



MANERGY

03.07.2020

# RAPPORT PHASE 1

Schéma Directeur des Réseaux de Chaleur  
de Nantes Métropole



MAÎTRE D'OUVRAGE



SERMET  
groupe MANERGY

ITHERMCONSEIL  
groupe MANERGY

PARME  
AVOCATS

	Date	Modifications	Validation	Vérification	Rédaction
V1	09/06/2020	Remise du projet de rapport initial	Sébastien RODE SERMET	Guillaume TEXIER SERMET	Antoine DELAUNAY ITHEM CONSEIL Scheherazade ABBOUB et Christopher DELAISEMENT PARME AVOCATS
V2	03/07/2020	Rapport corrigé suite remarques Nantes Métropole	Sébastien RODE SERMET	Guillaume TEXIER SERMET	Antoine DELAUNAY ITHEM CONSEIL

# SOMMAIRE

<b>1. CONTEXTE ET ENJEUX</b>	<b>3</b>
1.1 Contexte général	3
1.2 Contexte local	5
1.3 Contexte et enjeux du schéma directeur	6
1.4 Les Enjeux	8
<b>2. ETAT DES LIEUX ET DIAGNOSTIC DES RESEAUX DE CHALEUR EXISTANTS ET OPPORTUNITES DE NOUVEAUX RESEAUX</b>	<b>10</b>
2.1 Diagnostic des réseaux de chaleurs existants et évaluation de la qualité de service fournie	10
2.1.1 Les réseaux de chaleur de Nantes Métropole	10
2.1.2 Audit contractuel des réseaux de chaleur	11
2.1.3 Audit technique et énergétique	19
2.1.4 Le patrimoine raccordé	25
2.1.5 Audit financier	27
2.1.6 Focus Cogénérations	32
2.1.7 Synthèse	33
2.2 Etat des lieux des consommateurs potentiels	35
2.2.1 Présentation de la démarche de l'étude	35
2.2.2 Les besoins de chaud du patrimoine existant	36
2.2.3 Les besoins de chaud du patrimoine à venir	54
2.2.4 Les fiches zones	58
2.2.5 Les besoins de froid	63
2.3 Etat des lieux des sources de chaleur à proximité des réseaux	66
2.3.1 Le contexte et les attentes de Nantes Métropole	66
2.3.2 La chaleur fatale	69
2.3.3 Les géothermies	89
2.3.4 La biomasse	96
2.3.5 Le solaire thermique	103
2.3.1 Le biogaz	111
2.3.2 Le stockage thermique	116



2.3.3 Focus Prairie de Mauves .....	120
-------------------------------------	-----

<b>3. GLOSSAIRE .....</b>	<b>121</b>
---------------------------	------------





# 1. CONTEXTE ET ENJEUX

---

## 1.1 Contexte général

Depuis les premiers chocs pétroliers et jusqu'à récemment à travers la COP21 et l'accord de Paris en 2015, l'engagement des pouvoirs publics dans la **lutte contre le réchauffement climatique** et pour la **maîtrise des dépenses énergétiques** n'a cessé de croître.

Le Grenelle de l'Environnement, en 2007, a particulièrement relancé le **développement des réseaux de chaleur** comme **vecteur** de mobilisation **d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R)**.

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

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

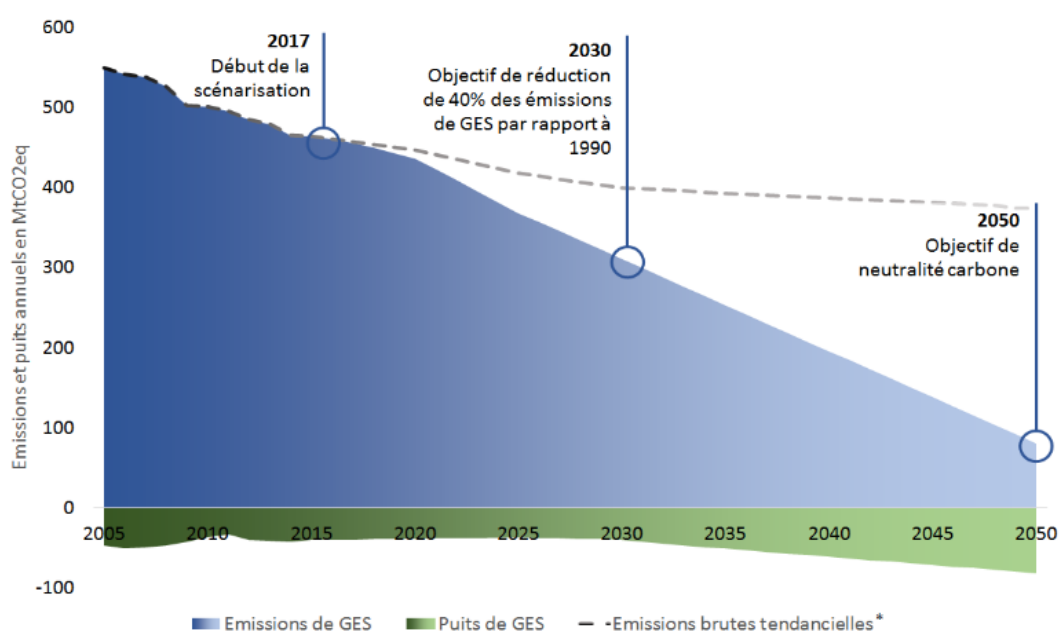
Au-delà de ces **objectifs environnementaux** chiffrés se cachent aussi des **objectifs de développement économique**, avec la création d'emplois locaux et durables, et une relocalisation de l'activité économique dans le domaine de l'énergie.

L'atteinte des objectifs ambitieux fixés nécessitent une **implication forte de l'ensemble des acteurs de la société et de l'ensemble des collectivités**. En effet, ces objectifs nationaux doivent être déclinés au sein des territoires pour y apporter des **solutions adaptées aux territoires et aux enjeux locaux**.

Enfin, adoptée début 2020, **la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC)** décrit la feuille de route de la France pour conduire la politique **d'atténuation du changement climatique**. Elle donne des orientations pour mettre en œuvre la transition vers une économie bas-carbone dans tous les secteurs d'activités. Elle définit des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la France à court/moyen terme – les budgets-carbone – et vise l'atteinte de la **neutralité carbone**, c'est-à-dire zéro émission nette, à **l'horizon 2050** (objectif introduit par le plan climat de juillet 2017).







\*Les émissions « tendancielles » sont calculées à l'aide d'un scénario dit « Avec Mesures Existantes » qui prend en compte les politiques déjà mises en places ou actées.

Figure 1. Evolution des émissions et des puits de GES sur le territoire national entre 2005 et 2050. Source : SNBC - MTES - 2020.

La stratégie et les budgets-carbone sont **juridiquement opposables pour le secteur public**, principalement par un lien de prise en compte. L'obligation de prise en compte impose de « *ne pas s'écarter des orientations fondamentales sauf, sous le contrôle du juge, pour un motif tiré de l'intérêt de l'opération et dans la mesure où cet intérêt le justifie* » (CE, 9 juin 2004, 28 juillet 2004 et 17 mars 2010).

Il en découle principalement que la SNBC ne peut être ignorée et que les écarts ont vocation à être explicités et argumentés. Ainsi, les orientations stratégiques du SNBC, dont le présent document résume les applications aux réseaux de chaleur, si elles sont engageantes pour toutes les entreprises et tous les citoyens, s'adressent toutefois en priorité aux décideurs publics, en particulier aux échelons nationaux, régionaux et **intercommunaux**.



## 1.2 Contexte local

**NANTES METROPOLE** regroupe aujourd'hui **24 communes** réparties sur **524 km<sup>2</sup>** totalisant plus de **639 000 habitants** et **328 000 logements** ce qui en fait une des principales agglomérations nationales. **NANTES METROPOLE** fait partie des métropoles françaises les plus dynamiques, avec près de 10 000 habitants supplémentaires par an.

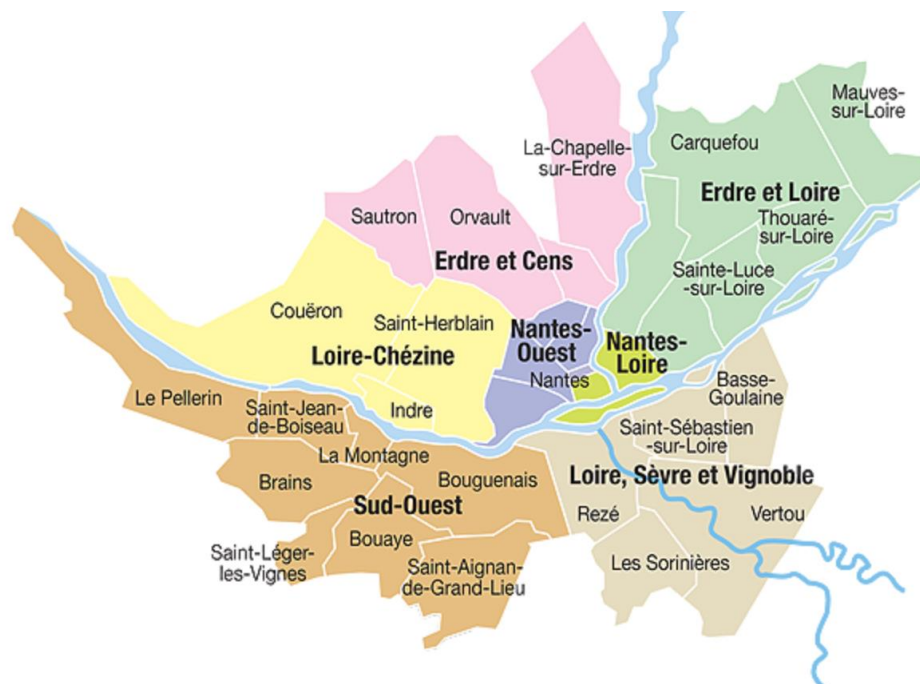


Figure 2 : Carte des communes de Nantes Métropole

**NANTES METROPOLE** est structurée en 7 pôles, relais de la Métropole auprès des communes membres et des habitants. Ces pôles disposent d'une connaissance fine du territoire.

Depuis de nombreuses années, **NANTES METROPOLE** a fait de la transition énergétique un enjeu local fort, décliné dans l'ensemble des politiques publiques, se positionnant ainsi comme référente sur les questions environnementales.

Cela s'est notamment traduit par :

- L'élaboration d'un **Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET)** qui a été adopté en 2007 ;
- L'élection de Nantes comme **Capital Verte de l'Europe** en 2013 ;
- La mise en œuvre d'une **feuille de route transition énergétique** adoptée en 2018 suite à un Grand Débat mené localement, sur laquelle s'appuie la **mise à jour du PCAET** adoptée la même année.

La mise à jour du PCAET validée fin 2018 fixe des objectifs ambitieux, à la hauteur des enjeux climatiques et sociaux actuels :

- Diminution de 50% des émissions de gaz à effet de serres par habitant d'ici à 2030 (par rapport à 2003, et 30% d'ici à 2020) ;
- 50% d'énergies locales et renouvelables en 2050.

Ces objectifs sont en phase avec la Loi de Transition énergétique et pour la croissance verte de 2015 qui prévoit la multiplication par 5 des quantités de chaleur renouvelables livrées par les réseaux de chaleur.



## 1.3 Contexte et enjeux du schéma directeur

NANTES METROPOLE dispose de la compétence « Production et distribution de chaleur : réseau de chaleur » depuis 2005, devenant ainsi une des premières intercommunalités à se saisir du sujet.

Les réseaux de chaleur sont considérés comme **un des leviers majeurs** pour atteindre les **objectifs de réduction des émissions de gaz à effets de serre** sur le territoire, tout en consolidant le volet social de la Transition Energétique avec une chaleur à coûts maîtrisés.

Une **première phase de développement**, initiée en 2008 suite au premier PCAET, a permis la réalisation d'une première vague de projet :

- Extensions du réseau Centre Loire et mise en place de nouveaux moyens de production EnR&R ;
- Extensions et verdissement du réseau de Bellevue ;
- Création du réseau de la Noë à St Jean de Boiseau et la Minais à Ste-Luce-sur-Loire ;
- Lancement de la création du réseau Nord Chézine, dont la livraison est prévue en Octobre 2020.

Cette première phase de développement a permis à NANTES METROPOLE :

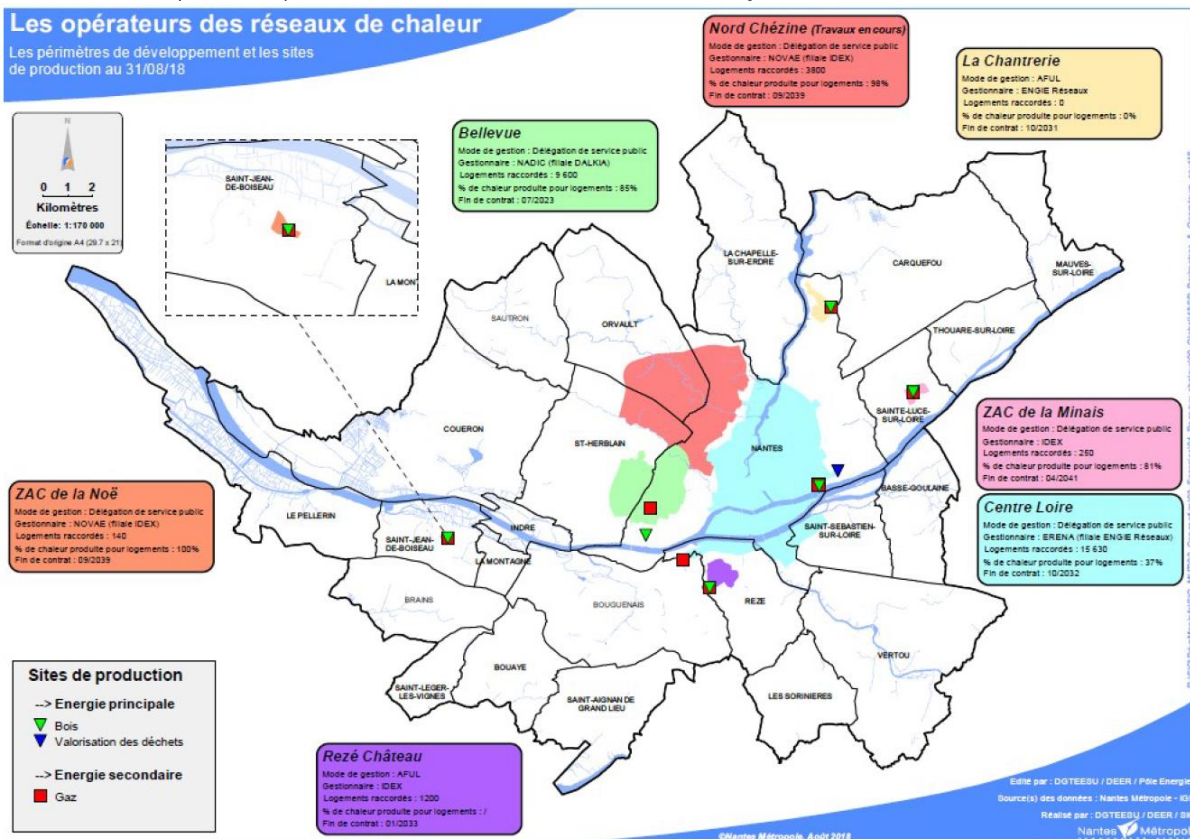
- **D'atteindre les objectifs du premier PCAET**, participant ainsi à la diminution des émissions de gaz à effet de serre par habitant de près de 11% :
  - 30 000 logements raccordés à un réseau de chaleur en 2020 ;
  - Des réseaux de chaleur alimentés à plus de 75 % par EnR&R ;
  - 50% des logements sociaux raccordés sur la Ville de Nantes.
- De **définir les modes de gestion** des réseaux de chaleur de son territoire :
  - DSP portée par Nantes Métropole en concession avec travaux pour les réseaux structurants du territoire ;
  - Contrat d'exploitation portés par des AFUL dédiées, accompagnées par Nantes Métropole pour les réseaux de moins grande envergure.
- De **sensibiliser l'ensemble des acteurs** (bailleurs, promoteurs, collectivités, ...) aux réseaux de chaleur et à leurs avantages, créant ainsi une culture propice au développement de ces réseaux.



NANTES METROPOLE possède aujourd'hui sur son territoire 7 réseaux de chauffage urbain :

### Les opérateurs des réseaux de chaleur

Les périmètres de développement et les sites de production au 31/08/18



Le PCAET élaboré en 2018 prévoit enfin la mise en œuvre, d'ici à 2020, d'un **schéma directeur des réseaux de chaleur** sur le territoire, qui permettra de se projeter à l'horizon 2030 sur le **potentiel d'évolution** des réseaux de chaleur existants (densification et extension) et **de créations** de nouveaux réseaux.

A travers la réalisation du schéma directeur des réseaux de chaleur au sein de son territoire, objet de ce mémoire, Les objectifs de **NANTES METROPOLE** sont de déterminer à horizon 2030 :

- L'évolution des besoins énergétiques,
- Les potentiels de création de nouveaux réseaux de chaleur,
- Les possibilités de densification, extension et interconnexion des réseaux actuels,
- Les voies d'optimisation de la production énergétique,
- Les modalités de développement et d'optimisation du mix énergétique en faveur des énergies renouvelables

La réalisation de ce schéma directeur doit pouvoir permettre à **NANTES METROPOLE** de :

- Disposer d'une vision globale des réseaux présents sur son territoire,
- Dresser un diagnostic technique et économique de la performance des réseaux existants,
- Recenser et examiner les opportunités de raccordements de quartiers existants à fortes densités énergétiques,
- Étudier les perspectives de raccordements des futurs programmes immobiliers, éco quartiers ...
- Dresser une stratégie de développement des différents réseaux de chaleur à horizon 2030.





De manière synthétique, les enjeux stratégiques pour **NANTES METROPOLE** se déclinent autour des thèmes suivants :

- Conforter la part majoritaire des énergies renouvelables et de récupérations dans les mix énergétiques des réseaux,
- Renforcer la compétitivité du service public et étendre son périmètre,
- Assurer un haut niveau de performances techniques, économiques, environnemental et contractuel.

Le schéma directeur des réseaux de chaleur et de froid du territoire devra donc permettre d'enclencher **une nouvelle phase de développement des réseaux du territoire**.

## 1.4 Les Enjeux

---

Le Grenelle de l'environnement a fixé des objectifs ambitieux en matière énergétique qui ont incité fortement les Collectivités locales à s'adapter à ce nouvel environnement, et notamment à :

- Imaginer des solutions techniques et économiques innovantes,
- Revisiter les structures contractuelles actuelles.

Le concept de « Schéma directeur » s'inscrit dans ce contexte, en permettant aux Collectivités locales de réaliser un exercice d'anticipation et de projection à l'horizon de 10-20 ans. *In fine*, il s'agit de définir plusieurs scénarios pour découler sur une programmation de travaux à entreprendre durant cette période.

A l'échelle d'une ville ou d'un quartier, un réseau de chaleur ou de froid peut alimenter tous types de bâtiments : tertiaires, résidentiels, industriels, ...

Mais il doit présenter une performance globale permettant de justifier sa valeur en tant que solution énergétique territoriale. Trois critères permettent d'appréhender cette performance :

- Sa **performance énergétique**, soit la quantité d'énergie nécessaire à la production de chaleur ou de froid ;
- Sa **performance environnementale**, soit les rejets de gaz à effet de serre selon les combustibles utilisés ;
- Sa **performance économique**, soit le coût global de l'énergie pour l'utilisateur final.

L'objectif de cette approche est de permettre de définir un plan d'actions programmées qui intégrera :

- Les évolutions des besoins énergétiques du territoire ;
- La maîtrise du coût de l'énergie pour l'utilisateur final ;
- Une performance environnementale en favorisant le recours aux EnR&R dans le mix énergétique du réseau.

Il apparaît qu'à l'échelle d'un territoire, les notions de développement durable et d'attractivité sont intimement liées, et ce, d'autant plus que l'on se projette sur le long terme. En effet, un des points clés du développement durable est de **replacer l'homme et son bien-être au centre de la dynamique de croissance**.

L'objectif de maximiser l'attractivité des territoires, tant pour ses acteurs économiques que pour ses habitants, tout en intégrant une gestion pérenne du territoire et de ses ressources, est inhérente à l'exercice de réalisation d'un schéma directeur.







Le développement de l'usage des énergies renouvelables et de récupération doit conduire à mener une analyse rigoureuse des potentiels sous les axes suivants :

- Les **ressources énergétiques du territoire** : il s'agit des cartographies des ressources primaires locales d'énergies renouvelables (l'ensoleillement, les ressources géothermales, les ressources de chaleur fatale, la biomasse, etc.),
- Le **potentiel théorique** : il représente la puissance totale théorique par filière que l'on est en mesure de valoriser sur le territoire, si l'on ne tient compte que des contraintes techniques, patrimoniales et environnementales (l'orientation des toitures et la protection du patrimoine bâti pour le solaire, les risques pour la géothermie, etc.).  
Ce sont des chiffres purement théoriques et très ambitieux puisque l'on ne tient pas compte de la capacité financière et de la motivation des maîtres d'ouvrage, ni de la concurrence des autres filières (gaz, électricité, etc.). Toutefois les chiffres sont intéressants puisqu'ils représentent le maximum envisageable par filière sur le territoire et permettent donc d'évaluer, en théorie, la couverture possible des consommations d'énergie du territoire par les énergies renouvelables.
- Le **potentiel mobilisable**, ou « plausible » : il intègre toutes les contraintes vues précédemment ainsi que la capacité financière des maîtres d'ouvrages, la réglementation thermique, la dynamique actuelle des artisans et installateurs, les jeux d'acteurs, les partenariats à nouer, l'impact d'une politique incitative de la part de la collectivité (leviers réglementaires dans les documents d'aménagement : PLU, Référentiel Habitat, etc.).

C'est **à partir de ce potentiel plausible qu'il devient possible d'établir des scénarios** qui mettent en lumière les impacts du développement des projets sur la dépendance aux énergies fossiles, la facture énergétique du territoire, les rejets de CO<sub>2</sub> et autres gaz à effets de serre et polluants atmosphériques et indirectement, la précarité énergétique des ménages, la substitution d'énergie, la consommation d'espace, etc.

Pour ce faire, l'étude se décompose en 4 phases :

- **Phase 1 – Etat des lieux et diagnostic des réseaux de chaleur existants et opportunités de nouveaux réseaux**
  - A – Diagnostic des réseaux de chaleur existants et évaluation de la qualité du service fourni
  - B – Etat des lieux des consommateurs potentiels à proximité des réseaux
  - C – Etat des lieux des sources de chaleur à proximité des réseaux
  - D – Opportunités de création de nouveaux réseaux dans les communes
- **Phase 2 – Elaboration des scénarios d'évolution des réseaux de chaleur**
  - A – Elaboration des pistes d'évolution
  - B – Elaboration des scénarios à partir des pistes d'évolution
- **Phase 3 – Analyse multi-critères des scénarios d'évolution des réseaux de chaleur retenus**
  - A – Analyse économique
  - B – Analyse environnementale
  - C – Analyse sociale
  - D – Classement du réseau de chaleur
  - E – Intégration contractuelle
- **Phase 4 – Finalisation du Schéma Directeur des réseaux de chaleur**
  - A – Elaboration du plan d'actions du scénario retenu

Ce rapport présente les résultats de la phase 1 de l'étude.





## 2. ETAT DES LIEUX ET DIAGNOSTIC DES RESEAUX DE CHALEUR EXISTANTS ET OPPORTUNITES DE NOUVEAUX RESEAUX

### 2.1 Diagnostic des réseaux de chaleurs existants et évaluation de la qualité de service fournie

#### 2.1.1 Les réseaux de chaleur de Nantes Métropole

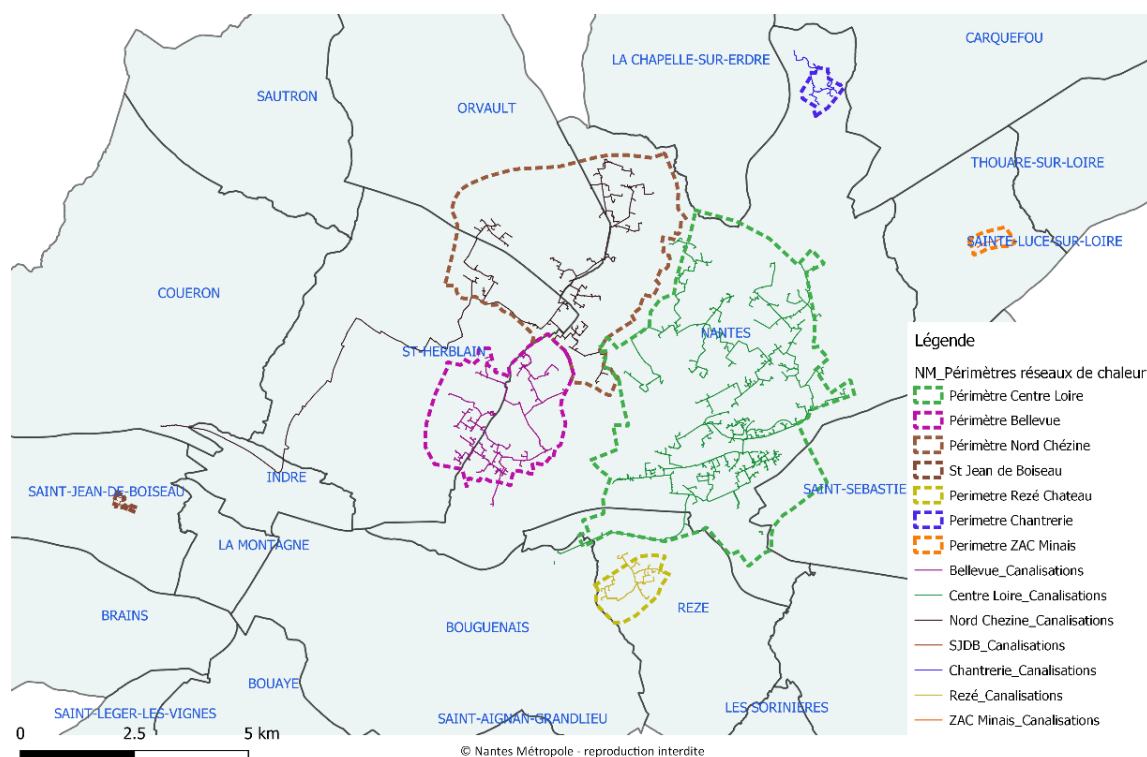


Figure 3 : Carte des réseaux de chaleur de Nantes Métropole

Pour chaque réseau de chaleur, une « fiche réseau » a été réalisée et est fournie en Annexes de ce rapport (Annexes 1 à 7). Ces « fiches réseaux » permettent de faire un état des lieux précis du fonctionnement du réseau de chaleur sur :

- Les caractéristiques techniques,
- Le patrimoine raccordé et les ventes de chaleur,
- Les moyens humains et la qualité du service,
- Les données économiques et financières.

Les parties suivantes ont pour objectif de comparer et d'analyser différents paramètres entre réseaux et à l'échelle du territoire.



## 2.1.2 Audit contractuel des réseaux de chaleur

### 2.1.2.1 Données générales

RESEAUX	NORD CHEZINE	SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE
Année de création	Depuis 2018	2008/2014	1 985	1 968	Depuis 2011	2014 à partir d'un réseau historique	2010/2011
Mode de gestion actuel	DSP		DSP	DSP	DSP	AFUL	AFUL
Maître d'Ouvrage / Autorité concedante	Nantes Métropole		Nantes Métropole	Nantes Métropole	Nantes Métropole	AFUL de Rezé Château	AFUL de la Chantrerie
Exploitant	NOVAE IDEX ENERGIES		ERENA ENGIE	NADIC DALIKIA	IBEM IDEX ENERGIES	IDEX ENERGIES	ENGIE RESEAUX
Début de la durée du contrat	Octobre 2019	Janvier 2018	Octobre 2012	Janvier 1999	Février 2011	Juillet 2014	Juillet 2010
Durée	20 ans	Fin contrat NOVAE	20 ans	24 ans	30 ans	20 ans	20 ans
Fin du contrat	Septembre 2039		Octobre 2032	31 Mai 2023	Juin 2040	Juillet 2034	Automne 2031
Création du réseau liée à une ZAC	NON	OUI	NON	NON	OUI	NON	NON

Deux modes de gestion des réseaux de chaleur sont privilégiés :

- 4 délégations de service public pilotées par Nantes Métropole, pour 5 réseaux de chaleur,
- 2 AFUL pilotant des contrats de financement et d'exploitation, pour 2 réseaux de chaleur. Les 2 AFUL sont soumises au code de la commande publique :
  - L'AFUL de Rezé Château, suivant son article 25,
  - L'AFUL de la Chantrerie suivant son Article 28.

**NOTA :** le réseau de chaleur Nord Chézine est en cours de développement, la chaufferie principale n'est pas encore en service à la date de rédaction de ce rapport.

*La politique de Nantes Métropole concernant les réseaux de chaleur est la suivante depuis quelques années :*

- DSP pilotée par Nantes Métropole pour les projets structurants ;
- Création d'AFUL et mise en place de contrat spécifique de financement et d'exploitation pour les projets de plus petite envergure.

*La fin des différents contrats peut être distinguée suivant 3 périodes :*

- 2023 : fin de la DSP de Bellevue,
- 2031 à 2034 : fin de la DSP Centre Loire et des deux AFUL, Chantrerie et Rezé Château,
- 2039 et 2040 : fin des DSP Nord Chézine et ZAC de la Minais.

*Ces trois échéances pourraient être des atouts pour la suite de l'étude.*







## 2.1.2.2 Les évolutions contractuelles possibles

### LES POSSIBILITE DE MODIFICATIONS DES CONTRATS

Pour les **délégations de service public**, il convient de souligner trois hypothèses correspondant aux possibilités de modification d'une délégation en cours d'exécution :

#### 1. Modification représentant moins de 10 % du montant initial de la délégation

Conformément à l'article R.3135-8 du code de la commande de publique, le contrat de concession peut être modifié lorsque le montant de la modification est inférieur :

- D'une part, à 10 % du montant initial,
- D'autre part, au seuil européen de 5 548 000 € HT. Etant précisé que le seuil applicable au marché public de fourniture et service, devrait également être pris en compte pour prévenir d'une hypothèse de requalification de l'avenant.

Il est également précisé dans l'article L. 1411-6 du CGCT que tout projet d'avenant entraînant une augmentation du montant global supérieur à 5% du montant initial de la délégation doit être préalablement soumis, pour avis, à la commission de délégation de service public.

#### 2. Modification considérée comme n'étant pas une modification substantielle

Conformément à l'article [L.3135-1](#) et [R.3135-7](#) du code de la commande publique, un contrat de concession peut être modifié lorsque les modifications ne sont pas substantielles.

#### 3. Modification dans le cadre d'une clause de réexamen ou d'option

Conformément à l'article R.3135-1 du code de la commande publique, les modifications d'un contrat, quels que soient leurs montants, sont dispensées d'une nouvelle procédure de publicité et de mise en concurrence dès lors qu'elles ont été prévues dans les documents du contrat initial sous la forme de clauses de réexamen. Or, s'agissant de l'interprétation de cette disposition, deux hypothèses sont à distinguer :

- La clause réexamen est claire, précise et sans équivoque. Dès lors, la modification du contrat s'apparente à une option, et pourrait être réalisée sans considération de son montant.
- La clause de réexamen s'apparente à une « clause de rendez-vous » à la survenance d'un événement pour la renégociation du contrat, selon l'interprétation de la Direction des Affaires Juridiques de Bercy. Toutefois, il faut noter que la doctrine et le juge communautaire retienne une approche plus rigoureuse.



L'extension de périmètre et l'export, à partir de 10% du montant initial de la délégation, sont des modifications de contrats, et il convient de souligner deux éléments :

- D'une part, les conditions d'extension du périmètre sont régies par les stipulations contractuelles. Ces dernières sont détaillées dans les fiches réseaux (Annexes 1 à 7),
- D'autre part, les limites tracées par la jurisprudence sont celles des modifications possibles d'une délégation en cours d'exécution ci-avant exposées en matière de possibilité d'export supérieur à 10% du montant initial de la délégation.

Pour l'export, s'agissant d'activité annexe, les limites tracées sont celles du risque que doit assumer le délégataire. A cet égard, le risque supporté par le délégataire doit être réel, sans être excessif. Etant précisé que la jurisprudence ne trace cependant pas de limite, a priori, en termes de pourcentage.

## STATUT DES AFUL ET SOUMISSION AU DROIT PUBLIC

Pour les AFUL, les possibilités de modifications des contrats dépendent si l'AFUL est considérée comme un pouvoir adjudicateur ou non. L'article L.1211-1 du CPP prévoit :

« Les pouvoirs adjudicateurs sont :

1° Les personnes morales de droit public ;

2° Les personnes morales de droit privé qui ont été créées pour satisfaire spécifiquement des besoins d'intérêt général ayant un caractère autre qu'industriel ou commercial, dont :

a) Soit l'activité est financée majoritairement par un pouvoir adjudicateur ;

b) Soit la gestion est soumise à un contrôle par un pouvoir adjudicateur ;

c) Soit l'organe d'administration, de direction ou de surveillance est composé de membres dont plus de la moitié sont désignés par un pouvoir adjudicateur ;

[...] » (L.1211-1 CCP)

Ainsi, est soumise au code de la commande publique, une personne privée, créée par des personnes publiques pour satisfaire spécifiquement des besoins d'intérêt général, et qui satisfait alternativement l'un des trois critères suivants :

- L'activité majoritairement financée par un pouvoir adjudicateur ;
- La gestion soumise à un contrôle par ce dernier ;
- L'organe d'administration, de direction ou de surveillance qui doit être composé de membres dont plus de la moitié sont désignés par un pouvoir adjudicateur.

Dès lors, ladite personne privée est soumise au code de la commande publique.

- S'agissant du critère de la création par des personnes publiques, il convient de relever que : l'AFUL REZE CHATEAU compte parmi ses cinq fondateurs, deux personnes publiques la Région Pays de la Loire et la Ville de REZE et l'AFUL de la CHANTRERIE compte également parmi ses fondateurs, plusieurs personnes publiques. **Aussi, ce critère est satisfait.**

- S'agissant du critère de l'objet relatif à « des besoins d'intérêt général ayant un caractère autre qu'industriel ou commercial », il serait satisfait dès lors que l'article 3 des statuts stipule que :

« [...] l'association a pour objet la construction, l'entretien, et la gestion d'un réseau de chaleur considéré comme ouvrage d'intérêt collectif » (Statuts, p.1). Il s'en déduit que ce critère serait satisfait. Il en est de même pour l'AFUL de la Chantrerie.

- S'agissant du contrôle de la gestion, il convient de relever que l'article 3 des statuts attribue à la Région Pays de la Loire et la Ville de REZE la qualité d'associés donnant voix à l'Assemblée générale. Or,
  - d'une part, l'Assemblée générale au titre de l'article 15 et 17 des Statuts nomme les membres du Comité syndical, et en contrôle la gestion, le budget annuel et le règlement intérieur ;
  - d'autre part, lesdites personnes publiques représentent deux voix sur cinq à l'Assemblée générale de l'AFUL. Il s'en déduit que ce critère serait satisfait. Il en est de même pour l'AFUL de la Chantrerie.

**En conclusion, les AFUL REZE CHATEAU et CHANTRERIE sont bien soumises au droit de la commande publique. Les contrats passés par ces AFUL sont donc soumis aux mêmes possibilités de modification d'un contrat de délégation de service public.**



## SYNTHESE POUR LES RESEAUX DE NANTES METROPOLE

Le tableau ci-dessous résume les potentiels d'évolution de chaque réseau de chaleur :

RESEAUX	EXTENSION DE PERIMETRE	EXPORT DE CHALEUR
NORD CHEZINE	<i>L'article 67 - Révision des conditions économiques</i> du contrat prévoit la possibilité de révision si une modification du périmètre est de nature à modifier l'équilibre de la DSP.	L'article 12.1 du contrat précise que l'exportation de chaleur est conditionnée à la satisfaction préalable du délégataire à toutes ses obligations et à l'accord exprès du délégant. L'exportation de plus de 10% des quantités vendues dans le périmètre ouvre droit à révision du contrat, mais les exportations ne peuvent en aucun cas engendrer une augmentation du cout global du service. Actuellement, aucun export n'est réalisé.
SAINT JEAN DE BOISEAU		
CENTRE LOIRE	Les surcoûts éventuels engendrés par une extension du périmètre sont à la charge du DÉLÉGATAIRE. Par ailleurs, les réseaux réalisés par les tiers faisant l'objet d'une convention sont intégrés aux biens délégués.	L'article 10.1 stipule de l'ensemble des conditions à respecter en matière d'exportation de chaleur. À cet égard, le titulaire bénéficie d'un droit de révision de sa rémunération prévue à l'article 65, <u>en cas de dépassement d'au moins 10 % de la quantité de chaleur exportée calculé</u> au regard des quantités vendues à l'intérieur du périmètre. En dehors dudit droit à révision, la DSP ne prévoit pas de limite en quantité ou en pourcentage. Actuellement, un export inférieur à 2 % du montant initial de la DSP est réalisé.
BELLEVUE	Le concessionnaire est tenu de procéder aux extensions particulières desservant un nombre limité d'abonnés dont les modalités de paiement sont stipulées à l'article 56. Par ailleurs, les réseaux réalisés par les tiers peuvent être intégrés au périmètre.	L'article 13 stipule des conditions de l'exportation de chaleur <u>sans prévoir de limite en quantité ou en pourcentage</u> . Toutefois le contrat ne comporte aucune option ou clause de réexamen sur l'export de chaleur. Les cas 1. et 2. du paragraphe en page 12 s'appliquent. Actuellement, une seule sous-station est desservie en dehors du périmètre de la DSP.
ZAC DE LA MINAIS	Le DÉLÉGANT se réserve la possibilité de faire évoluer le périmètre de la convention dès lors que l'intérêt général ou des considérations d'ordre économique, ou technique, le justifient.	Pas explicitement prévue. Les cas 1. et 2. du paragraphe en page 12 s'appliquent.
REZE CHATEAU	La convention prévoit la faculté partagée pour les parties de modifier le périmètre contractuel.	L'article 53.3 stipule des conditions de l'exportation de chaleur <u>sans prévoir de limite en quantité ou en pourcentage</u> . Toutefois le contrat ne comporte aucune option ou clause de réexamen sur l'export de chaleur. Les cas 1. et 2. du paragraphe en page 12 s'appliquent. Actuellement, environ 6 000 MWh sont livrés à des abonnés non membres de l'AFUL, mais la quantité totale d'énergie livrée est inférieur au prévisionnel du contrat.
CHANTRERIE	Possible sur accord de l'AFUL et de la justification par des « considérations techniques ou économiques ».	Pas explicitement prévue. Les cas 1. et 2. du paragraphe en page 12 s'appliquent. Chaque nouvel abonné est intégré dans le périmètre de l'AFUL par voie d'avenant.

*L'audit des contrats montre que pour tous les réseaux, il est possible d'exporter de la chaleur ou d'étendre le périmètre, mais les dispositions contractuelles spécifiques à chaque réseau et les dispositions générales limitent les quantités d'énergies qui peuvent être exportées et l'extension du périmètre qui peut être réalisée.*



### 2.1.2.3 Les servitudes de passage des réseaux

---

Les servitudes sont de deux types :

- Les branchements qui passent sur le terrain d'un maître d'ouvrage (raccordé ou non au réseau) pour atteindre la sous-station d'un second maître d'ouvrage qui sera lui raccordé ;
- Les feeders qui traversent un terrain privé pour éviter d'avoir à faire un grand contournement

Des cas particuliers qui n'ont pas pu être confirmés / vérifiés au cours de notre analyse :

- Nous n'avons pas eu le détail des propriétaires de chaque parcelle. Donc :
  - Les réseaux traversent certaines parcelles appartenant possiblement à des collectivités (en particulier Nantes Métropole) mais ne sont pas du domaine public. Si un réseau structurant traverse des parcelles appartenant à Nantes Métropole ou à des communes, l'établissement d'une convention de servitude est obligatoire ;
  - Certaines antennes/certaines branchements traversent plusieurs terrains avant d'arriver à une sous-station :
    - Si ces terrains appartiennent tous au même maître d'ouvrage, il n'y a pas besoin de servitude autre que celle prévue par la Police d'abonnement ;
    - Si ces terrains n'appartiennent pas tous au même maître d'ouvrage, les terrains uniquement traversés doivent faire l'objet de servitudes (c'est le cas par exemple pour Nord Chézine où, pour alimenter un groupe scolaire, il faut traverser le terrain d'une copropriété)
  - Dans les ZAC ou autres zones en cours d'aménagement, certaines parcelles privées seront rétrocédées par l'aménageur à la collectivité et intégrées au domaine public. Des conventions de servitudes temporaires avec l'aménageur peuvent être mises en œuvre pour plus de sécurité juridique.
- Il faut faire attention autour des chaufferies mises à disposition pour réinjection dans le réseau / alimentation d'autres prospects :
  - Le Feeder qui part de la chaufferie mise à disposition doit faire l'objet d'une servitude dans le cadre de la mise à disposition. Ce point doit être vérifié par les exploitants pour chacune d'entre elle ;
  - Les antennes, qui partent de cette chaufferie pour alimenter un bâtiment autre, devraient faire l'objet de conventions de servitudes (exemple : Nord Chézine pour l'alimentation des mini-réseaux) ;

S'agissant des deux conventions concernant des A.F.U.L., l'obtention et la gestion des servitudes de passage sur le domaine public ou privé sont à la charge du Délégué. A cet égard, le cadre juridique est principalement composé :

- D'une part de l'article [R.113-10 du code de la voirie routière](#) relatif de manière générale aux canalisations de transport de chaleur,
- D'autre part des articles [L.721-1 et suivants du code de l'énergie](#) relatif aux constructions ayant été déclarée d'intérêt général (si le projet a été déclaré d'intérêt général).



Le tableau ci-dessous résume l'analyse des servitudes de passage de chaque réseau de chaleur :

RESEAUX	SERVITUDES DE PASSAGE
NORD CHEZINE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le réseau est en phase de commercialisation/travaux : les servitudes sont établies au fur et à mesure de l'avancement. Certaines servitudes sont déjà établies ou discutées, d'autre doivent être envisagées.</li> <li>- Les servitudes de passage des réseaux sont détaillées en Annexe 1.</li> </ul>
SAINT JEAN DE BOISEAU	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La totalité des Feeders se trouve sous le domaine public.</li> <li>- Aucune antenne ne traverse une parcelle tierce avant de rejoindre le point de livraison.</li> </ul>
CENTRE LOIRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombreuses servitudes présentes (Cf. fiche réseau Annexe 3) mais pas de conventions fournies.</li> <li>- Le délégataire fait son affaire de l'obtention des conventions de servitudes nécessaires (cf. art 11.2 de la convention de DSP).</li> </ul>
BELLEVUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombreuses servitudes présentes (Cf. fiche réseau Annexe 4) mais pas de conventions fournies.</li> </ul>
ZAC DE LA MINAIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La totalité des réseaux se situe en domaine privatif car la création du réseau est liée au développement d'une ZAC par un aménageur.</li> <li>- La convention autorise le délégataire à occuper l'ensemble des terrains appartenant au délégant (et concédé à l'aménageur), à l'intérieur du périmètre de la ZAC.</li> </ul>
REZE CHATEAU	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La convention ne prévoit pas expressément l'attribution de servitude de passage automatique,</li> <li>- Le délégataire fait son affaire de toutes les autorisations administratives nécessaires,</li> <li>- Le réseau présente des passages importants sous domaine privatif (cf. Annexe 6).</li> </ul>
CHANTRERIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La convention ne prévoit pas expressément l'attribution de servitudes de passage,</li> <li>- Le délégataire fait son affaire de toutes les autorisations administratives nécessaires,</li> <li>- Les différents feeders et antennes cheminent indifféremment sous domaine public et privé.</li> </ul>

*D'une manière générale, aucune convention de servitudes n'a été transmise par les exploitants, sauf pour Nord Chézine. Un état des lieux de ces conventions pourra être réalisé, il devra prévoir :*

- *D'affiner le recensement avec les propriétaires des parcelles et les fonctions des réseaux (feeder, antenne, branchement)*
- *D'envisager une redéfinition de l'espace public, par exemple :*

*\* Autour de certaines voiries importantes, comme les voies métropolitaines (comme la VM 75) qui parfois sont du domaine privé (appartenant à la collectivité) et pas du domaine public*

*\* Dans le grands ensembles historiques (Dervallières, Breil-Malville, Bout des Pavés, Malakoff...), pour lesquels la totalité du terrain est privatif, y compris les voies de circulation*

- *Reprendre ensuite le travail effectué ici et cibler avec l'exploitant les tronçons nécessitant des servitudes et les maîtres d'ouvrage des terrains à contacter*







#### 2.1.2.4 Amortissement des biens mis en oeuvre

---

Les biens mis en œuvre par l'ensemble des opérateurs dans le cadre de leur contrat sont amortis sur les durées de contrat. **La seule exception est pour le financement de la rénovation de la cogénération gaz et de la biomasse du réseau de chaleur de Bellevue.** Ces installations font l'objet d'une autorisation d'occupation temporaire (AOT) du domaine public entre Nantes Biomasse Investissement (NBI – Filiale Dalkia) et le délégataire NADIC (filiale Dalkia, auquel Nantes Métropole se substituera en cas d'arrivée à échéance de la convention de DSP).

Cette AOT, conclut en 2013, arrive à échéance en Novembre 2027. Les biens construits dans ce cadre deviennent propriété de Nantes Métropole, en état d'usage, à l'échéance de l'AOT, qui prévoit que NBI se rémunère via :

- La prime fixe des ventes d'électricité produite par la cogénération, jusqu'à la fin du contrat d'achat par EDF (Novembre 2024) ;
- Une redevance annuelle pour l'utilisation de la chaufferie biomasse :
  - Variable de 22 €/HT/MWh pour les 20 premiers GWh, 14 €/HT/MWh pour les 20 GWh suivant et 2 €/MWh pour les MWh au-dessus de 40 GWh jusqu'en Novembre 2024,
  - Forfaitaire de 737 k€/an versée par l'opérateur à NBI de Novembre 2024 à Novembre 2027.

Et paye une redevance d'occupation du domaine public de 20 k€/an à NADIC. NADIC exploite l'ensemble des installations.

A échéance normale de la convention de DSP du réseau de Bellevue (31/05/2023), Nantes Métropole pourra soit :

- Résilier l'AOT, en contrepartie d'une indemnité à verser à NBI correspondant à :
  - La valeur nette comptable des biens non amortis, estimée pour la période de Juin 2023 à Novembre 2024 à 3 850 k€ à partir du CEP NBI,
  - Du montant des pénalités liées à la résiliation anticipée des contrats de vente d'électricité et de prêt. Ce montant ne peut être estimé, mais un transfert du contrat d'achat d'électricité de NBI au nouvel opérateur paraît possible, sans frais de résiliation, et les charges financières restantes de 2023 à 2027 sont d'environ 200 k€.
- Se substituer à NADIC (et éventuellement transférer les obligations à son nouvel opérateur) dans les mêmes conditions.

