# Maître d'ouvrage



## **Opération**

Schéma directeur du réseau de chaleur biomasse OROBIA

2022 03 15



<u>Siège social :</u> 19, rue Frédérick Lemaître / 75020 PARIS contact@kairos-ingenierie.com

<u>Bureau de Grenoble</u>

Téléphone: 09 50 59 82 59 / pierre.schneider@kairos-ingenierie.com

# Table des matières

Liste des tableaux :	4
Liste des figures :	5
Contexte de l'étude	6
1. Etat des lieux	
1.1. Technique	
1.1.1. Bâtiments raccordés	
1.1.3. Réseau de chaleur	
1.1.4. Sous-stations	
1.2. Bilan énergétique	
1.2.1. Energie livrée	
1.2.2. Bilan production / distribution	
1.2.3. Approvisionnement biomasse	
1.2.4. Bilan CO2	
1.3. Analyses	22
1.3.1. Adéquation de la puissance souscrite	
1.3.2. Ratios de consommation par m²	
1.3.3. Dimensionnement biomasse	
1.3.2. Réglementation	
1.3.3. Incidents et pannes	
1.4. Etat des lieux économique	
1.4.1. Produits	
1.4.2. Charges	
1.4.3. Equilibre de la DSP	33
1.5. Etat des lieux contractuel	33
2. Perspectives de développement	34
2.1. Bâtiments identifiés	34
2.1.1. ZAC	
2.1.2. Hors ZAC	37
2.2. Besoins énergétiques	39
2.2.1. Hypothèses de besoins unitaires	
2.2.2. Besoins énergétiques extensions	39
2.3. Définition de scénarios de desserte	40
2.3.1. Evolution des besoins énergétiques	
2.3.2. Appels de puissance :	
2.3.3. Bilan énergétique production distribution	
2.4. Bilan environnemental	
2.5. Evolutions techniques	45
2.5.1. Réseau de chaleur	
2.5.2. Sous stations	
2.5.3. Ressources énergétiques	
2.6. Analyse économique	
2.6.1. Situation de référence	
2.6.2. Solution réseau de chaleur	
·	
3. Conclusion	57
4. Annexes	58



4.1. Degrés jours unifiés	58
4.2. Inventaires des équipements	59
4.2.1. Chaufferie	59
4.2.2. Sous-stations	60
4.3. Energie livrée détaillée par bâtiment	62
4.4. Bilan production/distribution détaillé	63
4.5. Calcul des pertes réseau théoriques	65
4.6. Charges détaillées 2012-2020	66
4.7. Besoins énergétiques : détail par bâtiment	67
4.8. Détail des tronçons du réseau de chaleur	69



## Liste des tableaux :

Tableau 1 : Bâtiments raccordés en date du 31/12/2020	7
Tableau 2 : Approvisionnement biomasse – 2018, 2019, 2020	20
Tableau 3 : Nombre d'heures de fonctionnement à pleine puissance	22
Tableau 4 : Dimensionnement réseau tranches 1 et 2	25
Tableau 5 : Contrôle des rejets atmosphériques biomasse 2018-2019	26
Tableau 6 : Produits 2012 à 2020	28
Tableau 7 : Charges d'exploitation 2012 - 2020	29
Tableau 8 : Charges d'électricité	30
Tableau 9 Charges de GER (R23) de 2016 à 2020	31
Tableau 10 : Charges de R24 de 2016 à 2020	32
Tableau 11 : Investissements tranche 1+2	32
Tableau 12 : Financement tranche 1+2	32
Tableau 13 : Bilan économique 2012-2020	33
Tableau 14 : Liste bâtiments identifiés ZAC	35
Tableau 15 : Bâtiments extension Sud	37
Tableau 16 : Bâtiments Franges Ferroviaires	38
Tableau 17 : Ratios de consommation unitaires	39
Tableau 18 : Besoins énergétiques : consommation et puissance	39
Tableau 19 : Besoins énergétiques par scénario – régime établi	40
Tableau 20 : Besoins énergétiques par scénario – moyenne DSP	40
Tableau 21 : Montée en puissance - scénario ZAC	41
Tableau 22 : Montée en puissance - scénario ETENDU	41
Tableau 23 : Bilan énergétique réseau – régime établi	43
Tableau 24 : Bilan de production – régime établi	44
Tableau 25 : Extension ZAC (tranche 3) – répartition par DN et pertes thermiques	45
Tableau 26 : Extension hors ZAC - répartition par DN et pertes thermiques	45
Tableau 27 : sous stations à créer de 2022 à 2030	47
Tableau 28 : Prix de l'énergie de référence	48
Tableau 29 : Investissements et financement	49
Tableau 30 : Compte d'exploitation prévisionnel	50
Tableau 31 : Produits moyens DSP – Tarifs de vente de chaleur	51
Tableau 32 : Inventaire équipements chaufferie centrale	59
Tableau 33 : Inventaire équipements sous stations	61
Tableau 34 : Energie livrée détaillée par sous station	62
Tableau 35 : Bilan énergétique production / distribution	63
Tableau 36 : Energie livrée détaillée par sous station / avec correction climatique	64
Tableau 37 : Pertes théoriques réseau existant	65
Tableau 38 : Besoins énergétiques détaillés par bâtiment – Extension ZAC	67
Tahleau 39 · Besoins énergétiques détaillés par hâtiment – Extension hors ZAC	68



# Liste des figures :

Figure 1 : Chaufferie centrale – crédit photo OROBIA	8
Figure 2 : Vue en plan chaufferie	9
Figure 3 : Schéma de principe production	10
Figure 4 : Schéma de principe distribution	11
Figure 5 : Plan masse réseau de chaleur existant	
Figure 6 : Longueurs réseau par diamètre	13
Figure 7 : -Schéma de principe type sous-station	14
Figure 8 : Evolution de l'énergie livrée	15
Figure 9 : Energie livrée 2020 : répartition chauffage/ecs	16
Figure 10 : Suivi de la montée en charge du réseau	16
Figure 11 : Bilan énergétique schématique - 2020	17
Figure 12 Evolution des pertes réseau	18
Figure 13 : Evolution des rendements de production	18
Figure 14 : Evolution de la mixité depuis 2012	19
Figure 15 : Consommations électriques	20
Figure 16 : Contenu CO2 du réseau de chaleur comparé à la référence gaz	21
Figure 17 : ratios de consommation par bâtiment (kWh/m²)	23
Figure 18 : Ratio de consommation par année de livraison	23
Figure 19 : Courbe monotone des appels de puissance 2020	24
Figure 20 : Nombres d'heures d'arrêt de la chaudière biomasse	27
Figure 21 : Evolutions des tarifs unitaires R1/R2	28
Figure 22 : Evolution du prix moyen de l'énergie livrée	29
Figure 23 : Evolution des charges de R1	30
Figure 24 : Evolutions des charges de R22	31
Figure 25 : Plan masse bâtiments à raccorder	34
Figure 26 : Evolution de la surface de plancher de la ZAC	36
Figure 27 : Plan masse bâtiments extension Sud	37
Figure 28 : Plan masse bâtiments Franges Ferroviaires	38
Figure 29 : Courbe monotone en régime établi – périmètre ZAC	42
Figure 30 : Courbe monotone en régime établi – périmètre ETENDU	42
Figure 31 : Bilan environnemental	44
Figure 32 : Tracé prévisionnel réseau de chaleur	46
Figure 33 : Prix de l'énergie livrée comparés par scénario	52
Figure 34 : Structures de coût comparées / scénario ZAC+5ans	52
Figure 35 : Evolution du prix de l'énergie livrée – Scénario ZAC+5ans	53
Figure 36 : Degrés jours unifiés station météo Orly	58



## Contexte de l'étude

La Ville de Brétigny-sur-Orge dispose d'un réseau de chaleur biomasse mis en service en 2011, créé dans le cadre de l'aménagement de la ZAC CLAUSE BOIS BADEAU, et qui alimente une majorité de bâtiments résidentiels collectifs.

La Ville a fait le choix initial d'une gestion déléguée en concession, et a signé en février 2010 un contrat avec la société ENGIE qui a créé la société OROBIA, dédiée au réseau de chaleur.

Un premier décalage du programme de construction a conduit à signer un avenant à la délégation de service public en 2013, afin d'actualiser la montée en charge du réseau et de faire évoluer les paramètres techniques et économiques du contrat initial (dimensionnement de la production, mixité, compte d'exploitation prévisionnel).

Un second décalage du programme de construction, combiné à une augmentation du nombre de sous-stations, a engendré un déséquilibre de la DSP: complexité du déploiement du réseau, investissements plus élevés, report des recettes, subventions initiales non perçues intégralement.

Le prix de l'énergie livrée élevé et le poids de l'abonnement importants sont à l'origine de nombreux échanges avec les abonnés actuels qui ont exprimé leurs insatisfactions.

Au regard de ces constats, la Ville s'interroge sur la pertinence et les modalités techniques et économiques de l'extension du réseau à l'ensemble de la ZAC et a souhaité réaliser un schéma directeur du réseau de chaleur.

Le schéma directeur comporte les étapes suivantes :

- Etat des lieux technique, énergétique et économique,
- Etude des perspectives de développement du réseau sur le périmètre de la ZAC et au-delà (bâtiments existants à proximité et nouveau programme d'aménagement),

# 1. Etat des lieux

## 1.1. Technique

### 1.1.1. Bâtiments raccordés

Le réseau de chaleur de Brétigny-sur-Orge, mis en service en 2011, alimente **vingt-deux bâtiments** en date du 31/12/2020, listés dans le tableau ci-dessous :

SOUS.STATION	MES	SDP.M2	NBLGTS	m2/lgt	PS.KW
SO1A - IMMOBILIERE 3F	01/09/11	2 691	40	67	230
B4 - ECOLE AIME CESAIRE	01/02/12	4 060			368
B2B AB - VILOGIA	15/04/12	2 300	39	59	270
B2B CDEF - VILOGIA	15/04/12	3 421	58	59	416
SO2 - SCI BRETIGNY	15/11/12	11 419	100	68	680
B1B - IMMOBILIERE 3F	01/02/13	3 951	64	62	240
B3B - FONCIA LANGLOIS	01/07/13	5 885	99	59	426
B3AA - CENTURY 21 CAPITOLE	01/09/13	3 494	62	56	260
B3AB - OSICA	01/02/13	4 024	63	64	420
B5B - CENTURY 21 CAPITOLE	01/11/13	5 967	101	59	530
SO1B - CENTURY 21 CAPITOLE	01/10/14	5 003	75	61	410
SO3 - CENTURY 21 CAPITOLE	01/12/16	7 946	104	76	628
MAISON DES SORBIERS	29/11/18	250			30
B2A - CABINET PICHET	22/06/17	2 500	44	57	225
BC23 - IMMOBILIERE 3F	03/01/17	5 840	73	67	400
FB11-12 - SERGIC	22/11/17	5 300	81	65	367
BC12 - LFP	09/10/18	5 070	102	39	481
FB13 - CENTURY 21 CAPITOLE	14/02/18	4 000	67	60	375
FB21 - CENTURY 21 CAPITOLE	21/12/17	2 700	43	63	221
BC11	15/05/19	2 770	46	60	220
BC22 - NOVALIS	12/11/19	4 785	42	63	368
FB22 - Résidence ATTALEA	27/11/20	4 210	74	57	253
22		97 585	1 377	61	7 818

Tableau 1 : Bâtiments raccordés en date du 31/12/2020

Vingt bâtiment résidentiels collectifs sont alimentés, ils comportent environ 1400 logements. La surface de plancher moyenne d'un logement est de 61 m².

La puissance souscrite (PS.KW) totale est de 7 818 KW, elle correspond à la puissance installée en sous-stations (chauffage et eau chaude sanitaire).

### 1.1.2. Chaufferie

#### 1.1.2.1. Production de chaleur

La chaufferie centrale est équipée :

- D'une chaudière biomasse « plaquettes » COMPTE R de 4 000 KW,
- Une chaudière biomasse « granulés » COMPTE-R de 1000 kW,
- Une chaudière gaz ATLANTIC GUILLOT de 5 000 KW équipée d'un bruleur WEISHAUPT assure l'appoint/secours.



Figure 1 : Chaufferie centrale – crédit photo OROBIA

Les plaquettes sont livrées par bennage dans deux silos de plain-pied équipés d'échelles carossables. Un chargeur permet de rehausser le tas de plaquettes et d'augmenter le volume stocké et de reprendre la biomasse bennée hors silo (les longueurs ne permettent pas d'accepter la totalité d'un camion de 90 m³). A partir des silos, un convoyeur à chaines achemine le bois vers la chaudière équipée d'un poussoir d'alimentation.

La chaudière à granulés dispose de son propre silo rempli par soufflage.

Les cendres humides et les suies du cyclone de la chaudière de 4 MW sont récupérées dans une benne extérieure.

Les cendres sèches de la chaudière à granulés sont récupérées dans un cendrier de 200 litres.

Chaque chaudière est équipée de son électrofiltre qui sépare les particules fines des fumées et les transfère dans des big-bags.

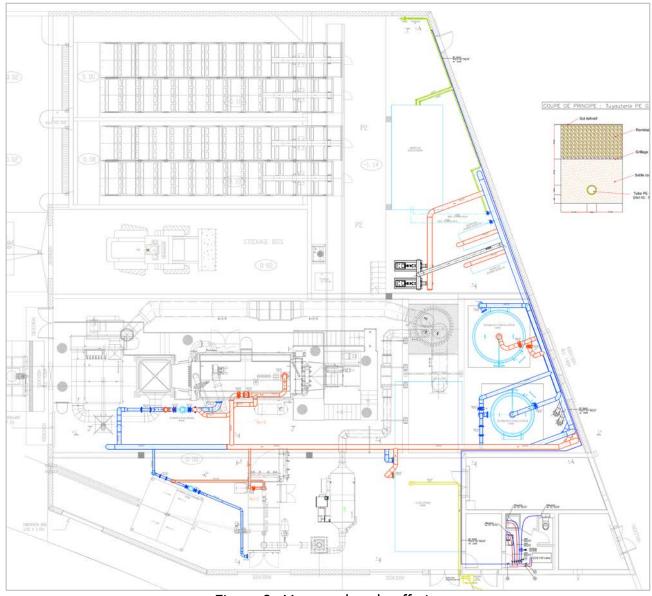


Figure 2 : Vue en plan chaufferie

#### 1.1.2.2. Equipements techniques

La conception hydraulique de la chaufferie est présentée sur les schémas de principe suivants (production et distribution).

