récupération des cendres. Cette filière permet d'intégrer facilement une énergie renouvelable à tous types de réseaux de chaleur, y compris aux réseaux de vapeur et aux réseaux en eau surchauffée. Elle permet aussi une revalorisation des résidus cendreux issus de la combustion (épandages...) et même dans certains cas une revalorisation des fumées (optimisation thermique). Ce qui permet un développement de l'économie locale dont l'apparition de nouveaux emplois.

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

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

- Un traitement des fumées s'effectue ensuite par un dépoussiéreur multicyclones, un filtre à manches s'occupe alors des poussières restantes les plus fines.

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



La ressource biomasse se divise en sous-catégories :

- Plaquettes forestières ;
- Connexes de scierie ;
- Bois recyclé de classe A
- Bois d'élagage et de refus de criblage ;
- Anas de Lin ; ...

Une distance de 50 à 100 km reste raisonnable pour ce type d'approvisionnement : filière locale favorisant le dynamisme régional.

La ZAC de la Rucherie est aux abords de la Forêt Régionale de Ferrières.

Cette ressource est envisageable mais n'est pas considérée dans l'étude du fait des autres ressources prioritaires identifiées.

3.3.4 Solaire thermique et photovoltaïque

L'énergie solaire consiste à récupérer une infime partie de l'énorme quantité d'énergie que fournit le rayonnement solaire à la Terre quotidiennement. Cependant, cette énergie est par nature intermittente, l'énergie produite doit soit être utilisée immédiatement (autoconsommation directe individuelle, collective ou revente au réseau pour l'électricité), soit être stockée (autoconsommation

avec stockage) pour une restitution lors des besoins de consommations. Ce dernier point est aujourd'hui l'une des grandes lacunes dans le domaine de l'énergie mais des technologies existent. Les systèmes solaires thermiques permettent de capter le rayonnement solaire pour produire de la chaleur. Le vecteur de captation peut être l'eau, un liquide frigorigère ou encore de l'air. Le principe consiste dans le placement optimal d'un capteur par rapport au flux lumineux dans lequel le vecteur de captation est chauffé directement par le rayonnement solaire.

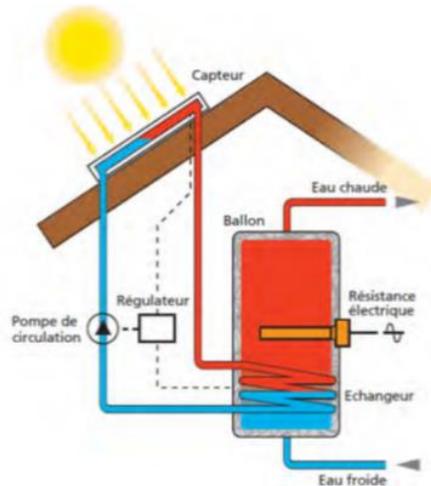
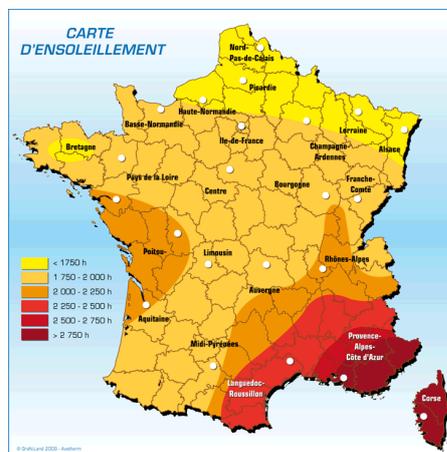


Schéma de principe d'une installation solaire thermique

Les données Météo permettent de consulter les moyennes d'ensoleillements annuels des stations de la région.



Carte d'ensoleillement moyens, source : Météo10

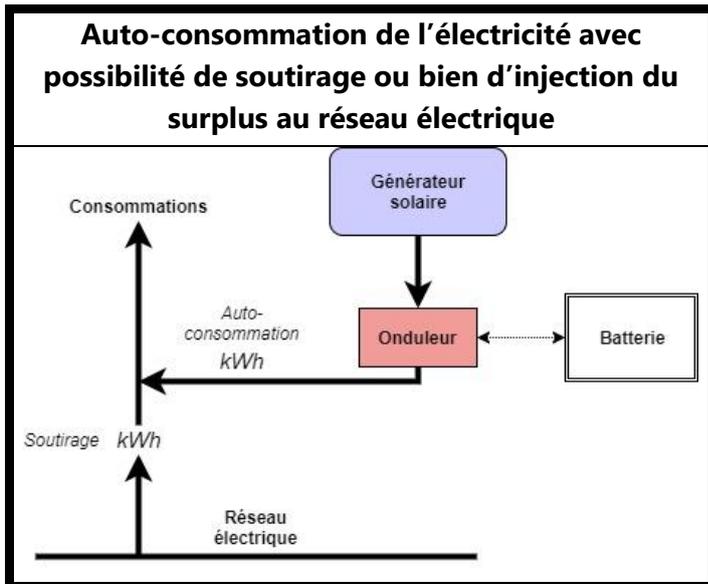
Le solaire thermique est une ressource intéressante dans le cas d'un couplage avec une ressource biomasse mais la ressource étant disponible de manière simultanée avec la géothermie ou la récupération sur Data Center, ces couplages ne sont pas pertinents.

Cette ressource n'est pas conservée dans la suite de l'étude du fait de son incompatibilité avec les ressources géothermales et de récupération.

L'énergie solaire peut être utilisée pour la production d'électricité (solaire photovoltaïque).

Les installations photovoltaïques permettent de produire de l'électricité qui peut être valorisée de 2 façons : en revente sur le réseau ou en autoconsommation sur le lieu de production.

La programmation de la ZAC prévoit une surface importante de locaux d'activité ou de logistique qui présentent des besoins électriques conséquents en journée. **Elles sont donc adaptées à la mise en place d'installations photovoltaïques. On peut alors envisager d'autoconsommer directement sur site l'électricité qui sera produite.**



L'énergie solaire photovoltaïque sera considérée comme ressource disponible dans notre étude pour la production d'électricité.

3.4 Synthèse des gisements

Provenance	Energie	Utilisation	Système et échelle pour la mise en place	A Étudier	Observations	
Fossile	Gaz	Chaleur / Électricité	Chaudières et groupe Froid collectifs avec réseau associé - Possibilité de Cogénération	Bâtiment / Quartier	Non	Pas d'Énergies Renouvelables en dehors de l'achat d'énergie avec certificat de provenance (Biogaz etc..)
Fossile	Fioul	Chaleur / Électricité	Chaudières collectives avec réseau associé - Possibilité de Cogénération	Bâtiment / Quartier	Non	Pas d'Énergies Renouvelables
EnR	Éolien	Électricité	Petit éolien	Bâtiment / Quartier	Non	Le projet n'intègre pas de possibilité d'implantation de système de type éolien.
			Grand éolien	> Ville	Non	Sans objet pour la ZAC de la Rucherie
EnR	Solaire Thermique	Chaleur	Ensemble de panneaux solaires thermiques (rassemblés en un site ou diffus sur plusieurs bâtiments), avec réseau de chaleur.	Quartier	Non	Couplage avec autre EnR&R nécessaire et peu de compatibilité avec Data Center et Géothermie
EnR	Solaire Photovoltaïque	Électricité	Ferme solaire photovoltaïque.	Quartier / Ville	Oui	
EnR	Géothermie	Chaleur	Géothermie superficielle sur sondes avec Pompe à chaleur sur réseau de chaleur et de froid ou boucle d'eau tempérée.	Quartier	Oui	
			Géothermie profonde (avec réseau de chaleur / froid).	Ville	Non	Pas de besoins suffisant pour une telle géothermie
EnR	Marine	Électricité	Hydroliennes, usine marémotrice, usine houlomotrice...	> Ville	Non	Sans objet pour la ZAC de la Rucherie
EnR	Hydraulique	Électricité	Petit hydraulique	Quartier / Ville	Non	Sans objet pour la ZAC de la Rucherie
			Grand hydraulique	> Ville	Non	Sans objet pour la ZAC de la Rucherie
EnR	Biomasse	Chaleur / Électricité	Chaudière biomasse collective (avec ou sans cogénération), avec réseau de chaleur.	Quartier / Ville	Oui	Ne sera étudié que si les ressources de chaleur fatale et de géothermie ne sont pas valables.
EnR	Biogaz, gaz de décharge, gaz de récupération de l'industrie, méthanisation.	Chaleur / Électricité	Injection dans le réseau de distribution de gaz.	> Ville	Non	Sans objet pour la ZAC de la Rucherie
			Chaudière gaz collective (avec ou sans cogénération), avec réseau de chaleur.	Quartier / Ville	Non	Pas de ressource identifiée à proximité - achat de garantis d'origine ne permet pas d'atteindre des subventions du Fonds Chaleur
EnR	Chaleur fatale de l'incinération des déchets	Chaleur / Électricité	Turbine électrique et/ou chaleur distribuée par un réseau.	Quartier / Ville	Non	Pas de ressource identifiée à proximité
EnR	Chaleur fatale des industries	Chaleur / Électricité	Turbine électrique et/ou chaleur distribuée par un réseau.	Quartier / Ville	Non	Pas de ressource identifiée à proximité
EnR	Chaleur des eaux usées	Chaleur	Système de récupération (échangeur), réseau de chaleur basse température et PAC.	Quartier	Non	Pour la ZAC ressources disponibles non suffisantes
EnR	Chaleur Data Center	Chaleur	Réseau de chaleur basse température et PAC.	Quartier / Ville	Oui	Data Center en cours d'étude sur la ZAC de Bel-Air (projet d'extension 6 MW)