Ces clauses sont aussi valables pour une résiliation anticipée, avec un montant qui variera.

---

*Ces modalités de financement seront à prendre en compte pour la suite de l'analyse et lors de la mise en œuvre du prochain contrat pour la gestion du réseau de chaleur de Bellevue.*

---



## 2.1.3 Audit technique et énergétique

NOTA : Les données présentées dans ce rapport sont :

- Celles de l'année 2018 pour les réseaux en fonctionnement établi, car à la date de rédaction du rapport, certaines données de l'année 2019 sont manquantes. Les périmètres de desserte, les équipements des réseaux et la rigueur climatique de 2019 étant sensiblement les mêmes que pour l'année 2018, ces résultats seront globalement identiques (à la mise en service de nouveaux équipements de production EnR&R sur le réseau Centre Loire près).
- Celles du régime prévisionnel établi pour Nord Chézine, le réseau étant en cours de développement, les données des années 2018 et 2019 ne sont pas représentatives.

### 2.1.3.1 Les moyens de production

RESEAUX	NORD CHEZINE	SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE	TOTAL
Nombre de centrales de production	2 principales 11 en secours	1	2 principales 5 en secours	2 principales 1 en secours	1	1	1	10 principales 17 en secours
Source de chaleur	- CTVD - Bois - Gaz - Fioul	- Bois - Gaz	- CTVD - Bois - Gaz	- Bois - Gaz	- Bois - Gaz	- Bois - Gaz	- Bois - Gaz	- CTVD - Bois - Gaz - Fioul
Puissance totale installée	87,1 MW en 2020	1,3 MW	205 MW 213 MW en 2019	67,7 MW	4,0 MW	17,8 MW	10,0 MW	401 MW en 2020
Dont puissance Biomasse	1,5 MW	0,5 MW	30,0 MW 38 MW en 2019	14,4 MW	0,8 MW	5,0 MW	2,5 MW	62,7 MW en 2020
Dont puissance CTVD	19,2 MW en 2020		30,0 MW					51,2 MW en 2020
Part de la puissance ENR&R	24 % en 2020 <i>Hypothétique</i>	38 %	33 %	21%	19%	28%	25%	26%
Chaleur totale consommée [MWh PCI]	105 496 MWh PCI en régime établi	2 202 MWh PCI	304 107 MWh PCI	122 761 MWh PCI	2 810 MWh PCI	20 686 MWh PCI	13 532 MWh PCI	571 593 MWh PCI
Chaleur totale produite [MWh <sub>th</sub> ]	94 859 MWh	1 906 MWh	294 682 MWh	84 720 MWh	2 481 MWh	17 425 MWh	11 867 MWh	507 940 MWh
Rendement de production moyen par réseau	90% en régime établi	87 %	97 % <sup>1</sup>	90%	88%	84%	88%	89%
Etat général du matériel	Neuf	Problèmes de conception entraînant des pannes récurrentes	Bon	Bon	Bon avec quelques pannes	Récemment mais pannes régulières liées à des problèmes de conception	Bon	

<sup>1</sup> Y compris le rendement de production sur la récupération de chaleur du CTVD égale à 100 %



Les chiffres pour tous les réseaux de chaleur confondus sont :

- Nombre de centrales de production principales : 10, toutes avec au moins une source de chaleur d'origine ENR&R
- Puissance totale ENR&R installée : 83 MW en 2018 ; 93 MW en 2019 ; 114 MW en 2020
- Energie totale consommée : > 500 GWh PCI en 2018 et > 550 GWh PCI fin 2020
- Chaleur totale produite en sortie chaufferies : 410 GWh en 2018, plus de 500 GWh en 2020.

### 2.1.3.2 Les réseaux de distribution

RESEAUX	NORD CHEZINE	SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE	TOTAL / MOYENNE
Longueur totale	33 170 ml	4 100 ml	81 000 ml	22 100 ml	1 000 ml	6 300 ml	3 500 ml	147 074 ml
Type de réseau	Eau chaude basse pression	Eau chaude basse pression	Réseau BP sauf entre le CTVD et la chaufferie Malakoff en eau chaude Haute Pression	Eau chaude basse pression	Eau chaude basse pression	Eau chaude basse pression	Eau chaude basse pression	
Densité thermique	2,63 MWh/ml	0,24 MWh/ml	3,15 MWh/ml	3,25 MWh/ml	1,99 MWh/ml	2,37 MWh/ml	3,12 MWh/ml	3,00 MWh/ml
Rendement de distribution	92%	52%	87%	85%	80%	86%	92%	87%
Appoints d'eau	NC	215 m³/GWh	76 m³/GWh	159 m³/GWh	176 m³/GWh	NC	NC	95 m³/GWh
Consommations électriques [kWh/MWh produit]	NC	27,3 kWh/MWh	16,5 kWh/MWh	25,8 kWh/MWh	24,6 kWh/MWh	24,2 kWh/MWh	13,4 kWh/MWh	22 kWh/MWh
Etat général du réseau	Pas encore en service	Mauvais, beaucoup de fuites et rendement de distribution très faible, lié à la très faible densité linéaire du réseau.	Bon, à l'exception d'une partie ancienne, vétuste (cf. Annexe 3)	Variable en fonction des dates de création et de rénovation	Rendement de distribution moyen lié à une densité thermique moyenne et au fonctionnement du réseau en période estivale	Bon, mais pas d'analyse de fuites sur le réseau. L'exploitant a prévu de les quantifier à partir de 2020.	Bonne densité thermique mais pas de distribution en période estivale. Pas d'analyse des appoints d'eau par l'exploitant	

Pour rappel, la densité thermique d'un réseau de chaleur est considérée par l'ADEME comme :

- Bonne si elle est supérieure à 3 MWh/ml : c'est le cas des 2 principaux réseaux existants (Bellevue et Centre Loire), et le réseau chantrerie,
- Correcte si elle est comprise entre 1,5 MWh/ml et 3 MWh/ml, c'est le cas de la majorité des autres réseaux,
- Fable si elle est inférieure à 1,5 MWh/ml et non subventionnable.

Le rendement des réseaux est lié à cette densité, les pertes étant fixes proportionnellement à la longueur du réseau, aux matériaux isolants (âge et efficacité) et au diamètre du réseau. Le réseau de St Jean de Boiseau, qui a une très faible densité, a un très mauvais rendement, de même que le réseau de la Minais dans une moindre mesure. Seule une densification du réseau permettrait d'améliorer ces rendements. Les autres réseaux ont des rendements classiques, liés plutôt à leur ancienneté.





Concernant les consommations électriques, un ratio entre 15 et 25 kWh<sub>e</sub>/MWh est courant pour les réseaux à majorité biomasse, entre 7 et 20 kWh<sub>e</sub>/MWh pour les réseaux principalement UVE. Cette distribution se vérifie pour Centre Loire, St Jean de Boiseau, La Minais et Bellevue et Rezé Château, beaucoup moins pour Chantrerie.

---

*Au global, en considérant les 33 km prévisionnels du réseau de Nord Chézine, la longueur totale des canalisations des réseaux de chaleur de Nantes Métropole sera proche de 150 km, quasi-uniquement en basse pression.*

*Ces réseaux sont dans l'ensemble en bon état et datent principalement de la période 2010-2020. Leur remplacement à horizon 30/40 ans devra être envisagé progressivement. Un point d'attention est soulevé sur le réseau de St Jean de Boiseau qui, bien que récent présente des dysfonctionnements importants.*

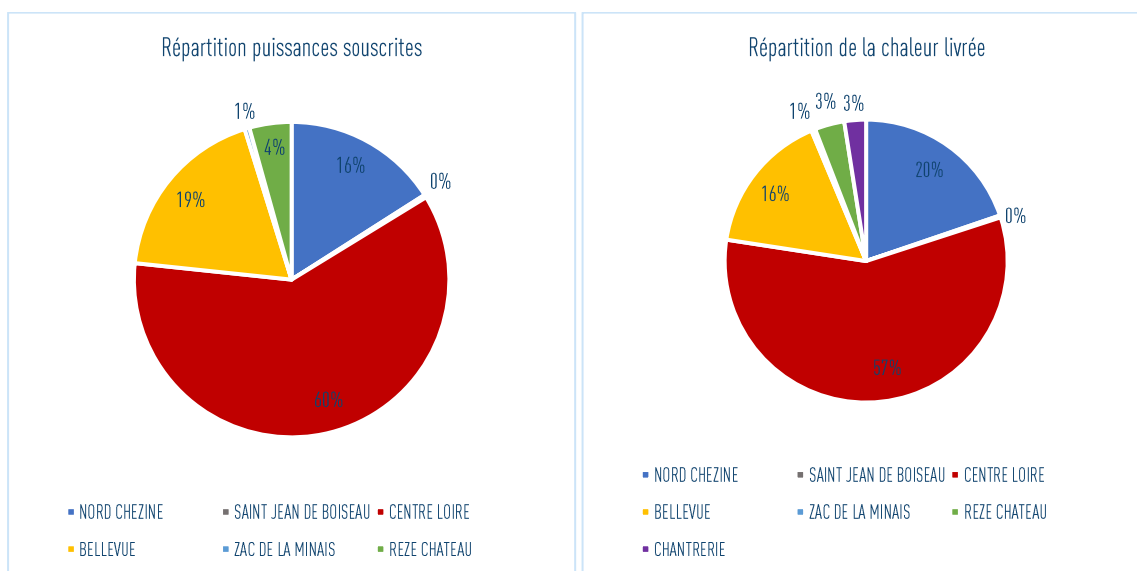
*Pour les parties historiques des réseaux Centre Loire, Bellevue et Rezé, des remplacements ponctuels de tronçons en fonction des développements à venir devront être envisagés. Pour les autres tronçons, les P3 suffiront à réparer les casses ponctuelles.*

---



### 2.1.3.3 Les sous-stations

RESEAUX	NORD CHEZINE	SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE	TOTAL / MOYENNE
Nombre de sous-stations desservies	80	119	365	115	7	33	14	733
Puissance totale souscrite	49 651 kW	876 kW	187 862 kW	57 567 kW	1 529 kW	13 430 kW		310 915 kW
Chaleur totale livrée	87 270 MWh	996 MWh	253 444 MWh	71 765 MWh	1 988 MWh	14 960 MWh	10 937 MWh	441 360 MWh
PS / MWh consommés	0,57 kW/MWh	0,88 kW/MWh	0,74 kW/MWh	0,80 kW/MWh	0,77 kW/MWh	0,90 kW/MWh		0,70 kW/MWh
Etat des sous-stations	Neuve	Nombreux problèmes - Remplacement prévu 2020/2021	Bon dans l'ensemble	NC	Bon	Bon	Bon	
Limite de prestation exploitant	Brides avals échangeur(s) primaire(s)							



Au global, en considérant le prévisionnel du contrat Nord Chézine, les réseaux de chaleur alimenteront plus de 730 sous-stations et livreront plus de 440 GWh d'énergie, pour une puissance totale souscrite de 311 MW (hors Chantrierie).

Le réseau Centre Loire fournit plus de la moitié de l'énergie totale livrée par les réseaux de chaleur de Nantes Métropole.



### 2.1.3.4 Bilan énergétique et performance environnementale

RESEAUX	NORD CHEZINE	SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE	TOTAL
Rendement global du réseau	83%	45%	84%	58%	71%	72%	81%	
Chaleur produite par CTVD [MWhut]	75 887 MWh		178 374 MWh					254 261 MWh
Chaleur produite par biomasse [MWhut]	3 794 MWh	1 293 MWh	39 743 MWh	43 551 MWh	1 433 MWh	10 304 MWh	8 126 MWh	108 244 MWh
Taux ENR	84% (théorique)	68%	74%	51%	58%	59%	68%	71%
Pour un taux ENR cible de :	84%	60%	84%	53%	86%	84%	72% puis 70 % après racc. IMA	
Chaleur produite par cogénération [MWhut]	4 743 MWh		30 740 MWh	15 654 MWh				51 137 MWh
Chaleur produite par énergie fossile (hors cogénération - MWhut)	10 434 MWh	613 MWh	46 095 MWh	25 515 MWh	1 048 MWh	7 121 MWh	3 457 MWh	94 283 MWh
Emissions de CO2	5 887 tonnes	139 tonnes	23 147 tonnes	13 934 tonnes	278 tonnes	2 030 tonnes	948 tonnes	46 363 tonnes
Contenu CO2 [kgCO2/kWh livré]	0,067 kgCO2/kWh	0,140 kgCO2/kWh	0,058 kgCO2/kWh	0,114 kgCO2/kWh	0,140 kgCO2/kWh	0,136 kgCO2/kWh	0,087 kgCO2/kWh	0,073 kgCO2/kWh

Le taux d'EnR&R moyen en France en 2018 selon l'enquête SNCU est de 57,1%, pour un contenu CO2 moyen de 0,116 kgCO2/kWhlivré.

La répartition des productions par type d'énergie est la suivante :

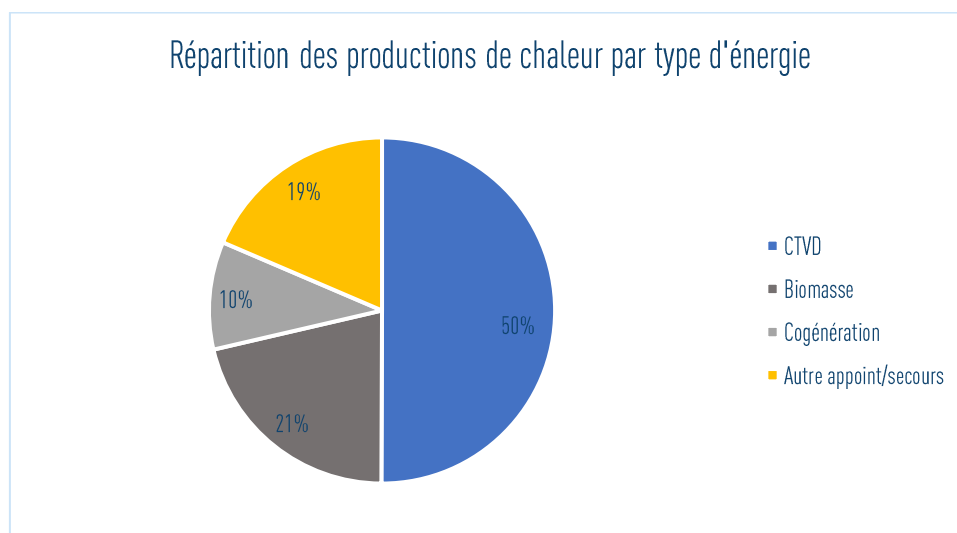


Figure 4 : diagramme de répartition des productions de chaleur par source d'énergie des réseaux de chaleur de Nantes Métropole





Nantes Métropole ambitionne un taux d'EnR&R moyen des réseaux d'au moins 80% qui se retrouve dans la mixité cible des différents contrats. Par rapport à cette cible :

- Le réseau Nord Chézine sera mis en service en 2020, et les résultats énergétiques ne seront constatables qu'en 2021 ;
- Le réseau Centre Loire devrait voir son taux d'EnR&R augmenter à partir de 2019 suite à la mise en service de la chaufferie biomasse de Californie et à l'optimisation de l'enlèvement de chaleur du CTVD ALCEA, pour se rapprocher de son objectif ;
- Le réseau de Bellevue a un objectif relativement faible, en accord avec sa production : une source d'EnR&R complémentaire pour atteindre les objectifs de Nantes Métropole devra être trouvée pour la prochaine DSP ;
- Sur les autres réseaux biomasse le taux d'EnR&R atteint est fortement dépendant :
  - Des pannes,
  - Du minimum technique de la chaudière : si le développement du réseau n'est pas suffisant, que les mi-saisons sont très douces et/ou que la chaudière est surdimensionnée, le minimum technique n'est pas atteint suffisamment longtemps dans l'année pour atteindre les objectifs.

Pour ces réseaux, seules la fiabilisation du fonctionnement des chaudières biomasse et une meilleure gestion du minimum technique (par des développements par exemple) permettront d'atteindre les objectifs.

---

*En 2018, le taux ENR de tous les réseaux de chaleur est supérieur à 50%, ce qui garantit une TVA à 5,5% sur la part R1 de la facture des usagers.*

*Les émissions de CO<sub>2</sub> cumulées des réseaux de chaleur sont légèrement supérieures à 46 000 tonnes (y compris prévisionnel réseau Nord Chézine).*

*Les économies de CO<sub>2</sub> réalisées par rapport à une solution conventionnelle gaz naturel sont de 70 000 tonnes par an, équivalent aux émissions de plus de 20 000 trajets Paris/New-York aller/retour, en avion.*

---



## 2.1.4 Le patrimoine raccordé

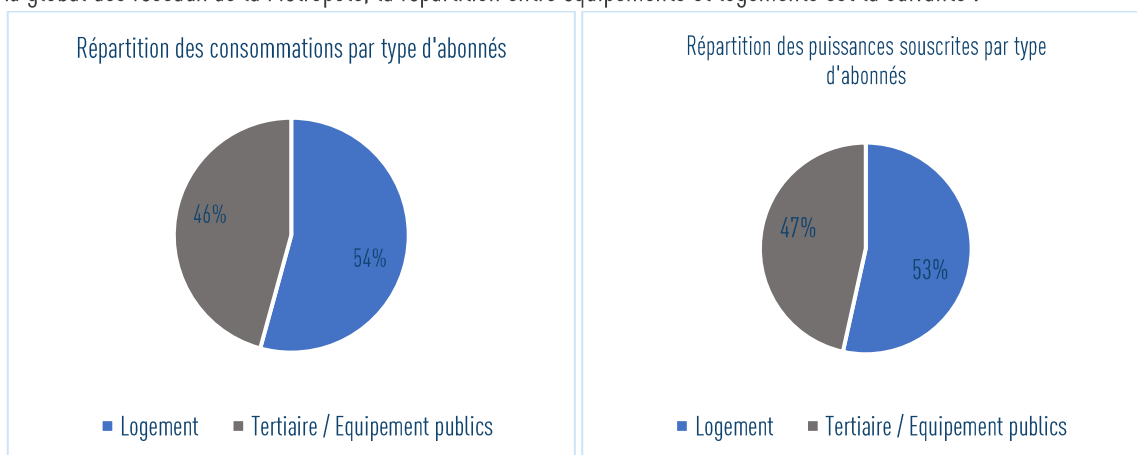
RESEAUX	NORD CHEZINE	SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE	TOTAL / MOYENNE
Nombre de logements raccordés	7 885	140	18 030	9 716	248	1 204		37 223
Consommation des logements [MWh]	73 811 MWh	1 022 MWh	95 587 MWh	60 050 MWh	1 660 MWh	7 173 MWh		239 303 MWh
Consommation moyenne d'un logement [MWh/lgt]	9,4	7,3	5,3	6,2	6,7	6,0		6,4 MWh/lgt
Puissance souscrite des logements [kW]	39 900 kW	876 kW	71 958 kW	46 140 kW	1 020 kW	6 322 kW		166 216 kW
Puissance souscrite moyenne d'un logement [kW/lgt]	5,1	6,3	4,0	4,7	4,1	5,3		4,5
Nombre d'équipements publics/tertiaire raccordés	38	0	185	29	1	21	13	287
Consommation des équipements publics/tertiaire [MWh]	13 459 MWh	0 MWh	157 857 MWh	11 715 MWh	329 MWh	6 951 MWh	11 390 MWh	201 701 MWh
Puissance souscrite des équipements publics/tertiaire [kW]	9 751 kW	0 kW	115 904 kW	11 427 kW	440 kW	7 108 kW	0 kW	144 630 kW
Part de la consommation des logements	85%	100%	38%	84%	83%	51%	0%	54%
Part de la puissance souscrite des logements	80%	100%	38%	80%	70%	47%	0%	53%

Les moyennes de consommations et puissances souscrites au logement seront repris dans la suite de l'analyse pour le calcul de la facture énergétique moyenne.

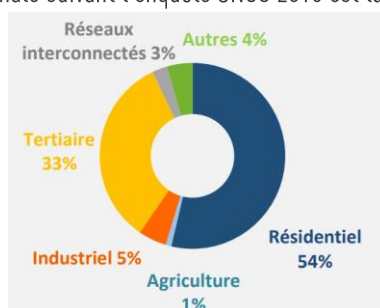
On constate sur ces indicateurs que le réseau Nord Chézine présente des consommations et puissances au logement supérieures au reste des réseaux : cela s'explique par le raccordement de nombreux quartiers n'ayant pas encore fait l'objet d'un programme de renouvellement urbain, contrairement aux autres réseaux de chaleur.



Au global des réseaux de la Métropole, la répartition entre équipements et logements est la suivante :



Alors que la répartition à l'échelle nationale suivant l'enquête SNCU 2018 est la suivante :



La part de résidentiel raccordée sur les réseaux de chaleur de Nantes Métropole est similaire à celle sur les réseaux français, par contre les réseaux de chaleur de Nantes Métropole ne raccordent pas d'industriels et les réseaux ne sont pas interconnectés. La part de tertiaire et d'équipements publics est donc plus forte.

Dans le détail :

- Les réseaux St Jean de Boisseau et Chantrerie ont vocation à desservir des zones spécifiques (respectivement ZAC uniquement de logements et campus de la Chantrerie, et présentent donc des profils particuliers,
- Les réseaux Centre Loire et Rezé Château raccordent tous les 2 beaucoup d'équipements de par leur histoire, et leur périmètre de desserte, proche des Centres-Villes respectivement de Nantes et Rezé, qui concentrent moins de logements et plus d'équipements,
- Les réseaux Nord Chézine, et Bellevue desservent des tissus urbains identiques (de type « banlieue ») avec une proportion de logement relativement forte, de la même manière que le réseau de la Minais qui dessert une ZAC donc la vocation est identique.

*Au total (hors réseau Nord Chézine), environ 30 000 logements et 250 équipements sont raccordés aux réseaux de chaleur de Nantes Métropole.*

*Sur le territoire de Nantes Métropole, l'INSEE a recensé 328 000 logements. Environ 9 % des logements sont raccordés à un réseau de chaleur (11 % avec Nord Chézine), soit bien plus que la moyenne nationale qui s'établit en 2018 à moins de 4% des logements, d'après l'enquête SNCU.*



## 2.1.5 Audit financier

NOTA : Les données présentées dans ce rapport sont :

- Celles de l'année 2018 pour les réseaux en fonctionnement établi sauf St Jean de Boiseau, pour les mêmes raisons que pour la partie technique et énergétique,
- Celles du réseau prévisionnel établi pour Nord Chézine et St Jean de Boiseau, les 2 réseaux étant inclus dans la même DSP. Pour St Jean de Boiseau, les recettes sont quand même identifiables indépendamment.

### 2.1.5.1 Les charges des réseaux de chaleur

RESEAUX	NORD CHEZINE / SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE	TOTAL / MOYENNE
Charges P1	2 184 000 €	10 505 000 €	3 706 320 €	102 516 €	670 074 €	368 900 €	17 536 810 €
	23,74 €/MWh	36,97 €/MWh	42,40 €/MWh	51,57 €/MWh	44,79 €/MWh	33,73 €/MWh	35,61 €/MWh
Charges P2 technique	474 000 €	2 410 000 €	1 107 144 €	66 521 €	175 543 €	96 150 €	4 329 358 €
	5,15 €/MWh	8,48 €/MWh	12,66 €/MWh	33,46 €/MWh	11,73 €/MWh	8,79 €/MWh	8,79 €/MWh
Charges P2 administratives	731 000 €	3 025 000 €	1 483 530 €	28 691 €	164 218 €	75 810 €	5 508 249 €
	7,94 €/MWh	10,64 €/MWh	16,97 €/MWh	14,43 €/MWh	10,98 €/MWh	6,93 €/MWh	11,18 €/MWh
Charges P3	170 000 €	1 117 000 €	247 970 €	17 005 €	132 482 €	30 680 €	1 715 137 €
	1,85 €/MWh	3,93 €/MWh	2,84 €/MWh	8,55 €/MWh	8,86 €/MWh	2,81 €/MWh	3,48 €/MWh
Charges totales d'exploitation	3 559 000 €	17 057 000 €	6 544 964 €	214 732 €	1 142 317 €	571 540 €	29 089 553 €
	38,68 €/MWh	60,02 €/MWh	74,87 €/MWh	108,01 €/MWh	76,36 €/MWh	52,26 €/MWh	59,07 €/MWh
Amortissement et charges financières	1 451 000 €	6 867 000 €	770 587 €	108 941 €	310 455 €	146 450 €	9 654 433 €
	16,63 €/MWh	27,09 €/MWh	10,74 €/MWh	54,80 €/MWh	20,75 €/MWh	13,39 €/MWh	21,87 €/MWh
Autres charges <sup>2</sup>		10 178 000 €					10 178 000 €

Le coût par MWh est calculé y compris MWh<sub>électrique</sub> produit par les Cogénérations pour les réseaux avec de telles installations.

Les charges P1 dépendent des énergies et de la mixité énergétique de chacun des réseaux. Le ratio de charge P1 par rapport au nombre de MWh vendu s'établit à plus de 40 €/HT/MWh pour les réseaux alimentés par bois + gaz, tandis que les réseaux disposant d'une part importante de chaleur fatale (Nord Chézine – 78% et Centre Loire – 40%) présentent des charges P1 rapportées au MWh plus faibles en raison du faible prix de cette énergie.

Les charges P2 (technique + administratif) s'établissent autour de 20 €/HT/MWh, avec des écarts allant de 13,1 €/HT/MWh pour le réseau Nord Chézine/St Jean de Boiseau, réseau le plus récent et qui nécessite le moins de main d'œuvre et d'entretien (faible part de bois), à 29 €/HT/MWh pour le réseau de Bellevue (DSP la plus ancienne, avec uniquement une production de biomasse). Le réseau de La Minais, avec des charges P2 de près de 50 €/HT/MWh fait figure d'exception. Cela s'explique par un réseau dimensionné actuellement pour son état final (et donc les charges en découlant) alors que le développement de la ZAC est encore en cours et donc des besoins encore partiels.

<sup>2</sup> Le poste « Autre Charges » s'équilibre avec le poste « Autre recettes » du tableau ci-après et correspondent aux interventions notées Travaux\* dans le compte de résultat 2018 du réseau Centre Loire.





Les charges de personnel, au global des réseaux, représentent environ 2,3 M€, soit 45 emplois directs à temps plein, sans compter les emplois indirects (sous-traitance, travaux, assistance maison-mère, autorité délégante et AMO, ...).

L'analyse réalisée pour le P2 se vérifie aussi sur le P3 dont la moyenne est de 3,5 €/HT/MWh.

Enfin concernant les charges P4 (amortissement des investissements + subventions et charges financières), la moyenne s'établit à moins de 22 €/HT/MWh, avec des écarts importants entre le réseau de Bellevue (11 €/HT/MWh), qui a fait l'objet uniquement de la mise en place de la biomasse et de quelques extensions ces dernières années, tandis que les autres réseaux sont soit des créations, soit des réseaux qui ont été profondément modifiés au cours des dernières années, avec des investissements lourds pour leur verdissement et pérennisation.

### 2.1.5.2 Les recettes des réseaux de chaleur et leur résultat d'exploitation

RESEAUX	NORD CHEZINE / SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE	TOTAL / MOYENNE
Frais de raccordement	- €	676 000 €	184 922 €	8 767 €	- €	- €	869 689 €
Vente annuelle R1	2 139 000 €	9 372 000 €	3 668 003 €	67 618 €	510 669 €	370 320 €	16 127 610 €
Vente annuelle R2	3 062 000 €	8 681 000 €	1 940 779 €	102 059 €	667 106 €	364 110 €	14 817 054 €
Vente d'électricité cogénération	694 000 €	4 530 000 €	1 462 766 €	- €	- €	- €	6 686 766 €
Autres recettes / production immobilisée	- €	10 323 000 €	166 747 €	- €	- €	2 270 €	10 492 017 €
<b>TOTAL RECETTES ANNUELLES</b>	5 895 000 €	33 582 000 €	7 423 217 €	178 444 €	1 177 775 €	736 700 €	48 993 136 €
Résultat d'exploitation avant impôts	885 000 € <i>Prévisionnel BP</i>	<b>-520 000 €</b>	<b>107 666 €</b>	<b>-145 229 €</b>	<b>-274 997 €</b>	<b>18 710 €</b>	
<i>Marge R1+Elec/P1</i>	30%	32%	38%	-34%	-24%	0%	
<i>Marge R2/P2+P3+P4</i>	8%	-35%	-46%	-54%	-15%	4%	
<i>Profitabilité du réseau (Ventes / Charges hors frais généraux ou de structure)</i>	21%	2%	8%	-70%	-15%	5%	

La marge R1+Elec/P1 des réseaux produisant de l'électricité via des unités de cogérations (Nord Chézine, Bellevue et Centre Loire) ne tient pas compte des charges d'exploitation spécifiques aux cogérations incluses dans les charges P2 et P3, ce qui explique la marge R1 importante mais les pertes ou très faibles marges R2.

Le réseau Nord Chézine présente une profitabilité importante, néanmoins il s'agit du prévisionnel contrat qui devra se confronter à la réalité de l'exploitation dans les prochaines années. En effet, il s'agit du réseau sur lequel les charges d'exploitation rapportées au MWh sont les plus faibles (voir analyse précédente).

Les réseaux de la Minais et Rezé souffrent d'un manque ou retard de développement par rapport au prévisionnel qui ne permet pas d'atteindre la mixité biomasse souhaitée et donc oblige le délégataire à compenser par du gaz, plus onéreux, expliquant les pertes importantes sur le R1, ainsi que sur le R2. Sur le R2, l'analyse précédente pour la Minais se confirme.



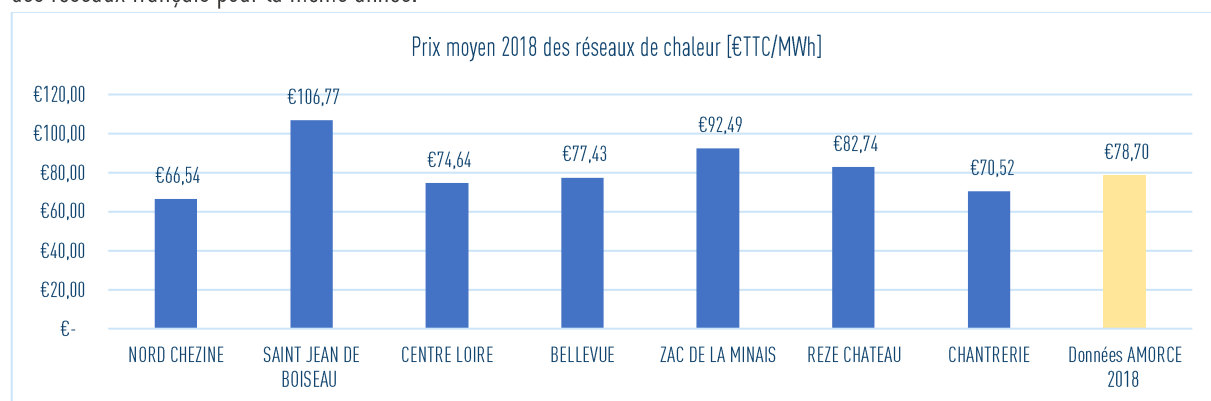
En 2018, les réseaux de chaleur de Nantes Métropole ont généré un chiffre d'affaires total de plus de 43 M€. En intégrant le chiffre d'affaires prévisionnel du réseau Nord Chézine, le chiffre d'affaires total généré par les réseaux de chaleur sera proche de 50 M€.

### 2.1.5.3 Le prix de la chaleur et la structure tarifaire

RESEAUX	NORD CHEZINE <sup>3</sup>	SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE	MOYENNE
R1	25,79 €HT/MWh	57,92 €HT/MWh	36,33 €HT/MWh	48,12 €HT/MWh	33,70 €HT/MWh	33,81 €HT/MWh	33,66 €HT/MWh	36,25 €HT/MWh
R2	65,53 €HT/kW	49,21 €HT/kW	48,20 €HT/kW	39,66 €HT/kW	70,17 €HT/kW	49,70 €HT/kW	-	49,36 €HT/kW
Poids de la part proportionnelle R1	41%	57%	51%	66%	38%	43%	-	52%
Prix moyen de la chaleur [€HT/MWh]	63,07 €HT/MWh	101,20 €HT/MWh	70,75 €HT/MWh	73,40 €HT/MWh	87,67 €HT/MWh	78,43 €HT/MWh	66,85 €HT/MWh	70,03 €HT/MWh
Prix moyen de la chaleur [€TTC/MWh]	66,54 €TTC/MWh	106,77 €TTC/MWh	74,64 €TTC/MWh	77,43 €TTC/MWh	92,49 €TTC/MWh	82,74 €TTC/MWh	70,52 €TTC/MWh	73,88 €TTC/MWh
Facture moyenne pour un logement du réseau	604,54 €TTC/an	759,57 €TTC/an	509,42 €TTC/an	475,91 €TTC/an	561,97 €TTC/an	473,12 €TTC/an	-	

Pour Nord Chézine, il s'agit des tarifs prévisionnels en régime établi, révisés sur l'année 2018, pour être comparables à ceux des autres réseaux.

Les prix moyens de la chaleur sont repris sur le graphique ci-dessous, et comparés au prix moyen de la chaleur sur l'ensemble des réseaux français pour la même année.



Trois réseaux ont un prix supérieur à la moyenne des réseaux de chaleur français :

- St Jean de Boiseau et La minais en raison de leur desserte d'abonnés spécifiques (récent), ne correspondant pas au profil « classiques » des abonnés réseaux de chaleur,
- Reze Château, qui dessert une majorité d'équipements publics avec un profil d'appel de puissance particulier,

<sup>3</sup> Moyenne des tarifs établis en 2018



Les autres réseaux présentent des prix de la chaleur inférieurs ou proche de la moyenne. Nord Chézine bénéficie, de par son poids très faible du R1 et sa faible part de gaz, d'un avantage sur cette année 2018 en raison de la flambée du prix du gaz sur l'année (qui pénalise par contre Bellevue).

Le R1 représente en moyenne 52% du prix de la chaleur (moyenne nationale suivant l'AMORCE : 57%), ce qui permet un bon équilibre entre abonnement et part variable, permettant, en cas d'efforts des abonnés pour maîtriser leurs consommations, d'avoir un impact relativement significatif sur la facture finale. Ce R1 représente entre 40% du prix de la chaleur pour les réseaux disposant d'une alimentation en énergie à bas coûts, et 60% pour les réseaux présentant une mixité EnR&R relativement faible (50%-60% d'EnR&R, donc une part importante sensible au prix des énergies fossiles).

La facture énergétique (R1 + R2) la plus élevée pour un logement moyen raccordé sur le réseau se retrouve sur le réseau St Jean de Boiseau. Cela s'explique car le réseau alimente une typologie de logements spécifiques (quasi-uniquement des pavillons individuels, construits entre 2008 et 2014 donc suivant la RT 2005). Les autres réseaux de chaleur du territoire présentent tous des factures énergétiques (R1+R2), pour un logement moyen raccordé au réseau, compris entre 470 et 610 €TTC/MWh pour l'année 2018.

Pour comparer à d'autres modes de production de chauffage et aux autres réseaux français, il faut prendre en compte un logement type défini par l'AMORCE comme :

- Pour un logement du parc social moyen, une consommation annuelle de 9,5 MWh pour une puissance souscrite de 7 kW,
- Pour un logement RT 2005, une consommation annuelle de 7 MWh et une puissance souscrite de 5 kW.

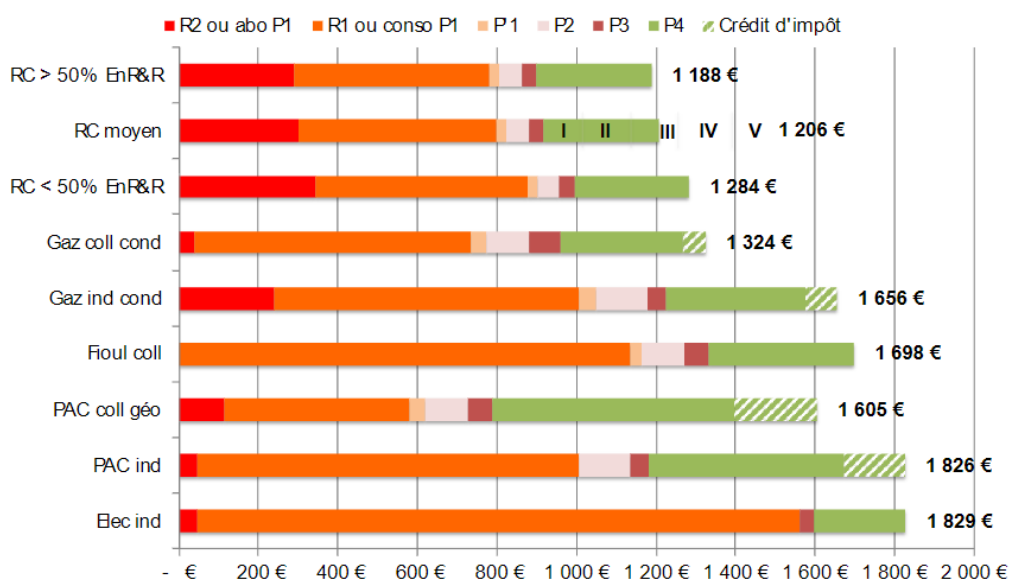
RESEAUX	NORD CHEZINE	SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE	TOTAL / MOYENNE
Facture pour un logement du parc social moyen	744 €TTC/MWh	945 €TTC/MWh	721 €TTC/MWh	776 €TTC/MWh	857 €TTC/MWh	707 €TTC/MWh	ND	729 €TTC/MWh
Facture moyenne pour un logement RT2005	555 €TTC/MWh	690 €TTC/MWh	531 €TTC/MWh	566 €TTC/MWh	637 €TTC/MWh	522 €TTC/MWh	ND	537 €TTC/MWh

Sur les principaux réseaux (Nord Chézine, Bellevue, Centre Loire et Rezé) on constate une relative homogénéité des factures énergétiques pour des logements standardisés, quelques soit le type de logement.

A titre de comparaison, les factures énergétiques moyennes des autres modes de chauffage et des autres réseaux de chaleur en France (étude AMORCE 2018) pour un bâtiment type RT 2005 et pour un bâtiment du parc social moyen sont reprises ci-après :

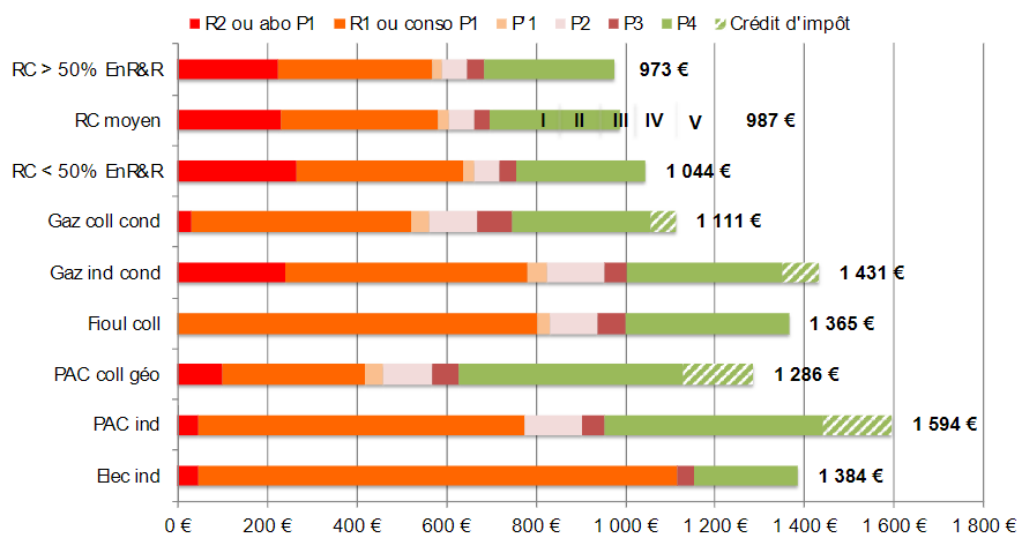


**Décomposition du coût global chauffage & ECS en 2018 (€TTC/Igt par an)**  
**Bâtiment parc social moyen - 170 kWh/m2 par an - Analyse : AMORCE**



Tous les réseaux (sauf St Jean de Boisseau et La Minais qui ne comportent pas de bâtiments du type parc social moyen) présentent une facture énergétique standardisée moyenne inférieure à celle des autres réseaux français et présentent un coût global de la chaleur compétitif par rapport aux autres modes de chauffage. Il en va de même pour l'analyse pour un bâtiment RT 2005 présenté ci-dessous.

**Décomposition du coût global chauffage & ECS en 2018 (€TTC/Igt par an)**  
**Bâtiment RT 2005 - 120 kWh/m2 par an - Analyse : AMORCE**



*Les réseaux de chaleur de Nantes Métropole sont donc compétitifs dans l'ensemble, par rapport aux autres réseaux de chaleur français et aux autres modes de production de chauffage + ECS.*

*Les réseaux structurants présentent tous des factures énergétiques globalement similaires, avec une certaine homogénéité tarifaire.*

*Cette compétitivité est un facteur clé pour le développement des réseaux de chaleur, car elle permet une meilleure commercialisation de ces derniers, qui devra être maintenue pour la suite.*





## 2.1.6 Focus Cogénérations

Trois des réseaux de chaleur de Nantes Métropole (Nord Chézine, Bellevue et Centre Loire) disposent d'une ou plusieurs installations de cogénérations bénéficiant d'un contrat de rachat de l'électricité par EDF de type C13, pour une durée de 12 ans. Ces installations ont permis d'injecter près de 50 GWh<sub>élec</sub> dans le réseau électrique, pour des recettes d'environ 6,7 M€.

Ce type de contrat a aujourd'hui disparu, et les cogénérations ne pourront donc pas être renouvelées en l'état à la fin des contrats de rachat. La fin de ces contrats a des impacts techniques et financiers :

- Une diminution de la puissance disponible en période hivernale,
- Une meilleure valorisation des moyens de production EnR&R en mi-saison, avec une cogénération qui « n'écrase » plus ces sources,
- Une diminution des recettes de l'opérateur : si ces recettes servaient à optimiser le prix de la chaleur, le changement de réglementation pourrait ouvrir droit à une clause de renégociation des tarifs pour les abonnés.

Sur les réseaux présentant des installations de cogénérations :

- Nord Chézine : le compte d'exploitation prévisionnel du contrat prévoit l'arrêt des installations de cogénération à l'horizon 2029 (2030 au réel vu le retard d'un an à la mise en service), cela n'aura donc aucun impact sur les abonnés,
- Centre Loire : les cogénérations ont été rajoutées en cours de contrats pour apporter des recettes supplémentaires tout en apportant de la puissance complémentaire nécessaire. Les contrats arrivent à échéance en 2030. Leur arrêt, prévu 2 ans avant la fin du contrat d'ERENA, n'impactera pas les abonnés,
- Bellevue : la fin du contrat d'obligation d'achat est prévue en Novembre 2024, or la concession arrive à échéance fin Mai 2023. La fin de la cogénération devra donc être prise en compte dans le prochain contrat, avec une installation qui ne fonctionnera qu'une année.

Les solutions qui peuvent être mis en œuvre sont les suivantes :

- Abandon de la cogénération : la puissance disponible disparaît, le local est vidé et peut éventuellement servir à une autre installation (moyen de production EnR&R supplémentaire),
- Revente sur le marché libre : avec une forte diminution du prix de revente de l'électricité, qui passerait d'environ 130 – 150 €/HT/MWh<sub>élec</sub> à 50 – 60 €/HT/MWh<sub>élec</sub>. La revente sur le marché libre n'entraîne pas de gros investissements (pas de rénovation complète à prévoir), mais diminue fortement les recettes de l'opérateur,
- Passage sur un nouveau contrat :
  - Contrat C16 (15 ans), pour une puissance maximale de 1 MW<sub>élec</sub> par site (Obligation d'achat pour les sites de moins de 300 kW<sub>élec</sub>, complément de rémunération pour les sites entre 300 kW<sub>élec</sub> et 1 MW<sub>élec</sub>. Ce contrat permet de maintenir, pour une part faible de la production, un tarif de rachat similaire ou légèrement supérieur à celui du contrat C13, mais implique un renouvellement complet des installations et donc un investissement substantiel. Ce contrat permet l'autoconsommation, et la vente d'électricité hors période hivernale (permettant ainsi de compenser une partie du volume perdu),



- Nouveau contrat qui pourrait être mis en place d'ici la fin des cogénérations existantes sur les réseaux, dont les conditions ne sont pas encore connues pour l'instant.

## 2.1.7 Synthèse

### LES DONNEES TECHNIQUES

RESEAUX	NORD CHEZINE	SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE
Rendement de production	NC	+	++	+	+	+/-	+
Densité thermique	NC	- - -	+	+	+/-	+/-	+
Rendement de distribution	NC	- -	+	+	+/-	+	++
Rendement global du réseau	NC	- -	++	+	+/-	+/-	+
Taux de fuites sur le réseau	NC	- -	+	-	-	NC	NC
Consommations électriques	NC	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+

### LES DONNEES ENVIRONNEMENTALES

RESEAUX	NORD CHEZINE	SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE
Performance environnementale (Taux ENR et contenu CO2)	+	+/- Très faible taux ENR en 2019	++	+/-	+/-	+/-	+/- Faible taux ENR en 2019
Sécurisation du taux ENR&R (Redondance des systèmes de production ENR&R)	+	-	+	+/-	-	-	-
Capacité à augmenter les fournitures de chaleur sans baisse importante du taux ENR (Réserve de puissance ENR&R)	+/-	+	+	+/-	+	+	-

Au total, à l'échelle des réseaux de chaleur de Nantes métropole en 2018 :

- Le taux ENR&R moyen est de 71 % (hors Nord Chézine), les réseaux uniquement bois étant soumis aux risques d'exploitation et présentant un taux d'EnR&R variant en fonction des années
- Le taux ENR&R médian est de 63 % (hors Nord Chézine),
- Les émissions de CO2 sont d'environ 46 000 tonnes, soit une moyenne de 0,105 gCO2/kWh livré.



## LES DONNEES FINANCIERES

RESEAUX	NORD CHEZINE	SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE
Prix du réseau de chaleur		-	++	++	+/-	+	++
Profitabilité du réseau pour l'exploitant		NC	+	+	--	-	+

Le chiffre d'affaire total généré par les réseaux de chaleur en 2018 a atteint 43 M€. A terme, une fois le réseau Nord Chézine fonctionnant en régime établi, le chiffre d'affaires total sera d'environ 50 M€.

