



**Ville de Laval**

Diagnostic du  
Réseau de Chaleur  
Laval Énergie Nouvelle

*Date de remise : 30/09/2023*

*Référence CEDEN : 2022-30*



SAS au capital de 53 500 €uros

RCS Rouen 488 524 919

SIRET : 488 524 919 00047

Code APE : 71.12B

n° TVA intracommunautaire : FR23488524919

adresse électronique : [secretariat@ceden.fr](mailto:secretariat@ceden.fr)



## Lexique

|       |                                             |
|-------|---------------------------------------------|
| DJU   | Degrés-Jour Unifiés                         |
| ECS   | Eau Chaude Sanitaire                        |
| FOD   | Fioul Domestique                            |
| CSR   | Combustibles Solides de Récupération        |
| LEN   | Laval Énergie Nouvelle                      |
| CSDND | Centre de stockage de déchets non dangereux |
| MW    | Mégawatt                                    |
| MWh   | Mégawattheure                               |
| GWh   | Gigawattheure (x 1 000 MWh)                 |
| GER   | Gros entretien et renouvellement            |
| DSP   | Délégation de service public                |

## Sommaire

|          |                                                                                                                    |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Contexte.....</b>                                                                                               | <b>1</b>  |
| 1.1      | L'Histoire du contrat .....                                                                                        | 1         |
| 1.2      | Spécificités du contrat .....                                                                                      | 2         |
| 1.3      | Modes de production .....                                                                                          | 2         |
| 1.4      | Principales caractéristiques du réseau de chaleur .....                                                            | 2         |
| <b>2</b> | <b>Le dispositif contractuel.....</b>                                                                              | <b>5</b>  |
| 2.1      | Caractéristiques générales des conventions du Réseau de la Ville de Laval .....                                    | 5         |
| 2.2      | Analyse critique des principales clauses de la concession .....                                                    | 6         |
| 2.2.1    | Missions et engagements du Concessionnaire .....                                                                   | 6         |
| 2.2.2    | Equilibre économique de la concession .....                                                                        | 6         |
| 2.2.3    | Fin de contrat.....                                                                                                | 7         |
| 2.2.4    | Conditions de résiliation unilatérale de la délégation.....                                                        | 8         |
| 2.3      | Possibilités d'évolution .....                                                                                     | 9         |
| 2.4      | Analyse de l'Autorisation d'Occupation Temporaire du domaine public relatif à la centrale de cogénération gaz..... | 9         |
| 2.4.1    | Obligations réciproques .....                                                                                      | 9         |
| 2.4.2    | Fin d'autorisation .....                                                                                           | 10        |
| <b>3</b> | <b>Présentation du service public du réseau de chaleur.....</b>                                                    | <b>11</b> |
| 3.1      | Les bâtiments raccordés .....                                                                                      | 11        |
| 3.1.1    | Les puissances souscrites .....                                                                                    | 11        |
| 3.1.2    | Evolution des puissances souscrites .....                                                                          | 12        |
| 3.2      | Les livraisons énergétiques .....                                                                                  | 13        |
| 3.2.1    | Nature des besoins couverts .....                                                                                  | 13        |
| 3.2.2    | Les livraisons de chaleur.....                                                                                     | 14        |
| 3.2.3    | Cohérence des Puissances souscrites par abonnés .....                                                              | 15        |
| 3.2.4    | Les livraisons de chaleur corrigées du climat .....                                                                | 17        |
| <b>4</b> | <b>Les installations techniques.....</b>                                                                           | <b>20</b> |
| 4.1      | Les équipements de production.....                                                                                 | 20        |
| 4.1.1    | Récupération de la chaleur de combustion des CSR et du biogaz.....                                                 | 20        |
| 4.1.2    | Production de chaleur par combustion de gaz .....                                                                  | 21        |
| 4.1.3    | Production d'énergie .....                                                                                         | 22        |
| 4.1.4    | Consommations d'énergie finale .....                                                                               | 22        |
| 4.2      | Le réseau de distribution.....                                                                                     | 23        |
| 4.2.1    | La description du réseau .....                                                                                     | 23        |
| 4.2.2    | Les indicateurs de performance de la distribution .....                                                            | 24        |
| <b>5</b> | <b>Etat des émissions atmosphériques.....</b>                                                                      | <b>27</b> |
| 5.1      | Les gaz à effet de serre .....                                                                                     | 27        |
| 5.1.1    | Les émissions.....                                                                                                 | 27        |
| 5.1.2    | La gestion des quotas.....                                                                                         | 28        |
| 5.2      | Emissions polluantes .....                                                                                         | 28        |
| <b>6</b> | <b>Le potentiel EnR&amp;R supplémentaire mobilisable .....</b>                                                     | <b>29</b> |
| 6.1      | Quels types d'énergie renouvelable et/ou de récupération sont mobilisables pour développer le service ? .....      | 29        |
| 6.2      | Le potentiel EnR&R mobilisable .....                                                                               | 31        |
| 6.2.1    | La chaleur fatale .....                                                                                            | 31        |



|       |                                                                  |    |
|-------|------------------------------------------------------------------|----|
| 6.2.2 | Le bois énergie .....                                            | 32 |
| 7     | <i>Le bilan économique</i> .....                                 | 44 |
| 7.1   | Les charges d'achat de combustible.....                          | 44 |
| 7.1.1 | Achats de chaleur à Séché Éco-Industrie (Chaleur fatale) .....   | 44 |
| 7.1.2 | Achats de chaleur à COGESTAR 2 (Cogénération Gaz) .....          | 45 |
| 7.1.3 | Achats de gaz à CORENE (fonctionnement des chaudières gaz) ..... | 46 |
| 7.1.4 | Achats de produits pétroliers .....                              | 47 |
| 7.1.5 | Synthèse des charges d'achats de combustible .....               | 47 |
| 7.2   | Les frais d'achat de l'électricité .....                         | 48 |
| 7.3   | Les charges de gestion courante du réseau .....                  | 48 |
| 7.3.1 | Frais de maintenance et d'entretien courant.....                 | 49 |
| 7.3.2 | Frais de gestion .....                                           | 49 |
| 7.3.3 | Taxes et assurances.....                                         | 51 |
| 7.4   | Les charges GER .....                                            | 52 |
| 7.5   | Les charges d'amortissement et les travaux neufs.....            | 52 |
| 7.6   | Les charges financières.....                                     | 53 |
| 8     | <i>Bilan et perspectives</i> .....                               | 54 |
| 9     | <i>Annexes : Aspects Techniques</i> .....                        | 56 |
| 9.1   | Liste des documents disponibles .....                            | 56 |
| 9.2   | Schémas Hydrauliques.....                                        | 56 |
| 9.3   | Liste des sous-stations .....                                    | 59 |
| 9.4   | Tracé du réseau LEN .....                                        | 60 |
| 9.5   | Liste des tronçons du réseau LEN .....                           | 62 |

|             |         |                   |                   |
|-------------|---------|-------------------|-------------------|
| Dossier     | Société | Nom               | Le                |
| Élaboré par | CEDEN   | Axel BOULANT      | 29 septembre 2023 |
|             | CEDEN   | Dominique PLUMAIL | 29 septembre 2023 |
| Vérifié par | CEDEN   | Dominique PLUMAIL |                   |

# 1 Contexte

La ville de Laval est dotée d'un réseau de chaleur desservant principalement **trois quartiers : Ferrié, Les Fourches et Saint-Nicolas**. L'exploitation de ce réseau et des moyens de production d'énergie s'y rattachant ont été délégués à la société **Laval Énergie Nouvelle (LEN)**, jusqu'au **2 septembre 2035 (suite à la signature de l'avenant 2 au contrat de DSP, le 20 juin 2016)**. A la fin de l'année 2022, le réseau possède une puissance installée de **58,9 MW** et dessert **78 sous-stations** sur une **longueur totale de 18,6 km**.

Deux chaufferies permettent d'alimenter ce réseau, dont une équipée d'une sous-station dédiée à la récupération de chaleur fatale, issue de la combustion de Combustibles Solides de Récupération (CSR).



**Photo 1 : Chaufferie Saint Nicolas (source : LEN)**



**Photo 2 : Chaufferie Ferrié (source : LEN)**

## 1.1 L'Histoire du contrat

Le contrat de concession avec la société Laval Énergie Nouvelle (société dédiée à l'exploitation du réseau) a été signé le **26 août 2014** par la ville de Laval, avec pour objets :

- La distribution et la fourniture de chaleur d'eau chaude aux abonnés ;
- La gestion des relations contractuelles avec les abonnés et la perception des redevances ;
- L'exploitation, l'entretien, la maintenance et le renouvellement de l'ensemble des ouvrages délégués ;
- La recherche de nouveaux abonnés, les possibilités d'extensions du réseau et la diversification des sources d'approvisionnement en énergie.

La société LEN est détenue par deux actionnaires :

- CORIANCE, opérateur énergétique indépendant spécialisé dans la gestion de réseaux de chaleur, est actionnaire majoritaire à hauteur de 98% ;
- Séché Éco-Industries, un des principaux acteurs de la gestion et de la valorisation des déchets en France, est actionnaire à hauteur de 2%.

LEN n'est dotée d'aucun effectif à la fin de l'année 2021.

Le contrat de délégation a par la suite été modifié par **2 avenants successifs** qui stipulent :

- 5 août 2015 : La substitution de la société LEN au Groupement CORIANCE/Séché Éco-Industries en qualité de délégataire du service public ;
- 20 juin 2016 : La prolongation d'un an du contrat de DSP (suite au décalage des travaux de premier établissement), la prise en compte des subventions réelles versées par l'ADEME, la proposition des clefs de répartition pour le surcoût des travaux liés au franchissement de la Mayenne et ceux liés aux modifications du règlement de voirie, la fixation des nouveaux tarifs et leur indexation, la mise à jour de certaines annexes du Contrat, la mise en annexe du Contrat des projets de conventions de mise à disposition de chaufferies entre le Délégataire, le délégant et certains abonnés.

Un troisième avenant concernant le prix de la chaleur fournie par Séché Éco-Industries et son impact sur l'indexation du tarif R1 n'a pas été finalisé pour l'instant.

## 1.2 Spécificités du contrat

Deux contrats de **fourniture de chaleur** ont été conclus :

- Entre **LEN** et **Séché Eco-industrie**. Le prix de la chaleur fournie par Séché-Eco industrie est indexé sur la base d'une formule qui est la même que la formule d'indexation du tarif R1EnR facturé aux abonnés du réseau de chaleur (voir le détail au paragraphe 7.1.1);
- Entre **LEN** et **COGESTAR** pour valoriser la chaleur produite par l'unité de cogénération (voir le détail au paragraphe 2.4.1.1).

Un contrat de **fourniture gaz** a été conclu avec la société **CORENE**, filiale du groupe CORIANCE (voir le détail au paragraphe 7.1.3).

LEN a confié la **conduite, la maintenance et le Gros Entretien et Réparation** (GER) à la société **DALKIA**, via un **contrat de sous-traitance** d'une durée identique à celle de la DSP.

La société LEN a également signé un **contrat d'assistance technique** avec le groupe **CORIANCE** pour la fourniture de prestations concernant les **services support** (comptabilité, assistance juridique et RH, etc).

Une **convention de trésorerie** a aussi été signée avec le groupe **CORIANCE**.

## 1.3 Modes de production

Les équipements de production sont répartis entre deux chaufferies : la Chaufferie Ferrié et la centrale thermique Saint-Nicolas.

La production de chaleur renouvelable est assurée par la valorisation de l'énergie issue de la combustion de Combustibles Solides de Récupération (CSR) et de biogaz, de l'installation exploitée par l'industriel Séché Éco-Industries, sur son site industriel localisé à Changé (hors du périmètre du contrat de DSP).

La **puissance thermique totale installée** de ce réseau est de **58,9MW** dont **21MW de puissance ENR&R**.

**Tableau 1 : Modes de production de la centrale thermique Saint-Nicolas**

| Saint-Nicolas               |                             |                       |                      |                        |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
| Chaudière gaz naturel/fioul |                             | Chaudière gaz naturel | Cogénération Gaz     |                        |
| 10 MW                       | 6,3 MW (renouvelée en 2021) | 3,5 MW                | 8,1 MW <sub>th</sub> | 7,4 MW <sub>elec</sub> |

**Tableau 2 : Modes de production de la chaufferie Ferrié**

| Ferrié                |                                 |
|-----------------------|---------------------------------|
| Chaudière gaz naturel | Echangeurs Séché Éco-Industries |
| 10 MW                 | 21 MW                           |

## 1.4 Principales caractéristiques du réseau de chaleur

Le réseau de chaleur exploité par LEN comprend, à la fin de l'année 2022, **78 sous-stations** pour **18,6 km de canalisation**. Il est **approvisionné en grande majorité en chaleur achetée directement** à l'industriel Séché Éco-Industries. Il est également alimenté par les chaudières à gaz/FOD des deux chaufferies et par l'unité de cogénération de la centrale Saint-Nicolas.

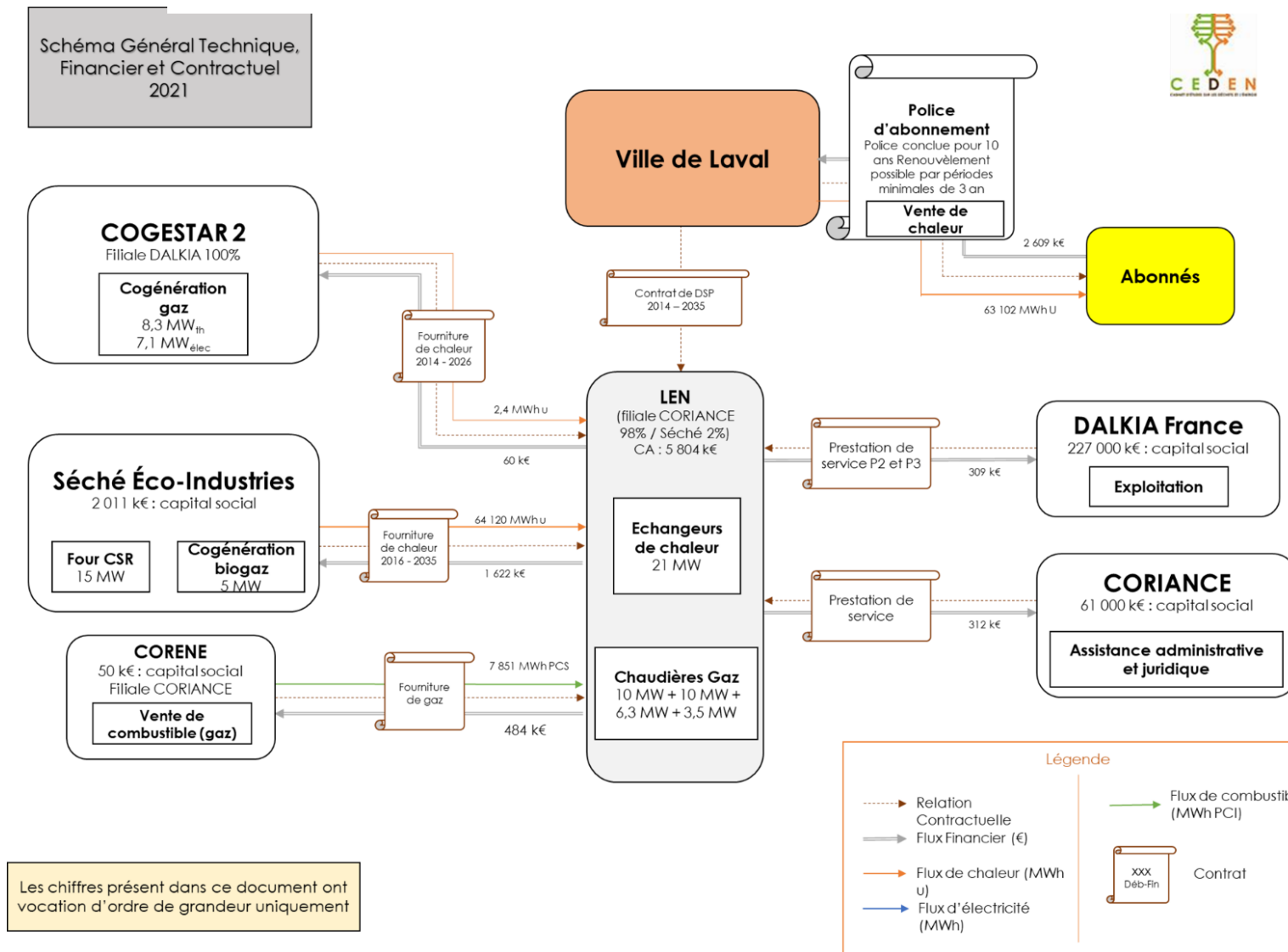
Cette unité de cogénération fonctionne en mode « mise à disposition du système électrique ». C'est-à-dire, qu'elle peut être appelée à fonctionner sur certaines plages (dont la durée est variable selon les hivers), pour fournir de l'électricité et aider à assurer les besoins électriques lors de certains pics de consommation.

Deux chaufferies d'îlotage sont également mises à disposition du réseau LEN par le Centre Hospitalier et la chaufferie des Fourches.

La chaufferie de la Maison d'Arrêt est également mise à disposition du réseau LEN, à des fins de secours uniquement.

Le **schéma** organisationnel du service public de distribution de la chaleur est précisé ci-dessous.

Figure 1 : Organigramme LEN (source RA LEN 2021 - Annexe 5)



## 2 Le dispositif contractuel

La Ville de Laval comportait historiquement deux réseaux de chaleur, sur les quartiers Saint-Nicolas et Ferrié, dont les installations ont été acquises par la ville.

Les deux réseaux, séparés par la Mayenne ont été raccordés en septembre 2017 après des travaux de premier établissement initiés lors de la signature du contrat de DSP.

### 2.1 Caractéristiques générales des conventions du Réseau de la Ville de Laval

| Caractéristiques générales du réseau de chaleur LEN |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Autorité délégante</b>                           | Ville de Laval                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Concessionnaire</b>                              | Laval Énergie Nouvelle, filiale de CORIANCE et Séché Éco-industries                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Structure contractuelle</b>                      | Concession de chauffage urbain et deux avenants entre la Ville de Laval et LEN<br>Autorisation d'Occupation Temporaire du Domaine Public, entre la ville de Laval, LEN et ses tiers opérateurs, portant sur la mise à disposition d'une partie du terrain d'assiette située dans le périmètre de la concession du service public du chauffage urbain de Laval en vue du financement, de la rénovation et de l'exploitation d'ouvrages et installations afin de produire de l'énergie thermique et de l'énergie électrique à partir de combustible gaz et la fourniture à LEN de l'énergie thermique produite.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Date de signature</b>                            | 26 août 2014                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Durée</b>                                        | 21 ans<br>La concession prendra fin le 2 septembre 2035                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Objet</b>                                        | Etablissement, exploitation, distribution de la chaleur nécessaire au chauffage de bâtiments et à leur alimentation en eau chaude sanitaire                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Périmètre</b>                                    | Trois quartiers (Ferrié, La Fourche et Saint-Nicolas), situés sur le territoire de la commune de Laval.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Travaux à la charge du Concessionnaire</b>       | Conception, financement et réalisation, suivant un programme déterminé, des travaux de premier établissement : <ul style="list-style-type: none"> <li>La réalisation du réseau d'interconnexion entre les quartiers Saint Nicolas, des Fourches et Ferrié ;</li> <li>À partir du réseau d'interconnexion, la réalisation de toutes les antennes permettant de raccorder de nouveaux abonnés ;</li> <li>La réalisation d'une sous-station de chauffage urbain, pour chacun de ces nouveaux abonnés ;</li> <li>La mise en place d'une installation complète de gestion technique centralisée (GTC) et de supervision ;</li> <li>La mise en place d'un échangeur en chaufferie Ferrié permettant de réaliser un export de la puissance disponible sur le réseau d'interconnexion à partir de la chaufferie Ferrié.</li> </ul> Conception, financement et réalisation des travaux qui seraient nécessaires à la production, à la récupération, à la production en secours, au transport, au stockage et à la distribution de chaleur et de l'eau chaude sanitaire sur le Réseau de chaleur. |
| <b>Rémunération du Concessionnaire</b>              | Vente de chaleur aux abonnés et facturation des prestations facultatives aux abonnés.<br>Vente de chaleur à des consommateurs situés en dehors du périmètre concédé, sous autorisation de la collectivité.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Intéressement</b>                                | Aucun intéressement n'est prévu dans le contrat de DSP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Titre d'occupation</b>                           | Mise à disposition des terrains et emplacements sur lesquels ou à l'intérieur desquels sont construits les ouvrages de production, de transport et de distribution publique d'énergie calorifique soumise au versement d'une redevance annuelle par LEN, pour la Ville de Laval.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| Caractéristiques générales du réseau de chaleur LEN |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                     | La redevance est composée d'une part fixe de 5 000€HT et d'une part variable de 2% du montant de la recette R2 annuelle (hors R25) perçue par le délégataire <sup>1</sup> .                                                                                                          |
| Destination des biens                               | Réalisation d'un diagnostic technique des installations deux ans avant l'expiration du contrat et par une entreprise externe et indépendante, agréée par la Ville de Laval. LEN devra exécuter l'ensemble des travaux de remise en état des installations indiqué par le diagnostic. |

## 2.2 Analyse critique des principales clauses de la concession

### 2.2.1 Missions et engagements du Concessionnaire

Outre l'établissement et l'entretien des ouvrages, le Concessionnaire est chargé d'exploiter, à ses risques et périls, le service de production, transport et distribution de chaleur et d'eau sanitaire.

A la suite de l'Annexe 8 du contrat de concession, LEN s'engage, à compter de la date de fin des travaux de premier établissement (au-delà de 2017), à une mixité énergétique du réseau :

- au minimum 81,80 % d'énergie issue d'une source renouvelable ou de récupération ;
- le gaz naturel ;
- le fioul domestique en secours.

En cas de taux EnR&R supérieur, l'exploitation se fait au bénéfice de LEN.

A l'avenir, ce taux contractuel pourra faire l'objet d'un avenant si le réseau présente, à répétition, une mixité énergétique largement supérieure aux 81,80% prévus.

**Une sanction s'applique toutefois en cas de non-respect des 81,80% d'EnR&R (article 73.11 du contrat de DSP) ; la Ville de Laval peut appliquer une pénalité de 1 000€ par tranche de 1% en dessous de taux.**

**De plus, si ce taux de couverture inférieur à 50% entraine des achats de quotas de gaz à effets de serre, LEN devra prendre entièrement à sa charge la part des achats liée à ce taux inférieur.**

**Enfin, si le taux de couverture est inférieur à 50% pendant deux années consécutives (entraînant l'inéligibilité du réseau à la TVA réduite), LEN compensera à sa charge le basculement de la TVA au taux plein.**

### 2.2.2 Equilibre économique de la concession

#### 2.2.2.1 Les recettes de LEN

LEN assure le service à ses frais, risques et périls. Sa rémunération est notamment assurée par :

- **des recettes** perçues auprès des abonnés en contrepartie de la fourniture de service public. La facturation s'effectue sur la base de leur consommation (chauffage et eau sanitaire le cas échéant) et de l'importance de leur installation (art. 55 du contrat de DSP) ;
- le coût du branchement au réseau (art. 51 du contrat de DSP) ;
- **des recettes** issues de la vente de l'énergie calorifique à des consommateurs situés en dehors du périmètre concédé (art. 55 du contrat de DSP).

#### 2.2.2.2 Les sommes perçues par la Collectivité

La Ville de Laval percevra une redevance annuelle correspondant :

- A la compensation de l'occupation du territoire ;
- Aux dépenses de contrôle de la délégation.

<sup>1</sup> Article 57.7 du contrat de DSP

### ➡ Redevance d'occupation du domaine public perçue par la Collectivité (art. 50.1.1 du contrat de DSP)

La redevance d'occupation du domaine public est la suivante :

- une part fixe, au titre de la mise à disposition des équipements, de 5 000 €HT en date de valeur du 1er septembre 2013 révisée comme stipulé à l'Article 57.7 du Contrat ;
- une part variable proportionnelle au chiffre d'affaires R2 (hors R25), fixée à 2% du montant de la recette R2 annuelle (hors R25) perçue par le DELEGATAIRE

### ➡ Redevance de contrôle (art. 50.1.2 du contrat de DSP)

La redevance de contrôle est la suivante :

- une part fixe, au titre de la redevance de contrôle, de 5 000 €HT en date de valeur du 1er septembre 2013 révisée comme stipulé à l'Article 57.7 du Contrat ;
- une part variable proportionnelle au chiffre d'affaires R2 (hors R25), fixée à 2,15% du montant de la recette R2 annuelle (hors R25) perçue par le DELEGATAIRE.

Pendant la phase transitoire puis pendant la première année d'exploitation en phase définitive (article 2.2), une redevance additionnelle de contrôle sera versée par le DÉLÉGATAIRE à la COLLECTIVITÉ pour un montant de 15 000 (quinze mille) euros hors taxes.

## 2.2.3 Fin de contrat

Les modalités de fin de concession sont définies à l'Article 82 du contrat de DSP.

### 2.2.3.1 Généralités (Article 82.1 du contrat de DSP)

Quelle que soit la cause de l'expiration du contrat, la Ville de Laval reprendra immédiatement contrôle des éléments constitutifs du Réseau de chaleur, des ouvrages délégués (y compris ceux réalisés et financés par LEN) et de l'ensemble des documents archives et données (procédures de gestion, fichiers de données du système d'information, fichier des abonnés) nécessaires à l'exploitation du Réseau.

L'ensemble des ouvrages délégués devra être restitué en parfait état de fonctionnement et la remise s'effectuera à titre gratuit. L'ensemble des ouvrages délégués fait l'objet d'un inventaire (faisant apparaître l'état des biens et leur évaluation) actualisé chaque année par LEN.

### 2.2.3.2 Biens de retour (Article 82.2 du contrat de DSP)

Aussi appelés *Ouvrages délégués*, les biens de retour sont les biens nécessaires au fonctionnement et à la continuité du service de fourniture de chaleur. Dès leur acquisition ou réalisation, ils entrent au patrimoine de la Ville de Laval, qui en laisse l'utilisation exclusive à LEN.

Ces biens concernent :

- L'ensemble des installations nécessaires à la production de chaleur et à la distribution des fluides thermiques y compris bâtiments, canalisations, installations primaires en sous-stations, matériels divers ;
- L'ensemble des terrains nécessaires à l'implantation des ouvrages (centrales de productions, réseaux de distribution, etc.) ;
- Les ouvrages et biens mobiliers et immobiliers acquis par LEN au cours de la concession et nécessaires à l'exécution du Service délégué dans les conditions fixées au présent contrat, dont les chaufferies et le système de télésurveillance, télégestion ou de gestion technique centralisée des chaufferies et des sous-stations ;
- Les installations et/ou ouvrages qui seraient établis ou modifiés ultérieurement, notamment les extensions et les renforcements réalisés en cours de délégation.

Si un bien de retour est acquis en cours de contrat de délégation et que sa durée d'amortissement est supérieure à la durée restante du contrat, la Ville de Laval devra verser une indemnité à LEN, d'une valeur égale à la valeur nette comptable, inscrite au bilan de LEN.

### 2.2.3.3 Biens de reprise (Article 82.3 du contrat de DSP)

Les biens de reprise sont les biens utiles pour la réalisation du service de distribution de la chaleur.

Les biens remis à LEN par la Ville de Laval seront remis gratuitement, en bon état d'entretien à la ville.

Les biens mis à disposition par LEN (ou une société du même groupe) pourront être repris par la Ville de Laval, moyennant le versement d'une indemnité à hauteur de la valeur nette comptable des biens. LEN ne peut s'opposer à la reprise des biens par la Collectivité.

#### 2.2.3.4 Biens propres (Article 82.4 du contrat de DSP)

Les biens propres sont les biens financés hors du compte de la concession et utilisés par LEN pour faciliter la mise en œuvre du service de distribution de la chaleur, sans pour autant y être affectés. Ils seront librement conservés par LEN, sans qu'aucun des deux partis ne puisse en exiger l'appropriation.