4. SCENARIOS ENERGETIQUE ENVISAGES

4.1 Limites de l'étude

Pour chaque scénario, l'étude comparative concerne la production de chaud et de froid uniquement. En effet, la distribution et les émetteurs à l'intérieur des bâtiments sont considérés identiques pour tous les scénarios.

Les installations suivantes sont donc **en dehors du périmètre de l'étude** :

- Réseaux de distribution secondaires chauffage et de froid dans les bâtiments,
- Émetteurs : Nous préconisons des solutions « Basse Température » type CTA double flux basse température,
- Amiante : Dossier Technique à fournir.

4.2 Scénario de référence - décentralisé

Il est important de définir une solution technique de référence qui permettra de juger de la pertinence d'autres solutions. Cette solution est considérée comme étant usuellement mise en place pour des programmes de travaux équivalents, du fait de sa simplicité et ses coûts d'exploitation, pour un bâtiment isolé.

	Chauffage	Froid	Observation
Solution de référence décentralisée	Pompe à chaleur réversible Air/eau collective par lot	Pompe à chaleur réversible Air/eau collective par lot	L'avantage de cette solution est de rendre autonome chaque bâtiment. Cependant, il est nécessaire de multiplier les équipements techniques (Coûts + Surfaces nécessaires) Cette solution ne permet pas de production EnR&R, mais permet de limiter les émissions de GES, par rapport à une solution gaz.

Pour rappel, les données thermiques sont les suivantes :

	Consommation chaud (MWh/an)	Puissance chaud (kW)	Consommation froid (MWh/an)	Puissance froid (kW)
TOTAL	5 230	2 961	2 694	2 565

Le dimensionnement de chaque PAC réversibles air/eau en pied d'immeuble s'effectue en déterminant le maximum des puissances chaud et froid par lot. On considère également la mise en place de PAC réversible air/eau d'appoint secours pour chaque lot, dont la puissance est égale à 1/3 de la puissance maximale.

LOT	Puissance maximale nécessaire par PAC – 1 PAC par lot (kW)	Puissance secours nécessaire par PAC – 1 PAC secours par lot (kW)
LOTA	152	51
LOTB1	163	54
LOTB2	189	63
LOTB3	163	54
LOTC1	149	50
LOTC2	147	49
LOTC3	245	82
LOTD1	0	0
LOTD2	84	28
LOTD3	163	54
LOTE1	198	66
LOTE2	180	60
LOTF	247	82
LOTG	265	88
LOTH1	266	89
LOTH2	400	133
LOTI	228	76

Pour ce scénario référence :

Taux de couverture EnR&R (Production de chaud)	0%
Émissions CO2 (T/an)*	146

*En considérant le contenu CO2 de l'électricité prévu dans la RE2020 (79 gCo2/MWhé)

4.3 Scénario 1 – décentralisé - photovoltaïque

Le scénario 1 correspond à la **solution de référence à laquelle il est ajouté l'utilisation du solaire photovoltaïque** pour la fourniture d'électricité des pompes à chaleur air/eau.

Les caractéristiques de PAC réversibles air/eau en pied d'immeuble restent les mêmes que dans le scénario de référence :

LOT	Puissance maximale nécessaire par PAC – 1 PAC par lot (kW)	Puissance secours nécessaire par PAC – 1 PAC secours par lot (kW)
LOTA	152	51
LOTB1	163	54
LOTB2	189	63
LOTB3	163	54
LOTC1	149	50
LOTC2	147	49
LOTC3	245	82
LOTD1	0	0
LOTD2	84	28
LOTD3	163	54
LOTE1	198	66
LOTE2	180	60
LOTF	247	82
LOTG	265	88
LOTH1	266	89
LOTH2	400	133
LOTI	228	76

Pour le dimensionnement de la surface photovoltaïque, on se place dans le cas d'une autoconsommation sans revente de surplus au réseau EDF même si en réalité cet aspect pourra optimiser les aspects économiques dans une analyse plus fine.

Ainsi, la production d'électricité photovoltaïque fournit 100 % des besoins électriques pour la production de chaud et froid du projet.

Rappels :

Besoins totaux de chaud par an (MWh/an)	Besoins totaux de froid par an (MWh/an)	Besoins totaux de chaud et de froid par an (MWh/an)
5 230	2 694	7 923

Les hypothèses sont les suivantes :

COP chaud (Coefficient de performance)	COP froid (Coefficient de performance)
4	5

Production thermique = Consommation électrique x COP

Le dimensionnement de la production d'électricité consiste à déterminer la puissance d'ensoleillement nécessaire pour chaque lot et la surface de panneaux photovoltaïque associée.

LOT	Besoins totaux de chaud et de froid par an (MWh/an)	Part électrique (MWh)	Potentiel d'ensoleillement (kWc)	Surface photovoltaïque (m ²)
LOTA	399	92	92	488
LOTB1	428	98	98	523
LOTB2	496	114	114	606
LOTB3	428	98	98	523
LOTC1	390	90	90	477
LOTC2	386	89	89	471
LOTC3	644	148	148	786
LOTD1	0	0	0	0
LOTD2	221	51	51	270
LOTD3	428	98	98	523
LOTE1	521	120	120	636
LOTE2	318	80	80	423
LOTF	648	149	149	791
LOTG	469	117	117	622
LOTH1	697	160	160	852
LOTH2	1 050	242	242	1283
LOTI	402	101	101	534
TOTAL	7 923	1 846	1 846	9 808

Pour ce scénario 1 :

Taux de couverture EnR&R (Production de chaud)	25%
Émissions CO₂* (T/an)	103

*En considérant le contenu CO₂ de l'électricité photovoltaïque de l'ADEME (56 gCo₂/MWhé)

4.4 Les solutions centralisées (RCU)

4.4.1 Les ressources d'énergie mobilisables pour la ZAC de la Rucherie

Sur la base des énergies mobilisables et de leur adéquation avec les attentes de la ZAC de la Rucherie, le potentiel de mise en place d'un réseau de chaleur sera réalisé avec les sources énergétiques suivantes :

- Sources Énergies de Récupération : **Récupération sur Data Center**
- Sources Énergies Renouvelables : **Géothermie superficielle sur sondes**

En respectant l'arbre des choix de l'ADEME, les énergies à favoriser :

- En premier lieu, les énergies de récupération, et donc la récupération sur Data Center,
- En second lieu, les énergies renouvelables locales, et donc la géothermie superficielle,
- Enfin, les énergies renouvelables délocalisables (type biomasse, solaire thermique, etc).