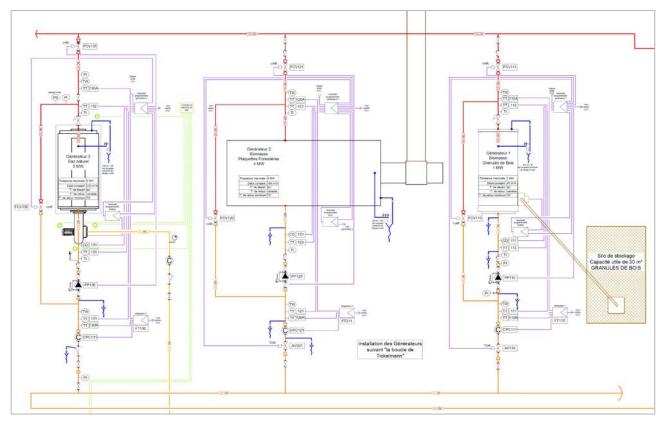


Figure 3 : Schéma de principe production

Les trois chaudières sont raccordées en parallèle sur une boucle primaire en amont des ballons. Chaque circuit chaudière est équipé d'une vanne 2 voies ainsi que d'un by-pass de recyclage (avec une V2V également) permettant de contrôler la température des retours.

Le contrôle du débit de la chaudière gaz limite le risque de déséquilibre lors d'un fonctionnement en appoint (le débit nominal de la pompe de charge gaz correspond à la puissance maximale de 5MW).

Un compteur d'énergie équipe chaque circuit de chaudière.

Les deux ballons sont raccordés en parallèle entre les chaudières et le départ réseau, ils se chargent et déchargent en fonction des différences de débit production/distribution.

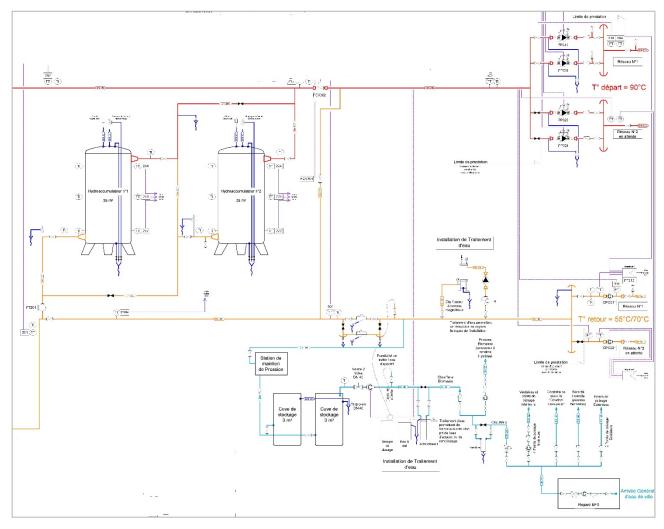


Figure 4 : Schéma de principe distribution

Deux branches de réseau partent de la chaufferie, chacune étant équipée d'une paire de pompes. La température départ réseau est régulable grâce à un by-pass et deux vannes deux voies motorisées. Le départ réseau est équipé d'un compteur d'énergie thermique.

Autres organes « classiques » équipant la chaufferie :

- Alimentation en eau et traitement d'eau (filtre à barreaux magnétiques, groupe de dosage, adoucisseurs),
- Groupe de maintien de pression

L'inventaire des équipements est détaillé en annexe.

#### 1.1.3. Réseau de chaleur

En fin d'année 2020, le réseau de chaleur de BRETIGNY s'étend sur une longueur de 2 475 ml. Il est décomposé en 2 réseaux :

- Un réseau **« tranche 1 » de 1 540 ml** (tracé en rouge sur le plan masse) alimentant 14 bâtiments : tuyaux en acier préisolés en mousse de polyuréthane,
- Un réseau **« tranche 2 » de 935 ml** (tracé en magenta sur le plan masse) alimentant 8 bâtiments : tuyaux en **fibre de verre** préisolés en mousse de polyuréthane. Le délégataire a choisi de changer de technologie compte tenu du décalage des livraisons de bâtiments : moins de risque de corrosion sur des tronçons en attente hors d'eau,

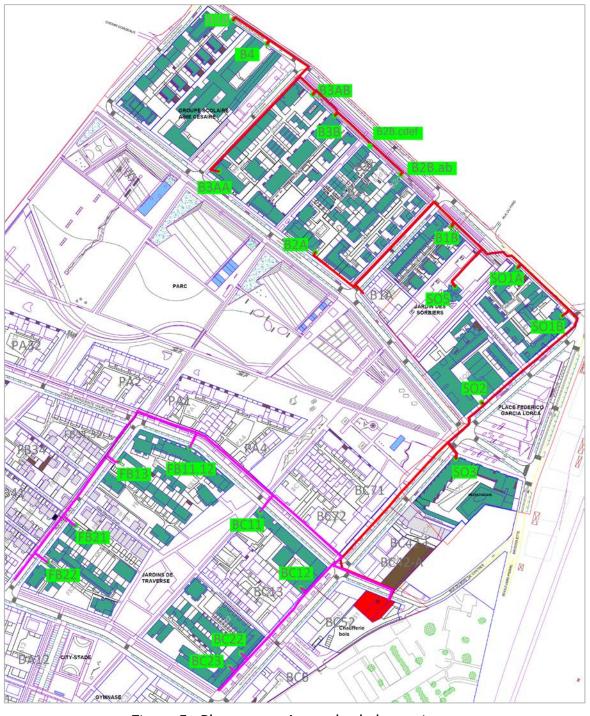


Figure 5 : Plan masse réseau de chaleur existant

Le fluide caloporteur est transporté à travers un réseau basse pression et basse température dont le cheminement est présenté sur le plan masse précédent.

La répartition des longueurs de réseau par diamètre est détaillée dans les tableaux ci-dessous :

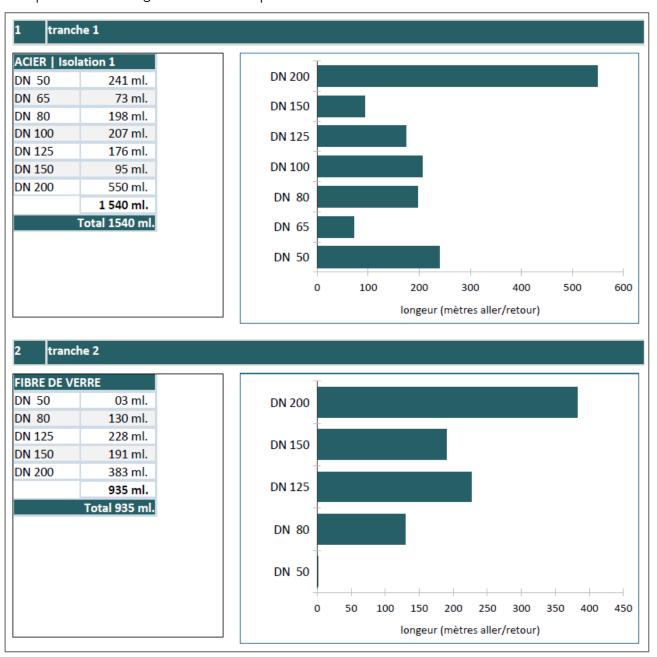


Figure 6 : Longueurs réseau par diamètre

### 1.1.4. Sous-stations

Chaque sous-station comporte:

- Un échangeur à plaques et joints pour le chauffage,
- Un échangeur à plaques et joints pour la production d'eau chaude sanitaire,
- Deux compteurs d'énergie, vannes d'équilibrage, vannes de régulation, filtres, ...

Le choix du double échangeur présente l'avantage de faire baisser la température des retours sur le réseau. Il évite également aux abonnés de créer une production d'ECS au secondaire.

La conception hydraulique d'une sous station est illustrée par le schéma suivant.

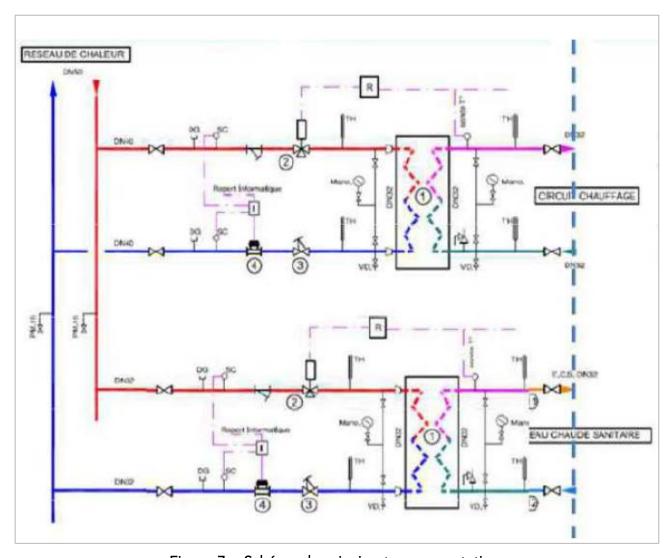


Figure 7 : -Schéma de principe type sous-station

## 1.2. Bilan énergétique

### 1.2.1. Energie livrée

L'évolution de l'énergie livrée par le réseau de chaleur est analysée avec et sans correction climatique. Les consommations de chauffage ont été corrigées en fonction de la rigueur climatique. Les besoins en eau chaude sanitaire, indépendants du nombre de DJU, ne sont pas corrigés. Cette correction permet de neutraliser l'influence du climat sur l'énergie livrée et d'établir une situation de référence pour comparer les quantités d'énergie livrée d'une année sur l'autre.

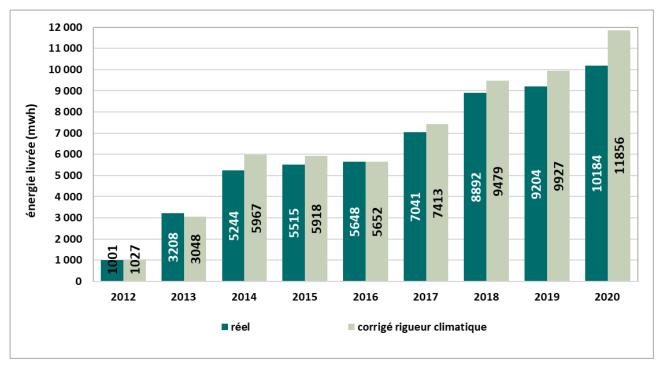


Figure 8 : Evolution de l'énergie livrée

Le détail par bâtiment est présenté en annexe.

En considérant uniquement les années de fonctionnement complètes des bâtiments raccordés, l'énergie livrée moyenne s'élève à 9 900 MWh. La moyenne réelle depuis 2012 est de 6 206 MWh/an, valeur qui tient compte de la montée en puissance progressive du réseau.

Les bâtiments résidentiels représentent 93% de l'énergie livrée en 2020 :

Afin d'analyser les évolutions des besoins sur les neuf exercices considérés, l'énergie livrée a été corrigée de la riqueur climatique (Degrés Jours Unifiés présentés en annexe).

La moyenne de l'énergie livrée corrigée de la rigueur climatique est d'environ 11 000 MWh (somme des moyennes par bâtiments en considérant uniquement les années de fonctionnement complètes). Cette valeur est supérieure de 11% aux consommations réelles.

La moyenne de l'énergie corrigée depuis 2012 est de 7 536 MWh.

En 2020, le chauffage représente 65% de l'énergie livrée annuelle, avec la répartition mensuelle suivante :

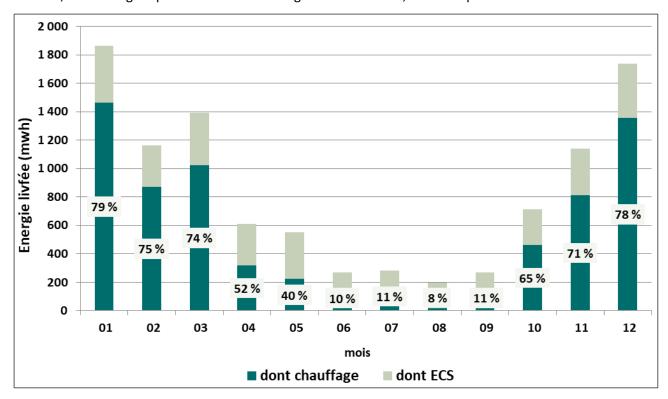


Figure 9 : Energie livrée 2020 : répartition chauffage/ecs

Si l'on suit la montée en charge du réseau (graphique ci-dessous), on constate que l'énergie livrée réelle est en deçà des prévisions du contrat de DSP et de l'avenant 1. Toutefois, après correction climatique l'énergie livrée sur le réseau se place au niveau des estimations contractuelles depuis 2018.

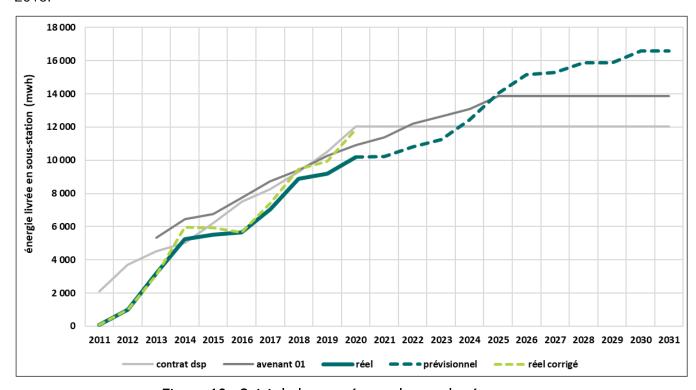


Figure 10 : Suivi de la montée en charge du réseau

### 1.2.2. Bilan production / distribution

L'établissement du bilan énergétique production/distribution consiste à comparer l'énergie livrée en sous-stations, l'énergie produite (sortie chaufferie) et l'énergie consommée sous forme de combustibles.

En 2020, le bilan est le suivant :

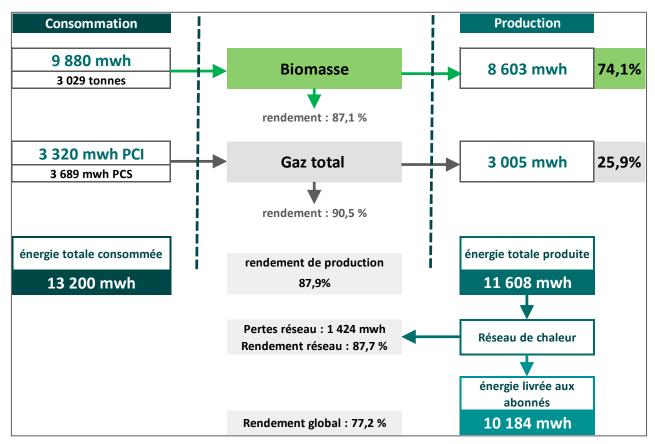


Figure 11 : Bilan énergétique schématique - 2020

Les données détaillées depuis 2012 sont présentées en annexe.

Lors des deux premières années de fonctionnement du réseau, une chaudière mobile au fioul puis au gaz a été utilisée pour la production d'énergie, les besoins énergétiques étant trop faibles pour mettre en service la chaudière biomasse plaquettes (appels de puissance inférieurs au minimum technique).

#### 1.2.2.1. Performance du réseau de chaleur

Le bilan énergétique du réseau de chaleur consiste à comparer l'énergie livrée en sous-station à l'énergie produite par les chaudières en sortie de chaufferie centrale. Il permet notamment de calculer les pertes du réseau de chaleur et donc son rendement.