Au moment de la rédaction de ce rapport, aucuns biens propres n'ont été acquis par LEN.

#### 2.2.3.5 Rachats des stocks (Article 82.5 du contrat de DSP)

En fin de concession, les stocks de matériels divers (combustibles, pièces de rechange, ...) financés hors du compte de la délégation pourront être rachetés par la Ville de Laval ou le nouvel exploitant, selon un montant fixé à l'amiable ou par avis d'expert.

#### 2.2.3.6 Unité de cogénération gaz (Article 82.6 du contrat de DSP)

Dans le cas où une rupture de contrat interviendrait avant la fin de l'Autorisation d'Occupation du Territoire (AOT) délivrée pour l'exploitation de l'unité de cogénération gaz, la Ville de Laval devrait alors remplacer LEN pour la période restante. La Collectivité aurait alors deux options :

- **Résilier l'AOT sous condition de versement d'une indemnité ;**
- **Substituer un nouveau concessionnaire dans l'AOT, sans modifications de ses dispositions.**

### 2.2.4 Conditions de résiliation unilatérale de la délégation

#### 2.2.4.1 Résiliation pour motif d'intérêt général (Article 87 du contrat de DSP)

La ville de Laval peut résilier le contrat de DSP pour un motif tiré de l'intérêt général.

Une indemnité sera alors due à LEN, dont le calcul prendra en compte :

- Le manque à gagner pour LEN, sur la base des résultats d'exploitation prévisionnels ;
- La valeur nette comptable des ouvrages, installations, équipements financés en fonds propres ;
- La valeur financière résiduelle des emprunts et le montant financier des pénalités éventuelles ruptures de contrats engendrées par la résiliation du contrat de DSP ;
- Les frais de rupture des contrats de travail (en accord avec les conventions professionnelles en vigueur), sauf si reprise du personnel de LEN ;
- La valeur des stocks, fixée par dire d'expert, que la Collectivité souhaite racheter ;
- Des indemnités et frais dus à la rupture des contrats de fourniture et de prestations conclus par LEN, sauf en cas de reprise des contrats par la Collectivité ou un nouvel exploitant.

De cette indemnité sera déduite ou ajoutée, le montant réel (à la date de résiliation) des réserves constituées au titre du GER.

#### 2.2.4.2 Résiliation pour faute (Article 89 du contrat de DSP)

En cas de « faute d'une particulière gravité », notamment si le Concessionnaire a manqué aux engagements pris dans le contrat de DSP, en cas d'interruption totale prolongée du service ou en cas de fausses déclarations, la Ville de Laval peut résilier le contrat de DSP.

Cette résiliation unilatérale pour faute intervient après une mise en demeure suivie d'un préavis de trente jours. Les suites de la déchéance seront mises au compte du Concessionnaire.

## 2.3 Possibilités d'évolution

Ainsi qu'il a été indiqué précédemment, le contrat de concession initial a fait l'objet, à ce jour, de deux avenants successifs qui stipulent :

- La substitution de la société LEN au Groupement CORIANCE/Séché Éco-Industries en qualité de délégataire du service public ;
- La prolongation d'un an du contrat de DSP (suite au décalage des travaux de premier établissement), la prise en compte des subventions réelles versées par l'ADEME, la proposition des clefs de répartition pour le surcoût des travaux liés au franchissement de la Mayenne et ceux liés aux modifications du règlement de voirie, la fixation des nouveaux tarifs et leur indexation, la mise à jour de certaines annexes du Contrat, la mise en annexe du Contrat des projets de conventions de mise à disposition de chaufferies entre LEN, le délégant et certains abonnés.

Un troisième avenant concernant le prix de la chaleur fournie par Séché Éco-Industries et son impact sur l'indexation du tarif R1.

## 2.4 Analyse de l'Autorisation d'Occupation Temporaire du domaine public relatif à la centrale de cogénération gaz

### 2.4.1 Obligations réciproques

Cette AOT a pour objet de permettre, avec l'autorisation de la Ville de Laval, à LEN de conférer à un COGESTAR 2 sur une partie du terrain d'assiette situé dans le terrain situé dans le périmètre de la concession du service public de chauffage urbain de Laval, sur lequel elle dispose d'un droit de jouissance exclusif.

Cette autorisation a été conclue pour une durée de 12 ans et prendra fin en 2026, date de fin connue du contrat d'obligation d'achat par EDF de l'électricité produite.

En contrepartie de cette autorisation, le COGESTAR 2 s'engage d'une part, à réaliser et à exploiter cette installation et, d'autre part, à verser LEN, une redevance d'occupation du domaine public, d'une valeur fixe annuelle de 250 000 euros, facturée mensuellement par LEN à terme échu à chaque fin de mois de la saison d'hiver de cogénération pour un montant correspondant au cinquième de la rémunération annuelle révisée.

LEN s'engage à consommer en priorité la chaleur produite par la cogénération. Les tarifs d'achat de cette chaleur sont précisés ci-dessous et issus de l'Article 5 de l'AOT.

#### 2.4.1.1 Achat de chaleur issue de la cogénération

➡ Dans le cas où la chaleur de cogénération vient se substituer à la chaleur Séché

Le prix de vente de la chaleur cogénérée ( $P_{cc}$ ) est dans ce cas identique au prix d'achat de la chaleur issue de Séché, défini au paragraphe 7.1.1.

➡ Dans le cas où la chaleur de cogénération vient se substituer à la chaleur des chaudières gaz

Le  $P_{cc}$  est déterminé dans ce cas par la formule :  $P_{cc} = \frac{P_{rg}}{P_{rg0}} \times 0,9 + 1,2915 \times \frac{CO_2}{CO_{20}}$

Où  $P_{rg}$  représente le prix de la chaleur gaz sous chaudière (sans cogénération) ;

$CO_2$  représente prix du  $CO_2$  ;

$P_{rg0} = 32,87 \text{ €HTVA / MWh}_u$  (sur la base des prix du 1<sup>er</sup> novembre 2014 au 31 octobre 2015)

$CO_{20} = 5,655 \text{ €HTVA / tCO}_2$  (moyenne des prix de clôture du 1<sup>er</sup> novembre 2014 au 31 octobre 2015)

➡ Dans le cas où la chaleur cogénérée empêche LEN d'atteindre ses objectifs de taux de couverture EnR sur le réseau

LEN est en mesure de **facturer à COGESTAR 10% du prix d'achat dû à Séché** (pour la quantité de chaleur non-substituée) en cas de non-respect du taux d'EnR du réseau, dû au fonctionnement de la cogénération.

LEN confirme n'avoir aucun moyen de déterminer quelle chaleur (issue de Séché Éco-Industries ou du fonctionnement des chaudières gaz) est substituée. Aujourd'hui **l'hypothèse de facturation retenue est celle d'une substitution à 100% de la chaleur Séché.**

#### 2.4.1.2 Pénalités pour défaut d'enlèvement de la chaleur

En cas de non-enlèvement avéré, LEN devra verser une **indemnité correspondante** au **prix de la chaleur cogénérée** multipliée par la quantité de chaleur non enlevée.

### 2.4.2 Fin d'autorisation

#### 2.4.2.1 Retrait de l'autorisation suite à la résiliation anticipée du contrat de DSP

Comme évoqué au point 2.2.3.6, dans le cas où une rupture du contrat de DSP interviendrait avant la fin de l'AOT, la Ville de Laval devrait alors remplacer LEN pour la période restante. La Collectivité aurait alors deux options :

- Résilier l'AOT sous condition de versement d'une indemnité ;
- Substituer un nouveau concessionnaire dans l'AOT, sans modifications de ses dispositions.

#### 2.4.2.2 Résiliation unilatérale pour motif d'intérêt général

L'AOT prévoit également une possibilité de résiliation pour motif d'intérêt général sous réserve d'une part d'un préavis de six mois et, d'autre part, du versement d'une indemnisation portant sur l'ensemble des coûts directs, matériels et certains de l'éviction anticipée (coût non amorti des ouvrages, construction et installations de production, montant des pénalités liées à la résiliation anticipée des contrats de vente d'électricité, de prêt, de location ou de crédit-bail, *prorata temporis* de la partie de la redevance d'occupation du domaine public versée d'avance).

#### 2.4.2.3 Résiliation unilatérale pour faute

Dans le cas où le COGESTAR 2 manquerait à ses obligations, sans motif légitime, et que ce manquement lui soit exclusivement imputable, LEN pourra résilier l'AOT pour faute. Cette résiliation ne pourra être prononcée qu'après une mise en demeure d'un délai de trois mois et le COGESTAR 2 ne sera indemnisé que de la valeur nette comptable, non amortie, des ouvrages et constructions réalisés, dans le cadre de l'AOT, sur le terrain mis à disposition et sur les équipements de la centrale de cogénération gaz.

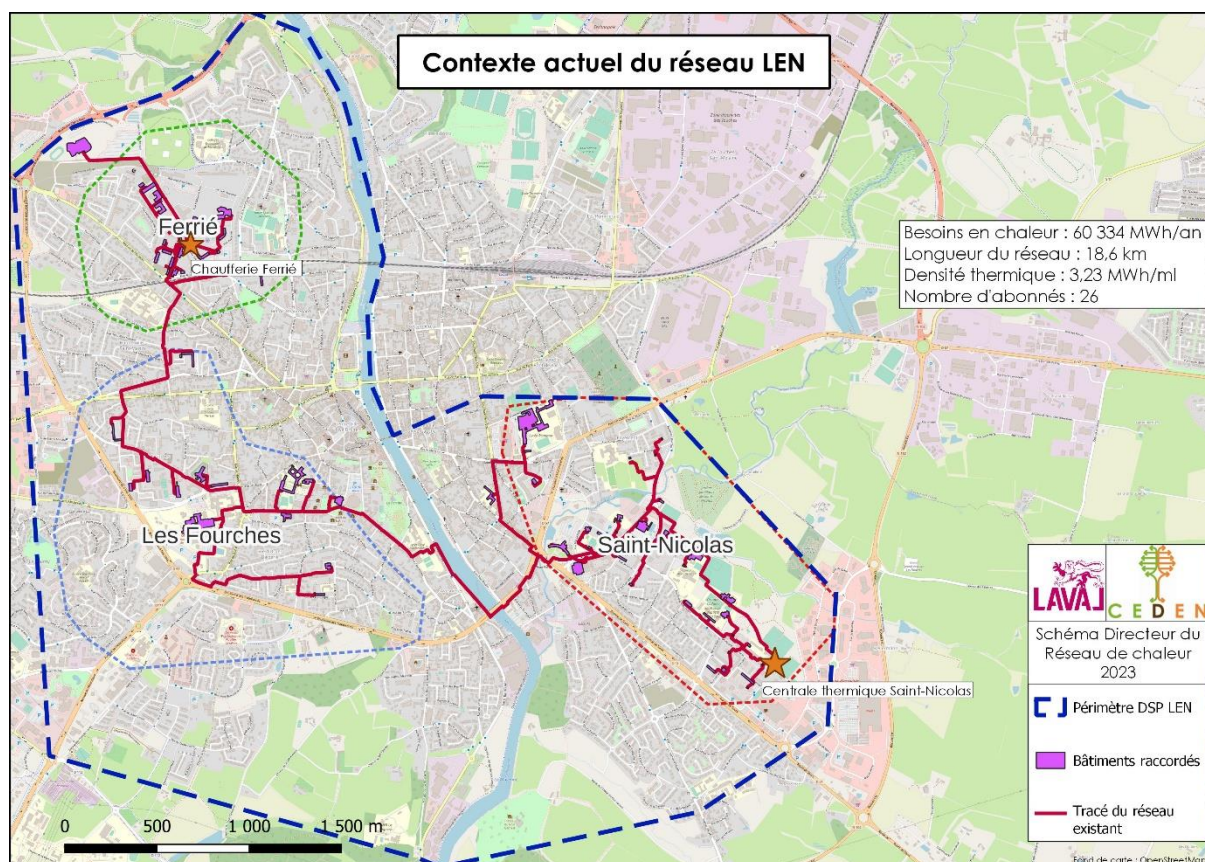
## 3 Présentation du service public du réseau de chaleur

### 3.1 Les bâtiments raccordés

Le réseau de chaleur dessert les catégories d'abonnés suivantes<sup>2</sup> :

- Habitat (**28** sous-stations) ;
- Tertiaire (**23** sous-stations) ;
- La Santé et le social (5 sous-stations) ;
- L'enseignement (**19** sous-stations) ;
- Les équipements sportifs (**3** sous-stations).

Figure 2 : Plan du réseau LEN (source RA LEN 2021)



#### 3.1.1 Les puissances souscrites

##### 3.1.1.1 Analyse par abonnés

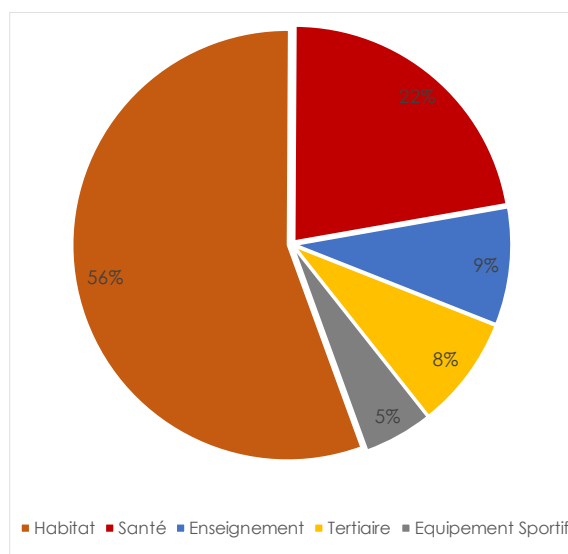
A la fin de l'année 2022, le réseau LEN dessert **78 sous-stations**, pour une **puissance souscrite totale de 34 349 kW**. Le détail de la répartition des sous-stations par abonnés est donné en Annexe 9.2.

Les **puissances souscrites** à la fin de l'année 2022 sont **inférieures de 13%** aux **puissances prévisionnelles indiquées dans le CEP** pour la même année (39 486kW soit 13% de puissances souscrites en moins). LEN devra justifier cet écart.

##### 3.1.1.2 Analyse par catégories d'abonnés

La **répartition des puissances souscrites** par catégorie d'abonnés est la suivante.

<sup>2</sup> Source : CEDEN, d'après données CA LEN 2022

**Figure 3 : Répartition de la puissance souscrite en kW (source CEDEN, d'après RA LEN 2022)**

Le réseau LEN se distingue par une proportion **majoritaire de l'habitat** : en effet, ce dernier représente **56%** de la puissance totale. Ce chiffre s'explique par l'implantation d'un des réseaux historiques dans la zone de logements collectifs du quartier Saint-Nicolas. Le secteur de la **Santé** est également un des secteurs principaux en termes de puissance souscrite, avec notamment le **Centre Hospitalier de Laval** qui représente à lui seul près de **19% de la puissance souscrite totale**.

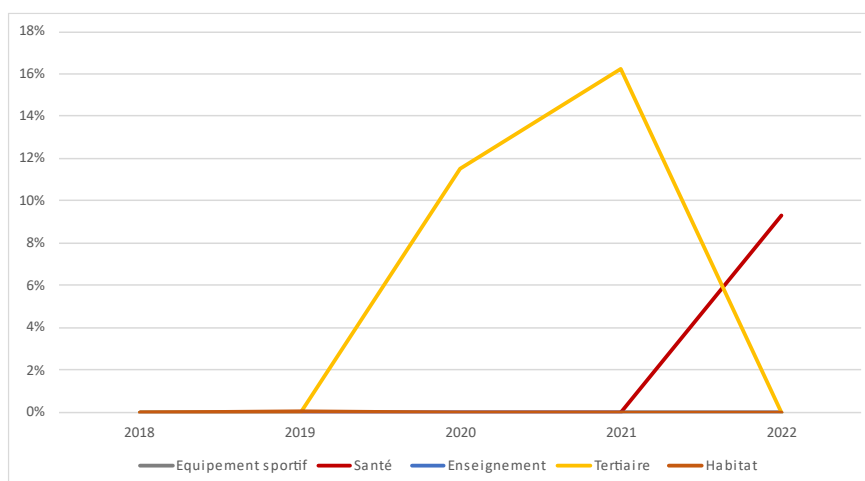
### 3.1.2 Evolution des puissances souscrites

L'évolution des besoins de chaleur du réseau transparait dans une certaine mesure via des **changements dans les puissances souscrites** par les abonnés. Cela peut être dû à des nouveaux raccordements, des résiliations ou encore des modifications de contrat. Dans le cas présent, il s'avère que l'**évolution** de la **puissance souscrite** sur les cinq dernières années est **très faible**, de l'ordre de 5%, et ne joue donc pas un rôle majeur.

**Figure 4 : Evolution de la puissance souscrite (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2022)**

| Type d'abonnés     |                        | 2018 (kW)  | 2019 (kW)    | 2020 (kW)    | 2021 (kW)    | 2022 (kW)    |
|--------------------|------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Equipement sportif |                        | 1 752      | 1 752        | 1 752        | 1 752        | 1 752        |
| Santé              |                        | 6 959      | 6 959        | 6 959        | 6 959        | 7 607        |
| Enseignement       |                        | 2 508      | 2 508        | 2 508        | 2 508        | 2 508        |
| Tertiaire          |                        | 2 599      | 2 599        | 2 899        | 3 369        | 3 369        |
| Habitat            |                        | 18 821     | 18 833       | 18 833       | 18 833       | 18 833       |
| <b>Total</b>       | <b>Valeur absolue</b>  | 32 639     | 32 651       | 32 951       | 33 421       | 34 349       |
|                    | <b>Base 100 : 2018</b> | <b>100</b> | <b>101,5</b> | <b>102,5</b> | <b>103,9</b> | <b>105,2</b> |

On précise que la puissance souscrite pour chaque année et celle du 31 décembre de l'année en question. La **faible variation** temporelle du total se retrouve aussi au sein de **chaque catégorie**, comme explicité sur le graphique suivant.

**Figure 5 : Taux de croissances des puissances souscrites par années (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2022)**

L'augmentation des puissances souscrites du secteur Tertiaire sur la période 2020-2021 s'explique par la mise en service de la branche de l'Espace Mayenne (en 2021) et de l'extension de l'Hôtel Communautaire (en 2020).

Le secteur de la santé a également connu une progression des puissances souscrites en 2022.

Le 12/09/2022, le raccordement de l'EHPAD Jeanne Jugan a été mis en service et le 15/12/2022, le Centre Hospitalier de Laval a signé un avenant pour une augmentation de sa puissance souscrite de 324kW, pour la mise en service du Rocher Fleuri.

## 3.2 Les livraisons énergétiques

### 3.2.1 Nature des besoins couverts

Les besoins couverts par le réseau sont à la fois des besoins de chauffage et d'ECS.

Le concessionnaire ne disposant que d'un seul compteur d'énergie livrée, il nous est impossible de différencier la chaleur livrée pour chacun de ces besoins. Cependant, il nous est possible d'estimer cette répartition en nous basant sur les consommations estivales (juillet et août) qui ne sont normalement pas destinées à du chauffage. Cette période étant souvent marquée par une plus forte vacance des bâtiments (notamment les logements, dont on l'estime à 20%). Un coefficient est donc appliqué pour gommer cet effet.

**Tableau 3 : Décomposition par usage des livraisons de chaleur (source CEDEN, d'après données LEN)**

| Livraison (MWh)       | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Chauffage</b>      | 43 999 | 44 203 | 39 657 | 46 508 | 38 846 |
| <b>ECS</b>            | 14 522 | 16 571 | 14 908 | 16 668 | 11 805 |
| <b>Total</b>          | 58 286 | 58 840 | 54 293 | 63 102 | 50 490 |
| <b>Prévisions CEP</b> | 66 667 | 76 153 | 76 153 | 76 153 | 76 153 |

On remarque que les **livraisons de chaleur ont toujours été en dessous de celles prévues dans le CEP**. LEN devra justifier cet écart.

Les livraisons de chauffage varient significativement d'une année à l'autre. Ces dernières étant reliées à la **rigueur climatique**, une telle dispersion est attendue et fera l'objet d'une **correction climatique** au paragraphe 3.2.4.

3 Source : Comité Scientifique et Technique des Industries Climatiques : *Les besoins d'ECS en habitat individuel et collectif*, 2022.

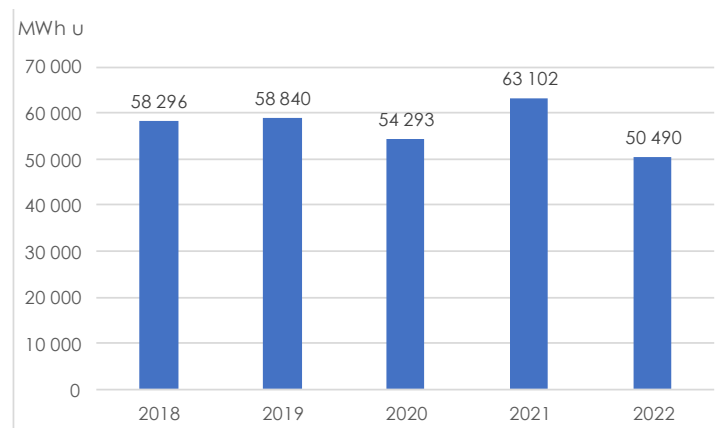
### 3.2.2 Les livraisons de chaleur

La répartition de ces **livraisons de chaleur par catégorie d'abonnés** est détaillée ici.

**Tableau 4 : Livraisons de chaleur annuelles par secteur d'activité (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2022)**

| Type d'abonnés     |                 | 2018 (MWh u) | 2019 (MWh u) | 2020 (MWh u) | 2021 (MWh u) | 2022 (MWh u) |
|--------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Équipement Sportif |                 | 3 682        | 2 676        | 2 873        | 3 768        | 3 077        |
| Santé              |                 | 15 008       | 15 604       | 14 952       | 15 706       | 13 045       |
| Enseignement       |                 | 4 824        | 4 602        | 4 007        | 5 046        | 4 964        |
| Tertiaire          |                 | 3 313        | 3 510        | 3 341        | 4 797        | 3 327        |
| Habitat            |                 | 31 459       | 32 448       | 29 120       | 33 785       | 26 077       |
| Total              | Valeur absolue  | 58 286       | 58 840       | 54 293       | 63 102       | 50 490       |
|                    | Base 100 : 2018 | 100          | 100,95       | 93,15        | 108,26       | 86,62        |

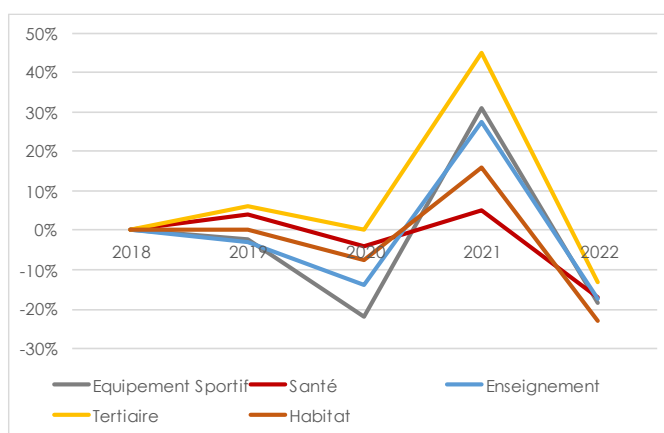
**Figure 6 : Livraisons de chaleur annuelles (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2022)**



On note que les **livraisons totales sont en augmentation** sur la période 2018-2021 (2020 étant à part pour cause du COVID et des diminutions des besoins de chaleur engendrées par la baisse d'activité).

On remarque une diminution des livraisons de chaleur de près de 20% entre 2021 et 2022. Cette forte diminution s'explique d'une part par un contexte météorologique plus clément en 2022 qu'en 2021 mais surtout par la crise énergétique, conséquence de la guerre en Ukraine, et des politiques de sobriété engagées par les abonnés.

Il existe une certaine dispersion parmi les abonnés et, afin de visualiser son évolution, il est intéressant de s'intéresser au **ratio** entre le montant de la **livraison à chaque année** et celui obtenu **à la première année** du tableau, ici 2018.

**Figure 7 : Taux d'évolution des livraisons de chaleur par années (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2022)**

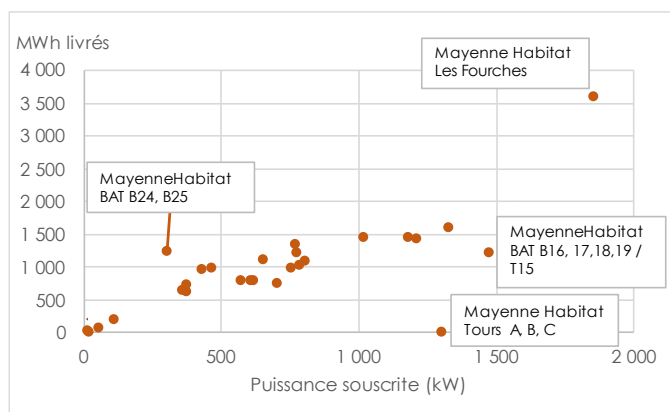
Les secteurs de l'Habitat, du Scolaire et des Equipements Sportifs connaissent une évolution relativement similaire, caractérisée par une diminution des besoins de chaleur en 2019 (dus à un hiver plus doux). Tous les secteurs témoignent des effets de la crise COVID en 2020 avant d'afficher un rebond lié à la reprise d'activités pour l'année 2021. Puis, en 2022, les livraisons de chaleur s'effondrent de nouveau.

### 3.2.3 Cohérence des Puissances souscrites par abonnés

Le profil des abonnés peut être analysé suivant leur position sur un plan **Puissance souscrite versus Livraison énergétique**. Pour les graphiques suivants, les données les plus récentes seront utilisées, c'est-à-dire la puissance souscrite au 31 décembre 2020 et la livraison énergétique pour l'année 2021.

**Tableau 5 : Profil des abonnés selon leur puissance souscrite et leur livraison énergétique**

#### Habitat



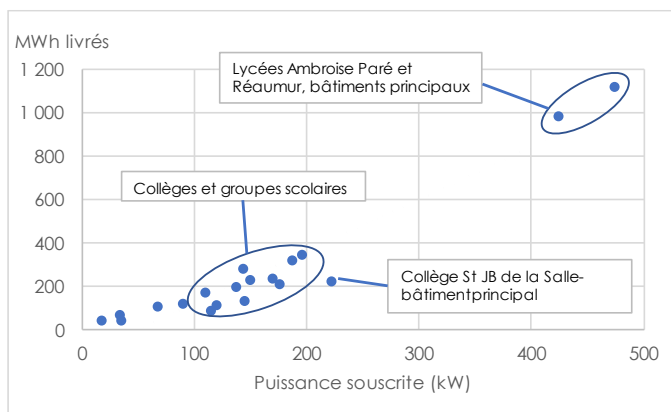
Le rapport Puissance souscrite sur Energie livrée est plutôt constant parmi le parc d'habitation.

A noter que quatre sous-stations de Mayenne Habitat sont hors de la tendance : deux puissances souscrites semblent surestimées et une autre semble sous-estimée.

La sous-station « Tours A,B,C » devrait normalement être déréglée, sa destruction datant de mars 2022.

Une discussion pourrait être envisagée avec eux.

#### Enseignement

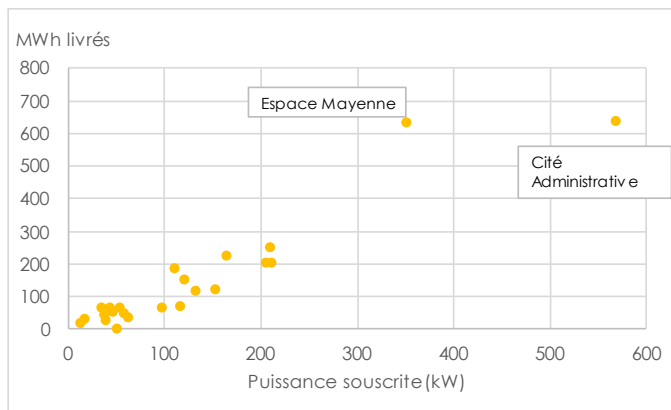


Les profils de ce secteur sont assez variés, comme en témoigne la dispersion des gros consommateurs.

