



Objet : Rapport de synthèse
Ville d'Avignon

Indice : 1
27/03/2024

Schéma directeur des réseaux de chaleur d'Avignon



AVIGNON
Ville d'exception



SOMMAIRE

1	INTRODUCTION ET RENSEIGNEMENT GÉNÉRAUX	4
1.1	CONTEXTE DE LA MISSION ET OBJECTIF	4
2	SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC DES RÉSEAUX EXISTANT	8
2.1	OBJECTIFS DE LA DÉMARCHE	8
2.2	SYNTHÈSE CONTRACTUELLE.....	16
2.2.1	Contrats d'exploitation	16
2.2.2	Contrats d'obligation d'achat	16
2.3	SYNTHÈSE TECHNIQUE	9
2.3.1	Réseaux et postes de livraison	10
2.3.2	Chaufferies et cogénérations.....	11
2.4	SYNTHÈSE ÉNERGÉTIQUE	12
2.5	SYNTHÈSE FINANCIÈRE.....	12
2.6	OPPORTUNITÉS DE CESSIION / MISE À DISPOSITION	17
2.6.1	Cession des réseaux.....	17
2.6.2	Cession / mise à disposition des productions	19
2.6.3	Préconisations et plan d'action.....	20
3	PROSPECTION ET DÉVELOPPEMENT.....	21
3.1	MÉTHODE ET OBJECTIFS	21
3.2	DONNÉES CLIMATIQUES.....	22
3.3	RECENSEMENT À GRANDE ÉCHELLE	22
3.4	RECENSEMENT PRÉCIS	27
3.4.1	Copropriétés.....	28
3.4.2	Bailleurs.....	29
3.4.3	Santé	30
3.4.4	Tertiaires.....	31
3.4.5	Collectivités.....	32
3.4.6	Aménagements urbains.....	33
3.4.7	Perspectives complémentaires à long terme.....	41
3.4.8	Synthèse de la prospection	42
3.5	DÉFINITION DES BESOINS.....	43
3.5.1	Besoins de chaleur	43
3.5.2	Besoins de fraîcheur.....	44
4	SCÉNARI I DE DESSERTE	46
4.1	ANALYSE DES ZONES À FORT POTENTIEL	46
4.2	TRACÉS PRÉVISIONNELS DES RÉSEAUX	48
4.2.1	Disponibilités techniques.....	48
4.2.2	Tracés prévisionnels des réseaux	48

4.2.3	Scénarii de desserte	51
5	DEVELOPPEMENT DES ENR&R.....	55
5.1	DÉMARCHE ENR'CHOIX & OBJECTIF	55
5.2	POTENTIELS IDENTIFIÉS.....	56
5.2.1	Interconnexion à des réseaux EnR&R existants	56
5.2.2	UIOM / UVE.....	57
5.2.3	Industriels.....	61
5.2.4	Récupération sur eaux usées	62
5.2.5	Géothermie.....	66
5.2.6	Solaire thermique	69
5.2.7	Bois énergie / biomasse	70
5.3	TERRAINS IDENTIFIÉS	72
5.4	SYNTHÈSE DES SOLUTIONS DE PRODUCTION	74
6	SCÉNARII DE CRÉATION D'UN RÉSEAU PUBLIC	76
6.1	DÉFINITION DES SCÉNARII	76
6.2	ANALYSE ÉNERGÉTIQUE	77
6.2.1	Hypothèses.....	77
6.2.2	Montée en charge des réseaux	78
6.2.3	Modélisation énergétique	79
7	ANALYSE ECONOMIQUE ET FINANCIÈRE	84
7.1	PRINCIPE DE L'ANALYSE ET HYPOTHÈSES	84
7.2	EVALUATION DES INVESTISSEMENTS	85
7.3	ANALYSE DES RESULTATS FINANCIERS	86
7.4	SENSIBILITÉS	88
8	MODE DE GESTION	90
9	CONCLUSION ET PLAN D'ACTION	92

1 INTRODUCTION ET RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

1.1 CONTEXTE DE LA MISSION ET OBJECTIF

La **Ville d'Avignon** a missionné un groupement d'AMO dont **SERMET-MANERGY** est mandataire pour la réalisation d'un schéma directeur des réseaux de chaleur Avignonnais et d'une étude pour le développement d'un réseau de chaleur et (éventuellement de fraîcheur) public sur son territoire.

Le périmètre étendu sur lequel l'opportunité de développer un réseau de chaleur a été menée comporte les communes suivantes :

- Le Pontet
- Vedène
- Les Angles
- Morières-lès-Avignon
- Villeneuve-lès-Avignon
- Sorgues



L'ensemble de la mission confié au groupement a pour vocation d'apporter à la Ville d'Avignon et aux Maîtres d'Ouvrage des réseaux existants une vision claire et précise de l'état des installations de chaud, d'identifier le potentiel de création d'une infrastructure publique de distribution de chaleur et éventuellement de fraîcheur, et d'en définir les caractéristiques afin d'amorcer la suite des démarches.

Pour ce faire, l'accompagnement s'est notamment concentré sur les axes principaux suivants, conformément au guide spécifique dressé par l'ADEME :

- Diagnostic des réseaux existants, notamment afin d'évaluer les possibilités d'intégration de ses derniers au projet de réseau de chaleur urbain public ;
- Prospection des besoins en chaleur et fraîcheur sur le territoire communal et les communes adjacentes, et évolution de ces besoins à horizon 2050 ;
- Analyse du potentiel territorial de développement des énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) ;

- Scénarisation de la production et distribution de chaleur et fraîcheur en réseau et études technico-énergétiques ;
- Analyses économiques et financières (investissements, subventions, recettes et charges d'exploitation) dans le but de définir le prix de la chaleur et de la fraîcheur, afin d'en analyser la compétitivité ;
- Accompagnement pour le choix du mode de gestion de l'infrastructure publique ;

1.2 CONSTITUTION DES COMITÉS TECHNIQUES ET DE PILOTAGE

L'élaboration du schéma directeur a été réalisée en concertation avec les différents acteurs du territoire présents lors des différents comités :

COMITÉ DE PILOTAGE

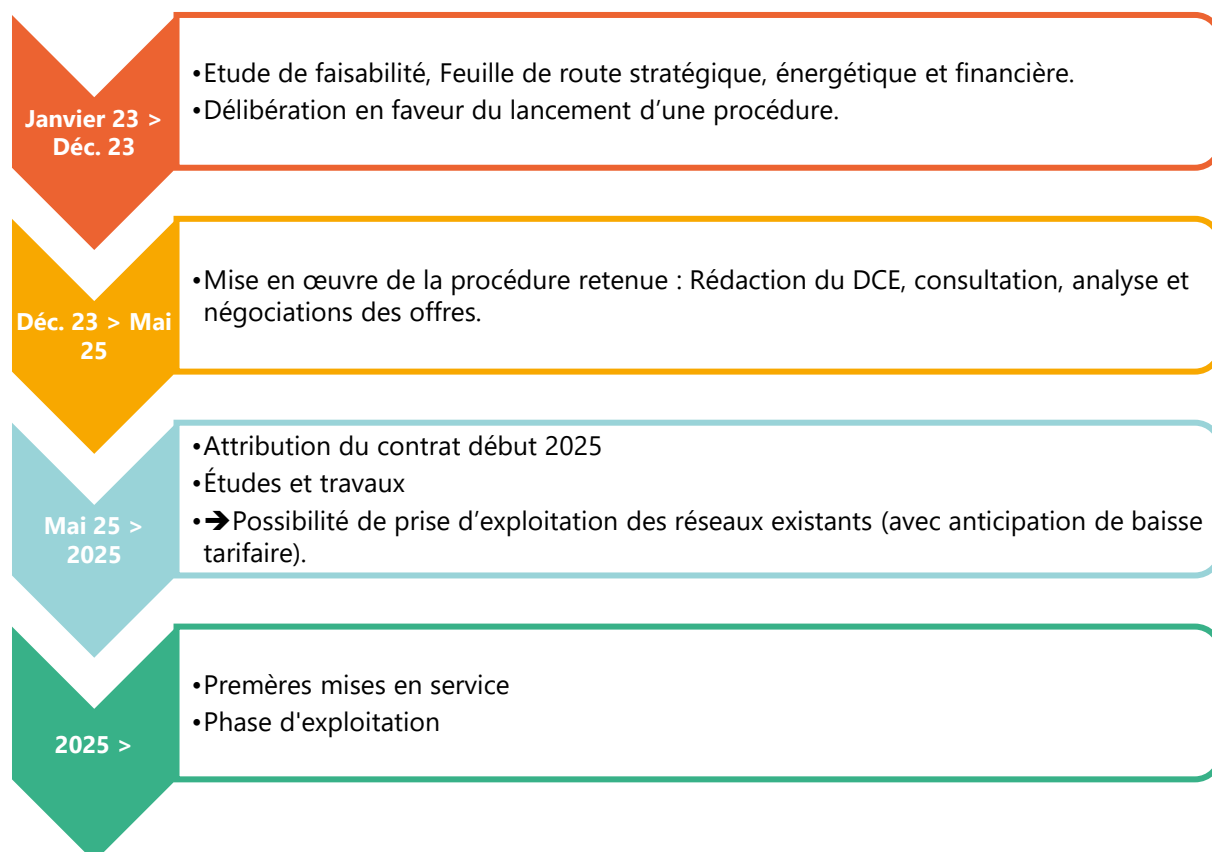
- Ville d'Avignon : Mme la Maire, Élus, Services en charge
- Grand Avignon
- ADEME
- Bailleurs Grand Delta Habitat et ERILIA
- Direction Départementale des Territoires de Vaucluse
- Conseil Départemental du Vaucluse

COMITÉ TECHNIQUE

- Ville d'Avignon : Services en charge
- Grand Avignon
- ADEME
- Bailleurs Grand Delta Habitat et ERILIA
- Direction Départementale des Territoires de Vaucluse
- Syndicat d'énergie vaclusien (SEV 84)

1.3 CALENDRIER DES ÉTUDES ET REFLEXIONS

L'objectif de la Ville d'Avignon est d'être en mesure de proposer un service public de distribution de chaleur et de fraîcheur sur l'exercice 2025.v



Le calendrier de la première phase relative à l'étude de faisabilité, la réalisation de la feuille stratégique et la délibération est précisé ci-après :

- | | |
|--------------------------------------------------------|-----------------------|
| • Audit des réseaux existants : | Janvier 23 – Juin 23 |
| • Prospection des besoins de chaleur et de fraîcheur : | Février 23 – Juin 23 |
| • Prospection des gisements EnR&R : | Avril 23 – Juin 23 |
| • Scénarisation technico-énergétique : | Juin 23 – Juillet 23 |
| • Études économiques et financières : | Juillet 23 – Sept. 23 |
| • Études portant sur les modes de gestion : | Juillet 23 – Oct. 23 |

Durant ces phases, plusieurs comités ont été réalisés afin de valider les orientations de l'étude :

- Comité technique n°1 : 14/03/2023
 - Comité de pilotage n°1 : 20/03/2023
- Comité technique n°2 : 09/05/2023
 - Comité de pilotage n°2 : 23/05/2023
- Comité technique n°3 : 04/07/2023

- Comité de pilotage n°3 : 07/07/2023
- Comité technique n°4 : 25/09/2023
 - Comité de pilotage n°4 : 04/10/2023

La délibération en faveur du lancement de la procédure et définissant les caractéristiques clés du projet a eu lieu le 16/12/2023.

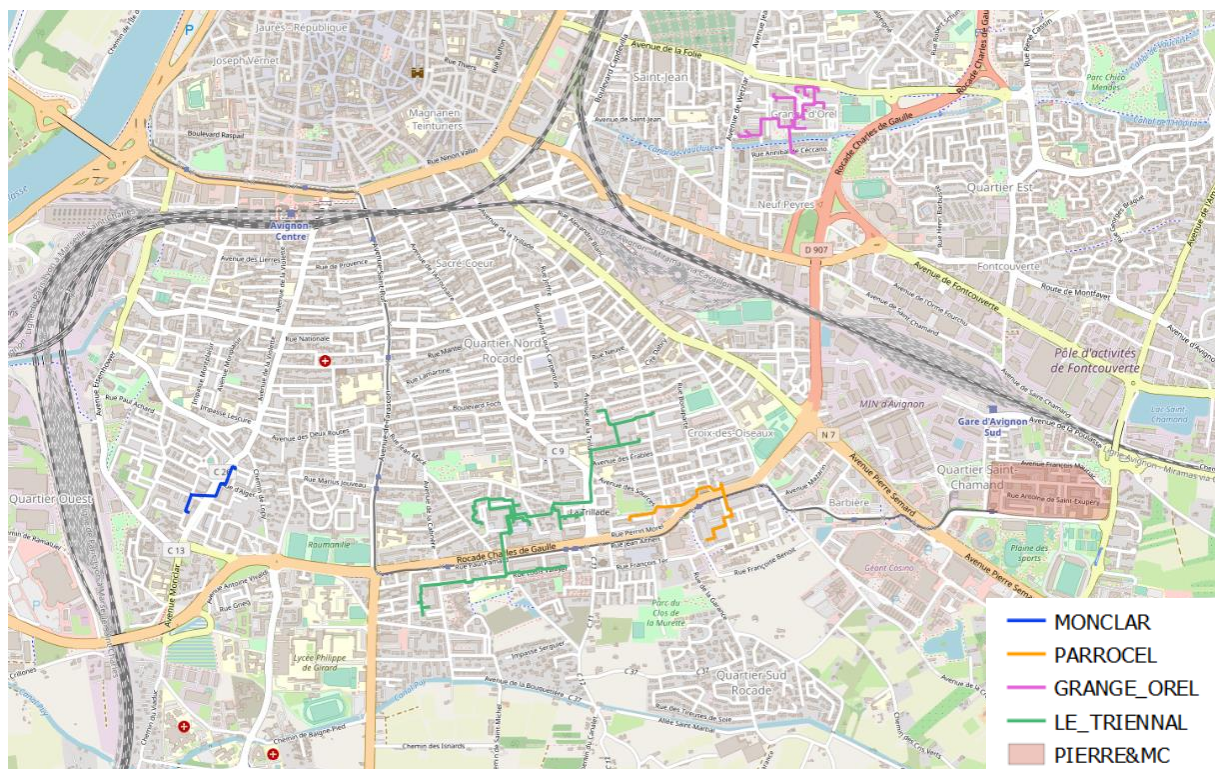
2 SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC DES RÉSEAUX EXISTANTS

2.1 OBJECTIFS DE LA DÉMARCHE

La **Ville d'Avignon** a préalablement identifié 5 réseaux de chaleurs sur son territoire ; le groupement a donc pour mission de dresser un audit complet de ces installations (sur les plans techniques, économiques, contractuels) et d'évaluer les possibilités d'intégration de ces derniers au potentiel projet de réseau de chaleur urbain public.

Les réseaux existants sont les suivants :

- Maitrise d'ouvrage : Grand Delta Habitat / AFUL
 - Réseau le TRIENNAL ;
 - Réseau Grange d'Orel ;
 - Réseau Montclard ;
 - Réseau Pierre et Marie Curie.
- Maitrise d'ouvrage : ERILIA
 - Parrocel Grand Cypres



Le diagnostic des réseaux a pour vocation :

- D'éclairer les Maitres d'Ouvrage bailleurs (MOA) sur l'état de leurs installations ;
- D'évaluer les possibilités d'intégration (**cession et/ou mise à disposition**) des installations existantes au projet de réseau de chaleur urbain public
- De constituer une base commune pour les échanges à venir :
 - MOA & Exploitant : Définir l'état du matériel et prévoir les opérations éventuelles de renouvellement ;
 - MOA & la Ville d'Avignon : Définir la pertinence et les modalités de la cession/mise à dispo des équipements ;
 - Ville d'Avignon & Candidats : Informer les candidats pour définir les niveaux d'investissement à prévoir pour construire leurs offres et de garantir un niveau de détail suffisant à tous pour une concurrence loyale et sécuriser la procédure.

Des rapports d'audits spécifiques à chaque réseau ont été dressés et sont joints en annexe (Annexe 1). Les chapitres suivants dressent la synthèse de ces documents.

2.2 SYNTHÈSE TECHNIQUE

Les réseaux ont été construits entre les années 1960 et les années 2000, bien que toutes les dates de 1ères mises en service ne soient pas précisément consignées/disponibles.

Ils permettent de produire l'énergie nécessaire à la production du chauffage de 4193 logements. La production d'eau chaude sanitaire (ECS) est réalisée via le réseau uniquement pour 200 logements raccordés au réseau PARROCEL GRAND CYPRES.

Réseau	MOA	Année de construction	Usage	Équivalents logements
LE TRIENNAL	GDH/AFUL	1986	Chauffage (ECS individuelle)	1 711
GRANGE d'OREL	GDH/AFUL	1969	Chauffage (ECS individuelle)	883
PARROCEL GRAND CYPRES	ERILIA	< 1990	Chauffage (ECS : collective (200 logements) et individuelle)	846
MONCLAR	GDH	< 2000	Chauffage (ECS individuelle)	583
PIERRE ET MARIE CURIE	GDH	1982	Chauffage (ECS individuelle)	170

2.2.1 Réseaux et postes de livraison

Les dispositions techniques de la distribution diffèrent selon les installations :

- Les trois plus gros réseaux sont équipés de systèmes de découplage hydraulique (échangeurs), permettant d'obtenir une limite de responsabilité et de prestation claires.
- Les deux autres réseaux (MONCLAR et Pierre et Marie Curie) ne sont pas équipés de découplage ; les équipements de distribution situés en chaufferie alimentent directement les émetteurs des logements.

En fonction des modes d'exploitation des installations dites « primaires » et « secondaires », un découplage hydraulique est préconisé car jugé nécessaire pour gérer interface et les limites de responsabilité. En particulier, les réseaux sans séparation hydraulique devront être équipés s'il existe une volonté forte de les intégrer (céder) à l'infrastructure publique.

Le réseau TRIENNAL est composé d'un réseau primaire desservant des sous-stations primaires, elles-mêmes alimentant un réseau secondaire qui véhicule la chaleur jusqu'à des postes de livraison « tertiaires ». Dans le cadre de l'étude, seul le réseau primaire sera analysé.

Réseau	Longueur	Découplage réseau / livraison	État du réseau	État des sous-stations
LE TRIENNAL	3.3 kml	Échangeurs	Primaire : État d'usage	Primaire : État correct
GRANGE d'OREL	1.2 kml	Échangeurs	État d'usage	État correct
PARROCEL	0.81 kml	Échangeurs	État d'usage	État correct
GRAND CYPRES				
MONCLAR	0.35 kml	Aucun	État d'usage	SO
PIERRE ET MARIE CURIE	SO	Aucun	Vétuste	SO

À l'exception du réseau Pierre et Marie CURIE qui est jugé vétuste, les réseaux sont en état d'usage, mais présentent certains indicateurs de vétusté (années de mise en services, potentielles fuites). Les rapports spécifiques à chaque réseau détaillent cet aspect (annexes 1). Dans le but de mieux qualifier l'état des réseaux, il s'avère cependant nécessaire de renforcer certaines mesures de suivi et d'exploitation (voir annexes 1). Les sous-stations sont globalement en état correct, lorsqu'existantes.

2.2.2 Chaufferies et cogénérations

Dans l'ensemble, les chaudières existantes sont en état de vétusté correct, et pourraient permettre de produire l'énergie nécessaire à la fourniture de chauffage des bâtiments pour encore plusieurs années. Certaines installations sont cependant vétustes et devront être renouvelées à moyen terme.

Réseau	NB de chaudières	Puissances cumulées - chaudières	État des chaudières	Puissances en état correct
LE TRIENNAL	3	8.4 MW	Correct : 2/3 Vétuste : 1/3	5.5 MW
GRANGE d'OREL	2	4.9 MW	Correct : 2/2	4.9 MW
PARROCEL GRAND CYPRES	3	6.2 MW*	Correct : 1/3 Vétuste : 2/3	1.9 MW
MONCLAR	2	3.7 MW	Correct : 2/2	3.7 MW
PIERRE ET MARIE CURIE	2	3 MW	Correct : 1/2 Vétuste : 1/2	1.2 MW

* : chaufferie Grand Cyprès uniquement

Réseau	NB de cogénérations	Puissances cumulées cogénérations	État des cogénérations
LE TRIENNAL	3	3.6 MW	Fonctionnelle
GRANGE d'OREL	1	1.49 MW	Fonctionnelle
PARROCEL GRAND CYPRES	1	1.2 MW	Fonctionnelle
MONCLAR	1	1.5 MW	Fonctionnelle
PIERRE ET MARIE CURIE	1	SO	HS

L'analyse de l'état des cogénérations devra être confirmée par le motoriste via la réalisation d'audits spécifiques.

2.3 SYNTÈSE ÉNERGÉTIQUE

Données moyennes servant de référence sont centralisées dans le tableau ci-après.

Réseau	Production [MWhu]	Mixité	Ventes [MWhu]	Rendement réseau	Puissances appelées*
LE TRIENNAL	12 678	Cogé : 71% Gaz : 29%	11 715	92%	6 MW
GRANGE d'OREL	5 251	Cogé : 76% Gaz : 24%	4991	95%	3 MW
PARROCEL GRAND CYPRES	5 486	Cogé : 75% Gaz : 25%	4910	89%	2.5 MW
MONCLAR	4 432**	Cogé : 88% Gaz : 12%	3 974	90%	2.4 MW
PIERRE ET MARIE CURIE	1 863**	Cogé : 0% Gaz : 100%	1 863	SO	1.3 MW

* : Estimations SERMET

** : Valeurs mises à jour post études

Les équipements qualifiés dans un état « correct » permettraient, pour la quasi-totalité des réseaux, de couvrir la majeure partie des besoins des bâtiments raccordés (voir paragraphe 2.2 – puissances en état correct). Les installations de production existantes apparaissent en première analyse surdimensionnées, cependant en raison de leurs vétustés, le renouvellement de certaines d'entre elles s'avère nécessaire.

2.4 SYNTHÈSE FINANCIÈRE

2.4.1 Tarifs et évolutions

Deux types de contrats sont rencontrés pour les réseaux existants :

- Binôme R1/R2 : la tarification se trouve être un binôme R1 (part variable relative aux consommations) et R2 (part fixe relative à l'abonnement) ;
- Tarification P1/P2/P3 : la tarification est appliquée via les termes P1 (consommation de combustible), P2 (entretien et maintenance) et P3 (provisions de gros entretiens et renouvellement).

Le mode de tarification classique (R1/R2) des réseaux de chaleur est défini au sein de l'annexe 2.

Les mixités tarifaires sont représentatives des systèmes de production en fonctionnement (chaufferie gaz et cogénération), à l'exception du réseau TRIENNAL pour lequel une mixité 100% gaz (incluant une part de biogaz à hauteur de 50%) est utilisée. Les mixités contractuelles sont cependant inférieures aux mixités effectives de référence estimées par nos soins sur la base des relevés transmis par l'exploitant

Les deux premiers réseaux étant fiscalement reconnus comme « réseaux de chaleur », disposent d'une éligibilité à la TVA réduite sur la part R2. Seul le TRIENNAL est éligible à une TVA réduite sur la part R1 en raison de la présence de biogaz dans le mix énergétique (via l'achat de certificat garantie d'origine) à hauteur de 50%.