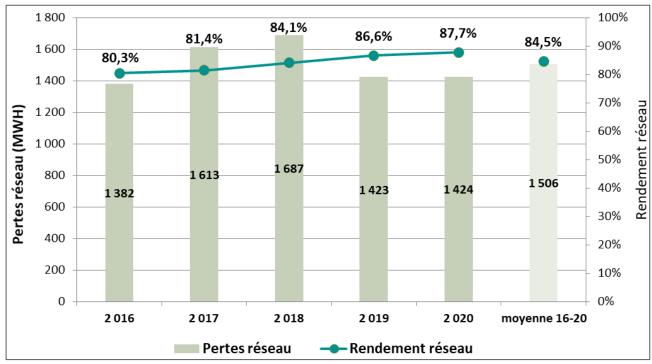


Figure 12 Evolution des pertes réseau

Le rendement moyen 2016/2020 s'établit à 84,5 % : valeur plutôt bonne compte tenu du fonctionnement annuel, y compris pendant la période estivale, du réseau de chaleur.

Les pertes en valeur absolue (1500 MWH/an en moyenne sur 2016/2020) sont néanmoins élevées. Elles sont largement supérieures aux pertes <u>théoriques</u> calculées de 941 MWH (détail du calcul en annexe). Des optimisations des débits et des températures sont à mettre en œuvre par l'exploitant,

#### 1.2.2.2. Performance de la production

Rendement biomasse: stabilisé autour de 83% entre 2016 et 2018, le rendement bois a connu un point bas en 2019 (79%). Le rendement 2020 (87%) est très satisfaisant. Il s'agit de la meilleure performance depuis le début de l'exploitation. La poursuite du développement du réseau permettra d'augmenter

la sollicitation de la chaudière

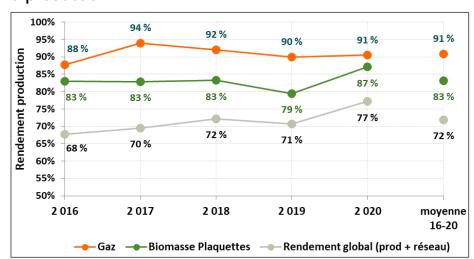


Figure 13: Evolution des rendements de production

bois et normalement d'en améliorer le rendement.

Rendement gaz: la valeur moyenne de 91% sur 2016/2020 est bonne et conforme à ce que l'on peut observer sur d'autres installations.

Le rendement global augmente parallèlement au développement du réseau de chaleur.



#### 1.2.2.3. Mixité

Bien qu'en progression depuis la mise en service de la chaudière bois, la mixité ENR&R reste largement inférieure à celle inscrite à l'avenant 1. En effet, l'avenant 1 prévoyait une mixité plaquettes/granulés de 87%/11% en 2020 sur la base d'une production énergétique de 11 375 MWh.

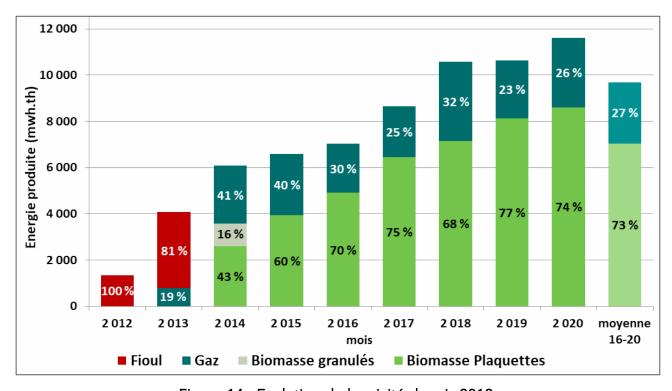


Figure 14 : Evolution de la mixité depuis 2012

La mixité biomasse moyenne de **73%** est en dessous des engagements contractuels (mixité plaquette prévisionnelle de 90% en moyenne sur la période 2016-2020). C'est la chaudière gaz qui assure la totalité de l'appoint énergétique depuis 2015.

Avec une puissance de 4 MW, la chaudière biomasse est surdimensionnée pour fonctionner l'été où les besoins sont limités à la production d'eau chaude sanitaire.

Le délégataire ayant décidé d'arrêter la chaudière à granulés pour des raisons économiques (déséquilibre de la DSP lié aux retards de livraisons de bâtiments), le recours au gaz est plus important que prévu.

#### 1.2.2.4. Consommations électriques

Les consommations électriques moyennes représentent 3,3% de l'énergie livrée. Il s'agit d'un ratio dans la moyenne de ce que l'on peut observer pour un réseau de cette taille fonctionnant toute l'année.

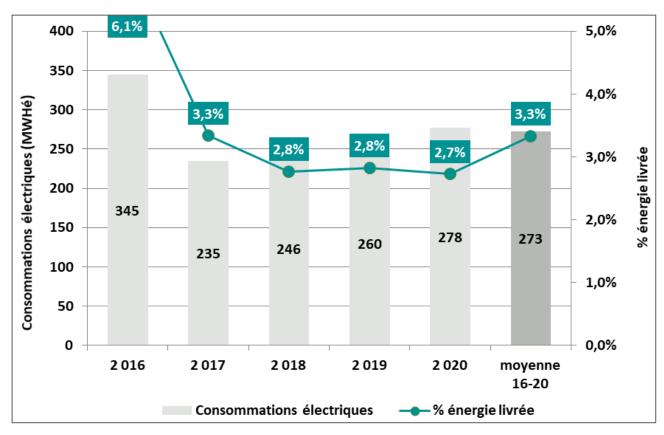


Figure 15 : Consommations électriques

## 1.2.3. Approvisionnement biomasse

La fourniture de bois énergie est assurée par SEMAVERT à partir de l'ECOSITE DE VERT LE GRAND, situé à environ 10 km de la chaufferie biomasse. Le rayon d'approvisionnement défini au contrat de concession de

30 km est donc respecté.

La synthèse des livraisons de bois sur les trois dernières années est présentée dans le

tableau ci-contre.

Année	Tonnes	Humidité moy	MWh PCI	PCI moyen (MWh/T)
2 018	2 574	31%	8 491	3,30
2 019	2 911	27%	10 324	3,55
2 020	3 029	32%	9 880	3,26
Total général	8 513	30%	28 695	3,37

Tableau 2 : Approvisionnement biomasse – 2018, 2019, 2020

Le délégataire a constaté qu'en raison d'une densité très faible, l'utilisation de fractions ligneuses de déchets verts entraine une perte de puissance de la chaudière biomasse plaquette : 3,4 MW au lieu de 4 MW selon les informations du fabricant COMPTE R. Le débit de combustible consommé étant limité par les capacités du système d'alimentation de la chaudière (poussoir), un PCI volumique faible réduit automatiquement la puissance foyer.

Le réseau étant encore dans une phase de montée en charge, le plafonnement de la puissance n'impacte pas la mixité biomasse. En régime établi, lorsque tous les bâtiments consommeront de l'énergie, la mixité sera impactée.

#### 1.2.4. Bilan CO2

L'évolution du bilan CO2 du réseau de chaleur est représentée sur le graphique ci-dessous :

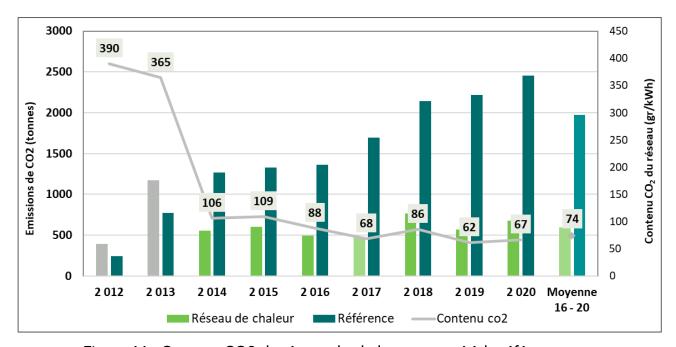


Figure 16 : Contenu CO2 du réseau de chaleur comparé à la référence gaz

Le contenu  $CO_2$  moyen du réseau depuis 2016 est de 74 gr/kWh livré, soit trois fois moins que la référence gaz naturel. Ce contenu  $CO_2$  est étroitement lié à la mixité énergétique : plus la mixité EnR sera élevée et plus le contenu  $CO_2$  du réseau sera faible. Depuis la mise en service du réseau, le contenu  $CO_2$  diminue de façon régulière.

En 2012 et 2013, le fioul a été utilisé de façon provisoire en attendant le raccordement de nouveaux abonnés. Avec un contenu CO<sub>2</sub> supérieur et des rendements inférieurs à des chaudières gaz décentralisées, le réseau présente des émissions en gaz à effet de serre supérieures à la référence.

## 1.3. Analyses

### 1.3.1. Adéquation de la puissance souscrite

La vérification l'adéquation de la puissance Le souscrite. nombre d'heures de fonctionnement à pleine puissance est obtenu en divisant l'énergie livrée moyenne corrigée de la rigueur climatique (ELC.MOY) par la puissance souscrite (PS.KW). Ce ratio représentatif du profil d'utilisation du bâtiment (tertiaire, résidentiel, ...) et vérifier de permet l'adéquation de la puissance souscrite avec consommations. Le tableau suivant présente le nombre d'heures associé à chaque station sous en

NUM	SOUS.STATION	PS20.KW	ELCMOY	HEURES.C.MOY
2,00	B4 - ECOLE AIME CESAIRE	368	209	568
3,00	B2B AB - VILOGIA	270	221	819
17,00	BC12 - LFP	481	491	1 020
21,00	BC22 - NOVALIS	368	442	1 202
12,00	SO3 - CENTURY 21 CAPITOLE	628	791	1 260
18,00	FB13 - CENTURY 21 CAPITOLE	375	474	1 265
14,00	B2A - CABINET PICHET	225	290	1 290
4,00	B2B CDEF - VILOGIA	416	541	1 301
1,00	SO1A - IMMOBILIERE 3F	230	309	1 345
19,00	FB21 - CENTURY 21 CAPITOLE	221	319	1 443
8,00	B3AA - CENTURY 21 CAPITOLE	260	388	1 492
10,00	B5B - CENTURY 21 CAPITOLE	530	827	1 560
11,00	SO1B - CENTURY 21 CAPITOLE	410	652	1 589
7,00	B3B - FONCIA LANGLOIS	426	697	1 636
6,00	B1B - IMMOBILIERE 3F	240	393	1 637
9,00	B3AB - OSICA	420	704	1 677
16,00	FB11-12 - SERGIC	367	638	1 739
5,00	SO2 - SCI BRETIGNY	680	1 239	1 823
15,00	BC23 - IMMOBILIERE 3F	400	731	1 829
20,00	BC11	220	463	2 106
13,00	MAISON DES SORBIERS	30	65	2 162
Total		7 565	10 886	1 439

fonctionnement en 2020 (à Tableau 3 : Nombre d'heures de fonctionnement à pleine puissance l'exception de « FB22 » raccordé en cours d'année).

Les nombres d'heures de chaque sous-station présentent plusieurs hétérogénéités :

- L'école AIME CESAIRE (B4) présente un nombre d'heures faible compte tenu du profil habituel de consommation de ce type de bâtiment ;
- Forte disparité de nombres d'heures pour les bâtiments résidentiels : les bâtiments présentant un même profil d'usage ont habituellement des nombres d'heures de fonctionnement similaires.

#### La maison des Sorbiers affiche un nombre d'heure élevé.

Mis à part les cas particuliers listés ci-dessus, les nombres d'heures de fonctionnement des sous stations correspondent aux profils de consommation habituellement observés sur ces bâtiments.

### 1.3.2. Ratios de consommation par m<sup>2</sup>

Pour chaque bâtiment nous avons évalué le ratio de consommation moyen en kWh livré par m². Les résultats sont présentés sur le graphique ci-contre :

Le ratio moyen pondéré est de 105 kWh/m² SHON.

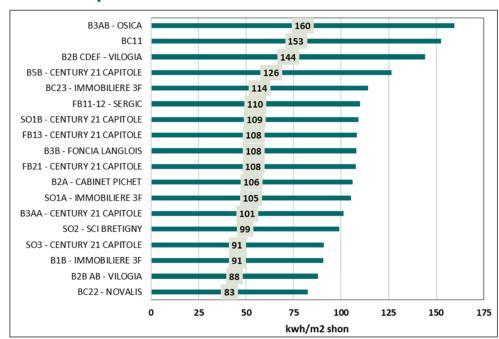


Figure 17: ratios de consommation par bâtiment (kWh/m²)

Les bâtiments les plus récents présentent des ratios de consommation plus élevés comme le montre le graphique suivant :

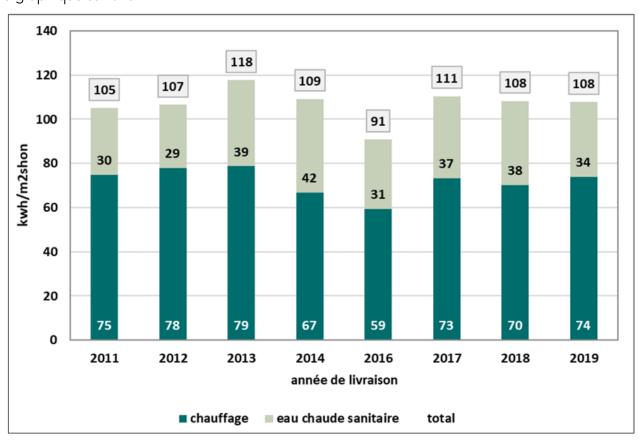


Figure 18 : Ratio de consommation par année de livraison

#### 1.3.3. Dimensionnement biomasse

Afin de vérifier le dimensionnement de la chaudière bois, une **simulation horaire des appels de puissance** (courbe monotone ci-contre) a été réalisée sur la base des besoins énergétiques corrigés de la rigueur climatique : 11 856 MWh en 2020.

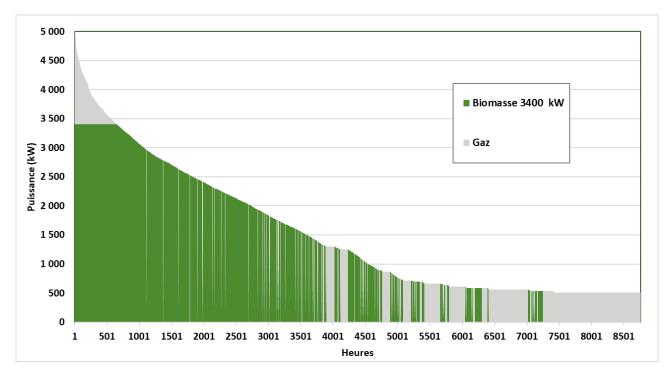


Figure 19 : Courbe monotone des appels de puissance 2020

La mixité simulée est de 74,5% en considérant une disponibilité de 95 % et un arrêt de la chaudière entre le 15/05 et le 15/10.