## LA QUALITE DU SERVICE ET DU SUIVI DE L'EXPLOITANT

RESEAUX	NORD CHEZINE	SAINT JEAN DE BOISEAU	CENTRE LOIRE	BELLEVUE	ZAC DE LA MINAIS	REZE CHATEAU	CHANTRERIE
Taux d'interruption de fourniture d'énergie		+	+	+	+	+	+
Qualité du suivi de l'exploitant et du reporting		+	+	+	+/-	-	-

Les exploitants des réseaux de chaleur gérés en AFUL assurent un suivi et un reporting moins rigoureux que les exploitants des réseaux de chaleur en DSP. En effet, toutes les données de suivi de l'exploitation ne sont pas répertoriées, notamment :

- Taux de fuite des réseaux,
- Analyse de la qualité de service et des interruptions de fourniture d'énergie.

Pour le réseau de la ZAC de la Minais, le nombre d'interruptions de fourniture précisé dans les rapports d'exploitation est sous-estimé par rapport à la réalité, d'après les informations communiquées par La Nantaise d'Habitation, abonné au réseau.





## 2.2 Etat des lieux des consommateurs potentiels

### 2.2.1 Présentation de la démarche de l'étude

Pour réaliser l'état des lieux des consommateurs potentiels sur le territoire de Nantes Métropole, les données utilisées sont les suivantes :

- Le PLU de Nantes Métropole, pour identifier les différentes occupations et destinations du territoire et les zones qui feront l'objet d'un aménagement ou bien de constructions dans les années futures,
- Les modes d'occupation des sols (année 2016), pour identifier :
  - Les zones urbanisées liées à l'habitat,
  - Les zones d'activités et d'équipements,
  - Les zones de maraîchage et d'horticulture.
- Le recensement général de la population de l'année 2016 à la maille IRIS, pour identifier les zones à forte densité de population,
- Les données cartographiques et Excel transmises par Nantes Métropole, recensant tous les bâtiments publics, le parc social et les copropriétés, pour identifier les zones densément bâties,
- Les données cartographiques des zones d'aménagement transmises par Nantes Métropole, pour identifier tous les projets d'aménagement en cours de réalisation ou bien à l'étude,
- Une étude sur la récupération de chaleur fatale industrielle, réalisée par Nantes Métropole, permettant de recenser les principales industries et centre commerciaux sur le territoire,
- Les données de consommations de gaz de GRDF (année 2017), pour identifier les zones avec une consommation de gaz importante,

Toutes ces données ont été traitées, analysées et complétées grâce à des recherches complémentaires et des entretiens avec différents interlocuteurs de Nantes Métropoles et des acteurs du territoire.

**NOTA : les données de consommations GRDF de l'année 2017 ont été retravaillées afin de conserver uniquement les points de consommations supérieurs à 200 MWh PCS par point de livraison. Ce choix permet d'éliminer :**

- Tous les sites avec de trop faibles besoins en chaleur pour envisager un raccordement aux réseaux de chaleur,
- Tous les bâtiments de logements collectifs alimentés en chauffage par des chaudières gaz individuelles, non adaptés au raccordement à un réseau de chaleur.

Les données de consommations de gaz, exprimées en MWh PCS ont ensuite été converties en MWh utiles<sup>4</sup>, l'unité utilisée pour le cas des réseaux de chaleur (équivalent à la chaleur livrée).

<sup>4</sup> Hypothèse de rendement moyen de 90% des appareils de production de chaleur (chaudières gaz)



Les consommateurs potentiels sont soit :

- Le patrimoine bâti existant, qui fait l'objet de la première partie de l'analyse ;
- Le patrimoine à venir, qui correspond aux projets d'aménagement.

A partir de cette image suite au recensement, nous avons identifié un certain nombre de « zones » de potentiel pour les réseaux de chaleur, qui sont décrites dans les fiches zones et analysées dans la suite du rapport.

## 2.2.2 Les besoins de chaud du patrimoine existant

L'objectif de cette partie est de donner l'image la plus précise des besoins énergétiques du patrimoine existant sur le territoire de Nantes Métropole dans son ensemble.

### 2.2.2.1 Recensement des zones agricoles à forte consommation énergétique

Plusieurs exploitations agricoles comportant des serres chauffées sont présentes sur le territoire de Nantes Métropole. Les exploitants de ces serres font partie de la fédération des Maraîchers Nantais, qui regroupe tous les maraîchers de Nantes et des communes aux alentours, pour un total d'environ 200 entreprises.

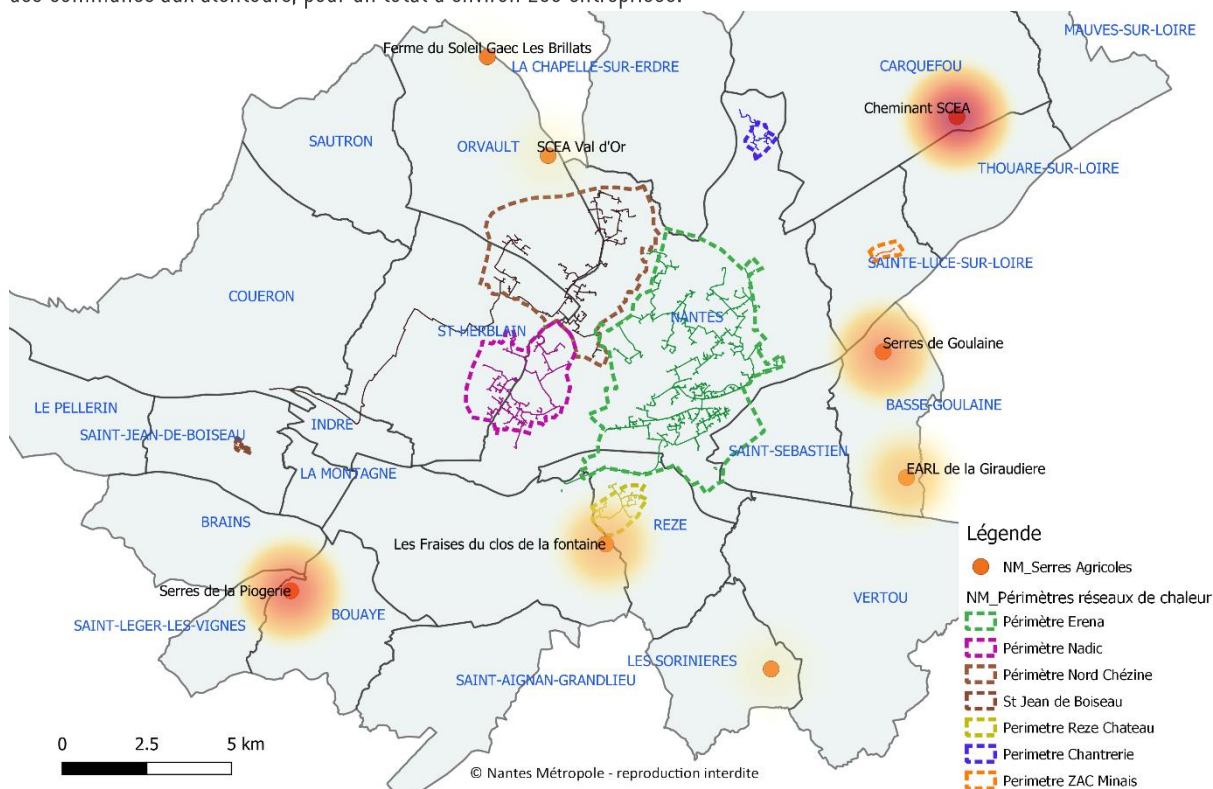


Figure 5 : Carte de chaleur des consommations de gaz des serres agricoles sur le territoire de Nantes Métropole [Données GRDF 2017]

Les 8 serres agricoles de Nantes Métropole, présentées sur la carte, consomment en moyenne 300 GWh PCS de gaz par an. La plupart d'entre elles possèdent une ou plusieurs unités de cogénération. En considérant qu'un tiers de la consommation de gaz est transformée en chaleur pour le chauffage des serres (1/3 pour la production d'électricité et 1/3 de pertes), **les besoins cumulés annuels pour le chauffage des serres sont estimés à 100 GWh utiles minimum.**

**NOTA :** l'exploitation agricole « Les Fraises du Clos de la Fontaine » se situe à proximité du réseau de chaleur de Rezé Château.





## FONCTIONNEMENT TECHNIQUE ET CONTRAINTES

Ces serres agricoles sont en majorité équipées de chaudières et de moteurs de cogénération alimentés au gaz naturel, accompagnés de ballons de stockage thermique de plusieurs centaines ou milliers de m<sup>3</sup>. Les cogénérations fonctionnent l'hiver pour satisfaire les obligations des contrats d'achat (C13).

Les serres ont des besoins en eau chaude toute l'année avec une demande plus importante en hiver. Les niveaux de températures sont de 90°C maximum et peuvent descendre à 30/40°C. Les serres ont également besoin de CO<sub>2</sub> en journée, pour accélérer la photosynthèse, et utilisent généralement le CO<sub>2</sub> des fumées.

L'optimum de fonctionnement consiste à faire tourner les chaudières en journée pour consommer le CO<sub>2</sub> produit et à stocker le surplus d'énergie dans les ballons de stockage thermique pour la réutiliser la nuit, lorsqu'il n'y a pas de besoins en CO<sub>2</sub>. Des apports en CO<sub>2</sub> liquide sont également possibles et privilégiés par certains exploitants.

## ENJEUX DU SECTEUR

La quasi-totalité des contrats de vente d'électricité arrivera à son terme entre 2023 et 2030 suite à la disparition des contrats C13. Les serristes mènent actuellement une réflexion pour continuer à valoriser leurs systèmes de production de cogénération en vendant l'électricité produite sur le marché libre (1 expérimentation en cours), avec la vente en gré à gré notamment.

A l'heure actuelle, les serristes négocient le prix du gaz via un groupement d'achat. Leurs contrats sont renégociés tous les ans ou tous les 2 ans. Le prix d'achat moyen est différent entre chaque installation mais oscille autour de 20-25 €/MWh<sup>5</sup> (tout compris : coût du gaz + taxes + investissement – électricité revendue).

Enfin, suite au débat en 2018 et 2019 sur les légumes portant le label « Agriculture biologique » mais cultivés sous serres chauffés à partir d'énergie fossiles, le gouvernement et les syndicats ont décidé qu'à partir de 2020, toutes les conversions de serres en agriculture biologiques devront utiliser des énergies renouvelables, et à partir de 2025, le chauffage de toutes les serres en agriculture biologique se fera « uniquement avec des énergies renouvelables »

## OPPORTUNITES POUR LES RESEAUX DE CHALEUR

Les serristes recherchent systématiquement un fonctionnement optimal de leurs installations énergétiques et des solutions innovantes. Par exemple :

- Certains serristes étudient ou ont expérimenté l'achat de biogaz avec des garanties d'origine afin de verdir leur production. Ils sont néanmoins confrontés à un prix d'achat élevé qui ne leur permet pas d'être compétitif et se limitent pour certains à une faible quantité achetée.
- Certains serristes ont déjà étudié la mise en place de panneaux solaires thermiques, mais les temps de retour sur investissement sont trop longs (proche de 20 ans) pour que la solution soit mise en œuvre.

<sup>5</sup> Information transmise par le chargé de mission énergie de la Fédération des maraîchers nantais, qui devra être fiabilisée.





Ces serres agricoles sont, pour la plupart, éloignées des réseaux de chaleur existants (sauf 1 située à 1 300 m de la chaufferie du réseau de Rezé Château), mais peuvent présenter un intérêt dans le cadre d'extensions de réseaux existants ou de création de nouveaux réseaux de chaleur. Les principales opportunités identifiées à date sont les suivantes :

- Alimentation basse température par des réseaux de chaleur, qui permettrait d'optimiser les températures de retour des réseaux et ainsi de mieux valoriser des installations de récupération de chaleur fatale ou des installations biomasse via des condenseurs,
- Utilisation des volumes de stockage des serres pour foisonner les besoins des réseaux de chaleur et mieux valoriser les sources de production ENR&R (discussions amorcées entre l'exploitant du réseau Rezé Château et le Maraicher de la serre située à proximité),
- En cas d'alimentation par un réseau de chaleur les serristes ne seront plus en mesure de capter le CO<sub>2</sub> des fumées des chaudières. Deux solutions peuvent être envisagées pour la fourniture de CO<sub>2</sub> aux serres :
  - Fourniture de CO<sub>2</sub> chez un industriel type Air Liquide ou Linde,
  - Mise en place d'une synergie pour le captage du CO<sub>2</sub> sur les fumées des chaufferies des réseaux de chaleur et son utilisation pour les serres. Cette 2<sup>ème</sup> solution pourrait être un projet de type « démonstrateur ».

## EVOLUTION DES BESOINS

L'évolution dans le temps de ce potentiel est principalement liée à :

- La croissance du secteur : dans une optique de relocalisation de la production agricole, les besoins pourraient être amenés à augmenter de manière assez importante,
- L'optimisation de l'efficacité énergétique des installations qui pourra amener des diminutions des besoins.

Pour la suite de l'analyse, ces besoins pourront être estimés constants dans le temps.

## LE PROJET LISQUA

Un projet d'élevage de Gambas est actuellement à l'étude sur le territoire de Nantes Métropole, le projet Lisaqua. Il s'agit d'une ferme aquacole indoor qui a pour objectif d'élever des gambas, invertébrés et algues. Pour ce faire, la ferme aura des besoins de chaleur pour le chauffage des bassins.

Les besoins de chaleur sont estimés :

- Dans un premier temps (horizon 2022) : à 1 GWh/an, avec un besoin de puissance maximum de 200 kW en hiver,
- Dans un second temps (horizon 2023) : à 6 GWh/an, avec un besoin de puissance maximum d'environ 1 MW.

Pour chauffer les bassins, la ferme aura des besoins en basse température (environ 45°C), température idéale pour les réseaux de chaleur car cela permettrait d'optimiser les températures de retour en centrale de production.

Les lieux prévisionnels pour l'élevage des gambas sont la Caserne Mellinet (périmètre de Centre Loire) et Bas Chantenay (Au sud du réseau de Bellevue).



### 2.2.2.2 Recensement des industries

Le territoire de Nantes Métropole dispose de plusieurs zones industrielles avec des besoins de chaleur pour le chauffage des locaux et pour le fonctionnement des process.

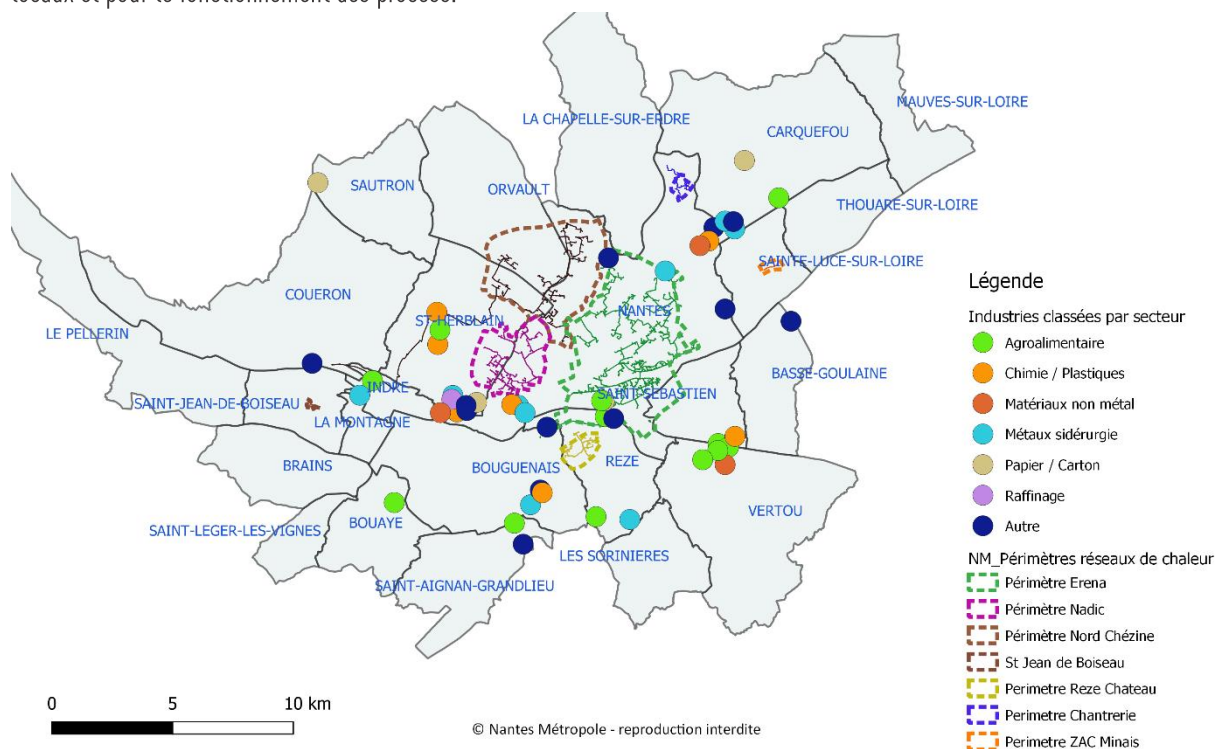


Figure 6 : Carte des principales industries sur le territoire de Nantes Métropole

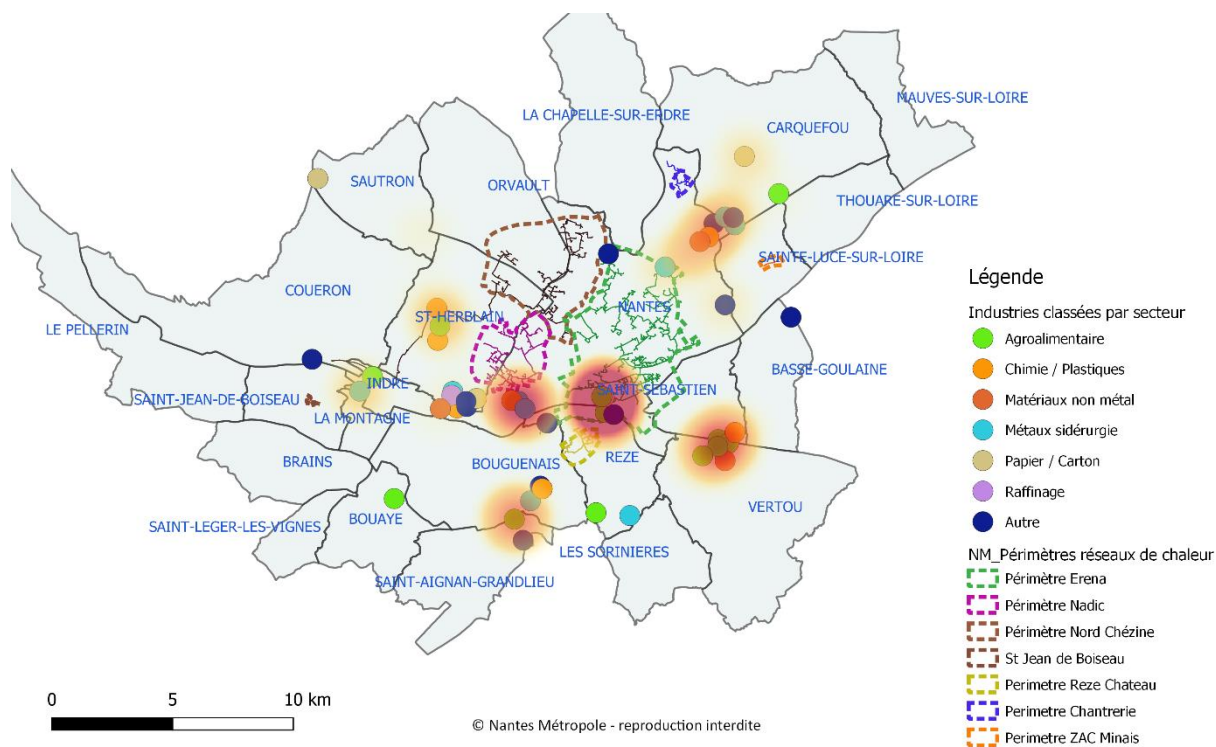


Figure 7 : Carte de chaleur des consommations de gaz des industries [Données GRDF 2017]





Les secteurs d'activités des industries de Nantes Métropole sont multiples, avec une dominante agroalimentaire et chimie/plastique.

D'après les données de consommations de gaz 2017 de GRDF, les industries de Nantes Métropole consomment plus de 420 GWh PCS par an, ce qui représente un volume de consommation très élevé. Ces industries sont réparties sur plusieurs zones du territoire, les principales sont les suivantes :

Zone industrielle	Principaux secteurs représentés	Consommations de gaz
Le sud de l'île de Nantes,	Agroalimentaire	146 GWh PCS
Les sites amont de Nantes Port,	Matériaux, chimie et plastique	65 GWh PCS
Le nord de Vertou et le sud de Saint-Sébastien sur Loire,	Agroalimentaire	60 GWh PCS
Le nord de Nantes jusqu'à Carquefou, le long de la route de Paris,	Métaux et matériaux non métalliques	45 GWh PCS
Autour de l'aéroport Nantes Atlantique,	Majorité aéronautique	36 GWh PCS
La zone commerciale et industrielle d'Atlantis, à Saint-Herblain.	Chimie, plastique	20 GWh PCS

Les consommations de gaz indiquées dans le tableau regroupent la quantité totale de combustible utilisée pour le fonctionnement des industries, dont les process qui peuvent avoir des besoins en haute température (>110°C). Parmi les besoins de chaleur des industries, un réseau de chaleur urbain pourrait alimenter :

- Les process basse température (<110°C),
- Le chauffage des locaux.

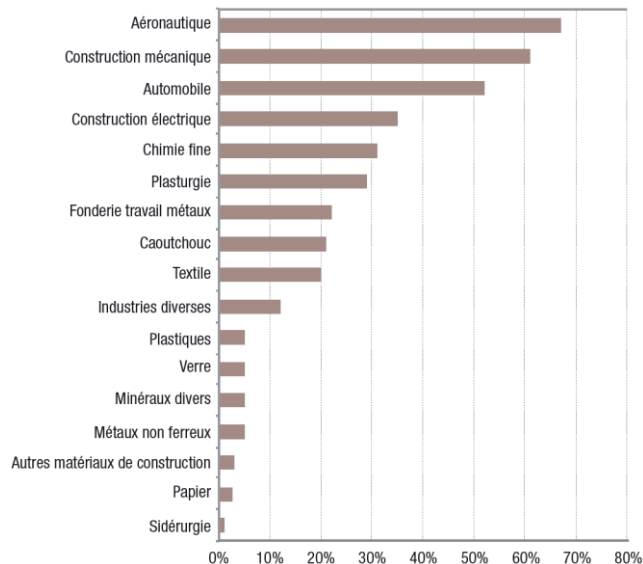


Figure 8 : Poids du chauffage des locaux dans la consommation de combustibles par secteur [Source CEREN 2015]

Dans l'industrie manufacturière, - quasi-totalité des industries de Nantes Métropole - le chauffage des locaux représente 3% des consommations totales de combustibles [Source : CEREN 2015]. Ainsi, d'après ce chiffre et les données du graphique :

- Les besoins de chauffage des industries de Nantes Métropole sont évalués entre 10 GWh utiles minimum et 40 GWh utiles maximum,
- Les besoins de chaleur basse température pour les process sont difficilement estimables sans données précises pour chaque industrie et seront évalués dans la suite de l'étude.





## FONCTIONNEMENT TECHNIQUE ET CONTRAINTES

Sur le territoire de Nantes Métropole, la quasi-totalité des industries est alimentée en chaleur par une chaudière gaz naturel. Les besoins de chaleur des industries sont très variables et dépendent principalement de leur type de process. Les besoins de chaleur pour le process dépassent généralement 110°C. Plus de détails sur les données énergétiques des industries sont fournis 2.3.2 - La chaleur fatale du présent rapport.

## ENJEUX DU SECTEUR

Le secteur de l'industrie est le troisième plus gros consommateur d'énergie français, après les transports et le secteur résidentiel [Source : ADEME]. Depuis les années 1980, l'industrie s'est progressivement mobilisée afin de mieux maîtriser sa compétitivité énergétique (enjeu financier) et réduire son empreinte environnementale pour des raisons d'image et de responsabilité sociétale. Dans un contexte de plus en plus incitatif et contraignant, les industriels œuvrent, en agissant sur trois leviers complémentaires :

- L'amélioration de leur efficacité énergétique,
- La récupération de chaleur fatale (cf. 2.3.2 - La chaleur fatale),
- L'intégration d'énergies renouvelables, comme le raccordement à un réseau de chaleur.

## OPPORTUNITES POUR LES RESEAUX DE CHALEUR

Les industries les plus consommatrices de chaleur se situent sur 6 principales zones d'activité. Ainsi plusieurs solutions peuvent être envisagées :

- Création de réseaux de chaleur dédiés à une zone industrielle avec des régimes de températures adaptés,
- Valorisation de la chaleur fatale de certaines industries, soit en créant un réseau de chaleur sur la zone ou à proximité, soit en alimentant un réseau de chaleur existant,
- Mise en place d'une politique d'écologie industrielle, soit à l'échelle d'une zone d'activité, soit à l'échelle de Nantes Métropole.

A ce jour, aucune industrie de Nantes Métropole n'est raccordée à un réseau de chaleur. Ce secteur représente donc un potentiel important pour le développement des réseaux de chaleur.

## EVOLUTION DES BESOINS

L'évolution dans le temps de ce potentiel est principalement liée :

- Au contexte de désindustrialisation en cours, qui a tendance à voir les usines encore existantes en France disparaître. Néanmoins, ce constat pourrait être revu dans les prochaines années en fonction des évolutions politiques suite à la crise sanitaire de 2020,
- A l'optimisation de l'efficacité énergétique des installations : les industriels sont aussi soumis à des obligations d'audit qui devraient se durcir dans les prochaines années avec des objectifs de plus en plus forts.

Pour la suite de l'analyse, ces besoins pourront être estimés en diminution au cours des prochaines années.



### 2.2.2.3 Recensement des bâtiments résidentiels

La population de Nantes Métropole s'élève à environ 640 000 habitants et presque 330 000 logements [Source INSEE 2016].

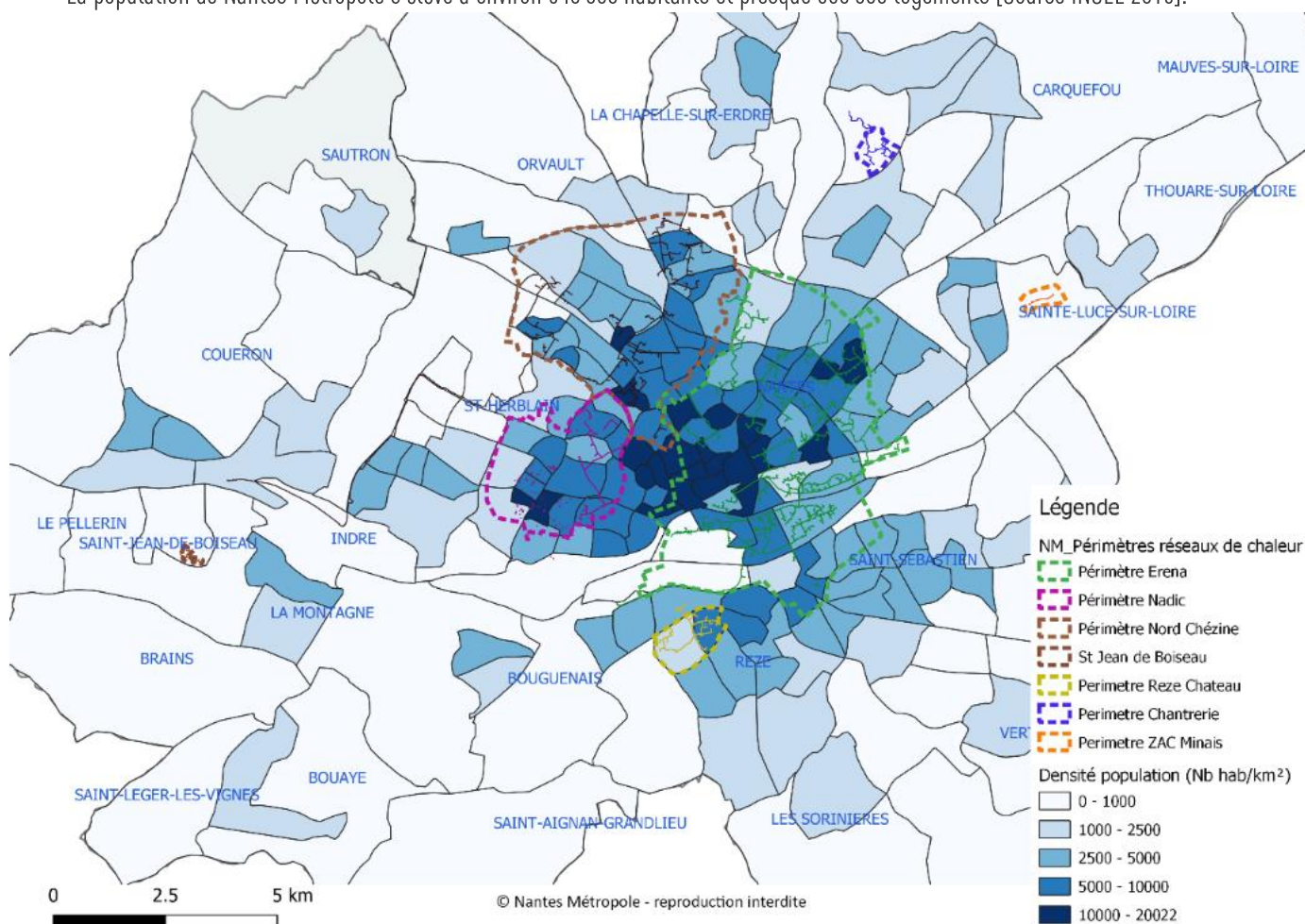


Figure 9 : Carte de la densité de population sur le territoire de Nantes Métropole – Source : INSEE.



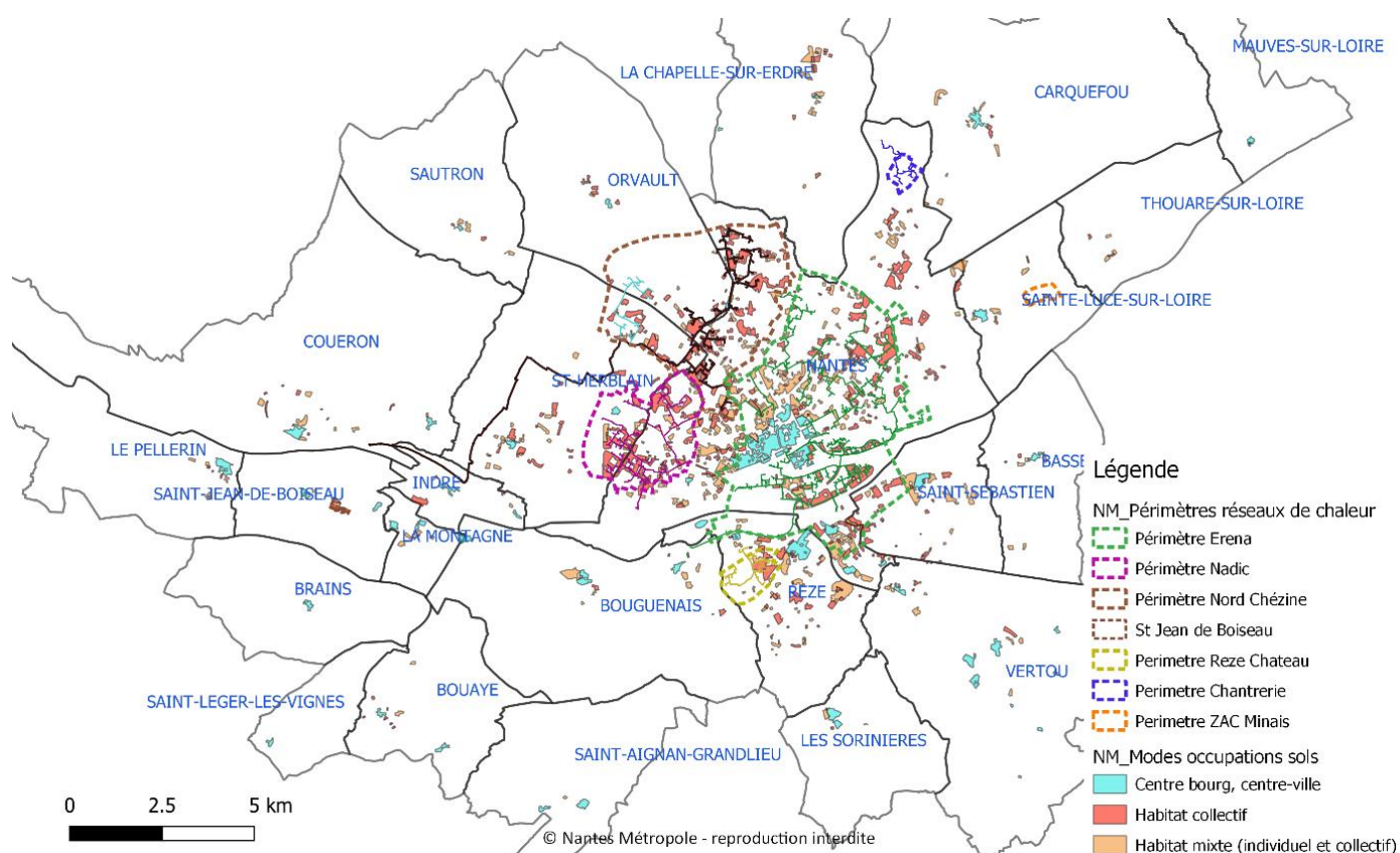


Figure 10 : Carte des zones d'habitat collectif et mixte et des centres bourg

Ces données cartographiques montrent que la majorité des zones d'habitat collectif, densément peuplées, se situent dans le périmètre d'un des réseaux de chaleur. Néanmoins, quelques zones sont exclues de ces périmètres, comme :

- Le Sud du réseau Centre Loire : Quartiers Sud de Nantes – Bourdonnières et Centre St Sébastien,
- Le Nord du réseau Centre Loire : Quartiers Beaujoire et St Joseph de Porterie,
- Entre les réseaux Centre Loire et Rezé Château : quartier Rezé pont Rousseau,
- L'Ouest du réseau Bellevue : Centre-Ville de St Herblain,
- Les centres-bourgs des communes périphériques.

La carte suivante reprend les bâtiments collectifs de plus de 30 logements<sup>4</sup> qui ont été les seuls recensés car ils représentent le principal potentiel de raccordement à un réseau de chaleur. L'analyse ci-dessus se confirme avec cette carte : les centres-bourgs des communes périphériques, et les quartiers identifiés ci-avant sont des zones avec un habitat collectif dense, non couvertes par un réseau de chaleur.

<sup>4</sup> NOTA : les bâtiments collectifs de plus de 30 logements chauffés à l'électricité ou via des chaudières individuelles sont également recensés sur la carte (Figure 10).



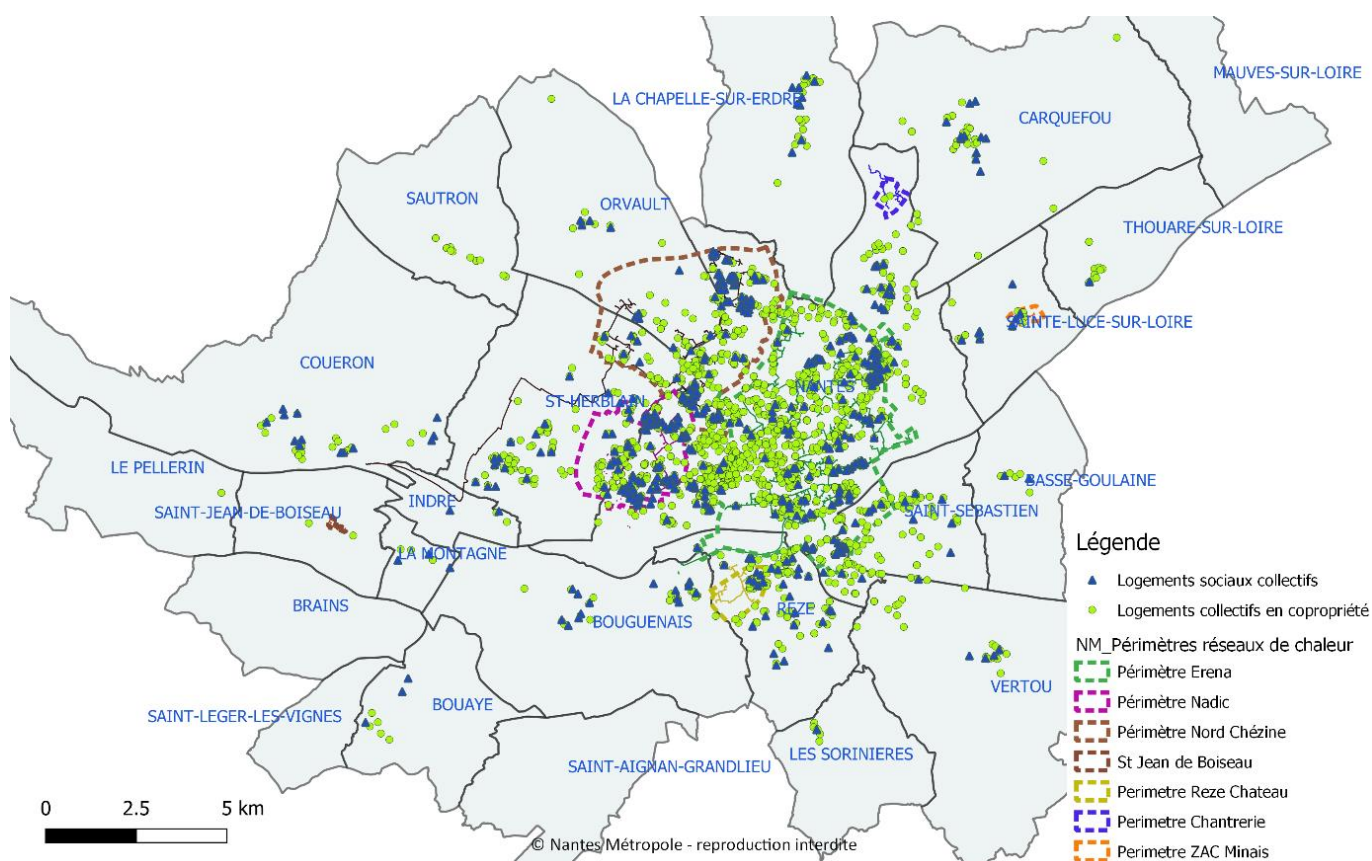


Figure 11 : Carte des bâtiments résidentiels collectifs de plus de 30 logements sur le territoire de Nantes Métropole (mode de production de chauffage non pris en compte)

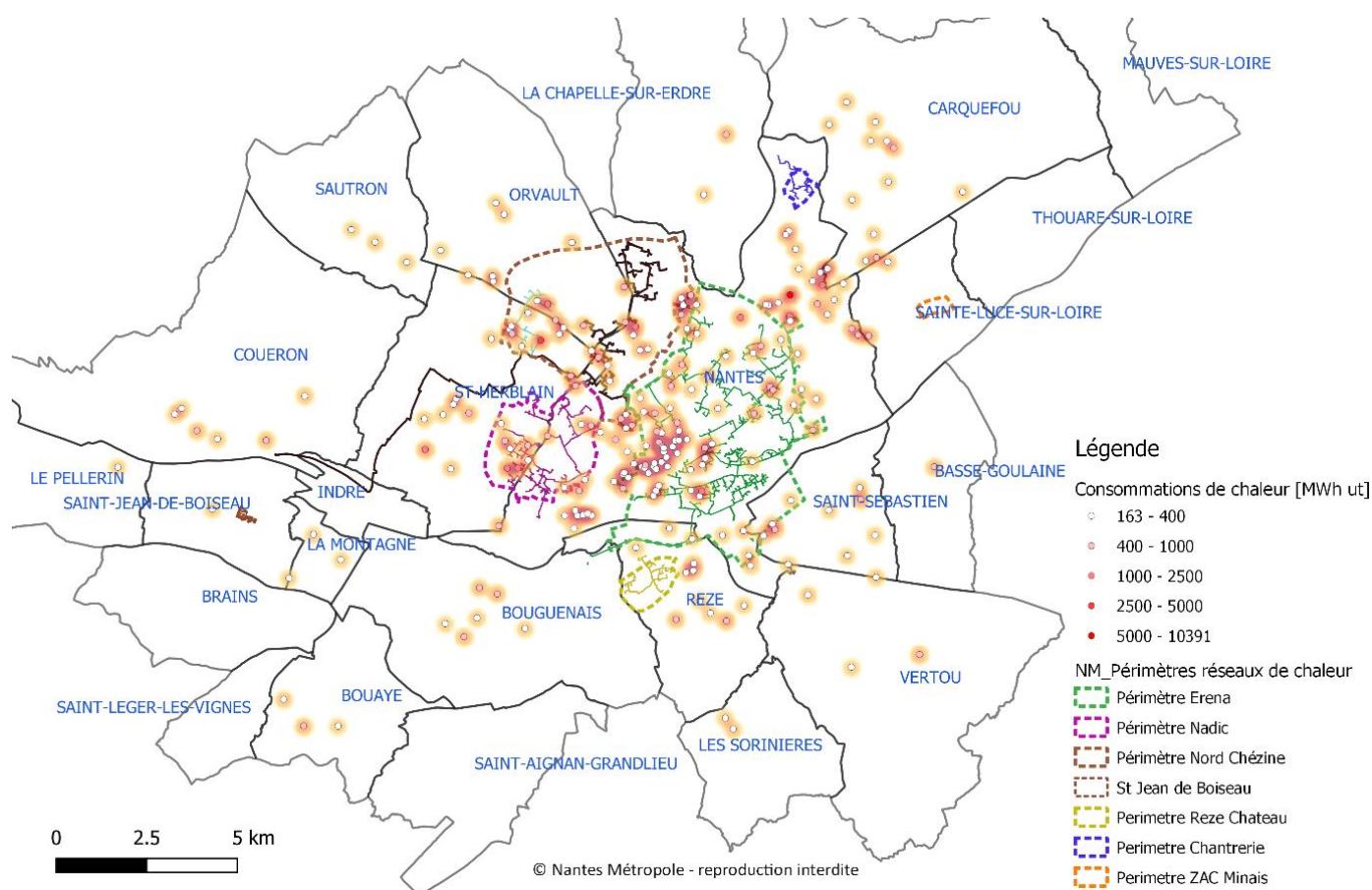


Figure 12 : Carte de chaleur des bâtiments résidentiels de Nantes Métropole [Données GRDF 2017]

La carte de chaleur montre qu'au sein des périmètres des réseaux de Bellevue, Centre Loire et Nord Chézine<sup>7</sup>, certains bâtiments résidentiels sont toujours alimentés au gaz naturel. Il s'agit pour la plupart de copropriétés, soit éloignées du réseau soit ne désirant pas être raccordées.

**Les consommations d'énergie des bâtiments résidentiels collectifs alimentés en chaleur par une chaufferie collective gaz naturel représentent environ 100 GWh utiles par an dont :**

- 50 GWh dans les périmètres des réseaux actuels,
- 50 GWh hors des périmètres des réseaux actuels, principalement :
  - Dans les centres-bourgs,
  - A proximité des périmètres des réseaux (dans les zones listées ci-avant)

**Il existe donc encore un potentiel de développement sur ce secteur, dans, et en dehors des périmètres des réseaux de chaleur.**

<sup>7</sup> Le réseau Nord Chézine est en voie de développement donc certains bâtiments résidentiels seront raccordés dans les prochaines années. Sur la carte et pour l'évaluation des besoins, les points de consommations gaz correspondant à des bâtiments qui seront raccordés avant la fin 2020 ont été supprimés.



## FONCTIONNEMENT TECHNIQUE ET CONTRAINTES

Les bâtiments résidentiels collectifs consomment de la chaleur pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire. Les besoins en température pour le chauffage sont de :

- 80°C maximum en hiver pour les bâtiments anciens, faiblement isolés,
- 60°C maximum en hiver pour les bâtiments neufs. Dans le cadre d'une politique d'optimisation des réseaux de chaleur et des pertes thermiques en général, les besoins en températures peuvent être abaissés à 50/55°C.

Les besoins en température pour l'ECS sont similaires pour tous les bâtiments, avec un minimum de 58°C au départ du réseau secondaire du bâtiment.

Ces bâtiments ne présentent aucune réelle contrainte technique au raccordement au réseau de chaleur.

## ENJEUX DU SECTEUR

Selon l'Office National de la Précarité Énergétique (ONPE), le phénomène de précarité énergétique<sup>8</sup> touche près de 5 millions de ménages et 12 millions d'individus en France.

La précarité est associée à<sup>14</sup> :

- Une précarité économique et sociale,
- Un parc de logements vieillissant et inadapté,

Le principal enjeu pour le secteur résidentiel concerne donc la facture énergétique des logements, liée à leur consommation et au prix de la chaleur. Dans le cadre du raccordement à un réseau de chaleur, c'est donc le prix de la chaleur qui est le sujet déterminant, mais aussi sa stabilité, qui permet une moindre dépendance au prix des énergies fossiles et donc une moindre variabilité dans le temps.

La TVA réduite sur la part consommation R1, pour les réseaux alimentés à plus 50% par des énergies renouvelables (55% à partir de 2023 et 60% à partir de 2030) est le premier levier d'optimisation, la faible part de la facture variant en fonction du prix des énergies fossiles en est un autre.

## OPPORTUNITES POUR LES RESEAUX DE CHALEUR

A ce jour, la quasi-totalité des bâtiments collectifs sociaux situés à l'intérieur du périmètre d'un réseau de chaleur est raccordée au réseau.

En revanche, il est plus difficile pour les opérateurs de convaincre les copropriétés de se raccorder à leur réseau, principalement pour des raisons :

- Economiques : vision à court terme dans un contexte de prix du gaz bas ;
- Comportementales : volonté de rester « indépendant » ;
- De communication : la méconnaissance des réseaux de chaleur entraîne une frilosité à l'égard de ce système « nouveau » ou « à la mode ».

<sup>8</sup> Source ADEME : « la précarité énergétique, à la lumière de l'enquête Nationale Logement 2013 »







L'audit des réseaux de chaleur de Nantes Métropole (Cf. §2.1.5.3 pages 29 à 31) a montré que leur prix était compétitif par rapport à des solutions de chauffage conventionnelles type chauffage collectif gaz. Le prix du gaz a cependant diminué depuis 2018 et la compétitivité des réseaux de chaleur est réduite.

Une solution d'optimisation pourrait être de « supprimer » ou « limiter » les frais et droits de raccordement pour inciter les ménages à se raccorder à un réseau. Il faudra toutefois s'assurer de l'égalité de traitement entre les abonnés.

Une campagne de communication et d'accompagnement des copropriétés pourrait aussi être envisagée afin de les convaincre de l'intérêt de se raccorder à un réseau de chaleur.