Réseau	Tarifcation	Mixité tarifaire	TVA	Prix moyen TTC 2022**	Prix moyen TTC extrapolé*
LE TRIENNAL	R1 / R2	100% Gaz	Totalement Réduite (biogaz)	64.7	120.0
GRANGE d'OREL	R1 / R2	68% Cogé 32% Gaz	Partiellement réduite	194.6	131.4
PARROCEL GRAND CYPRES	P1 / P2 / P3	NC	Non réduite	154.9	157.1
MONCLAR	P1 / P2 / P3	77% Cogé 23% Gaz	Non réduite	211.9	147.8
PIERRE ET MARIE CURIE	P1 / P2 / P3	NC	Non réduite	85.3	133.7

* : extrapolation pour un PEG à 56 €/MWh

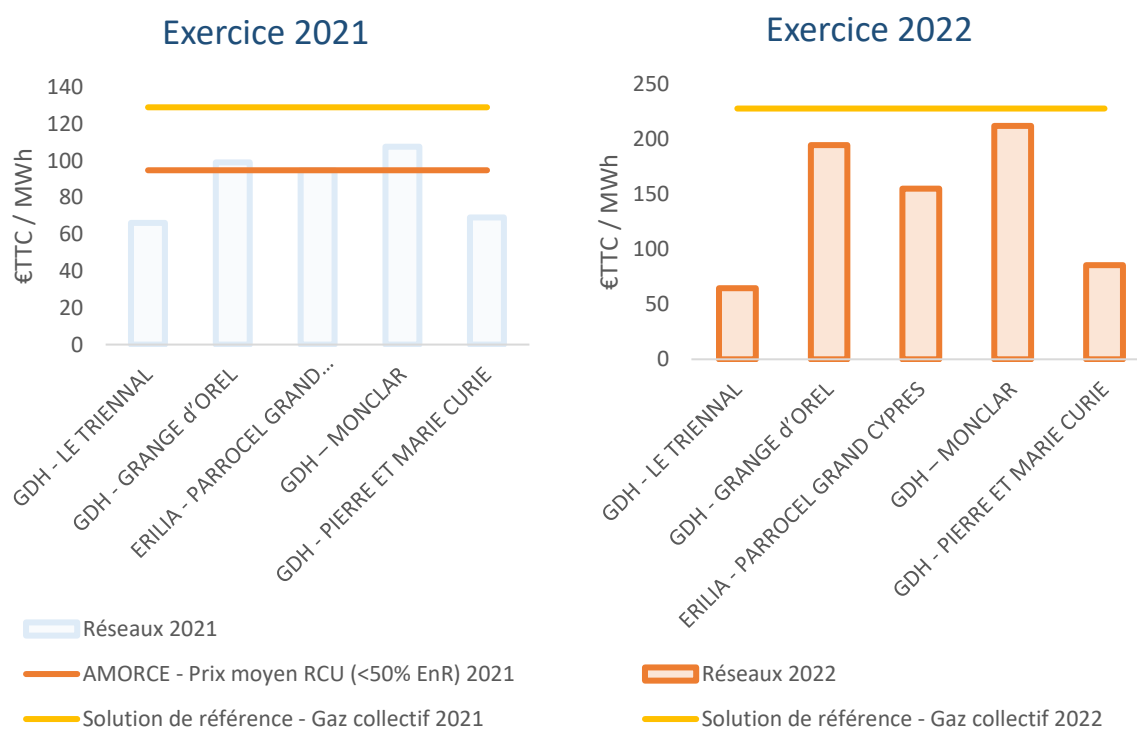
** : hors bouclier tarifaire

Les prix moyens de la chaleur des différents réseaux sont très disparates. En effet, nous pouvons constater que les prix moyens des réseaux le TRIENNAL et Pierre et Marie CURIE sont inférieurs à ceux des autres réseaux. Les autres réseaux sont compétitifs par rapport à la moyenne nationale des réseaux de chaleur ayant une couverture EnR&R inférieure à 50% et à une solution gaz collective. Cette compétitivité est complétée par l'éligibilité à la TVA réduite pour deux des réseaux. (voir graphiques en histogramme ci-après).

Les constats suivants peuvent être mis en avant, en cette période de forte évolution des prix du gaz :

- Le TRIENNAL : Malgré l'inflation, le prix moyen de la chaleur reste stable, notamment en raison de l'absence d'un indice représentatif de la molécule de gaz au sein de la formule de révision tarifaire.
- Grange d'Orel : le prix moyen augmente de manière significative, en lien avec l'intégration de l'indice PEG au sein de la formule de révision.
- PARROCEL GRAND CYPRES : le prix moyen augmente de manière significative, en lien avec l'intégration du prix réglementé du gaz au sein de la formule de révision.
- MONCLAR : le prix moyen augmente de manière significative, en lien avec l'intégration de l'indice PEG au sein de la formule de révision.
- Pierre et Marie CURIE : NC

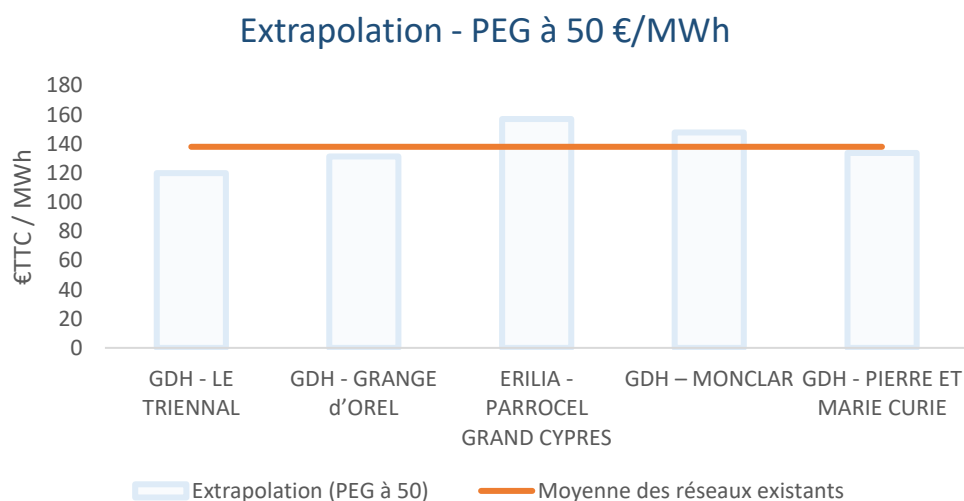
Nota : Le PEG est la moyenne des prix de règlement de la molécule de gaz des contrats à terme sur les marchés de gros. Il est retenu comme indicateur du prix du gaz.



Les contrats datant d'une dizaine d'années (période durant laquelle le prix du gaz était particulièrement stable et bas), les tarifs de ces derniers n'ont pas tous été impactés par l'évolution du marché de l'énergie (notamment du gaz), justifiant la compétitivité de certains réseaux.

Ils comportent des clauses de révision qui, lors du renouvellement des contrats, seront modifiées au profit des nouvelles tendances, intégrant tout ou partie des variations du prix du

gaz. Afin d'être en mesure d'apprécier ce que devrait être les tarifs s'ils étaient en phase avec le prix de marché (et leurs formules de révision également) et de pouvoir constituer un prix de référence adéquat, nous avons extrapolé les tarifs réels pour un PEG égal à 50 (tendance basée sur un prix cohérent avec les trimestres 2 à 4 2023 et les projections 2024-2025 à cette même période).



La moyenne des prix de la chaleur extrapolés des réseaux obtenue est de 138 €TTC/MWh (pour un PEG à 50). Cette valeur sera conservée comme référence pour la suite de l'étude.

2.4.2 Gros Entretien Renouvellement

Par ailleurs, les contrats d'exploitation comportent un compte de Gros Entretien et Renouvellement (GER). Les soldes de ces comptes à l'échéance des contrats seront répartis selon les modalités définies ci-dessous.

Réseau	Répartition du solde	Soldes prévisionnels GER*
LE TRIENNAL	100% reversé à l'AFUL	270 178 €
GRANGE d'OREL	100% reversé à l'AFUL	132 375 €
PARROCEL	70% reversé à la MOA	123 311 €
GRAND CYPRES	30% à l'exploitant	
MONCLAR	100% reversé à la MOA	127 157 €
PIERRE ET MARIE CURIE	NC	13 938 €

* : Soldes prévisionnels à fin 2023

Les soldes GER pourraient notamment être utilisés pour le renouvellement des réseaux de distribution. Toutefois, en raison du coût important du renouvellement de réseaux enterrés,

cette utilisation ne permettrait pas de rénover ces derniers dans leurs intégralités. Il pourrait donc s'avérer préférable de renouveler les équipements de production ou de livraison vétustes.

A la suite du comité technique de restitution, les bailleurs propriétaires se sont saisis de ce sujet pour les contrats arrivant prochainement à échéance.

2.5 SYNTHÈSE CONTRACTUELLE

2.5.1 Contrats d'exploitation

Les informations relatives à la contractualisation de l'exploitation des installations sont reprises ci-dessous.

Réseau	MOA	Mode de gestion	Durée du contrat	Échéance du contrat	Évolution contractuelle prévue
LE TRIENNAL	GDH/AFUL	Concession privée	12 ans – prolongé de 3 ans	Juin 2024	Prolongation ou renouvellement préconisé
GRANGE d'OREL	GDH/AFUL	Marché de travaux et d'exploitation	13 ans	Octobre 2025	SO
PARROCEL GRAND CYPRES	ERILIA	Marché d'exploitation avec clause d'intéressement	12 ans	Décembre 2023	Prolongation du contrat jusqu'à mai 2025
MONCLAR	GDH	Marché d'exploitation avec clause d'intéressement	12 ans	Janvier 2024	Prolongation envisagée : 30/06/2028
PIERRE ET MARIE CURIE	GDH	Marché d'exploitation avec clause d'intéressement	5 ans	Juin 2028	SO

Nota : En raison des délais nécessaires à la mise en œuvre de l'infrastructure publique, il apparaît nécessaire pour certains des réseaux de prolonger ou renouveler les contrats d'exploitation en cours.

2.5.2 Contrats d'obligation d'achat

Les réseaux sont en partie alimentés par des cogénérations gaz, faisant pour certaines encore l'objet de contrats d'Obligation d'Achat de type C13 avec EDF. À l'échéance de ces contrats, sur opportunité selon la pertinence technico-économique (Spark spread – prix de l'électricité VS prix du gaz), les cogénérations pourront fonctionner sur le marché libre afin de revendre la production d'électricité en fonction de l'offre et la demande sur le marché.

Réseau	MOA	Fonctionnement actuel	Échéance du contrat d'OA
LE TRIENNAL	GDH/AFUL	Marché libre	SO
GRANGE d'OREL	GDH/AFUL	Contrat C13	31/03/2024
PARROCEL GRAND CYPRES	ERILIA	Contrat C13	15/12/2023
MONCLAR	GDH	Contrat C13	31/12/2025
PIERRE ET MARIE CURIE	GDH	HS	SO

2.6 OPPORTUNITÉS DE CESSION / MISE À DISPOSITION

2.6.1 Cession des réseaux

Deux solutions existent pour l'intégration des réseaux existants à un projet de plus grande ampleur de réseau de chaleur urbain public porté par la Ville d'Avignon :

- **Cession des réseaux à la Ville** : intégration des réseaux de distribution et postes de livraison au périmètre du réseau public ;
- **Raccordement en chaufferie** : création d'un unique poste de livraison en chaufferie afin d'alimenter le réseau technique. Le bailleur conserve alors l'exploitation du réseau de distribution (qui deviendra un réseau « secondaire »).

Au vu des contraintes identifiées, seuls 3 des réseaux sont adaptés en l'état à une cession pour reprise intégrale du réseau par la Ville dans le cadre du projet de réseau public plus large. En effet, en raison d'une absence de système de découplage et d'une partie importante des réseaux en vides sanitaires, il n'apparaît pas pertinent de préconiser une cession des réseaux MONCLAR et Pierre et Marie CURIE.

Réseau	Compatibilité technique	Travaux nécessaires	Estimations des CPEX réseaux*	Volonté de la MOA	Limites de prestations préconisées
LE TRIENNAL	Adéquat	Rénovation du réseau (totale ou partielle)	4 130 k€HT	Oui	Sous-stations primaires
GRANGE d'OREL	Adéquat	Rénovation du réseau (totale ou partielle)	1 500 k€HT	Oui	Sous-stations
PARROCEL GRAND CYPRES	Adéquat	Rénovation du réseau (totale ou partielle)	1 010 k€HT	Oui	Sous-stations
MONCLAR	Inadapté (en l'état)	Rénovation du réseau Création de découplage hydraulique	440 k€HT	SO	Chaufferie
PIERRE ET MARIE CURIE	Inadapté (en l'état)	Rénovation du réseau Création de découplage hydraulique	SO	SO	Chaufferie

* : hors sous-stations

Les réseaux (qu'ils soient repris par la Ville ou conservés) devront faire l'objet d'une rénovation (partielle ou totale) afin de sécuriser la fourniture de chaleur. Une partie de la rénovation de ces réseaux pourra être réalisée par la MOA actuelle via les soldes GER ou autres budgets travaux.

Dans le cadre d'une cession à la Ville, les investissements nécessaires au renouvellement des réseaux seront portés par la DSP. Dans ce cadre, et compte-tenu de l'âge de ces réseaux qui sont amortis, il est d'usage de convenir d'une cession à l'euro symbolique.

2.6.2 Cession / mise à disposition des productions

Afin de valoriser les équipements de production existants, ces derniers peuvent être cédés à la Ville ou bien mis à disposition du futur exploitant du réseau public.

La mise à disposition peut permettre, selon les schémas hydrauliques et bilans de puissance des projets :

- De maintenir un système de production de chaleur décentralisé, permettant de secourir le site en cas de défaut de fourniture du réseau ;
- D'optimiser la puissance des nouvelles installations d'appoint secours du réseau public, en envisageant potentiellement de pouvoir exporter de la puissance vers les abonnés à proximité (en cas de surpuissance actuelle avérée ou via l'ajout de puissance complémentaire dans le local préexistant)

Réseau	Opportunités pour le projet de RCU*	Volonté de la MOA
LE TRIENNAL	Forte Chaufferie et cogé	Oui : Cession
GRANGE d'OREL	Forte Chaufferie et cogé	Oui : Cession
PARROCEL GRAND CYPRES	Chaufferie : Cohérente (travaux nécessaires) Cogé : Forte	Oui : Cession
MONCLAR	Forte Chaufferie et cogé	Oui : Cession
PIERRE ET MARIE CURIE	Moyen/peu opportun	Oui : Cession

* : Les opportunités décrites peuvent être modifiées selon la qualification de l'état des cogénérations, pour laquelle il s'avère nécessaire de faire réaliser des audits par les motoristes en charge de la maintenance des moteurs.

Les Comités techniques ont permis d'identifier que les maitres d'ouvrage sont intéressés par la cession ou mise à disposition de leurs chaufferies. En effet, une fois les résidences raccordées au réseau de chaleur public, les chaufferies n'auront plus d'utilité en dehors du secours éventuel de la fourniture. Cependant, un cumul trop important de chaufferies mises à disposition / cédées peut toutefois contraindre l'exploitation et l'équilibre économique global du projet public. Il convient donc de sélectionner les chaufferies les plus adéquates pour l'infrastructure publique.

Afin de valoriser au mieux ces installations, il peut être pertinent d'utiliser les soldes GER pour la rénovation des équipements de production.

2.6.3 Préconisations et plan d'action

Au vu de la compatibilité des équipements avec le projet de réseau de chaleur et de fraîcheur urbain de la Ville, il ressort du diagnostic des réseaux existants et des échanges avec les maitrises d'ouvrage les conclusions suivantes :

RÉSEAUX :

Une cession des réseaux TRIENNAL, Grange d'Orel et PAROCELL GRAND CYPRES à la Ville pour intégration au projet de réseau de chaleur public. Les échanges concernant les modalités de cession sont, à date de réalisation du rapport final, toujours en cours. A date d'établissement des études et scénarisation et donc dans la suite du rapport, la cession des réseaux est analysée comme « sensibilité ».

CHAUFFERIES :

Une cession des chaufferies du TRIENNAL et Grange d'Orel, permettant :

- D'optimiser la puissance revalorisée en limitant le nombre d'installations à exploiter ;
- De répartir géographiquement les installations d'appoint sur le périmètre du réseau.

Il a été considéré pour les chaufferies retenues que le solde GER serait utilisé pour leurs rénovations (diminuant les investissements induits dans le cadre du réseau public).

Nota postérieure à la finalisation des études : les maitres d'ouvrage n'ont finalement pas orienté les soldes GER sur ces travaux.

Réseau	MOA	Modalités d'intégration des chaufferies	Modalités d'intégration des réseaux
LE TRIENNAL	GDH/AFUL	Cession	Cession - sensibilité
GRANGE d'OREL	GDH/AFUL	Cession	Cession - sensibilité
PARROCEL GRAND CYPRES	ERILIA	SO	Cession - sensibilité
MONCLAR	GDH	SO	SO
PIERRE ET MARIE CURIE	GDH	SO	SO

La cession des équipements sera le cas échéant imposée ; la mise à disposition pourra être imposée ou laissée au libre choix des candidats. Les éventuelles cessions devront être arbitrées en amont de la réalisation du dossier de consultation.

Le plan d'action spécifique est constitué des étapes préalables suivantes :

- Mise en œuvre des opérations de renouvellement éventuelles (GER) ;
- Confirmation des positions des Maitres d'ouvrage concernant la cession des réseaux / mise à disposition ;
- Analyse de l'impact & de l'adéquation des positions ;
- Validation des modalités de cessions / mises à disposition & réalisation des actes (le cas échéant).

3 PROSPECTION ET DÉVELOPPEMENT

3.1 MÉTHODE ET OBJECTIFS

Deux méthodes complémentaires ont été retenues pour la réalisation de la prospection :

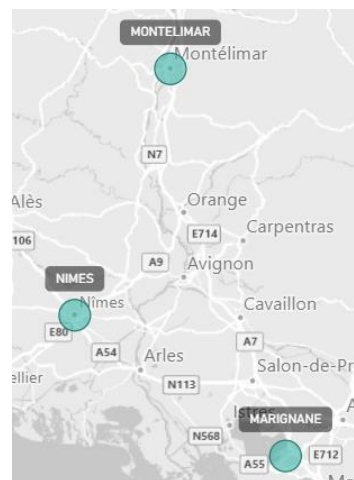
- Recensement à grande échelle : Utilisation des bases de données publiques (GRDF, installations ICPE, ...) permettant d'identifier les gros consommateurs du territoire (notamment les bâtiments tertiaires / industriels) et de contrôler la complétude du recensement précis.
- Recensement précis : Réalisation du listing des maitrises d'ouvrage du territoire et prise de contact afin de récupérer les données précises permettant de qualifier leurs patrimoines et leurs besoins (compatibilité, consommations, usages, ...).

L'ensemble des données sont intégrées au sein d'une base de données, se trouvant en annexe 3.

L'objectif de cette démarche est d'identifier l'ensemble des sites compatibles avec la solution réseau de chaleur et potentiellement de fraîcheur, et de définir les besoins pouvant être couverts par l'infrastructure publique.

3.2 DONNÉES CLIMATIQUES

La station météorologique de référence retenue a été sélectionnée parmi la liste des stations « COSTIC » pour correspondre au mieux aux caractéristiques climatiques du lieu d'étude. L'utilisation des DJU est primordiale pour pouvoir effectuer une comparaison des consommations liées au chauffage / climatisation, celles-ci étant dépendantes de la rigueur climatique. Les DJU nous permettent de ramener les consommations sur une base climatique similaire. Nous utiliserons comme base climatique de référence les DJU trentenaires, communément utilisés en pratique dans la détermination des profils de consommation, qui permettent de ne pas favoriser (ou défavoriser) le profil établi en prenant en compte des conditions climatiques « exceptionnelles ».



La station météorologique retenue dans le cadre de l'étude est la station de NIMES. Les données climatiques de la station de référence sont présentées ci-dessous :

Base 18	Année	Saison de chauffe
2018	1524	1508
2019	1521	1494
2020	1465	1430
2021	1676	1665
2022	1451	1427
Référence	1672	1633

3.3 RECENSEMENT À GRANDE ÉCHELLE

La base de données GRDF synthétisant les consommations de gaz 2021 a été utilisée dans le cadre de l'étude.

Afin de traiter efficacement cette base de données, les hypothèses suivantes ont été retenues :

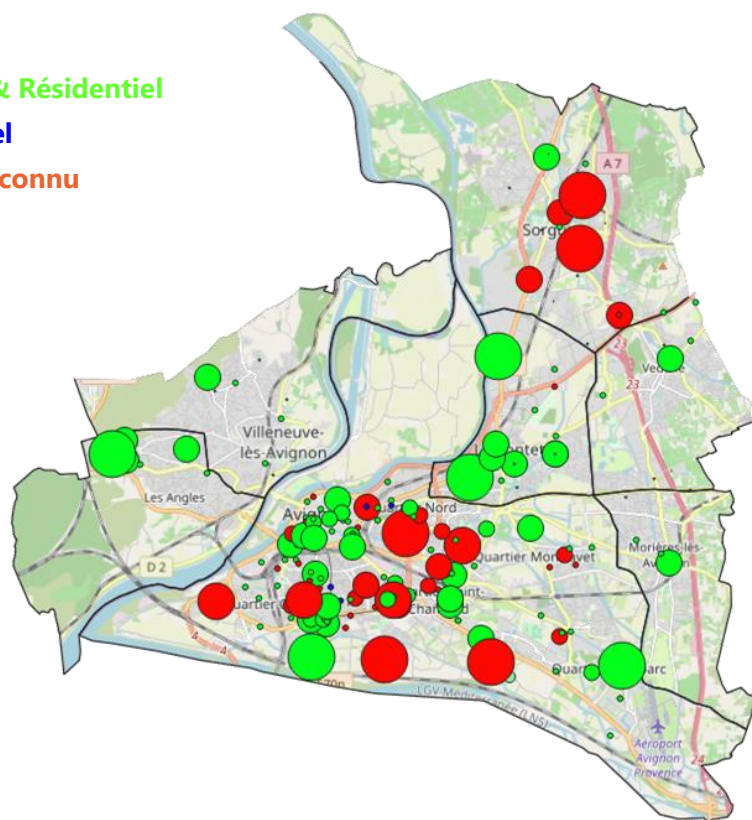
- Filtre de compatibilité :
 - Consommations supérieures à 200 MWh u
 - Points de livraison < 3
- Conversion des consommations :
 - Rendement chaufferie gaz : 87%
 - Coefficient de conversion PCS/PCI : 0.9

Suivant ces hypothèses, la base de données GRDF a permis d'identifier 212 points de consommation pour un total de 315 GWh, répartis de la manière suivante :

Type de consommateurs	Nb de points	Consommations
Industrie	56	187 GWh
Agriculture	2	5 GWh
Tertiaire & Résidentiel*	153	122 GWh
Résidentiel	4	
Non connu	1	0.2 GWh

* : identification d'erreurs de catégorisation

Industrie
Tertiaire & Résidentiel
Résidentiel
Type non connu



En raison de son caractère approximatif, cette base de données sera utilisée pour compléter le recensement précis selon opportunité.