Ainsi, il est cohérent de retrouver les lycées, qui accueillent plus d'élèves que les autres établissements scolaires, regroupés sur le graphe.

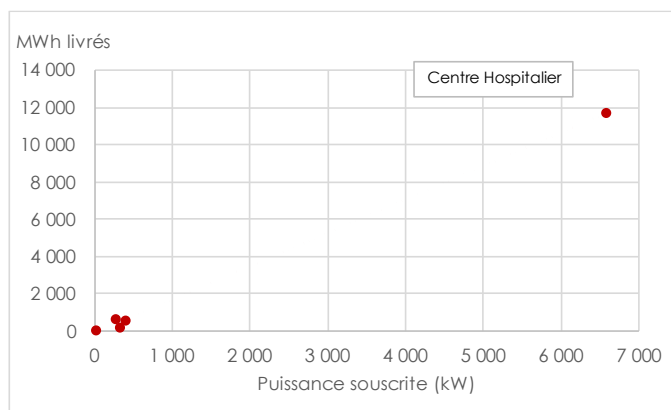
Le collège Saint Jean-Baptiste de la Salle montre une consommation de chaleur inférieure à ce que l'on pourrait attendre vis-à-vis de la tendance. Des travaux de rénovation thermique ont peut-être été réalisés en 2021/2022, impliquant que la puissance souscrite est désormais trop grande.

### Tertiaire



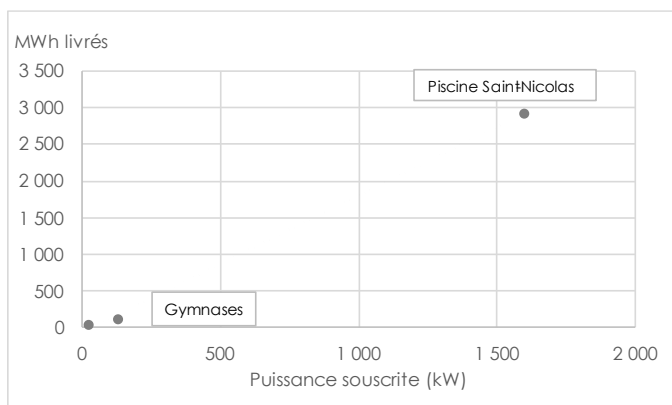
Il semblerait que la puissance souscrite par L'Espace Mayenne soit inférieure à celle dont il aurait besoin pour satisfaire ses besoins énergétiques. Le bâtiment étant neuf, il est important de surveiller ce ratio avec les années et de contrôler la bonne gestion du chauffage pour, au besoin, renégocier la puissance souscrite.

### Santé



Le rapport Puissance Souscrite sur Énergie Livrée est assez constant dans ce secteur.

### Équipement Sportif



Les trois bâtiments de ce secteur ont des usages différents, que l'on retrouve illustré ici. Le Centre Aquatique qui nécessite un maintien en température toute l'année des bassins entraîne un appel de puissance lissé. Tandis que les gymnases sont utilisés plus ponctuellement et leurs chauffages ne fonctionnent qu'en intermittence.

Le faible nombre de points ne permet cependant pas de différencier ces deux tendances.

### 3.2.4 Les livraisons de chaleur corrigées du climat

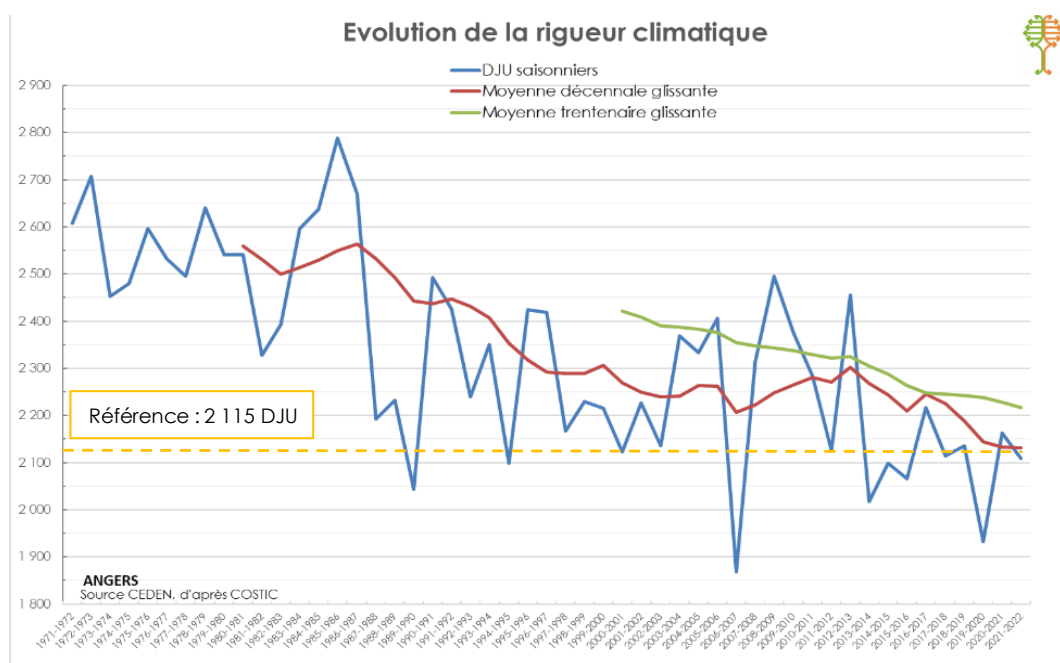
#### 3.2.4.1 La rigueur climatique de référence

La **correction climatique** a pour vocation de comparer les consommations sur plusieurs années. Le but est de s'affranchir de l'effet du climat, souvent prépondérant, afin de mettre l'accent sur les **tendances structurelles de l'évolution de la consommation**.

La rigueur climatique de référence pour cette étude est définie<sup>4</sup> à 2 115 °C.jour-unifiés. Cette référence permet de définir le **coefficient de rigueur climatique** d'une année comme le rapport entre la rigueur climatique de l'année en question et la rigueur climatique de référence.

L'évolution de la rigueur climatique sur la station de référence est illustrée dans le graphe ci-après.

**Figure 8 : Evolution de la rigueur climatique par saisons de chauffe**



<sup>4</sup> Cette valeur correspond à la moyenne décennale 2012-2022, en 2022, sur la station météorologique d'Angers (la plus proche géographiquement de Laval)

**Tableau 6 : Evolution du coefficient de rigueur climatique (source CEDEN, d'après données COSTIC)**

| Saison de chauffe                 | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DJU (°C.jour-unifiés)             | 2 082 | 2 184 | 2 103 | 2 470 | 2 112 |
| Coefficient de rigueur climatique | 0,98  | 1,03  | 0,99  | 1,117 | 1,01  |

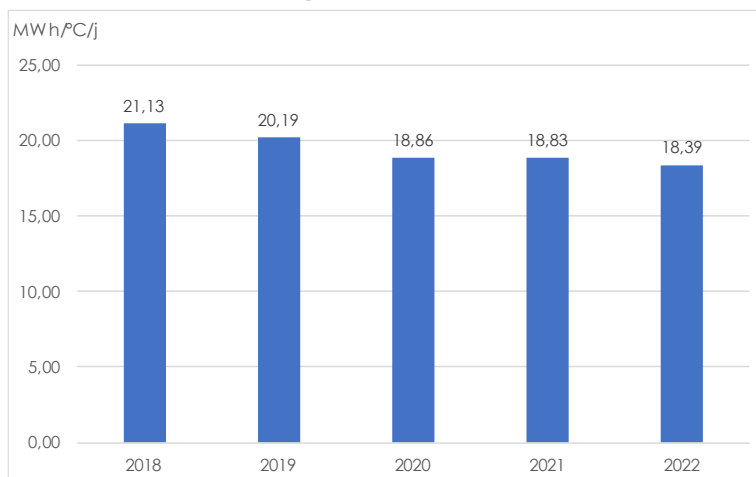
Les années 2018, 2020, 2022 apparaissent comme **clémentes** vis-à-vis des autres années, en particulier **2021** qui est **la plus rigoureuse**.

### 3.2.4.2 Evolution du ratio de consommation de chauffage

La correction climatique permet de calculer le ratio de **consommation de chauffages rapportée**

**Figure 9 : Ratio des consommations hors ECS (source CEDEN, d'après données LEN et COSTIC)**

**au besoin de chauffage en DJU**, ce qui renseigne ainsi sur l'évolution du profil des abonnés. Cet indicateur s'exprime en MWh/°C.jour-unifiés.



On remarque que l'énergie livrée par DJU diminue d'années en années. Cela témoigne de la réalisation de travaux d'isolation thermique et/ou de démarches de sobriété énergétique.

Cela est cohérent vis-à-vis de la convention pluriannuelle de renouvellement urbain mise en place sur le quartier Saint-Nicolas et du lancement du Programme de Renouvellement Urbain d'Intérêt Régional, sur le même quartier.

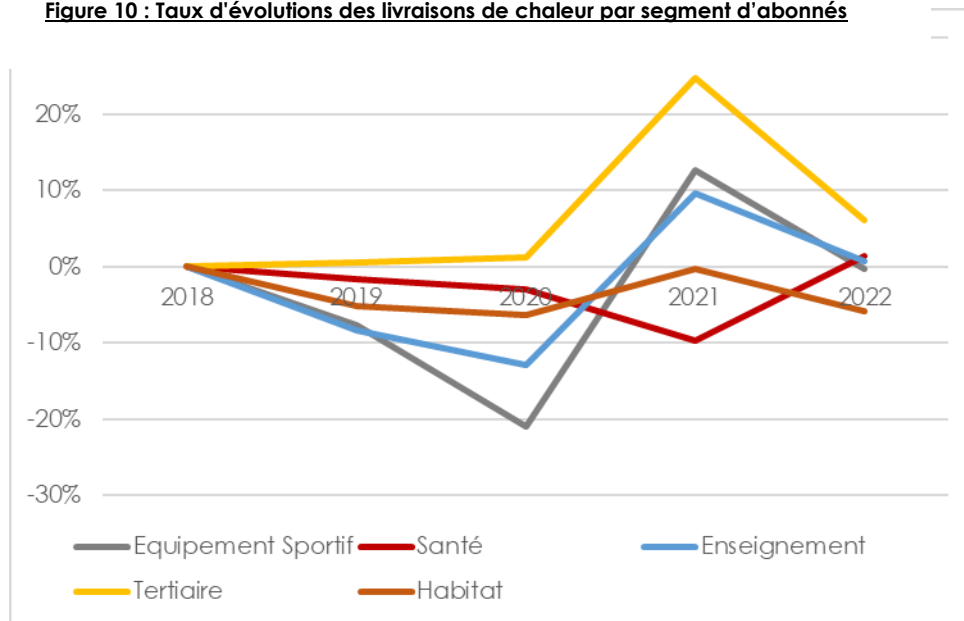
### 3.2.4.3 Analyse par abonnés

On peut décomposer cet indicateur par segment d'abonnés, ce qui nous donne la répartition suivante.

**Tableau 7 : Evolution des ratios de livraisons hors ECS par segments d'abonnés**

|                    |                 | Livraison rapportée au DJU (MWh/°C/j) |       |       |       |       |
|--------------------|-----------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Type               |                 | 2018                                  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  |
| Habitat            |                 | 11,38                                 | 10,79 | 10,11 | 10,08 | 9,50  |
| Enseignement       |                 | 2,05                                  | 1,88  | 1,64  | 1,79  | 1,81  |
| Tertiaire          |                 | 0,90                                  | 0,91  | 0,92  | 1,14  | 1,21  |
| Santé              |                 | 5,44                                  | 5,36  | 5,19  | 4,69  | 4,75  |
| Equipement sportif |                 | 1,37                                  | 1,26  | 1,00  | 1,12  | 1,12  |
| Total              | Valeur absolue  | 21,13                                 | 20,19 | 18,86 | 18,83 | 18,39 |
|                    | Base 100 : 2018 | 100,0                                 | 95,6  | 89,2  | 89,1  | 87,0  |

5 On soustrait donc ici la part ECS de la consommation : en effet, son évolution n'est pas influencée par celle du climat.

**Figure 10 : Taux d'évolutions des livraisons de chaleur par segment d'abonnés**

On remarque bien les effets de la crise COVID (2020), de la reprise (2021) et des effets de la crise énergétique sur les comportements (2022).

## 4 Les installations techniques

### 4.1 Les équipements de production

La **chaleur délivrée sur le réseau provient de deux entités** : Séché Éco-industries et LEN qui exploitent chacune leurs propres installations. La **chaleur produite** à partir de la récupération de l'énergie de combustion des CSR du site de Séché Éco-Industries est alors **rachetée par LEN** avant d'être revendue aux différents abonnés du réseau.

La présentation des installations va suivre l'ordre de priorité des recours aux différents moyens de production, à savoir la récupération de chaleur de combustion, puis les chaudières gaz et enfin les chaudières d'ilotage.

#### 4.1.1 Récupération de la chaleur de combustion des CSR et du biogaz

Les principales caractéristiques des échangeurs de chaleur qui permettent la récupération de la chaleur produite sur le site de Séché Éco-Industries sont détaillées dans le tableau suivant :

**Tableau 8 : Description des échangeurs de chaleur de la chaufferie Ferrié (source : RA 2021 LEN)**

|                          |               |
|--------------------------|---------------|
| Exploitant               | LEN           |
| Combustible              | CSR et biogaz |
| Puissance thermique      | 21 MW         |
| Localisation             | Ferrié        |
| Fonctionnement           | Base          |
| Année de mise en service | 2017          |

LEN achète l'énergie produite par Séché Éco-Industries sous forme de chaleur. Un compteur d'énergie est placé en aval des échangeurs ce qui permet de mesurer l'énergie fournie au réseau par cette installation.

En revanche, le rendement de l'installation et les consommations en énergie primaire (CSR et biogaz) étant hors du périmètre de la DSP, nous sont inconnus.

Le schéma hydraulique de fonctionnement de cette centrale se trouve en Annexe 9.2.

## 4.1.2 Production de chaleur par combustion de gaz

Les caractéristiques principales chaudières gaz du réseau LEN sont les suivantes :

| Localisation             | Saint-Nicolas                                                                     |                                                                                                                                                                                      |                                                                                     |                                                                                     | Ferrié                                                                              |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Combustible              | Cogénération gaz                                                                  | Gaz et FOD                                                                                                                                                                           | Gaz                                                                                 | Gaz et FOD                                                                          | Gaz                                                                                 |
| Puissance thermique      | 8,1 MW <sub>th</sub>                                                              | 6,3 MW                                                                                                                                                                               | 3,5 MW                                                                              | 10 MW                                                                               | 10 MW                                                                               |
| Puissance électrique     | 7,4 MW <sub>élec</sub>                                                            | -                                                                                                                                                                                    | -                                                                                   | -                                                                                   | -                                                                                   |
| Photo                    |  |                                                                                                    |  |  |  |
| Année de mise en service | 2000                                                                              | 2021                                                                                                                                                                                 | 1997                                                                                | 1997                                                                                | 2017                                                                                |
| Marque                   | JENBACHER                                                                         | ATLANTIC                                                                                                                                                                             | DANSTOKER                                                                           | DANSTOKER                                                                           | Bosch                                                                               |
| Fonctionnement           | Base                                                                              | Appoint                                                                                                                                                                              | Appoint                                                                             | Appoint                                                                             | Appoint                                                                             |
| Remarques                | Unité de cogénération constituée de quatre moteurs<br><b>Hors DSP</b>             | Tourne actuellement en priorité par rapport aux autres chaudières pour permettre d'identifier les éventuels défauts de construction et profiter de la garantie de parfait achèvement | Sert pour l'ECS estivale du quartier Saint-Nicolas                                  | Dalkia prévoit encore une maintenance avant arrêt définitif                         | -                                                                                   |

### 4.1.3 Production d'énergie

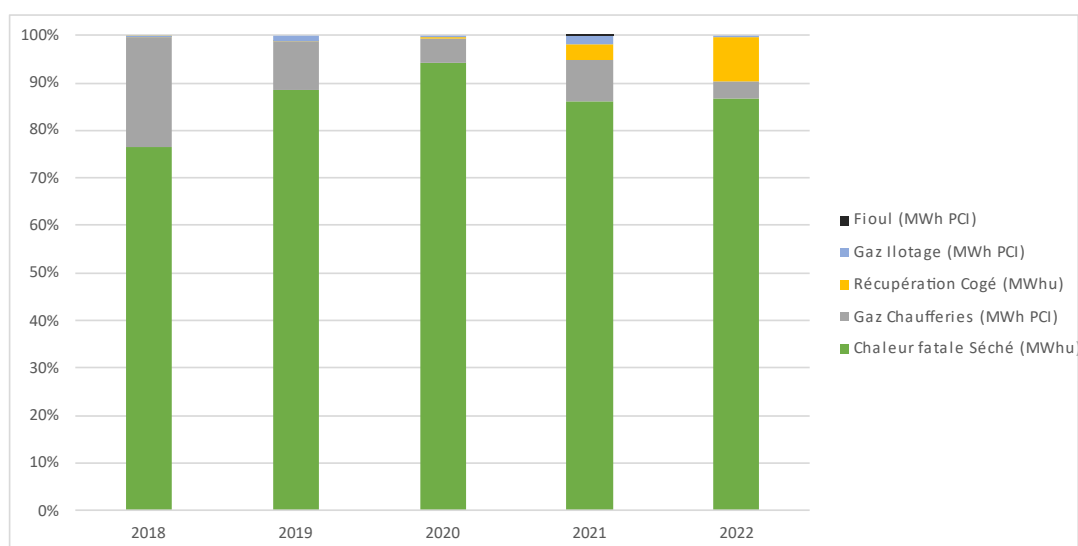
#### 4.1.3.1 Les indicateurs de performance de la production

Le tableau suivant résume les différents indicateurs de performance de la production pour l'année 2022.

**Tableau 9 : Indicateurs de performance de production 2022 (source CEDEN, d'après données LEN)**

|                                           | Récupération<br>Séché | Récupération<br>Cogénération | Chaudières<br>gaz Ferrié | Chaudières<br>gaz Saint-Ni-<br>colas | Chaudières<br>gaz Ilotage | Fioul |
|-------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------|
| <b>Rendement</b>                          | 99 %                  | 100 %                        | 64 %                     | 45 %                                 | NC                        | NC    |
| <b>Taux de couverture<br/>des besoins</b> | 86,82 %               | 9,34 %                       | 2,53 %                   | 0,83 %                               | 0,47 %                    | 0 %   |

**Figure 11 : Evolution du taux de couverture des besoins (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2022)**



La répartition montre une certaine stabilité des besoins couverts par Séché mais qu'à partir de 2021, l'utilisation de la cogénération COGESTAR (38 jours en 2022) ampute le potentiel de récupération de la chaleur Séché.

L'utilisation du FOD en 2021 est uniquement due aux travaux de raccordement à l'Espace Mayenne, il est normal qu'ils n'apparaissent pas les autres années.

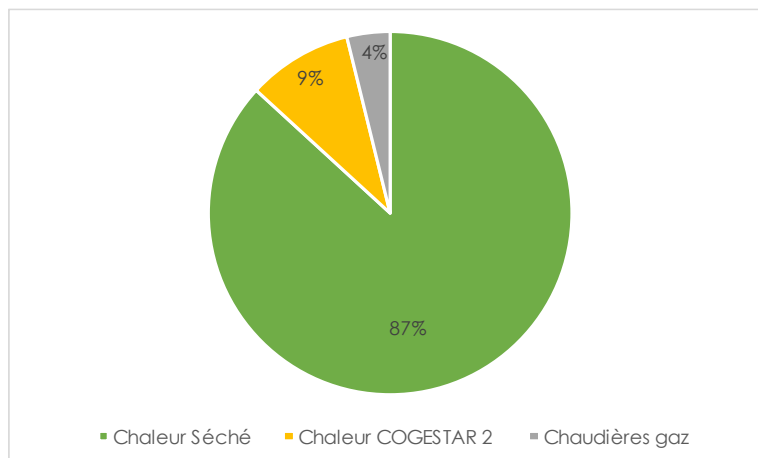
#### 4.1.4 Consommations d'énergie finale

La part de chacun des différents flux énergétiques évoqués précédemment est synthétisé au sein du graphe ci-dessous.

**Tableau 10 : Répartition en MWh de la chaleur LEN (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2022)**

| Énergie finale (MWh u)    | 2018          | 2019          | 2020          | 2021          | 2022          |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Gaz Chaudières</b>     | 16 242        | 7 978         | 3 706         | 7 851         | 2 314         |
| <b>Chaleur COGESTAR 2</b> | 74            | 1             | 16            | 2 401         | 5 638         |
| <b>Chaleur Séché</b>      | 53 447        | 60 774        | 61 477        | 64 120        | 52 382        |
| <b>FOD</b>                | 0             | 0             | 0             | 140           | 0             |
| <b>Total</b>              | <b>69 763</b> | <b>68 754</b> | <b>65 199</b> | <b>74 512</b> | <b>60 334</b> |

**Figure 12 : Répartition en MWh de la chaleur LEN (2022) (source CEDEN, d'après données LEN)**



La **part de la chaleur fatale** (chaleur achetée à Séché Éco-Industries) est **prépondérante**.

## 4.2 Le réseau de distribution

### 4.2.1 La description du réseau

Les principales caractéristiques du réseau sont récapitulées dans le tableau suivant.

**Figure 13 : Synthèse des caractéristiques du réseau LEN**

| Longueur en 2022 | Densité thermique 2022 | Nombre de sous-stations en 2022 | Type de fluide caloporteur | Nombre de branches |
|------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------|
| 18,6 km          | 3,24 MWh/ml            | 78                              | eau chaude                 | 6                  |

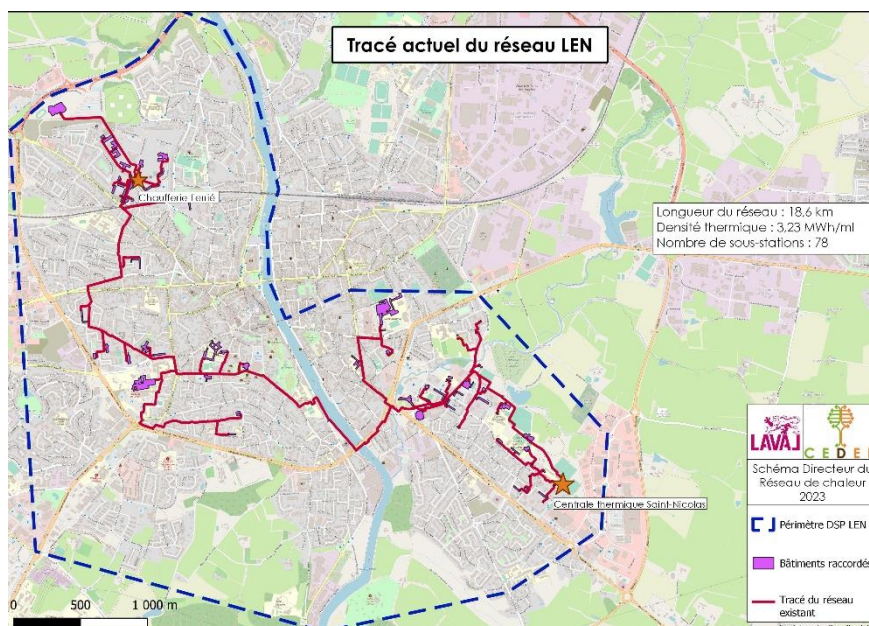
#### 4.2.1.1 Les fluides caloporteurs et les températures

Le fluide caloporteur utilisé est **l'eau chaude**.

La **température** du fluide en **sortie chaufferie** varie de 100°C (hiver) à 80°C (été).

#### 4.2.1.2 Les canalisations et le tracé du réseau

Le tracé actuel du réseau LEN est le suivant.



Les caractéristiques moyennes des tronçons sont décrites dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 11 : Synthèse des longueurs et diamètres des tronçons du réseau (source CEDEN, d'après données LEN)**

|          |   | Diamètre Nominal (mm) |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |        |
|----------|---|-----------------------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
|          |   | 25                    | 32   | 40   | 50    | 65    | 80    | 100  | 125   | 150   | 200   | 225  | 250   | 300   | Total  |
| Longueur | m | 45                    | 274  | 171  | 1 368 | 2 800 | 1 250 | 847  | 2 297 | 2 168 | 1 049 | 229  | 3 467 | 2 657 | 18 622 |
|          | % | 0,24                  | 1,47 | 0,92 | 7,35  | 15,04 | 6,71  | 4,55 | 12,33 | 11,64 | 5,63  | 1,23 | 18,62 | 14,27 | 100    |

Un plan grand format est donné en Annexe 9.4, accompagné d'un tableau récapitulant les caractéristiques de chaque tronçon en Annexe 9.5.

## 4.2.2 Les indicateurs de performance de la distribution

### 4.2.2.1 Pertes réseau théoriques

Sur l'année 2021, le réseau LEN affiche une énergie produite de 60 334 MWh pour une énergie distribuée aux abonnés de **59 490 MWh**. Le **rendement de distribution** moyen annuel est donc de **83,7 %**. On remarque qu'en **l'absence de moyens de comptage au départ de chaque branche**, on ne peut évaluer plus finement ce rendement de distribution, mais un tel apport serait certainement un outil précieux pour le suivi du réseau.

Les pertes réseaux s'élèvent donc à 9 844 MWh sur l'année 2022, ce qui, une fois ramené à la longueur totale du réseau, consiste en une **perte linéaire de 529 kWh/an/mètre linéaire de tranchée**.

#### ➡ Comparaison des pertes linéaires aux réseaux existants

On considère usuellement des pertes de l'ordre de :

- 500 kWh/an/ml pour un réseau ancien ;
- 300 kWh/an/ml pour un réseau récent.

Grâce aux données fournies par CORIANCE, il nous est possible de reconstruire une valeur théorique des pertes linéaires. En effet, le réseau se compose de :

- 7 293 ml de réseau ancien (dont les canalisations datent des années 1970 et 1990-2000) ;
- 11 329 ml de réseau récent (après 2016) ;

On obtient alors un **coefficient théorique de pertes linéaires de 378 kWh/an/ml de tranchée**.

Cette perte linéaire peut également être présentée comme une déperdition instantanée moyenne, valant dans le cas présent **60 W/mètre linéaire de tranchée**.

Le **réseau LEN** comporte près de **40% de pertes thermiques** de plus que ce que l'on attendrait d'un réseau comme celui-ci. LEN indique qu'elles sont en grande partie **dues à la gestion des températures** de retour depuis les sous-stations vers le réseau, notamment au niveau du centre hospitalier. LEN précise avoir assisté les équipes techniques du centre hospitalier sur ce sujet et il semblerait qu'un contrat pour l'exploitation du réseau secondaire du CH doive bientôt paraître.