Enfin, selon les chiffres de l'INSEE en 2016, le territoire de Nantes Métropole était composé d'environ 330 000 logements dont 192 000 appartements et 138 000 maisons. Parmi tous ces logements :

- 20 % possèdent un système de chauffage central collectif,
- 48 % possèdent un système de chauffage central individuel,
- 32 % possèdent un système de chauffage individuel électrique.

Ainsi, selon ces chiffres, seulement 66 000 logements sont équipés d'un système de chauffage central collectif, dont les installations secondaires de distribution de chaleur sont adaptées à un raccordement à un réseau de chaleur. Sur ces 66 000 logements, 37 000 sont ou seront raccordés à un réseau de chaleur fin 2020 (Cf. §2.1.4 Patrimoine Raccordé). Il existe donc un potentiel de développement pour ces bâtiments, estimé à 15 000 logements (environ 14 000 logements sont situés dans des bâtiments collectifs de moins de 30 logements, avec des consommations trop faibles pour massifier leur raccordement à un réseau de chaleur). Ces chiffres sont cohérents avec le volume raccordable décrit précédemment (100 GWh raccordable en l'état représentant alors une moyenne par logement raccordable de 6-7 MWh/lgt).

Cette rapide analyse montre aussi qu'environ 126 000 logements de type appartement sont chauffés par un système de chaudière individuelle ou bien par des convecteurs électriques. Pour prétendre raccorder une partie de ces 126 000 logements collectifs à un réseau de chaleur (qui représenteraient entre 800 et 850 GWh supplémentaires), d'importants travaux sur les installations de distribution secondaires des bâtiments doivent être réalisés, pour un coût élevé. L'accompagnement des Maîtres d'Ouvrage et l'octroi de subventions pour ce type de travaux contre raccordement à un réseau de chaleur semble, à ce jour, être la principale solution envisageable pour convaincre les habitants et les bailleurs sociaux de raccorder ces logements à un réseau de chaleur.

## EVOLUTION DES BESOINS

L'évolution dans le temps des besoins des bâtiments résidentiels existants est principalement liée à la rénovation énergétique des bâtiments :

- Sur des zones ciblées, avec des efforts importants pouvant aller jusqu'à -50/-60% de consommations de chauffage, par exemple dans le cadre des plans de renouvellement urbain (avec possiblement des démolitions / reconstructions / relocalisations),
- De manière plus diffuse avec des efforts de rénovations énergétiques.

La rénovation énergétique de l'ensemble des logements qualifiés de passoires énergétiques fait partie des 15 ambitions de la Métropole dans sa feuille de route pour la transition énergétique. Pour la suite de l'analyse, ces besoins seront estimés en diminution d'au moins 40% sur le chauffage (et modulable en fonction des projets) et constants pour les besoins d'ECS.



### 2.2.2.4 Recensement des autres bâtiments

Parmi les autres bâtiments à identifier, les principaux pris en compte dans l'étude sont les suivants :

- Les bâtiments culturels,
- Les bâtiments d'enseignement,
- Les bâtiments de recherche,
- Les équipements sportifs,
- Les bâtiments tertiaires de bureaux,
- Les centres hospitaliers et les cliniques,
- Les centres commerciaux et les petits commerces.

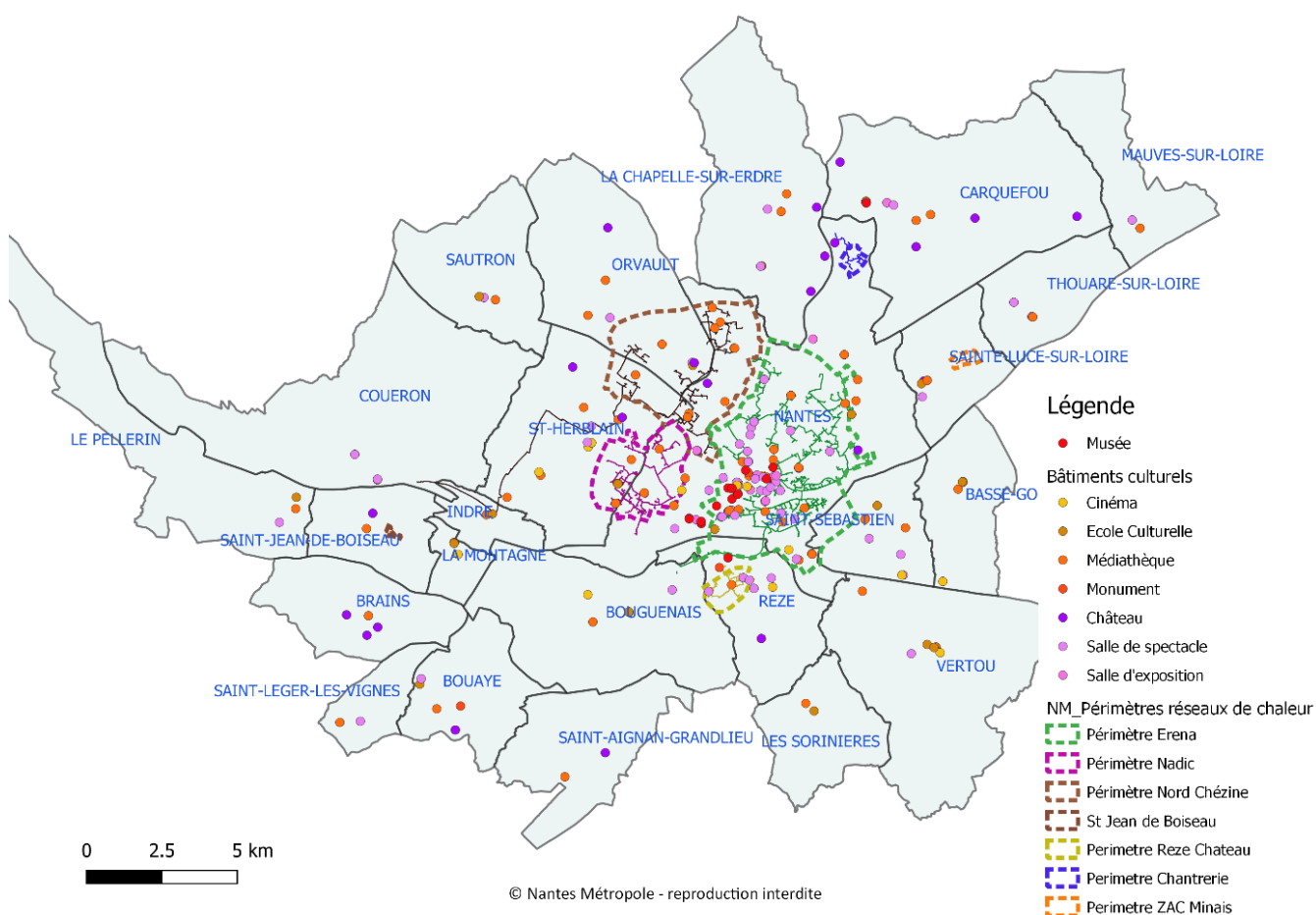


Figure 13 : Carte des bâtiments culturels de Nantes Métropole

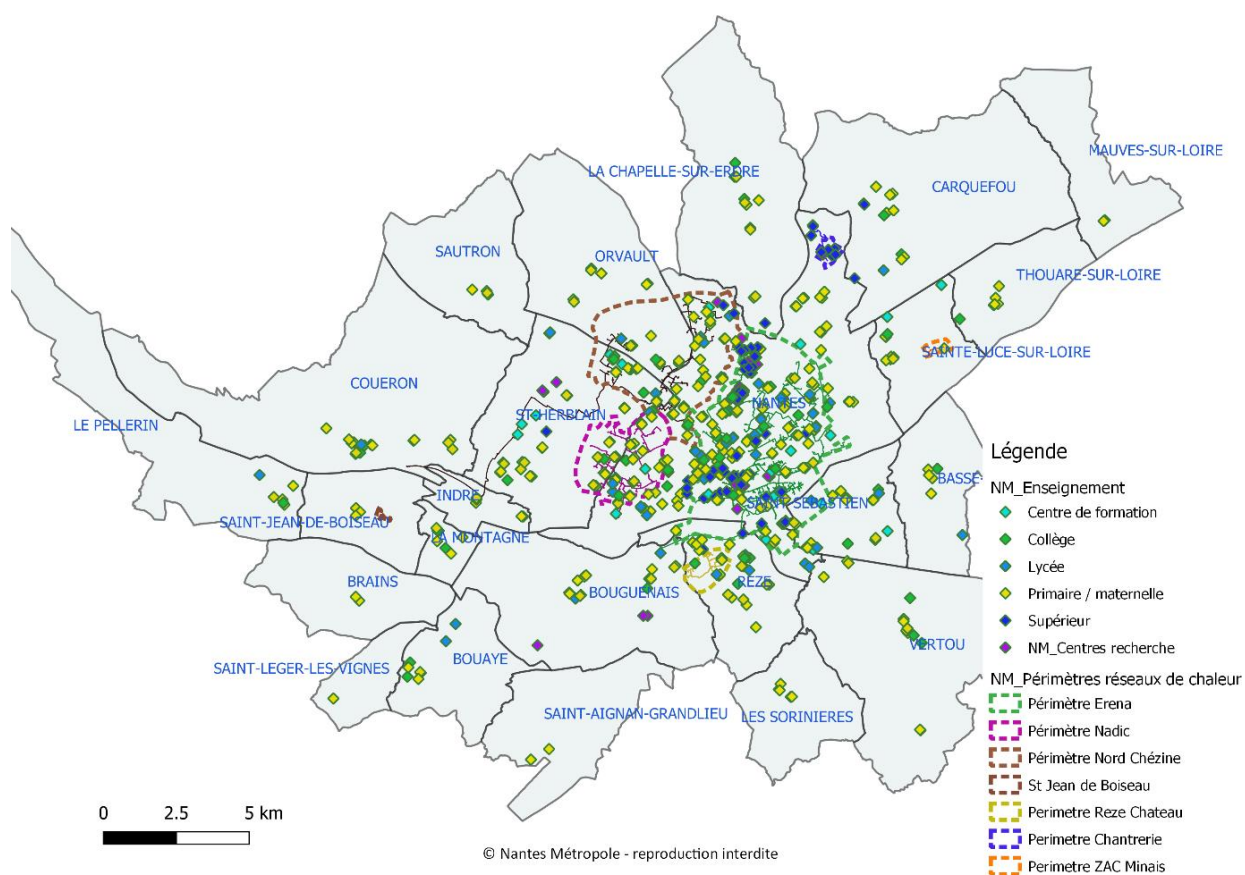


Figure 14 : Carte des bâtiments de recherche et d'enseignement sur le territoire de Nantes Métropole

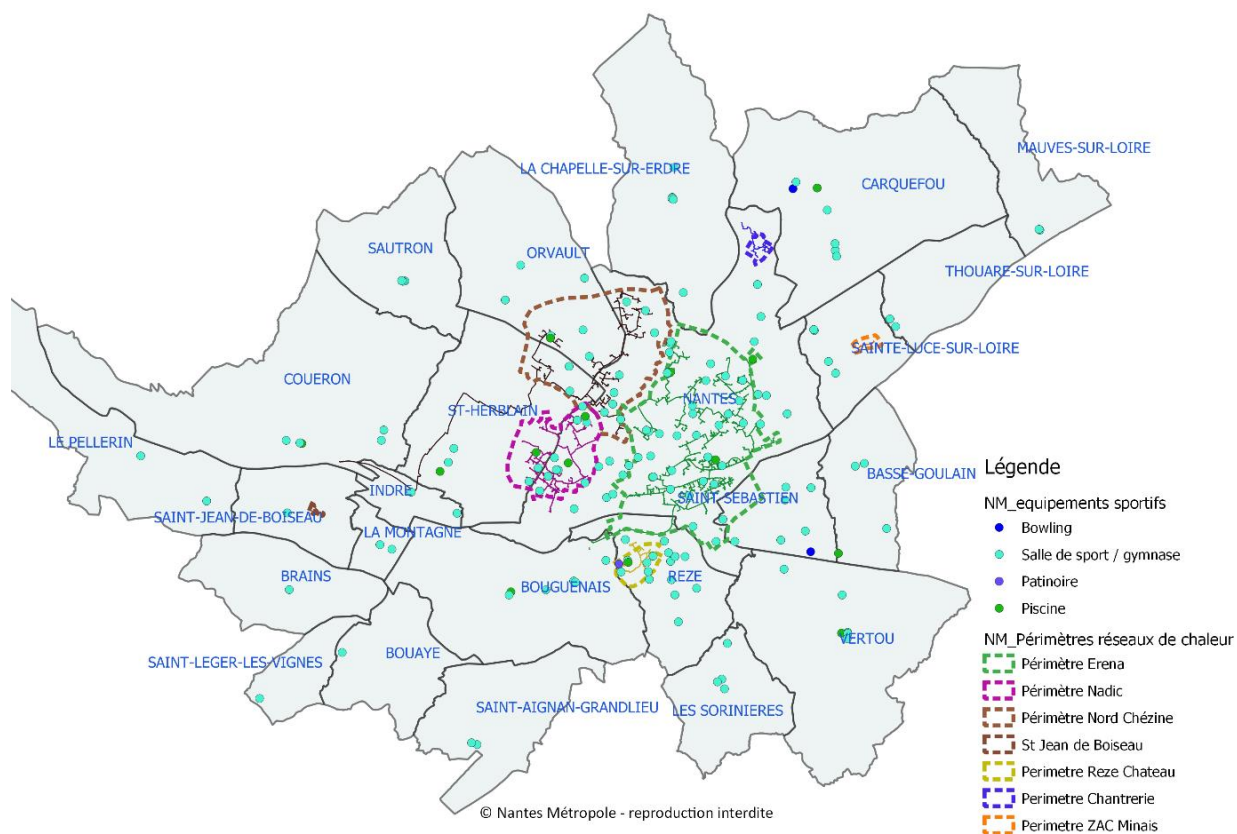


Figure 15 : Carte des équipements sportifs de Nantes Métropole



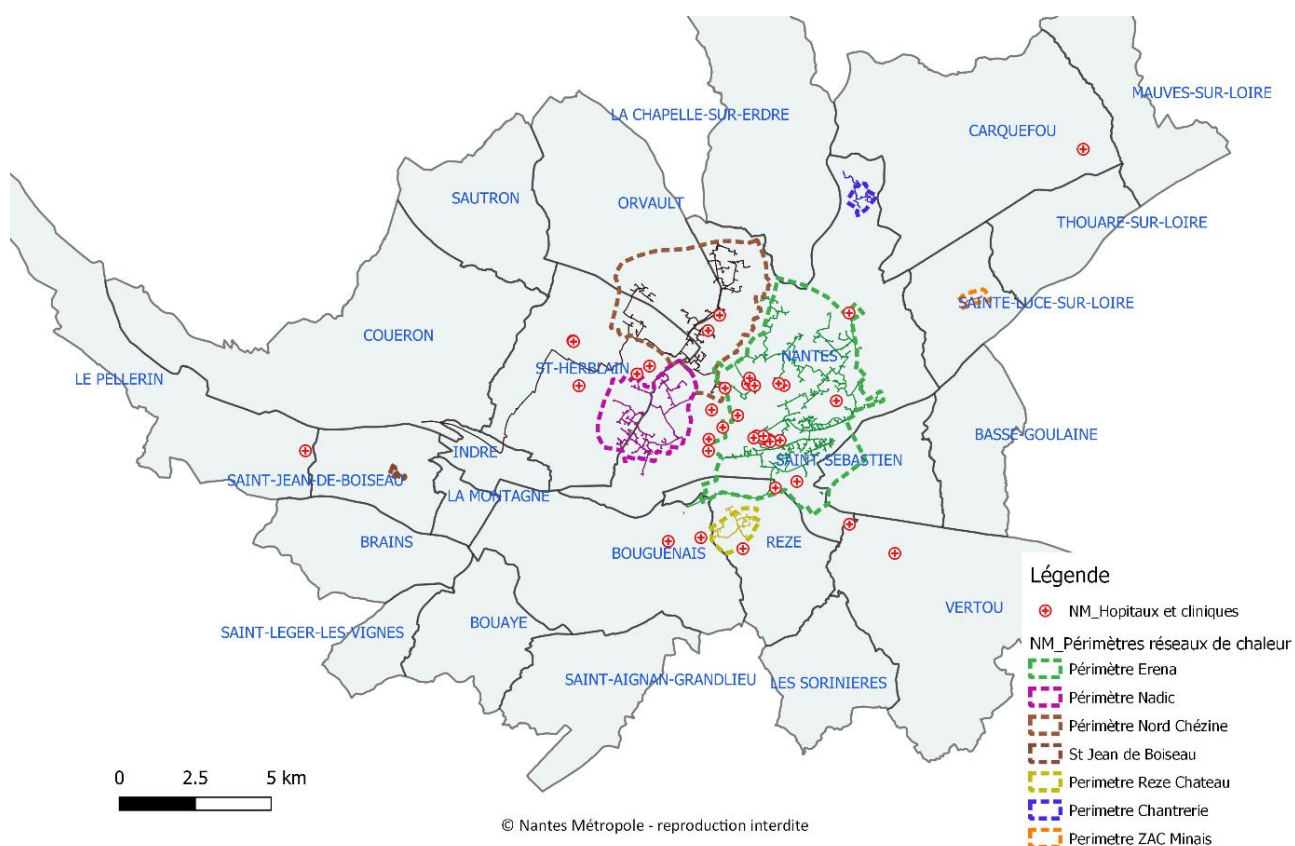


Figure 16 : Carte des hôpitaux et cliniques de Nantes Métropole

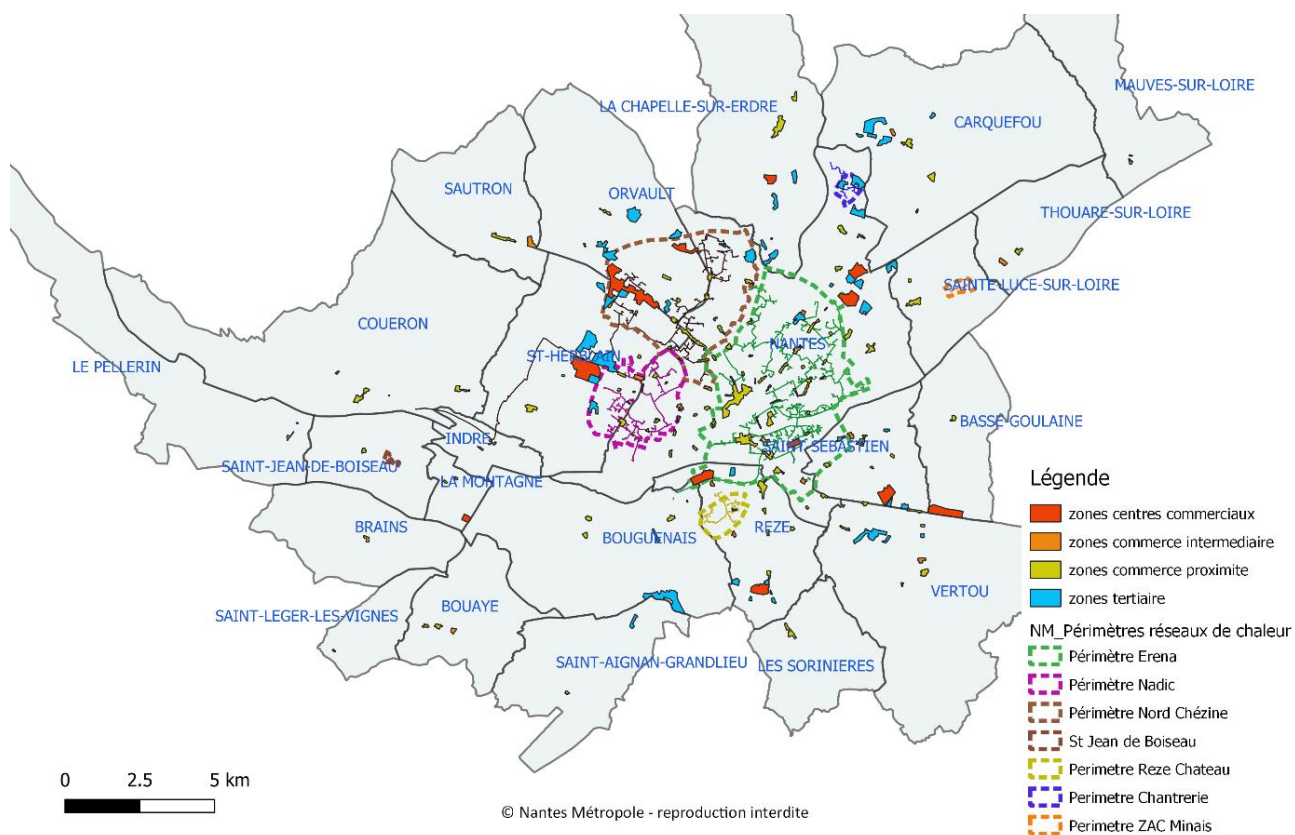


Figure 17 : Carte des zones commerciales et des zones de tertiaires de bureaux sur Nantes Métropole



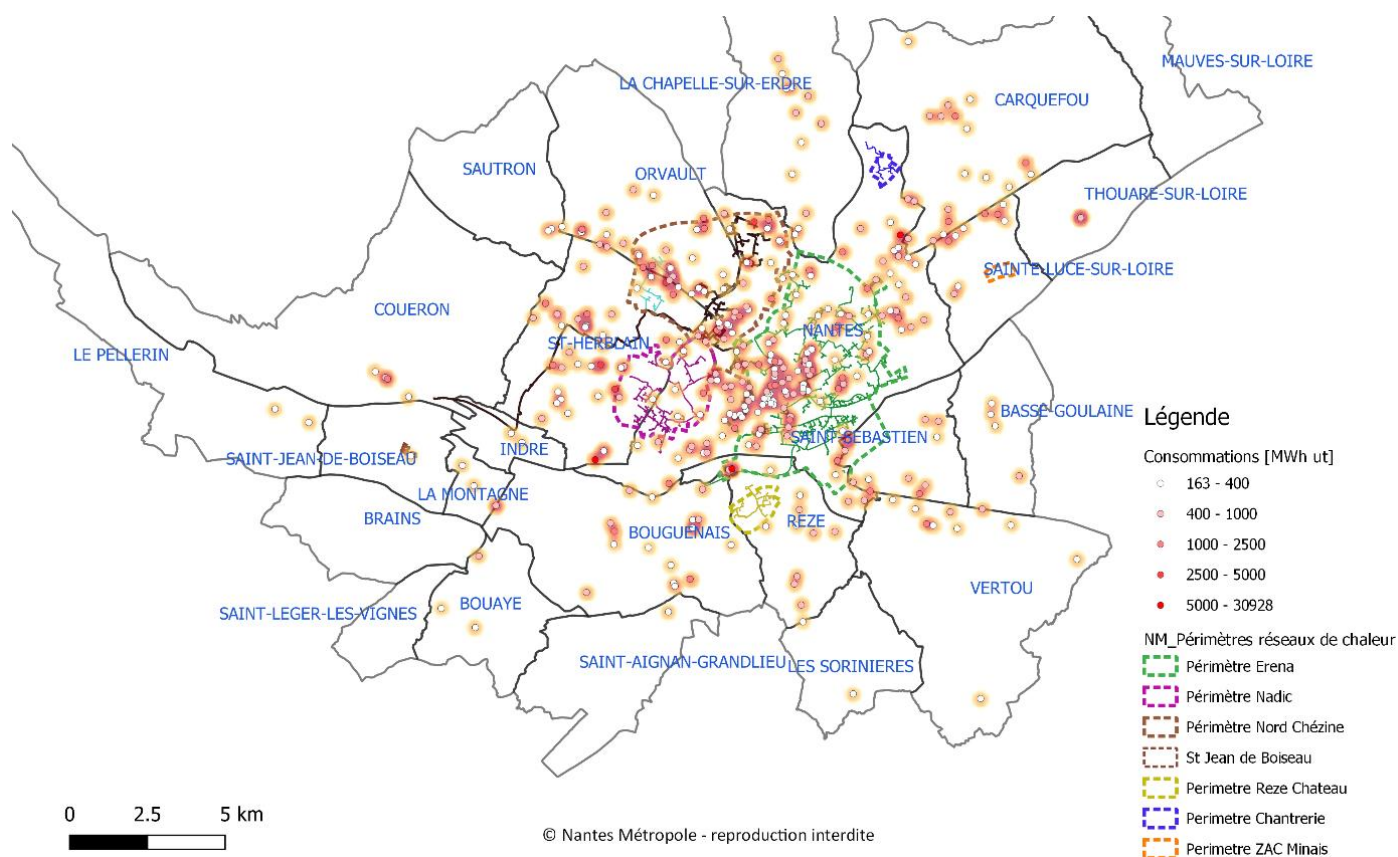


Figure 18 : Carte de chaleur des bâtiments tertiaires/équipements publics sur le territoire de Nantes Métropole [Données GRDF 2017]

La carte de chaleur montre qu'au sein des périmètres des réseaux de Bellevue, Centre Loire et Nord Chézine, certains bâtiments tertiaires sont alimentés au gaz naturel.

**Les consommations d'énergie des bâtiments tertiaires alimentés en gaz naturel représentent environ 320 GWh utiles par an dont :**

- 140 GWh dans les périmètres des réseaux actuels, avec une très forte concentration sur l'hyper-centre de Nantes,
- 180 GWh hors des périmètres des réseaux actuels, principalement :
  - Dans les zones d'activités / parc d'activités tertiaires,
  - Dans les mêmes zones que celles identifiées pour les bâtiments résidentiels et notamment :
    - Le Sud du réseau Centre Loire : Quartiers Sud de Nantes – Bourdonnières et Centre St Sébastien,
    - Le Nord du réseau Centre Loire : Quartiers Beaujoire et St Joseph de Porterie,
    - L'Ouest du réseau Bellevue : Centre-Ville de St Herblain,

Il existe donc un réel potentiel de développement sur ce secteur, dans, et en dehors des périmètres des réseaux de chaleur.





## FONCTIONNEMENT TECHNIQUE ET CONTRAINTES

La majorité des bâtiments recensés ci-avant, a des besoins de chaleur compatibles avec les températures de distribution des réseaux de chaleur ( $< 90^{\circ}\text{C}$ ). La chaleur consommée est essentiellement utilisée pour le chauffage des locaux et la production d'eau chaude sanitaire. Il n'existe donc pas de contrainte technique majeure pour le raccordement de ces bâtiments à un réseau de chaleur.

## ENJEUX DU SECTEUR

En fonction des usages des bâtiments, les enjeux peuvent être différents mais le principal identifié concerne le prix de la chaleur ainsi que sa stabilité.

Un autre enjeu du secteur concerne le Décret Tertiaire publié en 2019 et dont les arrêtés d'application sont en cours de publication au premier semestre 2020, avec des objectifs de forte diminution des consommations pour arriver à -40% de consommations d'ici à 2030, et -60% d'ici à 2050 dans un objectif de neutralité carbone.

## EVOLUTION DES BESOINS

L'évolution dans le temps des besoins des bâtiments tertiaires existants est principalement liée à la rénovation énergétique des bâtiments, comme pour le résidentiel, avec des objectifs chiffrés plus fort lié au décret tertiaire (la feuille de route transition énergétique de Nantes Métropole ayant les mêmes objectifs que ceux fixés par le décret).

Pour la suite de l'analyse, ces besoins seront estimés en diminution d'au moins 40% sur le chauffage à l'horizon 2030, soit un potentiel total d'environ 200 GWh utiles.





### 2.2.2.5 Synthèse de l'analyse des besoins existants

La carte de chaleur ci-dessous représente tous les points de consommations de gaz, d'une valeur supérieure à 200 MWh<sub>PCS</sub> par point de livraison.

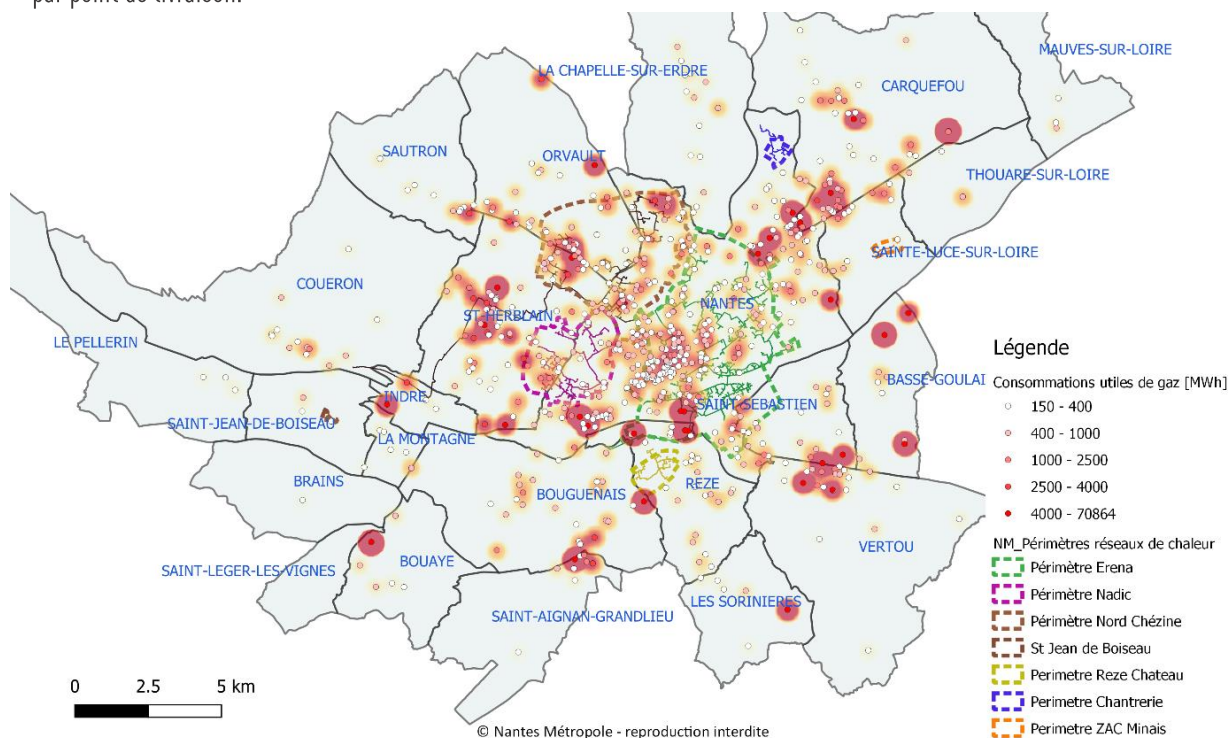


Figure 19 : carte de chaleur globale, tous bâtiments confondus, sur le territoire de Nantes Métropole [Données GRDF 2017, en MWh utiles]

Cette analyse globale permet de montrer que les zones les plus densément bâties sont déjà couvertes par un réseau de chaleur, mais que de nombreux bâtiments à l'intérieur de ces zones ne sont pas encore raccordés aux réseaux de chaleur. Également, certaines zones relativement denses sont en dehors des périmètres des réseaux de chaleur existants et doivent faire l'objet d'une étude plus approfondie, les principales sont les suivantes :

- Le Nord Est du réseau de Centre Loire, jusqu'à Carquefou,
- Le Sud-Est du réseau de Centre Loire,
- La zone d'activité de l'aéroport de Nantes Atlantique à Bouguenais,
- La zone d'activité au Nord de Vertou,
- Le centre de Nantes, entre les trois réseaux Centre Loire, Bellevue et Nord Chézine,
- L'Ouest du réseau de Bellevue, le long du feeder qui alimente le réseau de Nord Chézine,
- Le Sud du réseau de Bellevue,
- Les centres-bourgs des villes périphériques de Nantes Métropole.

Au global, le potentiel total sur le territoire de Nantes Métropole, sans considération des contraintes de raccordement à un réseau de chaleur (difficulté d'accès, bâtiment éloigné d'un réseau, refus des usagers de se raccorder...) est estimé à :

Secteur	Serres agricoles	Industries	Résidentiel	Autres bâtiments	TOTAL
Potentiel hors process spécifique	100 GWh	10 à 40 GWh	100 GWh	320 GWh	≈ 550 GWh



## 2.2.3 Les besoins de chaud du patrimoine à venir

La carte ci-dessous présente tous les projets d'aménagement recensés sur le territoire de Nantes Métropole. Certains d'entre eux sont déjà en cours de développement alors que d'autres sont encore en phase d'étude.

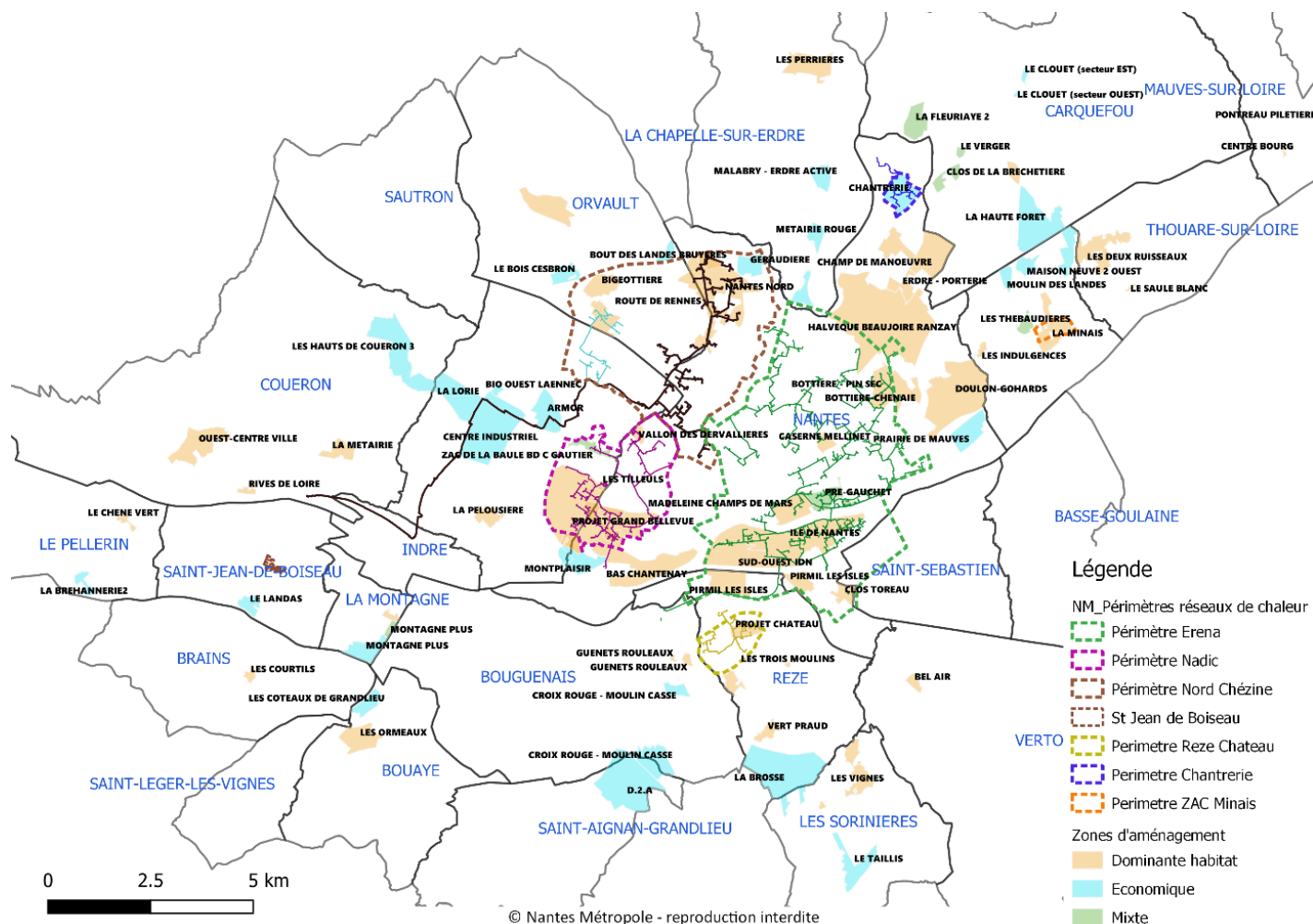


Figure 20 : carte des zones d'aménagement sur le territoire de Nantes Métropole

Au total, il y a :

- 47 zones d'aménagement à dominante habitat, pour un total de 40 000 logements, et une consommation totale (chauffage + eau chaude sanitaire) estimée à 130 GWh,
- 8 zones d'aménagement à vocation mixte d'une surface totale de 440 000 m<sup>2</sup> dont :
  - 3 617 logements et une consommation de chaleur estimée à 22 GWh,
  - Autour de 200 000 m<sup>2</sup> de surface économique, pour une consommation estimée à 3 GWh.
- 29 zones d'aménagement à vocation économique uniquement.

Pour la très grande majorité des zones d'aménagement, leur livraison est prévue pour 2030 au plus tard.

NOTA : les données programmatiques de chaque zone d'aménagement doivent être mises à jour et validées avec la direction de l'Urbanisme de Nantes Métropole, afin de fiabiliser ces chiffres qui sont fournis à titre indicatif.





Ces nombreuses zones d'aménagement, situées pour la majorité à l'intérieur ou proche des périmètres des réseaux de chaleur actuels, représentent un réel potentiel de développement des réseaux de chaleur pour Nantes Métropole, avec une politique de densification pour limiter l'étalement urbain, dans une métropole à forte croissance :

- Démographique : le PLH 2019 – 2025 de Nantes Métropole prévoit la construction de 6 000 logements neufs par an, soit un **potentiel de raccordement au réseau de chaleur de minimum 12 GWh/an** (en considérant 50% de construction neuves en pavillonnaire ou petit collectif et 50% en collectif de plus de 20/30 logements), plus les équipements publics nécessaires pour accueillir cette population supplémentaire ;
- Économique : la croissance démographique est liée à l'attractivité économique, qui nécessite donc plus de zones de bâtiments tertiaires à mettre en œuvre pour accueillir les activités créées et les employés supplémentaires.

Les caractéristiques des zones d'aménagement sont détaillées dans les fiches zones en Annexe.

## FONCTIONNEMENT TECHNIQUE ET CONTRAINTES

Le raccordement des ZAC au réseau de chaleur ne pose aucun problème : les bâtiments étant à construire, il est possible de dimensionner les installations internes au bâtiment suivant le mode de fonctionnement du réseau de chaleur. L'ensemble des besoins (chauffage, eau-chaude sanitaire, process éventuellement, voir même eau chaude de lave-vaisselles et machines à laver), peuvent être alimentés par un réseau de chaleur.

Des solutions d'alimentation mixtes en chaud et en froid peuvent aussi être nécessaire pour certaines zones (principalement zones de bureaux donc à vocations économiques ou mixtes).

Les bâtiments qui sont créés sur ce type de zones doivent respecter la réglementation thermique/environnementale en vigueur, qui se durcit de plus en plus. Les consommations sont donc très faibles (quasi-uniquement de la production d'ECS pour les bâtiments qui suivront la RE2020) sur ces zones, avec des densités énergétiques faibles, mais des besoins de puissance assez importants.

## ENJEUX DU SECTEUR

Pour l'ensemble des ZAC existantes ou à venir, et pas uniquement celles soumises à études d'impacts, il est impératif que la problématique de l'alimentation énergétique soit prise en compte au plus tôt (pour les ZAC déjà lancées) ou dès les études pré-opérationnelles (pour les ZAC à venir). Ces études doivent être menées impérativement :

- A une échelle plus large que la ZAC : la création d'un réseau de chaleur spécifique à une ZAC étant rarement une solution technico-économique viable, il est impératif que l'étude se penche aussi sur :
  - Un éventuel raccordement à un réseau existant plus ou moins éloigné ;
  - La création d'un nouveau réseau avec des bâtiments existants à proximité ;
- Sans a priori sur une solution : les réglementations thermiques et environnementales actuelles et à venir favorisent peu le taux ENR&R des systèmes de production de chauffage et d'ECS mais valorisent le raccordement à un réseau de chaleur vertueux sur le plan des émissions de CO<sub>2</sub>. En effet, ils permettent de bénéficier des modulations suivantes du CEP<sub>MAX</sub>, pour tous les bâtiments des arrêtés du 26 Octobre 2010 et du 28 Décembre 2012 :



- +30% pour les réseaux dont le contenu CO<sub>2</sub> est inférieur ou égal à 50g/kWh
- +20% pour les réseaux dont le contenu CO<sub>2</sub> est supérieur à 50g/kWh et inférieur à 100g/kWh
- +10% pour les réseaux dont le contenu CO<sub>2</sub> est supérieur à 100g/kWh et inférieur ou égal à 150 g/kWh

Cette possibilité offerte par la réglementation thermique, souvent retenue et valorisée en commercialisation des réseaux et par les promoteurs n'est néanmoins pas forcément souhaitable, car autorisant à « plus » consommer, alors que la meilleure énergie est celle qui n'est pas consommée.

- Par un bureau d'étude spécialisé et indépendant (de manière à ne pas avoir les pressions des fournisseurs traditionnels d'énergie) et suivant une méthodologie identique ou proche pour l'ensemble des ZAC.

Une communication optimale entre le porteur de la ZAC et le service énergie de Nantes Métropole est impératif pour s'assurer que les conclusions soient pertinentes et prises en compte par l'ensemble des acteurs.

Sur la phase opérationnelle, le raccordement d'une ZAC à un réseau de chaleur :

- Evite la création du réseau gaz interne à la ZAC ;
- Evite la mise en place d'une chaufferie par bâtiment et donc réduit la surface des lots techniques et les investissements à réaliser ;
- Permet de mutualiser les investissements pour la mise en place d'une solution d'alimentation à fort taux d'EnR&R locales, solution qui n'est pas possible pour les autres vecteurs énergétiques (gaz, électricité) ;
- Peut-être long dans le temps et subir de nombreux retards.

Il est donc impératif, pour équilibrer un projet :

- Qu'une partie des coûts de mise en place du réseau de chaleur dans la ZAC soit porté par l'aménageur, au même titre que les autres services publics ;
- D'envisager des scénarios de mise en œuvre optimistes et pessimistes ;
- D'envisager éventuellement un portage public ou partiellement public du projet de réseau de manière temporaire pendant la phase de construction, pour éviter les décalages importants entre investissements et recettes, qui pèsent très lourd pour un opérateur privé.







## OPPORTUNITES POUR LES RESEAUX DE CHALEUR

Le raccordement d'une ZAC peut être l'occasion :

- De diminuer les températures retour du réseau lorsque celle-ci est positionnée de manière optimale sur le réseau et ainsi mieux valoriser certaines énergies renouvelables (chaleur fatale mieux valoriser ou économiser sur biomasse par exemple) ;
- De créer une nouvelle chaufferie déportée sur le bout d'une antenne, qui permet ainsi des développements sur du potentiel de raccordement existant mais non possibles initialement en raison de la structure du réseau ;
- De mettre en place de nouvelles sources d'EnR&R sur un réseau nécessitant une nouvelle production ;
- De créer un nouveau réseau sur une zone dont la densité était trop faible / les prospects trop peu nombreux sans cette ZAC ;
- ...

Pour les zones mixtes ou à dominante majoritairement économique (et ayant donc des besoins de chaud et de froid), la création de boucles tempérées, avec valorisation de sources d'EnR&R pour le moment peu valorisées sur la métropole de Nantes (STEP, géothermie basse température sur sonde, aquathermie sur eau de la Loire...).

Ces zones sont donc des atouts importants pour les réseaux de chaleur (et réciproquement), il est impératif de mener la réflexion le plus en amont possible, et de la manière la plus objective possible.

## EVOLUTION DES BESOINS

A l'avenir, les zones d'aménagements :

- Devraient continuer à être aussi nombreuses sur le périmètre de Nantes Métropole, l'attractivité de la Métropole ne se démentant pas ;
- Devraient voir les besoins énergétiques, à nombre de logement identique, diminuer suivant l'évolution de la réglementation thermique/environnemental. Néanmoins, ces besoins devraient atteindre un plancher assez rapidement avec l'alimentation uniquement des besoins en eau chaude sanitaire.

Les consommations de ce type de zone devraient donc rester constantes au cours des prochaines années.



## 2.2.4 Les fiches zones

Parmi tout le potentiel de consommations analysé sur le territoire de Nantes Métropole (cf. §2.2.2.5 p53), certaines zones sont plus favorables au développement des réseaux de chaleur. Des « fiches zones » répertoriant ces zones de consommations énergétiques importantes, présentant un potentiel de développement des réseaux de chaleur, sont fournies en Annexes. Ces zones ont été classées suivant plusieurs catégories :

- Les centres-bourgs des villes périphériques, avec des typologies de bâtiments et de besoins similaires,
- Les zones à l'intérieur ou à proximité immédiate des périmètres des réseaux de chaleur existants, permettant de densifier ces réseaux,
- Les zones plus éloignées des réseaux, avec un potentiel de développement important, pouvant soit :
  - Faire l'objet d'un raccordement à un réseau existant,
  - Faire l'objet d'une création d'un réseau de chaleur dédié à la zone.

### LES CENTRES-BOURGS

15 centres-bourgs ont été identifiés comme présentant un potentiel pour le développement des réseaux de chaleur. Dans ces centres-bourgs, la typologie de bâtiments est similaire avec la présence de :

- Mairie,
- Bâtiments de logement collectifs de type copropriétés et peu de logements sociaux,
- Des bâtiments d'enseignement, en majorité des écoles maternelles et primaires et quelques collèges,
- Des bâtiments sportifs de type salles omnisport et parfois une piscine,
- Des écoles culturelles et des médiathèques,
- Des commerces de proximité.

Le tableau ci-dessous classe les centres-bourgs suivant leur potentiel pour le développement des réseaux de chaleur :

Centre-bourg	Classement	Potentiel de consommations hors zones d'aménagement	Densité thermique estimée
Couëron	1	5 000 MWh	4,00 kWh/m <sup>2</sup>
Bouguenais centre	2	4 290 MWh	4,29 kWh/m <sup>2</sup>
Rezé Centre	3	577 MWh	7,21 kWh/m <sup>2</sup>
Carquefou	4	6 275 MWh	2,41 kWh/m <sup>2</sup>
Orvault	5	1 559 MWh	4,33 kWh/m <sup>2</sup>
Sautron	6	2 174 MWh	2,17 kWh/m <sup>2</sup>
La Chapelle sur Erdre	7	3 211 MWh	1,40 kWh/m <sup>2</sup>
Vertou	8	4 000 MWh	1,14 kWh/m <sup>2</sup>
Bouaye	9	1 156 MWh	1,93 kWh/m <sup>2</sup>
Thouaire Sur Loire	10	1 568 MWh	1,29 kWh/m <sup>2</sup>
Le Pellerin	11	1 235 MWh	1,24 kWh/m <sup>2</sup>
Sainte Luce Sur Loire	12	893 MWh	0,39 kWh/m <sup>2</sup>
Basse Goulaine	13	1 308 MWh	0,65 kWh/m <sup>2</sup>
La Montagne	14	937 MWh	0,94 kWh/m <sup>2</sup>
Les Sorinières	15	1 227 MWh	0,34 kWh/m <sup>2</sup>

La quantité de chaleur totale pour ces 15 centres-bourgs est estimée à 35 GWh, hors zones d'aménagement qui pourront être ajoutées après fiabilisation des données.