Elle permet également de conclure quant à l'intégration des communes adjacentes au sein de l'étude, en complément de des données du Schéma Directeur National des Réseaux de Chaleur 2030, réalisé par MANERGY en partenariat avec VIA SEVA. En effet, le schéma directeur national identifie des pistes de création de réseaux de chaleur.

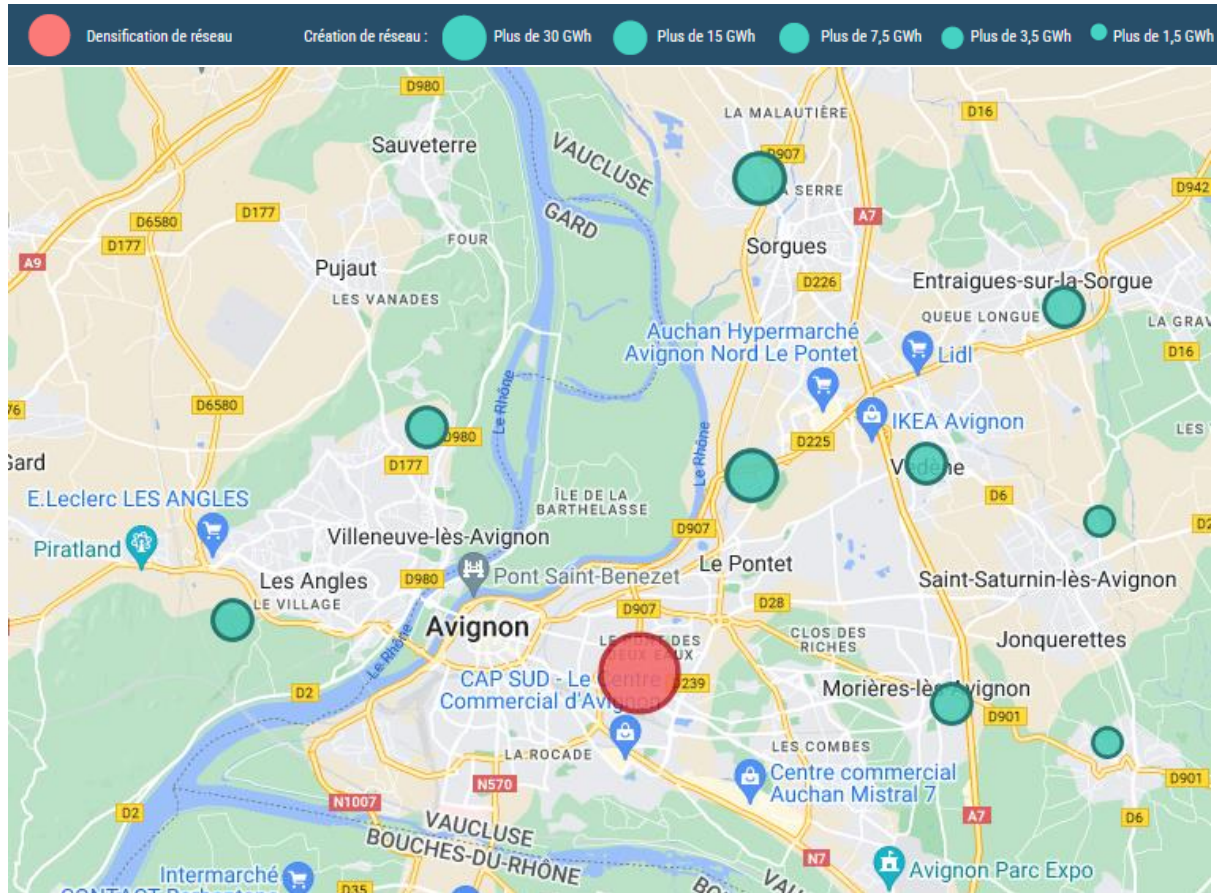
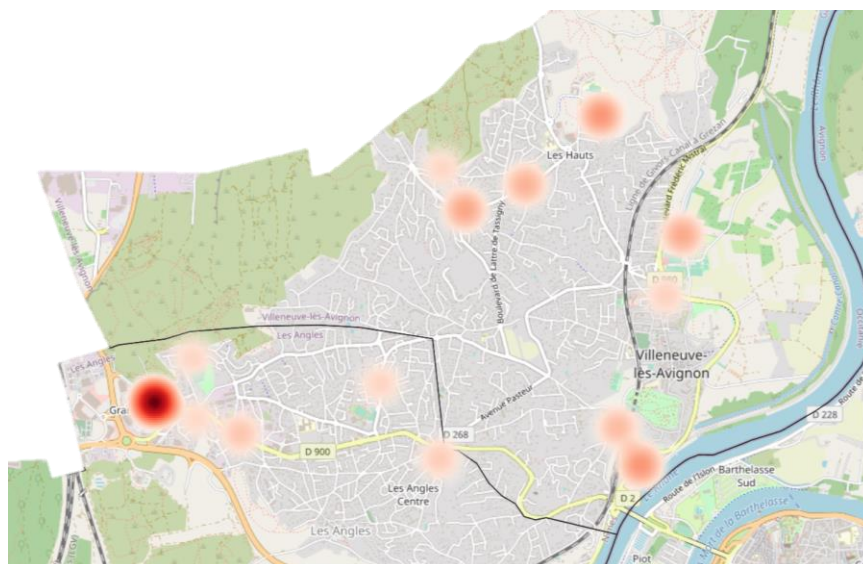


Schéma Directeur National des Réseaux de Chaleur 2030
(<https://www.reseauxdechaleur2030.fr/>)

LES ANGLES ET VILLENEUVE-LÈS-AVIGNON :

Le recensement à grande échelle permet de mettre en évidence l'absence de continuité urbaine / rupture de densité énergétique avec le périmètre de base. En complément, le raccordement de ces communes nécessiterait le franchissement du Rhône, qui aurait un impact économique considérable sur le projet. Il n'apparaît donc pas pertinent d'intégrer ces communes dans la suite de l'étude.



Il peut cependant s'avérer pertinent d'étudier des projets indépendants de petits réseaux EnR&R à l'échelle de quartier, voir bâtementaire, sur ces communes (Grand Angle, Hauts de Villeneuve, bords du Rhône côté Villeneuve,...). Le schéma directeur national identifie des opportunités de création de réseaux sur ces communes :

Commune	Type	Potentiel moyen
Les Angles	Création	5.2 GWhu
VILLENEUVE-LÈS-AVIGNON	Création	7.2 GWhu

Ces opportunités devront être confirmées par la réalisation d'une étude de faisabilité.

SORGUES :

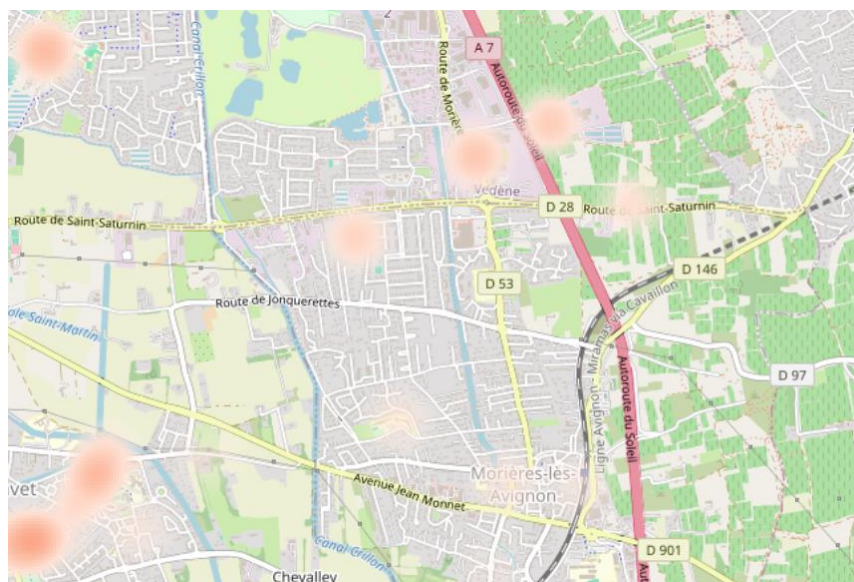
Le potentiel présent sur la commune est majoritairement constitué d'industriel dont l'interaction avec les réseaux de chaleur publics peuvent s'avérer peu fructueux. Il existe néanmoins des besoins a priori assez importants dans l'habitat collectif également. L'éloignement des consommateurs conduit néanmoins une rupture de densité énergétique avec le cœur du projet avignonnais. Il n'apparaît donc pas pertinent d'intégrer ces communes dans la suite de l'étude.

Il est toutefois préconisé de mener une étude de développement d'un réseau de chaleur à l'échelle de la commune de Sorgues et de creuser les perspectives de valorisation de chaleur fatale (voir chapitre 5). En effet, le schéma directeur national identifie une opportunité de création d'un réseau de chaleur :

Commune	Type	Potentiel moyen
SORGUES	Création	14.6 GWhu

MORIÈRES-LÈS-AVIGNON & VEDENE :

Les deux communes ne semblent pas présenter de fort potentiel, et comportent une absence de continuité urbaine avec le cœur du projet. Il n'apparaît donc pas pertinent de les intégrer dans la suite de l'étude.



Il peut cependant s'avérer pertinent d'étudier des projets indépendants de petits réseaux EnR&R à l'échelle de quartier, voir bâtimentaire, sur ces communes. En effet, le schéma directeur national identifie une opportunité de création d'un réseau de chaleur :

Commune	Type	Potentiel moyen
MORIÈRES-LÈS-AVIGNON	Création	4.1 GWhu
VEDENE	Création	6 GWhu

LE PONTET :

La commune du Pontet comporte d'important consommateurs, et s'avère être entre la commune d'Avignon et l'Unité de Valorisation Énergétique du Grand Avignon (voir chapitre 5). Cette commune pourrait donc être intégrée dans la suite de l'étude selon les opportunités identifiées sur le périmètre de base en termes de production ENR&R. En tout état de cause, la réalisation d'une étude de développement d'un réseau de chaleur sur la commune du Pontet apparaît pertinente et est préconisée. Le schéma directeur national identifie le potentiel suivant sur la commune :

Commune	Type	Potentiel moyen
LE PONTET	Création	10.9 GWhu

3.4 RECENSEMENT PRÉCIS

Dans le cadre du recensement précis, les principales entités suivantes ont été identifiées et contactées pour la récupération des données de recensement :

- Région : Lycées ;
- Département : collèges et bâtiments techniques / bureaux ;
- Université ;
- Avignon et Grand Avignon : Bâtiments communaux et communautaires ;
- Clinique Korian
- CH Montfavet
- CH Avignon
- Groupe ELSAN
- Sapeurs-pompiers
- Bailleurs : Grand Delta Habitat, ERILIA, ADOMA, Famille Provence, I3F
- Réseaux privés de chaleur d'Avignon

Concernant les copropriétés, la base de données de l'ANAH a été utilisée.

La ville d'Avignon a également transmis les données relatives aux programmes d'aménagement urbains.

Seuls les sites compatibles (prospects), c'est-à-dire disposant d'installations hydrauliques collectives et adéquates vis à vis du fonctionnement standard des réseaux de chaleur, sont conservés pour la suite de l'étude.

En première approche, les sites sont distingués selon leurs niveaux de consommations, permettant d'optimiser la densité thermique du réseau :

- Chaleur :
 - Prospects critérisés : consommations > 200 MWhu (>100 MWhu pour les bâtiments communaux) ;
 - Densification : consommations < 200 MWhu (<100 MWhu pour les bâtiments communaux), intégrés selon analyse cartographique au cas par cas ;
- Fraicheur :
 - Prospects critérisés : consommations > 200 MWhu (>100 MWhu pour les bâtiments communaux) ;
 - Densification : consommations < 200 MWhu (<100 MWhu pour les bâtiments communaux), intégrés selon analyse cartographique au cas par cas ;

En cas d'absence de consommations réelles, les besoins sont estimés sur la base de ratio en fonction du nombre de logements ou de la surface des bâtiments.

Dans le cadre de l'Eau Chaude Sanitaire (ECS), lorsque le mode de production est inconnu (individuel ou collectif), 50% des consommations sont retenues par hypothèse afin de prendre en compte qu'une partie des sites sont effectivement équipés d'une production collective.

3.4.1 Copropriétés

La base de données de l'ANAH recense 777 copropriétés sur le territoire avignonnais, et dispose d'informations intéressantes sur le type production de chauffage et d'ECS.

Sites Compatibles – Chauffage collectif	Sites Compatibles –Taille suffisante & collectif	Sites Compatibles –Taille insuffisante & collectif
135 sites 38 GWhu	84 sites 33.6 GWhu	51 sites 4.4 GWhu
Prospects	Prospects critérisés	Densification

Le raccordement aux réseaux de chaleur nécessitant une validation lors d'une assemblée générale, il n'est pas rare que certaines copropriétés mettent beaucoup de temps à se positionner en faveur du raccordement voir ne retiennent pas cette solution pour la production d'énergie nécessaire à leurs usages. Un taux de réussite commerciale de 75% a donc été retenu en hypothèse. Ce taux a ensuite été discrétisé et challengé avec le tracé prévisionnel du réseau.

Les besoins identifiés corrigés du taux de commercialisation pour l'habitat privé sont de 25.2 GWh. Ces besoins seront retenus pour la suite de l'étude.

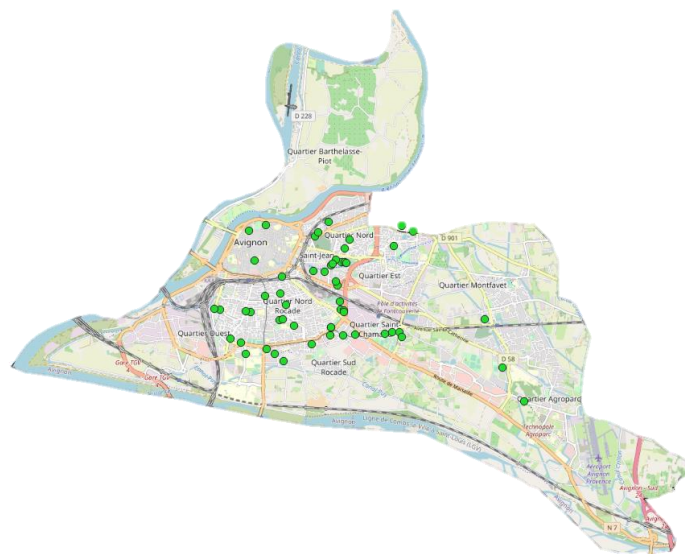


3.4.2 Bailleurs

Nous avons recensé 360 sites appartenant aux bailleurs sur le territoire avignonnais.

Sites Compatibles – Chauffage collectif	Sites Compatibles –Taille suffisante & collectif	Sites Compatibles –Taille insuffisante & collectif
108 sites 71.8 GWhu	65 sites 68 GWhu	57 sites 3.8 GWhu
Prospects	Prospects critérisés	Densification

Les besoins identifiés sont de 68 GWhu. Ces besoins seront retenus pour la suite de l'étude.



3.4.3 Santé

Nous avons recensé 6 sites de santé sur le territoire avignonnais :

- CH Avignon
- CH Montfavet
- Groupe ELSAN (x3)
- Clinique Korian (projet)

Sites Compatibles – Chauffage collectif	Sites Compatibles –Taille suffisante & collectif	Sites Compatibles –Taille insuffisante & collectif
6 sites 30.3 GWhu	6 sites 30.3 GWhu	0 site 0 GWhu
Prospects	Prospects critérisés	Densification

Sites Compatibles – Rafraichissement collectif	Sites Compatibles –Taille suffisante & collectif	Sites Compatibles –Taille insuffisante & collectif
6 sites 20 GWhu	6 sites 20 GWhu	0 site 0 GWhu
Prospects	Prospects critérisés	Densification

Les besoins identifiés sont de 30.3 GWhu pour la chaleur et de 20 GWhu pour le rafraichissement. Ces besoins seront retenus pour la suite de l'étude.



3.4.4 Tertiaires

Nous avons recensé 76 bâtiments tertiaires autres que les bâtiments publics (voir ci-après) sur le territoire avignonnais :

- Joly Jean
- BEL AIR
- Grand Cyprès
- Confluence
- MIN
- SDMIS

Historiquement sur les réseaux de chaleur en France, les grands tertiaires ne se raccordent que peu aux réseaux de chaleur. Par ailleurs, il est délicat au stade des présentes études de disposer d'une prospection complète pour le tertiaire privé. Une grande partie d'entre eux sont par ailleurs équipés de systèmes électriques, parfois compatibles avec un réseau de chaleur ou fraîcheur (ex : PAC air/eau), parfois non (ex : VRV). La majeure partie des gros tertiaires du territoire n'a donc pas été intégrée au sein de la prospection (voir 3.4.7).

Sites Compatibles – Chauffage collectif	Sites Compatibles –Taille suffisante & collectif	Sites Compatibles –Taille insuffisante & collectif
18 sites 4.6 GWhu	11 sites 4.1 GWhu	7 sites 0.5 GWhu
Prospects	Prospects critérisés	Densification

Sites Compatibles – Rafraîchissement collectif	Sites Compatibles –Taille suffisante & collectif	Sites Compatibles –Taille insuffisante & collectif
13 sites 3.9 GWhu	9 sites 3.4 GWhu	4 sites 0.5 GWhu
Prospects	Prospects critérisés	Densification

La majeure partie des sites identifié font partie des programmes d'aménagements définis au 3.4.6, justifiant les besoins relativement bas.

Les besoins identifiés sont de 4.1 GWhu pour la chaleur et de 3.4 GWhu pour le rafraîchissement. Ces besoins seront retenus pour la suite de l'étude.



3.4.5 Collectivités

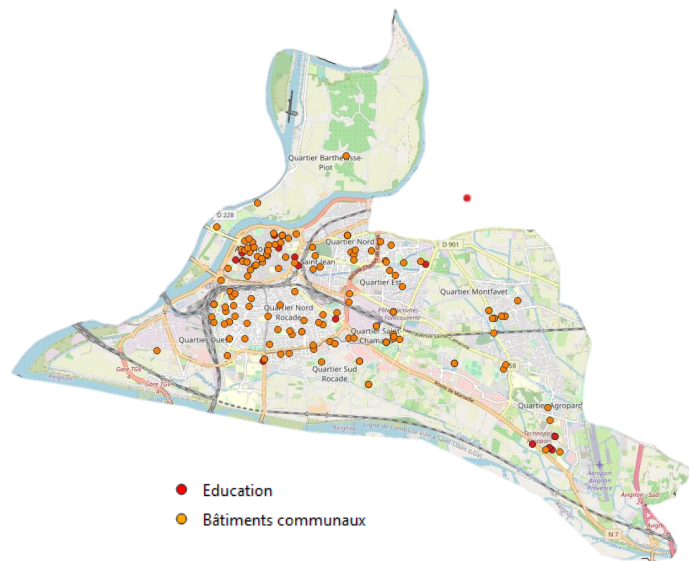
Nous avons recensé 189 bâtiments appartenant à des collectivités sur le territoire avignonnais :

- Bâtiments communaux d'Avignon
- Université d'Avignon
- Département - Collèges
- Région – Lycées
- Grand Avignon
- Autres services d'État

Sites Compatibles – Chauffage collectif	Sites Compatibles –Taille suffisante & collectif	Sites Compatibles –Taille insuffisante & collectif
122 sites 16.5 GWhu	46 sites 13 GWhu	76 sites 3.5 GWhu
Prospects	Prospects critérisés	Densification

Sites Compatibles – Rafraîchissement collectif	Sites Compatibles –Taille suffisante & collectif	Sites Compatibles –Taille insuffisante & collectif
7 sites 2 GWhu	5 sites 1.8 GWhu	2 sites 0.2 GWhu
Prospects	Prospects critérisés	Densification

Les besoins identifiés sont de 13 GWhu pour la chaleur et de 1.8 GWhu pour le rafraîchissement. Ces besoins seront retenus pour la suite de l'étude.



3.4.6 Aménagements urbains

3.4.6.1 Programmes d'aménagement

Nota : Les consommations estimées ci-après peuvent déjà être affectées au sein des catégories présentées ci-avant.

Sur le territoire avignonnais, 6 projets d'aménagement ont été recensés :

- Écoquartier Joly Jean
- Gare de Montfavet
- Avignon Confluence
- Quartier Bel Air
- AGROPARC
- Grand Cyprès / Trillade

Afin de répondre de façon plus vertueuse à une demande croissante de climatisation / rafraîchissement dans les bâtiments tertiaires et d'habitation, la production de fraîcheur par des moyens moins émissifs en CO₂, et sa distribution efficace en réseau sera considérée dans le cadre des programmes d'aménagement, même si une prise en compte ambitieuse du confort d'été par des choix architecturaux et techniques doit rester la priorité.



Dans la limite des éléments disponibles, les programmations des projets ont été transmises et analysées dans le cadre du présent projet. Les synthèses se trouvent en annexe 4.1.

Programme	Intégration à la liste prospective*	Besoins de chaleur	Besoins de fraîcheur
Joly Jean	✓	2.5 GWhu	3.8 GWhu
Gare de Montfavet	✓	0.6 GWhu	0.9 GWhu
Confluence (1 ^{er} macro-lot)	✓	2 GWhu	2 GWhu
Bel Air	✓	2.8 GWhu	3.9 GWhu
Agroparc	✗		
Grand Cyprès / Trillade	✓	0.2 GWhu	0.2 GWhu
		8.1 GWhu	10.8 GWhu

* : ne préjugant pas de la conclusion concernant l'intégration de ces programmes au sein d'un des scénarios de développement.

Les bâtiments compatibles des programmes d'aménagement, si retenus et sauf indication spécifique, seront intégrés dans leurs intégralités indépendamment des critères de consommation définis précédemment.

3.4.6.1.1 Écoquartier Joly Jean

Sur l'ensemble du programme, 26 lots ont été intégrés au sein de la liste de prospection. Seuls les lots ayant une programmation trop avancée n'ont pas été retenus. Ils pourront potentiellement néanmoins être raccordés si jamais les systèmes retenus par les promoteurs se trouvent être compatibles avec un réseau de chaleur et de froid.

Sites Compatibles – Chauffage collectif	Sites Compatibles – Rafraîchissement collectif
26 sites	26 sites
2.5 GWhu	3.8 GWhu
Prospects	Prospects



3.4.6.1.2 Gare de Montfavet

Sur l'ensemble du programme, la totalité des bâtiments collectifs ont été intégrés au sein de la liste de prospection. Un seul point de consommation a été considéré pour l'étude.