Le talon de puissance en été et intersaison est de 500 KW, soit 50% du minimum technique de la chaudière plaquettes : le surdimensionnement été est confirmé.

### 1.3.1. Dimensionnement du réseau de chaleur

Les pertes de charges hydrauliques ont été recalculées pour les tronçons du réseau existant (tableau ci-dessous).



Tableau 4 : Dimensionnement réseau tranches 1 et 2

Une dizaine de tronçons présentent une perte de charge linéique supérieure à 20 mm/m, seuil de dimensionnement généralement retenu en conception de réseau (en rouge dans le tableau). Il s'agit



essentiellement de raccordements terminaux de bâtiments avec des longueurs limités et un impact faible sur la perte de charge totale.

#### 1.3.2. Réglementation

Avec une puissance installée totale d'environ 10 MW (4 MW plaquettes + 1 MW granulés + 5 MW gaz), la chaufferie de BRETIGNY est une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) soumise à déclaration. Elle est soumise dans ce cadre à l'arrêté du 3 août 2018 fixant les prescriptions générales applicables aux appareils de combustion de puissance supérieure ou égale à 1 MW et inférieure à 20 MW.

La réglementation ICPE impose notamment les valeurs limites d'émission (VLE) des rejets atmosphériques. Des campagnes de mesure, dont les résultats sont présentés dans le tableau cidessous, ont été réalisées en 2018 et 2019. Les rejets de la chaudière bois sont tous conformes, le taux de poussières est très bas et traduit une excellente performance de l'électrofiltre. Les rejets de la chaudière gaz sont également tous inférieurs aux VLE.

12/02/18	2018	BU	REAU VERIT	AS	con	forme		
paramètre			mesure	limite1	limite2	unité		conformité
Monoxyde de	carbone (CO)		13	375		mg/Nm3 à 6%	6O2	conforme
Oxydes d'Azo	te (NOx en éq N	lO2)	398	500		mg/Nm3 à 6%	6O2	conforme
Poussières to	tales		1.29	15		mg/Nm3 à 6%	6O2	conforme
Oxydes de So	ufre (SO2)		38.2	500		mg/Nm3 à 6%	6O2	conforme
Dioxines et Fu	ıranes (PCDD/P	CDF)	0.00376	0.1		ng/Nm3 en I-	ΓΕQNATOà 6%O2	conforme

limite 1 : réglementation / limite 2 : engagement

21/02/19	2019	BU	REAU VERIT	AS	con	forme		
paramètre		mesure	limite1	limite2	unité		conformité	
Oxydes d'Azo	te (NOx en éq N	lO2)	235	500		mg/Nm3 à 6%	6O2	conforme
Poussières to	tales		4.5	15		mg/Nm3 à 6%	6O2	conforme
Monoxyde de	carbone (CO)		96.4	375		mg/Nm3 à 6%	6O2	conforme
Oxydes de So	ufre (SO2)		48.2	300		mg/Nm3 à 6%	6O2	conforme

limite 1 : réglementation / limite 2 : engagement

Tableau 5 : Contrôle des rejets atmosphériques biomasse 2018-2019

La chaufferie est également soumise à l'arrêté du 02 octobre 2009 relatif au contrôle des chaudières dont la puissance nominale est supérieure à 400 KW et inférieure à 20 MW, mis à jour par l'arrêté du 20 juillet 2020. Se référant au code de l'environnement (articles R224-20 à R224-41), cet arrêté impose notamment un contrôle périodique de l'efficacité énergétique des chaudières réalisé par un organisme agréé.

Les compteurs d'énergie utilisés pour la facturation sont soumis à l'arrêté du 3 septembre 2010 relatif aux compteurs d'énergie thermique. Ce texte impose notamment la tenue d'un carnet de métrologie comportant la Vérification de la Conformité de l'Installation (VCI).

Les dernières campagnes de vérification des compteurs d'énergie réalisées par Kamstrup en 2018 et 2019 n'ont relevé aucune non-conformité.

### 1.3.3. <u>Incidents et pannes</u>

Les données disponibles pour les années 2019 et 2020 font état de pannes ayant entrainé 250h d'arrêt non prévu sur le process biomasse (144h en 2019 et 105h en 2020).

La majorité des pannes sont intervenues sur le process biomasse, notamment liées à des casses au niveau du système de convoyage.

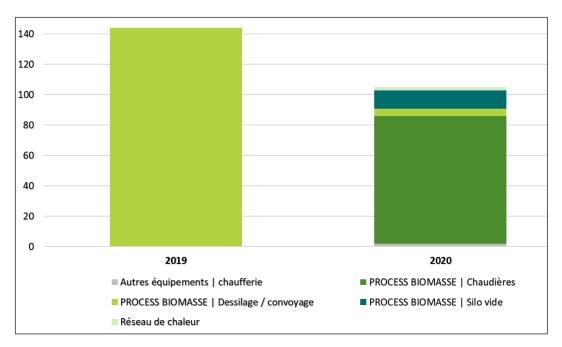


Figure 20 : Nombres d'heures d'arrêt de la chaudière biomasse

La présence d'une chaudière gaz de secours a permis de ne pas avoir d'interruption de la fourniture de chaleur aux abonnés.

## 1.4. Etat des lieux économique

#### 1.4.1. Produits

La chaleur est facturée aux abonnés sous la forme d'un tarif binôme R1/R2 dont les valeurs sont révisées mensuellement selon les formules définies au règlement de service. Les produits issus de la facturation depuis 2012 sont détaillés dans le tableau suivant.

€HT (factures)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Produits R1 (€HT)	28 525	91 444	150 014	149 608	148 813	193 396	257 924	271 411	290 507
qté (mwh)	1 001	3 208	5 244	5 515	5 648	7 041	8 892	9 204	10 184
pu (€HT/mwh)	28,5	28,5	28,6	27,1	26,3	27,5	29,0	29,5	28,5
Produits R2 (€HT)	84 919	284 550	410 215	454 583	454 210	452 230	619 779	719 510	766 209
qté (kw)	1 081	2 967	4 003	4 310	4 362	5 481	6 542	7 115	7 565
pu (€HT/kw)	78,5	95,9	102,5	105,5	104,1	82,5	94,7	101,1	101,3
Produits d'exploitation (€HT)	113 444	375 994	560 229	604 191	603 022	645 627	877 703	990 920	1 056 716

Tableau 6: Produits 2012 à 2020

Sur les cinq dernières années, la moyenne des produits facturés est de 835k€HT.

Les produits augmentent logiquement avec la montée en puissance du réseau depuis sa mise en service.

L'évolution des tarifs R1 et R2 depuis 2012 est la suivante :

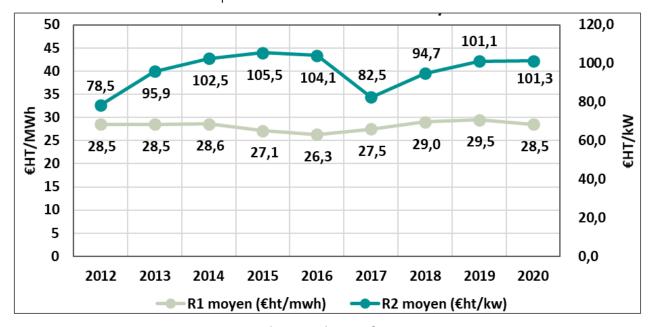


Figure 21: Evolutions des tarifs unitaires R1/R2

Le tarif R1 est stable à 28,2 €HT/MWh en moyenne depuis 2012. Le tarif R2 a augmenté de 1%/an en moyenne de 2013 (entrée en vigueur de l'avenant1) à 2020. En 2017 et 2018 des régulations de facturation des années antérieures ont été réalisées, entrainant une baisse importante du R2 unitaire sur cette période.



L'évolution du prix moyen de l'énergie livrée, résultant de l'application des tarifs unitaires suit globalement l'évolution des tarifs unitaires. Le prix particulièrement bas de 2013 est essentiellement lié au volume important d'énergie livrée (+33% par rapport à la moyenne) correspondant à une riqueur climatique élevée.

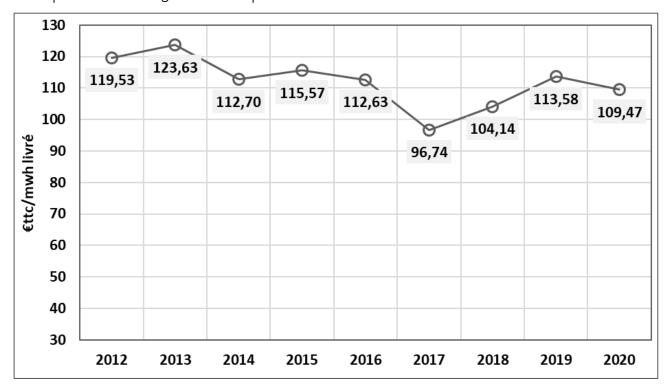


Figure 22 : Evolution du prix moyen de l'énergie livrée

Le prix unitaire moyen de l'énergie livrée a diminué de 1% en moyenne depuis 2012, en lien avec l'augmentation de la quantité d'énergie livrée et la stabilité du tarif R1.

## 1.4.2. <u>Charges</u>

Les charges issues des comptes de résultats financiers transmis chaque année par le délégataire sont présentées de façon synthétique dans le tableau suivant :

€HT	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Charges	226 926	561 031	910 628	2 521 116	702 344	679 154	755 473	1 035 286	840 069
dont combustibles	105 350	301 194	249 227	220 768	196 799	224 417	323 198	285 736	273 289
dont électricité	17 736	52 340	29 900	38 966	31 203	15 095	25 908	32 257	32 874
dont exploitation courante	97 306	121 573	234 812	136 541	266 368	213 567	216 155	279 436	234 877
dont gros entretien renouvellement	0	0	55 872	55 568	60 000	75 198	61 726	267 008	109 864
dont amortissements/financement	6 534	85 924	340 817	2 069 273	147 974	150 877	128 486	170 850	189 165

Tableau 7 : Charges d'exploitation 2012 - 2020

La version détaillée des charges de la concession est disponible en annexe.

Les analyses qui vont suivre se concentreront sur les 5 derniers exercices, étant donné que les premières années d'exploitation sont moins représentatives en raison de la montée en charge du



réseau. Les comptes affichent un montant de charges moyen de 802 k€ HT sur les cinq dernières années.

#### 1.4.2.1. Charges de R1

L'évolution des charges de combustible bois plaquettes et gaz sur les cinq derniers exercices est détaillée sur le graphique suivant.

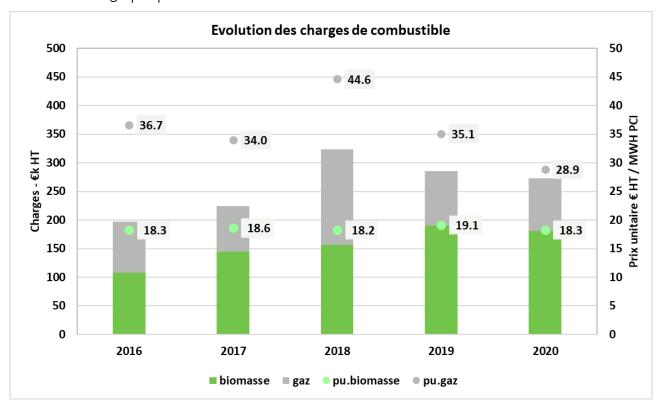


Figure 23 : Evolution des charges de R1

On observe un tarif bois très stable depuis 5 ans : amplitude de +/- 3% autour de la moyenne de 18,6€HT/MWh PCI. Dans la même période, le prix du gaz varie fortement : +/- 20% autour de la moyenne de 37,1 €HT/MWh PCI.

#### 1.4.2.2. Charges de R21 électricité

L'achat d'électricité s'élève en moyenne à 27,5 k€HT/an soit 3,35 €HT / MWh livré sur la période 2016-2020.

charges de r21 - électricité	2016	2017	2018	2019	2020
Electricité	31 203	15 095	25 908	32 257	32 874
Qté (mwh.é)	345	235	246	260	261
PU (€ht/mwh.é)	90	64	105	124	126

Tableau 8 : Charges d'électricité

#### 1.4.2.3. Charges de R22

En moyenne de 2016 à 2020, les charges d'entretien maintenance et gestion sont d'environ 242 k€HT/an. Il s'agit d'un montant normal au regard des équipements exploités et du volume d'énergie produite et livrée.

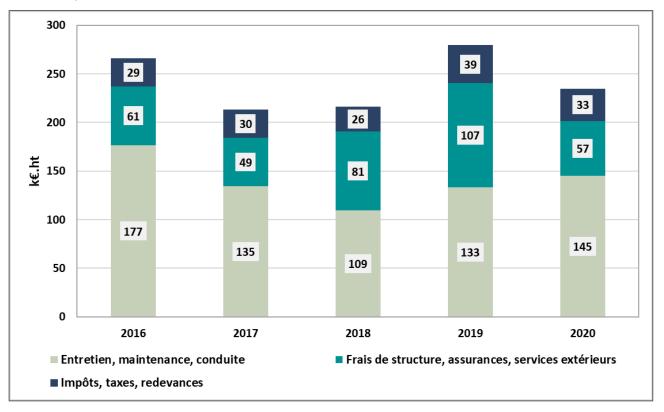


Figure 24 : Evolutions des charges de R22

Les charges de R22 sont stables et bien maitrisées depuis 2016.

#### 1.4.2.4. Charges de R23

Les charges de GER s'élèvent à 115 k€/an en moyenne depuis 2016.

€HT	2016	2017	2018	2019	2020
Dépenses P3	0	15 198	57 580	36 054	31 564
Dotations aux provisions P3	60,000	60 000	60 900	278 809	81 582
Reprises sur provisions	60 000		-56 754	-47 855	-3 282
Gros entretien renouvellement (€HT)	60 000	75 198	61 726	267 008	109 864

Tableau 9 Charges de GER (R23) de 2016 à 2020

Le réseau étant en fonctionnement depuis moins de 10 ans, les dépenses de travaux (P3) sont relativement faibles par rapport à la taille du réseau de chaleur. Les dotations aux provisions pour renouvellement sont stables à hauteur de 60 k€/an jusqu'en 2018 puis connaissent une forte hausse en 2019 (+218k€). En 2020, ces dotations reviennent à hauteur de la dotation prévisionnelle moyenne sur la durée de vie du réseau, à savoir 80 k€ HT.



#### 1.4.2.5. Charges de R24

Depuis 2016 les charges de R24, présentées dans les rapports annuels du délégataire, sont de 157 k€ en moyenne.