## LES ZONES PROCHES DU PERIMETRE DU RESEAU REZE CHATEAU

A proximité du réseau de Rezé Château, il a été identifié 2 zones pouvant faire l'objet d'une extension (fiches n°16 & 17). Au cumulé, les besoins de ces 2 zones sont estimés à 4 600 MWh.

A noter que le Centre de Rezé (570 MWh estimés) pourrait également faire l'objet d'un raccordement au réseau de Rezé Château.

Enfin, une serre agricole est située à proximité de la chaufferie du réseau de Rezé Château (environ 1 300 m au Sud) et peut faire l'objet d'une étude spécifique.

## LES ZONES PROCHE OU DANS LE PERIMETRE DU RESEAU BELLEVUE

Dans le périmètre du réseau de Bellevue, 5 zones ont été identifiées :

- 4 dans le périmètre de la DSP
- 1 à proximité du réseau mais en dehors du périmètre.

Ces zones (fiches n°18 à 22) représentent un potentiel d'environ 9 GWh. Il s'agit pour la majorité de bâtiments de logements collectifs en copropriété, d'écoles et de collèges, et d'équipements sportifs de type gymnases.

Également, l'étude a montré que la résidence Joncours, située rue Joncours, n'est pas raccordée au réseau de chaleur alors que le réseau de distribution alimente les bâtiments voisins de cette résidence. Le potentiel est estimé à 700 MWh.

## LES ZONES PROCHE OU DANS LE PERIMETRE DU RESEAU NORD CHEZINE

Dans le périmètre de Nord Chézine, 4 zones ont été identifiées à l'intérieur du périmètre de la DSP (fiches n°23 à 26) :

- 3 zones situées au Nord et au Nord-Est du périmètre avec principalement des copropriétés et des bâtiments d'enseignement (de la maternelle jusqu'aux bâtiments d'enseignement supérieur), pour un potentiel total estimé à 13 GWh,
- Le secteur Sillon-Peccot, déjà à l'étude par l'exploitant du réseau. Il s'agit pour la majorité de bâtiments de logements collectifs (copropriétés et bailleurs) avec un centre commercial à proximité, ainsi que de zones d'aménagement (Peccot – Bigeotière). Son potentiel total est estimé à 18 GWh.

## LES ZONES PROCHE OU DANS LE PERIMETRE DU RESEAU CENTRE LOIRE

Dans le périmètre et à proximité du réseau Centre Loire, 9 zones ont été identifiées (fiches n° 27 à 35) :

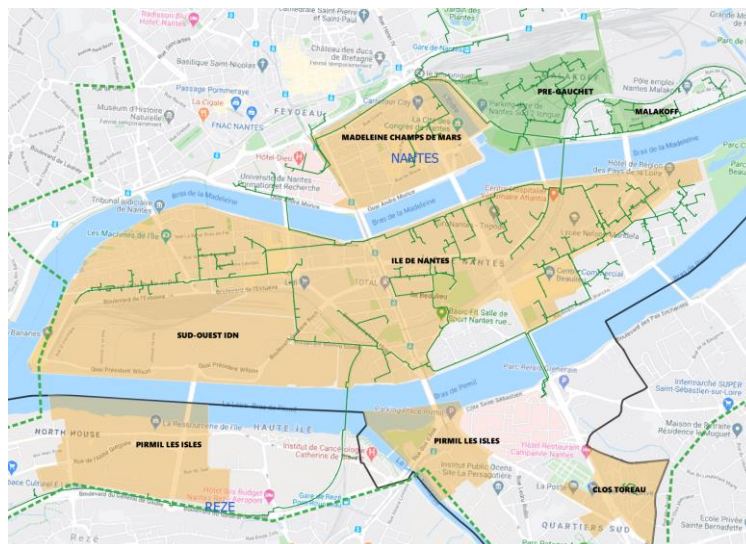
- 6 zones à l'intérieur du périmètre pour un potentiel d'environ 30 GWh, dont le centre historique de Nantes avec un potentiel de 25 GWh (fiches n°30 à 32),
- La zone du Clos Toreau, au Sud du réseau, à l'intérieur et à proximité du périmètre (15 GWh estimés),

Les zones Paradis et Vieux Doulon, en dehors du périmètre de la DSP, ont déjà été identifiées par l'exploitant, pour des volumes estimés à 3,2 et 4,5 GWh respectivement (hors projet d'aménagement).



Enfin, plusieurs zones d'aménagement, en dehors des zones listées ci-avant, sont en cours de développement ou à l'étude à l'intérieur du périmètre du réseau Centre Loire :

- Sur et proche de l'île de Nantes :



Zone d'aménagement	Avancement	Vocation	Nombre prévisionnel de logements	Estimation des besoins de chaleur (chauffage + ECS)	Date prévisionnelle de livraison
CLOS TOREAU	OPERATIONNELLE	Dominante habitat	350	1 140 MWh	2014-2022
PIRMIL LES ISLES	ETUDE	Dominante habitat	2 440	7 930 MWh	2021-2035
ILE DE NANTES	OPERATIONNELLE	Dominante habitat	1 653	5 375 MWh	2020
SUD-OUEST IDN	OPERATIONNELLE	Dominante habitat	3 640	11 830 MWh	2019-2035
MADELEINE CHAMPS DE MARS	VOIE ACHÈVEMENT	Dominante habitat	200	650 MWh	2022
PRE-GAUCHET	OPERATIONNELLE	Mixte	1 200	3 600 MWh	2017-2025
MALAKOFF	OPERATIONNELLE	Mixte	258	775 MWh	2019-2022
<b>TOTAL</b>			<b>9 740</b>	<b>31 300 MWh</b>	

- Caserne Mellinet



- Avancement : OPERATIONNELLE
- Vocation : Dominante habitat
- Nombre prévisionnel de logements : 1 700
- Estimation des besoins de chaleur : 5 525 MWh
- Date prévisionnelle de livraison : NC

*Ces données programmatiques doivent néanmoins être fiabilisées avec le pôle Habitat de Nantes Métropole.*



## LES ZONES A FORT POTENTIEL, EN DEHORS DU PERIMETRE DES RESEAUX EXISTANTS

Enfin, 6 zones plus étendues géographiquement que les précédentes ont été identifiées, avec un potentiel de consommations relativement élevé (fiches n°36 à 41). Le tableau ci-dessous résume les données principales de chacune :

Zones	Potentiel de consommations hors zones d'aménagement	Dont industries y compris process	Densité énergétique	Zones d'aménagement	Typologie de bâtiments dominante	Classement selon faisabilité
Nord de Nantes / Carquefou	97 GWh	37 GWh	8,43 kWh/m <sup>2</sup>	4 zones d'aménagement mixtes et d'habitat 7 000 logements Potentiel : 48 GWh	Habitat collectif en majorité, bâtiments d'enseignement, maison d'arrêt, centres commerciaux, tertiaire et industries (hors serre agricole)	1
Centre-Ville Saint Herblain / Zone Atlantis	60 GWh	17 GWh	5,42 kWh/m <sup>2</sup>	2 zones mixtes et d'habitat 1 600 logements Potentiel : 8 GWh	Habitat collectif, bâtiments d'enseignement, centre commercial, zones tertiaires de bureaux et CHU	2
Nantes Centre entre les 3 réseaux	10 GWh	-	4,35 kWh/m <sup>2</sup>	-	Résidentiel collectif avec une majorité de copropriétés, bâtiments d'enseignement et plusieurs cliniques	3
Sites amont de Nantes Saint-Nazaire Port	66 GWh	52 GWh	16,50 kWh/m <sup>2</sup>	3 zones d'aménagement dont 2 abandonnées 1 000 logements Potentiel : 3,3 GWh	Industrie en majorité, habitat collectif et bâtiments d'enseignement	4
Aéroport Bouguenais	36 GWh	30 GWh	9,59 kWh/m <sup>2</sup>	-	Zones d'activités industrielles et tertiaires	5
Nord Vertou / Sud Saint Sébastien	57 GWh	48 GWh	10,00 kWh/m <sup>2</sup>	-	Industries, centre commerciaux, tertiaire	6

Le classement des zones selon leur faisabilité de création de réseau de chaleur ou de raccordement à un réseau de chaleur existant tient compte de plusieurs paramètres :

- Situation géographique :
  - Proximité par rapport à un réseau existant,
  - Infrastructures types voies ferrées ou routières qui impacteraient le passage des réseaux de distribution de chaleur.
- Densité énergétique, avec et hors besoins industriels
- Typologie de bâtiments sur la zone : les bâtiments résidentiels collectifs, d'enseignement, sportifs et culturels sont privilégiés au regard de leur besoins en chaleur (température, profils de consommations...)

*Au global, le potentiel de consommations de ces 6 zones est évalué à environ 327 GWh dont 184 GWh de besoins industriels, y compris les process (55%).*





## Consommation de chaleur 460 GWh dont 185 GWh industries

Total identifié hors serres agricoles

Les centres-bourges .....	35 GWh
Périmètre de Rezé Château.....	4,5 GWh
Périmètre de Centre Loire.....	53,5 GWh
Périmètre de Nord Chézine.....	31 GWh
Périmètre Nadic.....	9 GWh

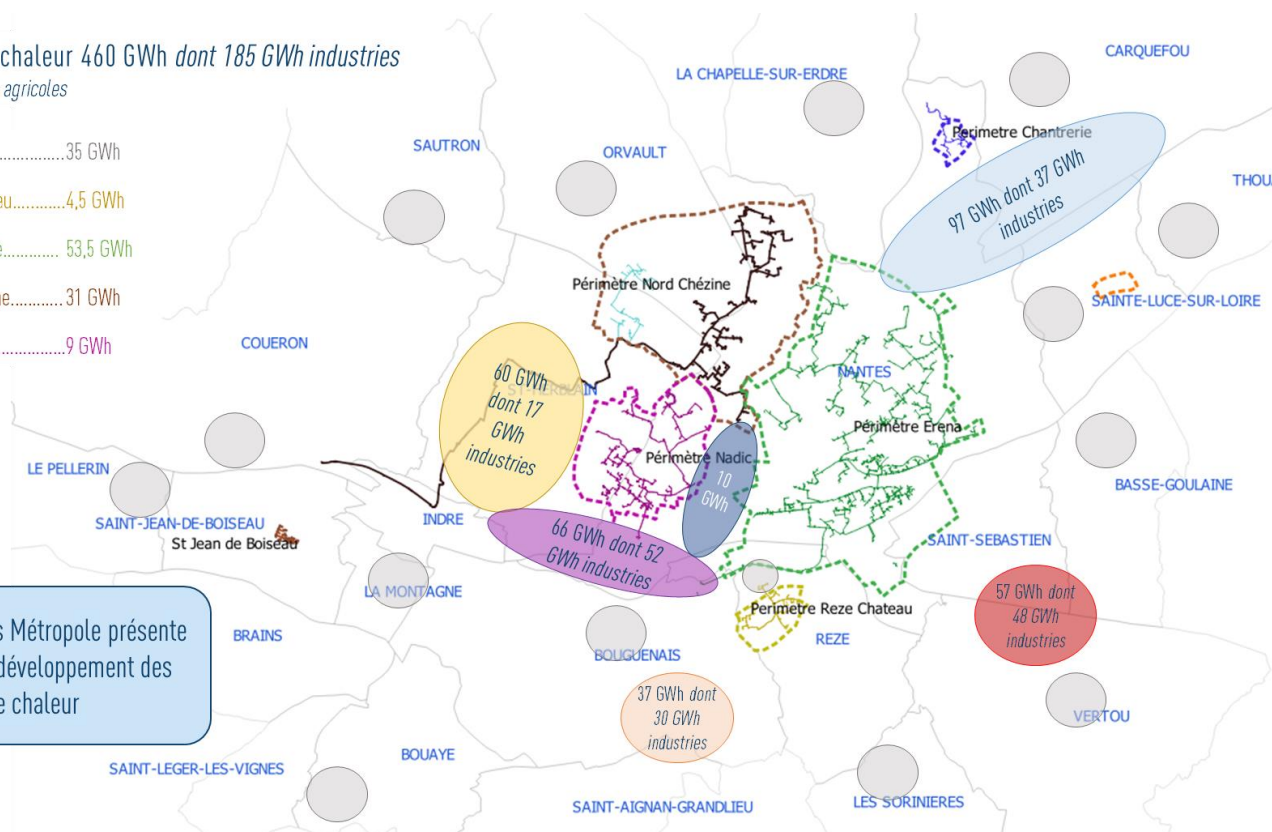


Figure 21 : Carte présentant la synthèse des "fiches zones"



## 2.2.5 Les besoins de froid

Dans le cadre de cette étude, seuls les bâtiments pouvant prétendre à une aide à l'investissement au titre du Fonds Chaleur de l'ADEME, ont été considérés pour étudier le développement des réseaux de froid sur le territoire de Nantes Métropole.

Les grandes orientations et modalités 2020 du Fonds Chaleur indiquent que « les usages de froid sont éligibles selon les modalités suivantes :

- Les usages de froid doivent être considérés comme « nécessaires », quand ils répondent aux besoins de bâtiments « reconnus » :
  - Locaux avec froid spécifique hors champs d'application de la RT 2012 : musées, CHU, laboratoires, piscines, process industriels...
  - Bâtiments avec locaux de type CE2<sup>9</sup>,
- ... »

La catégorie « CE1 » regroupe les constructions qui peuvent être conçues sans être climatisées. Une partie de bâtiment est dite de classe CE2 si elle nécessite, de par sa conception, un système de climatisation pour maintenir une température intérieure conventionnelle inférieure à la valeur de référence, selon la RT 2012.

La catégorie CE2 correspond aux constructions avec plus de contraintes (hôpitaux, bureaux en zone de bruit et en zone climatique très chaude, Immeubles de Grande Hauteur...) et nécessitant dans la plupart des cas d'être climatisées. Dans ce cas, la RT 2012 prévoit que le local ne sera donc pas soumis aux exigences de confort d'été (Tic).

		Zones climatiques													
Zone à usage	Baies exposées aux zones de bruit	H1a	H1b	H1c < 400 m	H1c > 400 m	H2a	H2b	H2c < 400 m	H2c > 400 m	H2d < 400 m	H2d > 400 m et < 800 m	H2d > 800 m	H3 < 400 m	H3 > 400 m et < 800 m	H3 > 800 m
Habitation Enseignement	BR1	CE1													
	BR2														
	BR3														
Bureaux	BR1	CE2													
	BR2	CE2													
	BR3	CE2													
Autres concernées par RT 2012	BR1	CE2													
	BR2	CE2													
	BR3	CE2													

Par exemple, un immeuble de bureaux sera en **classement CE2** si une des conditions suivantes est remplie :

- Baies exposées au bruit BR2 ou BR3,
- Bâtiment situé en zone climatique H1c ou H2c à moins de 400m d'altitude,
- Bâtiment situé en zone climatique H2d ou H3 à moins de 800m d'altitude.

<sup>9</sup> La catégorie « CE1 » regroupe les constructions qui peuvent être conçues sans être climatisées. Une partie de bâtiment est dite de classe CE2 si elle nécessite, de par sa conception, un système de climatisation pour maintenir une température intérieure conventionnelle inférieure à la valeur de référence, selon la RT 2012. Les bâtiments de type CE2 peuvent bénéficier du droit à consommer plus d'énergie que les autres, classés en CE1.



La carte suivante présente donc les bâtiments identifiés comme reconnus (musées, centre de recherche, hôpitaux/cliniques et principales industries), ainsi que les zones de centre commerciaux et tertiaires-bureaux, qui présentent des besoins de froid pas forcément reconnus.

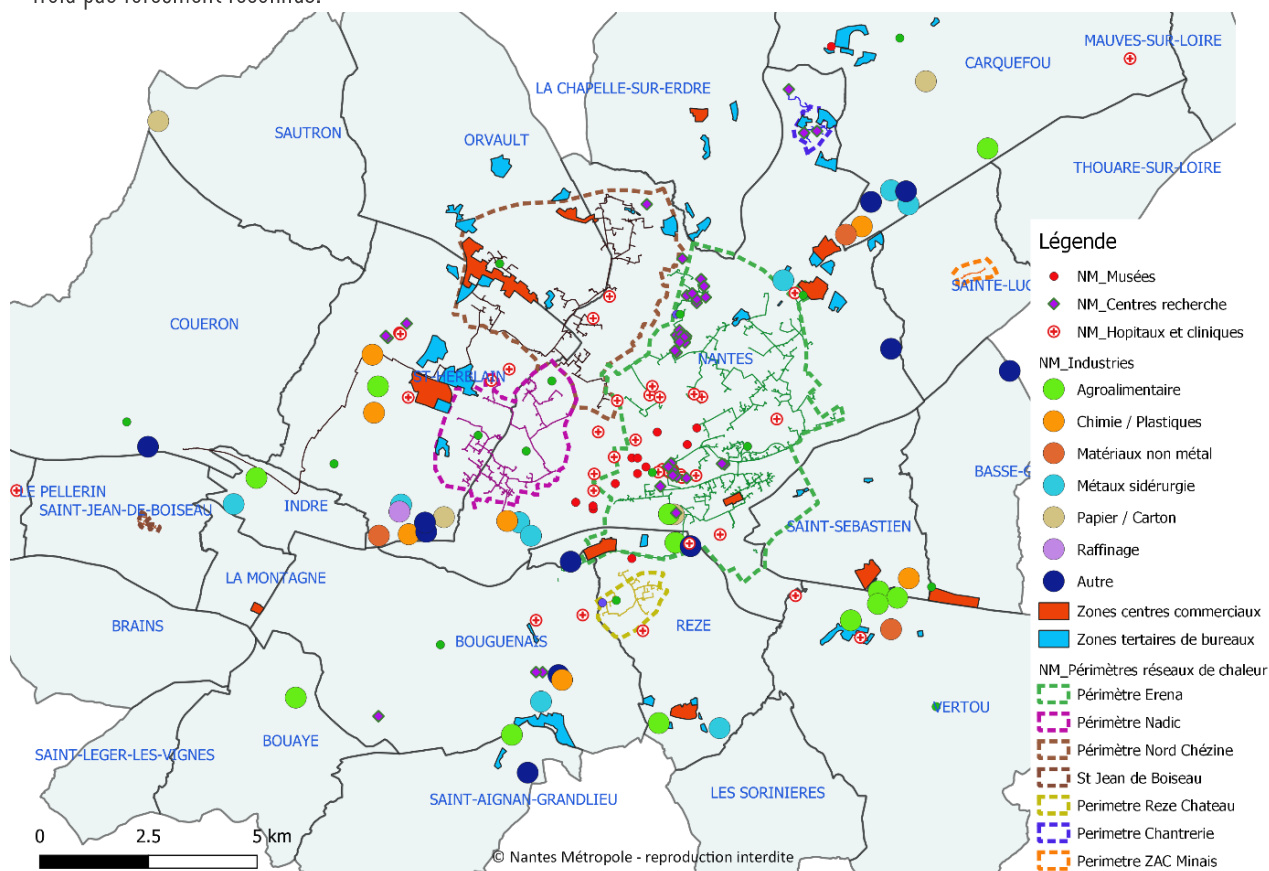
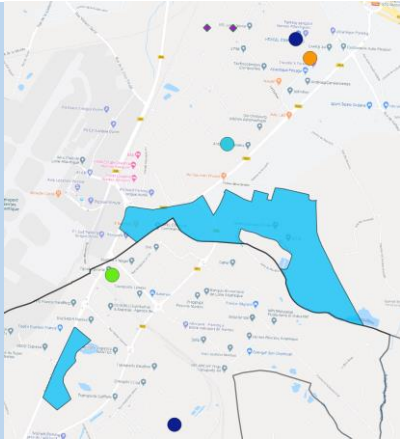
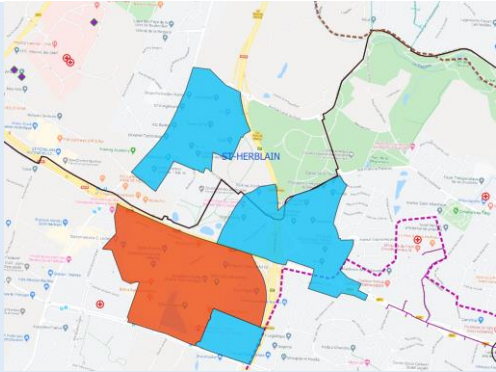
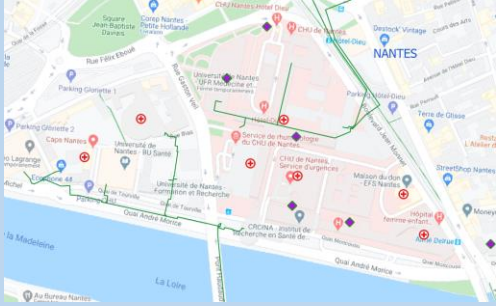


Figure 22 : Carte des bâtiments présentant pour la plupart, des besoins en froid spécifiques, selon l'ADEME

Cette carte permet d'identifier les principales zones avec un potentiel de développement des réseaux de froid, qui sont :

Zone	Bâtiments avec des besoins spécifiques de froid	Autres bâtiments avec des besoins de froid	Carte
PARIDIS	Clinique Centre commercial	Zone tertiaire de bureaux	
NORD VERTOÛ / SUD SAINT SEBASTIEN	Centre Hospitalier Centres commerciaux Industries	Zones tertiaires de bureaux	



<b>AEROPORT BOUGUENAIS</b>	Industries Centres de recherche	Zones tertiaires de bureaux	
<b>ZAC ARMOR et ATLANTIS</b>	Centres de recherche CHU et cliniques Centres commerciaux	Zones tertiaires de bureaux	
<b>HOTEL DIEU</b>	CHU (prévu de déménager) et Institut de Cancérologie de l'Ouest Centres de recherche		

Parmi ces zones, certaines peuvent faire l'objet d'une création d'un réseau de chaleur mixte chaud/froid comme l'Aéroport de Bouguenais ou encore le Nord de Vertou.

Les autres zones se situent déjà à l'intérieur ou à proximité d'un réseau existant et pourraient être alimentées en froid par le réseau de chaleur (PAC à absorption ou adsorption), éventuellement avec mise en place d'un réseau de froid local.

**NOTA :** le Marché d'Intérêt National situé au Sud de Rezé a également été abordé dans l'étude mais les installations de production de froid sont récentes.



## 2.3 Etat des lieux des sources de chaleur à proximité des réseaux

### 2.3.1 Le contexte et les attentes de Nantes Métropole

---

#### 2.3.1.1 Contexte général

---

Dans le cadre du présent schéma directeur des réseaux de chaleur, un état des lieux des sources de chaleur sur le territoire de Nantes Métropole est réalisé dans le but de :

- Mutualiser les équipements existants, en envisageant des interconnexions entre les réseaux de chaleur,
- Améliorer la valorisation des EnR&R, en utilisant des sources d'énergie déjà existantes.

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

Le premier volet de ce guide vise à réduire les consommations énergétiques grâce à la sobriété et l'efficacité énergétique :

- La sobriété énergétique correspond à la suppression ou la limitation des consommations d'énergie superflues par un meilleur usage du bâtiment et de ses équipements,
- L'efficacité énergétique désigne les technologies et pratiques permettant de diminuer la consommation d'énergie tout en maintenant un niveau de service équivalent. Elle s'applique aux équipements et à l'enveloppe du bâtiment.

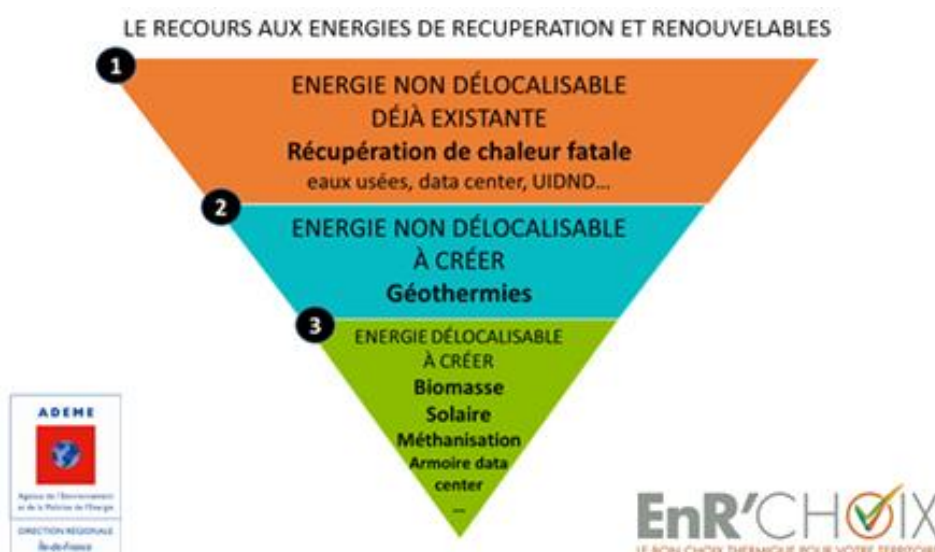
Le deuxième volet consiste à mutualiser les besoins via le développement des réseaux de chaleur. La stratégie développée vise à mettre en commun les ressources, en mettant l'accent sur :

- La diminution globale des besoins des bâtiments,
- L'interconnexion des réseaux de chaleur pour mutualiser les installations,
- L'augmentation de la part des EnR&R dans le bouquet énergétique,
- L'augmentation du nombre de bâtiments ayant recours aux réseaux de chaleur.

Le troisième volet correspond à l'optimisation du choix de la source de chaleur en vue d'alimenter un réseau de chaleur, en favorisant les énergies locales et non délocalisables. Cela consiste à prioriser les ENR&R de la façon suivante :

- Valoriser les énergies de récupération et favoriser la génération de ces énergies en commun sur le territoire (chaleur fatale)
- Encourager le développement et l'exploitation durable des géothermies
- Assurer une utilisation plus cohérente de la biomasse énergie sur le territoire avec des systèmes de dépollution performants





La suite de cette partie présentera l'état des lieux des sources EnR&R du territoire de Nantes Métropole, en priorisant les ressources suivant le schéma ci-dessus, et en fonction des objectifs de Nantes Métropole.

### 2.3.1.2 Les enjeux et les objectifs de Nantes Métropole

Nantes Métropole a des ambitions fortes en matière de développement des énergies renouvelables et de récupération dans tous les secteurs :

- L'énergie thermique pour le chauffage, l'ECS et la climatisation
- L'énergie thermique pour les process industriels
- Le gaz utilisé pour d'autres usages
- L'électricité tous secteurs confondus
- Le transport

Les réseaux de chaleur (énergie thermique) sont un vecteur important pour le développement des ENR&R, avec une multitude de ressources disponibles. Le développement des ENR&R dans le secteur des transports est plus difficile à mettre en œuvre.

Nantes Métropole base donc sa stratégie de développement des ENR&R sur les principes suivants :

- Les réseaux de chaleur doivent être alimentés autant que possible par des ENR&R,
- L'électricité verte et le biogaz doivent être utilisés prioritairement pour le verdissement des réseaux de Gaz et d'Electricité. Les réseaux de chaleur ne doivent pas concurrencer le développement des ENR&R dans les autres secteurs, celui des transports notamment.

*Ainsi, les ENR&R à privilégier pour alimenter les réseaux de chaleur sont :*

*1- La chaleur fatale, 2- Les géothermies, 3- La biomasse, 4- Le solaire thermique.*

*Le biogaz et l'électricité d'origine renouvelable produits sur le territoire seront utilisés en priorité pour les autres secteurs.*





### 2.3.1.3 La stratégie de valorisation de la chaleur fatale sur le territoire de Nantes Métropole

---

La récupération de chaleur fatale doit s'inscrire dans une démarche cohérente à travers les axes suivants :

1. Réduire le besoin de chaleur et la consommation de combustibles,
2. Valoriser la chaleur fatale en interne,
3. Valoriser la chaleur fatale en externe.

Dans le cadre du schéma directeur des réseaux de chaleur, seule la valorisation de chaleur en externe, sous forme de chaleur, est étudiée.

Pour valoriser en externe la chaleur fatale, sous forme de chaleur, plusieurs critères doivent être analysés :

- La source de chaleur fatale doit être à proximité d'un réseau de chaleur ou d'un utilisateur potentiel,
- Le niveau thermique du rejet doit être adapté au besoin de l'utilisateur potentiel ou bien du réseau de chaleur à proximité (cf. partie précédente).

Dans une étude sur la chaleur fatale réalisée en 2017, l'ADEME a identifié le gisement suivant quatre cibles :

- Les UIOM,
- Les Data Centers,
- Les STEP,
- Les industries.







## 2.3.2 La chaleur fatale

### 2.3.2.1 Contexte et principe

En France, l'industrie est le 3<sup>ème</sup> secteur consommateur d'énergie après le secteur Résidentiel et le Transport. Les combustibles, essentiellement importés et d'origine fossile (ENR&R  $\approx$  6% suivant l'ADEME), représentent la principale énergie pour la production de chaleur dans l'industrie.

La chaleur fatale correspond à la chaleur générée lors du fonctionnement d'un procédé qui n'en constitue pas la finalité première, et qui n'est pas récupérée.

**NOTA : la chaleur issue de la cogénération gaz n'est pas considérée comme une chaleur de récupération car son but premier est de produire simultanément de la chaleur et de l'électricité à partir de combustibles.**

#### PROVENANCE DE LA CHALEUR FATALE

La chaleur fatale peut être issue :

- De sites industriels : raffineries, agro-alimentaire, métallurgie, industrie automobile, production d'électricité...
- De Stations d'Épuration des Eaux Usées (STEP) et réseaux d'assainissement,
- D'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM),
- De Data Centers,
- D'Hôpitaux,
- D'autres sites tertiaires...

#### LES ENJEUX DE RECUPERATION DE LA CHALEUR FATALE A L'ECHELLE DU TERRITOIRE

Au niveau du territoire de Nantes Métropole, les enjeux de la récupération de la chaleur fatale sont multiples :

- Créer une synergie économique et environnementale avec le tissu industriel. Il s'agit dans notre cas de créer des synergies de substitution de ressources avec des échanges de flux de matières et d'énergie entre structures : des déchets, sous-produits, effluents ou énergies pour se substituer aux flux habituellement utilisés.
- Répondre à un besoin en chaleur d'un bassin de population.
- Limiter les Gaz à Effet de Serre et contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique, notamment dans le cadre du Plan Climat Energie Territorial (PCAET) de Nantes Métropole, en valorisant au mieux les énergies utilisées.





## LES ORIGINES ET CARACTERISTIQUES DE LA CHALEUR FATALE

La chaleur fatale est caractérisée suivant 2 aspects : sa forme et sa température.

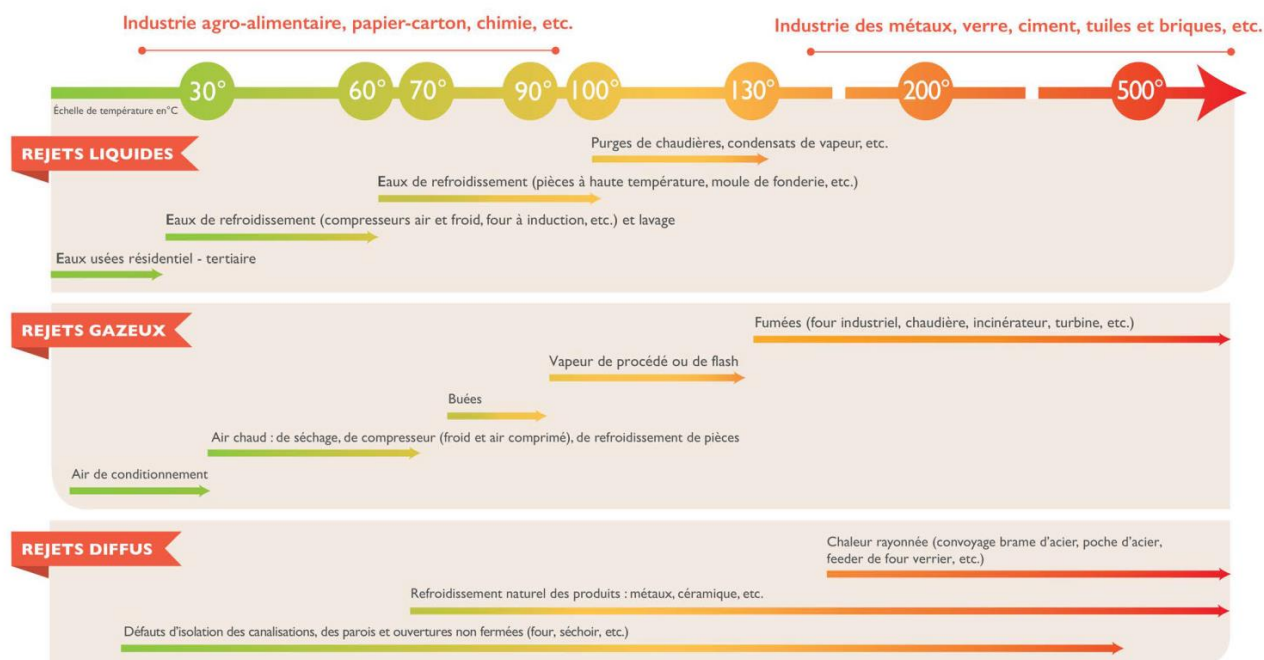


Figure 23 : Graphique représentant les secteurs origines et les caractéristiques des rejets thermiques, données à titre indicatif [Source : ADEME]

- Les différentes formes de chaleur fatale :

Les rejets de chaleur fatale peuvent être gazeux, liquides ou diffus. Le captage de ces rejets est plus ou moins facile : les rejets liquides sont les plus faciles à capter alors que les rejets diffus sont logiquement les plus difficiles à capter.

- Le niveau de température de la chaleur fatale :

La température de la chaleur fatale est une caractéristique essentielle de la stratégie de valorisation à mettre en œuvre. Dans la pratique, les niveaux de températures varient entre 20°C (eaux usées) et 500°C (gaz de combustion).

## LA VALORISATION DE LA CHALEUR FATALE

La chaleur fatale peut être valorisée sous deux formes :

- La chaleur :

Cette chaleur peut être utilisée pour répondre à des besoins internes à l'entreprise ou bien pour répondre à des besoins d'autres entreprises ou bâtiments situés à proximité (possiblement via un réseau de chaleur urbain).

- L'électricité :

La chaleur peut également être utilisée pour produire de l'électricité pour répondre à des besoins internes ou bien des besoins collectifs externes. Il faut alors des besoins très haute température, qui peuvent ensuite être valorisés en chaleur (exemple des incinérateurs de déchets avec Groupe Turbo-Alternateur et valorisation sur réseau de chaleur).



Les niveaux de températures requis pour ces deux formes de valorisation sont différents : la température requise pour produire de l'électricité doit être supérieure à 150°C alors que celle utilisée pour alimenter un réseau de chaleur est inférieure. Ces deux formes de valorisation sont complémentaires.

## ➔ Valorisation

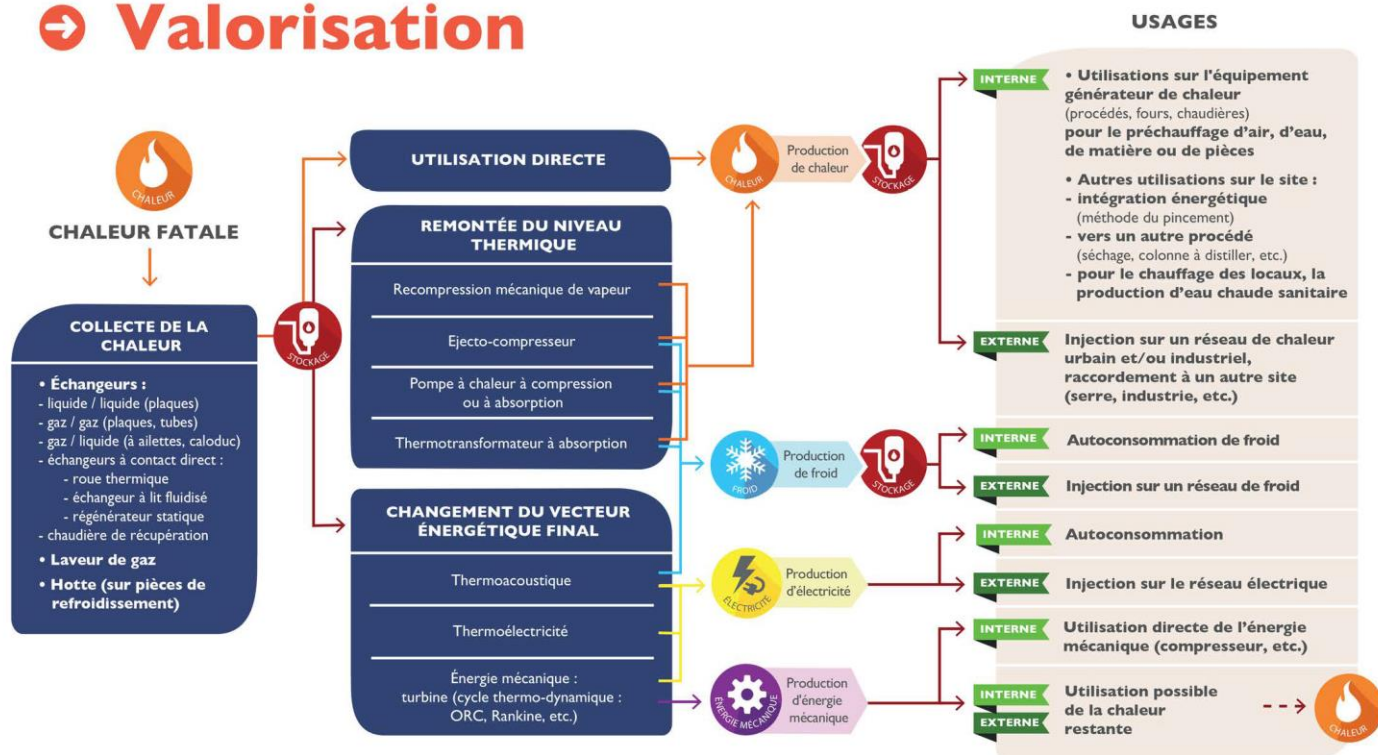


Figure 24 : Schéma des différents principes de valorisation de la Chaleur Fatale et des technologies utilisés [Source : ADEME]

Pour pallier une éventuelle discontinuité de la ressource de chaleur fatale et pouvoir la valoriser de façon optimale, un système de stockage de chaleur (voir partie 2.3.2 Le stockage thermique) peut être mis en place.

### LA VALORISATION DU GISEMENT SUR UN RESEAU DE CHALEUR

La chaleur fatale sera valorisée de différente manière suivant sa température. Trois régimes de températures sont distingués pour la valorisation des gisements de chaleur.

#### Les gisements de chaleur supérieurs à 90°C :

Tous les réseaux de chaleur de Nantes Métropole fonctionnent des régimes de températures proches de 90°C en eau chaude basse pression. Par conséquent, tout gisement de température supérieure à 90°C peut être valorisé sur les réseaux de chaleurs, sans élévation de température. Parmi les sources de chaleur fatale supérieures à 90°C, il existe :

- Rejets liquides : purges de chaudières, condensats de vapeur...
- Rejets gazeux : vapeur de procédé ou de flash, fumées généralement supérieures à 150°C (fours industriels, chaudières, incinérateur, turbines...)





### Les gisements de chaleur entre 70°C et 90°C :

Pour exploiter des gisements de chaleur fatale compris entre 70°C et 90°C deux solutions sont envisageables :

- Créer une boucle chaude locale (type sous-station intermédiaire) permettant d'abaisser la température sur un périmètre restreint d'un réseau de chaleur, où les émetteurs sont compatibles avec des régimes basse température. Ce système permet à la fois de valoriser la chaleur fatale et de réduire la température de retour du réseau en chaufferie principale.
- Utiliser une pompe à chaleur haute température pour élever la température du gisement de chaleur fatale à une température proche de celle du réseau de chaleur existant et adaptée aux besoins des bâtiments. Cette solution est d'autant plus pertinente que l'écart de température à combler est faible.

Parmi les sources de chaleur fatale basse température, il existe :

- Rejets liquides : eaux de refroidissement de pièces haute température, moules de fonderie...
- Rejets gazeux : Buées

### Les gisements de chaleur inférieurs à 60°C :

Les gisements de chaleur dont la température est inférieure à 60°C peuvent être valorisés de deux manières :

- Via une boucle d'eau tempérée. Un réseau unique achemine de l'eau à très basse température jusqu'à des pompes à chaleur eau/eau décentralisées, généralement en pied de bâtiments ou d'îlots, qui élèvent ou abaisse la température pour répondre aux besoins de chauffage, d'eau chaude sanitaire et éventuellement de froid des bâtiments, parfois simultanément.
- Via un réseau de chaleur basse température, dont la température des gisements de chaleur a été relevée grâce à un système de pompe à chaleur en centrale de production. La chaleur élevée en température alimente ensuite un réseau de chaleur de type basse température.

Les sources de chaleur fatale très basse température sont multiples :

- Rejets liquides : eaux de refroidissement des compresseurs et fours à induction, eaux de lavage, eaux usées.
- Rejets gazeux : air de conditionnement, air chaud de séchage, de compresseurs (froid et air comprimé) et de refroidissement de pièces.



### 2.3.2.2 Les UIOM

Nantes Métropole a sur son territoire, deux Centres Techniques de Valorisation des Déchets :

- Le CTVD ARC-EN-CIEL, situé sur la Cité Naval à Couëron,
- Le CTVD ALCEA, situé rue de l'Etier à Nantes.

Sur ces installations de valorisation énergétique des déchets, un enjeu majeur dans les années à venir est l'augmentation de la TGAP (Taxe Générale sur les Activités Polluantes) prévue par le projet de loi finance 2019 et confirmé en 2020, qui évoluera au cours des années à venir. Cette TGAP est fortement diminuée en fonction :

- Du taux de valorisation énergétique de l'installation
- Des émissions de NOx ou du système de management de l'énergie mis en œuvre

Sécuriser une valorisation énergétique de plus de 65 ou 70% est donc un des enjeux majeurs pour ces installations, les réseaux de chaleur étant le principal moyen de valorisation (avec la production d'électricité, qui présente un moins bon rendement mais une moindre saisonnalité).

Désignation des installations de traitement thermique de déchets non dangereux concernées	Unité de perception	Quotité (en euros)						
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	A partir de 2025
Installations non autorisées	tonne	125	125	130	132	133	134	135
A. – Installations autorisées dont le système de management de l'énergie a été certifié conforme à la norme internationale ISO 50001 par un organisme accrédité	tonne	12	12	17	18	20	22	25
B. – Installations autorisées dont les valeurs d'émission de NOx sont inférieures à 80 mg/Nm3	tonne	12	12	17	18	20	22	25
C. – Installations autorisées réalisant une valorisation énergétique élevée dont le rendement énergétique est supérieur ou égal à 0,65	tonne	9	9	14	14	14	14	15
D. – Installations relevant à la fois des A et B	tonne	9	9	14	14	17	20	25
E. – Installations relevant à la fois des A et C	tonne	6	6	11	12	13	14	15
F. – Installations relevant à la fois des B et C	tonne	5	5	10	11	12	14	15
G. – Installations relevant à la fois des A, B et C	tonne	3	3	8	11	12	14	15
H. – Installations autorisées dont le rendement énergétique est supérieur ou égal à 0,70 et réalisant une valorisation énergétique des résidus à haut pouvoir calorifique qui sont issus des opérations de tri performantes	tonne	–	–	4	5,5	6	7	7,5
I. – Autres installations autorisées	tonne	15	15	20	22	23	24	25

Figure 25. Tableau des coûts unitaires de TGAP en fonction de l'installation. Source : PLF 2019.





## CTVD ARC-EN-CIEL

Le contrat de DSP pour l'exploitation du CTVD a été renouvelé en 2019, pour une durée de 15 ans, il arrive à échéance en 2034. La société Arc-en-Ciel 2034, filiale dédiée de Veolia, est le titulaire de ce nouveau contrat.

Le CTVD est actuellement en fonctionnement mais fait l'objet de travaux de modernisation importants de la valorisation énergétique, qui seront mis en service prochainement (courant 2020). Au total, il est prévu le traitement d'environ 100 000 tonnes de déchets par an.

Les déchets ont un pouvoir calorifique important (environ 2 750 kWh/tonne) et le processus d'incinération des déchets dégage de la chaleur. L'énergie de combustion des déchets sert à la production de vapeur d'eau. Cette énergie est ensuite en partie valorisée en électricité via une turbine et la vapeur en sortie de turbine est ensuite utilisée pour la consommation interne de chaleur et pour alimenter le réseau de chaleur de Nord Chézine.

La chaleur produite par les fours est valorisée selon les ordres de priorité suivants :

- 1- Auto consommation de chaleur par l'usine,
- 2- Auto consommation d'électricité par l'usine,
- 3- Vente de chaleur au réseau de chaleur urbain Nord Chézine,
- 4- Vente d'électricité sur le réseau français,
- 5- Autres usages, dont vente d'énergie (vapeur) à ArcelorMittal, usine située à proximité du CTVD.

Le processus de valorisation de la chaleur des fours sur le réseau de chaleur Nord Chézine est présenté sur le synoptique ci-après.