Sites Compatibles – Chauffage collectif	Sites Compatibles – Rafrachissement collectif
1 site	1 site
0.6 GWhu	0.9 GWhu
Prospects	Prospects



3.4.6.1.3 Avignon Confluence

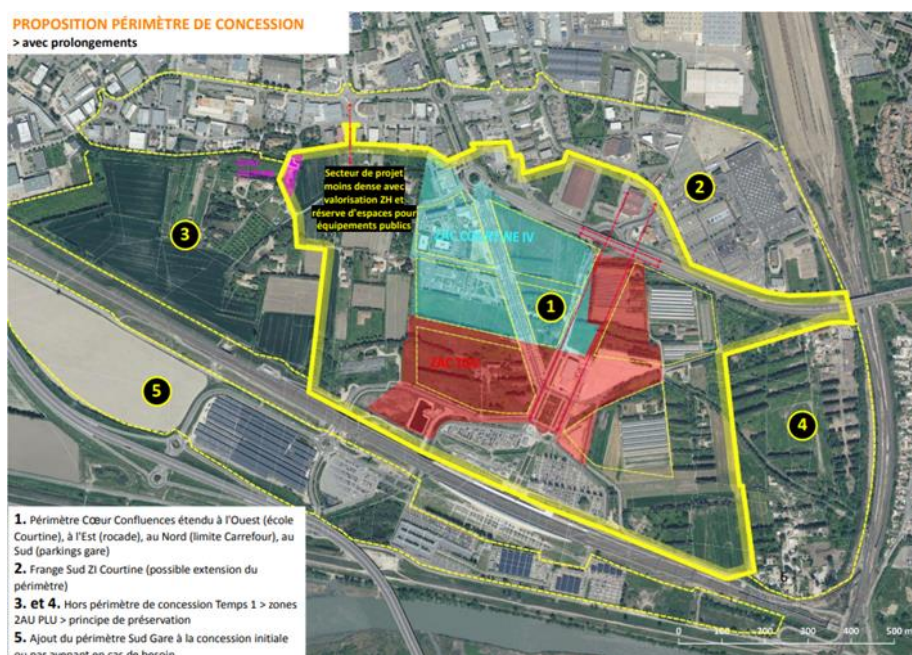
La programmation du projet d'aménagement Confluence (576 000 m² de résidentiel et tertiaire) n'est que partiellement connue à date de réalisation du schéma directeur. Ce projet sera donc intégré dans la limite des informations à disposition, soit la programmation du macro-lot 1 (40 000 m²).

Dans le cadre d'une zone d'aménagement de ce type et lors de la création d'un réseau, certains sujets sont à aborder :

- Limites de prestations :
 - Travaux réseau : Aménageur VS Délégué ?
 - Exploitation : Aménageur VS Délégué ?
- Solutions techniques :
 - Réseaux de chaleur / fraîcheur ?
 - Point de livraison par lot / par bâtiment / par ZAC ?

Dans le cadre de la présente étude, la production de chaleur et de fraîcheur avec une livraison unique pour le macro-lot a été retenue.

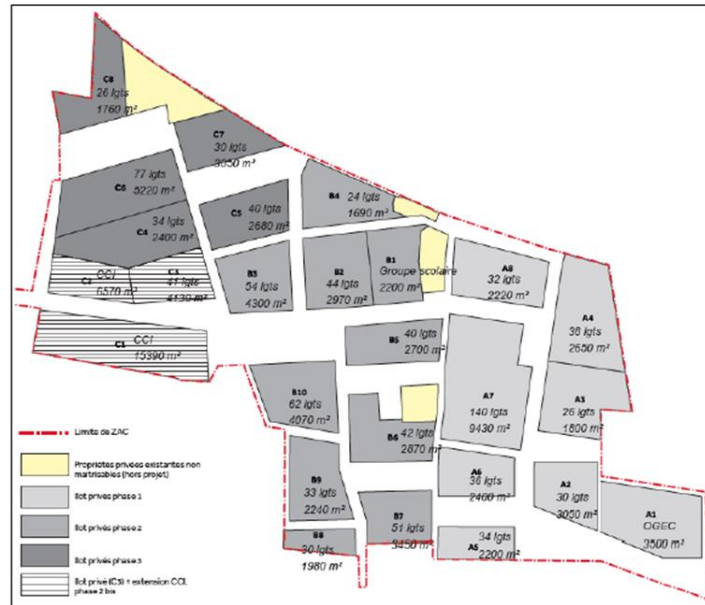
Sites Compatibles – Chauffage collectif	Sites Compatibles – Rafraîchissement collectif
2 sites	2 sites
1.7 GWhu	2 GWhu
Prospects	Prospects



3.4.6.1.4 Quartier BEL AIR

Sur l'ensemble du programme, 21 lots ont été intégrés au sein de la liste de prospection. Seuls les lots ayant une programmation trop avancée n'ont pas été retenus. Ils pourront potentiellement néanmoins être raccordés si jamais les systèmes retenus par les promoteurs se trouvent être compatibles avec un réseau de chaleur et de froid.

Sites Compatibles – Chauffage collectif	Sites Compatibles – Rafraîchissement collectif
21 sites	21 sites
2.8 GWhu	3.9 GWhu
Prospects	Prospects



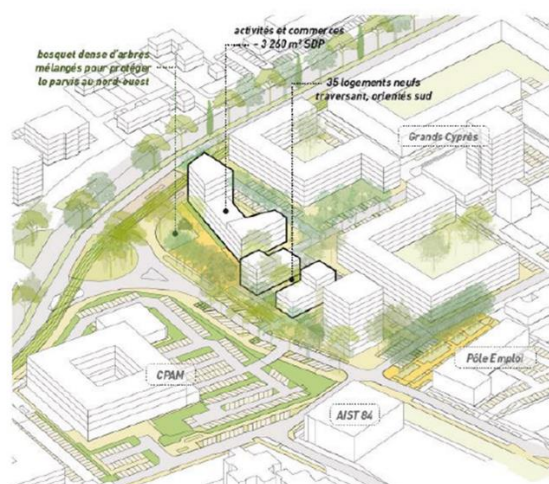
3.4.6.1.5 AGROPARC

Le projet d'aménagement Agroparc ayant une programmation trop avancée, ce projet n'a pas été retenu dans le cadre de l'étude.

3.4.6.1.6 GRAND CYPRES / TRILLADE

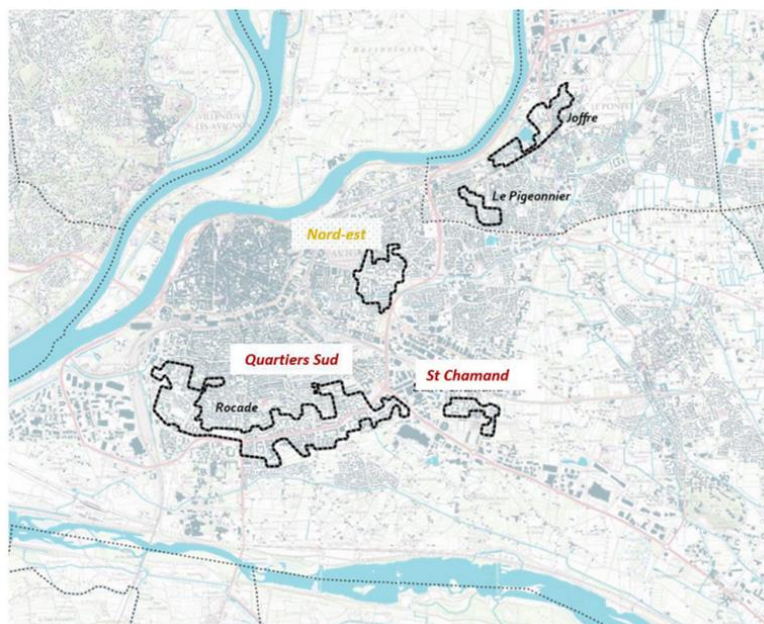
Le programme d'aménagement Grand Cypres / Trillade a été intégré au sein de l'étude.

Sites Compatibles – Chauffage collectif	Sites Compatibles – Rafraîchissement collectif
2 sites	2 sites
0.2 GWh	0.2 GWh
Prospects	Prospects



3.4.6.2 NPNRU

Le Nouveau Programme National de Renouvellement Urbain (NPNRU) impacte 3 quartiers de la commune d'Avignon.



Les enjeux de l'interaction entre ce programme et le projet de réseau de chaleur sont les suivants :

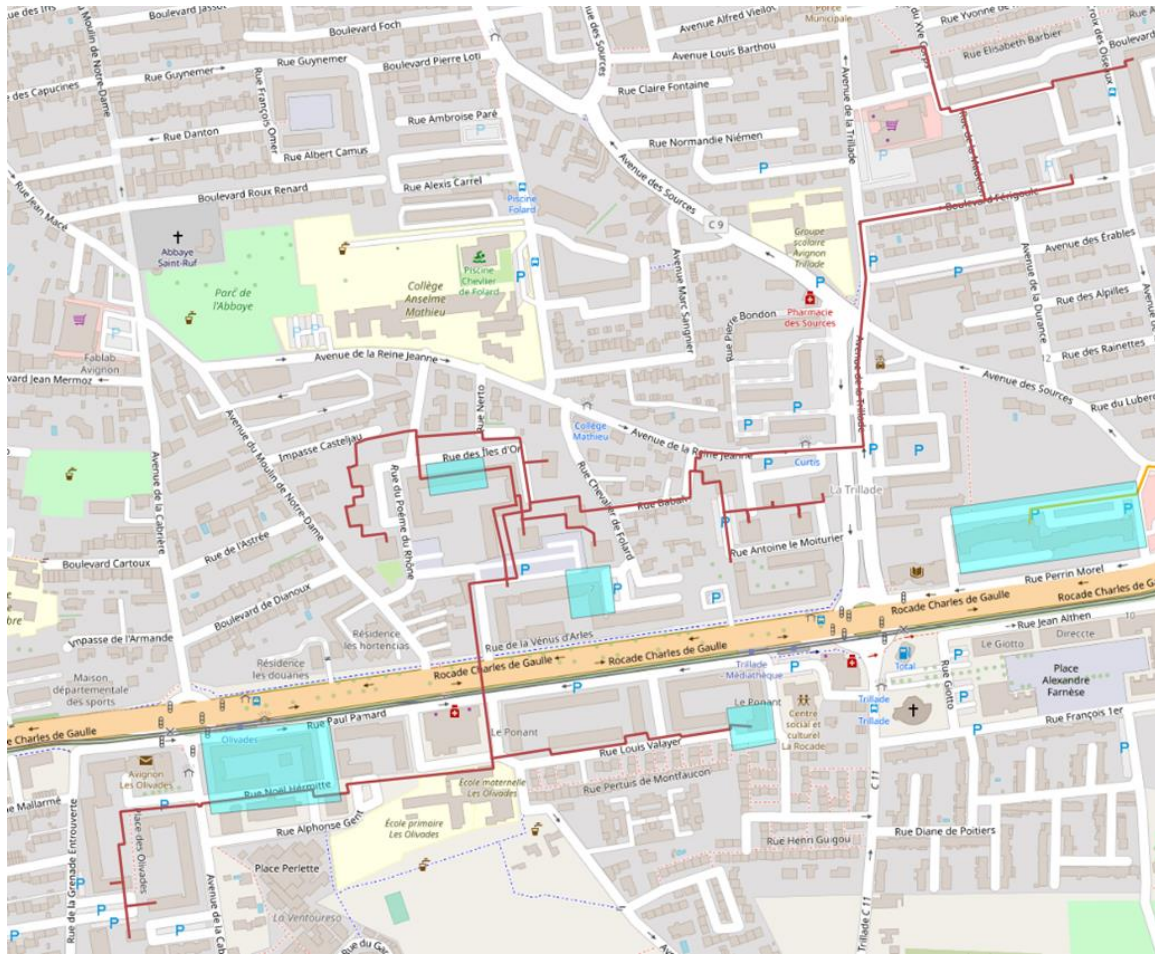
- Prendre en considération les baisses de consommation des résidences concernées ;
- Prendre en compte le réaménagement urbain associé ;
- Évaluer les impacts techniques sur les installations de production/distribution ;
- Articuler les calendriers d'intervention.

Dans le cadre de l'étude, les fiches programmes de chaque opération ont été analysées. Le détail des fiches se trouve en annexe 4.2.

Concernant l'impact des travaux sur les réseaux existants, nous identifions plusieurs interactions possibles (zones bleues) sur deux des réseaux. La finalisation de l'analyse de ces interactions sera réalisée par les services en charge du NPNRU.

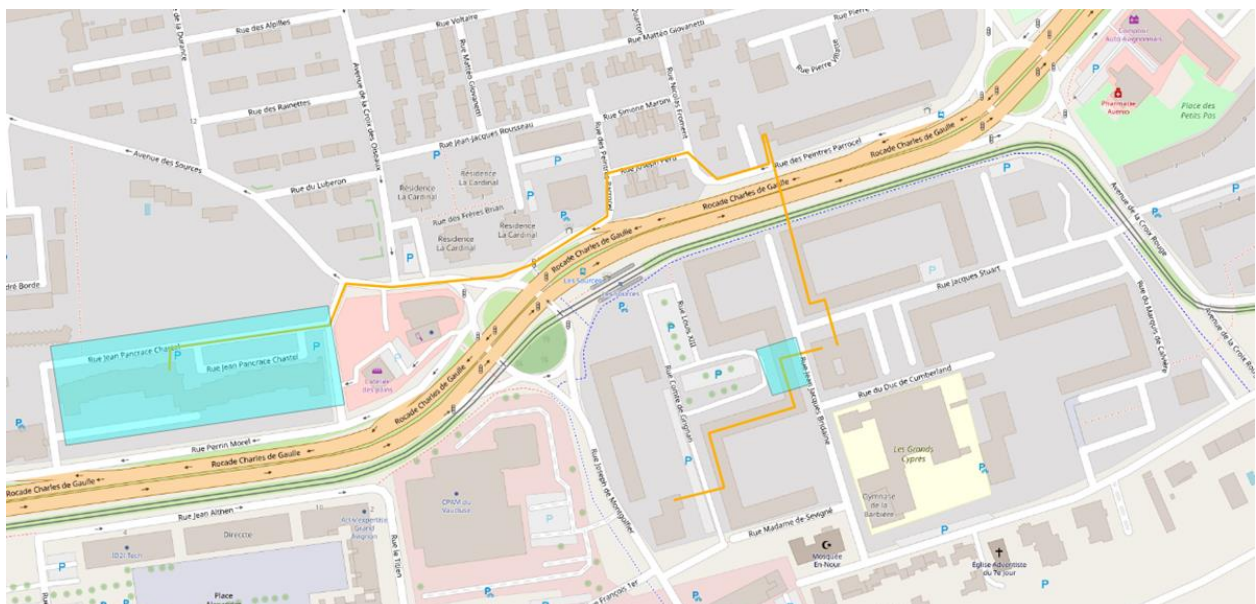
RÉSEAU LE TRIENNAL :

- Mistral : Déplacement d'une sous-station ?
- Ponant : Déplacement d'une sous-station
- Alizée : suppression d'une sous-station
- Tramontane :
 - Déplacement de deux sous-stations ?
 - Interaction entre les travaux envisagés et le réseau ?

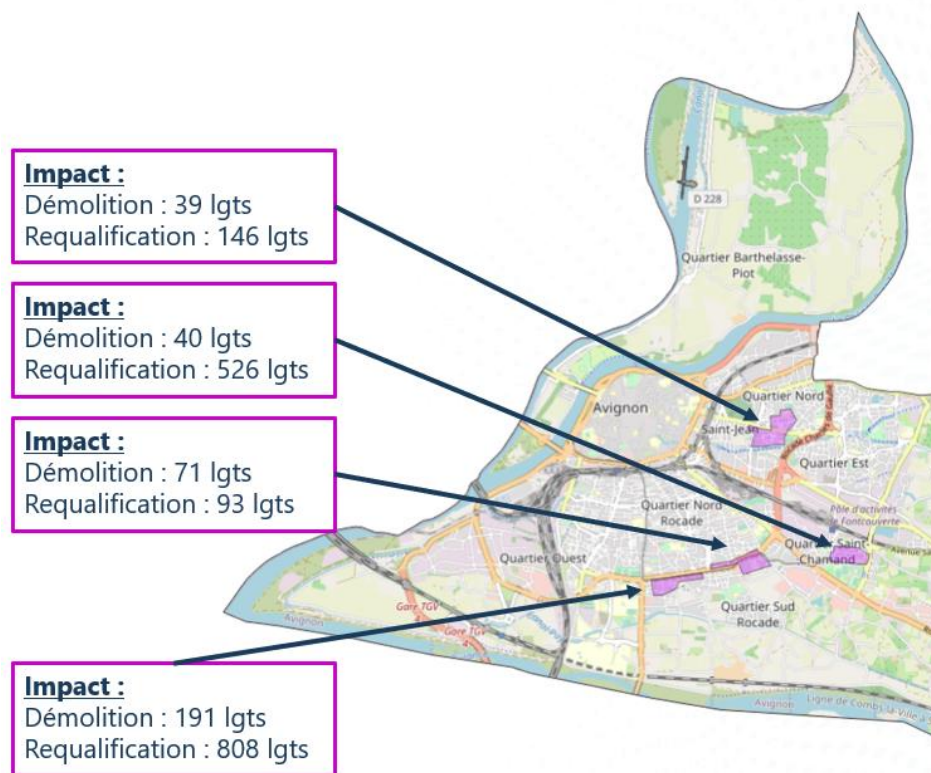


PARROCEL GRAND CYPRES

- Treilles blanches : Impact de la résidentialisation ?
- Grand Cyprés : interaction entre les travaux et le réseau ?



Concernant l'évolution du patrimoine présent sur le périmètre de l'étude, les impacts suivants ont été intégrés au sein de l'étude.



3.4.7 Perspectives complémentaires de développement à long terme

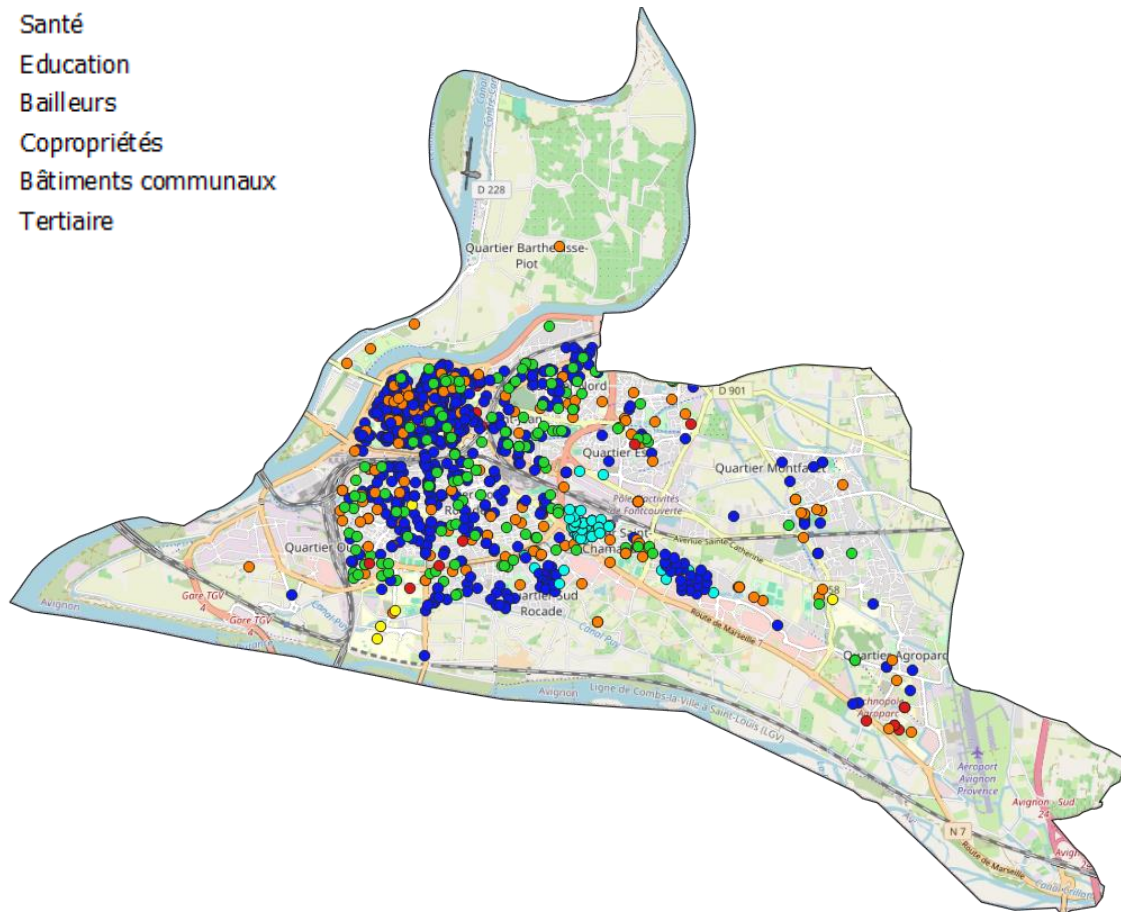
En raison d'absence de données ou de fortes incertitudes concernant leurs éventuels raccordements, certains bâtiments ont été exclus de la liste de prospection. Ces bâtiments peuvent néanmoins constituer un levier d'optimisation du projet :

- Lots ultérieurs du projet « Confluence »
- Zone commerciale le long de la N7 (Mistral7, Cap Sud, etc)
- Tertiaires diffus
- Totalité du MIN (post travaux de mise en compatibilité)

3.4.8 Synthèse de la prospection

Lors de la phase de prospection, 369 sites ont été identifiés (chaleur et rafraîchissement) compatibles avec le réseau de chaleur et de fraîcheur urbain sur le périmètre de la commune.