4.4.2 Spécificité technique de la Boucle d'Eau Tempérée (BET)

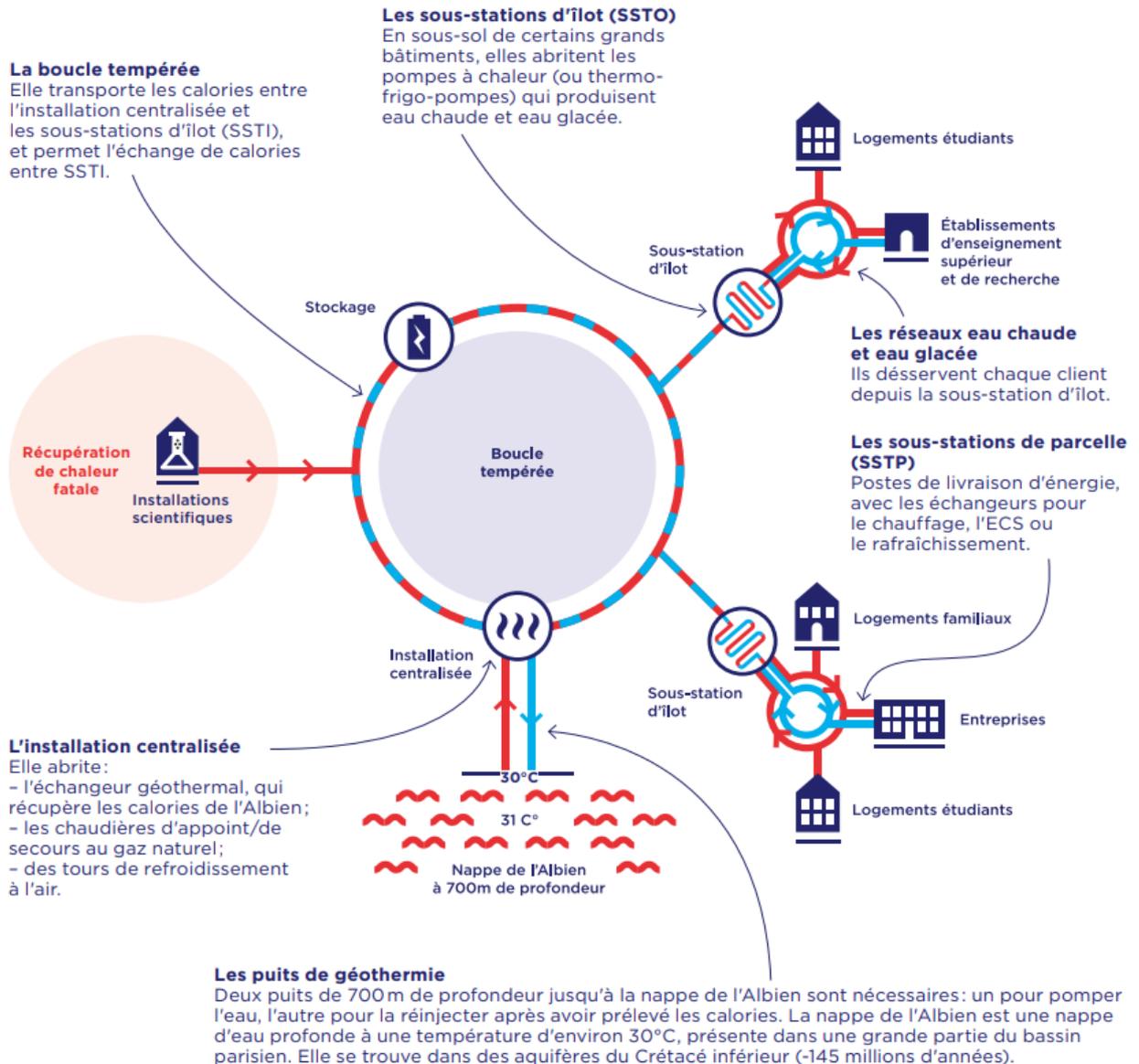
La spécificité technique de la BET par rapport à un réseau de chaleur reconnu réglementairement au sens de la Réglementation Thermique du Bâtiment réside sur sa production centralisée + décentralisée, qui impose à tout bâtiment raccordé à la boucle d'eau d'équiper sa sous-station d'un dispositif de production (et de régulation).

Contrairement à un réseau de chaleur qui figure comme solution technique dans le moteur de calcul de la Réglementation Thermique permettant le chauffage de bâtiment, la BET avec ses productions décentralisées n'est pas référencée. Dans le cadre d'une opération de BET, la collectivité ou la Délégation de Service Public qui portera le projet devra procéder à une demande de « Titre V - Opération » permettant la mise en conformité des bâtiments qui s'y raccordent. Le « Titre V - Opération » devra être effectué bâtiment par bâtiment, afin de faire reconnaître réglementairement le mode de production d'énergie décentralisé couplé à un réseau d'énergie qui alimente les bâtiments. Cette procédure permet la mise en conformité énergétique du bâtiment vis-à-vis de la Réglementation Thermique et notamment dans la perspective de l'obtention de son Permis de Construire. À noter que les logiciels de calcul réglementaires évoluent et pourraient intégrer cette technologie dans leur prochaine version.

La Boucle d'eau tempérée est techniquement complexe dans son exploitation :

- Les capteurs et les équipements communicants disposés sur les réseaux leur permettent de fonctionner de manière plus optimale. L'objectif est de mieux ajuster la production à la demande, d'anticiper davantage les périodes de pointe de chauffage et de réduire les pertes d'énergies. Comme en gaz et en électricité, les clients finaux peuvent désormais bénéficier de compteurs évolués afin de mieux suivre leur consommation de chaleur. L'ensemble de ces équipements participent de la fiabilisation du réseau, en renforçant la sécurité des équipements par l'intermédiaire de nouvelles alertes en cas de panne ou de réparation des infrastructures et permettent ainsi de réduire les délais des interventions ;
- Elle constitue un système de stockage d'énergie mutualisés (la chaleur se stockant bien plus facilement que l'électricité). Les réseaux permettent de passer plus facilement les pointes. Ainsi, la gestion coordonnée des réseaux d'électricité, et chaleur à distance jouera un rôle fondamental dans l'approvisionnement énergétique.

La mise en place de protocole de communication entre les bâtiments, liés à l'Energie mais pouvant être associés à d'autres aspects, est un élément important à prendre en compte dès leur phase de conception. Ce « Smart Grid » permettra de piloter plus facilement le réseau, d'en optimiser son fonctionnement, mais assurera également auprès des usagers un possible retour d'information sur leur consommation en temps quasi réel.

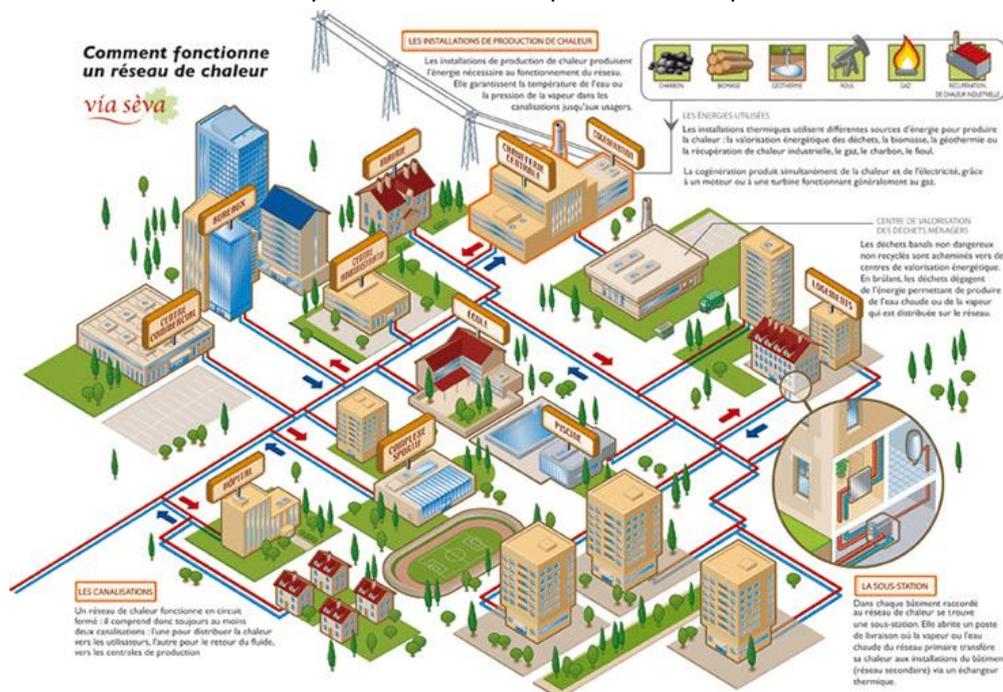


4.4.3 Solution Réseau de chaleur : Besoins énergétiques

Un réseau de chaleur, fréquemment appelé « chauffage urbain », est un ensemble d'installations produisant et distribuant de la chaleur au pied de plusieurs bâtiments. Ainsi, la chaleur délivrée par le réseau peut servir à chauffer ou refroidir des bâtiments, assurer la production d'eau chaude sanitaire, et peut avoir des usages plus spécifiques (chauffage de piscine, etc.).

- **La production** : Une ou plusieurs chaufferies, ou « centrales de production », font appel à des sources d'énergies renouvelables et/ou de récupération et/ou fossiles pour alimenter le réseau en chaleur et/ou de froid.