## ANNEXE B : LIMITES DES INSTALLATIONS

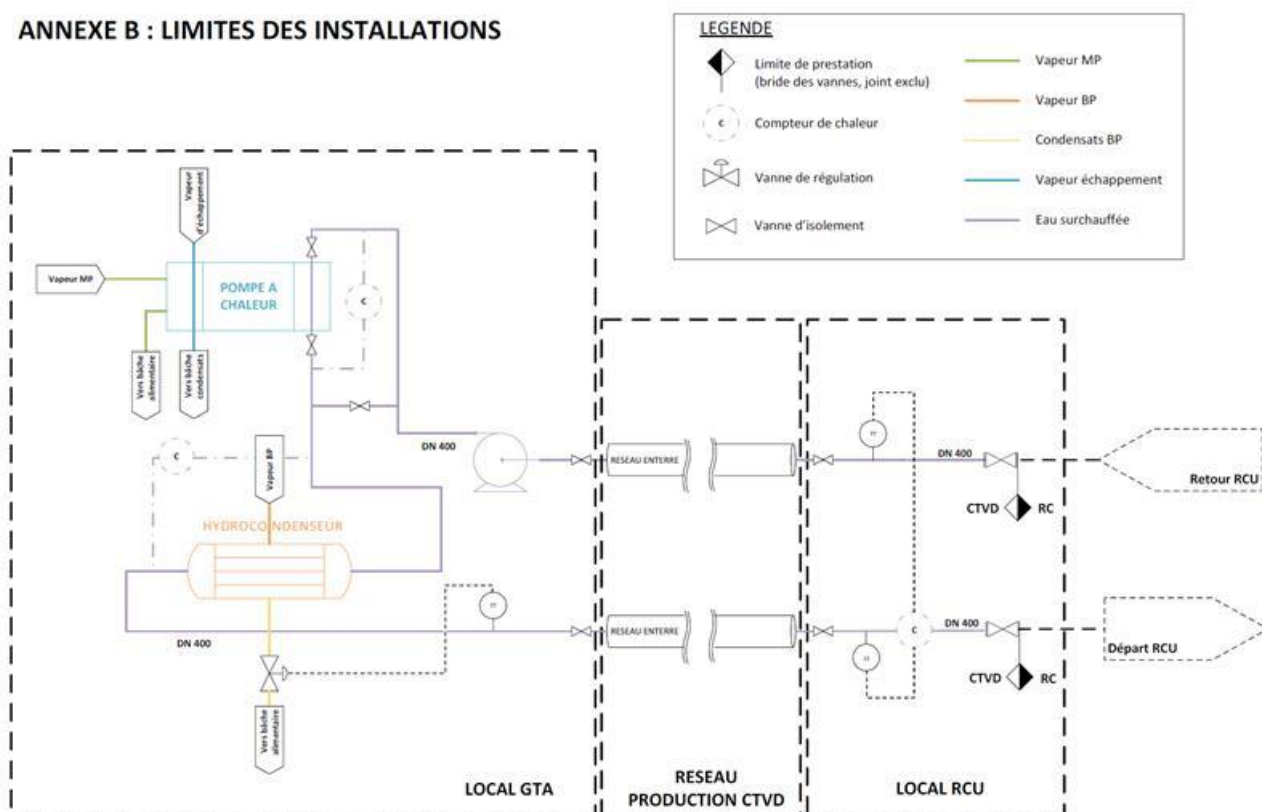


Figure 26 : Synoptique simplifié de valorisation et de dissipation de l'énergie produite par les fours du CTVD Arc-en-Ciel [Annexe convention de Vente de Chaleur]







Une convention de vente de chaleur a été signée entre Nantes Métropole, Arc-en-Ciel 2034 et la société NOVAE, le délégataire du réseau de chaleur de Nord Chézine. Ce contrat prévoit la mise à disposition d'une **puissance thermique de 19,2 MW<sub>th</sub> continue** par le CTVD au réseau de chaleur. En échange, la société NOVAE s'engage à prélever une quantité de chaleur annuelle de :

- 75 000 MWh si DJU > 2100,
- 65 000 MWh si DJU < 1700.

Une formule permet de calculer l'enlèvement de chaleur entre les 2 rigueurs présentées. Cette chaleur, distribuée à une température de 110°C sert à fournir une partie des besoins énergétiques des abonnés du réseau Nord Chézine.

Après échanges avec la Direction des Déchets de Nantes Métropole, il apparaît que le potentiel de valorisation de chaleur supplémentaire est faible (uniquement lié à la saisonnalité) sans gros travaux structurants, qui ne sont pas prévus dans la DSP.

Néanmoins, il est actuellement prévu que le CTVD livre de la chaleur au site ArcelorMittal situé à proximité du CTVD jusqu'en 2022. Passé cette date, une nouvelle unité de cogénération biomasse, implantée à proximité du CTVD, devra fournir les besoins de chaleur d'ArcelorMittal (cf. §2.3.2.3 Le Projet CRE de VEOLIA).

Par conséquent, il est possible que le potentiel de valorisation de chaleur fatale augmente légèrement. D'après le compte d'exploitation prévisionnel du CTVD, un potentiel d'environ 35 GWh supplémentaires (saisonnalité non connue, production de 6 GWh<sub>élec</sub> supplémentaire) pourrait être disponible à partir de 2023 si la convention de vente de chaleur avec ArcelorMittal n'est pas reconduite ou dans d'autres conditions (voir §2.3.2.3 Le Projet CRE de VEOLIA).



## CTVD Prairie de Mauves

Avant 2024

Le contrat de DSP pour l'exploitation du CTVD arrive à échéance fin 2024. La société ALCEA, filiale de Sèche-Environnement, est le titulaire de ce contrat.

Le CTVD ALCEA traite actuellement environ 140 000 tonnes de déchets par an. Comme pour le CTVD Arc-en-Ciel (voir ci-avant), le processus d'incinération des déchets dégage de la chaleur qui est valorisée selon les formes suivantes, par ordre de priorité :

1. Autoconsommation de chaleur,
2. Vente de chaleur au réseau Centre Loire.

Une machine ORC est également présente sur le site et permet de produire de l'électricité à partir de la chaleur récupérée sur les fours.

Le processus de valorisation de la chaleur des fours sur le réseau de chaleur Centre Loire est présenté sur le synoptique ci-après.

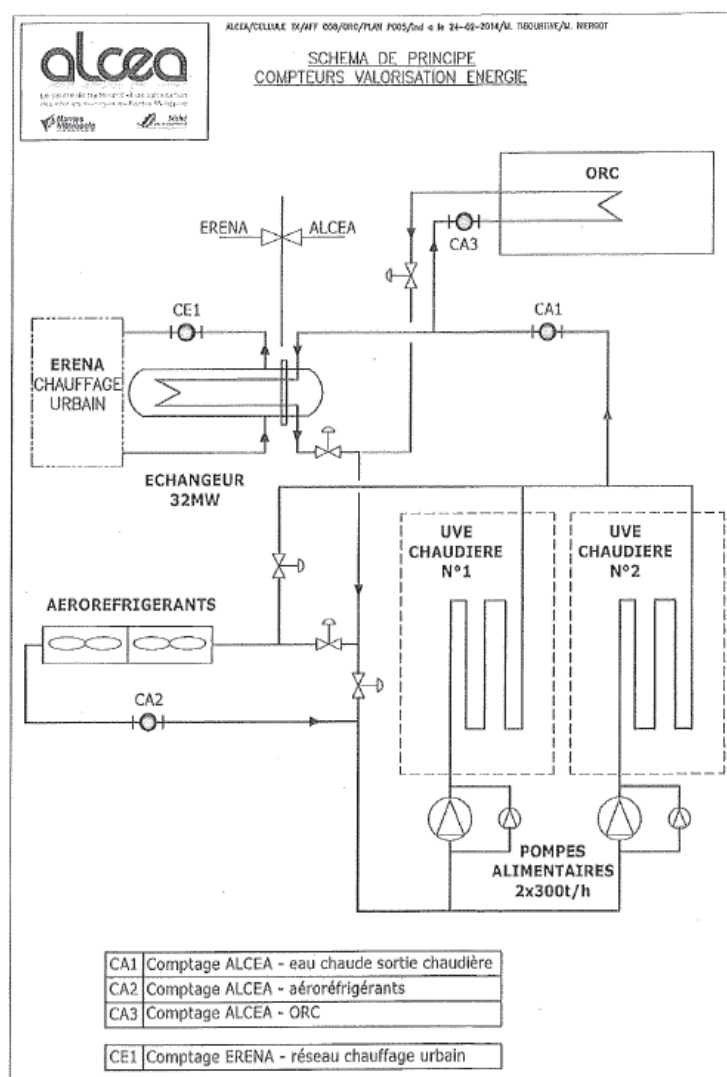


Figure 27 : schéma de principe de la valorisation de la chaleur du CTVD ALCEA sur le réseau de chaleur Centre Loire

Un échangeur de chaleur de 32 MW, installé sur le site du CTVD, permet de transférer la chaleur des fours au réseau, chaleur qui est ensuite transportée jusqu'à la centrale de production de chaleur Malakoff, via un réseau haute pression en eau surchauffée. La chaleur qui transite entre le CTVD et la chaufferie Malakoff a une température de 170°C. Trois échangeurs HP/BP, situés dans la chaufferie de Malakoff, permettent de transférer la chaleur au réseau de distribution de Centre Loire, à une température de 105°C maximum.

Une convention de vente de chaleur a été signée entre ALCEA et ERENA, le délégataire du réseau de chaleur Centre Loire. Ce contrat prévoit la mise à disposition d'une puissance thermique de 30 MW en hiver et de 15 MW thermique en été, par ALCEA au réseau de chaleur. En échange, la ERENA s'engage à prélever une quantité de chaleur annuelle de :

- 170 GWh en 2018/2019 pour 1 872 DJU,
- 175 GWh à partir de 2020 pour 1 872 DJU.

Ces engagements sont révisés en fonction de la rigueur climatique.

Jusqu'au terme de ce contrat (fin 2024), l'exploitant ERENA prévoit de prélever la quantité de chaleur suivante au CTVD :

	Convention actuelle (2020)	Avant 2024
Puissance contractuelle hiver	30 MW	30 MW
Puissance contractuelle été	15 MW	15 MW
Consommation annuelle take or pay	175 GWh	175 GWh
Consommation annuelle prévisionnelle ERENA pour 1 872 DJU	184 GWh	192 GWh
Dont chaleur hiver	155 GWh	162 GWh
Dont chaleur été	29 GWh	30 GWh
Période été	1 <sup>er</sup> Juin au 30 Septembre	

Selon les prévisions d'ERENA, les besoins de puissance resteront identiques jusqu'au terme du contrat d'exploitation du CTVD et la quantité de chaleur prélevée au CTVD augmentera légèrement (+4%).

#### A partir de 2025

La Direction des déchets de Nantes Métropole travaille actuellement au renouvellement du contrat d'exploitation du CTVD. Une étude de programmation est actuellement en cours afin d'identifier tous les besoins pour le futur contrat d'exploitation.

Parmi ces besoins, la quantité de chaleur à prélever sur le CTVD, à partir de 2025 et jusqu'à 2030 ou 2035 est une donnée essentielle car elle est structurante à plusieurs niveaux :

- Sur le choix des technologies d'incinération des déchets et de valorisation de la chaleur ;
- Sur la quantité de déchets à incinérer (des partenariats avec d'autres collectivités de Loire-Atlantique étant envisagés).

A ce stade du projet, le potentiel de valorisation de chaleur fatale sur le CTVD n'est pas encore connu et dépendra en partie du potentiel de valorisation de cette chaleur sur les réseaux de chaleur de Nantes Métropole. Les 2 études devront s'alimenter.





### 2.3.2.3 Le projet CRE de VEOLIA

---

L'entreprise VEOLIA a remporté un appel à projet de la CRE (commission de régulation de l'énergie) pour la réalisation d'une unité de cogénération biomasse utilisant du bois de Classe B à proximité du CTVD de Couëron (Arc-en-Ciel).

Le projet consiste à mettre en place une centrale de production vapeur d'une capacité de 42 MW alimentée par de la biomasse classe B : environ 80 Kt/an de bois en fin de vie et refus de criblage de compost plus 7,5 Kt/an de déchets de pulpeurs. Un alternateur de 9,6 MW<sub>dec</sub> servira à produire de l'électricité.

La chaleur restante après production d'électricité, sous forme d'eau chaude et de vapeur est estimée à 190 GWh/an :

- Elle servira à alimenter le site d'ArcelorMittal, à hauteur de 142 GWh par an.
- Le surplus de production, estimé à 48 GWh (disponibilité continue sur 8 000 h de **6 MW<sub>th</sub> de puissance**) par an, pourrait être utilisé pour fournir de la chaleur à un réseau de chaleur de Nantes Métropole.

La mise en service de la centrale de production est prévue pour 2022.

La disponibilité de puissance minimale pour les réseaux de chaleur de Nantes Métropole serait de 6 MW<sub>th</sub> mais pourrait évoluer en fonction des consommations du site d'ArcelorMittal, inconnue à ce jour.



### 2.3.2.4 Les Data Centers

Ces bâtiments sont des gros consommateurs d'énergie puisqu'approximativement 2,5 kW/m<sup>2</sup> sont nécessaires à leur bon fonctionnement. A titre de comparaison, un Data Center aussi grand qu'un terrain de football consommerait autant d'électricité qu'une ville de 60 000 habitants.

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

Les températures de rejets sont, en fonction de la technologie du Data Center, comprises entre 35°C (pour les plus anciens Data Center) et 60°C (pour les plus récents). Couplés à une pompe à chaleur, ces rejets peuvent permettre d'alimenter un réseau jusqu'à 75/80°C.

#### LES DATA CENTERS PRESENTS A NANTES METROPOLE

Selon Xerfi<sup>10</sup>, en 2018, la région Pays de la Loire comptait 12 Data Centers. Parmi ces 12, 3 ont été identifiés sur le territoire de Nantes Métropole.

La société OxYa a inauguré son nouveau Data Center en Février 2018, dans la rue des imprimeurs à Couëron. D'une surface totale de 1 000 m<sup>2</sup>, il est composé d'un groupe froid de 1,2 MW servant à refroidir les salles informatiques.

La société ETIX EVERYWHERE dispose également de deux autres Data Centers sur le territoire de Nantes Métropole :

- Le premier situé sur la ZAC ARMOR à Saint-Herblain,
- Le second situé à l'Est de la Métropole (position précise non connue).

Les caractéristiques de la chaleur récupérable sur ces Data Centers ne sont cependant pas connues mais elle pourrait être utilisée en cas de besoins. Le potentiel de récupération de chaleur des Datacenters sera approfondi en phase 2.

<sup>10</sup> <https://www.xerfi.com/presentationetude/Les-hebergeurs-et-gestionnaires-de-data-centers-a-l-horizon-2020> 8SAE39



### 2.3.2.5 La récupération sur eaux usées, eaux grises et les stations d'épuration

Les eaux usées sont des eaux polluées (effluents) constituées de toutes les eaux susceptibles de contaminer le milieu dans lequel elles seraient déversées ; elles sont issues de l'utilisation anthropique (artisanale, agricole, industrielle...). La température de ces eaux est relativement constante (entre 12 et 20°C) sur l'ensemble de l'année.

On parle d'eaux « grises » pour des eaux peu polluées d'origine domestique résultant de douches, de lavage de mains, de vaisselles ou les eaux pluviales. On parle d'eaux « noires » lorsque les matières qu'elles contiennent sont des substances plus polluantes.

#### LA RECUPERATION DE CHALEUR SUR EAUX GRISES

La récupération de chaleur sur eaux grises a lieu généralement à l'échelle d'un bâtiment, pour la production d'ECS.

Les eaux grises collectées dans des cuves sont utilisées comme source froide de pompes à chaleur assurant seules ou avec un appoint le réchauffage de ballons d'ECS.

Ces eaux grises sont filtrées en amont par un système autonettoyant ou bien au sein d'une cuve par un filtre décanteur. Les volumes de stockage des eaux grises et d'ECS sont relativement importants.

Un calorifugeage des réseaux d'évacuation est également nécessaire afin d'obtenir une température de source froide la plus élevée possible.

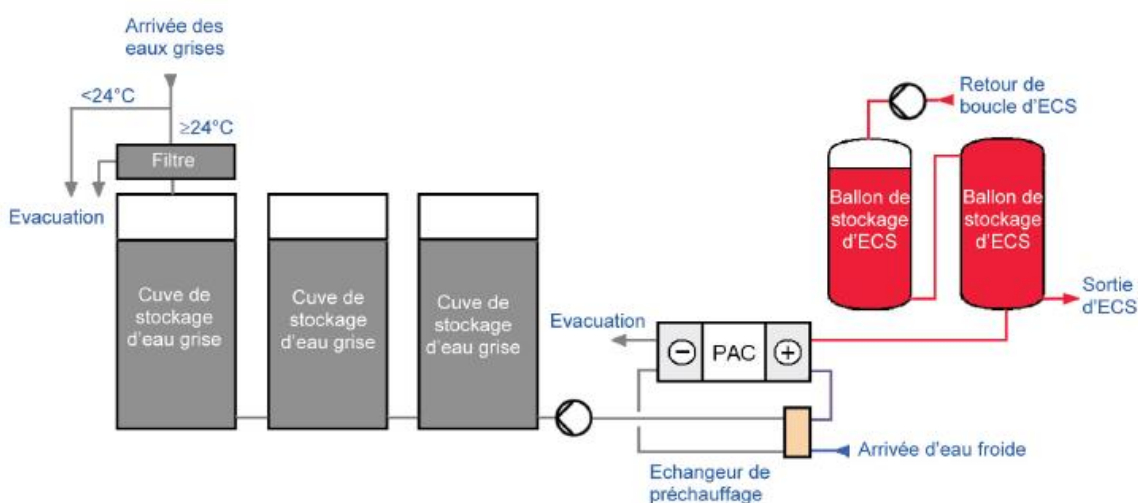


Figure 28 : Schéma de principe d'un système de récupération de chaleur sur les eaux grises pour la production d'ECS [Source RAGE]

Cette solution n'est donc pas adaptée pour les réseaux de chaleur.

## LA RECUPERATION DE CHALEUR SUR EAUX USEES

Nantes Métropole dispose d'un réseau de collecte des eaux usées de 1 939 km. Sur ce territoire d'étude, la récupération de chaleur sur eaux usées est possible :

- **Sur les collecteurs structurants du réseau d'assainissement :**

Plus le débit des collecteurs est élevé et meilleur sera le potentiel de récupération de chaleur. Dans les configurations de récupération sur collecteurs, une partie du débit est dévié en vue d'alimenter une pompe à chaleur qui permet de diminuer la température de ces effluents de 4 à 5°C et de remonter la température du réseau de chaleur.

Différentes technologies de récupération de chaleur sur eaux usées existent. Deux solutions sont décrites ci-après :

- **ENERGIDO® de Veolia :** Ce système dérive une partie (fonction de la puissance souhaitée et du débit minimum de fonctionnement du réseau d'assainissement) des eaux usées vers des échangeurs en surface. Les échangeurs transfèrent les calories issues des eaux usées au fluide caloporteur. Des pompes à chaleur utilisent ensuite l'énergie contenue dans le fluide caloporteur pour relever en température les retours du réseau de chaleur jusqu'à un maximum de 70°C. Le schéma de principe suivant décrit la technologie :

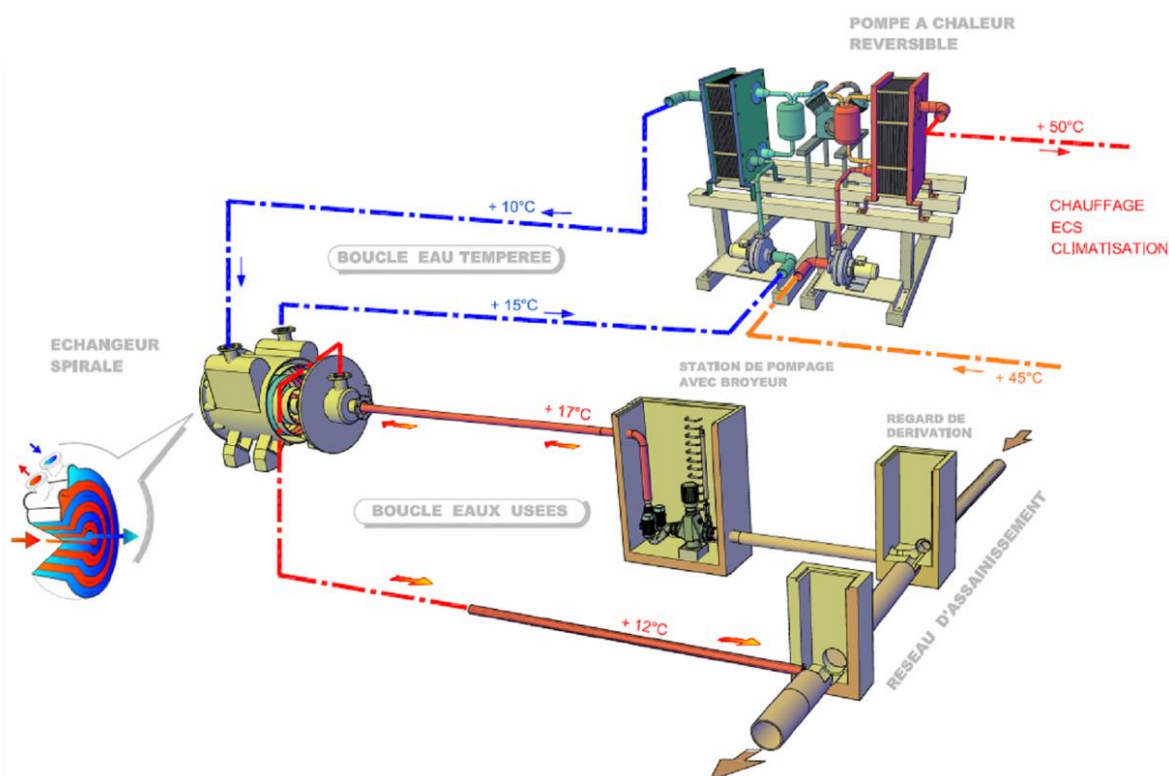


Figure 29 : Récupération de chaleur sur eaux usées. Process Energido. Source : Veolia.

- Degrés Bleus®, de Suez Environnement : un échangeur est rajouté à l'intérieur du collecteur pour en épouser la forme. Il n'y a pas besoins de dévier tout ou partie du débit, celui-ci circule normalement dans le collecteur et est refroidi au fur et à mesure de son avancement. La longueur de collecteur-échangeur à mettre en place dépend de la puissance souhaitée. Le fluide caloporteur circulant dans l'échangeur est ensuite remonté en surface pour alimenter la pompe à chaleur.

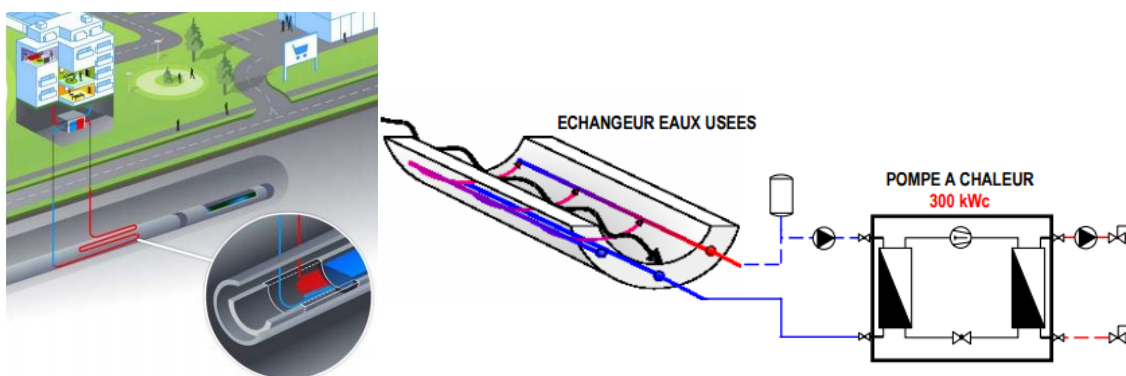


Figure 30 : Récupération de chaleur sur eaux usées. Process Degrés Bleus. Source : Suez Environnement.

La localisation des collecteurs structurants du réseau d'assainissement de Nantes Métropole et leur débit ne sont pas connus à date. Ces données seront approfondies en phase 2.

- Au niveau des stations d'épuration :

Nantes Métropole dispose de 25 sous-stations pour le traitement des eaux usées du territoire.

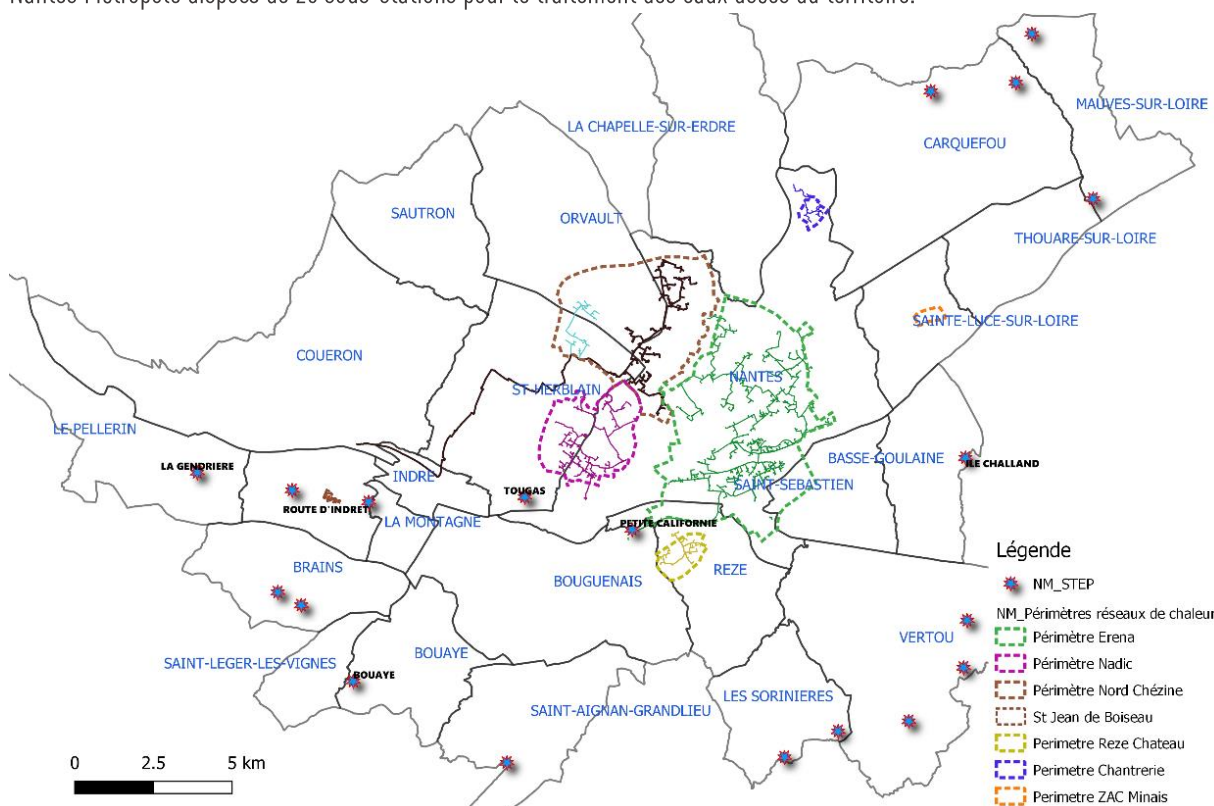


Figure 31 : Carte des stations d'épuration de Nantes Métropole



Parmi ces stations d'épuration, 9 ont une capacité nominale de plus de 2 000 équivalents-habitants avec des potentiels intéressants pour le développement des réseaux de chaleur.

Stations d'épuration	Capacités	Année de mise en service / Filière	Volumes traités en m <sup>3</sup>	Volumes traités en m <sup>3</sup> /j
Vallée de Tougas à Saint-Herblain	600 000 EH 260 000 m <sup>3</sup> /j	1998 (boues activées) Filière séchage solaire	39 854 062	109 189
Petite Californie à Rezé	180 000 EH 45 000 m <sup>3</sup> /j	2011 (biofiltration)	12 250 286	33 562
Ile Chaland à Basse-Goulaine	19 400 EH 4 230 m <sup>3</sup> /j dont 4 200 EH de matières vinicoles et de vidange	1999 (boues activées)	1 226 414	3 360
Bouaye	8 000 EH 1 200 m <sup>3</sup> /j	1999 (boues activées)	671 391	1 839
La Montagne	8 500 EH 4 000 m <sup>3</sup> /j	2009 (membranaire)	423 208	1 159
Le Pellerin	5 500 EH 1 620 m <sup>3</sup> /j	2006 (boues activées avec lits plantés de roseaux)	370 740	1 016
Mauves-sur-Loire	2 900 EH 725 m <sup>3</sup> /j	2005 (boues activées)	125 512	344
Saint-Aignan-de-Grand-Lieu	4 000 EH 600 m <sup>3</sup> /j	1999 (boues activées)	320 810	879
St-Jean de-Boiseau	4 000 EH 600 m <sup>3</sup> /j	1997 (boues activées)	276 604	758

Figure 32 : Stations d'assainissement de Nantes Métropole, d'une capacité supérieure à 2 000 Equivalent Humains [Source : Rapport annuel sur l'eau de Nantes Métropole]

Les STEP Tougas et Petite Californie sont celles qui présentent la capacité nominale la plus élevée et sont situées à proximité des réseaux de chaleur Bellevue et Centre Loire respectivement. Il existe donc un potentiel de récupération de chaleur sur ces 2 stations d'épuration :

- A basse température pour valoriser les effluents
- A plus haute température en cas de présence ou de mise en place d'un incinérateur spécifique pour les boues.

Actuellement, les boues produites par la STEP Tougas sont séchées thermiquement puis épandues (97%) ou compostées (3%). Une étude est actuellement en cours pour incinérer une partie des boues de la STEP de Tougas. Les résultats de l'étude doivent être suivis avec attention car ils permettront d'évaluer le potentiel de récupération de chaleur sur la STEP, à partir de l'incinération de ces boues.



### 2.3.2.6 La chaleur fatale des industries

Dans un rapport publié en 2017, l'ADEME a évalué l'origine du gisement de chaleur fatale français comme suit :

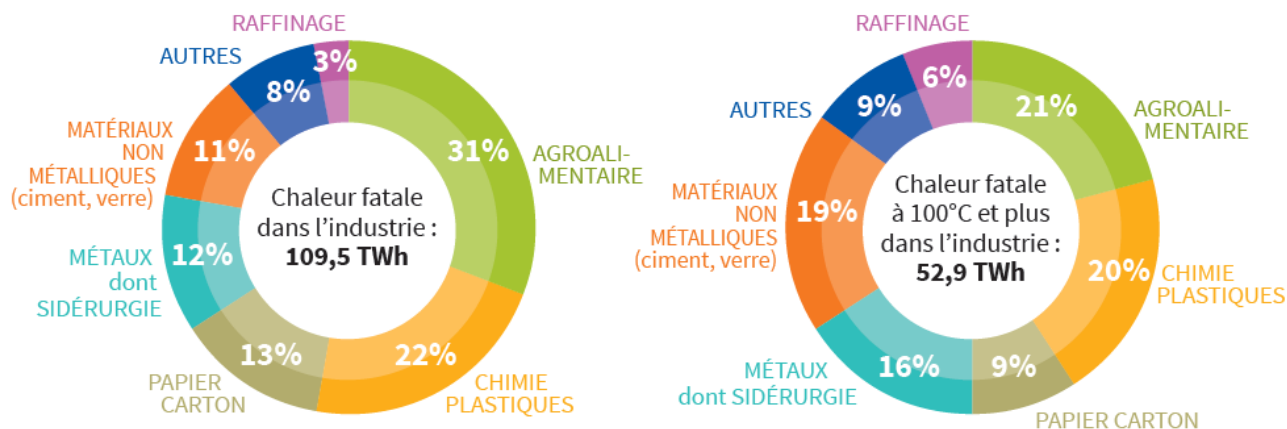


Figure 33 : Graphique présentant l'origine du gisement de chaleur fatale en France [Source : ADEME]

Cinq secteurs industriels concentrent presque 90% du potentiel de chaleur fatale. Les secteurs agroalimentaires et de la chimie couvrent plus de 50% du potentiel.

NOTA : les conditions de fonctionnement d'un site de production jouent dans le volume de la chaleur fatale disponible : les sites fonctionnant en 3 x 8 et sans arrêt le week-end présentent le potentiel le plus élevé.

## FOCUS SUR LA NOMENCLATURE ICPE

- A2770 : traitement thermique de déchets dangereux,
- A2771 : traitement thermique de déchets non dangereux,
- A2910 : installation de combustion,
- A2915 : procédés de chauffage,
- A2920 : installation de compression,
- A2921 : refroidissement évaporatif par dispersion d'eau dans un flux d'air,
- A2971 : installation de production de chaleur ou d'électricité à partir de combustibles solides de récupération,
- A3110 : combustion.



Sur le territoire de Nantes Métropole, environ 35 industries des cinq secteurs présentés ci-avant sont actuellement en fonctionnement.

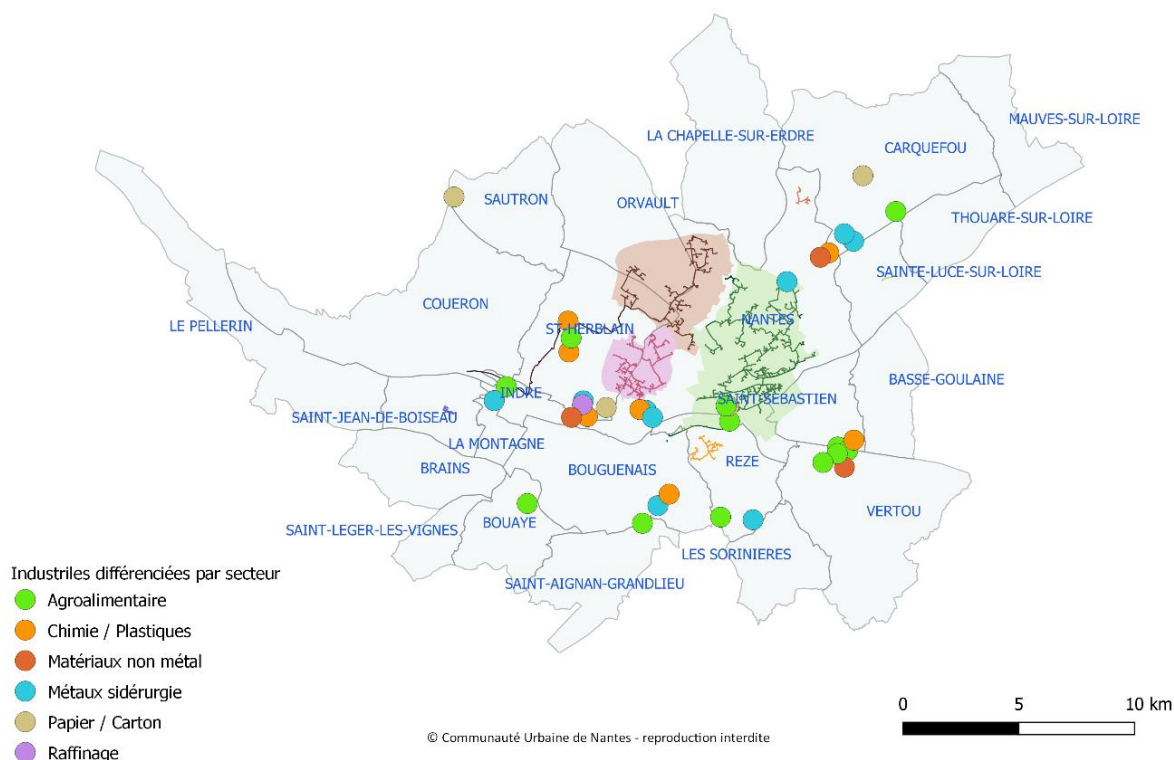


Figure 34 : Carte des principales industries du territoire de Nantes Métropole

La majorité des industries est répartie sur sept zones du territoire de Nantes Métropole :

- Le Nord de Nantes et Carquefou (Nord-Est du réseau Centre Loire)

Etablissement	Activité	ICPE	Consommations de gaz [MWh PCS]	Source chaleur fatale	Quantité de chaleur fatale
JOHNSON CONTROLS INDUSTRIES	Equipement climatisation et refroidissement	A2921	NC	NC	NC
QUO VADIS	Papeterie	NC	5 700	Récupération de chaleur sur l'air de la CTA	4 MWh/an
SAUNIER DUVAL	Fabrication de chaudière gaz	A2921	9 300	1 : Récupération sur circuit de refroidissement 2 : Récupération en sortie incinérateur COV 3 : Récupération en sortie des compresseurs d'air	1 : 536 MWh/an 2 : 79 MWh/an 3 : 365 MWh/an
TRISTONE FLOWTECH	Fabrication pièces plastique	A2915	4 330	NC	NC
FRANCE GALVA	Entreprise de galvanisation	NC	11 686	NC	NC
NATIONAL OILWELL VARCO	Fournisseur de matériel pétrolier	NC	5 958	NC	NC
SMURFIT KAPPA	Papeterie	NC	5 000	NC	NC

D'après un Diagnostic réalisé par l'ADEME, il existe un potentiel de récupération de chaleur fatale d'environ 1 GWh minimum sur cette zone. Cette chaleur fatale pourrait être exploitée pour alimenter les bâtiments de cette zone (cf. fiche zone n°38).



- Dans le Nord de Vertou et au Sud de Saint-Sébastien

Etablissement	Activité	ICPE	Consommations de gaz [MWh PCS]	Source chaleur fatale	Quantité de chaleur fatale
COVI SAS	Fabrication de plats cuisines	A2910 / A3110 / A2920 / A2921	23 613	NC	NC
EVIALIS France	Fabrication alimentation animale	A2910 / A3110 / A2920	NC	NC	NC
PAYS DE LOIRE ENROBES	Centrale d'enrobes	A2910 / A3110 / A2915	NC	NC	NC
SANDERS OUEST SAS	Fabrication alimentation animale	A2910 / A3110 / A2920	NC	NC	NC
STOROPACK France	Transformation de matières plastiques	A2910 / A3110 / A2921	10 800	NC	NC
BN United Biscuits	Fabrication de biscuits	NC	13 000	NC	NC

Il manque de données pour évaluer le potentiel de récupération de chaleur fatale sur cette zone. Un potentiel de consommations d'environ 10 GWh (hors industries) existe sur cette zone et l'éventuelle chaleur fatale pourrait être exploitée pour alimenter les bâtiments voisins (cf. fiche zone n°37).

- Zone de l'Aéroport de Bouguenais

Etablissement	Activité	ICPE	Consommations de gaz [MWh PCS]	Source chaleur fatale	Quantité de chaleur fatale
AIRBUS NANTES	Fabrication ossature aéronautique	A2910 / A3110 / A2915 / A2920 / A2921	NC	NC	NC
LES LIANTS DE L'OUEST	Bitume	A2910 / A3110 / A2915 / A2921	NC	NC	NC
TIPIAK épicerie	Fabrication de semoule	A2910 / A3110 / A2915	NC	NC	NC

La quantité de chaleur fatale de cette zone n'est pas connue. Néanmoins, les 3 plus grosses industries de cette zone possèdent des installations de combustion et de refroidissement évaporatif qui laisse penser qu'il existe un potentiel de récupération de chaleur fatale. Comme pour le secteur du Nord de Vertou, cette zone présente un potentiel de consommations d'environ 9 GWh (hors industries) et la chaleur fatale pourrait être utilisée pour alimenter ces bâtiments (cf. fiche zone n°36).



- Zone du Marché d'intérêt National

Etablissement	Activité	ICPE	Consommations de gaz [MWh PCS]	Source chaleur fatale	Quantité de chaleur fatale
FERS	Récupération déchets industriels	A2920	NC	NC	NC
Marché d'Intérêt National	Stockage alimentaire	NON	Aucune	Récupération de chaleur sur les groupes froids déjà réalisée	NC

Le potentiel de récupération de chaleur sur cette zone semble faible voir nul. Le nouveau Marché d'Intérêt National dispose déjà de systèmes de récupération de chaleur sur ses groupes froid pour le chauffage des locaux.

- Le secteur Atlantis à l'Ouest de Saint-Herblain

Etablissement	Activité	ICPE	Consommations de gaz [MWh PCS]	Source chaleur fatale	Quantité de chaleur fatale
NEWELL France Production	Fabrication de stylos	A2910 / A3110 / A2920 / A2921	NC	NC	NC
SESOL	Fabrication de mèches soufrées	A2915	NC	NC	NC
Pasquier	Fabrication de biscuits	NC	7 170	NC	NC

Cette zone possède 3 industries des 2 secteurs avec le meilleur potentiel de récupération de chaleur fatale à l'échelle nationale (agroalimentaire et chimie / plastique). En cas de potentiel avéré, des bâtiments voisins de ces industries pourraient consommer cette chaleur disponible (cf. fiche zone n°40).

- Dans le périmètre du réseau Centre Loire

Etablissement	Activité	ICPE	Consommations de gaz [MWh PCS]	Source chaleur fatale	Quantité de chaleur fatale
ALVA	Raffinage graisse animale	A2910 / A3110 / A2915 / A2920 / A2921	49 800	Récupération de chaleur sur la vapeur des process	10 GWh / an
NORPAPER	Papeterie	NC	83 627	NC	NC
TERREOS	Usine fabrication sucre	NC	13 329	NC	NC

A proximité immédiate du feeder qui relie la chaufferie de Californie au centre du réseau Centre Loire, se trouve ces 3 industries. L'exploitant ERENA a d'ores et déjà entamé des discussions avec les industriels pour évaluer leur potentiel de récupération de chaleur fatale voir de fourniture d'énergie depuis le réseau. D'après les éléments transmis par ERENA, il existe un potentiel de récupération d'environ 10 GWh par an sur le site ALVA. Ce potentiel servirait à améliorer le taux ENR&R et le contenu CO2 du réseau.

A titre d'information, ces 10 GWh représentent entre 3 et 4% de la chaleur totale livrée par le réseau.



- Les sites amonts de Nantes Saint-Nazaire Port (secteur nord de la Loire)

Etablissement	Activité	ICPE	Consommations de gaz [MWh PCS]	Source chaleur fatale	Quantité de chaleur fatale
ARCELORMITTAL ATLANTIQUE ET LORRAINE	Métallurgie	A2910 / A3110 / A2920 / A2921	3 165		
CROWN EMBALLAGE FRANCE SAS	Fabrication de boîtes de conserves	A2910 / A3110 / A2920	33 364		
DCNS Centre de Nantes	Propulsion navires	A2910 / A3110 / A2920 / A2921	13 400	1 : Récupération sur circuit de refroidissement 2 : Récupération en sortie des compresseurs d'air	1 : 150 MWh/an 2 : 53 MWh/an
GUY DAUPHIN ENVIRONNEMENT	Récupération métaux	A2920		NON	AUCUNE
LBC	Depot chimique et alimentaire	A2910 / A3110 / A2915			
MESSER FRANCE	Production et fabrication de gaz industriels	A2920 / A2921			
SATR	Centrale d'enrobes	A2915	4 490		
VALSPAR	Fabrication de vernis	A2910 / A3110 / A2915 / A2921	2 265		
LEROUX & LOTZ TECHNOLOGIES	Fabrication de chaudières industrielles	A2910 / A2971	20 084		700 à 800 kW de puissance disponible (pas en continue) -> entre 300 et 400 MWh/an

Nantes Métropole a fait réaliser une étude de récupération de chaleur sur le site de Leroux & Lotz et les conclusions étaient qu'il existe un potentiel de récupération de chaleur fatale sur cette industrie, évaluée entre 300 et 400 MWh/an. Au regard du nombre d'industries présentes sur cette zone et de leur secteur d'activité, le potentiel de récupération de chaleur fatale est certainement supérieur à celui déjà identifié.

## PLAN D'ACTION A L'ECHELLE DE NANTES METROPOLE

Il est également important de noter que depuis le 1<sup>er</sup> Janvier 2015, les installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) d'une puissance totale thermique supérieure à 20 MW ont obligation de réaliser une étude coût-avantages en cas de rénovation substantielle ou d'installations nouvelles.

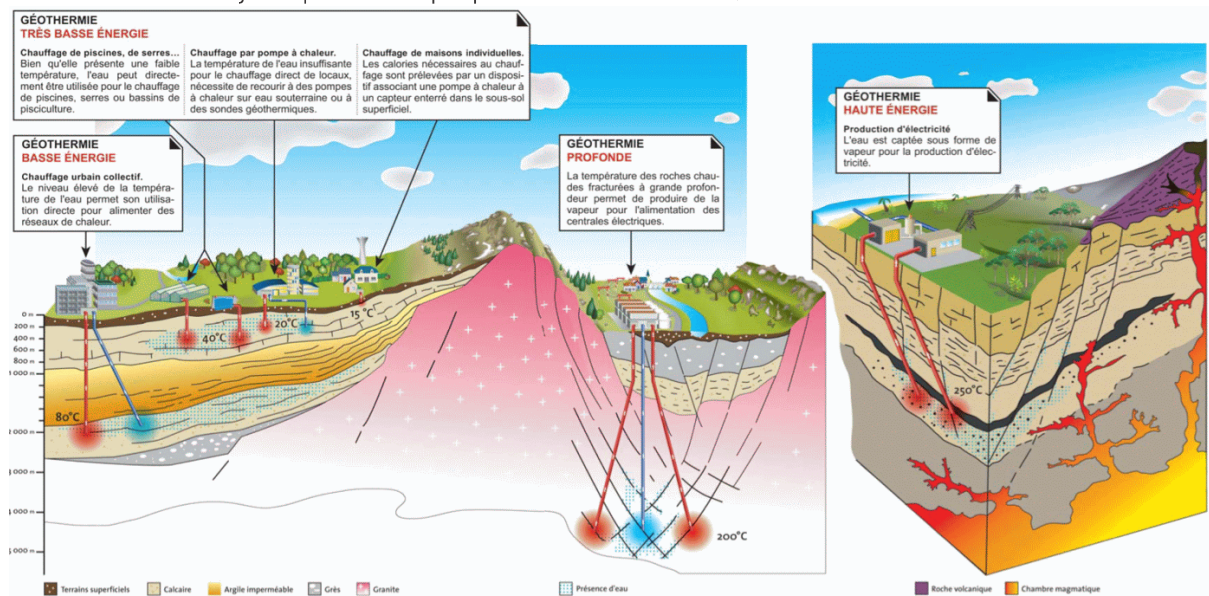
- Prolonger le groupe de travail ADEME / DREAL / Nantes Métropole / CCI et y inclure les responsables énergies / développement durable des principaux industriels du territoire identifiés pour caractériser (température, dispo temporelle, état liquide/gazeux) précisément les sources de chaleur fatale sur le territoire. Pour les autres industries de Nantes Métropole : mettre en place ce groupe de travail ou voir s'il est mis en œuvre à une autre échelle (ADEME/DRIEE),
- Encourager et accompagner les industriels dans leur démarche d'audit énergétique de leurs installations : mise en place d'un référent Energie Industrielle au sein de NM, avec dans cette optique une valorisation obligatoire du surplus de chaleur fatale (après autoconsommation) pour l'alimentation de RCU. En particulier, la Métropole doit être lien entre les consommations (RCU et potentiel RCU) et les industriels.



## 2.3.3 Les géothermies

### 2.3.3.1 Introduction à la géothermie dans la région Pays de la Loire

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 via un mixte des différentes solutions.



Les trois grands types de géothermie qui existent sont les suivants :

- La géothermie très basse énergie (10 à 40 °C) et à faible profondeur. Cette énergie peut être soit utilisée directement pour les besoins de chaleur nécessitant de très faibles températures, soit couplée à une pompe à chaleur en vue d'une utilisation à des températures plus élevées.
- La géothermie basse énergie, qui est habituellement utilisée dans le cadre du chauffage urbain. Ce type de géothermie est particulièrement développée dans la Région Parisienne avec l'exploitation du Dogger, aquifère situé entre - 1 500 et - 2 000m de profondeur, à une température comprise entre 55 et 80°C.
- La géothermie haute énergie, dénommée profonde ci-dessus, permettant d'alimenter en vapeur des centrales de production d'électricité.