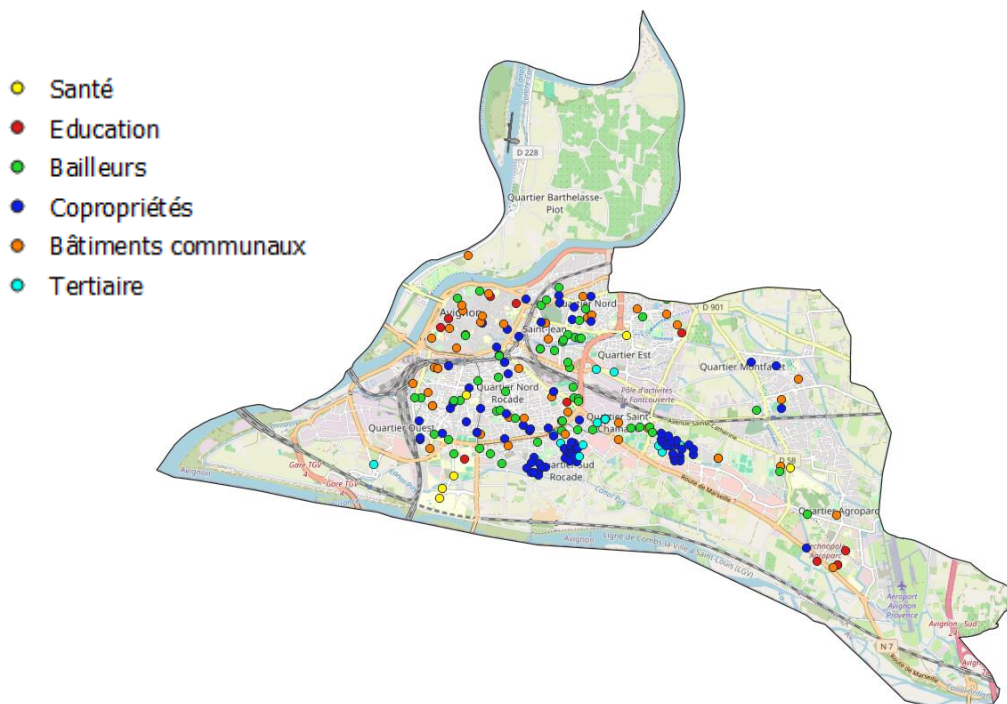
- Santé
- Education
- Bailleurs
- Copropriétés
- Bâtiments communaux
- Tertiaire



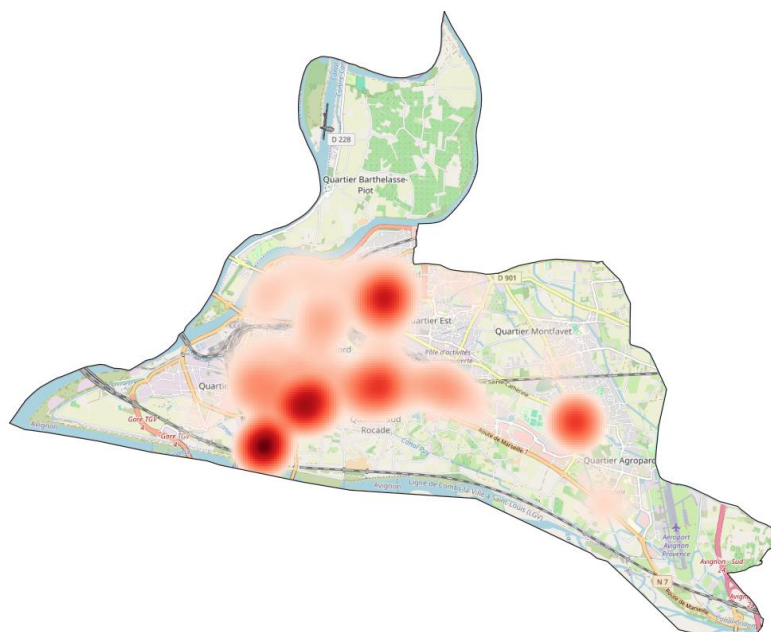
3.5 DÉFINITION DES BESOINS

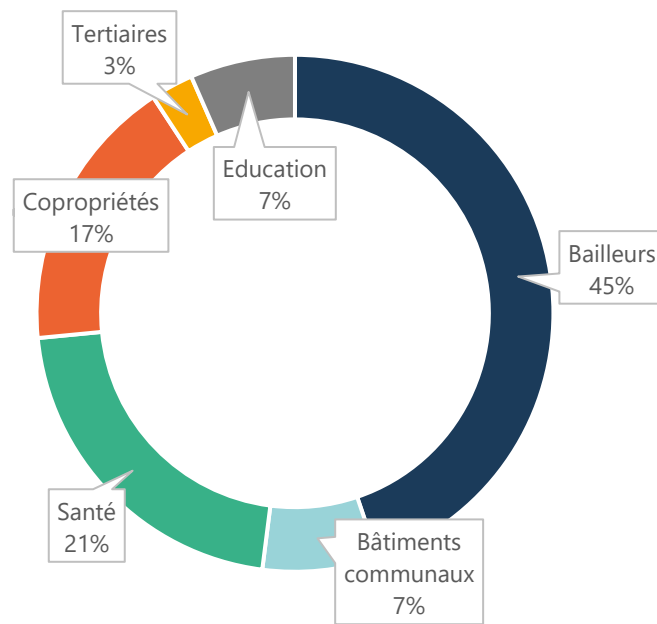
3.5.1 Besoins de chaleur

Après application des critères définis au 3.4 (et après intégration des programmes d'aménagement), 191 sites compatibles et de taille suffisante pour intégrer le projet ont été pré-retenus



Ces 191 sites représentent des besoins s'élevant à 134 GW_{th}, majoritairement concentrés autour de la rocade sud de la commune.



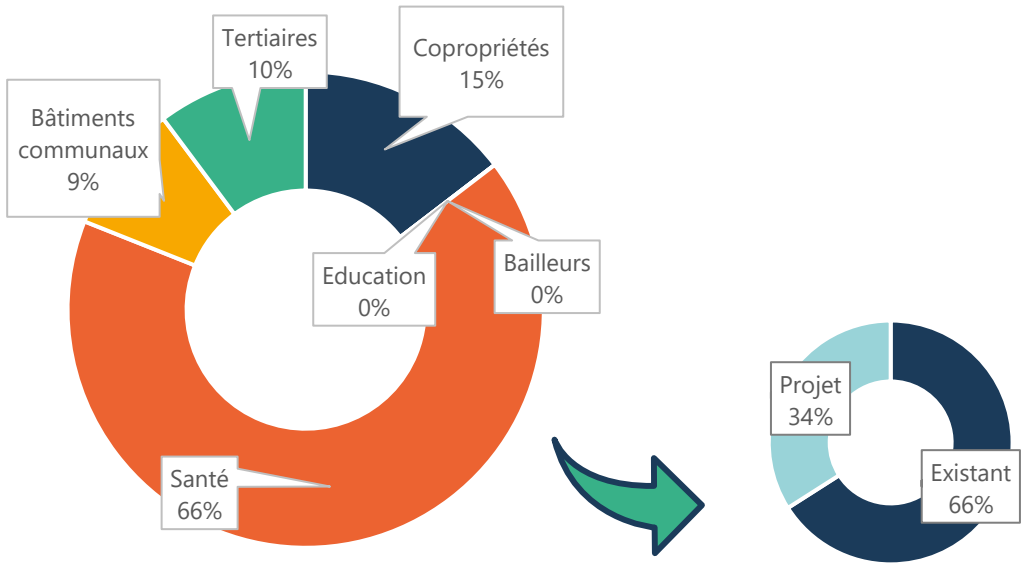
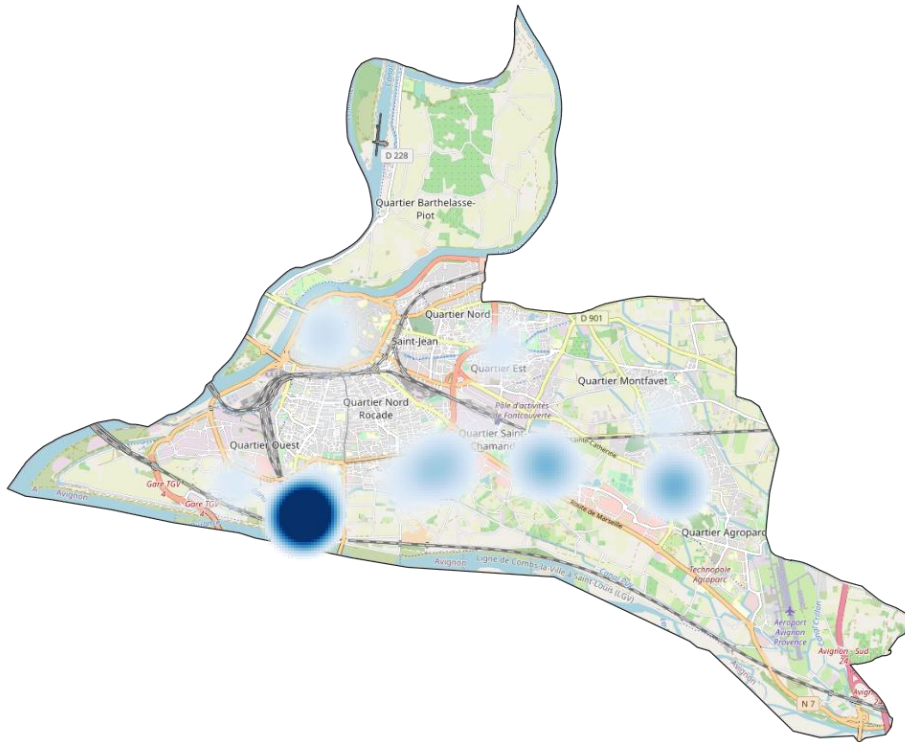


3.5.2 Besoins de fraîcheur

Après application des critères définis au 3.4 (et après intégration des programmes d'aménagement), 63 sites compatibles et de tailles suffisantes pour intégrer le projet ont été identifiés



Ces 63 sites représentent des besoins s'élevant à 32 GWhu, majoritairement concentrés autour de la rocade sud de la commune.



4 SCÉNARIOS DE DESSERTE

4.1 ANALYSE DES ZONES À FORT POTENTIEL

Dans le but d'optimiser la densité du tracé prévisionnel des réseaux, le périmètre de l'étude a été découpé en zones, permettant d'analyser la pertinence d'un développement du réseau selon le potentiel identifié. Ces zones intègrent les contraintes techniques fortes, telles que le franchissement de ponts, voies ferrées, Ce découpage a été réalisé sur la base des besoins de chaleur.



Les caractéristiques des zones obtenues sont présentées ci-dessous :

Chaleur		
Zones	NB de points	Consommations Totales [MWhu]
Z1	10	3196
Z2	28	15024
Z3	31	15266
Z4	23	15627
Z5	9	10766
Z6	33	22554
Z7	5	21598
Z8	9	4559
Z9	6	3044
Z10	4	11749
Z11	5	2905
Z12	26	6120
Z13	2	1750
Total Zone	191	134160

Fraicheur		
Zones	NB de points	Consommations Totales [MWhu]
Z1	3	1094
Z2	1	186
Z3	0	0
Z4	0	0
Z5	4	511
Z6	26	4080
Z7	3	15328
Z8	1	1003
Z9	1	880
Z10	1	3519
Z11	0	0
Z12	21	3900
Z13	2	2086
Total Zone	63	32587

L'analyse de la cohérence du développement du réseau sera réalisée selon le tracé prévisionnel nécessaire au raccordement de l'ensemble des sites retenus.

4.2 TRACÉS PRÉVISIONNELS DES RÉSEAUX

4.2.1 Dispositions techniques

Dans le cadre d'un service public de production et distribution de chaleur et de fraîcheur, plusieurs fonctionnements peuvent être envisagés selon les ressources EnR&R disponibles et selon les ambitions du projet pour encourager la synergie entre les réseaux de chaleur et de fraîcheur :

- Organisation du réseau de chaleur :
 - Création de plusieurs réseaux distincts ;
 - Création d'un réseau de plus grande ampleur.
- Organisation du réseau de fraîcheur :
 - Création de réseau à l'échelle de quartiers / bâtiments / ZAC ;
 - Création d'un réseau de plus grande ampleur ;
 - Productions de fraîcheur décentralisées à partir de chaleur ;
 - Etc.
- Moyens techniques mis en œuvre :
 - Mise en œuvre d'un réseau de fraîcheur en parallèle du réseau de chaleur ;
 - Mise en œuvre d'une boucle tempérée ;
 - Mutualisation des productions de chaleur et fraîcheur ;
 - En cas de nécessité, centralisation de la production via une énergie non renouvelable ;
 - Etc.

En première approche, nous conserverons l'hypothèse de deux réseaux distincts, construits en parallèle afin de conserver une synergie entre les infrastructures lors des travaux de réalisation et permettant, au vu des potentiels estimés, de nourrir des ambitions propres à chaque installation.

4.2.2 Tracés prévisionnels des réseaux

4.2.2.1 Méthode appliquée

Dans un premier temps, l'ensemble des points de consommations retenus ont été interconnectés par un unique réseau. À la suite de ce premier tracé, une analyse de la densité énergétique du réseau est réalisée. Cette analyse permet d'identifier les possibilités offertes par le territoire afin d'optimiser cette densité, indicateur de performance énergétique et économique d'un projet. Cette analyse est effectuée sur la base des seuils suivants et des ambitions de la commune :

- Chaleur & fraîcheur - Seuil subventionnement ADEME (fonds chaleur) : 1,5 MWh/ml
- Chaleur - Cible pour le projet (retour d'expérience) : ≈ 3 MWh/ml

Nota : En raison des retours d'expérience bien moins nombreux des réseaux de fraîcheur, il n'a pas été établi de densité cible consolidée pour ces installations.

4.2.2.2 Réseau de chaleur

Afin de raccorder l'ensemble des prospects retenus, nous avons réalisé un tracé prévisionnel sur l'ensemble du territoire en tenant compte des contraintes d'urbanisme de la commune, dont les principales identifiées sont :

- Franchissement de la ligne de TRAM : franchissement de la ligne de TRAM au niveau du passage emprunté par le réseau existant « PARROCEL GRAND CYPRES » sur la rocade Charles de Gaulle.
- Prise en compte de la circulation :
 - Absence de travaux « réseaux » sur le boulevard Limbert et boulevard Saint Michel.
 - Limitation de travaux « réseaux » sur la route de Marseille
- Franchissement des lignes SNCF : Raccordement de la zone 13 (Confluence) via le chemin de la digue et le chemin des anciens vergers
- Contraintes d'accessibilités / gêne : absence de travaux « réseaux » au sein de l'hypercentre (zone intramuros).



Zones	Consommations Totales [MWh]	Longueur de réseau [ml]	Densité [MWh/ml]
Z1	2384	542	4.40
Z2	15024	4874	3.08
Z3	15266	5534	2.76
Z4	15627	6060	2.58
Z5	10766	2336	4.61
Z6	22554	7078	3.19
Z7	21598	1949	11.08
Z8	4559	4326	1.05
Z9	3044	4231	0.72
Z10	11749	2558	4.59
Z11	2905	1255	2.32
Z12	6120	5376	1.92
Z13	1750	2218	0.79
Total Zone	134160	48337	2.76

4.2.2.3 Réseau de fraîcheur

Suivant les hypothèses retenues précédemment, nous avons réalisé un tracé prévisionnel du réseau de fraîcheur en parallèle du réseau de chaleur, sur les zones pertinentes en tenant compte des contraintes d'urbanisme de la commune, dont les principales identifiées sont :

- Prise en compte de la circulation : Limitation de travaux « réseaux » sur la route de Marseille
- Franchissement des lignes SNCF : Raccordement de la zone 13 (Confluence) via le chemin de la digue et le chemin des anciens vergers
- Contraintes d'accessibilités / gêne : absence de travaux « réseaux » au sein de l'hypercentre (zone intramuros).



4.2.3 Scénarii de desserte

4.2.3.1 Réseau de chaleur

Plusieurs scénarii ont été étudiés afin d'identifier le schéma le plus adéquat avec les objectifs de la Ville d'Avignon, tout en optimisant la densité énergétique du tracé. Les scénarii suivants ont été analysés lors de l'étude :

Scénario	Commentaire	Tracé étudié
SC1	<p>Zone de desserte maximale.</p> <p>Densité moyenne.</p>	

SC2

Création de deux réseaux hydrauliquement distincts, dont la densité est optimisée.

Densité cohérente.



SC3

Zone de desserte réduite afin d'optimiser la densité.

Densité cohérente.



SC4

Meilleur compromis entre une zone de desserte importante et l'optimisation de la densité du réseau.

Densité cohérente.



Au fil de l'évolution du recensement du patrimoine compatible, et selon les arbitrages pris lors des différents comités de pilotage, le **scénario 4** a été retenu :

Zones	Consommations Totales [MWhu]	Longueur de réseau [ml]	Densité [MWh/ml]
Z1	2384	542	4.40
Z2	13870	4874	2.85
Z3	14469	5534	2.61
Z4	15199	6060	2.51
Z5	10273	2336	4.40
Z6	22554	7078	3.19
Z7	21598	1949	11.08
Z8			
Z9			
Z10			
Z11			
Z12	3774	3194	1.18
Z13	1750	2217	0.79
Total Zone	105873	33784	3.13

La zone 12 a été conservée afin de verdir l'énergie nécessaire au programme d'aménagement « BEL AIR », dont elle est principalement constituée.

La zone 13 apparait actuellement peu dense ; cependant seul le macro-lot 1 du programme d'aménagement « Confluence » a pu être intégré à l'étude, la programmation n'étant que partiellement connue. Néanmoins, la surface prévisionnelle totale à aménager à moyen/long terme a conduit le comité de pilotage à trancher en faveur du raccordement de la zone au projet de réseau de chaleur et de fraîcheur.



4.2.3.2 Réseau de fraîcheur

Au vu du potentiel identifié sur le périmètre de l'étude et des données recensé, nous n'avons identifié qu'un scénario pour le développement d'un réseau de fraîcheur.

Zones	Consommations Totales [MWhu]	Longueur de réseau [ml]	Densité [MWh/ml]
Z1			
Z2			
Z3			
Z4			
Z5		986	0
Z6	4080	4654	0.88
Z7	15328	2673	5.73
Z8			
Z9			
Z10			
Z11			
Z12	3900	3341	1.17
Z13	2086	2218	0.94
Total Zone	25394	13872	1.83



Aucun prospect « sécurisé » n'a pu être identifié au sein de la zone 5, qui reste cependant nécessaire pour desservir le projet d'aménagement « BEL AIR ».

La zone 13 apparait actuellement peu dense, cependant seul le macro-lot 1 du programme d'aménagement « Confluence » a pu être intégré à l'étude, la programmation n'étant que partiellement connue (cf perspective beaucoup plus importante évoquée ci-avant).

5 DEVELOPPEMENT DES ENR&R

5.1 DÉMARCHE ENR'CHOIX & OBJECTIF



La démarche EnR'Choix construite par l'ADEME permet de prioriser d'une manière vertueuse les EnR&R à mobiliser dans le cadre de la conception d'un projet de développement d'un réseau de chaleur.

Historiquement, la démarche était obligatoire en Ile de France et simplement conseillée en région. Dorénavant, l'ADEME nationale tend à imposer l'ENR choix partout sur le territoire national.

Nota :

EnR&R : Energie Renouvelable et de Récupération.

Suivant ces préconisations, l'ordre de priorisation des EnR&R retenu pour la suite de l'étude est le suivant :

1. Interconnexion à des réseaux EnR&R existants ;
2. Récupération de la chaleur fatale : UVE / UIOM, industriels, STEP, ... ;
3. Géothermie : profonde, superficielle, thalassothermie ;
4. Solaire thermique ;
5. Bois énergie / autre biomasse

L'ADEME impose aujourd'hui un taux de couverture minimum de 65% par les EnR&R dans le cadre de projets de création de réseau de chaleur, et 50% minimum pour les réseaux de fraîcheur.

Afin de maximiser l'utilisation d'énergie bas carbone sur son territoire, la commune d'Avignon à challenger ce taux minimum pour retenir les objectifs suivants :

- Couverture EnR&R thermique : 70% minimum
- Couverture EnR&R incluant de l'électricité verte : 80% minimum

5.2 GISEMENTS IDENTIFIÉS

5.2.1 Interconnexion à des réseaux EnR&R existants

Pour mémoire, sur le périmètre de la commune, 5 réseaux privés existent. Cependant, aucun d'entre eux n'est alimenté par des EnR&R.



Le projet de réseau public nécessitera cependant des installations d'appoint / secours, généralement au gaz. L'intégration d'une partie des équipements de production de ces réseaux

pourrait permettre de limiter les installations neuves nécessaires, comme explicité dans la première partie du présent rapport.

Néanmoins, un cumul trop important de chaufferies mises à disposition peut toutefois contraindre l'exploitation et l'équilibre économique global du projet public.

Il convient donc de sélectionner les installations dont l'intégration serait la plus pertinente :

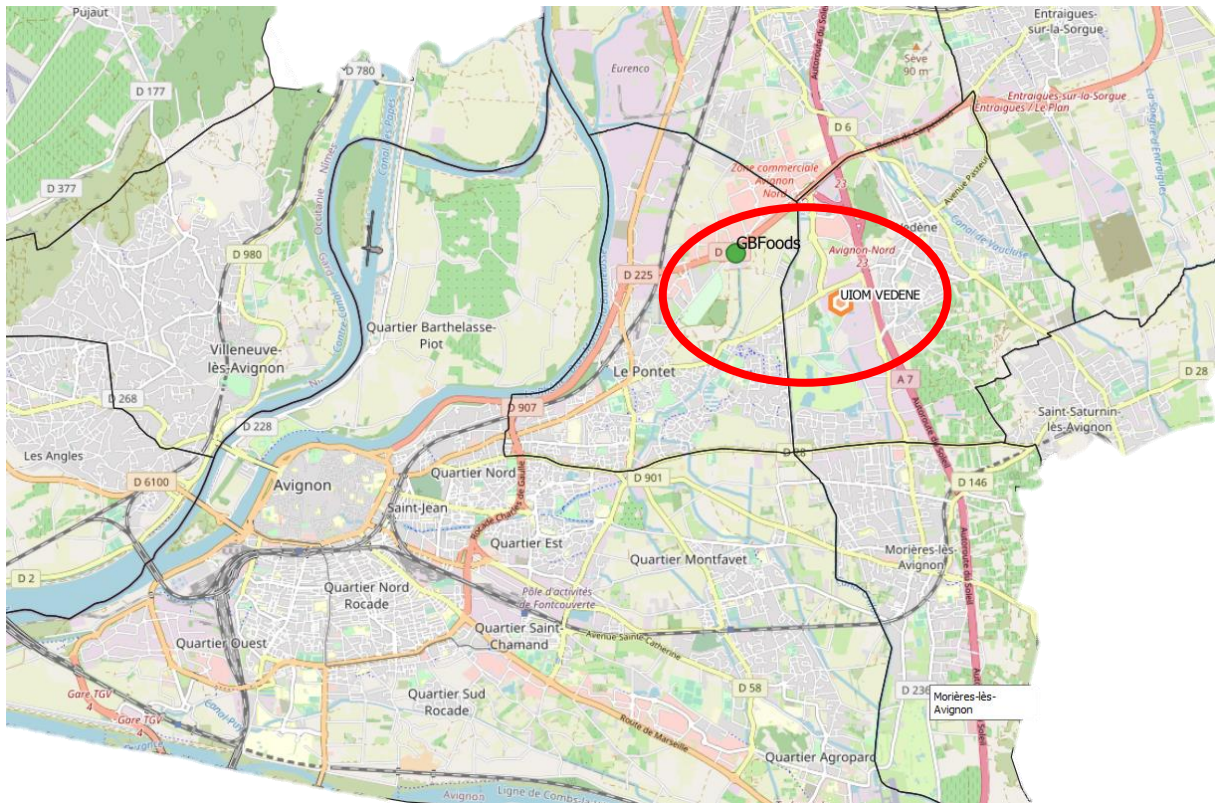
Réseau	Opportunités pour le projet de RCU*	Volonté de la MOA
LE TRIENNAL	Forte Chaufferie et cogé	Oui : Cession
GRANGE d'OREL	Forte Chaufferie et cogé	Oui : Cession
PARROCEL GRAND CYPRES	Chaufferie : Cohérente (travaux nécessaires) Cogé : Forte	Oui : Cession
MONCLAR	Forte Chaufferie et cogé	Oui : Cession
PIERRE ET MARIE CURIE	Moyen/peu opportun	Oui : Cession

À ce titre, la répartition géographique et l'état des installations sont les paramètres les plus pertinents pour sélectionner les installations. Pour la suite de l'étude, nous avons retenu les chaufferies suivantes pour une cession :

- TRIENNAL
- GRANGE D'OREL

5.2.2 Unité de Valorisation Énergétique (UVE)

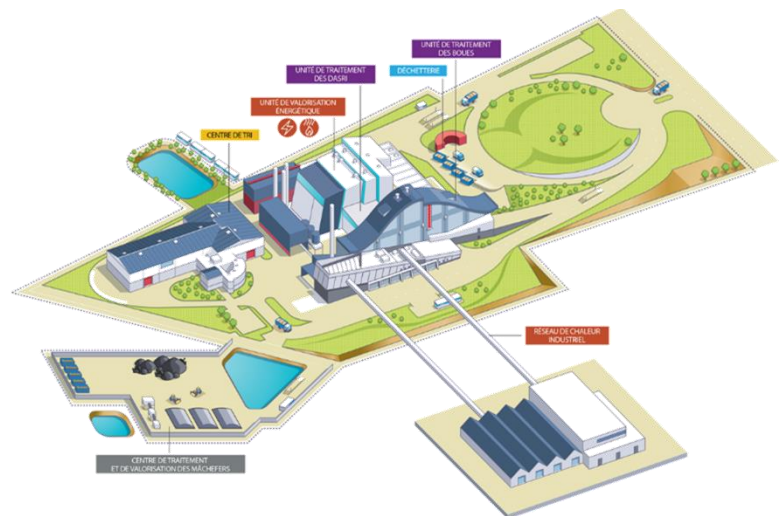
Une Usine de Valorisation Énergétique des déchets ménagers (UVE) existe sur la commune de Vedène. Cette UVE est gérée par le SIDOMRA, syndicat compétent en matière de traitement des déchets sur le périmètre du Grand Avignon, qui en a confié l'exploitation à la société NOVALIE via une Délégation de service public, arrivant à échéance en septembre 2027.