- **La distribution** : Un réseau de distribution enterré ou disposé en caniveau, ou en galerie, dit « réseau primaire », Il achemine l'énergie grâce à un fluide caloporteur qui peut être sous forme d'eau chaude, d'eau surchauffée, ou de vapeur, depuis la ou les chaufferies centrales jusqu'aux bâtiments. Le réseau possède une canalisation aller qui amène le fluide caloporteur chaud, et une canalisation retour qui le ramène une fois refroidi. Le réseau est caractérisé, entre autres, par sa longueur, son diamètre, sa typologie.
- **La livraison** : La chaleur est livrée et comptée au niveau d'un poste de livraison, la « sous station », via un (ou plusieurs) échangeur de chaleur qui marque non seulement la séparation physique entre le réseau primaire et le réseau secondaire, mais représente également la limite contractuelle du service, en général juste après l'échangeur.
- **Le réseau secondaire** : Il assure la distribution de la chaleur interne au bâtiment (circuits de chauffage et eau chaude). Bien qu'étant en dehors du service réseau de chaleur, les installations secondaires doivent impérativement être prises en compte dans l'étude de faisabilité.

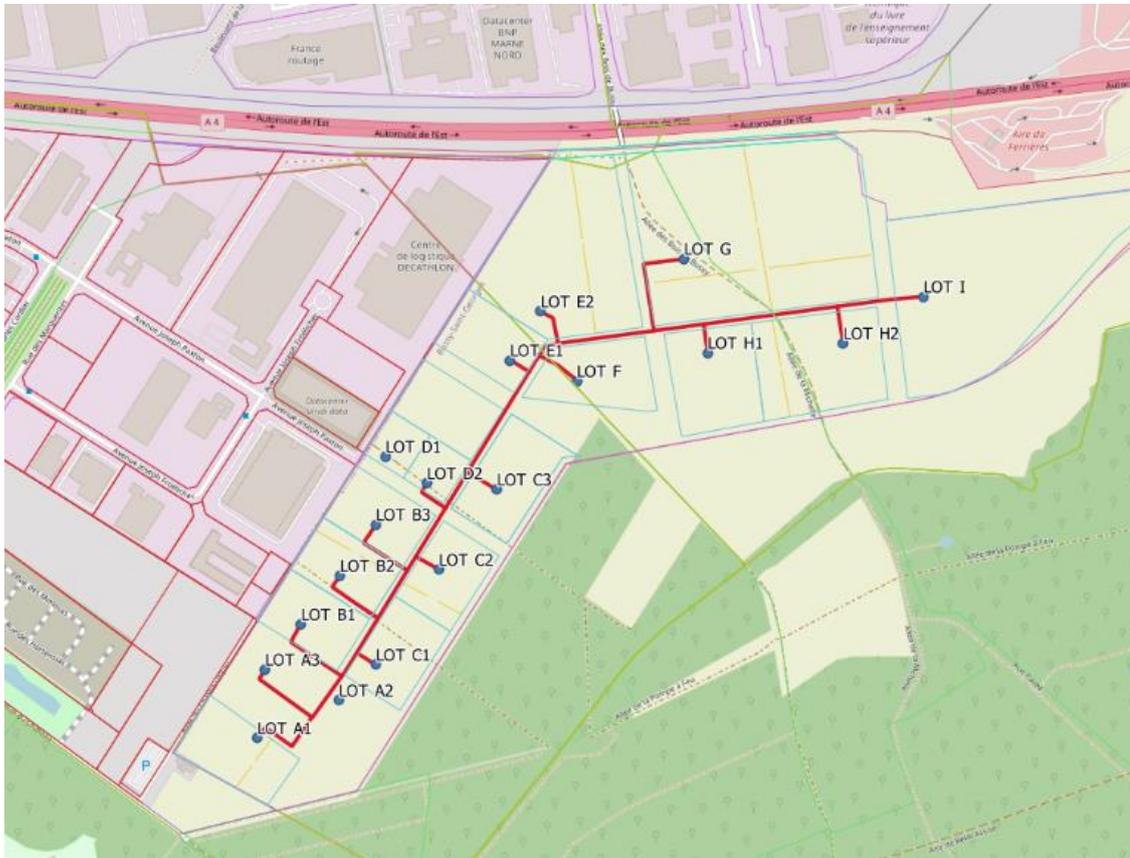


Les scénarios étudiés sont les suivants :

- **Scénario 2 – Data Center** : Production centralisée avec mise en place **d'une boucle tempérée de chaleur et de froid**, le taux de couverture devra être déterminé en fonction des contraintes techniques et économiques et **l'appoint et la production de froid** seront assurés par une **pompe à chaleur réversible type air/eau**.
- **Scénario 3 – Géothermie sur sondes** : Production centralisée avec mise en place **d'une boucle tempérée de chaleur et de froid**, le taux de couverture sera déterminé principalement

en fonction des contraintes techniques et l'**appoint** sera assuré par une **pompe à chaleur réversible type air/eau**.

Le **tracé du réseau de chaleur** envisagé est le suivant : **3 400 mètres linéaire de réseau**.



Tracé du réseau

4.5 Scénario 2 – centralisé – Data Center

Ce scénario consiste à utiliser la chaleur valorisable par le **Data Center afin de fournir la totalité des besoins de chaleur en hiver**, grâce à la mise en place **d'un réseau de chaleur avec boucle d'eau tempérée** impliquant la **présence de pompes à chaleur réversibles type eau/eau en pied de chaque lot**.

Le **refroidissement** est assuré par une **PAC réversible centralisée air/eau** qui fournit le froid aux PAC eau/eau situées en pied de chaque immeuble. Ce groupe froid pourrait également refroidir le Data Center s'il est dimensionné pour, ce qui n'a pas été considéré pour le scénario.

4.5.1 Production de chaleur

Comme précisé au paragraphe 3.3.1.1., une **extension du Data Center de la ZAC de Bel Air est en cours d'étude**, et pourrait inclure la mise en place d'un système de refroidissement type air/eau, qui permettrait la récupération de chaleur.

Les caractéristiques du Data Center existant (phase 1) et du Data Center en cours d'étude (phase 2) sont regroupées ci-dessous (données fournies par les BE RB-Architect et INTERXION) :

Data Center ZAC BEL AIR	Statut	Système de refroidissement	Chaleur récupérable	Surface de Data Center (m ²)	Puissance électrique (MW)	Puissance thermique (MW)
Phase 1	Construit	Air/Air	NON	2 800	6	6
Phase 2	En cours d'étude	Non déterminé	OUI, si refroidissement air/eau	2 800	6	6

Pour rappel, la puissance chauffage totale maximale nécessaire est de **3 MW** (2 961 kW), ainsi la chaleur récupérable nécessaire à fournir **100 % des besoins de chaud** concernerait la moitié de la surface du Data Center, soit **1 500 m²**. Le régime de températures supposé est de 30°C aller / 20°C retour (courant pour ce genre d'installations) ; et le débit d'eau nécessaire qui en résulte est de 250 m³/h. Ces caractéristiques pourraient également être reprises dans le cas d'une création de Data Center directement sur la ZAC de la Rucherie.

La chaleur du Data Center est acheminée via un réseau de distribution aux points de livraison de chaque lot (sous station) comprenant des PAC réversibles eau/eau.

Ces **PAC réversibles** décentralisées permettent de **réhausser la température extraite du Data Center** (30°C) jusqu'à une température convenable (70°C) pour alimenter les émetteurs en bâtiment. Le dimensionnement de ces PAC est le même que dans le scénario de référence.

Hypothèses de dimensionnement pour la production de chaud :

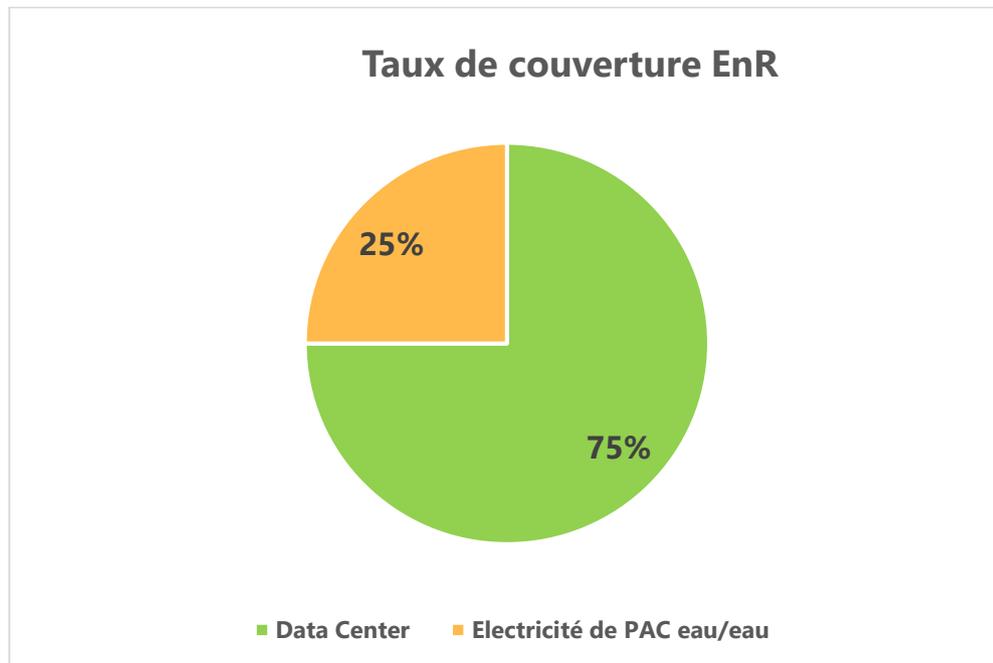
Foisonnement	10%
Puissance chauffage maximale appelée avec foisonnement (kW)	2 700
Puissance totale des PAC eau/eau récupérant la chaleur du Data Center (kW)	2 700
COP chaud	4
Rendement du réseau	92 %