La Direction Pays de la Loire de l'ADEME a publié le livret technique « Comprendre et choisir la géothermie » à destination des maîtres d'ouvrage et architectes Ligériens désireux d'étudier la géothermie pour chauffer ou refroidir un bâtiment. Les conclusions de cette étude sont les suivantes :

- La géothermie profonde et intermédiaire (haute et basse énergie), qui consiste à utiliser directement la chaleur du sol, ne présente aucun potentiel dans la région, car il ne s'agit pas de bassins sédimentaires comme le bassin parisien. **Elle n'est donc pas traitée dans ce rapport.**
- La géothermie très basse énergie assistée par pompe à chaleur présente un bon potentiel dans la région.



La géothermie très basse énergie assistée par pompe à chaleur comprend plusieurs solutions techniques qu'il est important de distinguer, avec un potentiel de développement en Pays de la Loire qui diffère.

Type de technologie	Pompe à chaleur géothermique sur champ de sondes	Pompe à chaleur géothermique sur eau de sous-sol (ou sur aquifère superficiel)	Pompe à chaleur géothermique sur eau de surface (mer, rivière, lac...)
<b>Objet</b>	Chauffage, refroidissement et/ou préchauffage d'eau sanitaire		
<b>Applications et cibles</b>	Bâtiments ou ensemble de bâtiments jusqu'à $\approx 5\,000\text{ m}^2$	Bâtiments ou ensemble de bâtiments de taille moyenne à grande ( $\approx 2\,000$ à $20\,000\text{ m}^2$ )	
<b>Type de ressource naturelle exploitée</b>	Croûte terrestre entre 0 et 200 m de profondeur	Eau tempérée ( $\approx 12\text{-}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) contenue dans le sous-sol des 200 premiers mètres de la croûte terrestre	Eau de surface tempérée ( $\approx 0\text{-}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
<b>Potentiel de développement</b>	Très bon potentiel sur presque toute la région	Bon potentiel, à nuancer fortement selon les zones géologiques et géographiques	
<b>Fréquence et maturité de la technologie</b>	Très courant	Très courant	Peu courant, en développement mais des contraintes environnementales fortes

La suite du rapport présente plus en détails les potentiels de chacune de ces technologies.

Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a réalisé en Mars 2009, une étude du potentiel géothermique très basse énergie sur le territoire de Nantes Métropole. Dans ce rapport sont présentées les conclusions de deux des trois solutions présentées dans le tableau ci-avant :

- Les sondes géothermiques verticales
- Le pompage en nappe (géothermie sur eau de sous-sol)

L'évaluation du potentiel de la géothermie par sondes verticales et pompage en nappe, pour alimenter les réseaux de chaleur de Nantes Métropole en chaleur est basée sur les conclusions de ce rapport.

Sur le territoire de Nantes Métropole, le potentiel géothermique sur eau de surface existant est celui de la Loire et dans une moindre mesure l'Erdre et la Sèvre Nantaise.

A ce jour, deux bâtiments sont alimentés par cette source d'énergie renouvelable :

- L'Hôtel de Région des Pays de la Loire situé au 1 Rue de la Loire à Nantes,
- Le Siège d'AIA situé sur dans le quartier Chantenay à Nantes.



### 2.3.3.2 Les sondes géothermiques verticales (SGV)

#### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Un système de PAC sur SGV consiste à faire circuler, en circuit fermé, un liquide composé d'eau et d'antigel dans plusieurs sondes verticales, constituées par un réseau de tubes en résine disposés à la verticale dans des forages jusqu'à 100 m de profondeur environ, afin d'échanger de l'énergie par simple transfert de chaleur entre le sol et le fluide puis de l'acheminer jusqu'à la pompe à chaleur (PAC).

En surface, la PAC permet de transférer la chaleur puisée dans le sol vers le bâtiment à chauffer (mode chauffage) ou d'injecter de la chaleur en provenance du bâtiment vers le sol (mode refroidissement du bâtiment). Le champ de sondes peut également être utilisé comme source de rafraîchissement sans avoir recours aux pompes à chaleur : on parle de mode « geocooling » ou « freecooling ».

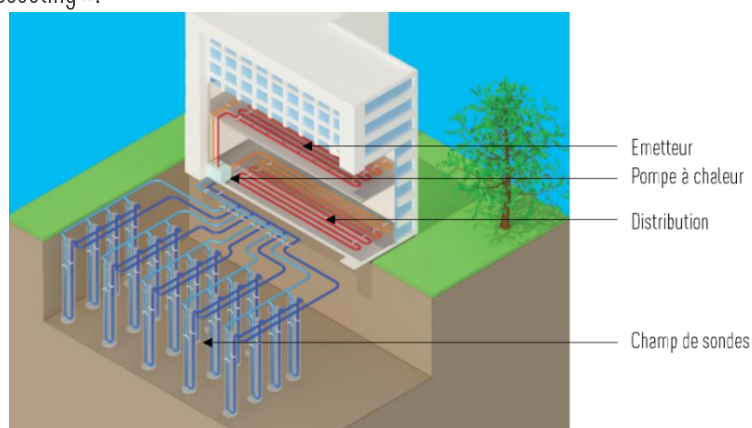


Figure 35 : Schéma d'un bâtiment avec un champ de sondes

En fonction du potentiel de la ressource, il peut également être envisagé d'alimenter en chaud et/ou en froid, plusieurs bâtiments, voire un quartier. Dans ce dernier cas, le quartier peut être alimenté par :

- Une boucle tempérée qui alimente plusieurs PAC en pied de bâtiments, qui permettent la production de froid ou de chaud suivant les besoins,
- Un mini-réseau de chaleur et/ou de froid, alimenté par une PAC centrale, qui fournit l'énergie aux bâtiments, à une température de 65°C maximum (de manière à conserver un bon rendement des PAC).

#### LE POTENTIEL SUR LE TERRITOIRE DE NANTES METROPOLE

La conductivité thermique moyenne du sol de Nantes Métropole a été évaluée à partir des données de 173 forages répartis sur tout le territoire. Il convient de prendre en compte que l'état de saturation en eau souterraine a un impact notable sur la conductivité des sols : Les terrains secs sont défavorables alors que les terrains saturés en eau présentent une bonne conductivité et donc une meilleure capacité à échanger de la chaleur.

En prenant comme référence la moyenne des terrains secs et saturés, 36% des forages présentent une puissance linéaire comprise entre 40 et 55 W/m et 42% supérieure à 55W/m, ce qui permet de mettre en évidence des zones favorables à la réalisation de sondes.



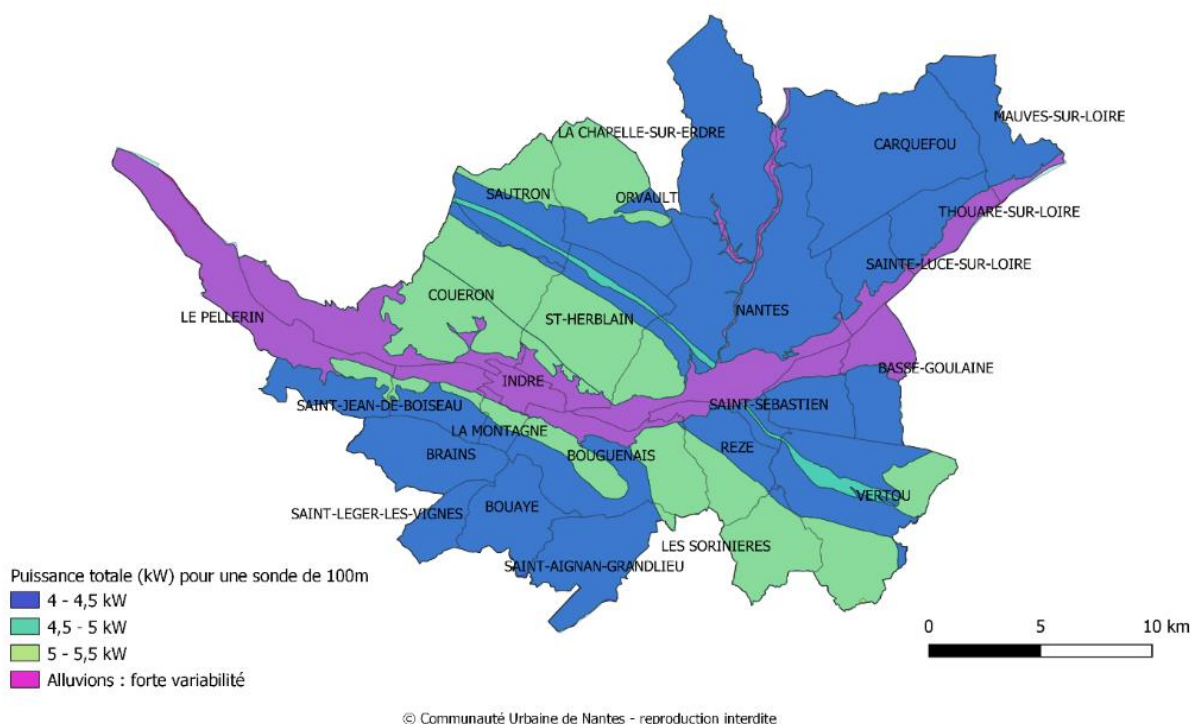


Figure 36 : Carte du potentiel géothermique du territoire de Nantes Métropole pour les sondes géothermiques

Le cas des alluvions, zone le long de la Loire et de l'Erdre, est à distinguer particulièrement car la conductivité thermique dépend en grande partie de l'état de saturation en eau (Puissance d'extraction : <20W/m pour les alluvions sèches, ≈60W/m dans les alluvions saturées, >80W/m dans les alluvions en présence d'un écoulement significatif).

Pour résumer :

- Les zones les plus favorables pour la réalisation de sondes sont :

Les Sorinières, le Sud et le Nord-Est de Vertou, le Sud de Rezé, l'Est de Bouguenais, le Sud-Ouest de Nantes, le Sud et le centre de Saint-Herblain, Le Nord de La Montagne, le Nord de Saint Jean de Boiseau, le Nord-Est de Pellerin, l'Est et le Nord de Couëron, le Sud et le Nord de Sautron et le Nord-Ouest d'Orvault.

- Dans les alluvions, une étude au cas par cas doit être menée dans le cadre d'une étude de faisabilité pour le dimensionnement des sondes. D'un point de vue économique, le coût du forage sera certainement supérieur en raison de la moins bonne tenue des terrains.

---

*En conclusion, les ressources disponibles montrent qu'il peut être pertinent de lancer une étude de faisabilité détaillée pour la mise en place de sondes géothermiques sur une importante zone du territoire de Nantes Métropole, mais uniquement dans le cadre d'un projet de construction de bâtiment(s) ou de ZAC avec des besoins de chaleur ne dépassant pas 65°C.*

---

### 2.3.3.3 Le pompage en nappe

#### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Un système de PAC sur eau souterraine (EST), couramment appelée PAC sur aquifère ou encore PAC sur eau de nappe, consiste à pomper de l'eau située dans le sous-sol par l'intermédiaire d'un forage pour l'acheminer (via un échangeur) jusqu'à la PAC afin d'en prélever l'énergie, avant de réinjecter l'eau dans le sous-sol par l'intermédiaire d'un second forage. La PAC permet alors de transférer la chaleur prélevée dans l'eau vers le bâtiment à chauffer (mode chauffage) ou d'injecter de la chaleur en provenance d'un bâtiment vers l'eau (mode rafraîchissement). L'eau peut également être utilisée simplement par un échangeur comme source de rafraîchissement sans avoir recours aux PAC : on parle alors de « geocooling » ou « freecooling ».

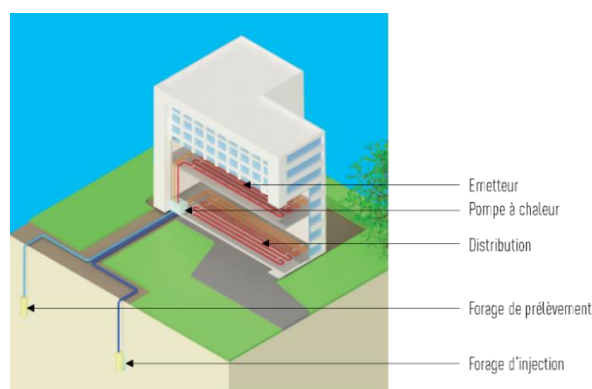


Figure 37 : Schéma d'un bâtiment avec un doublet géothermique

En fonction du potentiel de la ressource, ce système peut également alimenter un groupe de bâtiments ou un quartier.

#### LE POTENTIEL GEOTHERMIQUE SUR LE TERRITOIRE DE NANTES METROPOLE

Pour évaluer la puissance potentiellement soutirable à la ressource par pompage en nappe, le BRGM s'est appuyé sur la délimitation géographique des formations de socle et des alluvions et sur la capacité des ouvrages souterrains (puits, forages) à capter l'eau souterraine.

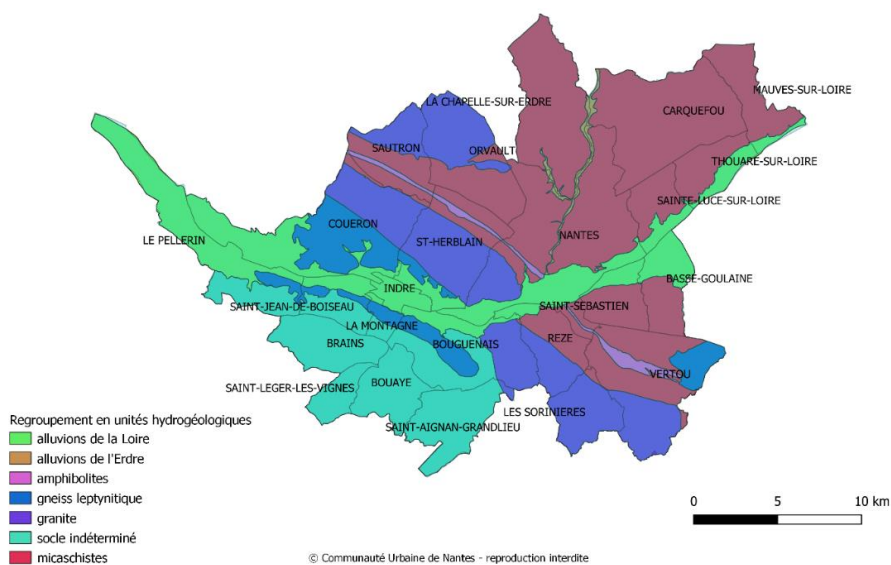


Figure 38 : carte des formations géologiques sur le territoire de Nantes Métropole

Parmi les 6 zones de formations géologiques distinctes les potentiels de puissance potentiellement soutirable à la ressource par pompage en nappe sont les suivants :

- Entre 20 et 30 kW pour toutes les zones à l'exception de la zone des alluvions de la Loire, ce qui est relativement faible pour de la géothermie effectuée à partir de pompage en nappe.
- Les données disponibles pour les alluvions de la Loire présentent des puissances supérieures à 300 kW, soit un potentiel intéressant pour le pompage en nappe. Néanmoins, l'étude démontre une forte disparité en termes de potentiel sur cette zone.

Les PAC sur eau souterraine sont directement assujetties aux caractéristiques hydrogéologiques du site en termes de disponibilité et de qualité de l'eau au droit du projet. La zone des alluvions de la Loire contient de l'eau en quantité suffisante pour subvenir aux besoins de chaleur et/ou de froid de très gros bâtiments, mais le potentiel est réparti de manière inégale. D'autre part, la qualité de l'eau rencontrée, autrement dit sa composition chimique, peut parfois endommager les ouvrages techniques et d'autre fois n'avoir aucun impact de ce type.

Il est donc impératif de conduire, pour chaque projet, une étude par des experts en hydrogéologie pour évaluer précisément la puissance soutirable pour un projet.

---

*En conclusion, les ressources disponibles montrent qu'il peut être pertinent de lancer une étude de faisabilité détaillée pour le pompage en nappe, dans le cadre d'un projet de construction de bâtiment(s) ou d'une ZAC, se situant dans la zone des alluvions de la Loire. Le potentiel reste néanmoins trop faible pour envisager d'alimenter un réseau de chaleur avec des besoins de températures supérieurs à 65°C.*

---

#### 2.3.3.4 La Loire

##### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Les PAC sur eau de surface fonctionnent sur le même principe théorique que la PAC sur eau souterraine. Les caractéristiques et contraintes techniques, économiques, réglementaires et environnementales sont assez spécifiques, mais peuvent répondre de façon tout à fait pertinente aux besoins énergétiques d'un ou plusieurs bâtiments.

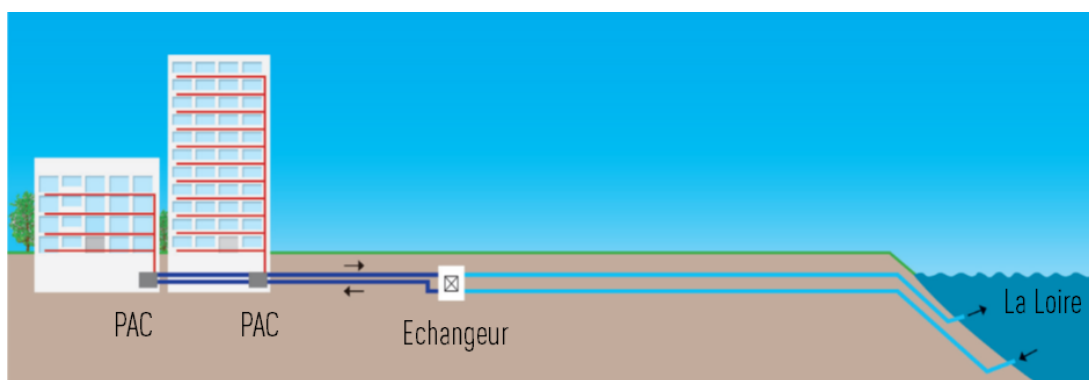


Figure 39 : Schéma d'une PAC sur eau de la Loire







Des contraintes spécifiques à l'exploitation de la chaleur de la Loire existent et doivent être connues afin d'évaluer le potentiel de récupération de chaleur sur le fleuve. Ces dernières concernent principalement :

- La position des points de puisage et de rejet de l'eau et la distance minimale entre ces points,
- Les débits maximums d'extraction et de rejet de l'eau, en été et en hiver,
- Les deltas de températures minimum et maximum autorisés entre l'extraction et le rejet, en été et en hiver,
- Les périodes annuelles d'autorisation d'exploitation de la Loire.

Ces principales informations concernent la thématique « loi sur l'eau » et qualité des eaux de la Loire. A date, ces informations sur les conditions d'exploitation de la chaleur de la Loire ne sont pas connues.



## 2.3.4 La biomasse

La matière première de la filière biomasse provenant de sources vivantes, celle-ci répond donc à un certain cycle de vie. Pour que la ressource soit qualifiée de renouvelable, il ne faut pas que cette dernière soit surexploitée, ni que son exploitation bouleverse la biodiversité ou l'équilibre entre les différents usages des terres.

Cette énergie est donc considérée comme une énergie renouvelable à condition que les forêts bénéficient d'une gestion durable et que la somme des émissions de gaz à effet de serre liées aux transformations, aux transports et à la combustion puisse être absorbée lors de la croissance des arbres. La biomasse s'appuie donc sur le cycle du carbone et la capacité métabolique des arbres à réaliser la photosynthèse.

### 2.3.4.1 Principe de fonctionnement de la production de chaleur via la biomasse

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 l'ensemble des réseaux, qu'ils soient vapeur, eau surchauffée ou eau chaude.

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

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

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

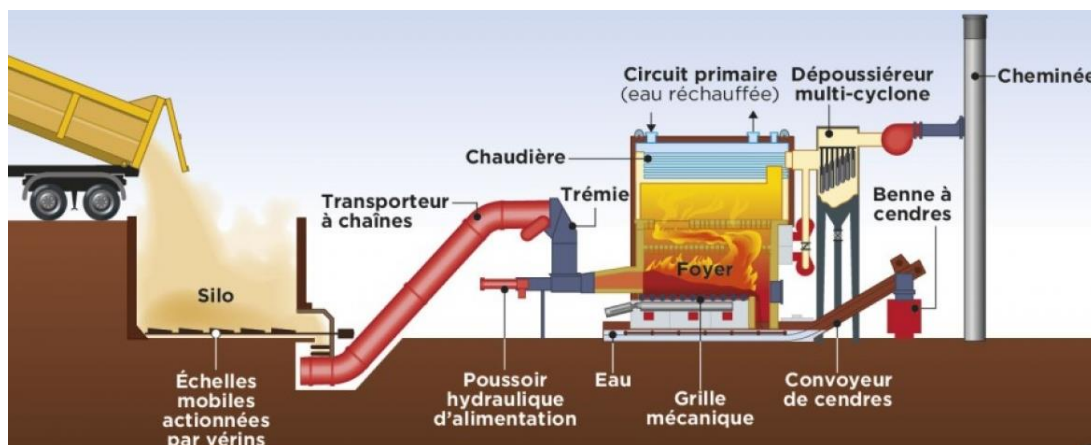


Figure 40 : Schéma de principe du fonctionnement d'une chaufferie biomasse [Source : IDé]



On distingue, selon les technologies et l'utilisation souhaitée, différents combustibles pour le chauffage au bois :

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

Sur les deux premiers produits, une classification a été faite en fonction de la qualité de la biomasse :

- Classe A : en majorité des palettes à usage unique et appelé bois propre est exempt de toutes peintures, plastiques, colle, traitement... Cette catégorie de bois est celle principalement utilisée dans les chaudières biomasse classique.
- Classe B : issu majoritairement des déchets du bâtiments ainsi que d'autres secteurs d'activités. Le bois de recyclage de catégorie B est composé de poutre, bois de démolition, bois pouvant être peint, vernis avec présence de colle, et nécessite donc un traitement des fumées plus approfondi.

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

A cette classification des combustibles d'origine exclusivement d'origine végétale peut s'ajouter les combustibles solides de récupération (CSR), qui se trouvent à la frontière entre la biomasse et le déchet habituellement incinéré ou enfoui. Il s'agit d'un combustible fabriqué à partir de déchets combustibles (refus de tri, encombrants, ordures ménagères résiduelles...), pour être brûlé dans des chaudières adaptées, sur le même principe que la biomasse. Ce CSR est issu du tri des déchets, et composé principalement :

- De bois, provenant par exemple de meubles déposés en déchetterie, de menuiserie de démolition, de déchets de chantier ou de palettes ;
- Des textiles ;
- Des plastiques, mousses, polystyrène ou élastomères ;
- De cartons et papiers ;
- De matière indésirables non combustibles (métaux, minéraux) qui se retrouvent dans les CSR par imperfection du tri ;

La composition du CSR impose donc une plus grande robustesse des installations, et un traitement plus poussé des fumées en raison des différents composés.



### 2.3.4.2 La ressource biomasse en Pays de la Loire

#### ETAT DES LIEUX DE LA FILIERE REGIONALE BIOMASSE

La forêt couvre 342 000 ha de la région Pays de la Loire, soit 11% de la surface régionale. Cette moyenne masque néanmoins de fortes disparités par département : de 19% pour la Sarthe à 6% pour la Vendée [Source : Atlanbois].

En 2018, 1 075 600 m<sup>3</sup> de bois ont été récoltés en région Pays de la Loire, soit une hausse de 10% par rapport à 2017. Au niveau national, l'augmentation est plus limitée (+1,4%). Avec moins de 3% du volume national, la région Pays de la Loire se place au neuvième rang des treize régions métropolitaines.

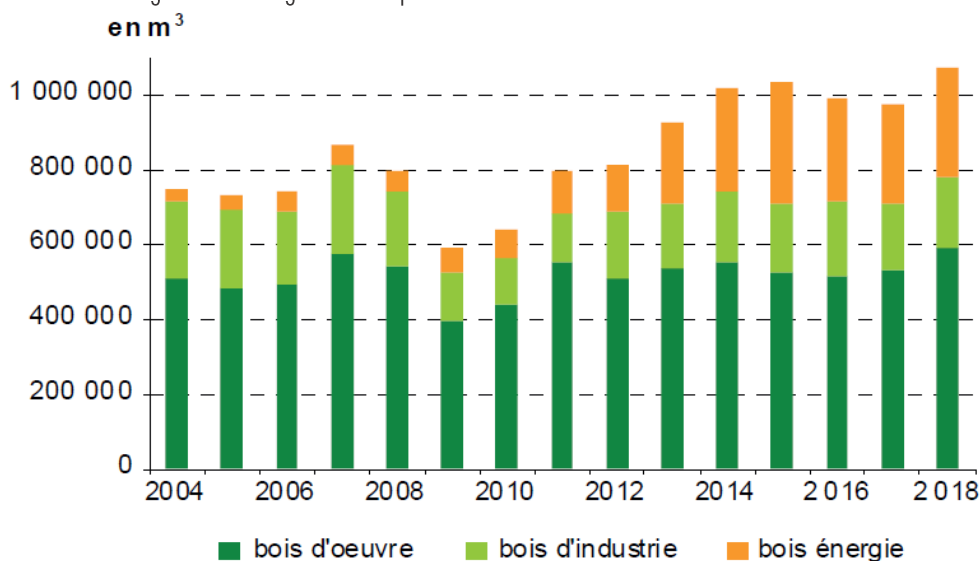


Figure 41 : Evolution de la récolte de bois de 2004 à 2018 en Région Pays de la Loire [Source : Agreste]

Le tonnage de bois destiné à la production d'énergie a augmenté de 11% en 2018, plus qu'en France (+2%). Il représente 27% de la récolte régionale, contre 22% en France. Ce bois est vendu sous forme de rondins ou de bûches ou sous forme de plaquettes forestières broyées en forêt sur coupe ou bord de route. Dans la région, les plaquettes forestières représentent 55 % du volume de bois énergie, contre 32 % en France.

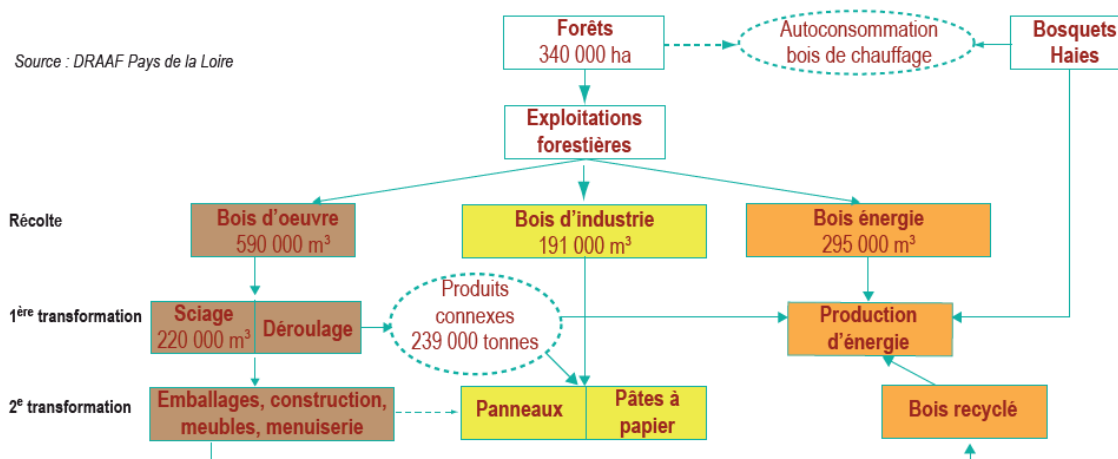


Figure 42 : Schéma des flux de bois en 2018 en Pays de la Loire [Source : DRAAF]

D'après une étude réalisée par ATLANBOIS, la région Pays de la Loire, disposait en Septembre 2018 de :



- Plus de 300 chaufferies industrielles et collectives pour 570 000 tonnes de bois consommées par an,
- 465 000 appareils individuels (poêles, inserts, chaudières...) pour 1 million de tonnes de bois consommées par an par les particuliers.

Pour alimenter les chaufferies industrielles et collectives, la région Pays de la Loire dispose de plus d'environ 25 fournisseurs.

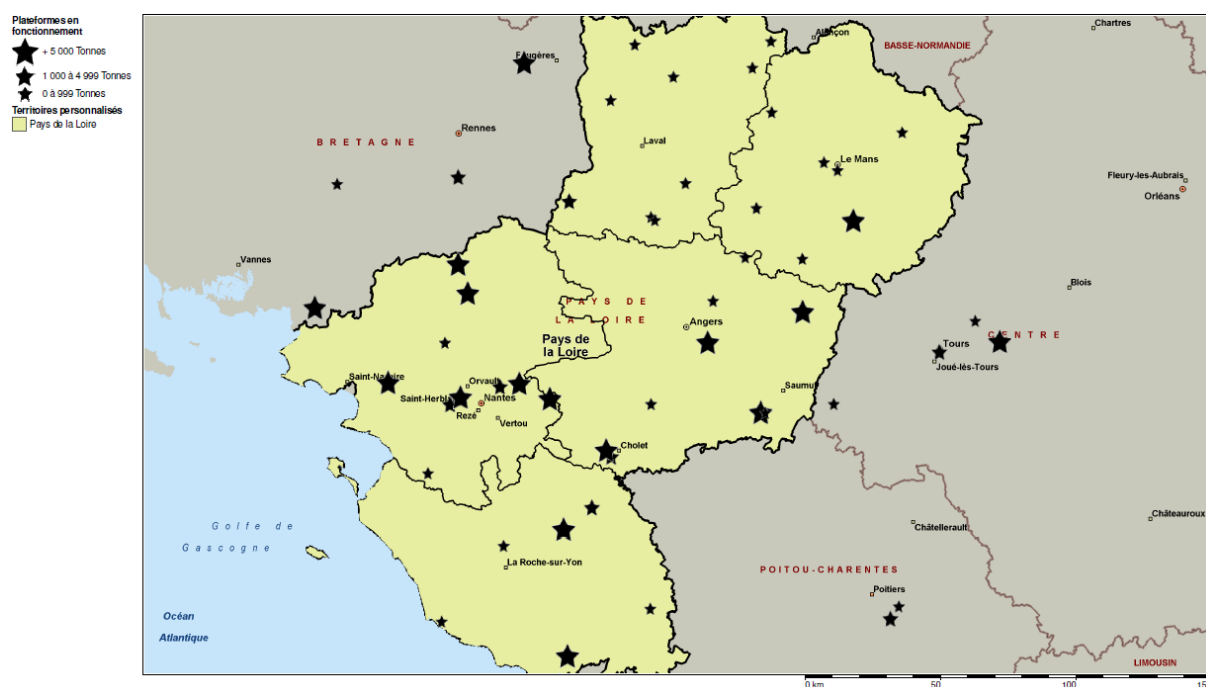


Figure 43 : Cartographie des plateformes d'approvisionnement en bois en Pays de la Loire [Source : ATLANBOIS]

De nombreuses plateformes bois sont présentes sur le territoire des Pays de la Loire dont 9, avec capacité supérieure à 5 000 tonnes, sont à moins de 100 km de Nantes Métropole.



## UNE RESSOURCE BIOMASSE SOUS-EXPLOITÉE

Une étude menée par l'ADEME et ATLANBOIS, en 2016, démontre que la ressource bois régionale est sous-exploitée. Les ressources produites sont estimées à 4,6 millions de tonnes par an et proviennent majoritairement de la forêt, mais également de l'agriculture, de l'entretien du bocage, du bois d'élagage et de la collecte des déchets de bois. La moitié de cette ressource est aujourd'hui exploitée et valorisée.

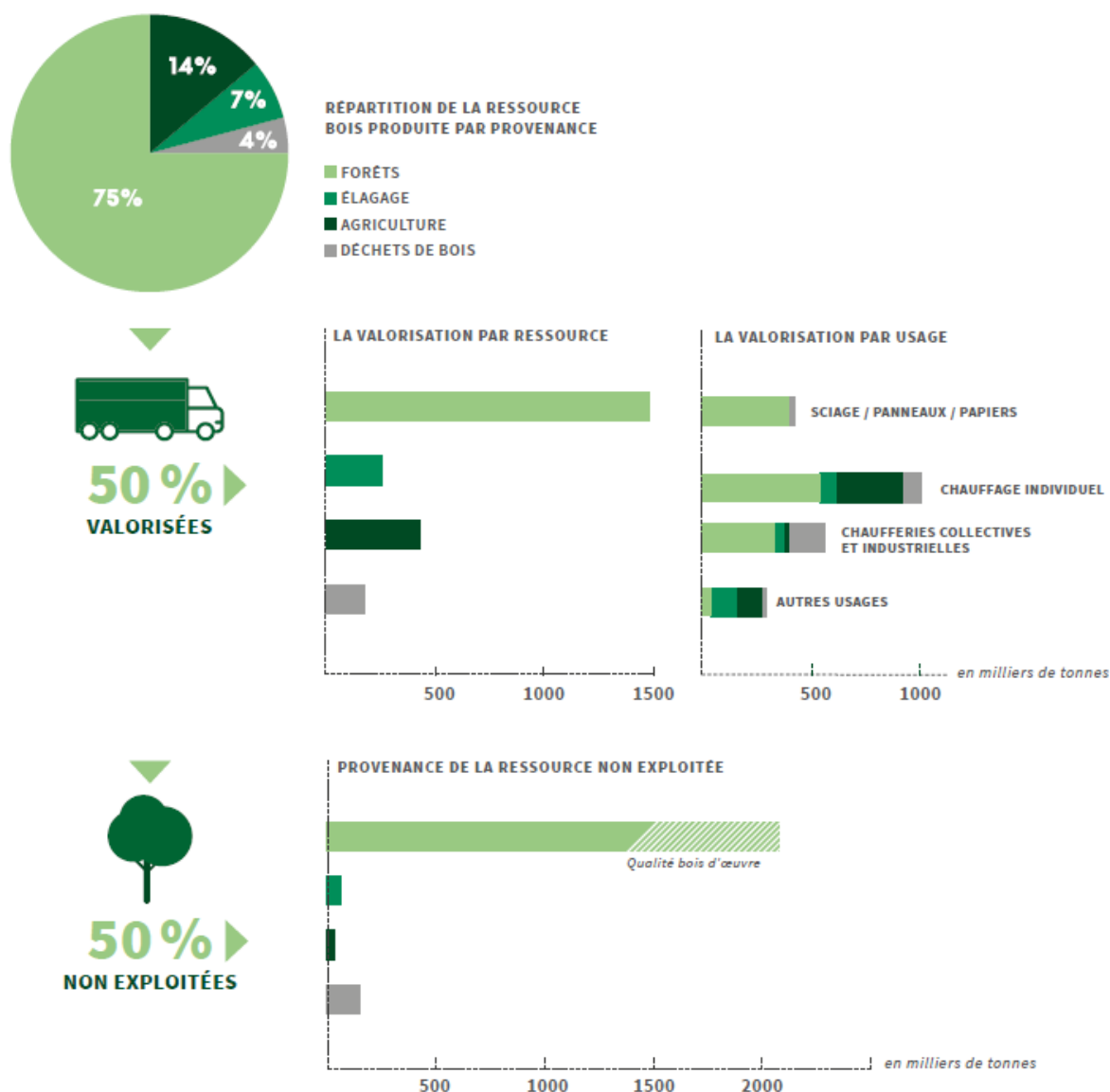


Figure 44 : Schémas de valorisation de la ressource bois en Pays de la Loire [Source : ATLANBOIS]

Les données confirment qu'il est envisageable de doubler le parc de chaufferies collectives et industrielles sans mettre en péril la ressource, soit une augmentation annuelle de plus de 600 000 tonnes de bois énergie à moyen terme [Source : ATLANBOIS].

Concernant le CSR, ce combustible est très peu utilisé en France (une dizaine d'installations existantes, dont une seule sur réseau de chaleur à notre connaissance, à Laval). Une présentation de l'ADEME de 2018 estime à 1,5 Million de Tonnes par an la quantité de CSR valorisable d'ici 2025 en France (hors cimenterie), soit environ 4 950 GWh/an.





### 2.3.4.3 Les contraintes au développement de la filière

---

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

- Une emprise au sol importante est requise pour garantir l'implantation des zones de stockage, de manutention et les installations de combustion,
- L'accès pour les livraisons de combustible doit être aisé (réseau routier, voies ferrées...),
- L'emplacement doit être pertinent vis-à-vis du tracé du réseau projeté ou à équiper.

Une chaufferie biomasse est une ICPE à plusieurs titres :

- En tant que chaufferie, il s'agit d'une ICPE sous la rubrique 2910A soumise à déclaration si la puissance est supérieure à 1 MW et inférieure à 20 MW ou à autorisation si la puissance de la chaufferie est supérieure à 20 MW,
- En tant que dépôt de bois sec ou matériaux combustibles analogues, il s'agit alors d'une ICPE sous la rubrique 1532 soumise à déclaration.

Les chaufferies CSR sont quant à elles soumises à la réglementation ICPE sous la rubrique 2910 B et 2971 (Installation de production de chaleur ou d'électricité à partir de déchets non dangereux préparés sous forme de combustibles solides de récupération). Elles sont soumises à autorisation.

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

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

Également, un projet de création d'une chaufferie biomasse peut être perçu comme une source de nuisance supplémentaire par la population locale (bruit, dégradation du paysage, pollution atmosphérique) et des contraintes supplémentaires peuvent venir s'ajouter lors de la mise en place d'un tel projet. Des solutions à ces nuisances peuvent être trouvées (enregistrement et mise à disposition en continu des enregistrements de qualité de l'air par exemple).





#### 2.3.4.4 Le Schéma Régional Biomasse (SRB)

---

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte définit des objectifs ambitieux pour le développement des énergies renouvelables, notamment des énergies produites à partir de la biomasse (bois, biodéchets, matières végétales, effluents d'élevages...).

En Mars 2017, la région Pays de la Loire a lancé son schéma régional biomasse, avec les objectifs de dresser un état des lieux des ressources en biomasse susceptibles d'avoir un usage énergétique et de déterminer des orientations et actions à mettre en œuvre à l'échelle régionale ou infra-régionale pour favoriser la mobilisation de ces ressources et le développement des filières énergétiques correspondantes (bois-énergie, méthanisation...).

Ce travail, mené avec les acteurs de la filière, prend en compte la multifonctionnalité des espaces naturels, notamment des espaces agricoles et forestiers, les usages existants et la durabilité de ces ressources, les enjeux environnementaux et l'intérêt économique des différents secteurs.

Les conclusions du SRB, publiées mi 2020, donneront les orientations à prendre en compte pour développer la filière bois énergie et les solutions pour pallier aux contraintes qu'impliquent le déploiement de chaufferies bois collectives.

---

*En conclusion, les 7 réseaux de chaleur de Nantes Métropole utilisent de la biomasse pour produire une partie de la chaleur livrée aux abonnés. La puissance totale installée est supérieure à 60 MW et permet de fournir environ 100 GWh/an aux abonnés des réseaux.*

*Le potentiel de développement de la filière de la biomasse en Pays de la Loire, détaillé dans les paragraphes précédents, montre que de nouveaux projets peuvent être développés sur le territoire de Nantes Métropole, avec des limites de consommations hautes.*

*Le développement d'installations de combustion de CSR et la structuration de la filière amont présentent aussi un potentiel important pour de nouveaux projets.*

*Néanmoins, plusieurs freins au développement de ces filières existent et il conviendra de les prendre en compte dans le cadre de développements futurs.*

---



## 2.3.5 Le solaire thermique

### 2.3.5.1 Le principe

L'énergie solaire thermique est la valorisation du rayonnement solaire sous forme de chaleur.

Les installations solaires thermiques usuellement installées pour la production d'eau chaude sanitaire sont performantes sur des régimes de températures de l'eau à chauffer entre 5 et 60°C et fonctionnent généralement avec des capteurs plans.

Les installations solaires peuvent être utilisées pour alimenter un réseau de chaleur. Dans ce cas, ces installations peuvent être classées en 2 grandes catégories :

- Les systèmes solaires centralisés,
- Les systèmes solaires décentralisés

#### INSTALLATION CENTRALISEE

Dans le cas d'une installation centralisée, le ou les champ(s) de capteurs solaires sont connectés à la branche principale du réseau de chaleur, idéalement proche de la chaufferie.

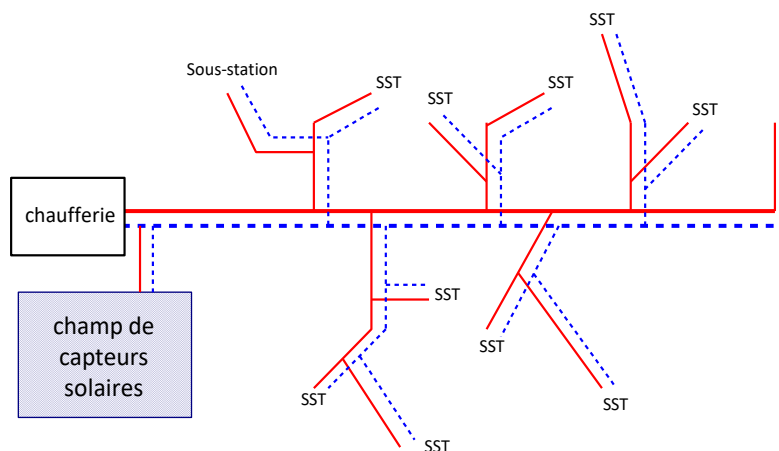


Figure 45 : Schéma de principe d'un système solaire centralisé sur réseau de chaleur

Le rayonnement solaire est intermittent et variable tout au long de l'année et la journée. Lorsque la production solaire n'est pas en phase avec les besoins il est nécessaire d'avoir recours à un stockage d'énergie thermique.

Ce stockage pourra être à court terme (échelle de la journée) ou à moyen-long terme (échelle de plusieurs jours, voire mois).

## INSTALLATION DÉCENTRALISÉE / REPARTIE

Dans le cas d'une installation décentralisée, plusieurs champs de capteurs solaires sont connectés à différentes sous-branches du réseau de chaleur, généralement au niveau des sous-stations/bâtiments.

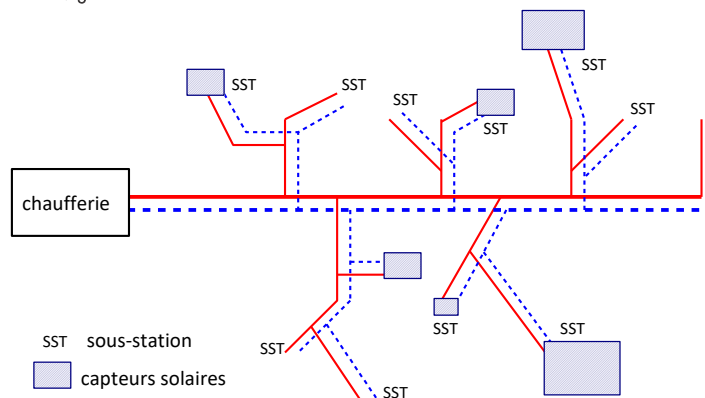


Figure 46 : Schéma de principe d'un système solaire décentralisé sur réseau de chaleur

Plusieurs configurations techniques sont envisageables :

- Pour le choix sur la valorisation de la chaleur produite :
  - La réinjection totale de la production solaire au réseau de chaleur,
  - La réinjection partielle de la production solaire avec autoconsommation à l'échelle du bâtiment.
- Pour le positionnement et le dimensionnement du stockage :
  - Stockage à court-terme (échelle de la journée) dans le réseau ou dans des ballons à l'échelle des bâtiments,
  - Stockage à moyen et long terme : l'énergie solaire réinjectée au niveau de chaque bâtiment est ainsi transportée par le réseau de chaleur pour être stockée dans un ballon centralisé.

## LES TECHNOLOGIES DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ

Il existe deux grandes catégories de capteurs solaires thermiques :

Capteurs plans « haute température »	Capteurs à tubes sous-vide
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technologie avec double couverture transparente : limitation des pertes en face avant</li> <li>- Montage : champ ou intégration</li> <li>- Surface unitaire : 2 à 30 m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technologie du tube : simple ou double paroi</li> <li>- Technologie de circulation du fluide : caloduc ou circulation directe</li> <li>- Montage : champ ou sur-toiture</li> <li>- Surface unitaire : 2-3 m<sup>2</sup>, voir champ monté sur site</li> </ul>





### 2.3.5.2 Les réseaux de chaleur en France et le potentiel de développement sur Nantes Métropole

#### LES RESEAUX DE CHALEUR SOLAIRE EN FRANCE

Le marché des réseaux de chaleur solaire thermique est encore embryonnaire en France.

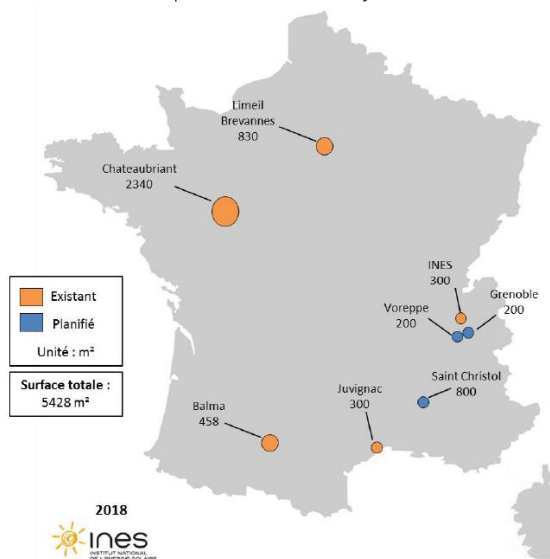


Figure 47 : Carte des réseaux de chaleur en France en 2018 [Source : INES]

En 2018, seulement 5 réseaux de chaleur solaire étaient en service et 3 étaient en projet de développement, pour un total de 5 428 m<sup>2</sup> de capteurs solaires.

#### LE NIVEAU D'ENSOLEILLEMENT ET L'IMPACT SUR LA PRODUCTION DE CHALEUR

La quantité de production de chaleur à partir de capteurs solaires est dépendante du niveau d'ensoleillement. Plus il est élevé et plus les capteurs solaires fourniront de l'énergie au réseau de chaleur.

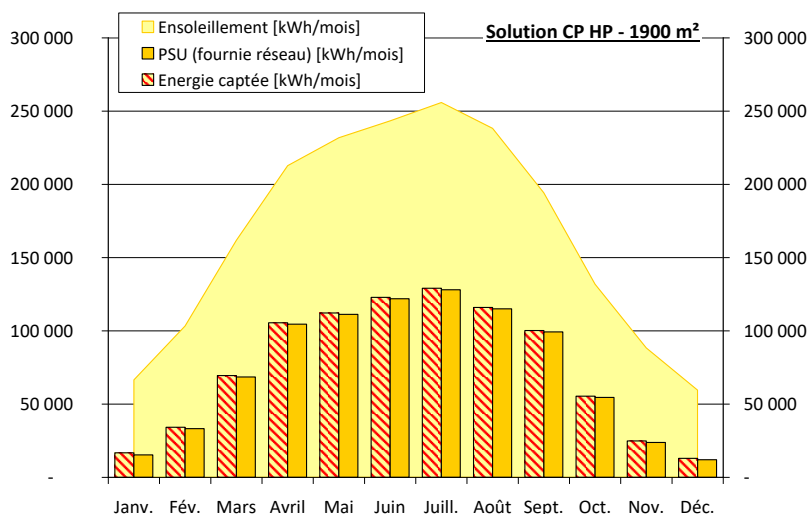


Figure 48 : Exemple d'histogramme de production de chaleur à partir de capteurs solaires en fonction de l'ensoleillement



En France, l'irradiation solaire directe varie entre 950 kWh/m<sup>2</sup> et 2 000 kWh/m<sup>2</sup>.