€НТ	2016	2017	2018	2019	2020
Dotations aux amortissements	185 775	157 727	175 359	216 164	221 280
Amortissement de la subvention	-83 292	-51 318	-51 318	-51 318	-51 318
Dotation pour dépréciation chaudière granulés	38 570	38 570	0	0	0
Charges financières	6 921	5 898	4 445	6 003	19 203
Total amortissement/financement (€HT)	147 974	150 877	128 486	170 850	189 165

Tableau 10 : Charges de R24 de 2016 à 2020

Les charges financières sont relativement faibles étant donné que le délégataire a financé les investissements de premier établissement sur fonds propres avec l'aide de sa maison mère. Un prêt va être mis en place en 2021.

Les investissements de premier établissement du réseau s'élevaient à 8 M€. Ils représentent les investissements dédiés à la création de la chaufferie centrale ainsi que le développement du réseau et des sous-stations jusqu'en 2020. Le

INVESTISSEMENTS	TRANCHE 1 + 2 RESEAU existant 2020	
Process biomasse		1 366
Equipements techniques chaufferie		1 493
Réseau de chaleur et sous-stations		3 203
Bâtiment chaufferie silo		1 752
Ingénierie, études, divers		186
TOTAL	k€ HT	8 000

Tableau 11 : Investissements tranche 1+2

tableau ci-dessous présente la décomposition de ces investissements :

Pour financer ces travaux le délégataire a perçu 1,8 M€ de subventions soit 22,7% du montant total de l'investissement. Le montant restant à financer a été couvert par les fonds propres du

FINANCEMENT	k€HT	TRANCHE 1 + 2 RESEAU existant 2020
Investissement		8 000
Taux de subventions		22,7%
Montant des aides		1 817
Reste à financer	k€HT	6 183

Tableau 12: Financement tranche 1+2

délégataire avec le soutien de sa maison mère Engie.

### 1.4.3. Equilibre de la DSP

Le bilan moyen sur 2012/2020 est négatif : -270 k€HT/an en moyenne, soit un déficit cumulé de 2 400 k€HT.

€HT	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Produits	113 444	375 994	560 229	604 191	603 022	645 627	877 703	989 566	1 059 304
Produits R1	28 525	91 444	150 014	149 608	148 813	193 396	257 924	270 958	290 285
Produits R2	84 919	284 550	410 215	454 583	454 210	452 230	619 779	718 608	769 019
Autres produits	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Charges	226 926	561 031	910 628	2 521 116	702 344	679 154	755 473	1 035 286	840 069
dont combustibles	105 350	301 194	249 227	220 768	196 799	224 417	323 198	285 736	273 289
dont électricité	17 736	52 340	29 900	38 966	31 203	15 095	25 908	32 257	32 874
dont exploitation courante	97 306	121 573	234 812	136 541	266 368	213 567	216 155	279 436	234 877
dont gros entretien renouvellement	0	0	55 872	55 568	60 000	75 198	61 726	267 008	109 864
dont amortissements et financement	6 534	85 924	340 817	2 069 273	147 974	150 877	128 486	170 850	189 165
Résultat (€HT)	-113 482	-185 037	-350 398	-1 916 925	-99 322	-33 527	122 230	-45 720	219 235

Tableau 13 : Bilan économique 2012-2020

### 1.5. Etat des lieux contractuel

En 2009, la ville de **Brétigny-sur-Orge** a décidé de **déléguer le service public de production et** de distribution de chaleur sur la « ZAC Clause Bois Badeau » par voie de concession.

La société **OROBIA** (filiale d'ENGIE) a été retenue comme concessionnaire par la collectivité. Le concessionnaire a notamment en charge :

- La conception et la réalisation des ouvrages de premier établissement ;
- Le développement et la modernisation du réseau de chaleur ;
- Le financement de l'ensemble des investissements ;
- La gestion du service public de production et de distribution de chaleur ;

Le contrat de concession a été signé le 12 février 2010 pour une durée de 30 années d'exploitation et ne pouvant excéder le 30 juin 2041.

Les ouvrages ont été mis en service au cours de l'année 2011.

Le 6 mars 2013 un avenant au contrat de concession a été signé entre la ville et le concessionnaire. Cet avenant vient, entre autres, apporter les modifications suivantes :

- Substitution du combustible « huiles alimentaires usagées » par des combustibles EnR ;
- Substitution du combustible « propane » par du combustible « fioul domestique » ;
- L'adaptation des ouvrages de production et la densification des bâtiments à desservir ;
- La prise en compte du montant des subventions définitivement attribuées ;

Le planning de livraison, sur lequel a été basée la montée en puissance du réseau déterminée dans l'avenant 1, a connu des décalages importants expliquant en partie les déficits de la délégation de service public. Des échanges avec le délégataire sont en cours en vue de la rédaction d'un avenant n°2 visant à régulariser la situation.

# 2. Perspectives de développement

### 2.1. Bâtiments identifiés

Pour cette phase d'identification des nouveaux bâtiments à raccorder au réseau, nous avons séparés les prospects en deux catégories :

- Les bâtiments appartenant à la ZAC Clause Bois Badeau ;
- Les bâtiments situés en dehors de la ZAC ;

Le plan masse ci-dessous présente les bâtiments identifiés sur le périmètre de la ZAC (en bleu) et hors de la ZAC (en jaune) :

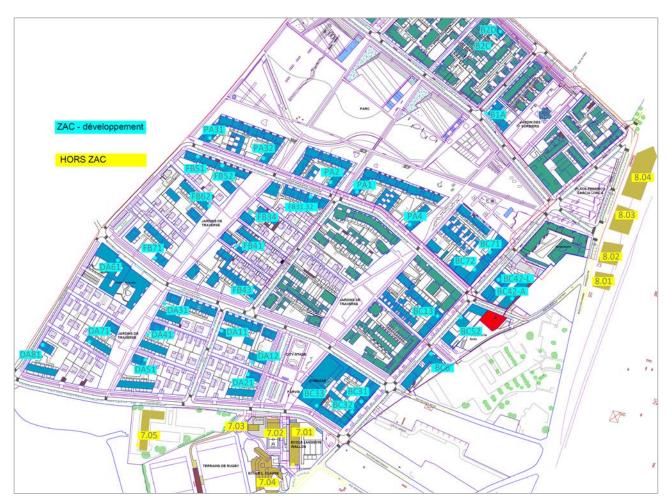


Figure 25 : Plan masse bâtiments à raccorder

### 2.1.1. ZAC

Le tableau suivant détaille les futurs bâtiments en projet sur le périmètre de la ZAC. Il a été établi sur la base du programme de la SORGEM de juin 2021.

NOM	SECTEUR -	AN_LIV -	AN_100% -	NB.LGT -	SDP _
B1A	2.MESNIL	2026	2027	37	2 300
B2C	2.MESNIL	2024	2025	44	2 583
B2D - Crèche	2.MESNIL	2024	2025		182
BC42.L	3.BOIS DE CHATRES	2022	2023	40	2 461
BC13.L	3.BOIS DE CHATRES	2023	2024	40	2 453
BC42.A - SARL BATITERRE	3.BOIS DE CHATRES	2023	2024		1 650
BC13.A	3.BOIS DE CHATRES	2024	2025	32	1 770
BC6 - EAM social	3.BOIS DE CHATRES	2024	2025	15	3 362
BC71	3.BOIS DE CHATRES	2024	2025	80	5 310
BC31	3.BOIS DE CHATRES	2025	2026	35	3 800
BC32	3.BOIS DE CHATRES	2025	2026	44	3 100
BC33 - Gymnase	3.BOIS DE CHATRES	2025	2026		3 000
BC72	3.BOIS DE CHATRES	2025	2026	85	5 880
BC52	3.BOIS DE CHATRES	2028	2029		3 100
FB31.32	4.FAUBOURG DU BOIS	2022	2023	55	3 560
FB41	4.FAUBOURG DU BOIS	2022	2023	34	2 150
FB43	4.FAUBOURG DU BOIS	2024	2025	62	3 900
FB34	4.FAUBOURG DU BOIS	2025	2026	29	1 800
FB51	4.FAUBOURG DU BOIS	2026	2027	34	2 120
FB52	4.FAUBOURG DU BOIS	2026	2027	40	2 550
FB62	4.FAUBOURG DU BOIS	2027	2028	41	2 600
FB71	4.FAUBOURG DU BOIS	2026	2027	51	3 240
DA61 - Groupe scolaire	5.DANAUX	2023	2024		3 760
DA11	5.DANAUX	2028	2029	46	2 900
DA12	5.DANAUX	2028	2029	27	1 720
DA21	5.DANAUX	2028	2029	32	2 000
DA31	5.DANAUX	2030	2031	53	3 350
DA41	5.DANAUX	2030	2031	32	2 000
DA51	5.DANAUX	2030	2031	36	2 260
DA71	5.DANAUX	2030	2031	32	2 000
DA81	5.DANAUX	2030	2031	33	2 100
PA1	6.PARC	2025	2026	48	3 000
PA2	6.PARC	2026	2027	73	4 600
PA31	6.PARC	2025	2026	37	2 300
PA32	6.PARC	2026	2027	60	3 800
PA4	6.PARC	2025	2026	63	4 000
36				1 370	102 661

Tableau 14: Liste bâtiments identifiés ZAC

Les logements à construire sur les lots BC71 et BC72, correspondant à l'emplacement de l'ancienne usine, sont également intégrés dans le périmètre de la ZAC (doit faire l'objet d'une modification du périmètre de la ZAC).

Les bâtiments résidentiels collectifs représentent la majorité des prospects identifiés. On retrouve également des bâtiments du secteur de l'enseignement (un groupe scolaire lot « DA61-GS », une crèche lot B2D, un gymnase lot BC33) ainsi qu'un bâtiment du secteur sanitaire et social (EAM social, lot BC6).

Afin de tenir compte d'un éventuel décalage du programme de constructions, nous avons considéré un glissement de 2 ans entre l'année de livraison (AN\_LIV dans le tableau précédent) et la première année complète de raccordement au réseau (AN\_100%).

En intégrant les bâtiments existants, l'évolution de la surface de plancher des bâtiments de la ZAC CLAUSE BOIS BADEAU est la suivante :

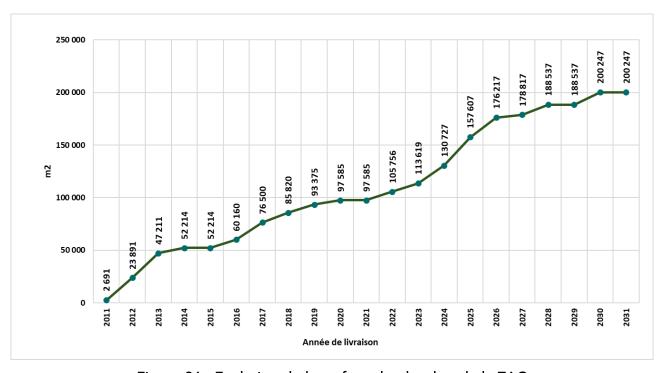


Figure 26 : Evolution de la surface de plancher de la ZAC

## 2.1.2. Hors **ZAC**

#### 2.1.2.1. Bâtiments existants

Cinq bâtiments existants ont été identifiés au sud de la ZAC. Il s'agit de bâtiments appartenant à la commune de Brétigny-sur-Orge : 2 groupes scolaires, un gymnase, des logements et un immeuble de bureaux.

NUM	NOM	SECTEUR	AN_LIV	AN_100%	NB.LGT	SDP
7.01	GS WALLON	7. EXTENSION SUD	2023	2024		1 804
7.02	GYMNASE WALLON	7. EXTENSION SUD	2023	2024		309
7.03	LOGEMENTS WALLON	7. EXTENSION SUD	2023	2024		412
7.04	GS CLAUSE	7. EXTENSION SUD	2023	2024		2 680
7.05	35B DANAUX	7. EXTENSION SUD	2023	2024		2 887
	5				0	8 093

Tableau 15: Bâtiments extension Sud

La surface de plancher est d'environ 8000 m². Nous avons fait l'hypothèse d'un fonctionnement au réseau de ces bâtiments en 2024.

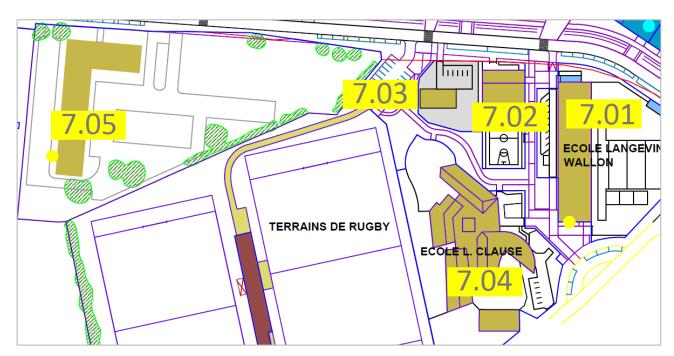


Figure 27 : Plan masse bâtiments extension Sud

### 2.1.2.2. Franges ferroviaires

Un programme d'aménagement des franges ferroviaires, porté par la SNCF, prévoit la construction de 4 bâtiments tertiaires d'une surface de plancher totale d'environ 19 000 m².

NUM	NOM	SECTEUR	AN_LIV	AN_100%	NB.LGT	SDP
8.01	GARE1	8. FRANGES FERROVIAIRES	2028	2030		2 000
8.02	GARE2	8. FRANGES FERROVIAIRES	2028	2030		3 600
8.03	GARE3	8. FRANGES FERROVIAIRES	2028	2030		4 250
8.04	GARE4	8. FRANGES FERROVIAIRES	2028	2030		9 150
	4				0	19 000

Tableau 16 : Bâtiments Franges Ferroviaires

Nous avons fait l'hypothèse d'un fonctionnement au réseau de ces bâtiments en 2030.



Figure 28 : Plan masse bâtiments Franges Ferroviaires

# 2.2. Besoins énergétiques

## 2.2.1. Hypothèses de besoins unitaires

Les besoins de chaleur des bâtiments à raccorder ont été calculés sur la base des ratios suivants :

	р	uissance (w/n	n2)	énergie livrée (kwh/m2)			
période	chauffage	ecs	total	chauffage	ecs	total	
2012,2016	55	25	80	75	35	110	
2017,2019	45	25	70	55	30	85	
2020,2023	30	25	55	40	30	70	
2024,2030	25	21	46	35	25	60	

Tableau 17: Ratios de consommation unitaires

## 2.2.2. Besoins énergétiques extensions

L'application des ratios précédents aux surfaces projetées permet d'établir les besoins en puissance et en énergie pour chacun des bâtiments. Les besoins par groupe sont détaillés dans le tableau suivant :

secteur	NB BAT	EL.MWH	PS.KW
∃ 2.ZAC	36	6 367	4 990
2.MESNIL	3	332	258
3.BOIS DE CHATRES	11	2 274	1 771
4.FAUBOURG DU BOIS	8	1 411	1 096
5.DANAUX	9	1 288	1 050
6.PARC	5	1 062	815
∃ 3.HORS ZAC	9	1 587	1 447
7. EXTENSION SUD	5	732	687
8. FRANGES FERROVIAIRES	4	855	760
Total général	45	7 954	6 437

Tableau 18 : Besoins énergétiques : consommation et puissance

Le détail des besoins par bâtiment est donné en annexe.