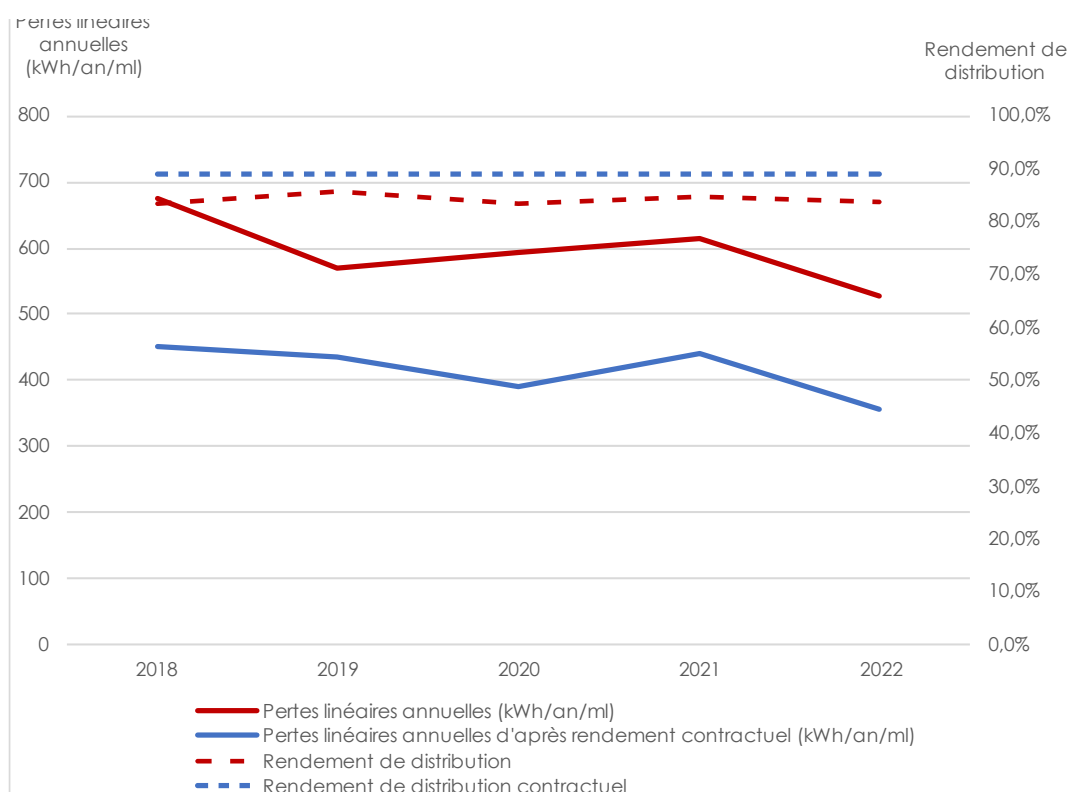
Le tableau suivant récapitule les indicateurs de performance du réseau.

**Tableau 12 : Indicateurs de performance du réseau de chaleur, méthode A (source CEDEN)**

| Année | Longueur du réseau | Pertes | Rendement de distribution | Perte linéaire annuelle | Déperdition linéaire annuelle | Appoint annuel en eau | Appoint d'eau |
|-------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------|
|       | ml                 | MWh/an | %                         | kWh/an/m                | W/m                           | m <sup>3</sup>        | L/MWh livré   |
| 2018  | 16 971             | 11 477 | 83,5                      | 676                     | 77                            | 3 804                 | 65            |
| 2019  | 17 384             | 9 914  | 85,6                      | 570                     | 65                            | 3 877                 | 66            |
| 2020  | 18 351             | 10 906 | 83,3                      | 594                     | 68                            | 1 801                 | 33            |
| 2021  | 18 593             | 11 410 | 84,7                      | 614                     | 70                            | 3 836                 | 61            |
| 2022  | 18 622             | 9 844  | 83,7                      | 529                     | 60                            | 4 901                 | 97            |

On note que le rendement de distribution s'améliore légèrement mais est toujours resté en dessous de l'objectif de 89% signé dans le contrat de concession.

**Figure 14 : Comparaison des pertes linéaires et des rendements (réels et contractuels)**



LEN justifie ces pertes par :

- L'âge avancé de certaines canalisations du quartier Saint-Nicolas et leur usure prématurée liée au débordement des nappes d'eau souterraines ;
- La haute température de circulation de l'eau due à la mauvaise optimisation de certaines sous-stations (notamment le centre hospitalier).

LEN est attentif au sujet des pertes de distribution **est** collabore avec les abonnés pour les aider à améliorer leurs chutes de température.

La consommation d'eau est en hausse de 28% entre 2021 et 2022. Cette augmentions s'explique par deux grosses fuites, sur les boulevards Jourdan et Kellermann.

#### ➡ Comparaison des appoints en eau aux réseaux existants

En moyenne, le réseau consomme **63L d'eau** par MWh de chaleur livré aux abonnés. Ce chiffre est **1,5 à 2 fois plus élevé** que sur les réseaux que nous suivons.

## 5 Etat des émissions atmosphériques

Selon le mode de fonctionnement de chaque source de chaleur ainsi que l'énergie finale employée, le bilan des émissions atmosphériques varie sur la période 2018-2021. Les évolutions des quatre principaux paramètres que sont le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), les oxydes d'azotes (NO<sub>x</sub>), le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), sont reprises au sein de ce chapitre.

### 5.1 Les gaz à effet de serre

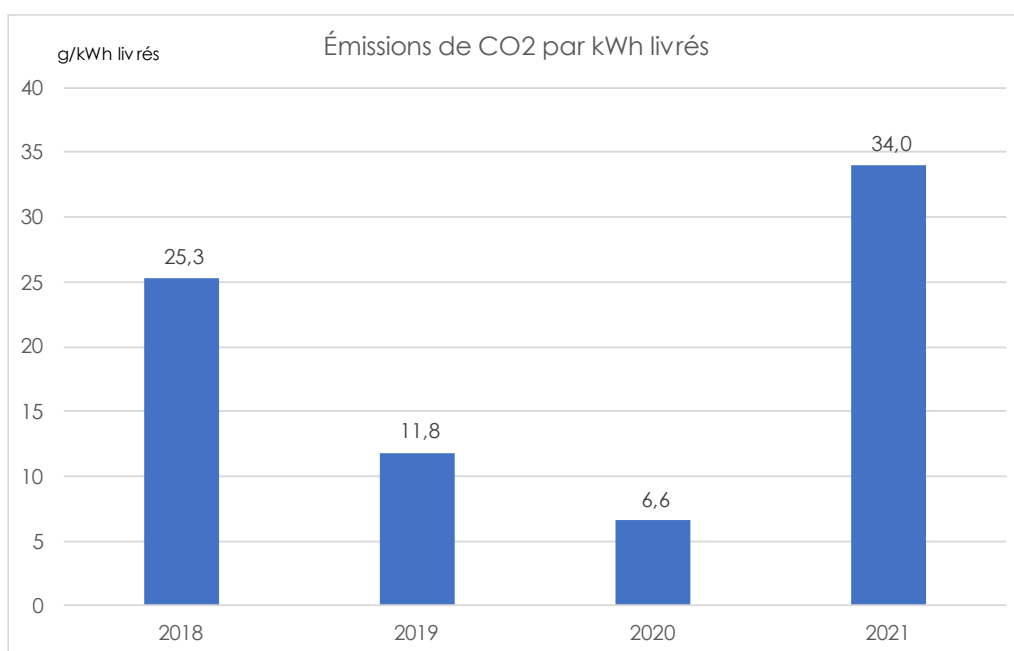
#### 5.1.1 Les émissions

Le **contenu en CO<sub>2</sub>** de l'énergie livré est exprimé en **g** de CO<sub>2</sub> **par kWh utile**. De cette manière les émissions sont décorréées des besoins en énergie et dépendent seulement du mix de production et des rendements de chaque générateur.

**Figure 15 : Evolution des émissions CO<sub>2</sub> (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2022)**

| Exercice                  |              | 2019  | 2020 | 2021 | 2022  |
|---------------------------|--------------|-------|------|------|-------|
| Émissions de l'année      |              | 2018  | 2019 | 2020 | 2021  |
| Émissions CO <sub>2</sub> | t            | 1 474 | 696  | 358  | 2 144 |
|                           | g/kWh livrés | 25,3  | 11,8 | 6,6  | 34,0  |

**Figure 16 : Evolution des émissions de CO<sub>2</sub> (source CEDEN, d'après données RA LEN 2021-2022)**



La forte hausse des émissions en 2021 s'explique par le fonctionnement de la chaudière fioul de secours pour le raccordement de l'Espace Mayenne et par la mise en route de l'unité de cogénération. On peut s'attendre à une diminution des émissions en 2022 mais l'utilisation de la cogénération peut nous amener à penser qu'elles resteront toujours supérieures aux émissions de 2020.

Dans l'Annexe 9 du Contrat de Concession, on retrouve les objectifs de contenu CO<sub>2</sub> du réseau, comme indiqués ci-dessous.

| Année | 2017 | 2021 | 2026 | 2031 |
|-------|------|------|------|------|
|-------|------|------|------|------|

|                                      |    |    |    |    |
|--------------------------------------|----|----|----|----|
| Emissions CO <sub>2</sub><br>(g/kWh) | 40 | 34 | 43 | 69 |
|--------------------------------------|----|----|----|----|

On remarque que LEN tient ses engagements concernant les contenus CO<sub>2</sub> du réseau.

Ce réseau présente de très bonnes performances d'émission carbone. Usuellement, un réseau de chaleur sans EnR&R émet 300g de CO<sub>2</sub> par kWh. Les projets les plus ambitieux émettent environ 50gCO<sub>2</sub>/kWh.

### 5.1.2 La gestion des quotas

La gestion des quotas de CO<sub>2</sub> (dans le cadre des différents PNAQ) est directement effectuée par CORIANCE.

**Figure 17 : Evolution des quotas CO<sub>2</sub> (source CEDEN, d'après CRA SOCOS 2016)**

| Année               |   | 2019    | 2020    | 2021  | 2022    |
|---------------------|---|---------|---------|-------|---------|
| Émission de l'année |   | 2018    | 2019    | 2020  | 2021    |
| Quotas alloués      | † | 643     | 510     | 101   | 98      |
| Quotas consommés    | † | - 1 474 | - 696   | - 358 | - 2 144 |
| Quotas achetés      | † | 0       | 0       | 1 928 | 1 490   |
| Quotas vendus       | † | 0       | 0       | 0     | 0       |
| Solde annuel        | † | - 831   | - 1 017 | 654   | 98      |

Les **émissions ont fortement augmenté en 2021** suite à l'**utilisation de l'unité de cogénération**. LEN indique que sur les 2 144 tonnes émises, **575 tonnes** sont imputables à la **chaufferie Saint-Nicolas** et 1 **569 tonnes** sont imputables à la **cogénération**.

LEN prend à sa charge tous les quotas CO<sub>2</sub> du réseau avant de refacturer à COGESTAR le coût total des quotas liés à la cogénération et les impôts qui y sont liés.

Seul le fonctionnement des chaudières gaz qui entrainerait l'**achat de quotas** par LEN, peut être répercuté **sur les contrats** des abonnés via le terme **r25 (en €HT/kW)**.

Il est appliqué sur les factures de l'**année N+1** pour les **émissions** de l'**année N**.

Le terme r25 est construit selon la formule :

$$r_{25} = a \times P_{moy,N}$$

Où :

- a est la somme totale (en €HT) des quotas de CO<sub>2</sub> liés aux consommations des chaudières gaz (c'est-à-dire, que LEN exclut les émissions de CO<sub>2</sub> liées au fonctionnement de l'unité de cogénération) dont est déduit 5% (pour le contraindre à tenir ses engagements) ;
- P<sub>moy,N</sub> est la puissance souscrite moyennée sur 12 mois, en année N, des abonnés.

## 5.2 Emissions polluantes

Les émissions d'oxydes d'azotes (NO<sub>x</sub>), de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) ne sont pas communiquées dans les rapports d'activité LEN, nous ne pouvons donc les analyser.

La source principale de particules fines serait le four CSR du site de Séché, dont nous n'avons pas les données (hors périmètre du contrat de DSP). On sait cependant que le four est soumis à une réglementation stricte (ICPE 2771) sur ce sujet.

## 6 Le potentiel EnR&R supplémentaire mobilisable

### 6.1 Quels types d'énergie renouvelable et/ou de récupération sont mobilisables pour développer le service ?

#### ➡ L'objectif de la ville

L'objectif de la ville de Laval est d'atteindre le seuil de 90 % d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R), voire de le dépasser.

LEN s'est engagé en 2013 à couvrir un peu plus de 80 % des besoins énergétiques du réseau pour une perspective de livraison de chaleur de 76 000 MWh/an.

#### ➡ Les engagements de Séché Eco Industries et de LEN

Parallèlement, Séché Eco Industries s'est engagé à livrer durablement de la chaleur depuis le site de combustion de combustibles solides de récupération (CSR) spécifiquement construit pour alimenter le réseau de Laval et l'unité de cogénération biogaz émanant du centre de stockage de déchets non dangereux (CSDND).

L'industriel dispose d'une installation de combustion de 15 MW thermiques avec un engagement de fourniture de l'ordre de 73 000 MWh/an avec une régression régulière de la fourniture chaque année

**Figure 18 : Évolution d'engagement de fourniture (F) par cession Eco industries et d'enlèvement (E) par LEN exprimée en MWh/an (chaleur comptabilisée sur le site de la chaufferie Ferrié)**

|   | 2 024  | 2 025  | 2 026  | 2 027  | 2 028  | 2 029  | 2 030  | 2 031  | 2 032  | 2 033  | 2 034  | 2 035  |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| F | 72 787 | 72 155 | 71 523 | 70 487 | 68 763 | 67 039 | 65 314 | 63 590 | 61 979 | 60 563 | 59 971 | 59 971 |
| E | 62 740 | 62 425 | 62 111 | 61 796 | 61 198 | 60 119 | 59 039 | 57 960 | 56 881 | 55 820 | 54 793 | 54 147 |

Source : Contrat de fourniture de chaleur entre Séché Eco industries et LEN

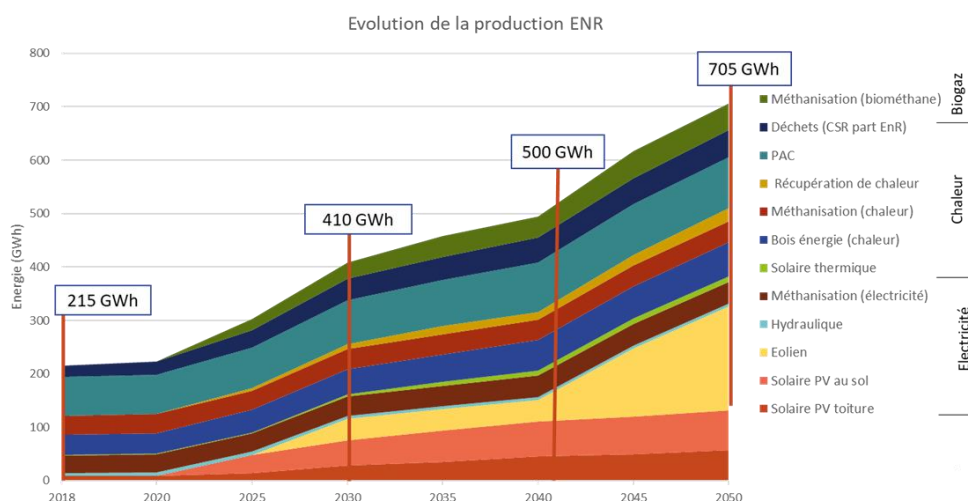
Ces dernières années, LEN a enlevé un volume d'énergie de 2 000 à 5 000 MWh/an en dessous des engagements, la chaleur livrée par le réseau de chauffage urbain ne le permettant pas.

De plus, le profil principalement climatique de l'appel de puissance ne permet pas un enlèvement optimal en période estivale. Séché Eco industries recherche donc à valoriser la chaleur disponible sur un ou plusieurs sites industriels en période estivale, en particulier sur la commune de Changé.

#### ➡ Les autres EnR mobilisables

Le PCAET fixe des objectifs assez ambitieux en termes de bois énergie (63 000 MWh/an, contre 37 000 en 2018) et de solaire thermique (11 000 MWh/an, contre 1 700 en 2018).

**Figure 19 : Objectif d'évolution de la production EnR du PCAET (en GWh PCI/an)**



Certaines énergies sont plus adaptées que d'autres à une valorisation sur un réseau de chaleur desservant plus de 50 000 MWh/an :

- Les **installations de méthanisation**, dont le biogaz peut être valorisé sous forme d'électricité (CDSND de Changé), la chaleur devenant alors un sous-produit disponible.
  - Sur le site de Changé, elle est valorisée du printemps à l'automne par DéshyOuest, coopérative agricole ayant mis en place une unité de déshydratation de fourrages et autres sous-produits de l'agro-industrie. Une partie de la chaleur est par conséquent non valorisée en période hivernale !
  - Les installations de méthanisation agricole ou collective basent leur équilibre économique sur la production de biométhane injecté dans le réseau de distribution (voire de transport) de gaz de ville ou bien sur la production de BioGNV (filrière demeurant cependant confidentielle).
- Les **installations CSR** consistent surtout en une optimisation de la valorisation de l'énergie produite par Séché Eco industries. Une partie de la chaleur est d'ores et déjà valorisée sur le réseau de chaleur de Laval, excepté en demi-saison et en été où l'excédent de chaleur doit être dissipé dans l'atmosphère par le biais d'un aéroréfrigérant consommant beaucoup d'électricité.
- Les **pompes chaleur** et la valorisation des ressources très basses température :
  - Énergie principalement captée dans l'atmosphère, les **pompes à chaleur air/eau** sont principalement destinées à l'habitat individuel neuf ou réhabilité. Elle ne présente aucun intérêt pour les réseaux de chaleur urbains en raison du faible niveau de performance (COP de l'ordre de 2 à 2,5), cette technologie étant adaptée à la fourniture d'énergie très basse température (inférieure à 55/60 °C). Elle n'est donc pas adaptée aux réseaux de chauffage urbains de Laval.
  - La **géothermie**, dans l'objectif est de valoriser l'énergie du sol. Deux principales ressources seraient envisageables sur l'aval :
    - La **géothermie moyenne température** (80 à 120 °C), qui nécessite d'identifier les aquifères en profondeur (1000 à 2000 m). La construction d'un doublet géothermique représente un investissement de 12 à 15 millions d'euros et des besoins énergétiques à couvrir de 80 000 à 100 000 MWh/an. Même si le potentiel existait, la mobilisation cette ressource viendrait en outre directement en concurrence avec la chaleur fournie par Séché Eco industries.
    - La **géothermie très basse température** (15 à 30 °C), la ressource étendue composée d'eau de surface, de la nappe alluviale... La récupération d'énergie sur ce type de ressources nécessite de recourir à une pompe à chaleur eau/eau, dont le COP se situe en général aux alentours de 3,5. Le montant des investissements demeure conséquent alors que la chaleur produite ne dépasse guère et 75 à 80 °C
  - La valorisation de la **chaleur contenue dans les eaux usées** serait envisageable, mais la localisation de la station d'épuration de Laval, très éloignée du réseau de chaleur, constitue un facteur limitant insurmontable. Les systèmes de récupération s'appuiera également sur des pompes à chaleur à compression (PAC)
- La **récupération de chaleur** concerne principalement l'industrie. Les niveaux de consommation énergétique des sites localisés dans le périmètre d'étude n'est pas suffisant pour envisager une valorisation énergétique sur le réseau de chauffage urbain de Laval. En outre, l'identification de puits de chaleur est souvent l'occasion des industriels de réduire leur dépendance au gaz.
- Le **bois énergie** restant la première source d'énergie renouvelable en France. La biomasse est utilisée à l'échelle domestique, dans la chaudière ou des appareils divisés (poêles ou inserts), mais également à l'échelle industrielle. Cette énergie apparaît pertinente compte tenue des applications envisageables pour alimenter un réseau de chaleur urbain, son avantage résidant dans le caractère stockable de la ressource et un dimensionnement calé sur les besoins à couvrir.
- Le **solaire thermique** est une énergie adaptée aux réseaux de chaleur à certains cas de figure, notamment lorsqu'un réseau fonctionne en été (besoins d'eau chaude sanitaire ou équivalent). Un champ de capteurs au sol alimentait un réservoir de très grands volumes (plusieurs centaines à milliers de m<sup>3</sup> d'eau à 90/95 °C). Le stock d'énergie est utilisé pour couvrir les besoins du réseau en été, et potentiellement, en demi-saison (automne, voire début de l'hiver). Dans le cas d'espèce, le solaire thermique arriverait en concurrence avec l'énergie disponible en été de Séché Eco industries. Cette ressource s'avère donc pas adaptée au contexte Lavallois.

## Synthèse

Les ressources potentiellement mobilisables sur le réseau de chaleur de Laval, notamment pour atteindre, voire dépasser le seuil des 90 % d'EnR&R, sont respectivement la chaleur issue des installations de Séchage Eco industries et le bois énergie.

## 6.2 Le potentiel EnR&R mobilisable

### 6.2.1 La chaleur fatale

#### ➔ L'usine de CSR

L'usine de combustion des CSR produit environ 130 000 MWh bruts/an. Le processus conduit à la consommation interne de 27 000 à 31 000 MWh/an, soit un quart de la production ; à noter que 80 % de cette consommation interne est utilisée pour l'évaporation des effluents de la décharge le nettoyage des aérothermes (utilisée pour dissiper des excédents dans l'atmosphère). Les pertes de distribution entre eux le site de Changé et la chaufferie Ferrié (réseau de 11,8 km) s'élèvent entre 4 700 et 5 100 MWh/an soit 395 à 430 kWh/[mètre de tranchées.an], soit 540 à 590 kW. La quantité de chaleur disponible fluctue, en valeur absolue, entre 95 000 et 99 000 MWh nets/an.

#### ➔ L'unité de cogénération biogaz

La production de biogaz décline un peu plus vite que prévu. Elle s'élevait à 40 000 MWh/an en 2020 et 2021. En 2022, elle a régressé de 8,1 %. Cette tendance devrait se poursuivre dans les années à venir.

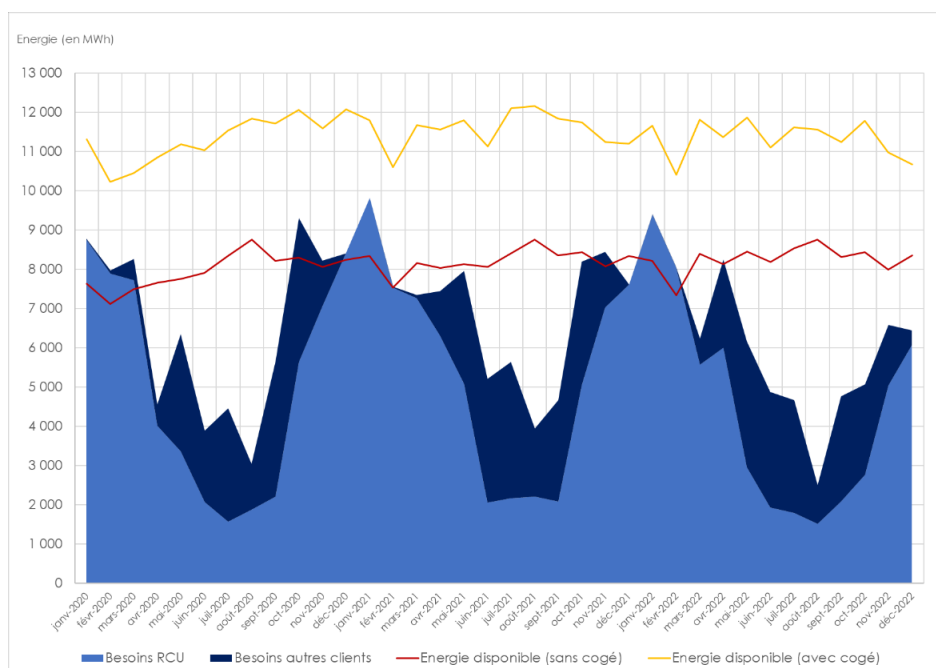
#### ➔ L'énergie disponible

En valeur absolue et sans tenir compte des appels de puissance de l'utilisateur, la chaleur disponible annuellement s'élève donc aux environs de 130 000 MWh/an.

#### ➔ Les usages actuels

La figure suivante synthétise les enlèvements de chaleur par le RCU et par DéshyOuest.

**Figure 20 : Bilan de la production de Séchage Eco industries sur la période 2021- 2022 (en MWh/mois)**



#### • Les enlèvements par DéschyOuest

L'Usine de déshydratation de fourrages de DéschyOuest élève chaque année de 18 000 à 20 000 MWh de chaleur. En outre, cette chaleur est basse température. Cette usine valorise principalement de l'énergie dans la température se situe entre 70 et 95 °C (déshydratation basse température).

Les enlèvements sont les suivantes :

- En 2020 : 18 367 MWh,
- En 2021 : 19 655 MWh,
- En 2022 : 19 834 MWh.

Les consommations de chaleur s'étendent des mois d'avril à novembre, ce qui apparaît complémentaire du réseau de chaleur urbain.

#### • Les enlèvements par le RCU

Si au cœur de l'hiver, le RCU enlève toute la chaleur CSR et une partie de la chaleur biogaz, les quantités valorisées en demi-saison et en été apparaît faible. Les enlèvements de chaleur ont été les suivants :

- En 2020 : 60 540 MWh,
- En 2021 : 64 197 MWh,
- En 2022 : 53 176 MWh.

La puissance disponible est de 15 MW thermiques, au départ de l'usine CSR, puissance à laquelle il convient de retirer les pertes de distribution (0,6 MW), soit une puissance disponible de 14,6 MW th sur le site de la Chaufferie Ferrié. Le fluide caloporteur est de l'eau à 115 °C au départ de l'usine et entre 81 et 85 °C au retour.

**Le réseau de chaleur enlève donc peu ou prou 50 % seulement de l'énergie produite par l'usine CSR.**

#### Énergie disponible auprès de Sécheco Industries

On peut estimer que l'énergie disponible auprès de Sécheco Industries s'élève à 55 000 MWh/an, soit, en termes de puissance :

- **minimum** : 2,3 MW au cœur de l'hiver,
- **maximum** : 9,0 MW en été.

### 6.2.2 Le bois énergie

La ressource biomasse présente l'intérêt d'être stockable et donc mobilisable sur des rayons importants, parfois de l'ordre de 100 km pour des chaufferies de grande puissance. On raisonne donc usuellement à la **maille de la région** pour évaluer le potentiel, les usages actuels et les acteurs de la filière.

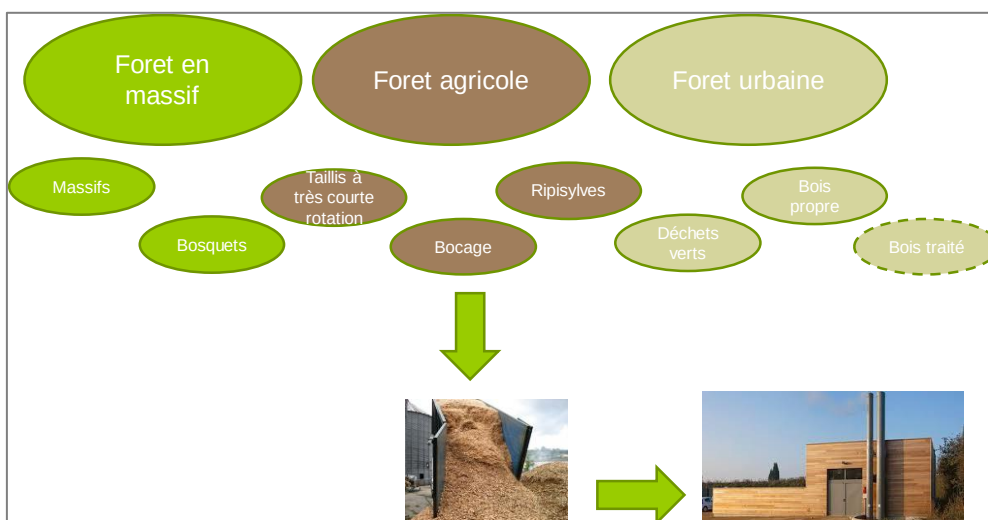
#### 6.2.2.1 Ressources

Les principales ressources concernées en chaufferies sont les suivantes :

- La **forêt en massif** : plaquettes forestières issues de l'entretien de la forêt et des menus bois non valorisés en bois d'œuvre ou de trituration ;
- La **forêt paysanne** qui concerne principalement les plaquettes issues de l'entretien du bocage ;
- La **forêt urbaine** qui inclut les bois d'élague (particuliers, bords de route, etc.) les bois d'opportunité, le bois d'emballage.