Résultats pour la production de chaud :

Production nécessaire (MWh utile)	5 640
Quantité de chaleur fournie par le Data Center	4 230
Consommation électrique des PAC eau/eau (MWh)	1 410
Taux de couverture EnR&R (Production de chaud)	75%
Émissions CO2 (T/an)* (Production de chaud)	111

*En considérant le contenu CO2 de l'électricité prévu dans la RE2020 (79 gCo2/MWhé)

En cas de panne, un secours est assuré par une PAC réversible centralisée de 1 MW.



4.5.2 Production de froid

Le refroidissement des lots est assuré par **PAC réversible centralisée air/eau**, dont la puissance est égale à la puissance maximale nécessaire par an, **soit 2,6 MW** (2 565 kW), avec un COP de 5 et un rendement réseau de 92%.

En cas de panne, un secours est assuré par une PAC réversible centralisée de 1 MW.

Cette PAC permet d'alimenter les PAC décentralisées eau/eau en pied d'immeuble, en chaleur ou en froid.

Production nécessaire (MWh)	2 928
Quantité de chaleur fournie par le Data Center	0
Production PAC air/eau (MWh)	2 342
Consommation électrique des PAC eau/eau (MWh)	586
Émissions CO2 (T/an)* (Production de Froid)	83

*En considérant le contenu CO2 de l'électricité prévu dans la RE2020 (79 gCo2/MWhé)

4.6 Scénario 3 – centralisé – Géothermie sur sonde

Ce scénario consiste à utiliser la géothermie sur sondes afin **de fournir une partie des besoins de chaleur et de froid**, couplée à la mise en place d'une **boucle d'eau tempérée** impliquant la **présence de pompes à chaleur réversibles type eau/eau en pied de chaque lot**.

L'**appoint en chaleur et en froid** est assuré par une **PAC réversible centralisée** air/eau qui fournit l'énergie aux PAC eau/eau situées en pied de chaque immeuble.

La première étape consiste à évaluer le potentiel de géothermie, grâce aux études d'un BE sous-sol spécialisé. Nous avons fait appel à un de nos partenaire (STRATEGEO) pour obtenir un prédimensionnement, mais les données présentées ci-dessous devront être confirmée par une étude hydrogéologique approfondie.

Notre partenaire confirme un potentiel dans la zone pour la mise en place de géothermie sur sondes. Pour la typologie des bâtiments du projet (tertiaire / activité), il envisagé d'installer 40% de la puissance maximale nécessaire, permettant de couvrir 70 % des besoins de chaud et 60% des besoins de froid.

Les caractéristiques de dimensionnement fournies par le BE sous-sol sont les suivantes :

Régimes de température	13°C/8°C hiver ; 13°C/18°C été
Puissance évaporateur chaud kW	900
Puissance condenseur chaud kW	1 200
COP chaud	4
Puissance évaporateur froid kW	1 100
Puissance condenseur froid kW	1 300
COP froid	5
Nombre de sondes pour production chaud	146
Nombre de sondes pour production froid	158

Profondeur des sondes (m)	150
Surface approximative occupée par les sondes (m²)	10 000 (*)
W/ml de sondes chaud	41
W/ml de sondes froid	55
kWh/ml/a	100

(*) Les sondes verticales n'ont pas besoin de surfaces de terrain libres. Elles peuvent être implantées dans des parkings par exemple (voieries à éviter car passage de nombreux réseaux)

Remarques :

- Il est possible d'échelonner la mise en place des sondes et de prévoir plusieurs champs de sondes, selon le phasage du projet.
- La mise en place de ces sondes totalise une puissance supérieure à 500 kW, ce qui nécessite un Permis Minier (procédure de Déclaration de 10-12 mois).

Hypothèses de dimensionnement pour la production de chaud :

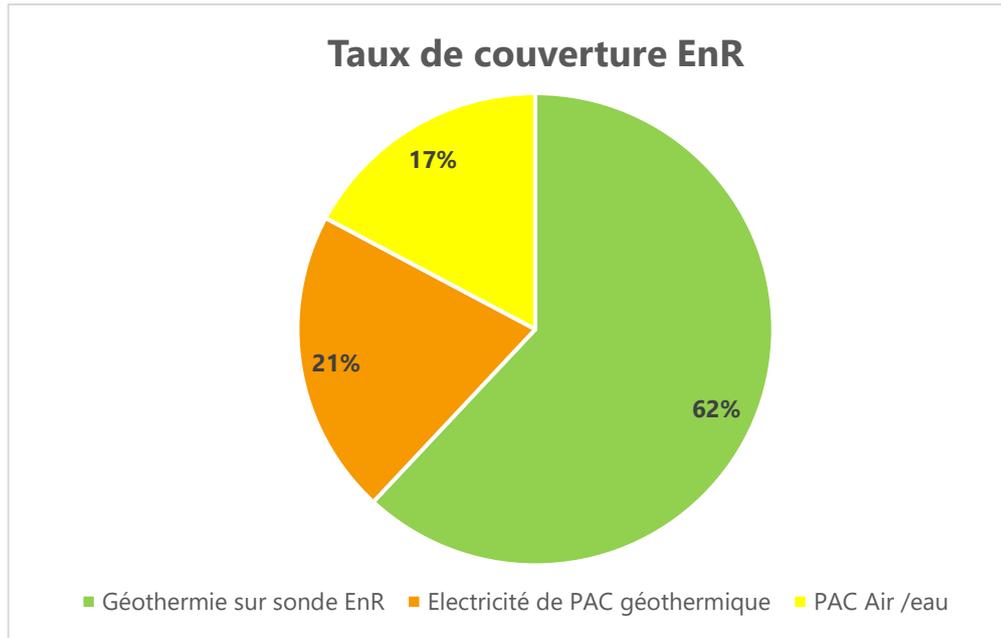
Foisonnement	10%
Puissance chauffage maximale appelée avec foisonnement (kW)	2 700
Puissance géothermie sur sonde chaud (kW)	1 200
Puissance d'appoint PAC Air/Eau (kW)	1 500
Rendement réseau	92%

Résultats de simulation thermique pour la production de chaud :