L'usine comprend 4 lignes de fours d'une puissance totale de 52 MW, produisant 74 tonnes / heures de vapeur à 350 °C et 35 bars :

La chaleur est valorisée par deux Groupes Turbo-Alternateurs (GTA) de 12.8 MWé pour la production d'électricité :

- 3 lignes à 49 T/h de vapeur vers le GTA n°1
- 1 ligne de 25 T/h de vapeur vers le GTA n°2



Source : NOVALIE, 2022 1

Ces lignes sont arrêtées pour une durée d'environ 3 semaines par an afin de réaliser leur maintenance. Les groupes turbo-alternateurs n°1 et n°2 sont respectivement âgés d'environ 30 et 20 ans.

L'une des lignes de fours est équipée d'un économiseur pour la récupération de calories issues des fumées d'un four/chaudière. La température de sortie des fumées est de 150 °C.

La production d'électricité faisait l'objet d'un contrat d'obligation d'achat, arrivé à son terme en 2022. L'ensemble de la production électrique est depuis revendue sur le marché libre. En sortie du process de production d'électricité, 36 tonnes / heures de vapeur à 60 °C sont dissipés à un niveau de pression très bas.

Sur une installation telle que celle décrite précédemment, 3 solutions peuvent être envisagées pour récupérer de la chaleur :

- Prélèvement de vapeur vive en amont des turbo-alternateurs : solution permettant de valoriser un gisement important de chaleur mais dégradant d'une manière significative la production d'électricité, se répercutant sur le prix de cession la chaleur ;
- Soutirage Moyenne température (MT)/Moyenne Pression (MP) sur la turbine : solution permettant de soutirer de la vapeur ayant déjà permis de produire de l'électricité, pour valoriser de la chaleur sous forme d'eau chaude mais dont la puissance et le niveau de température restent intéressants pour un réseau de chaleur. Cette solution permet de limiter la dégradation de la production électrique ;
- Valoriser l'énergie en sortie des turbines : permet de récupérer l'énergie non valorisée lors du process de production d'électricité, mais les niveaux de température et de pression ne sont pas en l'état adapté pour un réseau de chaleur tel que celui envisagé ;

Depuis 2018, l'UVE vend 7 à 8 tonnes / heure de vapeur vive (soit 5 à 6 MW) à l'industriel GB FOODS via un réseau de transport privé réalisé et exploité par la société ENGIE. Le contrat de vente arrivera à échéance en 2033.

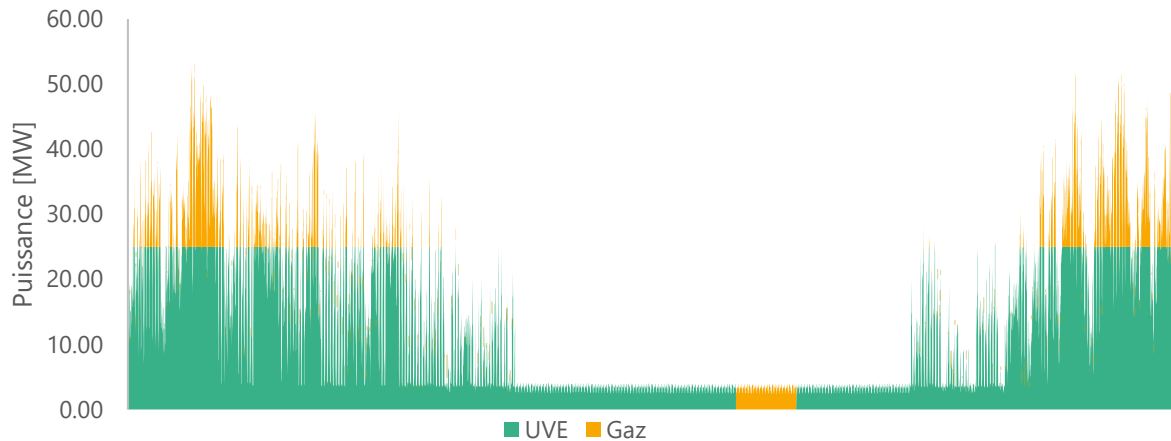
Le SIDOMRA a missionné un AMO afin de préparer le renouvellement de la DSP de l'UVE. Durant nos échanges avec le SIDOMRA et son AMO, nous avons pu recueillir les informations suivantes :

Le renouvellement de la DSP se fera mi-septembre 2027.

Les solutions envisageables pour valoriser de la chaleur sur le réseau public sont les suivantes :

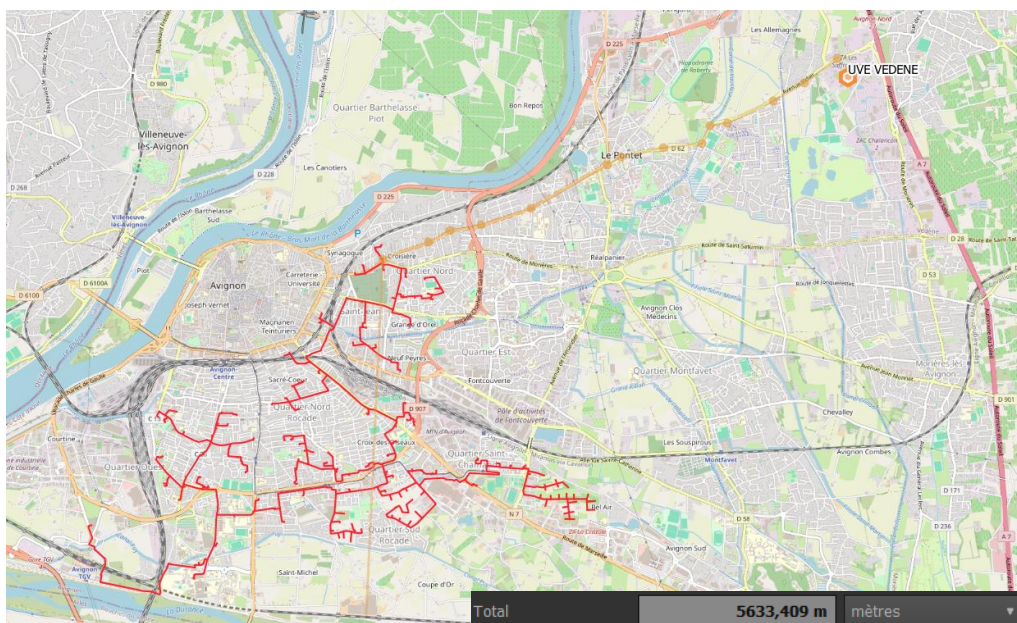
- Actuellement : Seul le prélèvement de vapeur vive pour une puissance maximale de 22 MW est techniquement envisageable (ie sans travaux lourds sur la turbine).
- Dans le cadre de la nouvelle DSP : possibilité de mettre en œuvre un process « sur-mesure » de soutirage pour le réseau de chaleur urbain dans la limite de 22-24 MW, solution qui serait a priori compétitive. Cette solution sera néanmoins dépendante des travaux à réaliser par le concessionnaire de l'UVE :
 - Si les travaux de l'usine à réaliser portent uniquement sur le GTA, la chaleur serait disponible à horizon 2026-2028.
 - Si la rénovation des 3 lignes de fours principales s'avère nécessaire, l'UVE ne pourrait fournir la chaleur avant 2030.

Monotone



La mise à disposition d'une puissance de 24 MW pour le réseau (dans un scénario de développement étendu ≈ 104 GWh) permettrait de couvrir approximativement 80% des besoins.

Ces solutions n'étant pas alignées avec le planning envisagé pour le développement du réseau public, la mise en œuvre d'une solution transitoire ou d'une EnR&R complémentaire s'avère nécessaire. Les échanges avec le SIDOMRA et son AMO ont permis d'identifier une potentielle solution transitoire. En effet, la mise en œuvre d'un hydro-condenseur couplé à une réhausse de température (via de la vapeur vive ou une PAC) permettrait de mettre à disposition du réseau public une puissance de 19 MW dans un planning potentiellement cohérent avec le planning prévisionnel du service public de distribution de chaleur. Une partie des installations de la solution provisoire pourrait être conservée pour la mise en œuvre d'une solution pérenne. Néanmoins le cumul des coûts de travaux (ajoutés au coût de raccordement du réseau à l'UVE éloigné de près de 5km) pourrait sensiblement peser sur l'équilibre économique global du projet.



5.2.3 Industriels

Les industriels, du fait de la nature de leurs activités, peuvent avoir besoin d’installations de production de chaleur importantes pour leurs process de fabrication. Ces installations sont potentiellement source de chaleur fatale pouvant être valorisées sur un réseau de chaleur ou de fraîcheur.

Afin d’identifier de telles sources de chaleur fatale, nous avons recensé sur le territoire les industries dont les installations sont classées Installations Classées pour la Protection de l’Environnement (ICPE), suivant les régimes suivants :

- Régime 2910 : installations de combustion ;
- Régime 2921 : refroidissement évaporatif ou récupération de chaleur ;
- Régime 3110 : combustion ;

Au vu de l’importance des besoins du projet de réseau de chaleur, nous avons retenu les industries ayant des puissances importantes :

Dénomination	Puissances déclarées [MW] – Régime 2910	Puissances déclarées [MW] – Régime 2921
GBFOODS PRODUCTION FRANCE SAS	16.7	
SEPR	18.3	11.0
SMURFIT KAPPA PAPETERIE ALFA D'AVIGNON	46.4	0.6

Bien que pouvant posséder un potentiel intéressant, les industriels sont néanmoins trop éloignés du scénario de desserte retenu.

La qualification de la chaleur fatale (puissance, niveau de température, disponibilité/intermittence) nécessite des études spécifiques approfondies à mener préférentiellement par l’industriel. Ces pistes sont néanmoins à garder à l’esprit pour des réflexions plus locales à mener sur les communes du Pontet ou de Sorgues.



5.2.4 Récupération d'énergie sur eaux usées

Les eaux traitées, dont la température oscille usuellement entre 12 et 25 °C, peuvent s'avérer être une source importante de chaleur fatale. Il est possible de valoriser cette énergie sur un réseau de chaleur ou de froid à l'aide de machines thermodynamiques (Pompes à chaleur, Thermo-frigo pompes), ce qui peut permettre également de participer à diminuer les températures de rejet dans le milieu naturel dans certaines configurations

Il existe deux solutions d'implantation permettant de valoriser l'énergie des eaux usées :

- Valorisation en station d'épuration des eaux usées (STEP) ;
- Valorisation sur le réseau d'assainissement, en particulier au niveau des stations de relevage ;

La STEP de courtine, appartenant au Grand Avignon, se trouve sur le périmètre de l'étude. Celle-ci est gérée en Délégation de service public ; la concession actuelle est confiée à la société VEOLIA et arrivera à échéance en 2028.





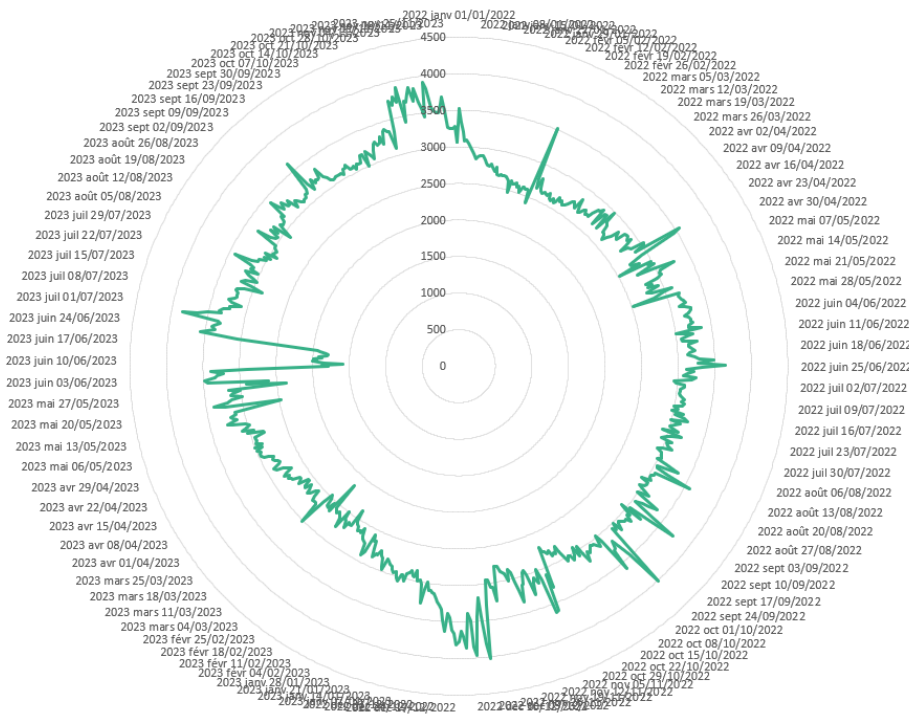
La STEP de courtine est équipée depuis 2022 d'une unité de méthanisation afin de produire du biogaz.

Les échanges avec le Grand Avignon, Délégrant, et son Délégitaire ont permis de définir les caractéristiques suivantes :

- Milieu de rejet : Rhône
- Contrainte de température de rejet : 25 °C max
- Constitution : 4 clarificateurs (pouvant être bypassé)
- Débit effluents traités théorique : 4400 m³/h
- DN des récupérateurs en sortie de bassin : DN900
- Période d'arrêt technique : les arrêts techniques durent d'une à quatre semaines, et sont généralement réalisés lors des mois de janvier-février ou mai-août. La programmation d'arrêt technique n'est pas périodique, ceux-ci sont réalisés selon les besoins de maintenance identifiés. En cas d'arrêt, les bypass sont utilisés. Le Délégitaire essaie néanmoins de conserver un débit traité équivalent à la moitié du débit.

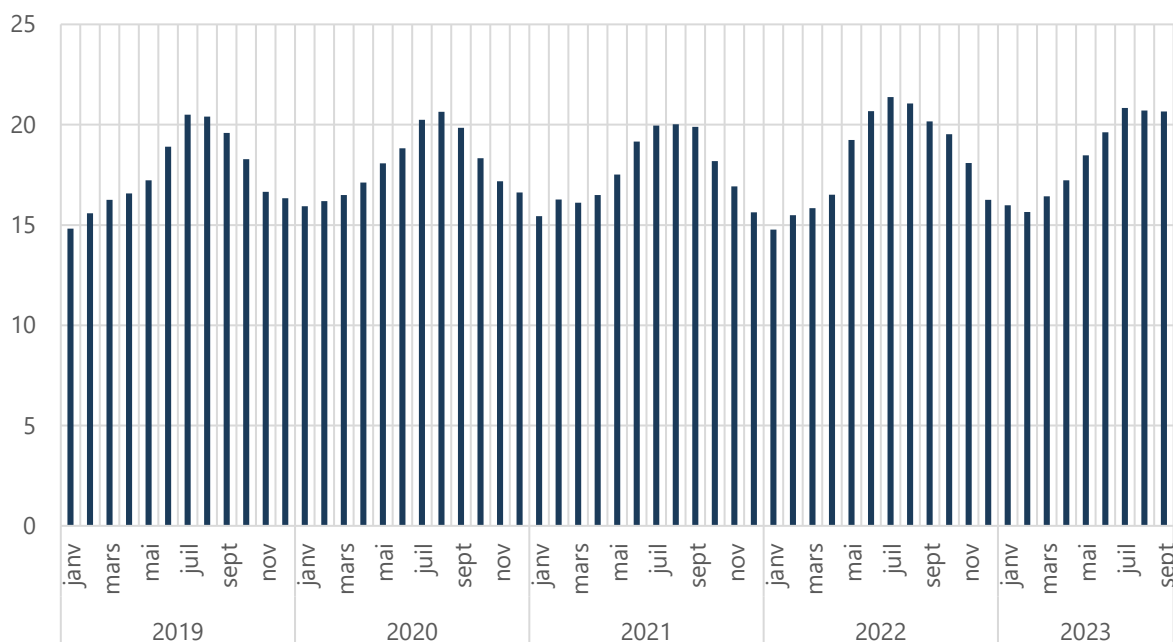
Afin de définir une puissance valorisable, nous avons récupéré les débits et températures en sortie de la STEP sur plusieurs années :

- Débits : Nous pouvons constater une variation saisonnière des débits, notamment une diminution des débits sur la fin de la période hivernale (janvier – mars). Nous pouvons également observer une importante réduction des débits sur une quinzaine de jours au mois de juin 2023, pouvant s'avérer être un évènement exceptionnel (maintenance, ...). Le débit moyen lissés des eaux traitées varie entre 2600 et 3600 m³/h.



- Température : Les températures évoluent de manière saisonnière. En effet, la température varie entre 14 et 16 °C sur la période hivernale et entre 18 et 21°C sur la période estivale. La température est impactée par des eaux claires parasites provenant des nappes, s'infiltrant dans le process de traitement.

Evolution de la température en sortie de la STEP



Afin de qualifier la ressource, les données suivantes peuvent être identifiées :

- Débit : fourchette analysée ci-avant / moyenne à 3050 m³/h
- Température de sortie des clarificateurs :
 - Estivale : 20 °C
 - Hivernale : 15 °C
- Température de rejet : 12 °C

Suivant ces hypothèses, la puissance disponible (incluant la puissance complémentaire de la pompe à chaleur) serait de l'ordre de 15 MW en hiver.

Ces informations n'ayant pas pu être collectées en amont de la finalisation du schéma directeur, celles-ci n'ont pas été retenues pour l'étude. Les données suivantes ont servi de données d'entrée dans le cadre de l'étude :

- Débit : 3637 m³/h, avec application d'un coefficient de sécurité de 75%, soit 2727 m³/h
- Température de sortie des clarificateurs :
 - Estivale : NC - par analogie à d'autres STEP du territoire
 - Hivernale : NC - par analogie à d'autres STEP du territoire
 - Delta T° retenu entre sortie clarificateurs et rejet dans le milieu récepteur : 6°C
- COP machines installées en aval : 3.4

La puissance disponible (incluant l'énergie de la pompe à chaleur) retenue par hypothèse au stade des études du schéma directeur est de 9 MW en période hivernale.

Ce potentiel (y compris la part électrique) permettait de couvrir environ 53% des besoins du réseau, soit 40% de couverture par la part EnR&R au sens de l'ADEME (part thermique uniquement). Ce potentiel est intéressant pour le projet, l'utilisation de la STEP nécessitera néanmoins une énergie renouvelable complémentaire afin de respecter l'objectif de la commune et le taux minimum imposé par l'ADEME.

Les données collectées post finalisation du schéma directeur identifiées ci-avant sont a priori un peu plus favorables que les hypothèses retenues.

Ce gisement n'a pas été retenu comme un potentiel pour la production de froid au stade des études du schéma directeur sans connaissance des températures de rejet en période estivale (supposée autour de 25°C qui est la limite maximum de rejet dans le Rhône). Les capacités identifiées correspondaient à la simultanéité des besoins chaleur/fraicheur via la mise en place de thermofrigopompes (TFP).

Néanmoins, les températures estivales des rejets étant en pratique plus faibles (20-21°C), la production de froid à partir de la STEP est une possibilité à rechallenge.

5.2.5 Géothermie

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.

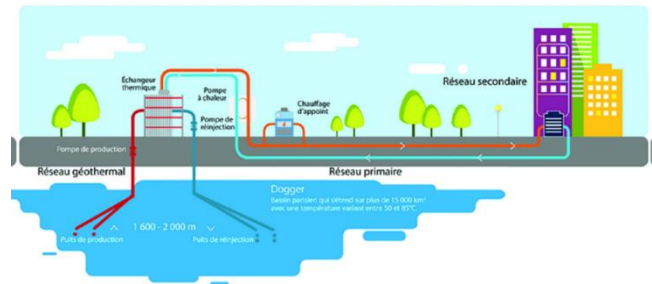
La ressource géothermique se décompose selon deux modèles de production :

- Géothermie profonde : valorisation des aquifères profonds (> 200 m) et dont les caractéristiques (débits & températures) sont idéales pour alimenter un réseau de chaleur
- Géothermie de surface : valorisation des aquifères peu profond (< 200 m), pouvant s'avérer pertinents pour alimenter un réseau de chaleur et de fraîcheur couplé avec des systèmes thermodynamiques ;

5.2.5.1 Géothermie profonde

Le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) et l'étude relative à l'évaluation de la ressource géothermale profonde réalisée en 2012 et menée par la société CFG services pour le compte de la commune d'Avignon font référence à 3 nappes pouvant s'avérer intéressantes d'un point de vue production de chaleur sur le secteur de la commune :

- Nappe à 1.1 km de profondeur à 40°C
- Nappe à 1.9 km de profondeur à 69°C
- Nappe à 5 km de profondeur à 172 °C

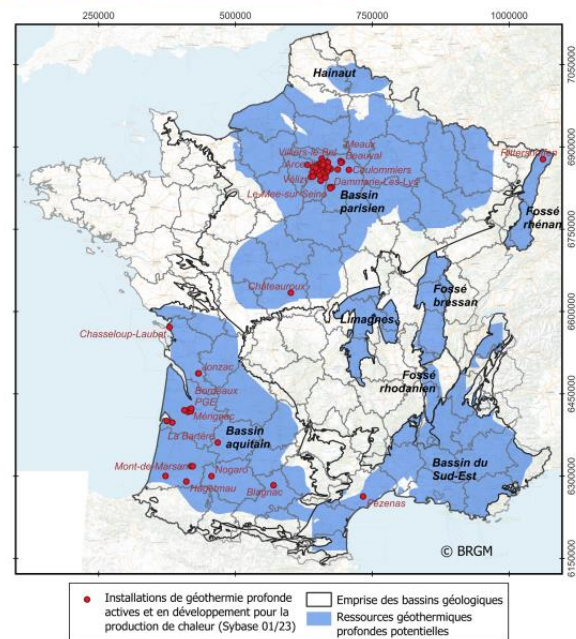


Un forage test a été réalisé en 1983 à Avignon (rocade sud – « Avignon-1 ») à une profondeur de 2,2 km afin de qualifier la ressource. Ce forage a permis d’identifier une température de 69 °C à 1.9 km de profondeur. Cependant, l’essai de production a donné lieu à un échec.