La forêt constitue la ressource principale mais les autres ressources ont aussi leur importance à plusieurs titres : valorisation d'une ressource locale, réduction globale du coût du mix obtenu, humidité du mix obtenu.

**Figure 21 : Trois principaux types de ressources**



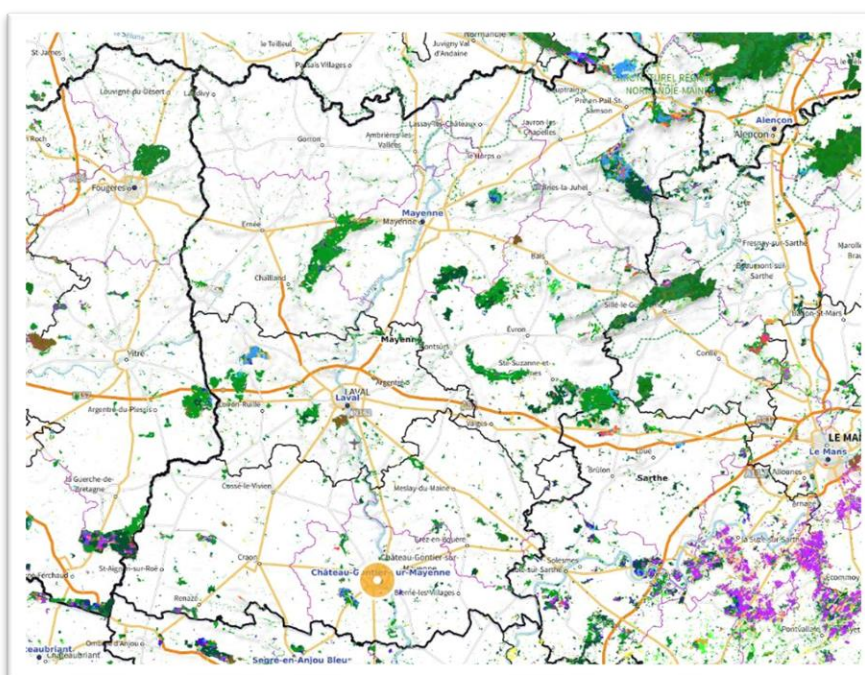
La mobilisation des différentes ressources peut faire appel à des acteurs variés : entreprises de travaux forestiers, agriculteurs, entreprises de travaux agricoles, professionnels du déchet, scieurs. La filière se structure toutefois autour d'entreprises spécialisées (avec ou sans activités annexes) dans l'approvisionnement des chaufferies bois : ces structures d'approvisionnement se concentrent sur une ou plusieurs des ressources selon les cas de figure, l'historique des sociétés ou leur cœur d'activité.

Concernant la ressource, l'appréciation de sa disponibilité repose sur la connaissance du gisement brut et la capacité des acteurs à le mobiliser, en fonction de conditions principalement techniques et économiques.

#### ➡ Forêt en massif

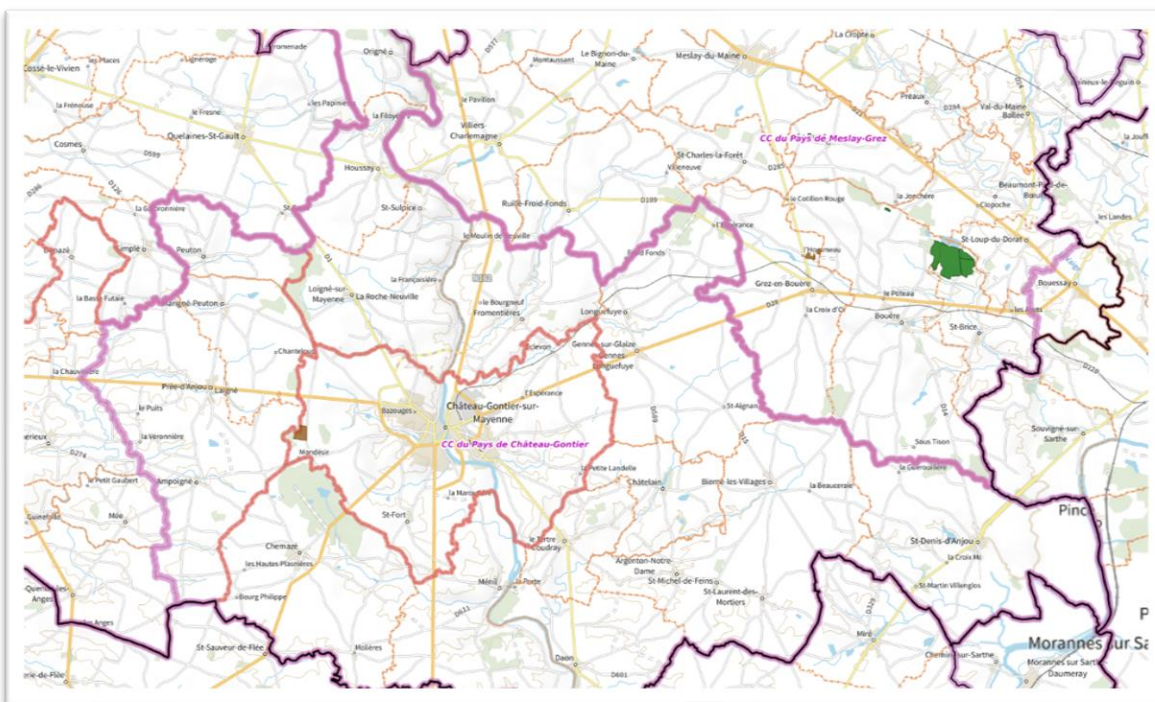
La forêt en Mayenne recouvre 8 % du territoire, soit 40.000 ha. Comparativement au taux de boisement national, le taux de boisement de la Mayenne est faible. La forêt est très morcelée et très majoritairement privée ; cependant on compte 158 forêts de plus de 25 ha, situées principalement au Nord du département, elles représentent 22 700 ha sur les 40 000 ha boisés.

**Figure 22 : Localisation des boisements dans le département de la Mayenne (source : Geoportail)**



La communauté de communes ne compte quasiment aucune surface de forêt publique. La collectivité ne peut donc pas compter sur son patrimoine forestier pour alimenter le futur réseau de chaleur.

**Figure 23 : Localisation des forêts publiques sur le territoire de la communauté de communes (source : Geoportail)**



Les disponibilités en menu bois pour le bois énergie sont les suivantes :

- Disponibilité en bois énergie (MB techniquement disponible) :
  - Pays-de-Loire : 125 000 t/an à 156 000 t/an,
  - Mayenne : 16 000 t/an.
- Disponibilités supplémentaires (MB techniquement disponible) :
  - Pays-de-Loire : 120 000 t/an à 150 000 t/an,
  - Mayenne : 15 000 t/an.

### ➡ Forêt agricole ou paysanne

La forêt agricole concerne les bois/bosquets isolés, les haies bocagères, les arbres d'alignement de bord de route, les ripisylves. L'étude se focalise sur les haies bocagères.

Les haies sont des éléments caractéristiques de l'écosystème bocager formant la clôture constituée d'arbres et d'arbustes alignés et marquant la limite entre deux parcelles ou propriétés agricoles. Notons que le remembrement a façonné un nouveau paysage constitué d'arbres épars, vestiges d'anciennes haies.

On distingue principalement deux types de haies :

- Les haies basses ou non arborées, qui n'aboutissent à la production d'aucune biomasse valorisable ;
- Les haies arborées, composées de taillis et d'arbres de hauts jets (chênes, châtaigniers, frênes...), actuellement entretenues pour la production de bois bûches.

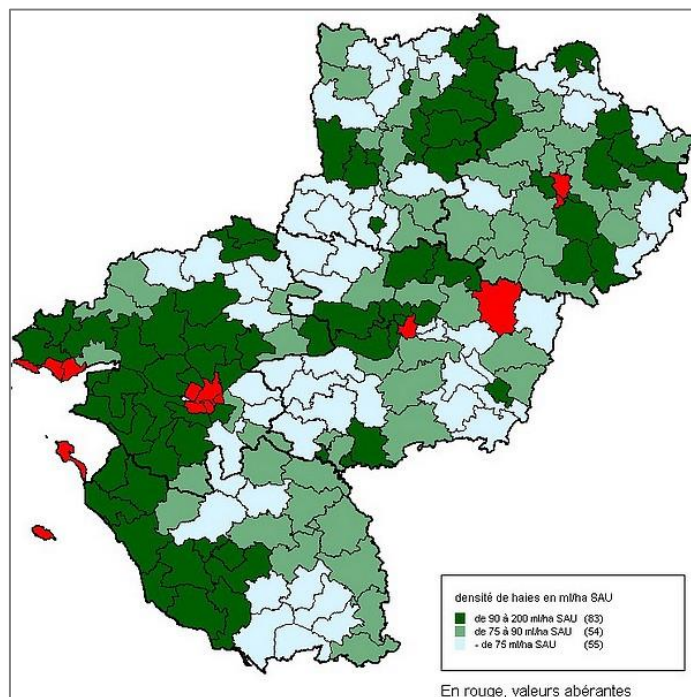
Les arbres épars sont en général les vestiges d'anciennes haies bocagères ou alignements d'arbres dans un espace agricole ouvert.

### • Le territoire de la Mayenne

Le linéaire bocager s'élève à environ **30 000 km** dans le département. A raison d'un potentiel de 4 m<sup>3</sup>/km/an, on estime le potentiel de plaquettes à **110 000 t humides/an**, dont au moins la moitié pour le bois énergie (une partie importante du bois bocager est destiné au bois de chauffage, et de manière beaucoup plus occasionnelle, au bois d'œuvre).

Un inventaire est en cours sur le territoire de la collectivité.

Densité de haies par canton en mètres linéaires/ha de SAU



## Forêt urbaine et déchets de bois

### La forêt urbaine

La **forêt urbaine** correspond à la ressource ligneuse en milieu urbain. On prend également en compte les bois en fin de vie.

La biomasse urbaine provient de l'entretien des arbres et des haies des particuliers, du patrimoine arboré des collectivités (parcs, cimetières, routes, bâtiments publics...), des entreprises privées.

Les déchets verts sont issus de l'exploitation, de l'entretien ou de la création d'espaces verts publics et privés. Ils se distinguent en fonction de leur constitution selon qu'ils sont ligneux (tailles de haies, branchages, élagages, souches) ou non ligneux (feuilles, tontes). Les déchets verts sont majoritairement valorisés en compost normé. La fraction ligneuse peut toutefois être extraite en amont du processus de compostage (broyage – criblage ou séparation sur les déchèteries ou sur les plateformes de compostage).

La qualité des plaquettes urbaines dépendra du processus d'extraction de la fraction ligneuse.

Le bois extrait en amont du compostage ou à la source (en déchetterie...) pourrait aboutir à un bois de bonne qualité, dont les propriétés physico-chimiques sont similaires à celles de la biomasse forestière. Les bois d'élagage constituent également une ressource intéressante pour les chaufferies.

Les déchets ligneux extraits pendant ou en aval de la phase de compostage sont assimilables à des refus de criblage (ce qui modifie leur statut réglementaire). Cette ressource n'est pas adaptée car elle peut entraîner la corrosion des équipements.

Un projet d'arrêté de sortie de statut de déchets pour les déchets verts est en cours de consultation, visant à favoriser la valorisation de cette ressource. A cet égard, il est important de distinguer les bois d'élagage des déchets verts stricto-sensu.

Le potentiel pour cette ressource est estimé à environ 1 000 – 1 500 t de fraction ligneuse, sur un total de 5 000 t/an de déchets verts en déchèterie.

### Les bois en fin de vie et les connexes

Les **bois en fin de vie** sont composés des produits et matériaux arrivant au terme de leur cycle de vie. On les trouve aussi bien dans l'industrie de la première et la seconde transformation du bois, que dans le secteur du BTP, dans les entreprises artisanales, industrielles ou tertiaires, chez les

ménages... Dans le cadre de l'étude, seuls les bois en fin de vie assimilés à la biomasse sont pris en considération : il s'agit des bois d'emballage et en particulier les palettes.

**Figure 24 : Valorisation possible selon la classe de déchets de bois**

| Classe déchets de bois | 1                                                        | 2                                                       | 3                                                                       | 4                                                        |
|------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Type de déchets        | <b>Bois d'emballage (SSD), connexes de scieries, ...</b> | Déchets papetiers, déchets de bois non traités, DEA SSD | Déchets de bois adjuvants non dangereux (DEA, bois de la démolition...) | Déchets de bois dangereux (traverse de chemin de fer...) |
| Rubrique ICPE*         | <b>2910-A</b>                                            | 2910-B                                                  | 2971 (ou 2771)                                                          | 2770                                                     |

Les déchets de bois permettent de réduire le coût et l'humidité du MIX. La valorisation des bois d'emballage nécessite une procédure de sortie de statut de déchet : plateforme agréée, traçabilité et suivi analytique

Les connexes de scierie sur le territoire concernent des petites scieries, qui les auto-consomment en général.

### ➤ Synthèse

Les principales disponibilités selon les ressources sont les suivantes :

- Forêt : 16 000 – 30 000 t (échelle départementale),
- Bocage : 50 000 t (bois de feu déduit) (échelle départementale).
- Elagages : 1 500 t (échelle de la Communauté d'agglomération).
- Déchets de bois : < 800 t (échelle de la Communauté de Communes).

Ces ressources sont compatibles avec les besoins actuels et le projet en cours.

#### 6.2.2.2 Consommations actuelles et futures des chaufferies bois

##### ➤ Les chaufferies dans l'habitat collectif et tertiaire

Plus de 110 chaufferies bois ont une consommation totale d'environ 45 000 t/an. Les plus importantes sont les suivantes :

- Evron : 4 200 t/an,
- Mayenne : 2 900 t/an,
- Château-Gontier : 800-900 t/an,
- Gorron : 1 000 t/an,
- Coudray : 50 t/an.

Plusieurs projets ont été identifiés à l'échelle du département.

- Mayenne : ~5 500 t/an en projet,
- Château-Gontier : ~9 000 t/an en projet.

##### ➤ Les chaufferies industrielles

Actuellement, de nombreuses chaufferies ont été mises en œuvre dans l'industrie du bois (scieries) notamment pour le séchage des plots et avivés avant leur commercialisation.

Dans l'industrie agroalimentaire, on dénombre deux chaufferies de forte puissance :

- Fromagerie Lactalis à Charchigné de 3,25 MW mis en place en 2013/2014 et consommant 12 000 t/an de plaquettes forestières en provenance principalement de l'ordre (fournisseur : Biocombustibles SAS).
- Fromagerie Bel à Evron de 6,6 MW mis en place en 2007 et consommant 15 000 t de plaquettes forestières.

Deux autres projets sont actuellement en construction :

- Lactalis à Mayenne : 38 000 t/an de plaquettes forestières,
- Lactalis à Craon : 18 000 t/an de plaquettes forestières.

Au total, l'industrie mobilisera à court terme (hors autoconsommation) 80 000 t de bois/an pour l'énergie. Une partie importante provient des forêts normandes (Orne en particulier) et de Pays-de-la-Loire. Deux fournisseurs sont mobilisés pour garantir l'approvisionnement de ces chaufferies : Biocombustibles SAS et BEMA.

### 6.2.2.3 Qualité des combustibles

Les grands types de chaudières acceptent une certaine plage de variation des caractéristiques principales du combustible (granulométrie, humidité) ; il est donc essentiel de sélectionner dans un premier temps les types de combustibles admissibles en chaudière puis sur la base de la sélection retenue d'effectuer la régulation optimale de la chaudière. En conséquence des producteurs de combustibles avec des moyens de production différents, et donc des produits un peu différents, doivent pouvoir être mis en concurrence régulièrement sur la base d'un même cahier des charges (leurs offres doivent pouvoir être comparables, la variable d'ajustement étant la régulation finale de la chaudière).

L'objectif recherché est d'évaluer plus justement le rapport qualité/prix ou coût/bénéfice du choix d'un fournisseur de combustible par rapport à sa technologie chaudière bois et être en capacité de comparer des combustibles produits par plusieurs fournisseurs.

Cette démarche présente l'intérêt de favoriser une concurrence plus large et plus loyale entre les différents producteurs de combustibles, et leur capacité réelle à garantir la production régulière de types combustibles fixés, et de mettre en place progressivement une valeur de marché sur une classe de produit donné.

La granulométrie du combustible doivent être compatibles avec les systèmes d'alimentation automatique et le foyer de la chaudière. Le taux de fines conditionne l'envol de poussières dans les fumées. Le type de broyeur peut également avoir une conséquence sur le taux de fines : par exemple, les bois défibrés (ex : entretien, paysagistes) par des broyeurs à marteaux (vs. couteaux) peuvent générer des taux de fines élevés (>25%).

**Figure 25 : Classification professionnelle du CIBE**

| Classe | critères de classes                            |                                                               |                                                        |
|--------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|        | type de produit                                | usage chaufferie                                              | granulométrie/humidité                                 |
| C1     | calibré fin sec<br>petites plaquettes          | petite puissance<br>P < 200_500kW                             | P 45 et limite inf 16 / Fo5<br>M25 et limite inf à 15* |
| C2     | calibré ressuyé<br>plaquettes                  | moyenne puissance<br>300 kW < P < 2 MW                        | P 63 et limite inf 31 / Fo6<br>M40 et limite inf 30    |
| C3     | non calibré humide<br>plaquettes ou mélanges   | moyenne à forte puissance<br>1 MW < P                         | P 100 et limite inf 45 / Fo8<br>M45** et limite inf 30 |
| C4     | non calibré sec<br>broyats secs                | forte puissance /<br>Produits très secs<br>1 MW < P < 3_5 MW  | P 100 et limite inf 63 / F10<br>M20 et limite inf 10   |
| C5     | non calibré très humide<br>broyats et mélanges | forte à très forte puissance /<br>Produits humides<br>P > 5MW | P 100 et limite inf 63 / F10<br>M55 et limite inf 40   |
| C6     | Mélanges spécifiques<br>de bois déchiquetés    | très forte puissance et cogénération<br>P > 15 MW             | spécifique                                             |

Lexique : PF plaquette forestière - PP plaquettes paysagères - PB plaquettes bocagères - CIB connexes de l'industrie du bois - BFV bois fin de vie - EB Ecorces broyées

| Classe | critères de classes                            |                                                               | critères informatifs |                                                                        |                 |
|--------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|        | type de produit                                | usage chaufferie                                              | PCI                  | types de pdts                                                          | Taux de cendres |
| C1     | calibré fin sec<br>petites plaquettes          | petite puissance<br>P < 200_500kW                             | PCI 3,4 à 4,2 MWh    | PF, PB, PP, CIB, sans<br>écorce                                        | A 1_2           |
| C2     | calibré réssuyé<br>plaquettes                  | moyenne puissance<br>300 kW < P < 2 MW                        | PCI 2,8 à 3,4 MWh    | PF, PB, PP, CIB,<br>taux d'écorce faible                               | A 1.0_2         |
| C3     | non calibré humide<br>plaquettes ou mélanges   | moyenne à forte puissance<br>1 MW < P                         | PCI 2,5 à 3,1 MWh    | Mix produits,<br>PF, PB, PP, CIB, BFV, EB<br>taux d'écorce <50%        | A 1.5_3         |
| C4     | non calibré sec<br>broyats secs                | forte puissance /<br>Produits très secs<br>1 MW < P < 3_5 MW  | PCI 3,9 à 4,5 MWh    | BFV<br>sans écorces                                                    | A 1_3           |
| C5     | non calibré très humide<br>broyats et mélanges | forte à très forte puissance /<br>Produits humides<br>P > 5MW | PCI 1,9 à 2,8 MWh    | Mix produits,<br>( PF, PB, PP, CIB, BFV,<br>EB)<br>taux d'écorce élevé | A 7             |
| C6     | Mélanges spécifiques<br>de bois déchiquetés    | très forte puissance et<br>cogénération<br>P > 15 MW          | spécifique           | spécifique                                                             | spécifique      |

Lexique : PF plaquette forestière - PP plaquettes paysagères - PB plaquettes bocagères - CIB connexes de l'industrie du bois - BFV bois fin de vie - EB Ecorces broyées

Concernant le projet de réseau de chaleur, on peut s'appuyer sur des combustibles des classes 2, 3 et 4.

#### 6.2.2.4 Fournisseurs

##### Organisation de l'approvisionnement

##### • Propriétaires de la matière

Les propriétaires de bois sur pied peuvent être de quatre natures différentes :

- Collectivités (forêt, bios d'élagage des villes, etc.) et ONF,
- Particuliers (haies,...),
- Propriétaires forestiers,
- Agriculteurs.

Certaines entreprises sont plus proches historiquement de certaines sources d'approvisionnement. C'est le cas des forestiers (Exploitants-Fournisseurs) qui sont en lien avec les gestionnaires et propriétaires de forêt et les entreprises du paysage (Prestataires-Fournisseurs) qui touchent également les particuliers et collectivités. Les agriculteurs semblent être un partenaire plus récurrent pour les Fournisseurs. Cela vient du fait que les chantiers agricoles sont plus souvent réalisés par ces derniers (au contraire des autres sources d'approvisionnement), ce qui convient mieux aux fournisseurs qui ne mobilisent pas eux-mêmes la ressource.

Les gros fournisseurs s'approvisionnent auprès des collectivités (principalement sur de l'entretien de linéaires) ou des gestionnaires et propriétaires forestiers. 80% d'entre eux s'approvisionnent auprès de particuliers malgré une taille de chantier souvent faible.

Les petits fournisseurs privilégient l'approvisionnement auprès des collectivités, des particuliers ou des propriétaires forestiers. Ils sont les interlocuteurs privilégiés des agriculteurs.

Les entreprises du bois énergie investissent largement le panorama des différentes sources d'approvisionnement. Afin de satisfaire les besoins des chaufferies, aucune ressource n'est négligée.

##### • Forme d'achat

Plusieurs cas de figure sont envisageables :

- L'entreprise n'achète pas le bois : cas de figure rencontré dans le bocage et l'entretien du paysage (l'entreprise peut se faire payer pour la prestation d'entretien), le bois est récupéré à la suite d'un chantier ou collecté.
- L'entreprise achète le bois : cas de figure rencontré dans les milieux forestier, bocager, voire dans l'entretien du paysage (alignements, parcs et jardins...). Le bois peut être acheté « sur pied » ou « bord de route ».

En forêt, le bois énergie peut être acheté sous plusieurs formes, qui varie généralement en fonction des familles d'essence (feuillus et résineux) :

- L'achat de houpier se pratique à la suite d'une coupe définitive de peuplier ou bien dans des coupes de feuillus dont la production de bûches est difficilement mécanisable et qui ne possèdent que le bois énergie comme débouché.
- L'achat de billons pour la production de combustible est majoritairement pratiqué sur des chantiers résineux. Il s'agit souvent de billons de trituration insuffisante pour la qualité ou de bois « toutes longueurs » n'ayant pas d'autres débouchés. Si le prix de la trituration est fort, il limite l'utilisation de billon pour la production de combustible.
- L'achat de rémanents s'observe principalement à la suite de coupes rases résineuses. Cette catégorie comprend les branches et les houppiers.
- L'achat d'arbres entiers est pratiqué indifféremment pour les peuplements feuillus ou résineux. Dans les peuplements résineux, il s'agit de coupes d'éclaircie. Pour le feuillus, il peut s'agir de coupes d'amélioration mais plus généralement de coupes rases de taillis déperissant ou bien de peuplements pauvres préalablement à une nouvelle plantation.

#### • Plateformes

Le passage par plateforme peut aussi être une stratégie en termes de qualité. Certains fournisseurs réalisent ainsi des mélanges ou bien du tri pour proposer une gamme de produits conformes aux cahiers des charges de leurs clients. Le stockage poursuit plusieurs vocations :

- Les fournisseurs de petites chaufferies stockent et séchent leur bois sur des plateformes couvertes. L'humidité recherchée est en général proche de 25%. Cette logistique implique une augmentation du prix de revient à la tonne, suite d'une perte d'eau (et de poids) conséquente, ainsi qu'aux frais générés par la gestion d'une infrastructure de stockage. En outre, l'énergie nécessaire pour sécher naturellement le bois résulte d'un échauffement émanant d'une dégradation aérobie de la matière ligneuse : une perte légère du contenu en énergie de la biomasse récoltée est ainsi obtenue. Le prix de vente du combustible est pour cette double raison plus élevé.
- La majorité des fournisseurs de combustible possède une ou plusieurs plateformes pour sécuriser l'approvisionnement lorsque la mobilisation du bois est difficile (hiver...). Les exploitants forestiers peuvent envisager de ne pas passer par plateforme lorsque qu'ils laissent ressuyer le bois en forêt, avec le risque de ne pas pouvoir le broyer (à cause des conditions climatiques).

Sur une même plateforme de stockage bois, on observe de 1 à 3 rotations annuelles selon l'objectif recherché. Le stockage du combustible étant long et coûteux, les fournisseurs par exemple privilégient le flux tendu quand c'est possible (« direct chaufferie »).

#### ➡ Structures d'approvisionnement

On observe la présence sur la région de fournisseurs de taille différente. La fourniture de combustible étant un marché à faible marge le seuil de 5 000 t/an apparaît comme un minimum à atteindre pour la pérennité des entreprises (ex : 6 000 t/an pour la SCIC Mayenne Bois Energie). Tout nouveau projet bois énergie dispose désormais d'une offre concurrentielle en volume et en qualité sur l'ensemble du territoire, et ce, quel que soit le lieu du projet.

Plusieurs structures, fournissant directement ou indirectement les chaufferies du territoire départemental sont recensés sur le territoire. Ces structures concernent la forêt en massif, la forêt paysanne et la forêt urbaine.

La **SCIC Mayenne Bois Energie** valorise le bois bocager, notamment dans le **cadre d'une convention de préservation du bocage avec la communauté de communes**. La SCIC dispose de plusieurs plateformes (en location) dont Azé et compte 140 agriculteurs (potentiel > 200 agriculteurs). Environ 30 % de la production répond au Label Haie.

**Figure 26 : Organisation de la production de plaquettes bocagère**

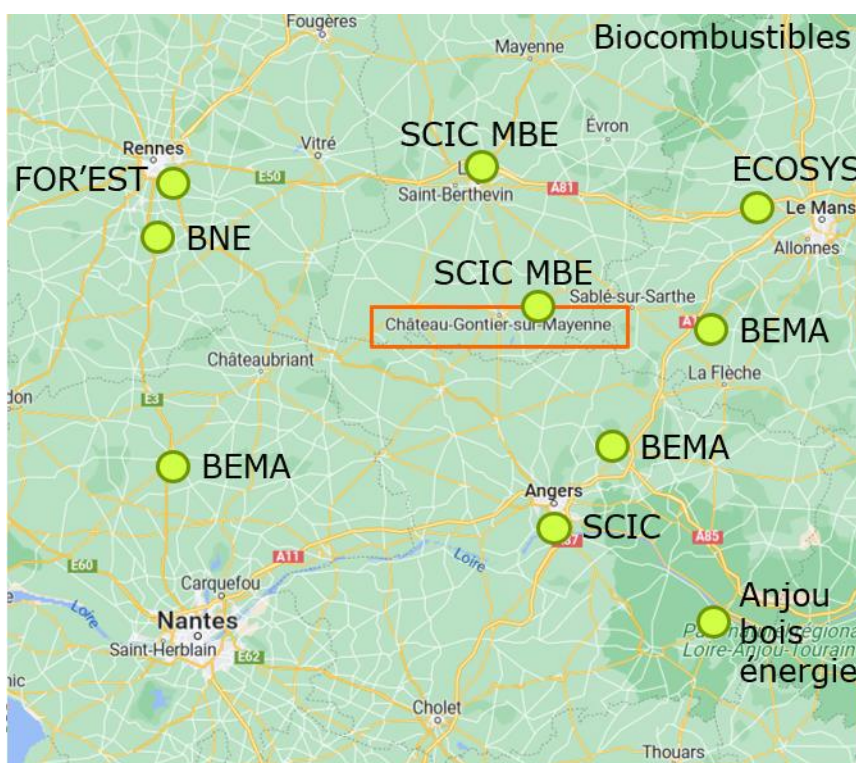
|                               | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Période de chauffe            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Abattage                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Période interdiction abattage |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Déchiquetage                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Stockage/séchage              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

La structure dispose d'un camion benne 35 m<sup>3</sup>, d'un camion souffleur 30 m<sup>3</sup> et de bennes agricoles.  
La SCIC produit actuellement **6 000 t de plaquettes par an**.