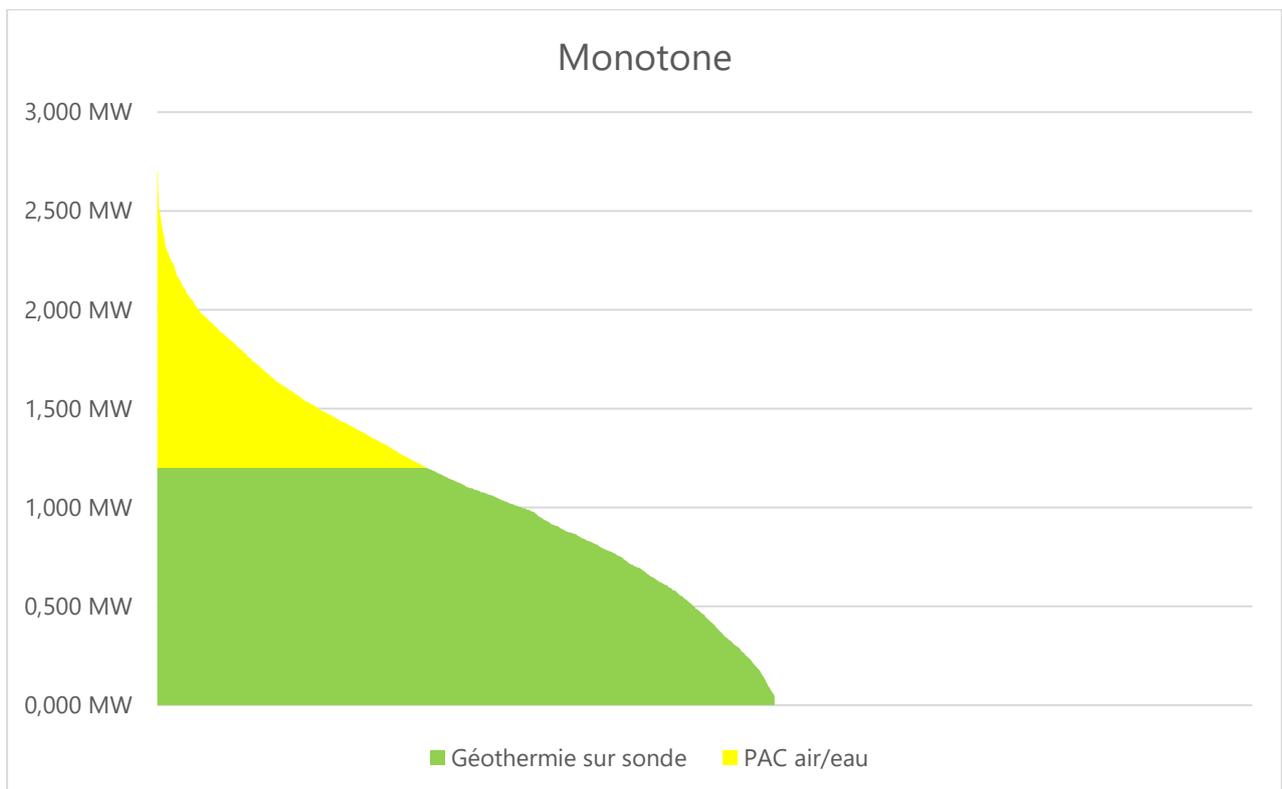
Production nécessaire (MWh utile)	5 640
Production géothermie sur sonde (EnR) (MWh)	3 495
Consommation électrique des PAC eau/eau décentralisées (MWh)	1 410
Production PAC air/eau centralisée en (MWh)	735
Taux de couverture EnR&R (Production chaud)	62%**
Émissions CO2 (T/an)* (Production chaud)	126

*En considérant le contenu CO2 de l'électricité prévu dans la RE2020 (79 gCo2/MWhé)

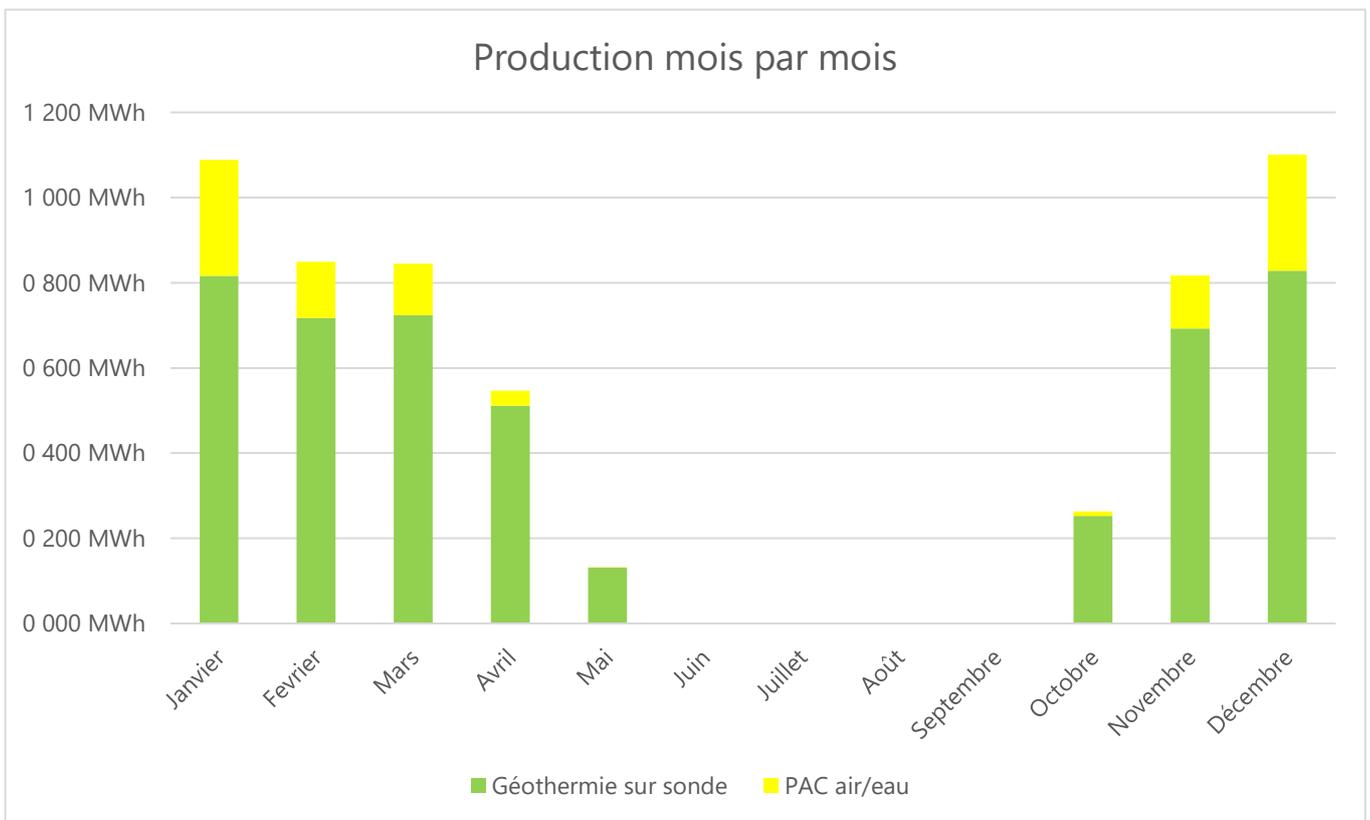
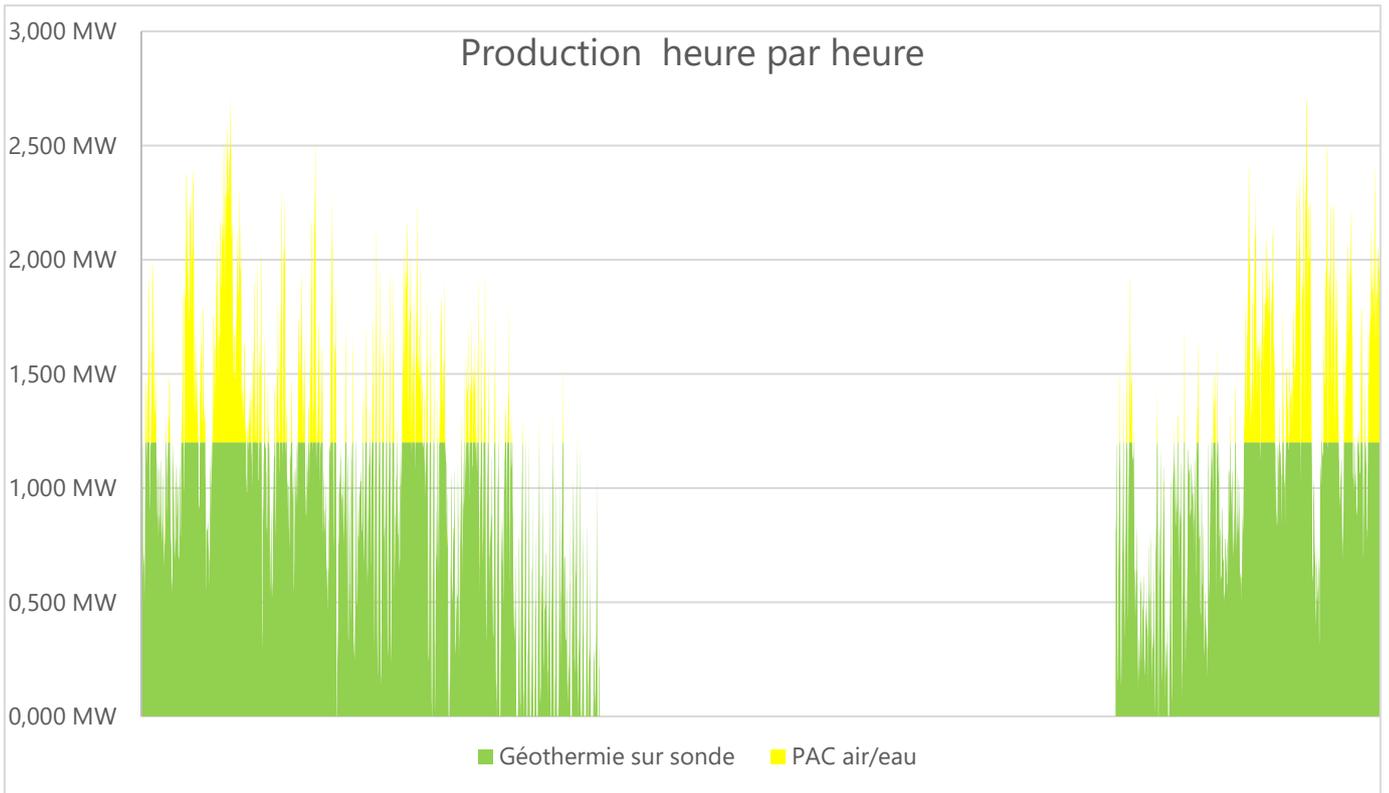
**Le taux d'EnR&R a été considéré hors PAC Air/eau, une discussion avec l'ADEME pourra peut-être prévoir une prise en compte de cette part de production.