L’action 4.A du Plan d’Action pour Accélérer du Ministère de la Transition Énergétique est d’« Améliorer la connaissance du sous-sol pour favoriser le lancement de projets de géothermie Profonde » [...] «... (campagne sismique 2D, acquisitions non-sismiques, mesures dans des forages existants ou à venir), tout particulièrement pour les villes à fort potentiel de l’étude FEDENE-SNCU – Manergy – ViaSèva, dans lesquelles l’élaboration d’un plan chaleur territorial est à encourager »

L’ADEME a donc été sollicitée par la commune afin d’aborder l’éventuelle mise en œuvre d’un forage exploratoire permettant de conforter la viabilité de la ressource.

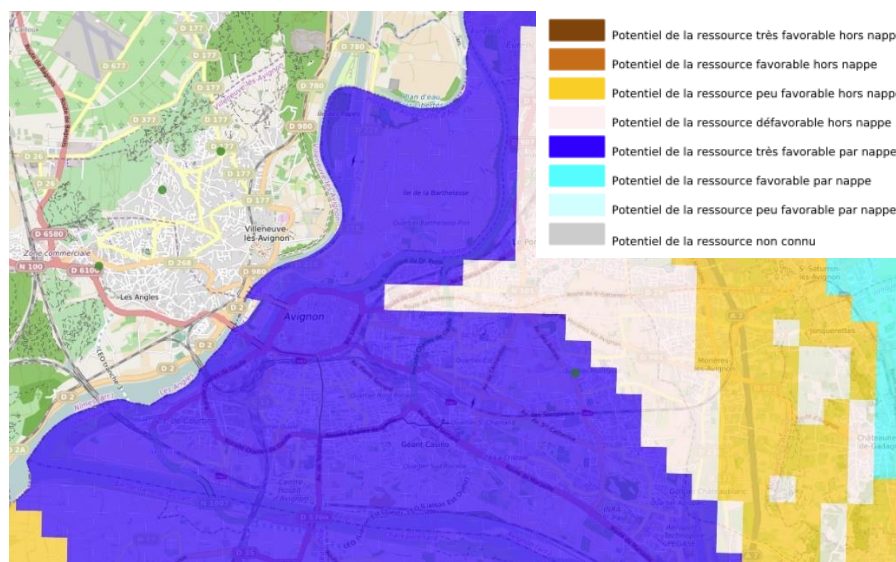
Figure 3 : aquifères profonds en France métropolitaine. Source : BRGM.



Suite à ces échanges, l’ADEME a informé la commune qu’un 1^{er} projet d’exploration avait été lancé dans la région, et que le lancement d’un deuxième projet pourrait être financé selon les résultats du premier. Le planning pouvant être envisagé à la suite de ces échanges serait une validation de l’éventuel 2^{ème} projet d’exploration à l’horizon mi-2025, pour une mise en œuvre en 2028, soit un calendrier incompatible avec celui du projet de réseau de chaleur et de fraîcheur.

5.2.5.2 Géothermie de surface

La ressource géothermique sur nappe à faible profondeur apparaît comme très favorable sur le périmètre communal, d'après la classification définie sur le site géothermie.fr.



L'étude mandatée par le Grand Avignon dans le cadre du projet d'aménagement Confluence et réalisée par ANTEA Group, ayant pour objet la qualification du potentiel géothermique sur l'emprise du projet confirme un potentiel intéressant. En effet, les caractéristiques identifiées de la nappe sont les suivantes :

- Débit d'exploitation : 100 - 225 m³/h/Doublet
- Température de la nappe : 17°C

Ces caractéristiques permettraient d'atteindre une puissance de 11.7 MW, en retenant les hypothèses suivantes :

- Nombre de doublets : 8
- Débit d'exploitation d'un doublet : 100 m³/h
- Delta de température Puisage / réinjection – production de chaleur : 9 °C
- Delta de température Puisage / réinjection – production de fraîcheur : 7 °C
- COP : 3.5

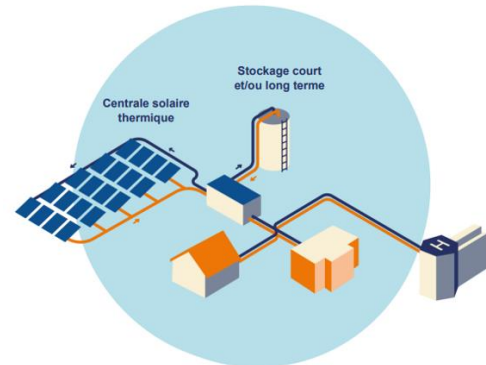
Cette ressource s'avère également être un gisement opportun pour le développement d'un réseau de fraîcheur. Cette complémentarité d'usage de la ressource (chaleur et fraîcheur) permettrait de viabiliser sur le long terme le gisement.

Bien qu'apparaissant favorable pour constituer une base ENR&R, les caractéristiques du gisement et l'implantation précise des puits seront à confirmer par une étude

hydrogéologique. Cette étude pourra être portée à la charge des candidats qui sélectionneront cette solution, le cas échéant.

5.2.6 Solaire thermique

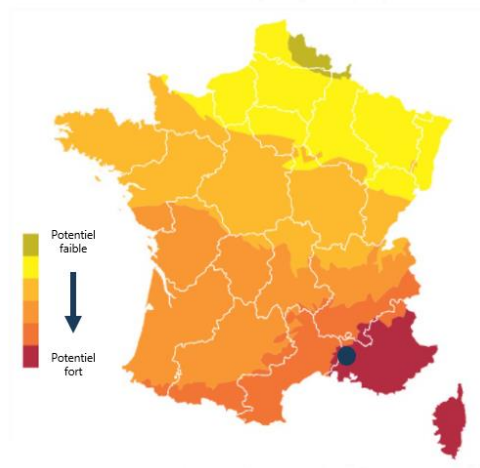
L'énergie solaire consiste à récupérer une infime partie de l'énorme quantité d'énergie que fournit le rayonnement solaire à la Terre quotidiennement. Cependant, cette énergie est par nature intermittente, l'énergie produite doit soit être utilisée immédiatement, soit être stockée pour une restitution lors des besoins de consommations. Les périodes de production s'avèrent décorrélées des périodes de forte consommation.



Source schéma : [NewHeat](#)

Les contraintes principales d'une telle installation de production de chaleur sont :

- La disponibilité d'un terrain important permettant d'accueillir les panneaux solaires ou thermiques ;
- La nécessité de compléter le mix énergétique avec une EnR&R supplémentaire, afin de compenser l'intermittence de la ressource solaire et d'atteindre des couvertures EnR&R ambitieuses ;
- Les investissements importants, bien qu'ayant un coût d'exploitation concurrentiel ;
- La nécessité d'optimiser les températures retours des réseaux, afin de valoriser au mieux l'énergie.



Au vu de la localisation du projet, la productivité apparaît intéressante. Nous avons donc échangé avec la société New Heat afin d'évaluer le potentiel de ce gisement et son éventuelle adéquation avec les ambitions portées par la commune pour l'infrastructure publique :

- Afin de maintenir un équilibre économique cohérent, le scénario minimum pour la mise en œuvre d'une solution solaire nécessiterait une emprise d'environ 3 ha pour atteindre une couverture de 8.4% des besoins de chaleur.

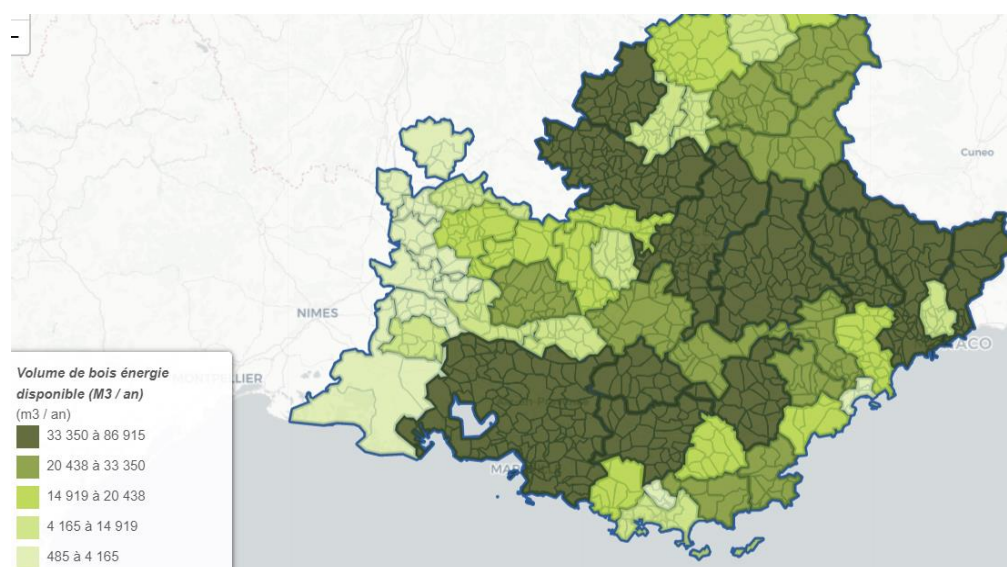
- La production étant maximisée en période estivale, il est usuel de couvrir la totalité des besoins durant cette période (talon ECS) via cette ressource. Suivant cette directive, une emprise de 9 ha serait nécessaire, ce qui permettrait de couvrir 18.7% des besoins de chaleur.

5.2.7 Bois énergie / 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).

Selon les analyses bibliographiques, bien que le gisement soit intéressant (cf carte ci-après) la région PACA fait partie des 4 régions au sein desquelles le potentiel de développement de projet Bois Energie à grande échelle est le moins important (3 TWh consommés, 2 restants).



Source : Cadastre énergétique PACA

Deux plateformes bois déchiqueté sont identifiées sur le département. Ces plateformes peuvent être complétées par d'éventuelles plateformes complémentaires du département du Gard, ou autre. Les capacités résiduelles de ces plateformes sont à qualifier, il apparait néanmoins que la filière bois énergie puisse répondre aux besoins du projets.

BOIS ÉNERGIE

Fournisseurs et plateformes bois déchiqueté en 2022

18 fournisseurs en activité
22 plateformes bois déchiqueté en fonctionnement
7 plateformes arrêtées

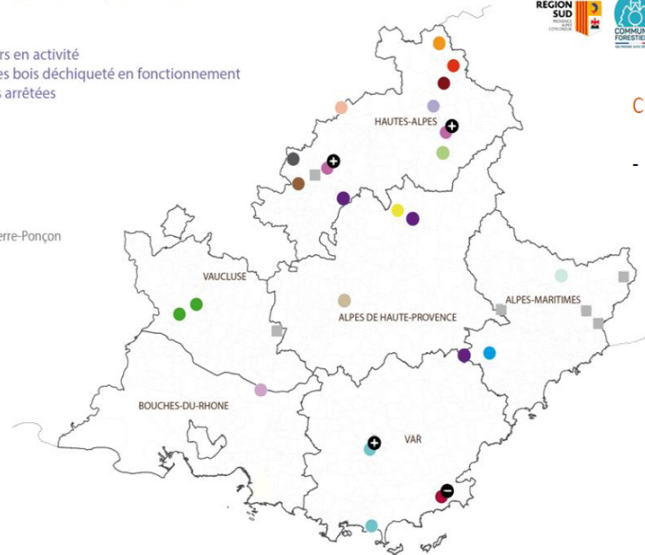
FOURNISSEURS - PLATEFORMES

- AFA Energie bois
- Bayle
- Le Bois des Cinq Vallées
- Bois Energie des Escartons
- Communauté de communes de Serre-Ponçon
- Gandelli
- Interval
- Isoard
- Jotolome
- Macagno
- Maures Bois Energie
- MG Energie
- Motty Transport
- Promoforest
- Scierie Hilaire
- Sud Energy
- Travaux et Environnement
- Vésubia Bois Energie

■ Plateforme publique à l'arrêt

EVOLUTION 2021

- ⊖ Arrêt 2020-2021
- ⊕ Mise en fonctionnement 2020-2021



Chiffres clés dans le 13 :

- 1 fournisseur/plateforme bois déchiqueté 13

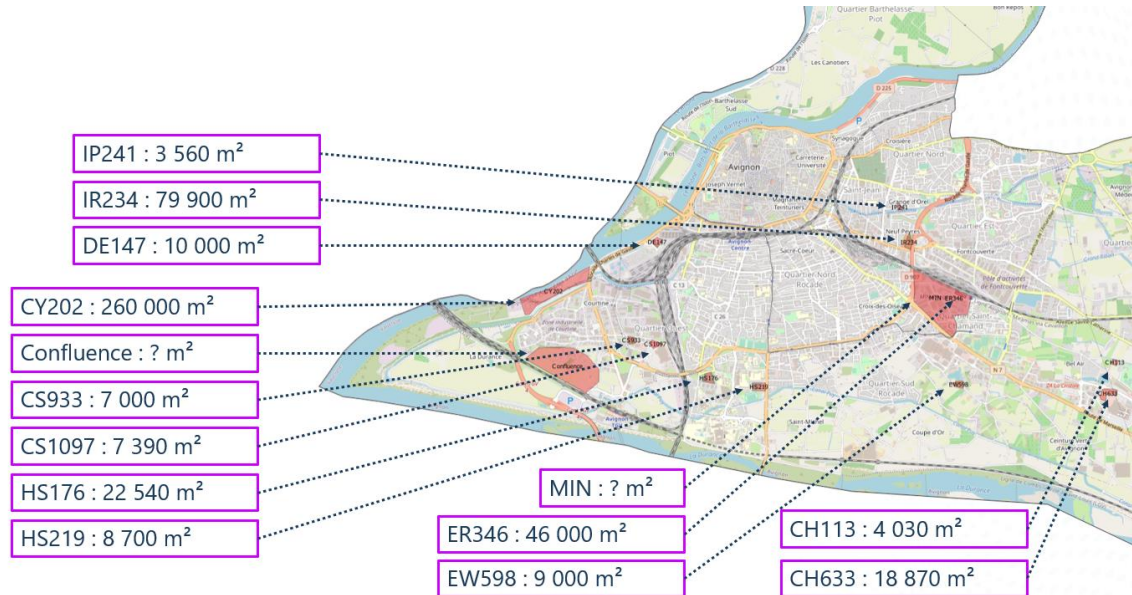
Cette ressource comporte néanmoins plusieurs inconvénients :

- Un problème d'image vis-à-vis du grand public (émission de poussières, fumées) ;
- Les rotations de camions de livraisons pouvant être une nuisance pour les riverains ;
- Une mobilisation du gisement accrue, de laquelle peut découler une sur sollicitation de la ressource (selon localisation) et une augmentation du prix de l'énergie.

Conformément aux ambitions de la ville d'Avignon et la localisation d'une éventuelle chaufferie bois, la mise en œuvre de livraison par voies fluviale ou ferroviaire pourrait être étudiée. Ces alternatives pour le transport permettraient de pallier une partie des problématiques soulevées.

5.3 TERRAINS IDENTIFIÉS

Plusieurs parcelles ont été identifiées lors de l'étude.



Avec le concours des services de la commune, une analyse a pu être menée pour classer ces terrains :

N°	Parcelles	Surface	Analyse	Propriétaire -> transfert	Classement
1	IP241	3 650 m ²	Accessibilité (livraison de biomasse), emprise limitée, à proximité de logement		3
2	IR234	79 900 m ²	Complication vis-à-vis de la circulation pour les livraisons de biomasse	Commune	2
3	DE147	10 000 m ²	Proximité avec la STEP Courtine	Commune	1
4	CY202	260 000 m ²		CNR -> échanges en cours	2
5	Confluence	NC	Programmation non connue	Commune	1
6	CS933 / CS79 / CS811 ...	7 000 m ²	Proximité avec le tracé prévisionnel		2

7	CS1097	7 390 m ²	Proximité avec le tracé prévisionnel, proximité avec une zone à forte activité	Carrefour	3
8	HS176 / HS174 / HS144	22 540 m ²	Bassin de rétention		4
9	HS219	8 700 m ²	Proximité avec des établissements scolaires / activités sportives	Commune ?	4
10	MIN	NC	Zone intégrant déjà un trafic de poids lourds Proximité avec le réseau ferroviaire	MIN	2
12	EW598	9 000 m ²	Classée en zone A et risque inondation au futur PLU		4
13	CH113	4 030 m ²	Emprise limitée, éloignement avec le tracé prévisionnel	Commune ?	4
14	CH633 / CH525 / CH740	18 870 m ²	Proximité avec une zone à forte activité, éloignement avec le tracé prévisionnel	Mistral 7	4

A la suite de cette analyse, les terrains apparaissant les plus adéquats étaient les suivants au moment de l'établissement des études de scénarios du schéma directeur :

- DE147
- CS933
- MIN







Nota : Certaines pistes foncières ont été évacuées postérieurement au dernier COPIL du schéma directeur, et d'autres ont été approfondies.







5.4 SYNTHÈSE DES SOLUTIONS DE PRODUCTION

Le territoire d'Avignon dispose d'un panel important de ressources ENR&R mobilisables. L'étude de certaines ressources n'a pu être approfondie dans le cadre du schéma directeur compte-tenu de limites externes :

- Industriels : Difficulté à qualifier les gisements sans étude interne du process et distances importantes avec le projet, notamment comparativement aux autres ressources du territoire ;
- Géothermie profonde : Incertitudes concernant la ressource et calendrier incompatible ;

Afin de définir les scénarios de production pour le projet de réseau de chaleur et de fraîcheur, il convient d'identifier les gisements les plus pertinents y compris au regard de l'ENR choix :

Production de chaleur				
	 UVE	 STEP	 Géothermie de surface	 Bois / solaire
	Gisement suffisant Pas de foncier requis	Gisement important Foncier proche Dès 2027	Dès 2027-2028 Gisement intéressant pour petit projet	Gisement intéressant Dès 2027-2028
	2029 au plus tôt <i>(sauf solution transitoire)</i> Distance avec le projet Dépendance à plusieurs facteurs externes à la Ville.	Complément requis pour 80% ENR&R thermique	Implantation à définir Permis minier (délai d'instruction) Complément ENR&R requis	Foncier important à trouver Livraisons de combustibles

Production de fraîcheur				
	 UVE – par absorption	 STEP	 Géothermie de surface	 Bois / solaire – par absorption
	Gisement suffisant Pas de foncier requis	Gisement intéressant Foncier assez proche Dès 2027	Gisement intéressant Au plus proche des zones concernées	Gisement intéressant
	Distance / pertes thermiques de distribution Dépendance à plusieurs facteurs externes à la Ville.	Potentiel limité par la T° de rejet maximale dans le milieu réception.	Implantation à définir	Foncier Livraisons de combustibles Équilibre économique/compétitivité

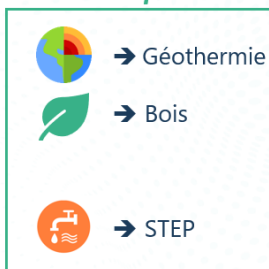
Selon les ambitions et objectifs du projet, les orientations suivantes ont été prises en COPIL :

- Valorisation des énergies locales avignonnaises, offrant pleine autonomie à la commune ;
- Valorisation des énergies a priori les plus compétitives ;
- Étudier des solutions diverses en matière de mix énergétique, afin de comparer plusieurs possibilités ;

Les énergies retenues pour la suite de l'étude, intégrant les arbitrages et les avantages / inconvénients de chaque solution, sont les suivantes :

Le bois est systématiquement envisagé en complément ENR&R et non en base, conformément aux préconisations de l'ENR choix.

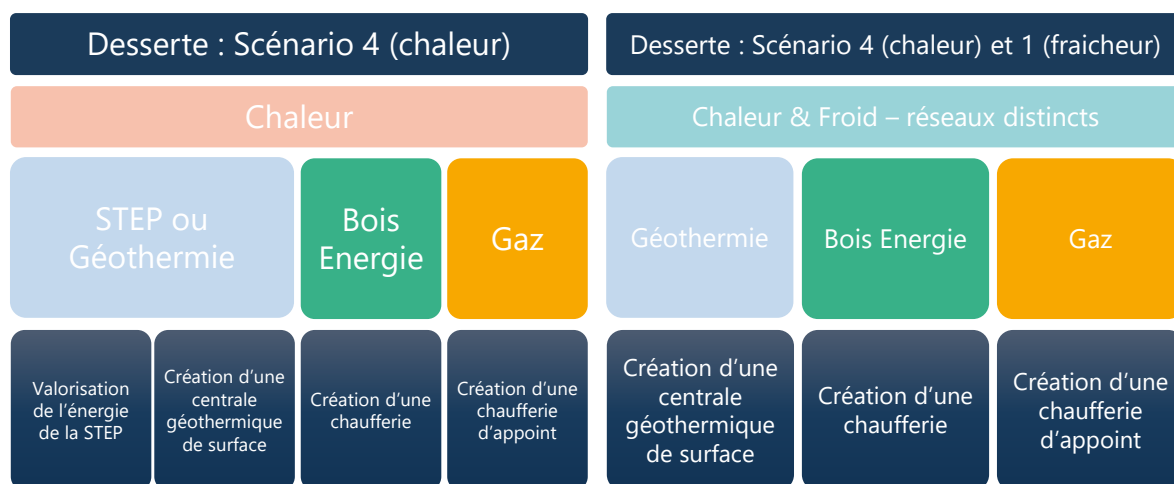
Scénarii de production



6 SCÉNARIOS DE CRÉATION D'UN RÉSEAU PUBLIC

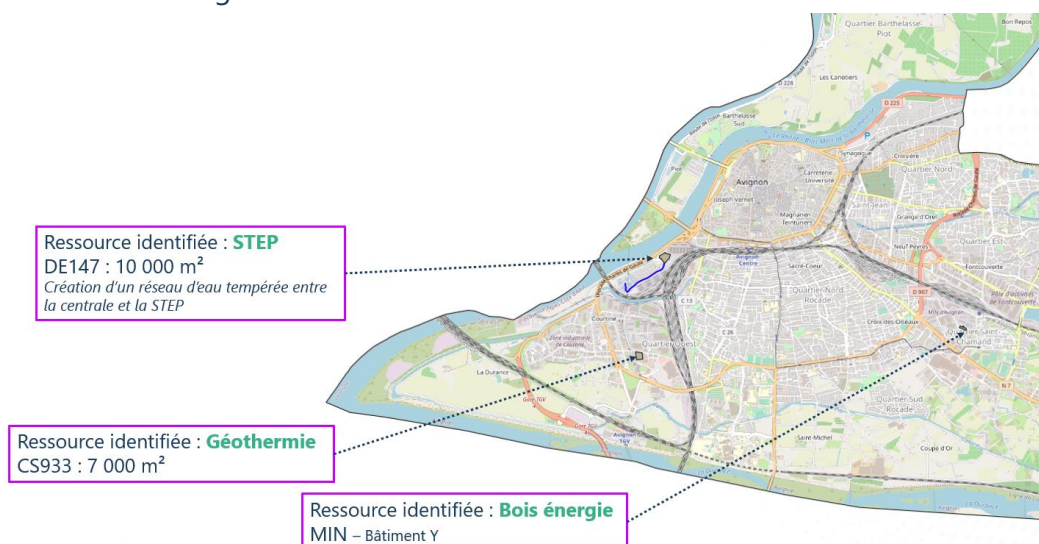
6.1 DÉFINITION DES SCÉNARIOS

Après avoir analysé les scénarios de desserte, les gisements valorisables et les terrains disponibles, les scénarios de production retenus pour la suite de l'étude sont les suivants :



Nota : un scénario alternatif aurait été celui d'une production de chaleur et de froid à partir de la valorisation des eaux traitées en sortie de STEP, compte-tenu des températures moyennement élevées en été des effluents.