**Figure 27 : Présentation des principales structures d'approvisionnement**

| Structure           | Flux mobilisés |        |         |          |                |             |        | Capacité de production (t/an) | Plateformes      | Certifications |             |      |
|---------------------|----------------|--------|---------|----------|----------------|-------------|--------|-------------------------------|------------------|----------------|-------------|------|
|                     | Forêt          | Bocage | Paysage | Connexes | Emballages SSD | Déchet vert | Bois B |                               |                  | PEFC           | Label Haute | CBQ+ |
| SCIC MBE            |                | X      |         |          |                |             |        | 6 000                         | Laval, Azé, etc. |                | X           |      |
| BEMA                | X              | X      | X       | X        | (X)            |             |        | 150 000 (grand ouest)         | Nozay, Angers    | X              | X           | X    |
| BNE                 | X              | X      | X       | X        | X              |             |        | > 30 000 (grand ouest)        |                  | X              |             |      |
| ECOSYS              |                |        |         |          | X              | X           | X      | 100 000 (grand ouest)         | Ploeren, Orgères |                |             | X    |
| Forest              | X              |        |         |          |                |             |        | 15-20 000                     | Vern sur Seiches | X              |             |      |
| BIOCOMBUSTIBLES SAS | X              | X      | X       | X        | X              |             | X      | 300 000                       | Larçay           | X              | X           | X    |

**Figure 28 : Localisation des principales structures d'approvisionnement**



### 6.2.2.5 Prix

Le prix du combustible est dépendant de la ressource, de la chaufferie (taille) et de son niveau de préparation :

- < 500 kW (vis sans fin) : séchage 20 % PCI = 4 MWh/t, criblage, P10-40,
- 500-1 MW : 2-3 mois de séchage seulement,
- Grosse chaufferie (cas du projet en cours) : possible livraison directe depuis le chantier.

On peut décomposer le prix de la manière suivante :

- Le prix de la matière : entre 0 et 15 €/t,
- La coupe, le débardage et le broyage : 25-45 €/t,
- Le transport depuis l'aire de broyage jusqu'à la plateforme : 10 €/t,
- Frais de gestion : 5-10 €/t,
- Location de la plateforme : 6-10 €/t,
- Manutention dont chargement pour livraison : 2-5 €/t,
- Criblage : 5-10 €/t,
- Fines : 0-8, 0-10 mm,
  - Litière animale si suffisamment ligneuse (30 €/t livrée),
  - Bûches densifiées (BEOE),
  - Remédiation des sols.

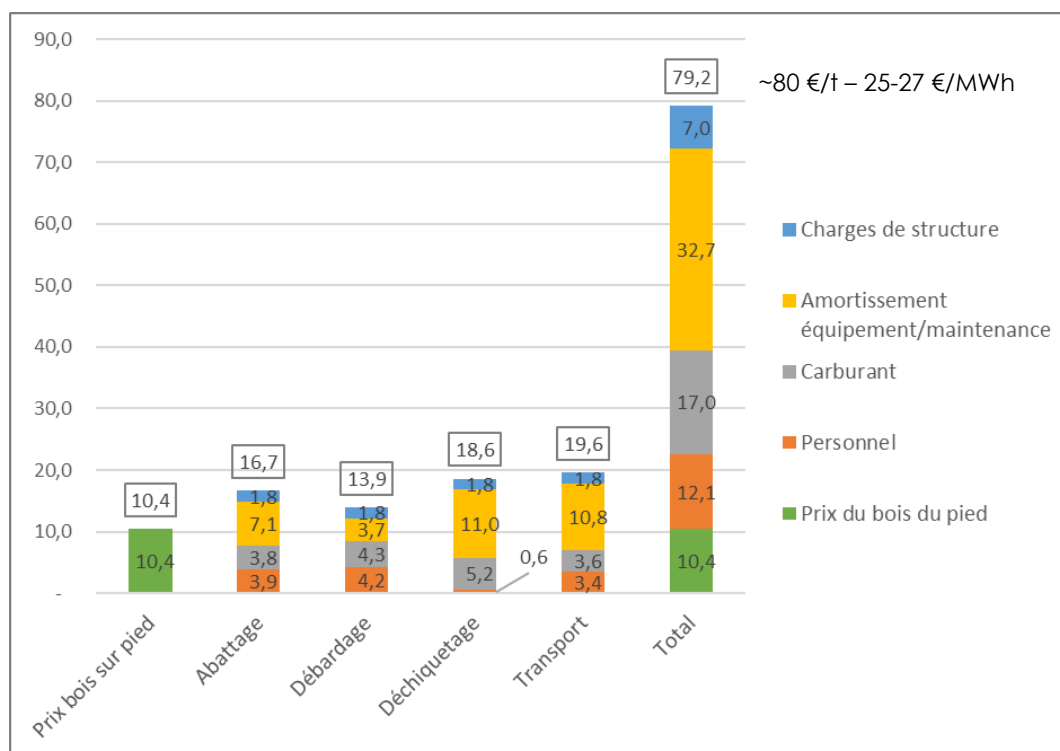
Le coût de revient de l'approvisionnement en combustible bois fluctue en fonction de l'origine de la ressource.

### ➡ Forêt

Les bois énergie est un co-produit fatal de l'exploitation et/ou l'objectif principal (peuplements pauvres) :

- De l'ordre de 55 €/t bord de route,
- De l'ordre de 80 €/t rendue chaufferie, soit 25-27 €/MWh.

**Figure 29 : Décomposition du prix des plaquettes forestières (CEDEN)**



On note que le carburant compte pour une part importante du coût du combustible : une augmentation du carburant implique donc une augmentation du coût du combustible.

### ➔ Bocage

Le bois énergie est avec le bois de feu (principal exutoire) et parfois le bois d'œuvre l'un des produits de la haie,. Le coût de revient des plaquettes bocagères se situe entre 130 et 140 €/t livrée (35 €/MWh PCI).

Les prix suivants pour du bois sec (20-25 % d'humidité, soit 3,5 MWh/t) :

- 133 €/t en livraison benne classique, soit 38 €/MWh ;
- 136 €/t en livraison benne classique si pré-fosse avec vis de convoyage (vidage plus long), soit 38,9 €/MWh ;
- 162 €/t en camion souffleur, soit 46,3 €/MWh ;
- Les prix sont hors gestion des cendres.

La SCIC MBE annonce les coûts suivants : de 28 à 32-35 €/MWh selon l'itinéraire technique du bois.

#### Décomposition du prix des combustibles dans le bocage (CEDEN)

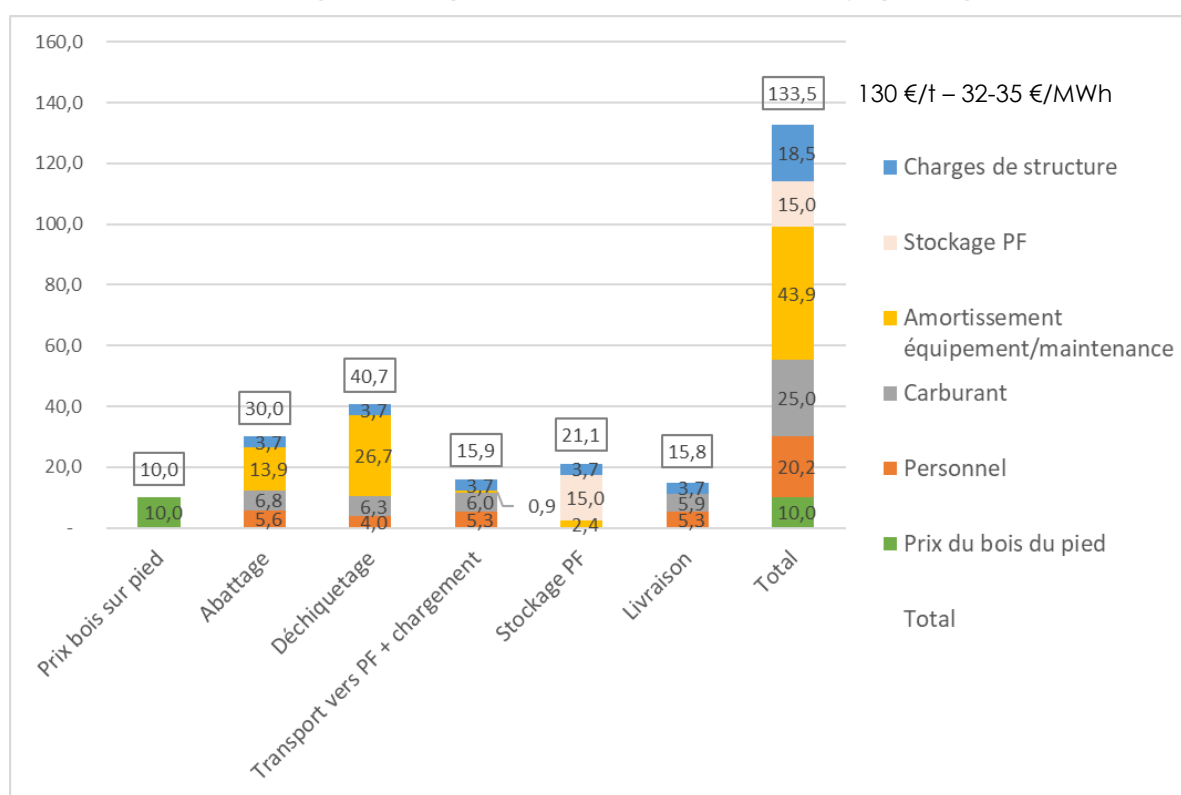


Figure 30 : Exemple de prix du combustible pour le projet hors gestion des cendres

| Fournisseur                    | Type de ressource | Tonnage | Prix €/t |
|--------------------------------|-------------------|---------|----------|
| BEMA                           | Bois forestier    | 2 000   | 26-27    |
| SCIC                           | Bois bocager      | 1 500   | 35       |
| CC                             | Bois SSD          | 500     | 17       |
| Total hors gestion des cendres |                   | 4 000   | 28 - 29  |

Le prix retenu en novembre 2022 pour l'étude est **30 €/MWh** incluant la gestion des cendres.  
La formule de révision refléter les différents postes qui constituent le prix du combustible rendu.

**Figure 31 : Exemple de formule de révision d'un fournisseur local**

| Poste de charge        | PONDERATION | Source                                                                                                                          |
|------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Achat du bois sur pied | 10,0%       |                                                                                                                                 |
| Cout machine           | 24,0%       | <a href="https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/001711008#Tab">https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/001711008#Tab</a> |
| Maintenance            | 11,0%       | <a href="https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/010534754">https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/010534754</a>         |
| Carburant              | 16,0%       | <a href="https://www.cnr.fr/espaces/2/indicateurs/26?noContext=:">https://www.cnr.fr/espaces/2/indicateurs/26?noContext=:</a>   |
| Salaire                | 28,0%       | <a href="https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/010562813">https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/010562813</a>         |
| Hotels restaurants     | 6,0%        | <a href="https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/001769682">https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/001769682</a>         |
| Autres                 | 5,0%        | <a href="https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/001769682">https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/001769682</a>         |

#### 6.2.2.6 Cendres

Les installations de combustion peuvent générer 3 types de cendres :

- Cendres sous foyer CF (75 %),
- Cendres multi-cyclonique CM (15 %),
- Poussières de filtration CV (10 %).

Une évolution de la réglementation relative aux chaufferies biomasse (rubrique 2910) est attendue à court terme :

- Chaufferie > 5 MW : séparation des cendres sous foyer et cendres multi-cycloniques obligatoire (anticipé dans le fonds chaleur) ;
- Chaufferie < 5 MW : la séparation n'est pas imposée.

Une évolution de la réglementation sur le retour au sol est également attendue en 2022 (Décret socle commun). Un renforcement des seuils relatifs à l'épandage en agriculture des cendres est attendu, impliquant un possible déclassement de certains lots, à évacuer en cas de non-conformité en décharge, renchérissant ainsi le coût de leur gestion.

Actuellement, environ 90 % des cendres CF+CM sont conformes à la réglementation, mais le cas échéant, le coût de gestion peut être pénalisé :

- Epandage : 70 €/t de cendres, soit 0,55 €/HT/MWh PCI,
- Enfouissement dans un centre de stockage de déchets non dangereux : plus de 150 €/HT/t à partir de 2025 auxquels il convient d'ajouter un coût de rotation des bennes (200 €/HT/rotation, soit 35 €/HT/t), soit 1,50 €/HT/MWh PCI.

Parallèlement, les poussières de filtration sont enfouies dans des décharges de déchets dangereux à raison de 350 €/HT/t, auxquels il convient d'ajouter 350€/HT pour le transport depuis la chaufferie, soit 0,35 €/HT/MWh PCI.

Globalement, le coût de revient de la gestion des cendres s'élève à 0,90€/HT/MWh PCI, arrondi à 1,00 €/HT/MWh PCI avec les frais de gestion, dans l'hypothèse d'une valorisation de l'intégralité des cendres sous-foyer/cendres multicycloniques.

## 7 Le bilan économique

A la différence des données techniques, les données financières 2022 n'étaient pas disponibles pour analyse lors de la rédaction de ce rapport

L'évolution globale des résultats de la concession est la suivante :

**Tableau 13 : Synthèse des comptes LEN 2018-2021**

|                     | 2018        | 2019        | 2020        | 2021        |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Produits</b>     | 5 085 528 € | 4 912 404 € | 4 646 157 € | 5 804 249 € |
| <b>Charges</b>      | 5 675 125 € | 5 081 965 € | 5 029 732 € | 5 231 866 € |
| <b>Résultat net</b> | -589 597 €  | -168 661 €  | -382 675 €  | 572 383 €   |

On voit que, la crise liée au COVID-19 n'a pas eu d'impact significatif sur les recettes et les dépenses de l'exercice 2020. On remarque que les comptes sont **plutôt déficitaires**.

Le **résultat positif** de l'année **2021** s'explique par la **facturation de droits de raccordement** (+404 068€) **et par hausse des ventes de chaleur** (+24,5% entre 2020 et 2021) avec un très bon taux EnR&R du réseau (86,82%).

En plus de ce bon taux EnR&R, l'achat de la chaleur cogénérée au prix Séché fait que, d'un point de vue économique, tout se passe comme si la mixité énergétique du réseau était de 96,16%. On entre alors dans une situation défavorable pour l'abonné, qui se voit facturer une énergie à 81,80% issue de source EnR&R et 18,20% issue du gaz naturel, ce qui ne correspond pas du tout à la réalité économique des coûts de l'énergie.

Cette situation est à surveiller lors des prochaines mises en route de l'unité de cogénération.

Nous proposons de comparer ces résultats aux Compte d'Exploitation Prévisionnel (CEP) réalisé au 01/09/2013, pour la signature du Contrat de DSP.

**Tableau 14 : Synthèse du Compte d'Exploitation Prévisionnel (source : Contrat de DSP - Annexe 14)**

|                                                   | 2018        | 2019        | 2020        | 2021        |
|---------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Produits</b>                                   | 5 563 000 € | 5 865 000 € | 5 670 000 € | 5 603 000 € |
| <b>Charges</b>                                    | 5 253 000 € | 5 489 000 € | 5 199 000 € | 5 072 000 € |
| <b>Résultat net</b>                               | 310 000 €   | 376 000 €   | 471 000 €   | 531 000 €   |
| <b>Différence des résultats nets (Réel – CEP)</b> | -899 597€   | -544 661 €  | -853 675 €  | 41 383 €    |

On constate que seuls les résultats financiers de l'année 2021 sont en cohérence avec les prévisions. Pour les autres années, on note un déficit moyen de 766 000 €, qui s'expliquent par des produits bien inférieurs aux prévisions

### 7.1 Les charges d'achat de combustible

Nous allons à présent examiner les coûts de combustibles, en mettant en exergue les coûts unitaires et leur position relative aux coûts usuels.

#### 7.1.1 Achats de chaleur à Séché Éco-Industrie (Chaleur fatale)

Le tarif d'achat de la chaleur produite par Séché Éco-Industries se base sur l'Article 8 de l'Annexe 7 du deuxième avenant au contrat de DSP, signé le 20 juin 2016.

Il sera révisé au 1<sup>er</sup> janvier et 1<sup>er</sup> juillet de chaque année selon la formule :

$$TF_{n+1} = TF_n \times (0,35 + 0,65 \frac{Bois}{Bois_0})$$

Où Bois/Bois<sub>0</sub> représente le prix du bois en MWh PCI, soit :

$$\frac{Bois}{Bois_0} = 0,6 \times \frac{I_{bois}}{I_{bois0}} + 0,4 \times \frac{I_t}{I_{t0}}$$

Où I<sub>t</sub> représente l'indice synthétique du prix de revient du transport routier de marchandises, en régional, effectué au moyen de véhicules porteurs, publié sur le site du CNR ;

I<sub>t0</sub> = 135,25 (dernière valeur connue au 1<sup>er</sup> septembre 2013)

$$\text{et } \frac{I_{bois}}{I_{bois0}} = 0,33 \times \frac{IPF}{IPF_0} + 0,33 \times \frac{I_{con}}{I_{con0}} + 0,34 \times \frac{I_{rec}}{I_{rec0}}$$

Où IPF représente l'indice plaquette C3-C5 (granulométrie grossière) ;

I<sub>con</sub> représente l'indice plaquette de scierie C3-C5 ;

I<sub>rec</sub> représente l'indice broyat de recyclage de classe A, C4 ;

IPF<sub>0</sub> = 41,0 (dernière valeur connue au 1<sup>er</sup> septembre 2013) ;

I<sub>con0</sub> = 39,7 (dernière valeur connue au 1<sup>er</sup> septembre 2013) ;

I<sub>rec0</sub> = 39,9 (dernière valeur connue au 1<sup>er</sup> septembre 2013).

Le **prix initial de la chaleur** a été fixé d'un commun accord à **25 €/MWh**.

On remarque la formule d'indexation de la chaleur Séché se base sur des indicateurs bois, ce qui ne représente pas du tout la réalité des charges pour la fourniture de la chaleur Séché. Une discussion de cette formule pourrait être envisagée pour un prochain avenant.

Les frais d'achat de chaleur à Séché sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 15 : Quantités de chaleur achetées à Séché (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2021)**

|                    |                      | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      |
|--------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Energie livrée     | MWh <sub>u</sub>     | 53 447    | 61 041    | 60 551    | 64 453    |
| Coût de la chaleur | €                    | 1 370 546 | 1 542 778 | 1 534 882 | 1 622 533 |
|                    | € / MWh <sub>u</sub> | 25,64     | 25,27     | 25,35     | 25,17     |
| Evolution relative | Base 100 : 2018      | 100,00    | 98,56     | 98,85     | 98,17     |

Le **prix du MWh** de chaleur utile semble stable dans le temps et correspond à l'ordre de grandeur usuel pour les réseaux de chaleur alimentés par des incinérateurs.

Par ailleurs, l'analyse détaillée de ce tarif d'achat nécessiterait une analyse des coûts d'achat de Séché sur les CSR, les réactifs pour le traitement des fumées, la gestion des cendres, ... L'installation se situant hors du périmètre de la DSP, nous ne disposons pas de ces informations.

## 7.1.2 Achats de chaleur à COGESTAR 2 (Cogénération Gaz)

Pour rappel, les différentes cas d'achat de la chaleur produite par cogénération sont définies aux paragraphe 2.4.1.1.

**Tableau 16 : Quantités de chaleur achetées à COGESTAR 2 (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2021)**

|                          |                      | 2018    | 2019    | 2020    | 2021    |
|--------------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| Energie livrée           | MWh <sub>u</sub>     | 0       | 0       | 0       | 2 401   |
| Coût de la chaleur       | €                    | 0       | 0       | 0       | 60 457  |
|                          | € / MWh <sub>u</sub> | 0       | 0       | 0       | 25,17   |
| Redevance perçue par LEN | €                    | 258 921 | 264 104 | 267 204 | 269 871 |

L'unité de cogénération a uniquement tourné les mois de **novembre et décembre 2021**. Le prix d'achat de la chaleur cogénérée étant identique à celui de la chaleur Séché, on peut en déduire, d'après le contrat d'achat de chaleur conclu entre LEN et COGESTAR, que la chaleur cogénérée a substitué la chaleur issue de Séché.

### 7.1.3 Achats de gaz à CORENE (fonctionnement des chaudières gaz)

**Tableau 17 : Quantités de gaz achetées à CORENE (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2021)**

|                           |                 | 2018    | 2019    | 2020    | 2021    |
|---------------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Energie livrée</b>     | MWh PCS         | 16 242  | 7 978   | 3 706   | 7 851   |
| <b>Coût de la chaleur</b> | €               | 850 260 | 346 550 | 189 938 | 484 237 |
|                           | €/MWh PCS       | 52,35   | 43,44   | 51,25   | 61,68   |
| <b>Evolution relative</b> | Base 100 : 2018 | 100,0   | 83,0    | 97,9    | 117,8   |

Pour comparer les tarifs de la chaleur achetée à CORENE, nous proposons de recalculer le prix du gaz, en incluant les différentes taxes (transport, distribution, stockage, TVA) et une marge pour le fournisseur.

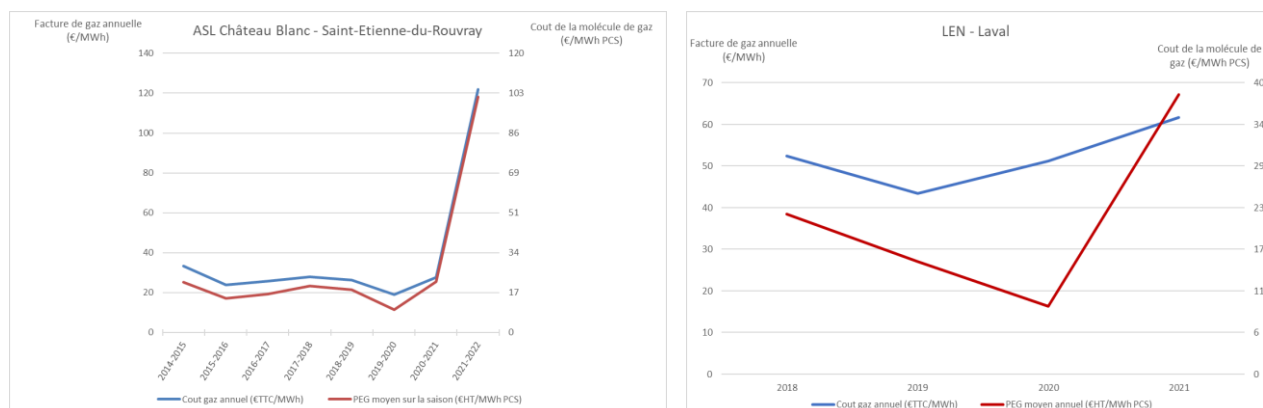
**Tableau 18 : Comparaison des tarifs de gaz facturés par CORENE et calculés par CEDEN**

|                                        |           | 2018        | 2019        | 2020         | 2021         |
|----------------------------------------|-----------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| <b>Coût du gaz, facturé par CORENE</b> | €/MWh PCS | 52,35       | 43,44       | 51,25        | 61,68        |
| <b>Coût du gaz, calculé par CEDEN</b>  | €/MWh PCS | 45,48       | 39,18       | 38,96        | 63,92        |
| <b>Ecart</b>                           | €/MWh PCS | <b>6,87</b> | <b>2,04</b> | <b>12,29</b> | <b>-2,24</b> |

On remarque que le gaz facturé par CORENE est très supérieur à ce que l'on pourrait s'attendre. Notamment en 2020 où le prix de la molécule de gaz a connu une forte diminution, par rapport à 2019, diminution que l'on ne retrouve pas sur les factures CORENE. Pour vérifier cela, nous proposons d'observer les variations des prix du gaz facturé, ramené au MWh consommé, et le prix du de la molécule de gaz pour :

- Le réseau de l'ASL Château Blanc à Saint-Etienne-du-Rouvray (dont nous assurons le suivi de DSP) ;
- Le réseau de la ville de Laval.

**Figure 32 : Evolution annuelle du prix du gaz facturé et du PEG moyen annuel**



On remarque qu'à l'inverse de ce que l'on observe sur le réseau de l'ASL Château Blanc, l'évolution des factures gaz de CORENE ne suit pas du tout les tendances de variation du PEG.

Ce poste de dépense est à surveiller pour les prochaines années.

#### 7.1.4 Achats de produits pétroliers

Le seul achat de produits pétroliers a été Fioul à Usage Domestique (FOD) pour la mise en place d'une chaudière mobile qui a servi de secours lors de la correction d'un problème d'altimétrie lors du raccordement de l'Espace Mayenne (SST 22).

**Tableau 19 : Quantités de FOD achetées (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2021)**

|     |                |             | 2018 | 2019 | 2020 | 2021   |
|-----|----------------|-------------|------|------|------|--------|
| FOD | Energie livrée | MWh PCI     | 0    | 0    | 0    | 140    |
|     | Coût           | €           | 0    | 0    | 0    | 13 490 |
|     |                | € / MWh PCI | 0    | 0    | 0    | 96,36  |

Cette quantité est faible par rapport aux autres dépenses de combustible et surtout est épisodique et n'est donc pas significative.

#### 7.1.5 Synthèse des charges d'achats de combustible

On récapitule ici l'évolution des prix unitaires des différents achats (combustible ou chaleur) dans le graphique suivant. On a écarté le FOD qui ne représentait qu'un achat ponctuel en 2021 pour des opérations de maintenance.

**Figure 33 : Synthèse des coûts unitaires des principaux achats (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2021)**



|                      |                    | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      |
|----------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Coûts annuels (€/an) | Chaleur Séché      | 1 370 546 | 1 542 778 | 1 534 882 | 1 622 533 |
|                      | Gaz                | 850 260   | 346 550   | 189 938   | 484 237   |
|                      | Chaleur COGESTAR 2 | -         | -         | -         | 60 457    |
|                      | Fioul              | -         | -         | -         | 13 490    |
| Total                | €/an               | 2 220 806 | 1 889 328 | 1 724 820 | 2 180 717 |
|                      | €/MWh livré        | 38,10     | 32,11     | 31,77     | 34,56     |

## 7.2 Les frais d'achat de l'électricité

L'électricité est achetée à Dalkia dont la synthèse des frais d'achats est la suivante :

Tableau 20 : Frais d'achats d'électricité (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2021)

|                                    |                  | 2018    | 2019    | 2020    | 2021    |
|------------------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|
| Electricité consommée <sup>6</sup> | kWh élec         | 789 383 | 756 538 | 713 173 | 753 781 |
| Chaleur livrée                     | MWh u            | 58 286  | 58 840  | 54 293  | 63 102  |
| Ratio élec / chaleur livrée        | kWh élec / MWh u | 13,54   | 12,86   | 13,14   | 11,95   |
| Coût                               | €                | 127 935 | 135 478 | 146 831 | 154 679 |
| Coût unitaire                      | € / MWh          | 162,07  | 179,08  | 205,88  | 205,20  |

On constate une consommation électrique stable mais un **prix** moyen du MWh à l'achat très élevé. En comparaison, le **prix du MWh pour d'autres réseaux** et sur la **même période** se situe autour de **80 - 90 €/MWh<sub>élec</sub>**.