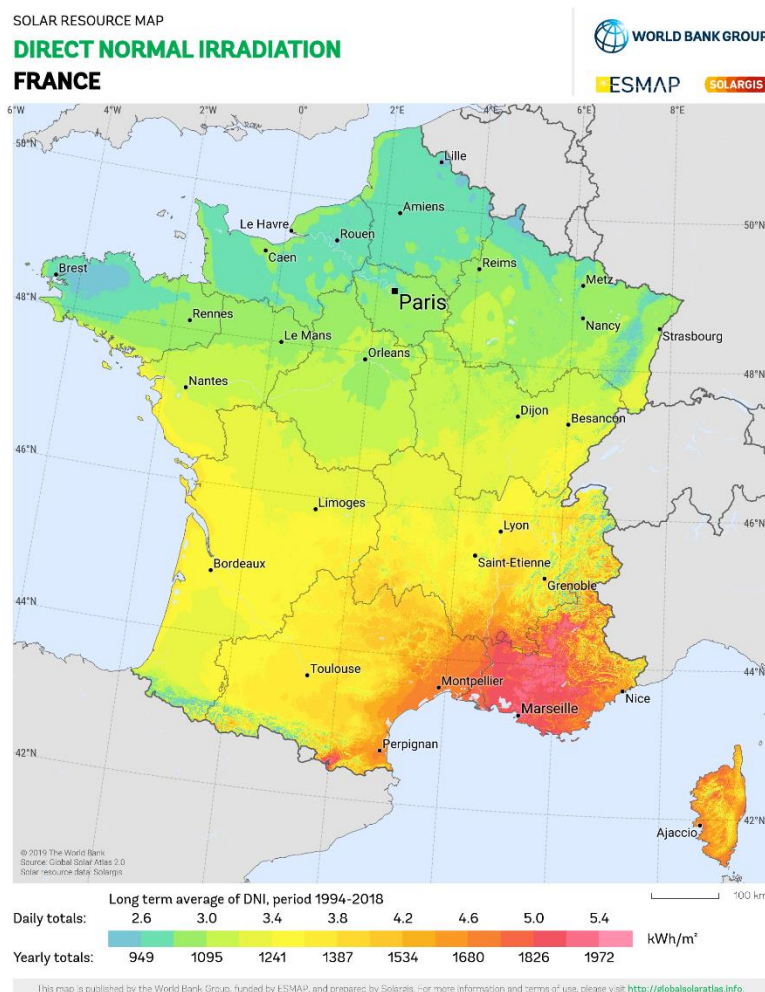


Figure 49 : Carte de France du niveau moyen d'irradiation solaire direct entre 1994 et 2018 [Source : SOLARGIS]

Dans la région de Nantes, l'irradiation solaire directe est d'environ 1 200 kWh/m<sup>2</sup>.

Bien que la région Nantaise ne dispose pas d'un niveau d'ensoleillement optimum, ce dernier est suffisant pour envisager la création d'un réseau de chaleur solaire sur le territoire de Nantes Métropole.

### 2.3.5.3 Les conditions favorables à la mise en place de solaire thermique sur les réseaux de chaleur

Pour déceler les opportunités d'intégrer du solaire dans un réseau de chaleur, plusieurs sujets doivent être abordés et étudiés :

#### AVOIR UN RESEAU QUI FONCTIONNE TOUTE L'ANNEE

L'irradiation solaire est répartie de façon non uniforme sur l'année : la quantité et le nombre d'heures d'ensoleillement est plus important l'été. Pour maximiser la production solaire utile et minimiser les coûts, il convient qu'il y ait une adéquation entre la demande et la production.



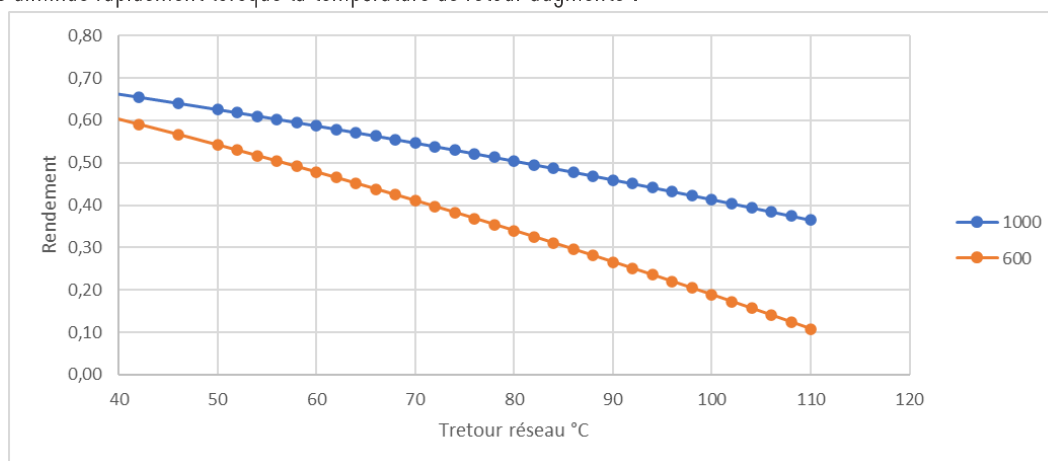


## AVOIR DES TEMPERATURES DE RETOUR LES PLUS BASSES POSSIBLES

Le solaire thermique cible en priorité les réseaux ayant des températures de fonctionnement inférieures à 100°C.

Des actions d'abaissement des températures de retour des réseaux permettent ainsi d'améliorer le rendement des installations solaires et de diminuer les pertes réseaux.

La température de retour au point de raccordement doit être la plus faible possible. En effet, le rendement des panneaux solaire diminue rapidement lorsque la température de retour augmente :



- A une puissance de 1 000 W/m<sup>2</sup>, le rendement des capteurs augmente de 5% tous les 10°C de baisse de la température de retour du réseau.
- A une puissance de 600 W/m<sup>2</sup>, le rendement des capteurs augmente de 7% tous les 10°C de baisse de la température de retour du réseau.

## LIMITER LA COMPETITION AVEC LES AUTRES ENER&R

Les réseaux disposant des types de production ci-après présentent moins d'intérêt que les autres, car le solaire aura du mal à présenter une compétitivité économique :

- Valorisation de chaleur de récupération sur UIOM : cette chaleur est souvent excédentaire en été, et très bon marché,
- Géothermie : les coûts d'investissement étant déjà élevés, il sera difficile d'investir dans du solaire, une solution coûteuse. Comme la géothermie, le solaire a beaucoup de CAPEX et peu d'OPEX, la balance R1/R2 est donc à trouver.

Les réseaux disposant des types de production ci-après présentent un fort intérêt :

- Réseaux chauffés au fioul ou au gaz sans autre source renouvelable,
- Réseaux dont la chaudière bois est arrêtée l'été : l'évolution des besoins énergétiques du réseau (densification, augmentation des consommations) ne doit pas remettre en cause l'équilibre et l'intérêt du solaire, il est donc à prendre en compte lors de l'étude de faisabilité.





## TROUVER UNE ZONE D'IMPLANTATION FAVORABLE

Il faut compter environ 3 m<sup>2</sup> de terrain pour 1 m<sup>2</sup> de capteurs, il faut donc d'importantes surfaces disponibles pour mettre en place un réseau de chaleur solaire.

- Pour le choix des terrains, il faut privilégier ceux non utilisables pour la construction : les friches industrielles, les terrains en bordure d'autoroute ou de voie de chemin de fer, les terrains à proximité de rivière, les anciennes décharges ou carrières... Les ombrières de parking peuvent être utilisées mais présenteront un coup de génie civil important, qui peut mettre à mal l'économie du projet.
- Il faut également que le terrain n'ait pas de masques solaires, soit sans ombrages et permette l'orientation des capteurs au sud.
- La distance au réseau de chaleur et à la chaufferie doit être la plus faible possible et sera à considérer dans les calculs énergétiques et économiques.
- Il est possible d'utiliser plusieurs terrains ayant peu de distance entre eux pour faire plusieurs champs de capteurs.
- Il faut privilégier des terrains faciles d'accès pour la pose des capteurs et pour l'entretien des capteurs solaires.
- Enfin les toitures peuvent être utilisées, celles de la chaufferie par exemple. L'utilisation des toitures des abonnés peut également être envisagée, pour des projets innovants avec des « consom-acteurs » par exemple, mais ce type d'installation n'a encore jamais été réalisé en France, faute de rentabilité économique.

## IDENTIFIER LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

Il y a peu de contraintes réglementaires concernant la création de réseaux de chaleur solaires.

- Pour des implantations au sol, il convient de respecter les contraintes d'urbanisme et de protection de la nature,
- Pour des implantations en ville, il faut vérifier que la zone ne soit pas située en périmètre ABF,
- Une attention sera portée aux zones inférieures à 5 km d'un aéroport, à moins de 1km une étude d'éblouissement doit être réalisée,
- Pour toute nouvelle construction, un permis de construire doit être déposé.

## IDENTIFIER LE MONTAGE OPERATIONNEL

Différents montages peuvent être imaginés, l'installation solaire peut être :

- Intégrée dans le projet de réseau de chaleur ou d'extension, ce qui implique un financement, une réalisation et une exploitation de même format que celui du projet dans son ensemble,
- En achat d'énergie externe, l'installation solaire sera alors financée, réalisée et exploitée par un opérateur énergétique tiers (certaines entreprises sont spécialisées dans ce secteur d'activité).



	Maîtrise d'ouvrage complète	Achat de chaleur solaire	Délégation d'exploitation à l'opérateur du réseau
Qui investit ?	Maître d'ouvrage	Opérateur privé	Collectivité
Qui construit ?	Clé en main / marché de travaux	Opérateur privé Clé en main / marché de travaux	Collectivité Clé en main / marché de travaux
Qui exploite ?	Maître d'ouvrage	Opérateur privé	Opérateur du réseau
Exemple de projet	Balma, Juvignac, Limeil	NEWHEAT, SUNTI	Châteaubriant
Atouts	Maîtrise l'ensemble de la chaîne du projet et de l'interaction solaire/autres prod/réseau	Externalise les risques.	Taux de subvention des collectivités. Ne porte pas l'investissement.
Limites	Porte l'ensemble du risque. Garanties dispersées.	Très faible maîtrise du projet.	Garanties dispersées.
Points d'attention	S'entourer de professionnels qualifiés.	Conduite du réseau bois/solaire. Contrat à soigner.	Nécessite un suivi de la conception.

### 2.3.5.4 Les dispositifs de soutien au développement du solaire thermique

L'ADEME Pays de la Loire apporte un soutien aux projets d'installations supérieures à 25 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques, portés par les entreprises ou les collectivités. **Les projets inférieurs pourront faire l'objet d'un soutien dans le cadre des Contrats d'objectifs territoriaux de développement des énergies thermiques renouvelables (COTER).**

Le **Fonds Chaleur** a permis de financer près de 1 800 installations solaires thermiques et environ 185 800 m<sup>2</sup> de capteurs entre 2009 et 2019. Alors que la grande majorité de ces installations sont des installations de petite et moyenne taille installées dans le secteur résidentiel et tertiaire, une quinzaine d'opérations de grandes surfaces comprises entre 1 000 et 10 000 m<sup>2</sup> ont vu le jour.

Les **installations de grande taille** ont plusieurs avantages : elles offrent des coûts de production compétitifs par des économies d'échelle. De plus, elles sont souvent intégrées à des systèmes de suivis fins qui permettent de garantir la production attendue. Plusieurs cibles peuvent bénéficier de l'énergie solaire thermique pour leur niveau élevé de consommation d'eau chaude ou leurs besoins de chaleur à moins de 110°C. C'est le cas par exemple de l'industrie (agro-industrie, industrie pharmaceutique) du tertiaire (hôpitaux, EPAHD, hôtellerie). Les réseaux de chaleur sont également des cibles indiquées pour la production de chaleur solaire, notamment en période estivale pour les besoins ECS.

**Pour les projets ayant une production annuelle > 700 MWh ou d'une surface de capteur > 1500 m<sup>2</sup>,** l'ADEME a mis en place un appel à projet national spécifique. Disposant en général de 2 dates de dépôts par an, le prochaine AAP se clôture au 30 juin 2020. Un certain nombre de critères sont à respecter pour pouvoir candidater, dont la performance de l'installation<sup>11</sup>.

L'aide attribuée se fait au regard de l'analyse économique du projet et du taux d'encadrement fixé par l'Union Européenne, en fonction de la nature du porteur de projet. Les critères observés sont notamment le coût de revient de l'installation.

Pour les projets de taille inférieur, l'analyse du projet sera réalisée par la Délégation Régionale Pays de la Loire, dans le cadre du Fonds Chaleur.

<sup>11</sup> Voir : <https://appelsaprojets.ademe.fr/aap/AAPST2020-36>







### 2.3.5.5 Synthèse

---

Les atouts d'une installation solaire raccordée à un réseau de chaleur sont :

- **Pas d'émissions** de gaz à effet de serre et entièrement **renouvelable**,
- **Une disponibilité de la ressource localement** et pendant une durée infinie, améliorant l'autonomie énergétique, la sécurité d'approvisionnement et le développement local,
- Une compétitivité grâce à la **stabilité des coûts à long terme**, des coûts réduits et meilleure efficacité par rapport à des solutions individuelles.

La compétitivité d'une installation solaire thermique intégrée à un réseau de chaleur sera optimale lorsque les critères suivants seront respectés :

- Un réseau qui fonctionne toute l'année avec des températures de retour optimisées inférieures à 70°C,
- Des énergies d'appoint modulables (gaz, fioul),
- Un terrain disponible à proximité de la chaufferie du réseau ou d'une branche principale du réseau.

---

*Pour les réseaux de chaleur de Nantes Métropole, la mise en place de solaire n'est pas envisageable pour :*

- Les réseaux alimentés en base par un CTVD : Centre Loire et Nord Chézine,
- Les réseaux de chaleur arrêtés en période estivale : Chantrerie,
- Les réseaux de chaleur avec de très faibles besoins en période estivale : ZAC de la Minais et ZAC de la Noé,
- Les réseaux de chaleur qui utilisent la biomasse en période estivale : Bellevue dont le talon de consommations estivales a augmenté.

*En revanche, il est possible d'envisager la mise en place de telles installations pour :*

- Les réseaux ruraux à créer en lien avec une chaudière biomasse (voir partie biomasse),
  - Les réseaux existants dont la ou les chaudières biomasse sont mises à l'arrêt l'été : la question se pose pour le réseau Rezé Château.
- 



## 2.3.1 Le biogaz

### 2.3.1.1 Principe

C'est la décomposition de matières organiques qui crée le biogaz pouvant servir à la production de chaleur, ou d'électricité. Également appelé méthanisation, ce procédé consiste plus précisément en la digestion anaérobie des matières organiques par des micro-organismes. C'est une réaction biologique qui se produit naturellement dans certains sédiments, marais ou rivières. Elle peut alors être reproduite artificiellement dans des usines de méthanisation.

Le procédé utilisé dans les usines de méthanisation se résume en trois étapes principales : l'hydrolyse + l'acidogénèse, l'acétogénèse et enfin la méthanogénèse.

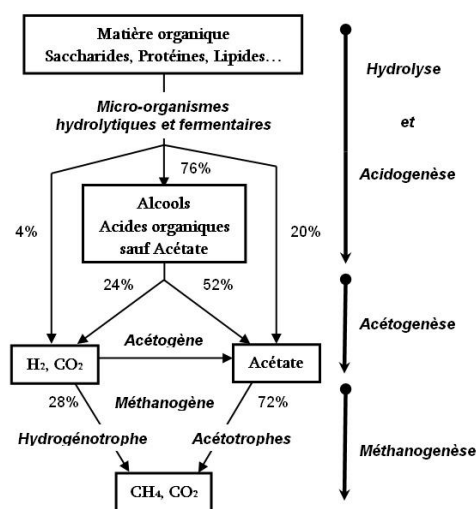


Figure 50 : Schéma des principales étapes de la méthanisation

Ce procédé consiste en une succession de dégradations faisant intervenir pour chaque étape des micro-organismes bien spécifiques. Contrairement au compostage, ce procédé est totalement dépourvu d'apport en oxygène.

On obtient en sortie un biogaz généralement composé à 60% de  $CH_4$ , 30% de  $CO_2$  et 10% d'un ensemble de gaz ( $H_2O$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $O_2$  et  $H_2S$ ) et des résidus solides qui servent ensuite comme fertilisants.

Ce procédé présente de nombreux avantages et notamment :

- La réduction des odeurs et de la charge pathogène des matières traitées,
- La réduction des émissions de gaz à effet de serre par les fermes,
- L'utilisation de sous-produits de l'industrie alimentaire de source non agricole,
- L'amélioration de la valeur fertilisante du fumier,
- La réutilisation de la fraction fermentescible des déchets ménagers,
- La production d'énergie.

Ce procédé présente l'avantage d'être adaptable à des déchets liquides (effluents d'élevage, boues de STEP) ainsi qu'à des déchets solides (déchets alimentaires, emballages, textiles, déchets verts, déjections animales...etc.).



Il existe plusieurs modes de valorisation du biogaz :

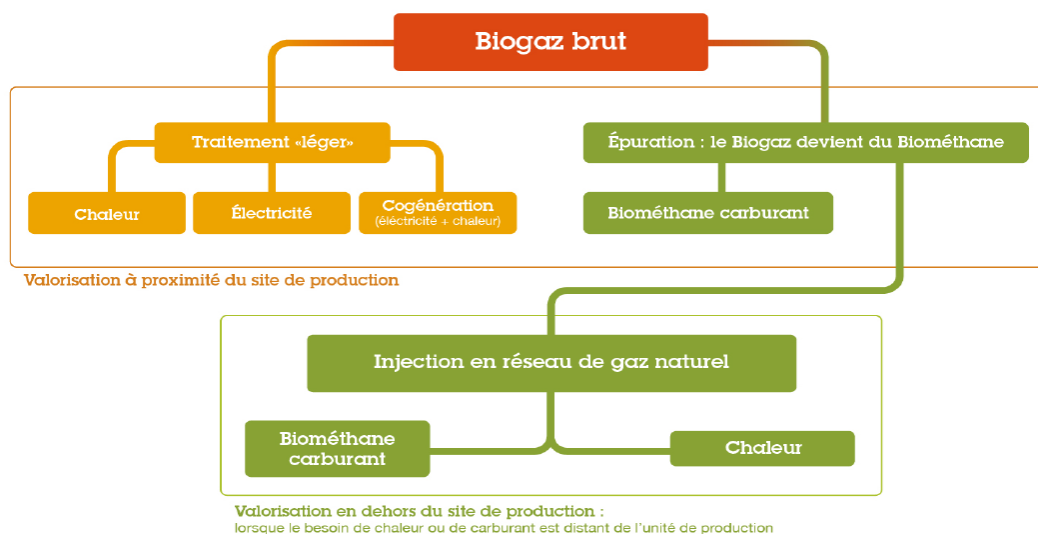


Figure 51 : Schéma du principe de valorisation du biogaz brut

L'injection du biométhane dans les réseaux de gaz naturel est désormais autorisée par les pouvoirs publics. Lorsque le biogaz est injecté dans le réseau, il se mélange au gaz naturel, il n'est alors plus possible de les distinguer. Il est donc nécessaire d'assurer sa traçabilité.

Pour cela, des certificats de garantie d'origine (GO) ont été mis en place. Chaque unité (MWh<sub>PCS</sub>) de biogaz injecté donne lieu à l'émission d'une garantie d'origine identifiée, grâce notamment à son lieu de production et aux déchets utilisés. Lorsque le consommateur souhaite consommer du biogaz, l'achat de GO lui assure que le gaz qu'il consomme correspond à une quantité de biogaz effectivement produite. Ces garanties d'origine sont disponibles sur un marché d'échange.

### 2.3.1.2 Contraintes

Cette voie de verdissement du réseau est prometteuse mais freinée de plusieurs façons :

- Encore trop méconnue du grand public,
- Le contrôle et la gestion des réactions chimiques requises sont contraignants,
- Il est primordial d'effectuer une très bonne maintenance des équipements,
- Répartition inhomogène sur l'année des apports organiques,
- Le pouvoir méthanogène des déchets varie énormément, des mélanges sont nécessaires pour assurer un rendement suffisant.

Les installations de méthanisation sont classées pour l'environnement sous la rubrique ICPE n°2781 – méthanisation de matière brute, effluents d'élevage, matières stercoraires, lactosérum et déchets végétaux d'industries agroalimentaires - et soumises, en fonction de leur capacité de traitement et du type de déchets traités, à autorisation, à enregistrement ou à déclaration (décret du 6 Juin 2018) :

- Autorisation : quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 100t/j,
- Enregistrement : quantité de matières traitées étant comprise entre 30t/j et 100t/j,
- Déclaration : quantité de matières traitées étant inférieure à 30t/j.



### 2.3.1.3 Ressource locale

En Loire Atlantique, 8 unités de méthanisation étaient en fonctionnement en Juillet 2017 (dont celle de la station d'épuration Nantes Métropole à Rezé) et 2 projets étaient en cours d'instruction.

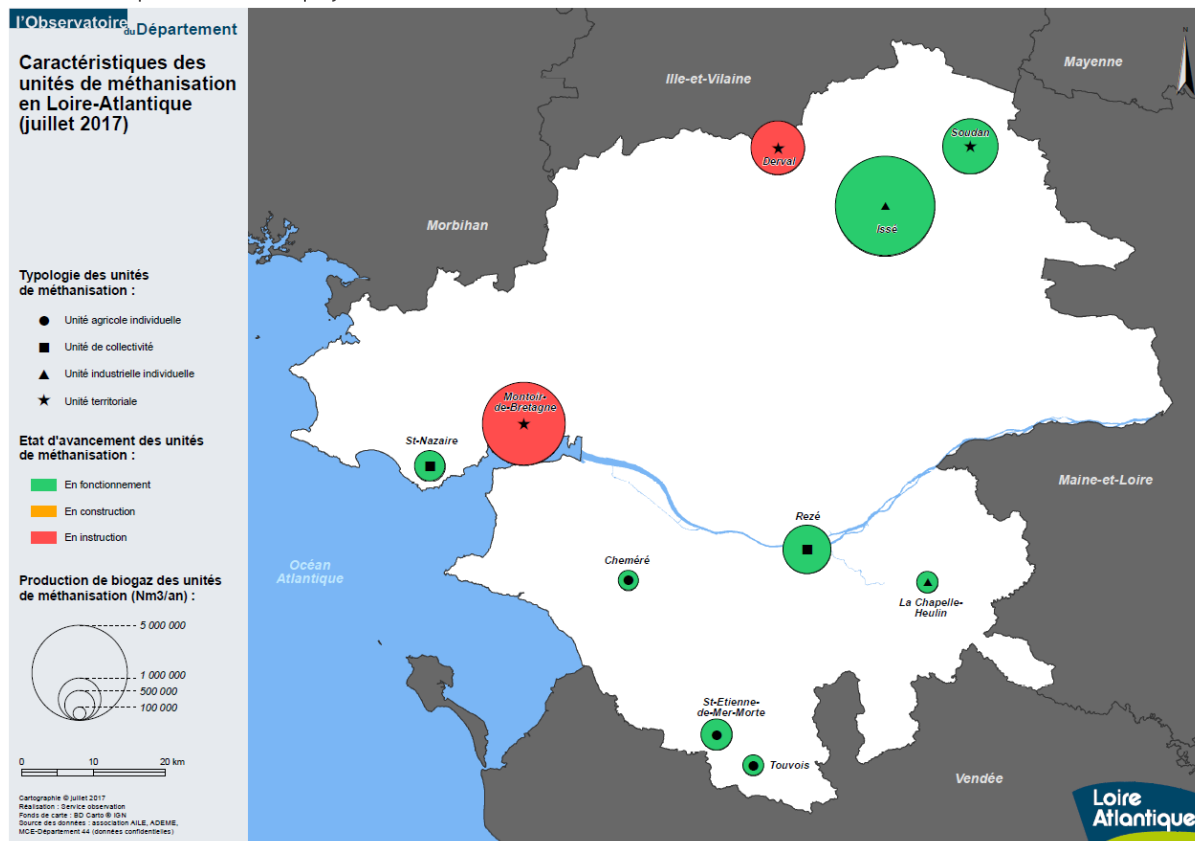


Figure 52 : Cartographie des unités de méthanisation en Loire Atlantique en Juillet 2017

Le territoire de Nantes Métropole est propice au développement d'unités de méthanisation avec :

- Des zones propices pour la cogénération avec :
  - La présence de nombreuses serres agricoles chauffées,
  - La présence de plusieurs STEP et unités de valorisation des déchets,
  - De nombreuses zones relatives aux grandes surfaces et industries agroalimentaires.
- Un territoire couvert par le réseau gaz propice pour l'injection.

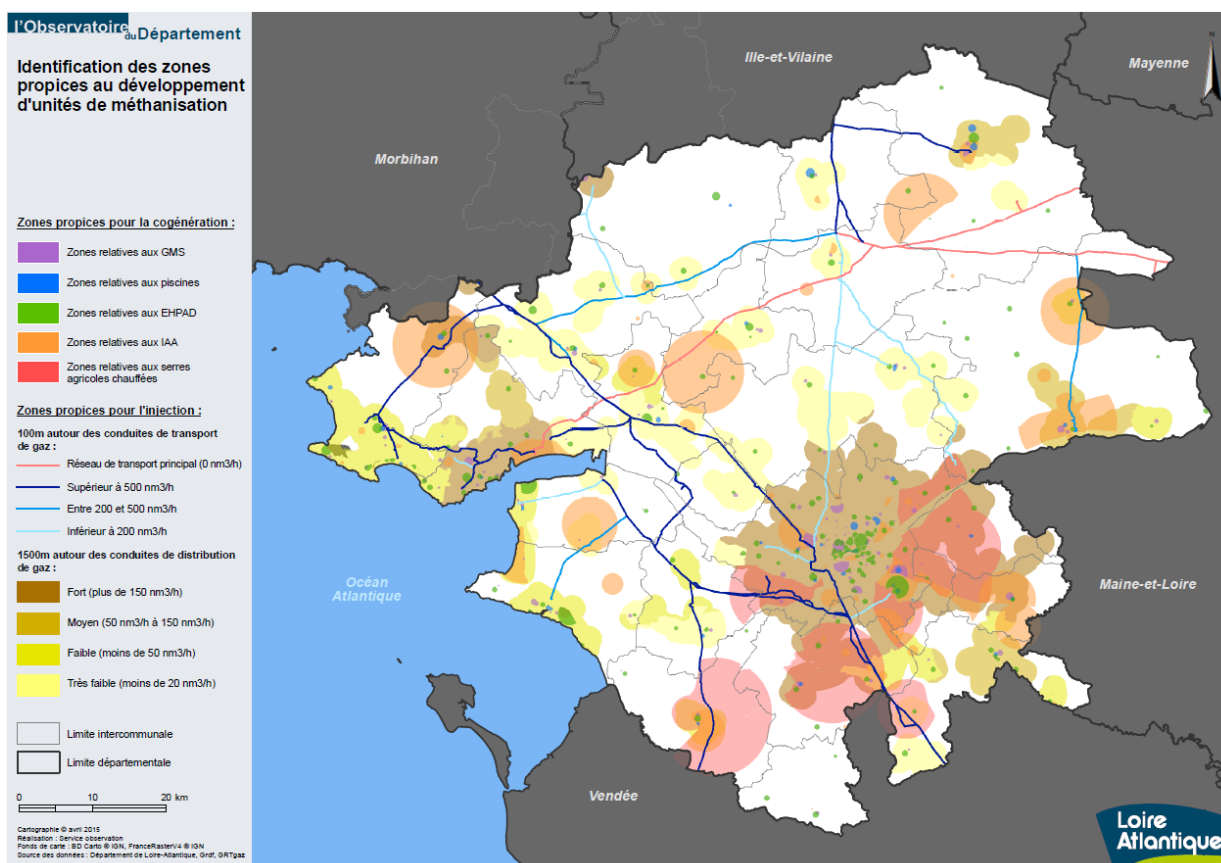


Figure 53 : Cartographie des zones propices au développement d'unités de méthanisation en Loire Atlantique

## LES PROJETS EN COURS SUR LE TERRITOIRE DE NANTES METROPOLE

A ce jour, trois projets de méthanisation sont en cours ou à l'étude :

- Secteur de Tougas :
  - Etat d'avancement du projet : mise en service prévisionnelle fin 2023,
  - Porteur du projet : Vol-V filiale d'ENGIE,
  - Estimation production de biogaz :  $\approx 25$  GWh/an.
- STEP de Tougas :
  - Etat d'avancement du projet : à l'étude,
  - Porteur du projet : Nantes Métropole,
  - Estimation production de biogaz :  $\approx 20$  GWh/an.
- Future STEP sur la prairie de Mauves :
  - Etat d'avancement du projet : à l'étude,
  - Porteur du projet : Nantes Métropole,
  - Estimation production de biogaz :  $\approx 2,5$  GWh/an.







Bien que des unités de méthanisation seront développées sur le territoire dans les prochaines années, Nantes Métropole privilégie l'utilisation du biogaz en injection sur le réseau gaz de manière à verdir celui-ci localement plutôt que pour alimenter les réseaux de chaleur qui bénéficient déjà de plusieurs sources d'ENR&R.

---

*Pour conclure, il existe un vrai potentiel de développement du biogaz sur le territoire de Nantes Métropole et certains projets sont déjà en cours de développement ou à l'étude. Cependant, Nantes Métropole souhaite valoriser le biogaz produit en injection sur le réseau de gaz. Cette source d'énergie renouvelable n'est donc pas privilégiée pour le verdissement des réseaux de chaleur.*

---



## 2.3.2 Le stockage thermique

### 2.3.2.1 Principe et objectifs

Les besoins en énergie sont par nature intermittents, avec des pics de consommations (par exemple le matin sur les réseaux de chaleur). Il en va de même pour une partie des productions d'énergies renouvelables (solaire, éolien).

L'objectif est alors de stocker une énergie (de préférence renouvelable) lorsque la consommation du réseau est inférieure à la production possible de cette source d'énergie. Lorsque la consommation du réseau est supérieure à la production possible, l'énergie stockée (renouvelable) est réutilisée pour subvenir aux besoins du réseau.

Le stockage d'énergie et plus particulièrement de chaleur peut être :

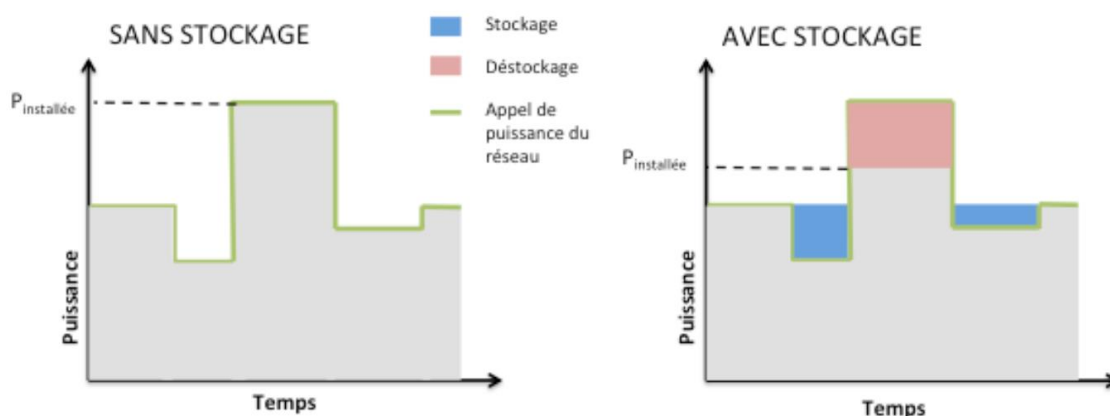
- Intra-journalier : il s'agit de stocker à certains moments de la journée (la nuit par exemple) de l'énergie qui sera utilisée pour les passages de pic ECS du matin par exemple) ;
- Hebdomadaire : il s'agit de stocker de l'énergie quelques jours, par exemple pendant une période de mi-saison chaude avant un refroidissement brusque ;
- Inter-saisonnier : il s'agit d'un stockage entre saison, par exemple stocker de la chaleur fatale en période estivale pour l'utiliser en période hivernale.

Il peut être réalisé de manière :

- Centralisé : le stockage est alors situé à côté de la production ;
- Décentralisée : par exemple avec des ballons de stockage primaire en sous-station qui permettent d'effacer la puissance nécessaire à la sous-station pendant les pics.

En réalisant ce stockage sur un réseau de chaleur il est alors possible de :

- Diminuer les appels de puissances sur le réseau, et donc la puissance installée en tête de réseau et/ou les canalisations (si stockage décentralisé)



- Maximiser la production d'EnR&R :

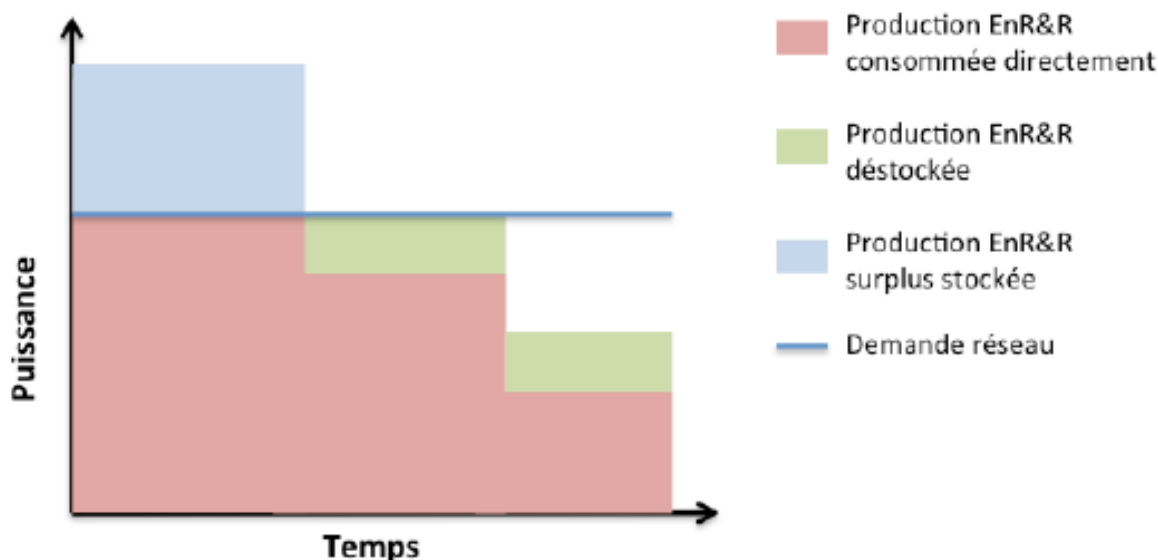


Figure 55. Schéma de l'intégration d'EnR&R avec stockage (rouge+vert) et sans stockage (rouge)

### 2.3.2.2 Technologies

Ce stockage peut être réalisé :

- Par élévation de température d'un matériau (stockage dit « sensible ») : c'est par exemple le cas dans les ballons d'eau chaude sanitaire qui permettent de passer les pointes d'appel d'ECS avec des puissances correctement dimensionnées,
- Par changement d'état d'un matériau (stockage dit « latent ») : c'est par exemple le cas des glaçons,
- Par réaction chimique entre plusieurs composés (stockage dit « thermochimique ») : c'est par exemple le cas des batteries.

Il est aussi possible d'envisager un stockage de combustible pendant la période de faible consommation de chaleur, combustible qui sera alors utilisé lors de besoins plus importants. Cette possibilité est particulièrement intéressante pour les incinérateurs, qui peuvent mettre en balles les déchets en été pour une combustion sur la période hivernale. Cela nécessite des fours légèrement surdimensionnés par rapport à l'autorisation d'incinération, fours qui fonctionnent à faible charge en période estivale mais à pleine charge en période hivernale. Cette possibilité doit être étudiée dans le cadre de l'étude de programmation du futur incinérateur de la Prairie de Mauves.

Les différentes technologies de stockage de chaleur sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Type		Durée (LT/CT/ mixte')	Temp. de stockage	Volume	Densité (kWh/m³)	Coût²	Maturité
Cuve de stockage sensible	Eau (P <sub>atm</sub> )	CT	<100°C	•	35	€€	Indus.
	Eau sous pression	CT	>100°C	•	Jusqu'à 40	€€	Indus.
Sol	Sol/roche	LT	<90°C	••••	5-15	€	Indus.
Aquifère	Eau/sable	LT	≈ 5 à 50°C	••••	15-20	€€	Indus.
Fosse	Eau (P <sub>atm</sub> )	LT	<90°C	•••	Proche de 35	€€€	Indus.
	Eau/gravier ou Eau/sable	LT	<90°C	•••	15-25	€€€	Indus.
Grand Réservoir	Eau (P <sub>atm</sub> ou sous pression)	LT- Mixte	>100°C	••	35-40	€€€€	Indus.
	Classique	CT- Mixte	-	-	80 - 100	-	R&D
MCP	Surfondu	LT	-	-	≈ 100	-	Faible
	Solide/solide	LT	-	-	≈ 100	-	Très faible
Thermochi mique	-	LT	-	-	300 - 500	-	Très faible

Figure 56. Synthèse des différentes technologies de stockage de chaleur (LT : Inter-saisonnier, CT : intra-journalier/hebdomadaire). Source : ADEME/AMORCE.

Chacune de ces technologies présente des avantages et des inconvénients. Pour plus détail, il est possible de consulter la publication RCT45 de l'AMORCE – Le stockage thermique dans les réseaux de chaleur.

A ce jour, les réseaux de chaleur en France sont très peu équipés de stockage thermique. Les expériences existantes concernent du stockage sensible sous forme d'eau à pression atmosphérique, en usage intra-journalier, pour stocker de la production biomasse ou solaire thermique. C'est notamment le cas :

- A Limeil-Brevannes (94), avec un ballon de 80 m³ pour stocker de la production bois et un stockage de 25 m³ pour stocker la production solaire thermique
- A Brest (29), avec un stockage de 1 000 m³, permettant de stocker de la chaleur fatale de l'incinérateur et de la production biomasse.



Figure 57. Stockage thermique du réseau de chaleur de Brest. Source : Dalkia

A l'étranger, le stockage de chaleur est plus fréquent, en particulier en Allemagne et dans les pays scandinaves. Il s'agit principalement de stockage de chaleur sous forme latente :

- Stockage dans d'anciennes mines ou en aquifère,
- Stockage en cuve ou réservoir de grande capacité,
- Stockage dans le sol/la roche.





### 2.3.2.3 Les applications à Nantes Métropole

---

Nantes Métropole dispose déjà d'outils de production de chaleur renouvelable et de récupération de taille importantes, disposés à différents endroits du territoire. Ces outils de production sont utilisés en moyenne à 35 % de leur capacité maximale. Le stockage permettrait alors, avec les mêmes équipements, de développer les réseaux tout en maintenant un taux d'énergie renouvelable satisfaisant.

Du stockage thermique pourrait être envisagé :

- A une échelle inter-saisonnière ou journalière :
  - A proximité du CTVD Arc-en-Ciel et de la chaufferie centrale du réseau Nord Chézine ;
  - A proximité du CTVD de la Prairie de Mauves et de la chaufferie biomasse Malakoff du réseau Centre Loire ;
  - A proximité de la chaufferie biomasse Californie sur le réseau Centre Loire ;
- A une échelle intra-journalière :
  - Sur l'ensemble des sites de production biomasse des réseaux de chaleur ;
  - N'importe où sur les réseaux existants, pour imaginer une extension qui nécessiterait un remplacement important de réseau.







### 2.3.3 Focus Prairie de Mauves

---

La Prairie de Mauves est un site situé à l'Est de Nantes Métropole, entre les voies ferrées et la Loire. Ancienne décharge publique, ce site est aujourd'hui en partie occupé par :

- Le centre de valorisation énergétique de la Prairie de Mauves et une déchetterie ;
- La chaufferie Malakoff du réseau de chaleur Centre Loire ;
- Diverses industries liées au non à l'environnement (usine de la Roche – production d'eau potable).

Comme détaillé précédemment, le centre de valorisation des déchets doit faire l'objet d'une refonte complète à l'horizon 2024/2025, projet piloté par la Direction des Déchet de Nantes Métropole.

En parallèle, la direction de l'eau envisage la création d'une station de traitement des eaux polluées (STEP), et le pôle énergie de Nantes Métropole réfléchit à l'implantation d'un cluster énergétique sur la zone qui pourrait comprendre, suivant des réflexions qui doivent être menées :

- Des installations de production d'électricité renouvelables et ou de récupération : groupe turbo-alternateur sur le futur centre de valorisation des déchets, parc éolien citoyen, ferme solaire photovoltaïque ;
- Des installations de « stockage » d'énergie : power-to-gas, power-to-heat...

Il est nécessaire, au vu de ces nombreux projets, de mener une réflexion large et d'imaginer ce pôle comme un laboratoire de la transition écologique et de l'écologie industrielle pour relocaliser mettre en œuvre le maximum de synergie possibles, par exemple :

- Améliorer la récupération de chaleur fatale sur le centre de valorisation en diminuant les températures retours du réseau. La diminution des températures retours pourrait être imaginée avec des process nécessitant de la très basse température sur la STEP ou sur la production d'eau ;
- Valoriser des flux de matières de la déchetterie pour la combustion ;
- Envisager l'implantation d'une production et combustion de combustible solide de récupération ;
- Envisager du stockage de chaleur à différentes échelles temporelles, possiblement sur d'autres industries qui pourraient s'implanter localement ;
- ...

Le pilotage de cet ensemble éco-industriel pourrait être porté par un opérateur qui serait chargé d'optimiser les différentes valorisations dans un souci environnemental et économique dans une logique Smart Grid, l'ensemble des sujets eau-électricité-déchets-chaleur-gaz étant liés.

Ce projet représente une opportunité fantastique qui ne se présente que très rarement pour une collectivité. Il est important de saisir cette opportunité pour imaginer un projet d'avenir ambitieux en réfléchissant à l'échelle complète de la zone et non plus « éléments par éléments », et de manière transversale avec des partenaires compétents sur l'ensemble des domaines.



### 3. GLOSSAIRE

**CVE / UVE** : Centre de valorisation énergétique / Usine de valorisation énergétique. Statut atteint par les incinérateurs d'ordure ménagère à partir d'un certain seuil de valorisation énergétique (électricité et chaleur), permettant de diminuer la taxe générale sur les activités polluantes.

**Densité thermique** : Quantité d'énergie thermique appelée par mètre de conduite du réseau de chaleur installée.

**Degré Jour Unifié (DJU)** : Différence de température entre la température extérieure et la température de 18°C (température intérieure des logements), multipliée par la durée de cette différence (en jours).

**DN** : Diamètre Nominal (d'une conduite)

**DSP** : Délégation de Service Public

**Durée équivalente à pleine puissance** : Voir taux d'utilisation équivalent à pleine puissance

**Echangeur de chaleur** : dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre sans les mélanger. Le flux thermique traverse la surface d'échange qui sépare les fluides. Ils sont souvent de type échangeurs à plaques (les surfaces d'échange sont des plaques de métal).

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire

**EnR&R** : Energies nouvelles Renouvelables et de Récupération

**DOE** : Dossier des Ouvrages Exécutés

**FOL/FOD** : Fioul Lourd / Fioul Domestique

**GER** : Gros entretien et renouvellement

**GN** : Gaz naturel

**Gradient géothermal** : augmentation de température constatée dans le sous-sol à mesure que l'on s'éloigne de la surface.

**GTA** : Groupe Turbo-Alternateur — Installation visant à transformer l'énergie mécanique (rotation d'une turbine) en énergie électrique (courant alternatif).

**GTC** : Gestion Technique Centralisée

**ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement. Dans le cas d'une chaufferie cela concerne les installations dont la puissance est supérieure à 2 MW.

**IRIS** : Ilots Regroupés pour l'Information Statistique. Découpage du territoire en mailles de taille homogène d'environ 2 000 habitants réalisé par l'INSEE.

**MWh<sub>ut</sub>** : MWh<sub>utile</sub>, quantité d'énergie ne nécessitant pas d'être transformée pour être utilisée. Par opposition aux MWh<sub>PCS</sub> et MWh<sub>PCI</sub> des énergies fossiles.

**PE TGAP** : Indicateur de valorisation énergétique (Performance Energétique) servant de base pour la détermination du montant de la TGAP.

**P1/P2/P3/P4** : Dénominations standards des charges d'exploitation dans le chauffage collectif correspondant respectivement à :

- l'achat de combustible,
- l'entretien courant,
- les charges de Gros Entretien et Renouvellement
- le financement.

**Rendement d'un réseau de chaleur** : Rapport entre la quantité de chaleur livrée en sous-stations et la quantité de chaleur produite en tête de réseau, permettant d'évaluer les pertes thermiques du réseau



**Réseau primaire** : Partie du réseau de chaleur située en amont des sous-stations, reliant celles-ci aux centrales de production de chaleur

**Réseau secondaire** : Réseau situé en aval des sous-stations, permettant de relier celles-ci aux locaux à chauffer. Le réseau secondaire ne fait pas juridiquement partie du réseau de chaleur géré par le délégataire.

**RT (2005/2012 ...)** : Règlementation Thermique

**Taux d'utilisation équivalent à pleine puissance** : Aussi appelé facteur de charge, il s'agit du ratio entre l'énergie effectivement produite par un moyen de production et l'énergie qui aurait été produite si ce moyen de production fonctionnait à pleine puissance en permanence. En multipliant ce taux par le nombre d'heure annuel, on obtient la durée équivalente à pleine puissance.

**TGAP** : Taxe Générale sur les Activités Polluantes.

**TICGN/TICPE** : Taxe Intérieure sur la Consommation de Gaz Naturel / de Produits Énergétiques

**Température de base** : Température extérieure de référence pour la réalisation des bilans thermiques. Elle correspond à la température minimale (constatée au moins 5 jours dans l'année) d'un lieu donné.

**Sous-station** : Interface entre le réseau primaire et le réseau secondaire, la sous-station est le lieu où la chaleur est livrée par le fournisseur du service de chauffage urbain. Physiquement, il s'agit d'un échangeur thermique, situé en général en pied d'immeuble.

**STEP** : Station de traitement des Eaux Polluées

**UIDND, ex-UIOM** : Usine d'Incinération des Déchets Non Dangereux

**UVE** : Voir CVE

**VNC** : Valeur Nette Comptable, montant des biens restant à amortir à la fin de la délégation