La répartition des énergies sur les terrains identifiés est la suivante :



Les longueurs de réseau nécessaires afin de raccorder les productions au réseau de distribution sont les suivantes :

- STEP :
 - Boucle d'eau tempérée entre la STEP et la centrale de production : 737 ml
 - Raccordement de la centrale au réseau : 1983 ml
- Géothermie : Raccordement de la centrale au réseau : 898 ml
- Bois : Raccordement de la centrale au réseau : 274 ml

6.2 ANALYSE ÉNERGÉTIQUE

6.2.1 Hypothèses

Les besoins ont été modélisés selon les hypothèses suivantes :

- Diminution des consommations de chauffage : intégration de manière linéaire des baisses de consommations des différents prospects, notamment basées sur :
 - Le Décret tertiaire
 - Aides aux rénovations énergétiques
 - Inflation du prix de l'énergie

Type MOA	2030	2040
Bailleurs	15%	30%
Copropriétés	10%	20%
Éducation	10%	20%
Bâtiments communaux	10%	20%
Santé	10%	20%
Résidentiel	10%	20%
Tertiaires	10%	20%

Les pourcentages ci-avant représentent les baisses totales des consommations (vis-à-vis de l'année de référence) envisagées aux années définies. Ces baisses ne sont pas cumulatives.

- Phasage du projet selon la localisation des systèmes de production et des contraintes des bâtiments (livraisons, ...) sur la base des directives suivantes :
 - Prise d'exploitation des réseaux existants en 2025 (jusqu'à raccordement physique/interconnexion) ;
 - Premières mises en service sur 2026.

Scénario :	Chaleur		Fraicheur
	STEP	GEOOTHERMIE	
Z1	2028	2028	
Z2	2026	2029	
Z3	2028	2027	
Z4	2029	2028	
Z5	2027	2026	
Z6	2027	2026	2026
Z7	2026	2027	2027
Z8	0	0	
Z9	0	0	
Z10	0	0	
Z11	0	0	
Z12	2029	2029	2029
Z13	2026	2027	2027

Ces phasages se traduiraient par un raccordement physique des réseaux existants aux horizons suivants :

Intégration technique des réseaux	STEP	GEOOTHERMIE
TRIENNAL	2027	2026
MONCLAR	2026	2029
GRANGE D'OREL	2029	2028
PARROCELL	2027	2026
PIERRE ET MARIE CURIE	2027	2026

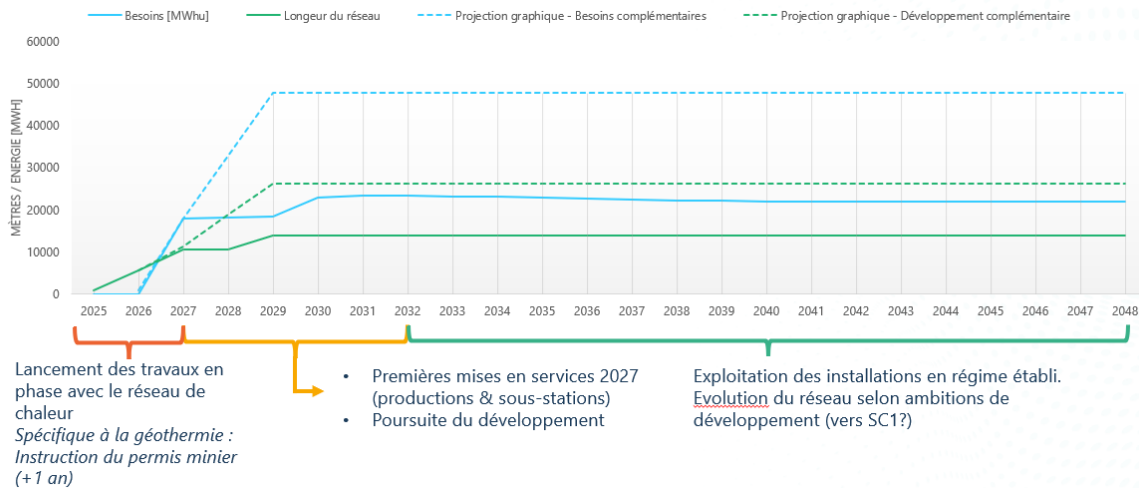
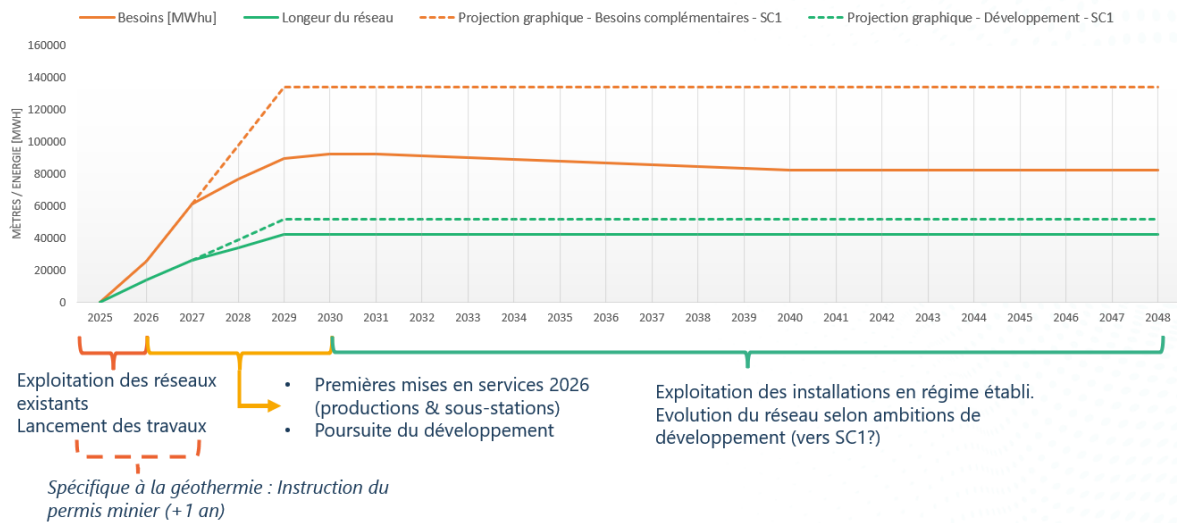
- Taux de disponibilité : nous avons retenu les disponibilités annuelles des équipements suivantes :

Taux de disponibilité	
STEP	95%
GEOOTHERMIE	97%
BOIS	92%

6.2.2 Montée en charge des réseaux

En tenant compte de nos hypothèses de phasage et de diminutions des consommations, nous pouvons établir une montée en charge prévisionnelle pour les deux réseaux (chaleur & fraicheur) :

Ces graphiques comprennent également les estimations du scénario de desserte énergétique 1 afin de mettre en évidence les perspectives de développement complémentaire.



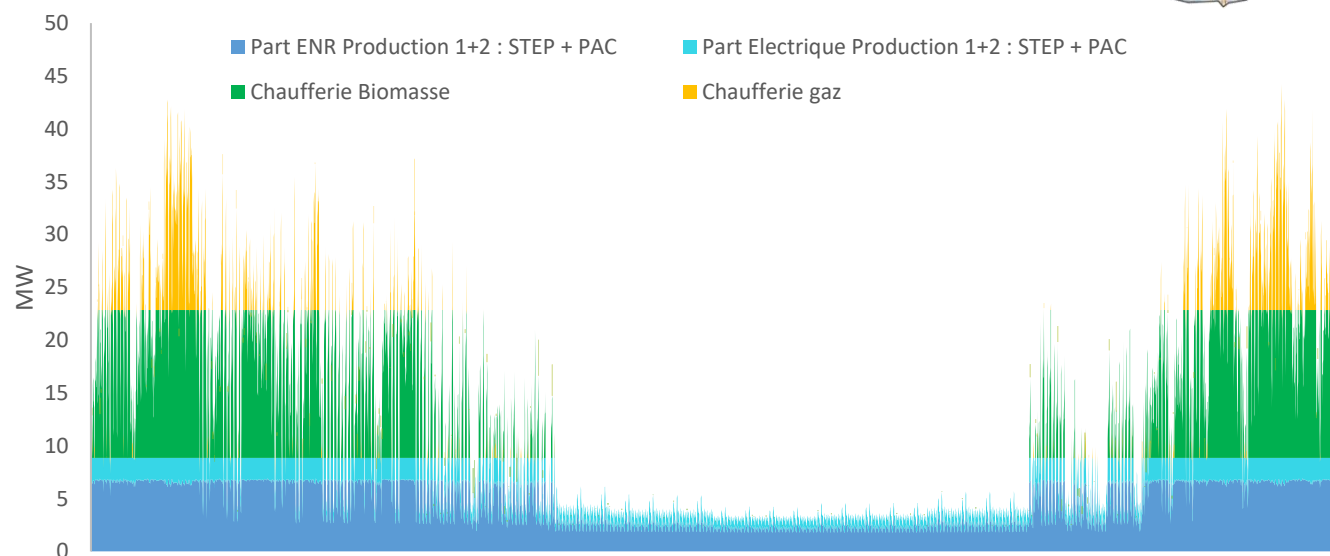
6.2.3 Modélisation énergétique

Les modélisations énergétiques présentées ci-après ont été réalisées sur la base des consommations 2031, ces dernières étant les consommations les plus importantes après application du phasage. Afin de tenir compte de l'évolution des besoins et de dimensionner les équipements de production de manière adéquat sur la durée du projet, des monotones complémentaires ont été réalisées en phase de montée en charge (2026) et en régime établi (2040).

6.2.3.1 Chaleur – STEP & Bois

La modélisation énergétique du scénario nous donne les résultats suivants :

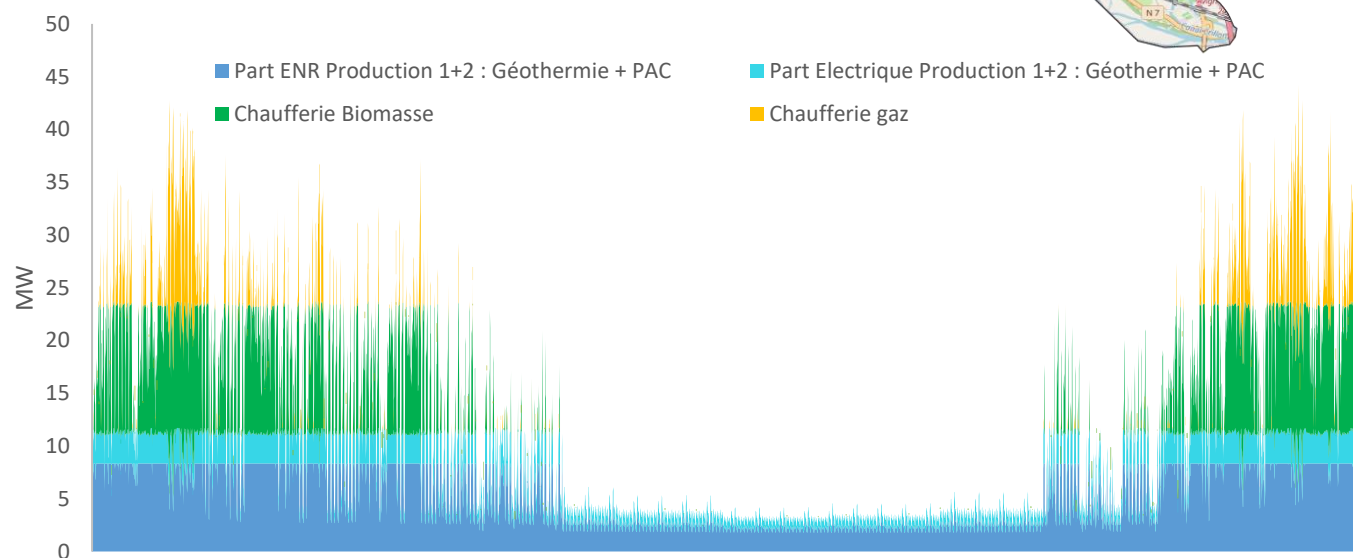
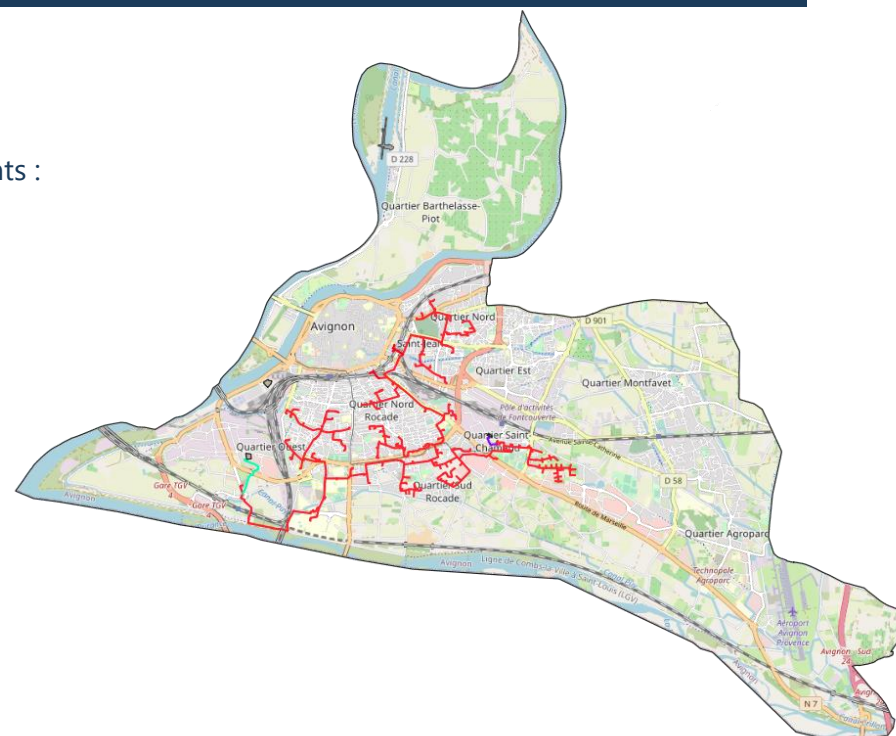
Réseau de chaleur - scénario STEP & Bois	
Objet	Chaleur
Besoins couverts	92 553 MWh 157 points de consommation
Longueur du réseau	38 km
Densité	2,4
Production en jeu	STEP : 9 MW Biomasse : 14 MW Gaz : 21 MW
Taux EnR&R – chaleur	73%
Taux EnR&R – yc élect	82%



6.2.3.2 Chaleur – Géothermie & Bois

La modélisation énergétique du scénario nous donne les résultats suivants :

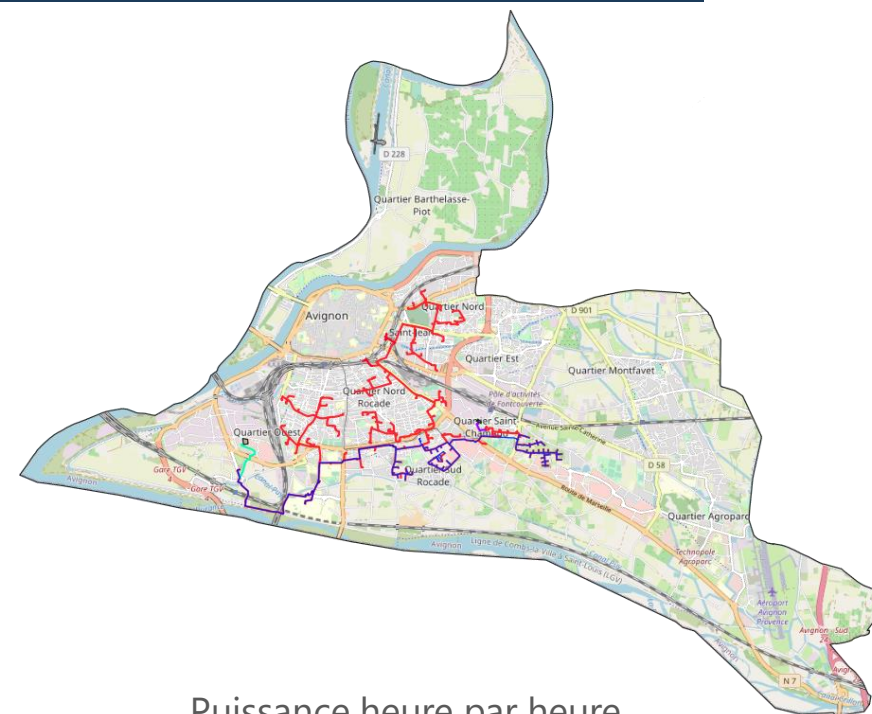
Réseau de chaleur - scénario Géo & Bois	
Objet	Chaleur
Besoins couverts	92 553 MWh 157 points de consommation
Longueur du réseau	37 km
Densité	2,5
Production en jeu	Géoth. : 11.7 MW Biomasse : 12 MW Gaz : 24 MW
Taux EnR&R – chaleur	71%
Taux EnR&R – yc élect	83%



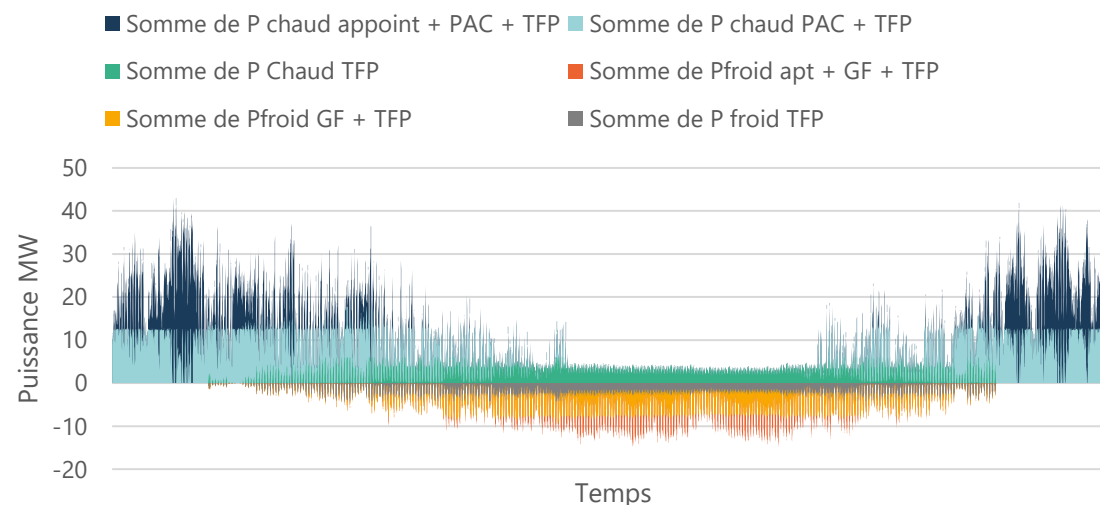
6.2.3.3 Chaleur et fraîcheur – Géothermie & Bois

La modélisation énergétique du scénario nous donne les résultats suivants :

Réseaux de chaleur et de froid – Géo & Bois		
Objet	Chaleur	Froid
Besoins couverts	92 553 MWh <i>157 points de consommation</i>	23 475 MWh <i>52 points de consommation</i>
Longueur du réseau	37 km	14 km
Densité	2,5	1,7
Production en jeu	Géo (PAC + TFP) : 11,7 MW Biomasse : 12 MW Gaz : 26 MW	Géo (PAC + TFP) : 10,7 MW Groupe froid : 4 MW
Taux EnR&R <i>Taux EnR&R – yc élect</i>	75% 85%	63% 76%



Puissance heure par heure



6.2.3.4 Synthèse des modélisations

Les ressources EnR&R permettent de respecter les objectifs de la commune en termes de couverture. Il s'avère cependant nécessaire qu'une énergie complémentaire, en l'occurrence le bois dans les scénarios étudiés, soit mobilisée afin de respecter les 70% EnR&R de couverture thermique. Les installations bois ont cependant leurs limites techniques (en plus des considérations économiques) et ne permettront pas d'atteindre un taux EnR&R de 100%.

STEP & Bois Chaleur	Géo & Bois Chaleur	Géo & Bois Chaleur & froid	
16 800 eq logements	16 800 eq logements	16 800 eq logements	23 GWh froid 320 000 m ² eq
73% de couverture EnR&R	71% de couverture EnR&R	75% de couverture EnR&R	63% de couverture EnR&R
82% EnR&R yc électricité verte	83% EnR&R yc électricité verte	85% EnR&R yc électricité verte	76% EnR&R yc électricité verte

Afin de réaliser des appoints ponctuels et de sécuriser/secourir la production de chaleur et de fraîcheur, il s'avère nécessaire de mettre en œuvre des chaufferies gaz et centrales froid. Dans le but de limiter les investissements, il apparaît pertinent d'utiliser des chaufferies / centrales froid existantes.

Les installations bois nécessiteront approximativement 32 livraisons (camion de 90 m³) / semaine en plein hiver. A moyen termes, il pourrait être envisagé de développer une filière d'acheminement ferroviaire ou fluviale. Ce point devra faire l'objet d'une étude spécifique.

Le gisement et l'implantation de la ressource géothermique seront à confirmer par une étude sous-sol (hydrogéologique).