Ce tarif d'achat très élevé en partie lié au type de contrat signé avec Dalkia. En effet, LEN n'achète pas directement son électricité mais que cela est **inclus dans le contrat d'exploitation conclu avec DALKIA** sous la forme du P1' affiché dans les factures (c'est ce montant qui a servi à la complétion du tableau ci-dessus).

La **consommation d'électricité rapportée à la livraison de chaleur** caractérise à la fois l'**efficacité du réseau** et celle des **moyens de production**. Dans le cadre du réseau LEN, comme la majeure partie de la chaleur est produite en dehors du périmètre de la DSP (Séché et COGESTAR 2), cet indicateur va principalement caractériser le réseau.

La valeur tendancielle d'environ **12,9 kWh élec / MWh livré** est conforme à ce que l'on trouve pour les **autres réseaux de chaleur**, qui consomment environ **15 kWh d'électricité par MWh de chaleur livrée**.

- Le total des puissances électriques souscrites est de 33,791 MW.

## 7.3 Les charges de gestion courante du réseau

Les **charges de gestion courante** se subdivisent en **trois catégories** :

- Les frais de maintenance et d'entretien courant (à dissocier des frais de renouvellement, évoqués plus tard),

<sup>6</sup> On ne prend en compte ici que les consommations électriques des installations qui figurent dans le périmètre de la DSP.

- Les frais de gestion,
- Les taxes et assurances.

### 7.3.1 Frais de maintenance et d'entretien courant

La réalisation des opérations de maintenance et d'entretien courant sont également effectuées par Dalkia, dans le cadre du contrat de sous-traitance. On retrouve alors les frais liés à ce poste dans les factures de Dalkia, sous l'appellation « P2 ».

Cette prestation est forfaitaire et est révisée selon la formule :

$$P2 = P2_0 \times (0,2 + 0,5 \times \frac{ICHT - IME}{ICHT - IME_0} + 0,3 \times \frac{FSD2}{FSD2_0})$$

Où :

- P2<sub>0</sub> représente le coût initial de la prestation ;
- ICHT-IME représente la dernière valeur publiée (connue le jour de la facturation) de l'indice du coût horaire du travail, Industries mécaniques et électriques, publié par Le Moniteur ;
- ICHT-IME<sub>0</sub> = 111,5 (valeur du 9 juillet 2013)
- FSD2 représente la dernière valeur publiée (connue le jour de la facturation) de l'indice des frais et services divers 2, publié par Le Moniteur.
- FSD2<sub>0</sub> = 125,8 (valeur du 31 juillet 2013).

Les frais de maintenance et d'entretien courant sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 21 : Frais de maintenance et entretien courant (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2021)**

| Dénomination                     |       | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      |
|----------------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Chaleur livrée (MWh u)           |       | 58 286    | 58 840    | 54 293    | 63 102    |
| Coût de la prestation Dalkia (€) |       | - 282 430 | - 299 340 | - 302 895 | - 309 129 |
| Nettoyage de la cuve fioul (€)   |       | -         | -         | - 25 000  | -         |
| Pompage de l'eau polluée (€)     |       | -         | -         | - 1 000   | -         |
| <b>Total</b>                     | €     | - 282 430 | - 299 340 | - 328 895 | - 309 129 |
|                                  | €/MWh | 4,85      | 5,09      | 6,06      | 4,90      |

Les frais de maintenance sont assez stables, avec une légère augmentation en 2020 du coût de revient du MWh livré, principalement due à la neutralisation de la cuve fioul à la chaufferie Ferrié.

Si l'on exclut les frais liés à la cuve fioul, on peut retenir un coût de revient de **5 € / MWh livré**, qui est dans la moyenne des réseaux que nous suivons et qui servira comme **base de référence**.

### 7.3.2 Frais de gestion

#### 7.3.2.1 Convention d'Assistance

Une Convention d'Assistance a été signée entre LEN et CORIANCE pour permettre à CORIANCE d'assurer les prestations suivantes<sup>7</sup> :

- Assistance juridique et fiscale ;
- Assistance administrative, comptable et de trésorerie ;
- Missions courantes de secrétariat ;
- Conseil et assistance au management ;
- Assistance commerciale.

Ce contrat engage LEN à payer la somme de 284 200€HT, révisable selon la formule :

<sup>7</sup> Source : Convention d'Assistance, en Annexe 19 du RA LEN 2021.

$$R = R_0 \times (0,15 + 0,65 \times \frac{ICHT}{ICHT_0} + 0,2 \times \frac{FSD2}{FSD2_0})$$

Où :

- $R_0$  représente le coût initial de la prestation ;
- ICHT-IME représente la dernière valeur publiée (connue le jour de la facturation) de l'indice du coût horaire du travail, Industries mécaniques et électriques, publié par Le Moniteur ;
- $ICHT-IME_0 = 111,5$  (valeur du 9 juillet 2013) ;
- FSD2 représente la dernière valeur publiée (connue le jour de la facturation) de l'indice des frais et services divers 2, publié par Le Moniteur.
- $FSD2_0 = 125,8$  (valeur du 31 juillet 2013).

Les frais engendrés par ce contrat sont décrits dans le tableau ci-dessous.

| Dénomination                                                          | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Total des produits (€)                                                | 5 085 528 | 4 912 404 | 4 646 157 | 5 804 249 |
| Frais de siège et assistance technique (Contrat d'Assistance) (€)     | 301 278   | 309 895   | 311 326   | 312 470   |
| Part du CA dans le total des produits (%)                             | 5,92%     | 6,31%     | 6,70%     | 5,38%     |
| Frais de siège et autres services extérieurs indiqués dans le CEP (€) | 261 000   | 284 000   | 284 000   | 284 000   |

La part relative du Contrat d'Assistance dans le total des produits est en diminution en 2021 ; outre, elle provient également de la hausse des produits (mentionnée en introduction de la partie 6).

On constate que les frais de sièges et d'assistance sont supérieurs au CEP d'en moyenne 30 500€ par an depuis 2018.

**Cela s'explique par une part bien plus importante dans les produits totaux, 6% en moyenne, que celle prévue dans le CEP, 5% en moyenne.**

### 7.3.2.2 Tous les frais de gestion

Les frais de maintenance et d'entretien courant sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 22 : Frais de gestion courante (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2021)**

| Dénomination                                                      | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Chaleur livrée (MWh u)                                            | 58 286    | 58 840    | 54 293    | 63 102    |
| Location immobilière (€)                                          | - 214 328 | - 168 370 | - 242 594 | - 275 000 |
| Frais de siège et assistance technique (Contrat d'Assistance) (€) | - 301 278 | - 309 895 | - 311 326 | - 312 470 |
| Honoraires divers (€)                                             | - 7 377   | - 6 217   | - 2 112   | - 5 944   |
| Frais divers (€)                                                  | - 3 671   | - 3 885   | - 2 304   | - 1 168   |
| Redevances versées au Concédant (€)                               | - 104 681 | - 99 971  | - 99 264  | - 103 320 |
| Charges diverses (€)                                              | - 4       | - 4       | - 3       | - 4 304   |
| <b>Total</b>                                                      | €         | - 631 339 | - 588 342 | - 657 603 |
|                                                                   | €/MWh     | 10,83     | 10,00     | 12,11     |

Les éléments notables sont les suivants :

- La location immobilière, qui correspond au montant du loyer versé au Centre Hospitalier de Laval et à Mayenne Habitat pour la mise à disposition des chaudières d'appoint secours. Son augmentation en 2021 est due à la hausse du loyer facturé par le centre hospitalier, mise en œuvre en 2020 et à la réclamation par Mayenne Habitat du loyer pour la mise à disposition des chaudières des Fourches (25 000€) ;
- Les redevances versées au Concédant, qui se calcule selon la formule se compose de deux composantes :

- La Redevance d'Occupation du Domaine Public (RODP), qui intègre une part fixe de 5 000€HT (indexée selon les mêmes modalités que le tarif R2.2) et une part variable égale à 2% du chiffre d'affaire HT du R2 (hors R2.5) ;
- La Redevance de Contrôle, qui intègre une part fixe de 5 000€HT (indexée selon les mêmes modalités que le tarif R2.2) et une part variable égale à 2,15% du chiffre d'affaire HT du R2 (hors R2.5).

On prendra comme **coût de référence**, pour le poste des frais de gestion, la valeur de **11,2 €/MWh livré**. Cela correspond aux ordres de grandeurs usuels que l'on retrouve sur les réseaux dépourvus de moyens de production complexes (chaudières biomasse, géothermie, cogénération...).

Nous ne relevons pas d'autres pistes d'optimisation sur ce poste, que d'aligner les frais de la convention d'assistance au montant prévu dans le CEP.

### 7.3.3 Taxes et assurances

#### 7.3.3.1 Bilan global des taxes et assurances

**Tableau 23 : Taxes et assurances (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2021)**

| Dénomination                  |         | 2018      | 2019     | 2020      | 2021     |
|-------------------------------|---------|-----------|----------|-----------|----------|
| Chaleur livrée (MWh u)        |         | 58 286    | 58 840   | 54 293    | 63 102   |
| Assurance concession          |         | -9 799    | -11 775  | -13 017   | -14 912  |
| C.E.T.                        |         | -47 358   | -23 565  | -28 990   | -23 361  |
| Taxe foncière                 |         | -18 036   | -19 308  | -19 890   | -7 031   |
| Taxes diverses (pollution)    |         | -646      | -317     | -165      | -271     |
| Impact net gestion quotas CO2 |         | -39 414   | 0        | -54 485   | 0        |
| Total                         | €       | - 115 253 | - 54 965 | - 116 547 | - 45 575 |
|                               | € / MWh | 1,98      | 0,93     | 2,15      | 0,72     |

**Les variations notables** du total des taxes et assurances s'expliquent uniquement par le changement du nombre **quotas CO<sub>2</sub>** achetés : on passe d'une situation de vendeur à acheteur. La C.E.T. et taxe foncière ont significativement augmenté en 2016, la copie des feuilles d'imposition associées devrait pouvoir expliquer ce changement.

Le **coût de référence** pour ce poste est de **1,45 € / MWh livré**.

#### 7.3.3.2 Bilan financier des quotas de CO<sub>2</sub>

L'évolution des charges liées au système de **quotas CO<sub>2</sub>** est la suivante :

**Tableau 24 : Evolution des charges liées au quotas CO<sub>2</sub> (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2021)**

|                   |   | 2018      | 2019 | 2020     | 2021 |
|-------------------|---|-----------|------|----------|------|
| Chiffre d'affaire | € | 91 457    | 0    | 0        | 0    |
| Achats            | € | - 130 871 | 0    | - 54 485 | 0    |
| Total             | € | - 39 414  | 0    | - 54 485 | 0    |

Il est important de noter que les quotas CO<sub>2</sub> achetés pour les émissions de l'année 2021 se répercuteront sur l'exercice fiscal de 2022 et ne paraissent donc pas dans ce tableau.

Avec la mise en route de l'unité de cogénération, ce bilan financier des quotas est à surveiller de près, pour contrôler que COGESTAR ne fasse pas payer ses quotas de CO<sub>2</sub> à LEN sans remboursement. La tarification auprès de l'abonné (r25) ne tient compte que des quotas liés aux chaudières dans le périmètre de la DSP, ce dernier n'est donc pas impacté par d'éventuels problèmes de refacturation entre LEN et DALKIA.

## 7.4 Les charges GER

**Tableau 25 : Charges GER (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2021)**

| Dénomination                         | 2018        | 2019        | 2020        | 2021         |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Chaleur livrée (MWh u)               | 58 286      | 58 840      | 54 293      | 63 102       |
| Recettes annuelles (€)               | 254 485     | 260 169     | 255 488     | 258 288      |
| Dépenses annuelles (€)               | 212 396     | 125 365     | 303 304     | 775 863      |
| Solde annuel (€)                     | 42 089      | 134 804     | -47 817     | -517 575     |
| Solde cumulé (€)                     | 318 474     | 453 278     | 405 461     | -112 114     |
| <b>Coût de revient (€/MWh livré)</b> | <b>3,64</b> | <b>2,13</b> | <b>5,59</b> | <b>12,30</b> |

Le **détail des opérations en lien avec le GER n'est pas communiqué** dans les Rapports d'Activité LEN. Cela est anormal, le concessionnaire est tenu de les indiquer.

La **forte dépense en 2021** est due aux travaux de réseaux sur la Plaine d'Aventure et au **renouvellement** de la **chaudière gaz** numéro 3 de la **chaufferie Saint-Nicolas**, dont les coûts sont respectivement de 394 016,79€HT et 247 148,76€HT, pour un total de **641 162,55€HT**. Cette lourde charge de travaux explique le passage en négatif du solde cumulé sur l'exercice 2021.

Le **coût de référence** de ce poste est estimé à **6 € / MWh livré**.

**Tableau 26 : Charges GER selon le CEP (source CEDEN, d'après Contrat de DSP - Annexe 14)**

| Dénomination               | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Recettes annuelles CEP (€) | 460 000   | 419 000   | 334 000   | 289 000   |
| Dépenses annuelles CEP (€) | 206 000   | 508 000   | 312 000   | 236 000   |
| Solde annuel CEP (€)       | 254 000   | - 89 000  | 22 000    | 53 000    |
| Solde cumulé CEP (€)       | 2 092 000 | 2 003 000 | 2 025 000 | 2 078 000 |

On note un fort écart entre le solde cumulé réel et le solde cumulé prévisionnel. Cela provient de la différence d'approvisionnement du compte GER. En effet, sur le CEP, le GER est fortement approvisionné en début d'exploitation (+ 1,8 M€ entre 2014 et 2017) et ne l'est plus en fin.

Il semblerait que LEN n'approvisionne pas le compte GER selon cette approche.

## 7.5 Les charges d'amortissement et les travaux neufs

**Tableau 27 : Charges d'amortissement (source CEDEN, d'après RA LEN 2018-2021)**

| Dénomination                                         | 2018      | 2019             | 2020             | 2021             |
|------------------------------------------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|
| Chaleur livrée (MWh u)                               | 58 286    | 58 840           | 54 293           | 63 102           |
| Dotations aux amortissements sur immobilisations (€) | - 812 868 | - 828 823        | - 834 231        | - 884 379        |
| Dotations aux amortissements incorporels             | - 387     | 0                | 0                | 0                |
| <b>Total</b>                                         | €         | <b>- 813 255</b> | <b>- 828 823</b> | <b>- 834 231</b> |
|                                                      | €/ MWh    | <b>-14,0</b>     | <b>- 14,1</b>    | <b>- 15,4</b>    |
| Dotations aux amortissements issus du CEP (€)        | - 556 000 | - 556 000        | - 556 000        | -556 000         |

Le **coût de référence** pour ce poste est estimé à **14,4 € / MWh livré**. La stabilité de ce poste de dépense est normale.

## 7.6 Les charges financières

**Tableau 28 : Charges financières (source CEDEN d'après RA LEN 2018-2021)**

| Dénomination                             | 2018          | 2019          | 2020          | 2021          |
|------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Chaleur livrée (MWh u)                   | 58 286        | 58 840        | 54 293        | 63 102        |
| Intérêts et charges assimilées réels (€) | - 585 836     | - 513 644     | - 435 189     | - 434 000     |
| Produit financier (€)                    | 12 342        | -             | -             | -             |
| <b>Coût de revient (€/MWh u)</b>         | <b>- 9,83</b> | <b>- 8,72</b> | <b>- 8,01</b> | <b>- 6,88</b> |
| Intérêts sur emprunts issus du CEP (€)   | - 392 000     | - 417 000     | - 392 000     | - 366 000     |

Les charges financières sont issues du remboursement de la mise à disposition de 8 680 000€ de CORIANCE à LEN. Le taux d'intérêt appliqué est le taux EURIBOR 3 mois majoré de 5 %.

Pour l'année 2021, l'échéancier était alors :

**Tableau 29 : Échéancier de remboursement de l'année 2021 (source Rapport LEN 2021, annexe 9c)**

| Trimestre                  | Montant             |
|----------------------------|---------------------|
| 1 <sup>er</sup> trimestre  | 107 013,70 €        |
| 2 <sup>ème</sup> trimestre | 108 202,74 €        |
| 3 <sup>ème</sup> trimestre | 109 391,78 €        |
| 4 <sup>ème</sup> trimestre | 109 391,78 €        |
| <b>Total 2021</b>          | <b>434 000,00 €</b> |

## 8 Bilan et perspectives

### Synthèse des indicateurs de performance

#### Annexe 1 : Indicateurs de performance du réseau de chaleur de LEN

| Nom de l'indicateur      |                                                                                | Unité                          | 2020   | 2021   |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------|--------|
| Distribution             | Nombre de sous-stations                                                        | -                              | 73     | 76     |
|                          | Nombre d'abonnés                                                               | -                              | 22     | 24     |
|                          | Puissance souscrite                                                            | kW                             | 32 747 | 33 421 |
|                          | Chaleur livrée corrigée de la rigueur climatique                               | MWh utiles/an                  | 54 603 | 48 651 |
|                          | dont chauffage (estimation CEDEN)                                              | MWh utiles/an                  | 41 211 | 35 399 |
|                          | dont eau chaude sanitaire                                                      | MWh utiles/an                  | 13 392 | 13 252 |
|                          | Ratio de distribution                                                          | MWh utiles/°C.jour/an          | 18,83  | 18,86  |
|                          | Linéaire de réseau                                                             | Mètres linéaires               | 17 582 | 17 593 |
|                          | Densité thermique                                                              | MWh utiles/mètre               | 3,1    | 2,8    |
|                          | Pertes réseau                                                                  | kWh/mètre                      | 391    | 649    |
| Production               | Puissance thermique en chaufferies                                             | MW                             | 52,9   | 52,9   |
|                          | dont chaleur Séché                                                             | MW                             | 15,0   | 15,0   |
|                          | dont cogénération (hors DSP)                                                   | MW                             | 8,1    | 8,1    |
|                          | dont chaudières gaz                                                            | MW                             | 29,8   | 29,8   |
|                          | Puissance électrique cogénération (hors DSP)                                   | MW                             | 7,4    | 7,4    |
|                          | Durée de fonctionnement à pleine puissance de la récupération de chaleur Séché | h/an                           | 2 927  | 3 053  |
|                          | Durée de fonctionnement à pleine puissance de la cogénération COGESTAR 2       | h/an                           | 2      | 289    |
|                          | Durée de fonctionnement à pleine puissance des chaudières gaz                  | h/an                           | 263    | 460    |
|                          | Rendement de production de la cogénération                                     | %                              | NC     | NC     |
|                          | Taux EnR&R                                                                     | %                              | 94,3   | 86,1   |
|                          | Contenu carbone de la chaleur livrée                                           | kg eqCO2/MWh utile             | 6,6    | 53,0   |
| Performance technique    | Rendement de distribution                                                      | %                              | 83,4   | 84,7   |
|                          | Rendement de production                                                        | %                              | NC     | NC     |
|                          | Rendement global de l'installation                                             | %                              | NC     | NC     |
|                          | Ratio de consommation électrique                                               | kWh <sub>elec</sub> /MWh livré | 13,14  | 11,95  |
| Performances économiques | Tarif R1 <sub>EnR&amp;R</sub> (81,8 %)                                         | € HT / MWh                     | 29,66  | 29,87  |
|                          | Tarif R1 <sub>Gaz</sub> (18,2 %)                                               | € HT / MWh                     | 36,69  | 92,30  |
|                          | Total R1                                                                       | € HT / MWh                     | 30,94  | 41,23  |
|                          | Tarif R2                                                                       | € HT / MWh                     | 39,61  | 41,34  |
|                          | Poids du R1 dans la facture globale                                            | %                              | 43,9%  | 49,9%  |
|                          | Poids du R2 dans la facture globale                                            | %                              | 56,1%  | 50,1%  |

### ➔ Les perspectives d'évolution

Les perspectives d'évolution du réseau LEN sont de plusieurs natures.

Sur un **plan technique**, une meilleure caractérisation de la **performance de distribution** du réseau devrait être menée, afin de juger la réalité des pertes de chaleur. L'analyse des données du prochain rapport d'activité devrait permettre de dire si les nouveaux compteurs permettent de répondre à ce problème.

En lien avec ce sujet, une réflexion sur **l'abaissement des températures de retour** du réseau devrait être menée : cela permettrait d'en améliorer le rendement.

Par ailleurs, une attention particulière est de mise en ce qui concerne le mode de fonctionnement de la centrale de cogénération gaz COGESTAR 2. Lors de ses phases de fonctionnement, elle entre en concurrence avec la chaleur de Séché Éco-Industries qui ne trouve plus d'exutoire à la chaleur produite. De plus, des problèmes de régulation ont été identifiés sur la chaufferie Ferrié : lors des pics d'appels de puissance, le démarrage des chaudières gaz vient effacer l'appel sur la chaleur de Séché, entraînant un problème d'enlèvement de la chaleur.

Enfin, en ce qui concerne l'évolution des abonnés, à l'heure actuelle LEN est en dessous de ses objectifs de développement. Lorsque l'on combine cela au fonctionnement de la cogénération, on aboutit des problèmes d'enlèvements de la chaleur produite par Séché (de l'ordre de 10 GWh en 2022).

Les futures évolutions du secteur du grand Saint-Nicolas (rénovation thermique, destruction d'immeubles, construction de nouveaux logements) et la rénovation thermique du centre hospitalier vont entraîner une baisse des consommations.

Des prospects sont malgré tout identifiés et pourraient ajouter 15 à 20 GWh/an de besoins de chaleurs annuels, sous réserve de travaux d'isolation thermique par l'extérieur avant raccordement (qui, de fait, abaisseront les besoins de chaleur annuels estimés aujourd'hui). D'autres cibles sont identifiées pour densifier le réseau, sans qu'aucune discussion n'ait encore été engagée.

Certains points contractuels sont opaques, en particulier le contrat qui lie LEN et Dalkia pour la prestation du P1'.

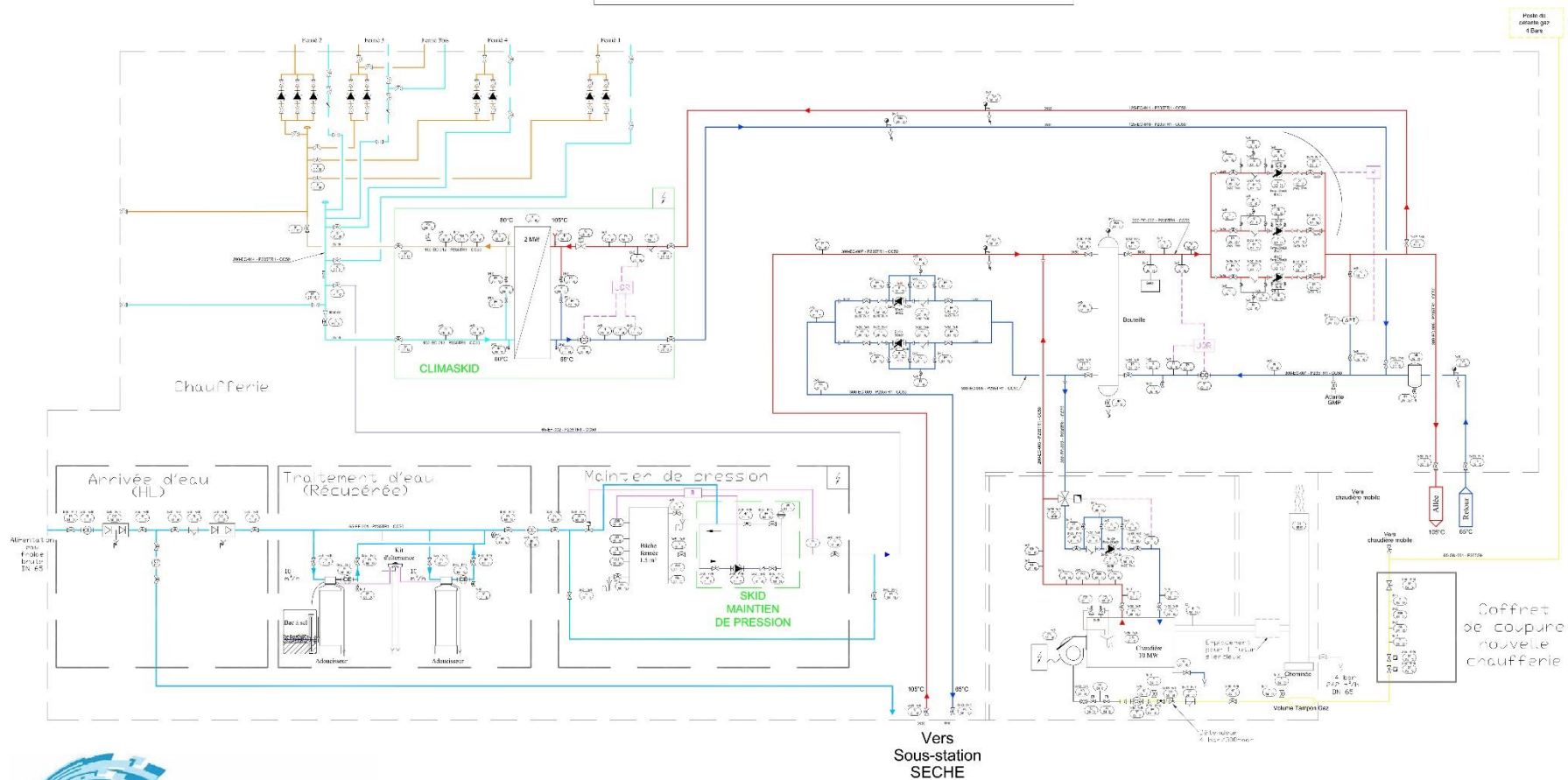
## 9 Annexes : Aspects Techniques

### 9.1 Liste des documents disponibles

| Titre du document                                      | Nom du fichier                     | Format |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|--------|
| Compte-rendu Annuel 2021 LEN                           | Rapport 2021                       | PDF    |
|                                                        | Rapport 2021 - ANNEXES             | Excel  |
| Compte-rendu Annuel 2020 LEN                           | Rapport 2020                       | PDF    |
|                                                        | Rapport 2020 - ANNEXES             | Excel  |
| Extraction données 2022                                | Extract data OSI - LEN_v2          | Excel  |
| Contrat de DSP                                         | 1. Contrat DSP def<br>Annexes      | PDF    |
| Contrat de DSP – Avenants                              | Avenant1_signe<br>Avenant2_complet | PDF    |
| Autorisation d'Occupation Temporaire du Domaine Public | Annexe 17 – Contrat<br>d'AOT       | PDF    |