Le profil d'appel de puissance et d'utilisation des moyens de production qui en résulte est le suivant (**courbe monotone**) :



Dans la courbe monotone ci-dessus, la géothermie sur sonde inclut la production d'électricité des PAC géothermiques.



Hypothèses de dimensionnement pour la production de froid :

Puissance géothermie sur sonde froid kW	1 100
Puissance d'appoint PAC Air/Eau kW	1 500
Rendement réseau	92%

Résultats pour la production de froid :

Production nécessaire sortie chaufferie (MWh utile)	2 928
Production géothermie sur sonde (EnR) (MWh)	1 054
Consommation électrique des PAC géothermiques (MWh)	586
Production PAC air/eau centralisée en MWh	1 288
Émissions CO2 (T/an)*	67

*En considérant le contenu CO2 de l'électricité prévu dans la RE2020 (79 gCo2/MWhé)

4.7 Récapitulatif des scénarios envisagés

	EnR&R	Centralisé	Taux de couverture EnR&R (Production chaud)	Émissions de CO2 (Chaud et Froid) (T/an)
Scénario de référence	Absence	NON	0%	146 soit 18gCO2/MWh livré
Scénario 1	Solaire photovoltaïque	NON	25%	103 soit 13gCO2/MWh livré
Scénario 2	Chaleur de récupération sur Data Center	OUI	75%	194 soit 25gCO2/MWh livré
Scénario 3	Géothermie sur Sonde	OUI	62%	193 soit 24gCO2/MWh livré

L'utilisation d'électricité photovoltaïque dans le scénario 3 permettrait d'atteindre le taux d'EnR&R minimum (65%) pour une éligibilité au Fonds Chaleur de l'ADEME. Pour l'instant cette interprétation n'est pas encore validée mais des projets en cours ont été pris en compte.

5. BILAN ÉCONOMIQUE

5.1 Investissements

5.1.1 Scénario de référence

PAC réversibles décentralisées air/eau :

LOT	Puissance maximale nécessaire par PAC – 1 PAC par lot (kW)	Montant d'investissement (€HT)
LOTA	152	71 000
LOTB1	163	77 000
LOTB2	189	89 000
LOTB3	163	77 000
LOTC1	149	70 000
LOTC2	147	69 000
LOTC3	245	115 000
LOTD1	0	0
LOTD2	84	40 000
LOTD3	163	76 000
LOTE1	198	93 000
LOTE2	180	85 000
LOTF	247	116 000
LOTG	265	125 000
LOTH1	266	125 000
LOTH2	400	188 000
LOTI	228	107 000
TOTAL		1 523 000 €HT

PAC de secours décentralisées air/eau

LOT	Puissance secours = 50% des puissances max ci-dessous	Montant d'investissement (€HT)
LOTA	152	24 000
LOTB1	163	26 000
LOTB2	189	30 000
LOTB3	163	26 000
LOTC1	149	23 000
LOTC2	147	23 000
LOTC3	245	38 000
LOTD1	0	0
LOTD2	84	13 000

LOT	Puissance secours = 50% des puissances max ci-dessous	Montant d'investissement (€HT)
LOTD3	163	26 000
LOTE1	198	31 000
LOTE2	180	28 000
LOTF	247	39 000
LOTG	265	42 000
LOTH1	266	42 000
LOTH2	400	63 000
LOTI	228	36 000
TOTAL		510 000 €

Panoplie hydraulique et électrique pour les 16 lots (pompes, régulation...) : 240 000 €HT.

TOTAL d'investissement du scénario : 2 273 000 €HT

5.1.2 Scénario 1

PAC réversibles décentralisées air/eau : idem scénario de référence : **1 523 000 €HT**

PAC de secours décentralisées air/eau : idem scénario de référence : **510 000 €**

Photovoltaïque en autoconsommation :

LOT	Potentiel d'ensoleillement (kWc)	Investissements en €HT	Prime d'autoconsommation €HT	Revente au réseau	Investissements réels (prime incluse)
LOTA	92	110 000 €	7 000 €	0 €	103 000 €
LOTB1	98	118 000 €	8 000 €	0 €	110 000 €
LOTB2	114	137 000 €	0 €	0 €	137 000 €
LOTB3	98	118 000 €	8 000 €	0 €	110 000 €
LOTC1	90	108 000 €	7 000 €	0 €	100 000 €
LOTC2	89	106 000 €	7 000 €	0 €	99 000 €
LOTC3	148	178 000 €	0 €	0 €	178 000 €
LOTD1	0	0 €	0 €	0 €	0 €
LOTD2	51	61 000 €	4 000 €	0 €	57 000 €
LOTD3	98	118 000 €	8 000 €	0 €	110 000 €
LOTE1	120	144 000 €	0 €	0 €	144 000 €
LOTE2	80	96 000 €	6 000 €	0 €	89 000 €
LOTF	149	179 000 €	0 €	0 €	179 000 €
LOTG	117	141 000 €	0 €	0 €	141 000 €
LOTH1	160	192 000 €	0 €	0 €	192 000 €
LOTH2	242	290 000 €	0 €	0 €	290 000 €
LOTI	101	121 000 €	0 €	0 €	121 000 €
TOTAL	1 846	2 217 000 €	55 000 €	0 €	2 160 000 €

Panoplie hydraulique et électrique pour les 16 lots (pompes, régulation...) : 240 000 €HT.

TOTAL d'investissement du scénario : 4 433 000 €HT

5.1.3 Scénario 2

PAC réversibles décentralisées eau/eau : idem scénario de référence : **1 523 000 €HT**

GF pour l'été : PAC réversible air/eau centralisé : **470 000 €HT**

PAC de secours réversible air/eau centralisé (1MW) : **360 000 €HT**

Réseau de distribution : 750 €HT par mètre linéaire ont été considérés. Ce prix suppose que les travaux de VRD de la ZAC et les travaux liés à la mise en place du réseau de chaleur seront mutualisés. Le réseau totalise **3 400 mètres linéaires soit 2 550 000 €HT**

Panoplie hydraulique et électrique de la Centrale de production : **530 000 €HT**

Panoplie hydraulique et électrique pour les 16 sous stations (16 lots) : **240 000 €HT**

Génie Civil de la Centrale de production : On suppose une surface de 150 m², soit : **375 000 €HT**.

TOTAL d'investissement du scénario : 6 048 000 €HT

5.1.4 Scénario 3

PAC réversibles décentralisées eau/eau : idem scénario de référence : **1 523 000 €HT**

Investissements sondes : On considère 100€HT/mètre linéaire de sondes soit **2 370 000 €HT** (158 sondes de 150 mètres de profondeur).

Appoint PAC réversible air/eau centralisée (1,5 MW) : **450 000 €HT**

Secours PAC réversible air/eau centralisée (1 MW) : **360 000 €HT**

Réseau de distribution : Idem que le scénario 2. Le réseau totalise **3 400 mètres linéaires soit 2 550 000 €HT**

Panoplie hydraulique et électrique de la Centrale de production : **530 000 €HT**.

Panoplie hydraulique et électrique pour les 16 sous stations (16 lots) : **240 000 €HT**.

Génie Civil de la Centrale de production : On suppose une surface de 150 m², soit : **375 000 €HT**.

TOTAL d'investissement du scénario : 8 398 000 €HT

5.1.5 Synthèse par scénario

Investissement	Scénario référence	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Productions décentralisées	1 523	1 523	1 523	1 523
Secours décentralisés	510	510		
Productions centralisées			845	825
Secours centralisés			360	360
Panoplies hydrauliques et électriques	240	240	770	770
Ressource EnR&R		2 160		2 370
Réseau de distribution			2 550	2 550
TOTAL	2 273 k€HT	4 433 k€HT	6 048 k€HT	8 398 k€HT

5.2 Subventions mobilisables

Des subventions sont mobilisables (ADEME- FONDS CHALEUR) pour :

- La mise en place du réseau de chaleur et de froid,
- L'utilisation de photovoltaïque (détaillées dans le paragraphe 5.1.2),
- L'utilisation de géothermie superficielle,
- L'utilisation de chaleur de récupération de Data Center.