## 2.3. Définition de scénarios de desserte

Le présent schéma directeur va étudier deux scénarios d'extensions du réseau :

- 1) « ZAC »: Une extension du réseau sur le périmètre de la ZAC uniquement, intitulée TRANCHE 3;
- 2) « ETENDU » : Une extension du réseau sur le périmètre de la ZAC auquel s'ajoutent les bâtiments identifiés en dehors de la ZAC ;

La puissance souscrite et l'énergie livrée sont détaillées par scénario dans le tableau suivant.

	ACTUEL	TRANCHE 3	ZAC	EXTENSION	ETENDU
Puissance souscrite k	v 7 797	4 990	12 787	1 447	14 234
Energie livrée mw	h 10 238	6 367	16 605	1 587	18 192

Tableau 19 : Besoins énergétiques par scénario – régime établi

En complément des deux scénarios définis précédemment, nous étudierons deux alternatives consistant à une prolongation de 5 ans du contrat de DSP et dénommés ZAC+5ans et ETENDU+5ans. Compte tenu du décalage important du programme de construction initial, l'augmentation de la durée du contrat, envisagée dans le cadre des échanges avec le délégataire, permettrait de consolider l'équilibre de la DSP (augmentation du nombre d'exercice en régime établi).

Les besoins énergétiques **moyens sur la durée de la DSP** sont les suivants pour les quatre scénarios :

	ZAC	ETENDU	ZAC+5ans	ETENDU+5ans
Puissance souscrite kw	9 285	9 977	9 785	10 585
Energie livrée mwh	12 095	12 853	12 739	13 616

Tableau 20 : Besoins énergétiques par scénario - moyenne DSP

La prolongation du contrat de 5 ans permet d'augmenter l'énergie livrée moyenne de 5% et 6% respectivement pour les scénarios ZAC et ETENDU.



## 2.3.1. Evolution des besoins énergétiques

Les graphiques ci-dessous présentent, pour chaque scénario, l'évolution de la puissance souscrite et de l'énergie livrée pendant la période de montée en puissance. Les besoins intègrent les bâtiments existants et futurs.

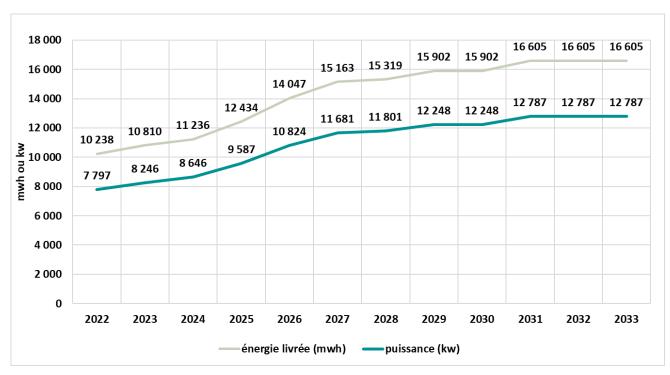


Tableau 21 : Montée en puissance - scénario ZAC

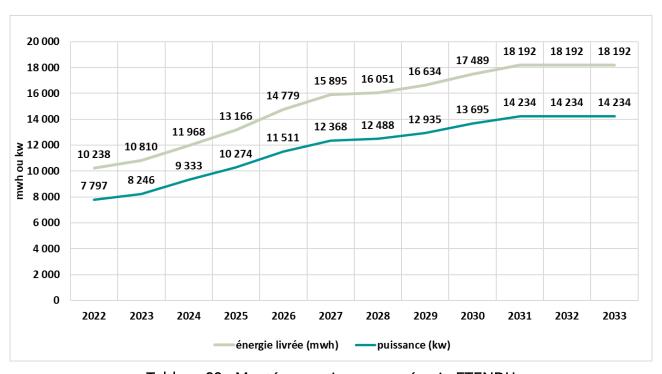


Tableau 22 : Montée en puissance - scénario ETENDU

## 2.3.2. Appels de puissance :

Dans les deux scénarios, la puissance installée en chaufferie restera inchangée. Toutefois, la sollicitation des chaudières sera différente entre les deux scénarios, en raison de la différence des besoins à couvrir. Afin de caractériser la mixité des différentes énergies employées, des simulations des appels de puissance horaires (courbe monotone) ont été réalisées.

Une remise en service de la chaudière granulés permettra notamment de couvrir les besoins d'été (eau chaude sanitaire essentiellement) et de compléter la chaudière biomasse plaquettes en hiver.

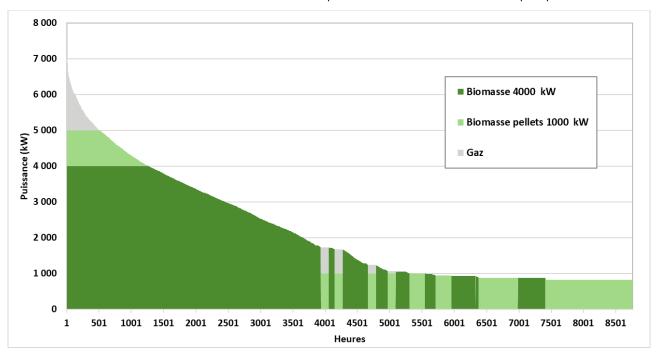


Figure 29 : Courbe monotone en régime établi – périmètre ZAC

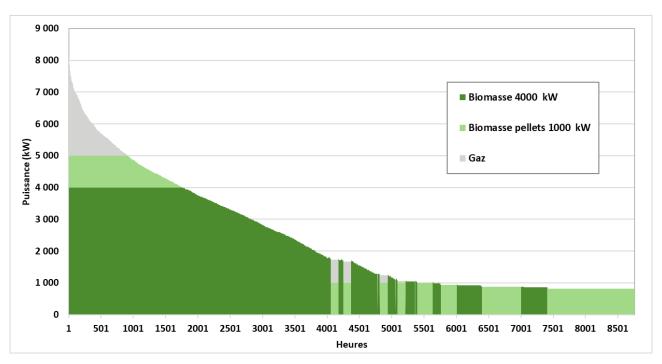


Figure 30 : Courbe monotone en régime établi – périmètre ETENDU



## 2.3.3. Bilan énergétique production distribution

Pour chaque scénario, le bilan énergétique du réseau de chaleur (rapport entre l'énergie livrée et l'énergie produite) est le suivant :

	ACTUEL	TRANCHE 3	ZAC	EXTENSION	ETENDU
Energie livrée mwh	10 238	6 367	16 605	1 587	18 192
Longueur réseau ml	2 475	1 916	4 391	740	5 131
Pertes réseau mwh	1 400	1 000	2 400	250	2 650
Rendement réseau	88.0%	86.4%	87.4%	86.4%	87.3%
Densité thermique	4.1	3.3	3.8	2.1	3.5
ENERGIE PRODUITE	11 638	7 367	19 005	1 837	20 842

Tableau 23 : Bilan énergétique réseau – régime établi

L'extension du réseau au sein de la ZAC fera baisser la densité thermique (énergie livrée divisée par la longueur de réseau) de 4,1 à 3,8 mwh/mètre, valeur néanmoins très bonne au regard du seuil minimal de 1,5 mwh/mètre exigé par l'ADEME pour le financement de projets. Les nouveaux bâtiments à créer auront des besoins énergétiques moindres, sont plus éloignés de la chaufferie et nécessitent des longueurs de réseau plus importantes.

L'extension hors ZAC a une densité thermique spécifique de 2,1 mwh/mètre, impactant celle du réseau ETENDU qui passe à 3,5 mwh/mètre. Cette valeur demeure bonne au regard de la plupart des réseaux de chaleur existants.

L'énergie qu'il faut produire en sortie de chaufferie est déterminée en additionnant les pertes réseau prévisionnelles et l'énergie livrée aux bâtiments. Elle se répartit entre les énergies employées constituant la mixité énergétique.

Le bilan énergétique de production est détaillé dans le tableau de la page suivante.

La remise en service de la chaudière à pellets permettra d'obtenir une mixité ENR&R de 90% pour le scénario ZAC (72% biomasse SEMAVERT + 18% biomasse pellets).

L'extension du réseau pour alimenter d'autres bâtiments hors ZAC dégrade légèrement la mixité ENR qui passe de 90% à 88%.



	ACTUEL	ZAC	ETENDU
ENERGIE PRODUITE	11 638	19 005	20 842
Biomasse SEMAVERT	74.0%	72.0%	70%
production mwh	8 612	13 684	14 589
rendement	82.0%	85.0%	85.0%
consommation mwh	10 503	16 098	17 164
Biomasse PELLETS		18%	18%
production mwh	n	3 421	3 752
rendement		85.0%	85.0%
consommation mwh	n	4 025	4 414
Gaz naturel	26.0%	10.0%	12.0%
production mwh	3 026	1 901	2 501
rendement	91.5%	91.5%	91.5%
consommation mwh	3 307	2 077	2 733
ENERGIE CONSOMMEE	13 810	22 200	24 311
rendement global	74.1%	74.8%	74.8%
TAUX ENR	74.0%	90.0%	88.0%

Tableau 24 : Bilan de production – régime établi

## 2.4. Bilan environnemental

L'utilisation des granulés ainsi que la hausse des livraisons de chaleur permet d'augmenter la quantité d'émissions de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>) évitées.

		ACTUEL	ZAC	ETENDU
CO2 réseau	t./an	645	439	504
CO2 référence	t./an	1 923	2 637	2 814
GAIN CO2	t./an	1 278	2 198	2 310
équivalent en nombre	de voitures /an	1 917	3 297	3 466

Figure 31: Bilan environnemental

En moyenne sur 30 ans le réseau permet d'éviter l'émission de 2 200 tonnes de CO<sub>2</sub>/an pour le scénario ZAC et de 2 310 tonnes de CO<sub>2</sub>/an pour le scénario étendu, soit l'équivalent de 3 300 à 3 500 voitures par an environ.

Malgré la baisse de la mixité ENR&R, le scénario étendu améliore le bilan environnemental de l'opération.



## 2.5. Evolutions techniques

Dans les deux scénarios étudiés, les évolutions techniques sont les suivantes :

- Utilisation plus intense de la **chaudière granulés** pour consolider le taux d'EnR dans le mix énergétique ;
- La **création ou l'extension de nouvelles branches de réseau** pour relier les prospects au réseau existant ;
- La mise en place d'une sous station dans chaque nouveau bâtiment raccordé au réseau ;

### 2.5.1. Réseau de chaleur

Pour chaque scénario nous avons déterminé la longueur de tuyauterie supplémentaire à mettre en place. Les tableaux suivants présentent la répartition par diamètre des extensions ainsi que les pertes thermiques associées :

3 trancl	ne 3						
	U	longueur		pertes	(mwh)		pertes
DN	(W/ml/°C)	(ml)	hiver	mi-saison	été	total	(kwh/ml/an)
FIBRE DE VE	RRE						
DN 50	0.2200	549	63.0	35.8	42.8	141.7	258
DN 80	0.2600	995	135.0	76.7	91.7	303.5	305
DN 100	0.2800	115	16.8	9.6	11.4	37.8	328
DN 125	0.3200	207	34.6	19.6	23.5	77.7	375
DN 150	0.3700	50	9.7	5.5	6.6	21.7	434
TOTAL		1 916	259	147	176	582.4	304

Tableau 25 : Extension ZAC (tranche 3) – répartition par DN et pertes thermiques

5 hors z	ac						
	U	longueur		pertes	(mwh)		pertes
DN	(W/ml/°C)	(ml)	hiver	mi-saison	été	total	(kwh/ml/an)
FIBRE DE VE	FIBRE DE VERRE						
DN 50	0.2200	205	23.5	13.4	16.0	52.9	258
DN 80	0.2600	533	72.3	41.1	49.1	162.6	305
TOTAL		738	96	54	65	215.5	292

Tableau 26: Extension hors ZAC - répartition par DN et pertes thermiques

Le tracé prévisionnel du réseau de chaleur est présenté sur le plan masse suivant.



Figure 32 : Tracé prévisionnel réseau de chaleur

Le tracé bleu correspond au réseau à créer sur le périmètre de la ZAC, nommé tranche 3 sur le plan. Les extensions sont principalement situées au sud-ouest de la ZAC pour raccorder les bâtiments des secteurs « bois de Chatres », « faubourg du bois » et « Danaux ».

L'extension hors ZAC est matérialisée sur le plan par le tracé orange. Elle est composée de deux branches au sud ainsi qu'une branche au nord-est pour raccorder les bâtiments des franges ferroviaires.

Le détail des tronçons est présenté en annexe.

### 2.5.2. Sous stations

Pour chaque scénario, une nouvelle sous station sera implantée en pied d'immeuble afin d'assurer la livraison de chaleur aux abonnés.

Dans le périmètre de la ZAC, chaque sous station sera dédoublée en deux postes de livraison : un pour le chauffage et un pour l'ECS. Chacun de ces postes de livraison possèdera un échangeur à plaques et joints, un compteur d'énergie et une vanne d'équilibrage.

Pour le périmètre « Hors ZAC » une sous station à simple échangeur sera mise en place étant donné que les bâtiments raccordés consomment peu d'ECS (secteur scolaire et tertiaire).

Le tableau ci-dessous synthétise le nombre de sous stations à implanter chaque année sur la période 2021-2029 :

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	TOTAL
ZAC	3	3	4	8	6	1	4	0	5	34
HORS ZAC	0	5	0	0	0	0	4	0	0	9
TOTAL	3	8	4	8	6	1	8	0	5	43

Tableau 27 : sous stations à créer de 2022 à 2030

## 2.5.3. Ressources énergétiques

Il n'existe pas de ressource en énergie fatale industrielle à proximité du réseau de chaleur de Brétigny-sur-Orge. Un projet de data center existe mais est trop éloigné pour envisager un raccordement.

Les besoins énergétiques du réseau sont trop faibles pour envisager de la géothermie profonde dans des conditions techniques et économiques acceptables.

La ressource ENR&R privilégiée pour le développement du réseau sera la biomasse constituée majoritairement de la fraction ligneuse des déchets verts collectés sur l'ECOSITE de VERT LE GRAND.

## 2.6. Analyse économique

## 2.6.1. Situation de référence

La caractérisation des économies potentielles réalisables grâce au réseau de chaleur passe par l'établissement d'une situation de référence reflétant la configuration énergétique actuelle ou future (projets d'aménagement).

Dans la mesure où le réseau de chaleur se substitue totalement à une production de chaleur décentralisée, seule une approche en coût global permet une comparaison représentative.