### 9.2 Schémas Hydrauliques

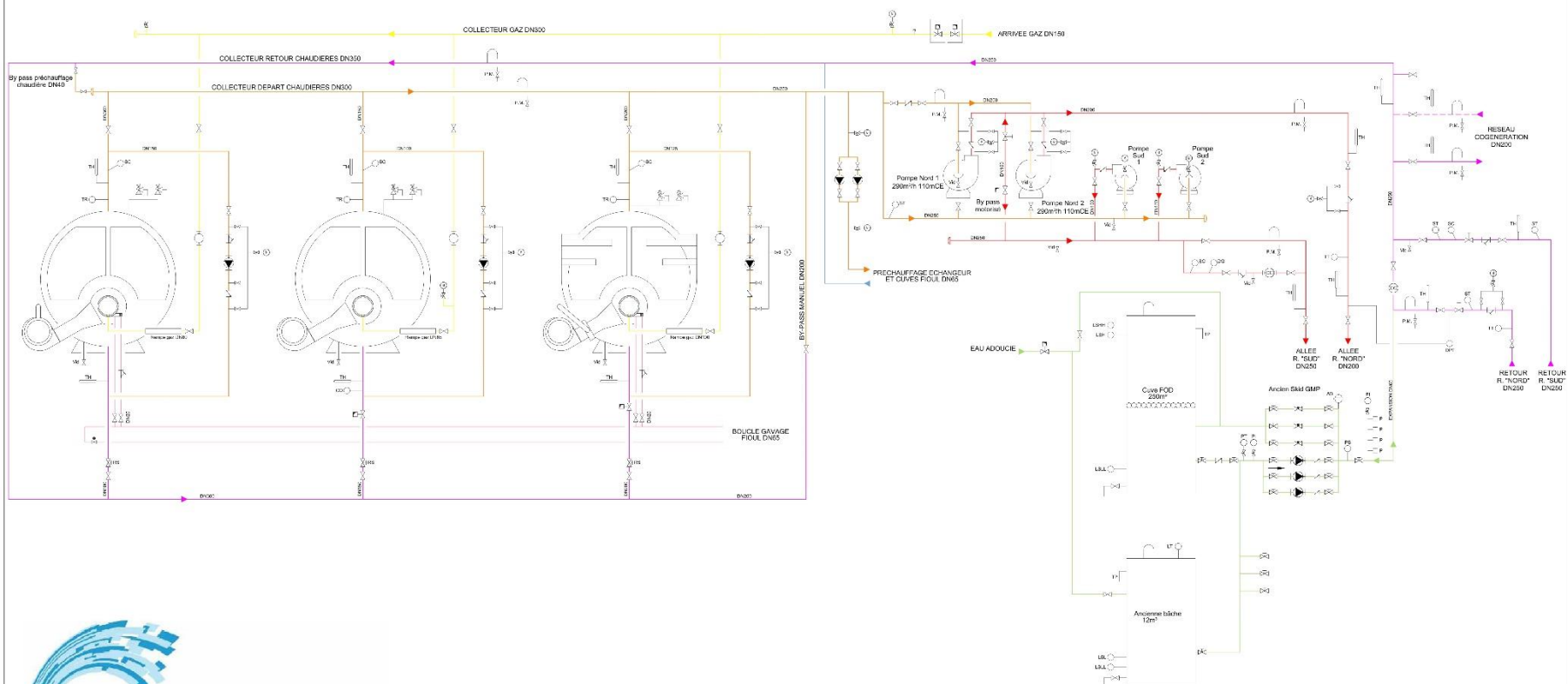
## SCHEMA DE PRINCIPE CHAUFFERIE FERRIE - LAVAL



### Légende:

- Retour eau de chauffage
- Départ eau de chauffage
- Gaz
- Eau de ville / adoucie
- Liaison électrique

## SCHEMA DE PRINCIPE CHAUFFERIE ZONE SUD "Z.U.P." St NICOLAS - LAVAL



Climatelec

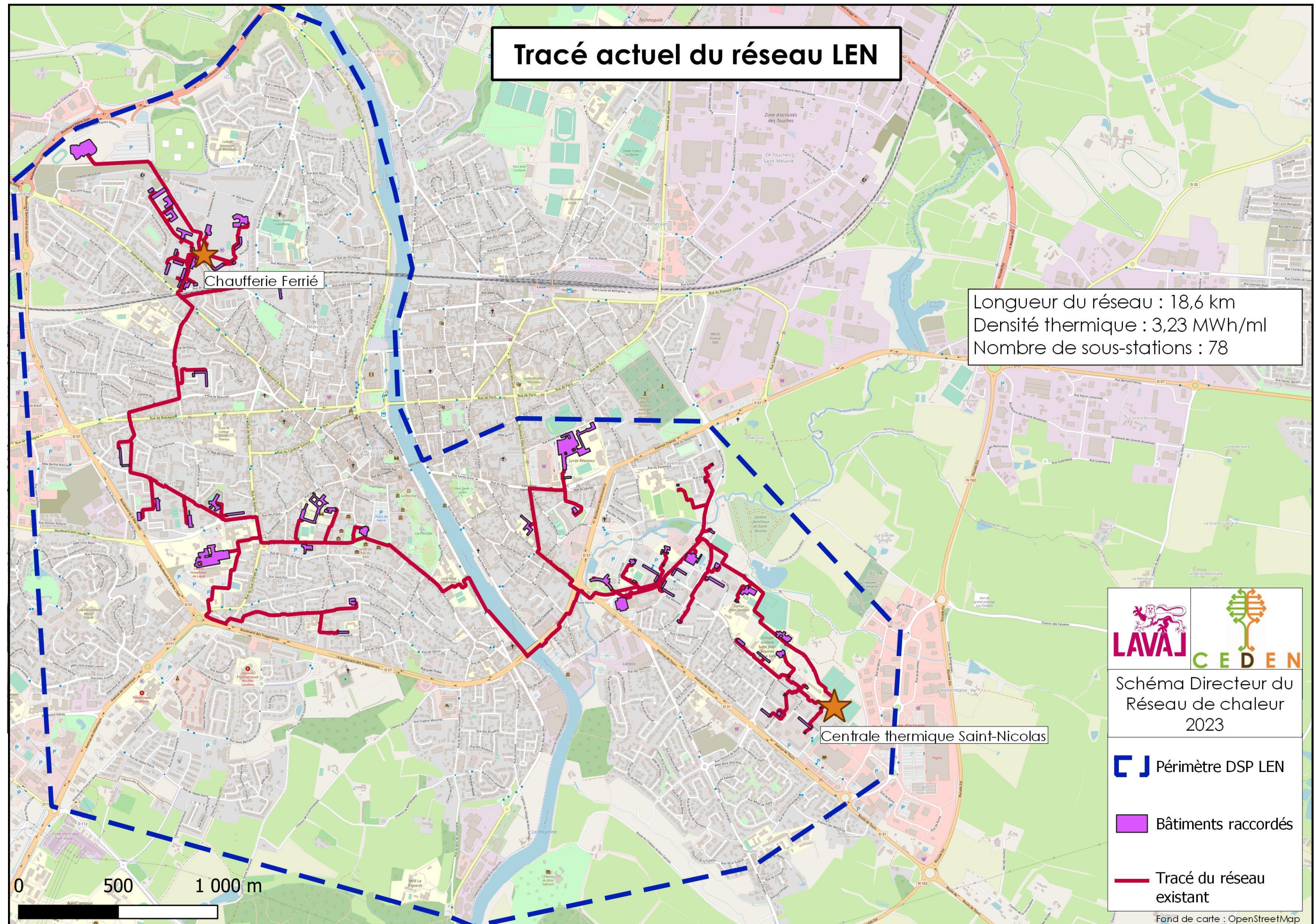
## 9.3 Liste des sous-stations

**Figure 34 : Listes de sous-stations du réseau LEN (source CEDEN, d'après RA LEN 2021)**

| SST                                                | Secteur d'activité  | Année de mise en service | Puissance souscrite (kW) |
|----------------------------------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| SST01 CH LAVAL                                     | Santé               | 2017                     | 6 265,0                  |
| SST02 CLG PIERRE DUBOIS                            | Scolaire            | 2017                     | 169,0                    |
| SST03 CLG JACQUES MONOD                            | Scolaire            | 2017                     | 187,0                    |
| SST04 CLG ALAIN GERBAULT                           | Scolaire            | 2017                     | 143,0                    |
| SST05 MONTMORENCY I                                | Habitat             | 2017                     | 370,0                    |
| SST06 MAISON D'ARRET                               | Santé               | 2017                     | 392,0                    |
| SST07 LE BEAUVAIS                                  | Habitat             | 2017                     | 770,0                    |
| SST08 FOURCHES                                     | Habitat             | 2017                     | 1 851,0                  |
| SST09 FOURCHES SPECIAUX                            | Habitat             | 2017                     | 355,0                    |
| SST10 HLM DACTERIE                                 | Habitat             | 2017                     | 371,0                    |
| SST10S MAYENNE HABITAT BAT B16, B17, B18, B19, T15 | Habitat             | 2014                     | 1 473,0                  |
| SST11 PSR DACTERIE                                 | Habitat             | 2017                     | 106,0                    |
| SST11BISS MAISON DES SERVICES PUBLICS ST NICOLAS   | Tertiaire           | 2014                     | 53,0                     |
| SST11N MEDUANE HABITAT MORTIER A, B, C1, C2        | Habitat             | 2014                     | 1 324,0                  |
| SST12 BIBLIOTHEQUE ET SALLE POLYVALENTE            | Habitat             | 2017                     | 461,0                    |
| SST12BISS MAYENNE HABITAT TOURS A, B, C            | Habitat             | 2014                     | 1 300,0                  |
| SST12F HOTEL COMMUNAUTAIRE                         | Tertiaire           | 2014                     | 131,0                    |
| SST12S MAYENNE HABITAT BAT B24, B25                | Habitat             | 2014                     | 300,0                    |
| SST13 GYMNASSE ALAIN GERBAULT                      | Equipeement Sportif | 2017                     | 131,0                    |
| SST13F SALLE DE REUNION BAT 13                     | Tertiaire           | 2014                     | 42,0                     |
| SST13N MEDUANE HABITAT DAVOUT D1, D2, D3           | Habitat             | 2014                     | 1 017,0                  |
| SST14 GS CHARLES PERRAULT                          | Scolaire            | 2017                     | 137,0                    |
| SST14F BATIMENT 14                                 | Tertiaire           | 2014                     | 36,0                     |
| SST15N BONAPARTE II BAT B5, B6, B7, B8, B9, B10    | Habitat             | 2015                     | 1 177,0                  |
| SST16 LYCEE REAMUR BURON PRINCIPAL                 | Scolaire            | 2017                     | 474,0                    |
| SST16F RESERVE DE MUSEE                            | Tertiaire           | 2017                     | 38,0                     |
| SST16N ALFRED JARRY                                | Scolaire            | 2015                     | 144,0                    |
| SST17 LYCEE REAMUR BURON ATELIER                   | Scolaire            | 2017                     | 149,0                    |
| SST17BIS LYCEE REAMUR BURON SST A&B                | Scolaire            | 2016                     | 196,0                    |
| SST18 LYCEE AMBROISE PARE PRINCIPAL                | Scolaire            | 2017                     | 425,0                    |
| SST18N MEDUANE HABITAT PAVEMENT D, E, F            | Habitat             | 2015                     | 605,0                    |
| SST19 LYCEE AMBROISE PARE REfectoire               | Scolaire            | 2017                     | 110,0                    |
| SST19N MEDUANE HABITAT PAVEMENT C, B26, B27, B28   | Habitat             | 2015                     | 1 210,0                  |
| SST1F POLE EMPLOI                                  | Tertiaire           | 2014                     | 57,0                     |
| SST1S MAYENNE HABITAT BAT T16, T17, T18            | Habitat             | 2014                     | 750,0                    |
| SST20 BEAUREGARD                                   | Habitat             | 2017                     | 767,0                    |
| SST20N PISCINE                                     | Equipeement Sportif | 2014                     | 1 600,0                  |
| SST21 HAUT ROCHER                                  | Habitat             | 2018                     | 426,0                    |
| SST21N CENTRE SOCIO CULTUREL DAVOUT                | Santé               | 2014                     | 22,0                     |
| SST22 ESPACE MAYENNE                               | Tertiaire           | 2021                     | 350,0                    |
| SST22N BOUTIQUE BUREAUX ET BOUTIQUES               | Tertiaire           | 2014                     | 62,0                     |

| SST                                                              | Secteur d'activité | Année de mise en service | Puissance souscrite (kW) |
|------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| SST22N DDASS DDASS                                               | Tertiaire          | 2014                     | 210,0                    |
| SST22N PHARMACIE PHARMACIE                                       | Tertiaire          | 2015                     | 33,0                     |
| SST24 HOTEL DE POLICE                                            | Tertiaire          | 2021                     | 120,0                    |
| SST2F EPHAD FERRIE                                               | Santé              | 2017                     | 280,0                    |
| SST2N BONAPARTE I BAT T1, T2, T3                                 | Habitat            | 2015                     | 570,0                    |
| SST2S GS JULES VERNE                                             | Scolaire           | 2015                     | 222,0                    |
| SST3F ILOT A2                                                    | Habitat            | 2018                     | 50,0                     |
| SST3N BONAPARTE II BAT BA3, BA4, BA6, T4                         | Habitat            | 2014                     | 784,0                    |
| SST3S MAYENNE HABITAT BAT T12, T13, T14                          | Habitat            | 2014                     | 700,0                    |
| SST45F SATM ET LMA                                               | Tertiaire          | 2014                     | 109,0                    |
| SST46F LEGUMERIE 53                                              | Tertiaire          | 2017                     | 45,0                     |
| SST4N BONAPARTE I BAT B2, B3, B4                                 | Habitat            | 2015                     | 616,0                    |
| SST50F CCAS                                                      | Tertiaire          | 2020                     | 96,0                     |
| SST52F EXTENSION HOTEL COMMUNAUTAIRE                             | Tertiaire          | 2020                     | 204,0                    |
| SST5BISN MULTI ACCUEIL TISTOU                                    | Scolaire           | 2015                     | 90,0                     |
| SST5N GS BADINTER I MURAT                                        | Scolaire           | 2015                     | 115,0                    |
| SST5S CLG ST JEAN BAPTISTE DE LA SALLE                           | Scolaire           | 2014                     | 176,0                    |
| SST60F GENOUROB                                                  | Tertiaire          | 2014                     | 16,0                     |
| SST63F GYMNASSE                                                  | Equipement Sportif | 2014                     | 21,0                     |
| SST67F MAISON DES ASSOCIATIONS                                   | Tertiaire          | 2016                     | 115,0                    |
| SST68F FORMATIONS SANITAIRES ET SOCIALES                         | Tertiaire          | 2014                     | 163,0                    |
| SST69F ESPACES VERTS                                             | Tertiaire          | 2014                     | 12,0                     |
| SST6BISS CLG ST JEAN BAPTISTE DE LA SALLE<br>RESTAURANT SCOLAIRE | Scolaire           | 2014                     | 119,0                    |
| SST6S CLG ST JEAN BAPTISTE DE LA SALLE BAT 81                    | Scolaire           | 2014                     | 33,0                     |
| SST73F ACCUEIL BAT 73                                            | Habitat            | 2014                     | 18,0                     |
| SST7BISS CLG ST JEAN BAPTISTE DE LA SALLE<br>EXTENSION CLASSES   | Scolaire           | 2014                     | 34,0                     |
| SST7F ETAT MAJOR                                                 | Habitat            | 2019                     | 12,0                     |
| SST7S CLG ST JEAN BAPTISTE DE LA SALLE<br>GYMNASSE ATELIERS      | Scolaire           | 2014                     | 17,0                     |
| SST81F AVICENNE                                                  | Tertiaire          | 2014                     | 209,0                    |
| SST8BISN LA POSTE PTT                                            | Tertiaire          | 2014                     | 49,0                     |
| SST8F LAVAL ECONOMIE EMPLOI                                      | Tertiaire          | 2016                     | 152,0                    |
| SST8N CITE ADMINISTRATIVE                                        | Tertiaire          | 2014                     | 568,0                    |
| SST8S MAYENNE HABITAT BAT B20, B21, B22, B23, B31                | Habitat            | 2014                     | 650,0                    |
| SST9N GS BADINTER II BONAPARTE                                   | Scolaire           | 2015                     | 67,0                     |
| SST9S MAYENNE HABITAT BAT T19, T20, B29, B30, B32                | Habitat            | 2014                     | 800,0                    |

## 9.4 Tracé du réseau LEN



## 9.5 Liste des tronçons du réseau LEN

| Nom       | DN (mm) | Longueur (m) | Densité (°C/ml) |
|-----------|---------|--------------|-----------------|
| 1101a     | 40      | 17           | 14,25           |
| 2306b     | 50      | 54           | 7,91            |
| 1104a     | 50      | 153          | 2,57            |
| 1113b     | 50      | 212          | 1,08            |
| 1203a     | 50      | 194          | 1,08            |
| 1202a     | 50      | 13           | 5,05            |
| 2401b     | 65      | 198          | 5,4             |
| 1011a     | 65      | 225          | 7,2             |
| 1012a     | 65      | 95           | 9,1             |
| 1106b     | 65      | 92           | 11,14           |
| 1109-1113 | 65      | 544          | 1,26            |
| 1113a     | 65      | 218          | 4,57            |
| 1201a     | 65      | 145          | 8,27            |
| 1204-1205 | 65      | 77           | 12,26           |
| 1253a     | 65      | 36           | 8,5             |
| 1255a     | 65      | 222          | 4,18            |
| 1314a     | 65      | 217          | 3,52            |
| 2400-2401 | 80      | 215          | 3,43            |
| 2303a     | 80      | 87           | 2,02            |
| 1005a     | 80      | 544          | 3,48            |
| 1106a     | 80      | 26           | 56              |
| 1257a     | 80      | 101          | 14,68           |
| 1257b     | 80      | 5            | 96,83           |
| 1255-1256 | 100     | 60           | 7,9             |
| 1256-1257 | 100     | 113          | 8,98            |
| 1001-1050 | 125     | 215          | 0,93            |
| 1254-1255 | 125     | 185          | 4,59            |
| 1050a     | 125     | 752          | 0,79            |
| 1100-1101 | 150     | 140          | 19,83           |
| 1101b     | 150     | 125          | 42,8            |
| 1108-1109 | 150     | 578          | 0,79            |
| 1250-1251 | 150     | 281          | 2,51            |
| 1253-1254 | 150     | 183          | 3,63            |
| 1251-1253 | 150     | 199          | 3,14            |
| 1108a     | 200     | 53           | 259,23          |
| 1107-1108 | 250     | 162          | 8,47            |
| 1107-1200 | 250     | 94           | 3,83            |
| 1200-1201 | 250     | 126          | 3,87            |
| 1201-1202 | 250     | 43           | 3,85            |
| 1202-1203 | 250     | 102          | 3,87            |
| 1203-1204 | 250     | 155          | 3,96            |
| 1204-1206 | 250     | 436          | 3,93            |

| Nom       | DN (mm) | Longueur (m) | Densité (°C/ml) |
|-----------|---------|--------------|-----------------|
| 1206-1207 | 250     | 243          | 4,13            |
| 1207-1208 | 250     | 783          | 4,24            |
| 1208-1250 | 250     | 289          | 4,67            |
| 1000-1001 | 300     | 31           | 4,06            |
| 1001-1002 | 300     | 210          | 4,27            |
| 1003-1005 | 300     | 54           | 4,33            |
| 1005-1006 | 300     | 136          | 4,37            |
| 1006-1007 | 300     | 54           | 4,41            |
| 1007-1011 | 300     | 314          | 4,43            |
| 1011-1012 | 300     | 507          | 4,48            |
| 1012-1100 | 300     | 266          | 4,62            |
| 1100-1102 | 300     | 99           | 4,38            |
| 1102-1104 | 300     | 108          | 4,42            |
| 1104-1105 | 300     | 220          | 4,48            |
| 1105-1107 | 300     | 301          | 4,4             |
| 999-1000  | 300     | 22           | 4,06            |

| Nom       | DN (mm) | Longueur (m) | Densité (°C/ml) |
|-----------|---------|--------------|-----------------|
| 1313a     | 25      | 45           | 0,54            |
| 2306a     | 32      | 57           | 0,58            |
| 1303b     | 32      | 217          | 0,65            |
| 2500a     | 40      | 124          | 0,24            |
| 2205b     | 40      | 14           | 1,79            |
| 1002b     | 40      | 16           | 3,74            |
| 1101a     | 40      | 17           | 14,25           |
| 2100-2101 | 50      | 29           | 0,97            |
| 2101a     | 50      | 1            | 36,68           |
| 2101b     | 50      | 85           | 0,87            |
| 2401a     | 50      | 9            | 41,72           |
| 2301a     | 50      | 39           | 2,25            |
| 2305a     | 50      | 11           | 13,6            |
| 2306b     | 50      | 54           | 7,91            |
| 2303-2304 | 50      | 11           | 3,94            |
| 2304a     | 50      | 4            | 41,5            |
| 2304b     | 50      | 49           | 1,75            |
| 1002a     | 50      | 9            | 8,69            |
| 1104a     | 50      | 153          | 2,57            |
| 1113b     | 50      | 212          | 1,08            |
| 1203a     | 50      | 194          | 1,08            |
| 1202a     | 50      | 13           | 5,05            |
| 1410a     | 50      | 0            | 0               |
| 1411a     | 50      | 43           | 7,59            |

| Nom       | DN (mm) | Longueur (m) | Densité (°C/ml) |
|-----------|---------|--------------|-----------------|
| 1414a     | 50      | 40           | 1,98            |
| 1415a     | 50      | 1            | 1188,01         |
| 1415b     | 50      | 150          | 1,19            |
| 1406a     | 50      | 8            | 3,26            |
| 1405a     | 50      | 14           | 3,24            |
| 1403-1404 | 50      | 37           | 2,41            |
| 1404a     | 50      | 1            | 119,3           |
| 1404b     | 50      | 113          | 2,16            |
| 1309a     | 50      | 17           | 78,59           |
| 1302-1303 | 50      | 52           | 0,76            |
| 1303a     | 50      | 5            | 13,51           |
| 1050b     | 50      | 14           | 23,1            |
| 2401b     | 65      | 198          | 5,4             |
| 2201a     | 65      | 6            | 9,65            |
| 2204a     | 65      | 72           | 3,58            |
| 2205a     | 65      | 15           | 4,12            |
| 1011a     | 65      | 225          | 7,2             |
| 1012a     | 65      | 95           | 9,1             |
| 1105-1106 | 65      | 10           | 19,38           |
| 1106b     | 65      | 92           | 11,14           |
| 1109-1113 | 65      | 544          | 1,26            |
| 1113a     | 65      | 218          | 4,57            |
| 1201a     | 65      | 145          | 8,27            |
| 1204-1205 | 65      | 77           | 12,26           |
| 1253a     | 65      | 36           | 8,5             |
| 1255a     | 65      | 222          | 4,18            |
| 1256a     | 65      | 6            | 47,3            |
| 1416b     | 65      | 191          | 0,33            |
| 1402b     | 65      | 286          | 0,61            |
| 1310a     | 65      | 42           | 85,4            |
| 1314a     | 65      | 217          | 3,52            |
| 1308b     | 65      | 71           | 2,11            |
| 1205a     | 65      | 32           | 41,75           |
| 2400-2401 | 80      | 215          | 3,43            |
| 2302-2303 | 80      | 38           | 2,26            |
| 2303a     | 80      | 87           | 2,02            |
| 2203a     | 80      | 18           | 12,55           |
| 1005a     | 80      | 544          | 3,48            |
| 1106a     | 80      | 26           | 56              |
| 1257a     | 80      | 101          | 14,68           |

| Nom       | DN (mm) | Longueur (m) | Densité (°C/ml) |
|-----------|---------|--------------|-----------------|
| 1257b     | 80      | 5            | 96,83           |
| 1410b     | 80      | 38           | 44,61           |
| 1414b     | 80      | 122          | 19,12           |
| 1308a     | 80      | 1            | 1144,34         |
| 1301a     | 80      | 55           | 40,81           |
| 2300-2301 | 100     | 79           | 2,06            |
| 2301-2302 | 100     | 34           | 2,42            |
| 2302-2305 | 100     | 75           | 2,96            |
| 2305-2306 | 100     | 9            | 3,83            |
| 2202a     | 100     | 15           | 0               |
| 1255-1256 | 100     | 60           | 7,9             |
| 1256-1257 | 100     | 113          | 8,98            |
| 1413-1414 | 100     | 95           | 9,39            |
| 1415-1416 | 100     | 180          | 0,84            |
| 1416a     | 100     | 27           | 10,07           |
| 1401-1402 | 100     | 51           | 7,6             |
| 1402a     | 100     | 25           | 103,09          |
| 1307-1308 | 100     | 84           | 8,29            |
| 2200-2201 | 125     | 52           | 1,04            |
| 2201-2202 | 125     | 112          | 1,04            |
| 2202-2203 | 125     | 123          | 1,36            |
| 2203-2204 | 125     | 45           | 1,24            |
| 2204-2205 | 125     | 133          | 0,54            |
| 1001-1050 | 125     | 215          | 0,93            |
| 1254-1255 | 125     | 185          | 4,59            |
| 1408-1409 | 125     | 22           | 25,82           |
| 1409a     | 125     | 3            | 529,71          |
| 1409-1410 | 125     | 137          | 20,42           |
| 1311-1313 | 125     | 66           | 6,46            |
| 1313-1314 | 125     | 146          | 7,55            |
| 1314-1315 | 125     | 109          | 14,68           |
| 1315-1316 | 125     | 41           | 24,2            |
| 1316a     | 125     | 2            | 691,68          |
| 1316b     | 125     | 125          | 21,46           |
| 1306-1307 | 125     | 23           | 13,39           |
| 1307a     | 125     | 6            | 197,25          |
| 1050a     | 125     | 752          | 0,79            |
| 1100-1101 | 150     | 140          | 19,83           |
| 1101b     | 150     | 125          | 42,8            |
| 1108-1109 | 150     | 578          | 0,79            |

| Nom       | DN (mm) | Longueur (m) | Densité (°C/ml) |
|-----------|---------|--------------|-----------------|
| 1250-1251 | 150     | 281          | 2,51            |
| 1253-1254 | 150     | 183          | 3,63            |
| 1412-1413 | 150     | 96           | 12,89           |
| 1413a     | 150     | 1            | 2149,92         |
| 1412-1415 | 150     | 112          | 2,58            |
| 1400-1401 | 150     | 133          | 8,27            |
| 1401a     | 150     | 90           | 23,2            |
| 1305b     | 150     | 1            | 902,49          |
| 1251-1253 | 150     | 199          | 3,14            |
| 1304-1305 | 150     | 229          | 3,92            |
| 1108a     | 200     | 53           | 259,23          |
| 1407-1408 | 200     | 11           | 8,08            |
| 1408-1411 | 200     | 178          | 5,3             |
| 1411-1412 | 200     | 7            | 6,13            |
| 1403-1405 | 200     | 383          | 4,92            |
| 1400-1403 | 200     | 333          | 4,22            |
| 1312-1400 | 200     | 60           | 4,82            |
| 1311-1312 | 200     | 24           | 4,79            |
| 1301-1302 | 225     | 93           | 2,07            |
| 1302-1304 | 225     | 66           | 3,58            |
| 1304a     | 225     | 70           | 5,85            |
| 1107-1108 | 250     | 162          | 8,47            |
| 1107-1200 | 250     | 94           | 3,83            |
| 1200-1201 | 250     | 126          | 3,87            |
| 1201-1202 | 250     | 43           | 3,85            |
| 1202-1203 | 250     | 102          | 3,87            |
| 1203-1204 | 250     | 155          | 3,96            |
| 1204-1206 | 250     | 436          | 3,93            |
| 1206-1207 | 250     | 243          | 4,13            |
| 1207-1208 | 250     | 783          | 4,24            |
| 1208-1250 | 250     | 289          | 4,67            |
| 1250-1300 | 250     | 491          | 5,38            |
| 1407-1500 | 250     | 18           | 0               |
| 1406-1407 | 250     | 488          | 6               |
| 1405-1406 | 250     | 37           | 5,88            |
| 1000-1001 | 300     | 31           | 4,06            |
| 1001-1002 | 300     | 210          | 4,27            |
| 1002-1003 | 300     | 18           | 4,32            |
| 1003-1005 | 300     | 54           | 4,33            |
| 1005-1006 | 300     | 136          | 4,37            |

| Nom       | DN (mm) | Longueur (m) | Densité (°C/ml) |
|-----------|---------|--------------|-----------------|
| 1006-1007 | 300     | 54           | 4,41            |
| 1007-1011 | 300     | 314          | 4,43            |
| 1011-1012 | 300     | 507          | 4,48            |
| 1012-1100 | 300     | 266          | 4,62            |
| 1100-1102 | 300     | 99           | 4,38            |
| 1102-1104 | 300     | 108          | 4,42            |
| 1104-1105 | 300     | 220          | 4,48            |
| 1105-1107 | 300     | 301          | 4,4             |
| 1310-1311 | 300     | 47           | 5,03            |
| 1309-1310 | 300     | 143          | 5,61            |
| 1306-1309 | 300     | 82           | 5,78            |
| 1300-1306 | 300     | 7            | 6,06            |
| 1300-1301 | 300     | 38           | 4,56            |
| 999-1000  | 300     | 22           | 4,06            |