Les critères d'éligibilité sont fournis en Annexe.

L'ADEME prévoit également l'éligibilité des boucles d'eau tempérée. Le guide correspondant est également joint en annexe.

5.3 Coût de fonctionnement

Les coûts de fonctionnements comprennent :

- La consommation énergétique nécessaire à la production de la chaleur et la consommation électrique des équipements de production (P1),
- Les prestations d'exploitation, de conduite, d'entretien, d'astreinte, de maintenance préventive et corrective et la consommation électrique des équipements annexes (P2),
- Les prestations de gros entretien et renouvellement des installations (P3).

SCENARIO DE REFERENCE	P1 €HT/an	P2 €HT/an	P3 €HT/an
Pour les 16 PAC décentralisées	166 154 €	80 000 €	15 222 €

SCENARIO 1	P1 €HT/an	P2 €HT/an	P3 €HT/an
Pour les 16 PAC décentralisées	0 €	80 000 €	15 222 €
Photovoltaïque	0 €	40 615 €	14 262 €
TOTAL	0 €	120 615 €	29 484 €

SCENARIO 2 - DATACENTER	P1 €HT/an	P2 €HT/an	P3 €HT/an
Au global	265 000 €	128 000 €	32 000 €

SCENARIO 3 - GEO SUR SONDE	P1 €HT/an	P2 €HT/an	P3 €HT/an
Au global	195 000 €	128 500 €	32 500 €

5.4 Compte d'exploitation prévisionnel

Les comptes d'exploitation prévisionnels ont été réalisés pour les scénarios de **mise en place de réseau de chaleur/froid** (yc **boucles d'eau tempérées**) soit les **scénarios 2 et 3**.

Le compte d'exploitation se présente de la façon suivante :

1/ Les recettes (1)

Ce poste comprend :

- Ventes de chaleur et de froid R1/R2 : il s'agit des recettes générées par la vente de la chaleur aux abonnés (16 lots) en référence à la tarification du réseau de chaleur en date de valeur 2019 (la moyenne des termes sur l'année 2019).
- Droits de raccordement : ce sont les montants de participation des aménageurs et/ou promoteur pour le raccordement de chaque lot.

2/ Les charges

Ce poste comprend :

Charges d'énergie (P1) : les charges de combustible et les charges d'électricité évoluent en fonction du bouquet énergétique de l'année considérée.

On distingue :

- Les consommations d'électricité utilisées par les pompes à chaleur, la consommation de gaz, l'achat de chaleur de récupération, etc.

Charges d'exploitation (P2) :

On distingue :

- Les charges d'électricité pour les installations auxiliaires (pomperie, etc),
- Les charges de personnel : salaires, traitement et charges sociales,
- Les frais de gestion, entretien, conduite des installations du réseau,
- Les charges liées aux achats et sous-traitance divers,
- Les frais liés aux contrôles réglementaires.

Charges d'exploitation (P3, GER) :

- Un poste P3 pour la centrale de production,
- Un poste P3 pour le réseau de distribution,
- Un poste P3 pour les sous-stations.

Autres charges :

- Amortissement des investissements des nouveaux équipements,
- Amortissement des subventions des nouveaux équipements.

L'objectif est de vérifier l'équilibre économique des scénarios proposés.

Plus précisément, avec les recettes et les coûts de fonctionnement précédemment déterminés dans les scénarios 2 et 3, nous avons :

- Fixé le prix cible : ce dernier est calé sur le prix du MWh de la solution de référence ;
- Fixé le TRI (taux de rentabilité interne) à une valeur de rentabilité classique pour un projet de ce type ;
- Déterminé le montant de subventions nécessaire pour pouvoir atteindre un équilibre économique.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Montant en k€HT	Scénario 2 – DATA CENTER	Scénario 3 – GEOTHERMIE SUR SONDE
Investissements totaux (dont maîtrise d'œuvre et aléas)	6 600	9 200
Recettes totales (chaud+froid) €HT /an	633	633
Charges (P1+P2+P3)	425	355
Charges d'amortissements	115	153
% des investissements nécessaire pour atteindre un équilibre économique	60 %	60 %
Montant des subventions nécessaire pour atteindre un équilibre économique	2 500	5 700

Pour conclure, la faisabilité des scénarios 2 et 3 est fortement conditionnée par les aides qui pourraient être obtenues dans le cadre de leur réalisation. Les pourcentages indiqués dans le tableau ci-dessous sont nettement supérieurs aux valeurs usuelles de subvention obtenues sur des projets récents.

Cette analyse devra être consolidée dans le cadre d'une étude de faisabilité avec des données précisées sur la programmation de la ZAC et un approfondissement des optimisations possibles sur les projets industriels.

Enfin, les modalités d'aides gouvernementales évoluent de manière importante depuis plusieurs années et un échange avec l'ADEME au moment de la faisabilité approfondie pourra permettre de consolider les montants à prendre en compte.

6. ANALYSE DES MONTAGES JURIDIQUES

Maîtrise et gestion du service	La Collectivité, en tant qu'autorité organisatrice						Réseau privé	
Gestion opérationnelle du service	Régie internalisée	Régie external. (Marchés séparés)	Régie external. (Marché global)	DSP affermage	SEM(OP)	DSP concession	AFUL/ASL/GIE Contrat privé	Réseau privé
Propriétaire des ouvrages	Collectivité	Collectivité	Collectivité	Collectivité	Collectivité + Opérateur	Collectivité	AFUL/ASL	Opérateur
Financement	Collectivité	Collectivité	Collectivité	Collectivité	Collectivité + Opérateur	Concessionnaire	Dépend du contrat	Opérateur
Conception	Maître d'Œuvre (MOE)	Maître d'Œuvre (MOE)	Prestataire	Maître d'Œuvre (MOE)	Opérateur	Concessionnaire	Dépend du contrat	Opérateur
Réalisation	MOE + Entreprises	MOE + Entreprises	Prestataire	MOE + Entreprises	Opérateur	Concessionnaire	Dépend du contrat	Opérateur
Commissioning*	Collectivité	Collectivité	Prestataire	Collectivité	Opérateur	Concessionnaire	Dépend du contrat	Opérateur
Commercialisation	Collectivité	Collectivité	Collectivité	Fermier	Opérateur	Concessionnaire	Dépend du contrat	Opérateur
Exploitation (P1, P2, P3)	Collectivité	Fournisseurs + Exploitant	Prestataire	Fermier	Opérateur	Concessionnaire	Dépend du contrat	Opérateur
Facturation	Collectivité	Collectivité	Collectivité	Fermier	Opérateur	Concessionnaire	Dépend du contrat	Opérateur
Densification et développement	Collectivité	Collectivité	Collectivité	Fermier	Opérateur	Concessionnaire	Dépend du contrat	Opérateur

7. CONCLUSION

7.1 Comparatif des scénarios

AVANTAGES / INCONVENIENTS	Taux d'EnR	Contenu CO2	Investissements	Coût de fonctionnement
Scénario de référence	--	+	+	+
Scénario 1	-	+	-	-
Scénario 2	++	+	-	-
Scénario 3	++	+	--	-

AVANTAGES / INCONVENIENTS	Mutualisation de l'énergie	Surface occupée par la production	Facilité d'entretien pour les abonnés
Scénario de référence	--	+	-
Scénario 1	--	-	-
Scénario 2	+	-	+ (en gestion déléguée)
Scénario 3	++	--	+ (en gestion déléguée)

Scénarios EnR&R	Plan d'actions
<p align="center">Scénario 1</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier la cohérence du projet urbain avec l'intégration des panneaux photovoltaïques - Prévoir une analyse approfondie de l'ensoleillement
<p align="center">Scénario 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier la faisabilité de la création du Data Center - Consolider les hypothèses énoncées - Approfondir les aides éligibles
<p align="center">Scénario 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser une étude hydrogéologique - Vérifier que l'emprise foncière nécessaire est en cohérence avec l'aménagement de la ZAC - Consolider les hypothèses énoncées - Approfondir les aides éligibles

8. ANNEXES

- ✎ • Annexe 1 – Critères d'éligibilité pour subventions ADEME
- ✎ • Annexe 2 – Investissements RCU Data Center
- ✎ • Annexe 3 – Investissements RCU Géothermie