Les charges composant le coût global sont les suivantes :

- P1 : achat d'énergie : P1
  - o Le prix du gaz naturel utilisé pour l'établissement du poste P1 est de 75 €TTC/MWH et tient compte <u>partiellement</u> des hausses récentes,
  - o Le prix retenu est inférieur aux relevés réalisés sur le site du médiateur de l'énergie qui recense en temps réel les offres gaz des fournisseurs (le tableau suivant détaille les 4 offres les moins chères au 17/01/2022)

2022				
<u>janvier</u>	17/01/2022	ttc/u	abn.ttc	tot.ttc/u
300 mwh.pcs				86.7
EDF   Avantage	Gaz	82.80	261	83.7
TotalEnergies   0	Offre Classique Gaz	83.30	249	84.1
ENI   Evo Eco Ga	nZ .	87.30	273	88.2
ENGIE   Gaz Réfe	érence 3 ans	90.10	233	90.9

- P2: Entretien courant, maintenance: (contrôles annuels récurrents, réglages, ramonage, consommables),
- P3 : gros entretien / renouvellement (grosses réparations)
- **P4 : amortissement, financement** (rénovation de chaudières ou création de chaufferies pour les bâtiments en projet),

Le prix global moyen de la solution de référence s'établit comme suit :

	Étiquettes de coloi 🛪			
poste	1.RACCORDE	2.NON RACCORDE	3.HORS ZAC	Total général
P1 - achat d'énergie	898 070	558 509	144 370	1 600 949
P2 - entretien/maintenance	38 371	30 237	9 012	77 620
P3 - gros entretien	20 670	16 106	4 270	41 046
P4 - amortissement/financement	68 749	64 075	11 694	144 517
TOTAL	1 025 860	668 927	169 346	1 864 133
énergie livrée (mwh)	10 238	6 367	1 587	18 192
€ttc/mwh	100.2	105.1	106.7	102.5

Tableau 28 : Prix de l'énergie de référence



## 2.6.2. Solution réseau de chaleur

Pour chaque scénario étudié, les investissements, les modalités de financement et le compte d'exploitation prévisionnel ont été établis de manière détaillée pour la solution réseau de chaleur.

#### 2.6.2.1. Investissements et financement

Le tableau ci-dessus présente les nouveaux investissements (en k€ HT) en fonction du scénario de desserte.

	ACTUEL	TRANCHE 3	ZAC	EXTENSION	ETENDU
Investissements k€h	t 8 000	2 366	10 366	936	11 302
Process biomasse	1 366		1 366		1 366
Equipements techniques chaufferie	1 493		1 493		1 493
Bâtiment chaufferie silo	1 752		1 752		1 752
Réseau de chaleur	2 661	1 210	3 871	666	4 537
Sous-stations	541	1 156	1 697	270	1 967
Ingénierie	186		186		186
Subventions k€h	t 1 837	700	2 537	250	2 787
taux de financement global	23%	30%	24%	27%	25%
Reste à financer k€t	t 6 163	1 666	7 828	686	8 514
<b>Droits de raccordement</b> sdp (m2	2)	38 040		19 000	
ht/m	2	25		25	
k€l	t	951	951	475	1 426
Reste à financer après DR k€h	t 6 163	715	6 877	211	7 088

Tableau 29: Investissements et financement

Les subventions pour les extensions ont été calculées sur la base des longueurs et diamètres de canalisations à créer et des règles du fonds chaleur en vigueur.

Les taux de subventions totaux des scénarios ZAC et ETENDU sont respectivement de 24 et 25%, valeurs relativement basses au regard de ce que peut observer sur des réseaux analogues (40 à 50%).

Des droits de raccordement ont été appliqués sur les bâtiments neufs sur la base de 25 €HT/m² de surface de plancher.

#### 2.6.2.2. Compte d'exploitation prévisionnel

Le compte d'exploitation prévisionnel récapitule l'ensemble des dépenses annuelles inhérentes au réseau de chaleur. Nous l'exprimerons dans un premier temps en euros hors taxe, puis le prix de l'énergie sera exprimé en euros TTC en appliquant les taux de TVA adaptés.

Les charges ont été déterminées sur la base des hypothèses définies dans le cadre des échanges avec ENGIE en vue de la rédaction d'un avenant au contrat de délégation de service public.

Les simulations de l'avenant 02 sont basées sur des prix valeur avril 2021, avec un prix du gaz de 46,9 €HT/ MWH PCS. Le prix du gaz utilisé dans les calculs suivants a été actualisé à 58 €HT/MWH PCS.

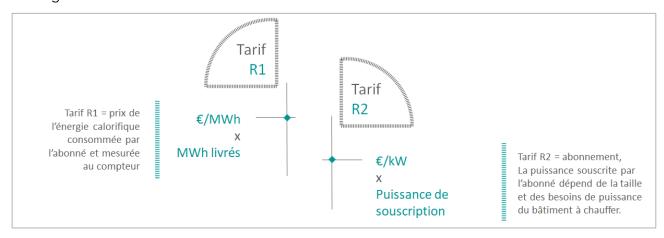
Charges moyennes DSP (k€ht/an)	ZAC	ETENDU	ZAC+5ans	ETENDU+5ans
Charges de R1	479	519	506	552
dont biomasse SEMAVERT	234	244	246	258
dont biomasse PELLETS	124	133	136	147
dont gaz naturel	121	142	123	147
Charges de R2	763	813	749	805
r21 Electricité	44	47	46	49
r22 Entretien / Maintenance / Gestion	325	343	335	355
dont entretien courant, conduite	157	164	162	171
dont services exterieurs	40	42	40	43
dont frais de structure	81	86	84	90
dont impôts et taxes	19	19	20	21
dont redevances à la collectivité	29	31	29	31
r23 Gros entretien / Renouvellement	96	100	113	116
r24 Amortissements / Financement	298	323	255	284
dont amortissements investissements	346	377	296	323
dont amortissements subventions	-85	-93	-72	-72
dont frais financiers	37	40	31	34
TOTAL k€HT/AN	1 243	1 332	1 255	1 356
poids charges r1	39%	39%	40%	41%
poids charges r2	61%	61%	60%	59%

Tableau 30 : Compte d'exploitation prévisionnel



### 2.6.2.3. Produits - prix de l'énergie livrée

L'énergie sera vendue sous la forme d'un tarif binôme :



Grace au recours à la biomasse, les abonnés du réseau bénéficient d'une TVA réduite de 5,5 % sur l'ensemble de leur facture.

Les tarifs unitaires ont été déterminés pour chaque scénario afin d'obtenir un niveau de résultat moyen sur la durée de la DSP de 4%.

Produits moyens DSP	ZAC	ETENDU	ZAC+5ans	ETENDU+5ans
Produits R1	498	536	530	574
poids r1	39%	39%	41%	41%
tarif r1 €ht/m	vh 43.55	43.95	43.55	43.98
Produits R2	792	833	778	821
poids r2	61%	61%	59%	59%
tarif r2 €ht/	w 82.93	81.05	76.86	74.87
sous-total r1+r2	1 290	1 368	1 308	1 395
Droits de raccordement	32	48	27	41
TOTAL	1 321	1 416	1 336	1 435

RESULTAT NET	k€ht/an	51.6	55	52	56
résultat VS chiffre d'affaires		4.00%	4.00%	4.00%	4.00%

Tableau 31 : Produits moyens DSP – Tarifs de vente de chaleur

Ces nouveaux tarifs s'appliqueront à partir l'entrée en vigueur d'un avenant au contrat.

### 2.6.3. Bilan comparatif entre situation de référence et solution réseau

Le prix de l'énergie livrée par le réseau est supérieur à la référence pour chaque scénario dans le tableau suivant en distinguant les bâtiments raccordés des non raccordés :

	PERIMETRE ZAC				PERIMETRE ETENDU		
prix moyen de l'énergie (€ttc/mwh)	tarifs actuels	ZAC	ZAC+5ANS	REFERENCE	ETENDU	ETENDU+5ANS	REFERENCE
1.RACCORDE	116.3	112.6	107.7	100.2	111.5	106.6	100.2
2.NON RACCORDE	118.7	114.5	109.5	105.1	113.4	108.3	105.1
7. EXTENSION SUD					126.6	120.5	107.8
8. FRANGES FERROVIAIRES					122.4	116.6	105.8
	117.2	113.3	108.4	102.1	113.3	108.2	102.5

Figure 33 : Prix de l'énergie livrée comparés par scénario

Sur le périmètre ZAC, le prix de l'énergie livrée :

- Baisse de 3,3% par rapport aux tarifs actuels grâce à l'extension,
- Baisse de 7,5% par rapport aux tarifs actuels en prolongeant la durée de la DSP de 5 ans,
- Est supérieur de 6% à la référence gaz collectif,

L'extension au-delà du périmètre de la ZAC (scénarios ETENDUS) n'a pas d'impact sur le prix de l'énergie livrée.

#### 2.6.3.1. Structure de coûts

Le graphique suivant illustre la décomposition du prix moyen de l'énergie pour le scénario ZAC+5ans. L'achat de gaz naturel représente **86% de la facture totale** dans la solution de référence. L'alternative réseau de chaleur présente une répartition plus équilibrée des charges.

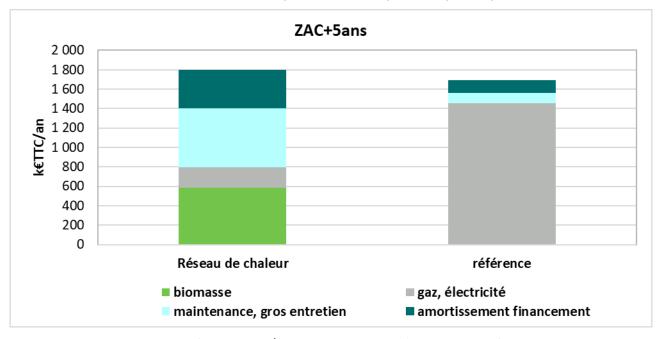


Figure 34 : Structures de coût comparées / scénario ZAC+5ans



#### 2.6.3.2. Projections

Sur la base de la structure de coûts définie précédemment, nous avons réalisé, pour chaque scénario, des simulations d'évolution du prix de l'énergie livrée en appliquant les coefficients d'augmentation annuelle suivants :

- Biomasse: 1.5 %

- Gaz naturel, électricité : 2.5 %

- Entretien, maintenance, renouvellement (P2/P3): 1%,

Nous faisons ainsi l'hypothèse que le prix de la biomasse évolue de façon plus contenue que celui du gaz. Les énergies fossiles étant plus dépendantes de la conjoncture internationale (offre/demande, contexte géopolitique, ...) et de la fiscalité carbone.

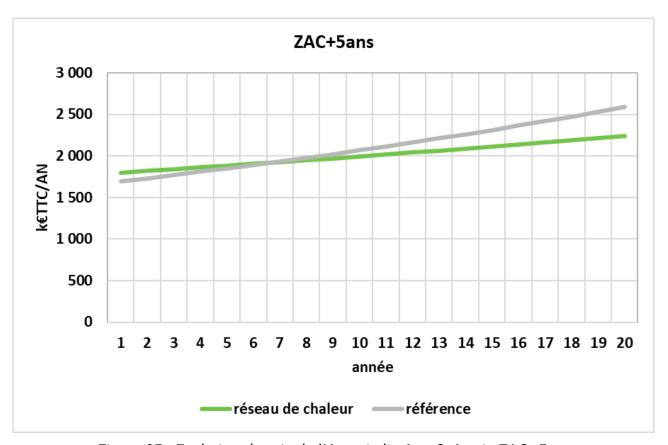


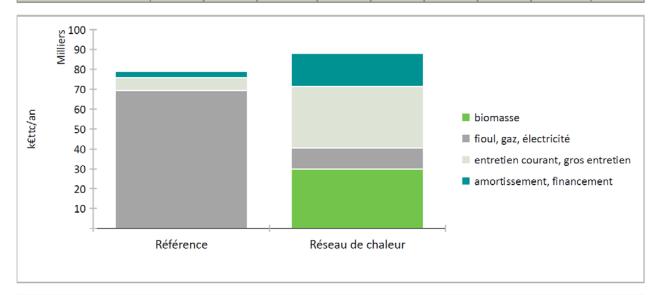
Figure 35 : Evolution du prix de l'énergie livrée – Scénario ZAC+5ans

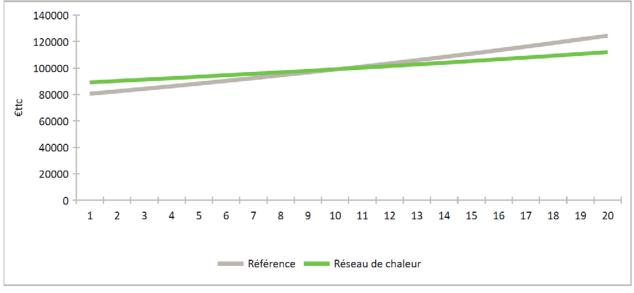
Pour le scénario ZAC+ 5 ans (graphique ci-dessus), le prix de l'énergie livrée par le réseau est supérieur au prix de référence au départ, puis on constate un croisement des courbes en faveur du réseau de chaleur entre la 6° et la 7° année d'exploitation.

#### 2.6.3.3. Bilan des bâtiments de l'extension SUD

Pour cet ensemble de bâtiments, le surcoût initial du réseau de chaleur par rapport à la référence gaz est « rattrapé » au bout de 10 ans sur la base des évolutions annuelles définies précédemment.

EXTENSION SUD									
	Réseau de chaleur						Référence	е	
Bâtiment	R1	R2	TOTAL	ttc/mwh	P1	P2P3	P4	TOTAL	ttc/mwh
GS WALLON	10 208	14 218	24 426	111	21 569	1 605	720	23 894	109
GYMNASE WALLON	1 624	3 949	5 573	159	3 431	603	366	4 400	126
LOGEMENTS WALLON	2 088	3 160	5 247	117	4 412	512	329	5 253	117
GS CLAUSE	9 280	15 798	25 077	125	19 608	1 742	764	22 113	111
35B DANAUX	10 765	17 140	27 905	120	20 351	1 944	947	23 242	100
Total	33 964	54 265	88 229	121	69 370	6 406	3 126	78 902	108





#### 2.6.3.4. Bilan d'un bâtiment existant de la ZAC : SO1B

	Réseau de chaleur biomasse					
	qté	pu.ht	€ht/an	€ttc/an		
Achat d'énergie	633 mwh	43.55	27 567	29 083		
Abonnement	410 kw	76.86	31 513	33 246		
Entretien courant						
Gros entretien						
sous-total				62 329		
Amortissement, financement						
TOTAL	98 €ttc/	mwh	59 080	62 329		

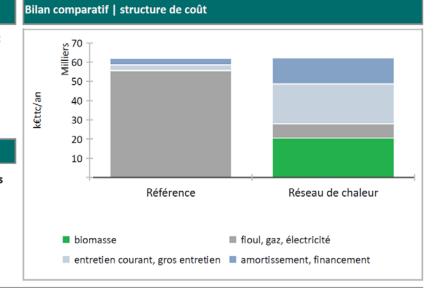
Référence   Gaz naturel						
qté	pu.ht	€ht/an	€ttc/an			
740 mwh.pcs	63	46 272	55 526			
		1 800	1 980			
		900	1 080			
			58 586			
(Investissement : 48 sur 20 ans à 2.0 %)	000 €ht,	2 936	3 523			
98 €ttc/mv	vh	51 907	62 109			

#### Bilan environnemental

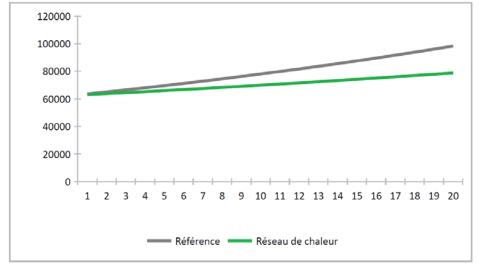
Le raccordement de ce bâtiment permet d'éviter l'émission de 145.5 tonnes de CO2 par an, soit l'équivalent de 97 voitures.

#### Bilan développement local

Sur 20 ans, 458 k€ht seront injectés dans la filière bois énergie locale pour alimenter ce bâtiment



#### Simulation d'évolution sur 20 ans



#### Augmentations annuelles :

biomasse: 1.5% fioul, gaz, électricité: 2.5% entretien, maintenance 1.0%



#### 2.6.3.5. Bilan d'un futur bâtiment de la ZAC : BC71

	Réseau de chaleur biomasse				
	qté	pu.ht	€ht/an	€ttc/an	
Achat d'énergie	372 mwh	43.55	16 201	17 092	
Abonnement	292 kw	76.86	22 443	23 677	
Entretien courant					
Gros entretien					
sous-total				40 769	
Amortissement, financement					
TOTAL	110 €ttc/mwh		38 644	40 769	

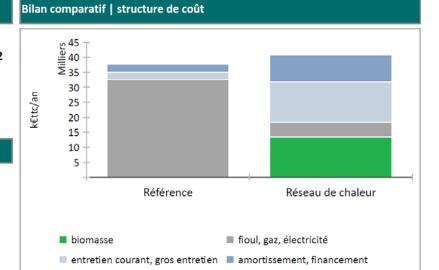
Référence   Gaz naturel						
qté	pu.ht	€ht/an	€ttc/an			
435 mwh.pcs	63	27 193	32 632			
		1 370	1 507			
		690	828			
			34 967			
(Investissement : 38 sur 20 ans à 2.0 %)	750 €ht,	2 370	2 844			
102 €ttc/m	wh	31 623	37 810			

#### Bilan environnemental

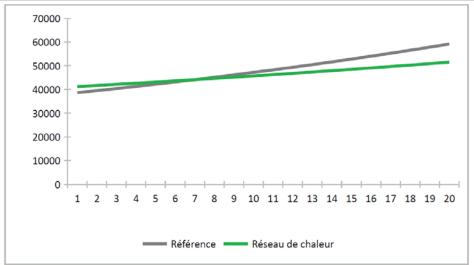
Le raccordement de ce bâtiment permet d'éviter l'émission de 85.5 tonnes de CO2 par an, soit l'équivalent de 57 voitures.

#### Bilan développement local

Sur 20 ans, 299 k€ht seront injectés dans la filière bois énergie locale pour alimenter ce bâtiment



#### Simulation d'évolution sur 20 ans



#### Augmentations annuelles :

biomasse: 1.5% fioul, gaz, électricité: 2.5% entretien, maintenance 1.0%



# 3. Conclusion

D'un point de vue technique, l'extension du réseau de chaleur biomasse de Brétigny-sur-Orge à l'ensemble des bâtiments de la ZAC permettra une meilleure utilisation des outils de production de chaleur, sous-sollicités du fait du décalage important du programme de construction initial. D'une longueur de 4,4 km, le réseau étendu sur toute la ZAC a une densité thermique de 3,8 MWH/mètre, valeur très bonne au regard du seuil minimal de 1,5 MWH/mètre exigé par l'ADEME. Le mix énergétique sera composé à 90 % de biomasse :

- 72% : fraction ligneuse de déchets verts produits par SEMAVERT sur l'ECOSITE de VERT-LE-GRAND (à 15 km de la chaufferie OROBIA),
- 18 % : pellets

Le recours à cette énergie renouvelable locale permet d'éviter l'émission de 2200 tonnes de CO<sub>2</sub> par an en moyenne.

L'extension du réseau au-delà du périmètre de la ZAC, pour alimenter des bâtiments existants au sud et un futur projet d'aménagement à proximité de la gare, permettrait d'augmenter l'énergie livrée d'environ 10 %. Malgré une mixité ENR&R légèrement dégradée (88%), le bilan environnemental global est amélioré, les émissions de CO<sub>2</sub> évitées passant à 2300 tonnes par an. L'outil de production ainsi que les canalisations du réseau de chaleur sont compatibles avec l'augmentation de puissance.

D'un point de vue économique, le raccordement de l'ensemble des bâtiments de la ZAC engendrera une baisse du prix moyen de l'énergie livrée de 3,3% avec 700 k€ de subventions. En prolongeant la DSP de 5 ans, cette baisse passe à 7,5%. Le réseau de chaleur demeure néanmoins légèrement plus onéreux en coût global qu'une solution de référence gaz collectif aujourd'hui, mais sa structure de coût le rend nettement moins sensible aux fluctuations conjoncturelles du prix des énergies fossiles tout en permettant une réinjection importante de flux économiques dans l'économie locale.

L'extension vers des bâtiments hors ZAC n'a pas d'impact sur le prix de l'énergie livrée. Pour les futurs bâtiments à proximité de la gare, le réseau de chaleur sera une opportunité : ressource d'énergie renouvelable leur évitant de créer un autre système de chauffage. Pour les bâtiments existants, le réseau est moins intéressant à court terme mais reste une alternative envisageable notamment si les prix du gaz se maintiennent à des prix élevés. Des attentes pourront être créés en limite de la ZAC pour un raccordement ultérieur.

D'un point de vue contractuel, la mise en œuvre de nouveaux tarifs avec une prolongation de la durée de la DSP nécessitera de signer un avenant avec le délégataire. Des échanges avec ENGIE sont en cours sur le sujet.

# 4. Annexes

# 4.1. Degrés jours unifiés

Les degrés jours unifiés (DJU) constituent un indicateur caractérisant la rigueur climatique d'une période. Il s'agit de valeurs représentatives de l'écart entre la température d'une journée donnée et un seuil de température préétabli.

La prise en compte de la rigueur climatique est prépondérante pour l'analyse des besoins énergétiques de chauffage.

Les DJU sur l'année de chauffe (de janvier à mai et d'octobre à décembre) sont présentés sur le graphique suivant de 2012 à 2020, et sont à comparer aux DJU trentenaires.

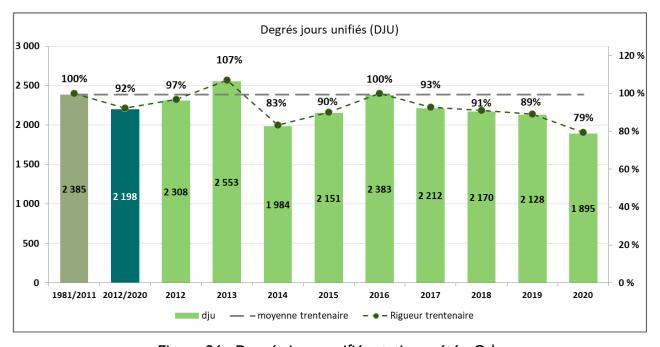


Figure 36 : Degrés jours unifiés station météo Orly

# 4.2. Inventaires des équipements

# 4.2.1. Chaufferie

Fonction	Nom équipement						
Rapports	RAPPORTS						
Aménagement Extérieur	LIGNE DE VIE						
Couverture terrasse	RONDE TERRASSE						
Distribution de chaud	GROUPE MAINTIEN DE PRESSION						
Distribution de chaud	POMPE DE CHARGE CHD PLAQUETTES						
Distribution de chaud	TUYAUTERIE GAZ						
Analyses	FILTRE ARMOIRE BAIE D'ANALYSE						
Production de chaud	CHAUDIERE BOIS 4 MW						
Distribution de chaud	PIÈGE A SON CHAUDIÈRE 1MW						
Distribution de chaud	COMPTEURS D'ÉNERGIES						
Traitement d'air	VMC						
Distribution de chaud	POMPE RÉSEAUX						
Distribution de chaud	COMPTEUR						
Distribution de chaud	FILTRE TAMIS CHAUDIÈRE GAZ						
Distribution de chaud	POMPE DE CHARGE CHD PELLETS						
Production de chaud	BAC NEUTRALISATEUR						
Distribution de chaud	PIÈGE A SON CHAUDIÈRE 4MW						
Analyses	BAIE D'ANALYSE						
Production de chaud	CHAUDIÈRE GAZ						
Traitement d'air	DÉSHUMIDIFICATEUR						
Production de chaud	RONDE TECHNIQUE						
Distribution de chaud	POMPE DE CIRCULATION POT A BOUE						
Distribution de chaud	POMPE DE CHARGE CHD GAZ						
Production de chaud	FILTRE A MANCHE						
Production de chaud	REJETS AQUEUX						
Distribution de chaud	POT A BOUE						
Distribution de froid	POMPE REFROID GLTE CHD 4MW						
Distribution de chaud	COMPTEUR SOUS STATION						
Production de chaud	BRULEUR GAZ						
Production de chaud	CHAUDIERE BOIS 1 MW						
Distribution de chaud	DISCONNECTEURS						
Distribution de chaud	POMPE RÉSEAUX ÉTÉ						
Production de chaud	SILO BOIS						
Production de chaud	ICPE						
Production de chaud	BIG BAG						
Production de chaud	RAMONAGE CHAUDIERES						
Distribution de chaud	FILTRES TAMIS RÉSEAU						

Es a sella a	Name de maior a manda					
Fonction	Nom équipement					
Courant faible	ARMOIRE AUTOMATE 4MW					
Courant Fort	ARMOIRE ÉLECTRIQUE CHAUDIÈRE 1MW					
Courant faible	ARMOIRE AUTOMATE CHAUDIÈRE GAZ					
Courant Fort	FILTRE ARMOIRE CHAUDIÈRE 1MW					
Courant Fort	PARATONNERRE					
Courant Fort	THERMOGRAPHIE OROBIA					
Courant Fort	ARMOIRE ÉLECTRIQUE CHAUDIÈRE 4MW					
Courant Fort	ONDULEUR					
Courant faible	INSTALLATIONS SONORES					
Courant Fort	FILTRE ARMOIRE CHAUDIÈRE 4MW					
Courant Fort	CONFORMITÉ ÉLECTRIQUE					
Courant faible	ARMOIRE AUTOMATE 1MW					
Courant Fort	FILTRE ARMOIRE TGBT					
Eclairage	CONTRÔLE ÉCLAIRAGE CHAUFFERIE					
Courant Fort	ARMOIRE TGBT					
Appareil élevateur	APPAREILS LEVAGE					
Air Comprimé	COMPRESSEUR					
Appareil élevateur	ACCES HAUTEUR					
Voirie Réseau Divers	BAC SÉPARATEUR HYDROCARBURE					
Relevage	POMPE DE RELEVAGE					
Relevage	POMPES DE RELEVAGE PLUVIALE					
Nettoyage	NETTOYAGE PARKING					
Nettoyage	NETTOYAGE BX + VESTIAIRE					
Nettoyage	NETTOYAGE CHAUFFERIE					
EPI	EPI					
Sécurité incendie	DOUCHE DE SÉCURITÉ ET LAVE oeIL					
Détection incendie	DÉTECTION INCENDIE REVISION GENERAL					
Sécurité incendie	DETECTION GAZ					
Sécurité incendie	CENTRALE GAZ					
Sécurité incendie	ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ					
Détection incendie	ALARME SONORE					
Extinction	EXTINCTEURS					
Détection incendie	ALIMENTATION DE SECOURS					
Sécurité incendie	SKYDOM					
Traitement d'eau Chaud	ADOUCISSEUR BWT					
Traitement d'eau Chaud	GROUPE DE DOSAGE					

Tableau 32 : Inventaire équipements chaufferie centrale

# 4.2.2. Sous-stations

Sous station	Fonction	Nom équipement					
B1B	Régulation Chaud	ARMOIRE DE REGULATION UPS 32					
B1B	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 180Kw					
B1B	Distribution de chaud	POMPE SECONDAIRE UPS-32					
B1B	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 60Kw					
B1B	Courant faible	ARMOIRE GTC					
B2A	Régulation Chaud	REGULATION SOFREL					
B2A	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 225Kw					
B2A	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 225Kw					
B2B-ABC	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 140Kw					
B2B-ABC	Distribution de chaud	POMPE SECONDAIRE UPS-32					
B2B-ABC	Régulation Chaud	ARMOIRE DE REGULATION RVL					
B2B-ABC	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 130Kw					
B2B-ABC	Courant faible	ARMOIRE GTC					
B2B-DEF	Régulation Chaud	ARMOIRE DE REGULATION SITHERM					
B2B-DEF	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 240Kw					
B2B-DEF	Distribution de chaud	POMPE SECONDAIRE UPS-32					
B2B-DEF	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 176Kw					
B2B-DEF	Courant faible	ARMOIRE GTC					
ВЗАА	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 200Kw					
ВЗАА	Régulation Chaud	ARMOIRE DE REGULATION RVL					
ВЗАА	Distribution de chaud	POMPE SECONDAIRE UPS-32					
ВЗАА	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 60Kw					
ВЗАА	Courant faible	ARMOIRE GTC					
ВЗАВ	Régulation Chaud	ARMOIRE DE REGULATION RVL					
взав	Distribution de chaud	POMPE SECONDAIRE UPS-32					
взав	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 160 / 125Kw					
взав	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 150Kw					
B3AB	Courant faible	ARMOIRE GTC					
B3B	Distribution de chaud	POMPE SECONDAIRE UPS-32					
ВЗВ	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 218Kw					
ВЗВ	Régulation Chaud	ARMOIRE DE REGULATION UPS 32					
ВЗВ	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 208Kw					
ВЗВ	Courant faible	ARMOIRE GTC					

Sous station	Fonction	Nom équipement					
B4	Distribution de chaud	POMPE SECONDAIRE UPS-32					
B4	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 230Kw					
B4	Régulation Chaud	ARMOIRE DE REGULATION RVL					
B4	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 138Kw					
B4	Courant faible	ARMOIRE GTC					
B5B	Régulation Chaud	REGULATION SOFREL					
B5B	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 440Kw					
B5B	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 150Kw					
BC23	Régulation Chaud	REGULATION SOFREL					
BC23	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 260Kw					
BC23 Production eau chaude		ECHANGEUR ECS P = 140Kw					
SO1A	Distribution de chaud	POMPE SECONDAIRE NEC-1-N-25					
SO1A	Régulation Chaud	ARMOIRE DE REGULATION SITHERM					
SO1A	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 120Kw					
SO1A	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 110Kw					
SO1A	Courant faible	ARMOIRE GTC					
SO1B	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 310Kw					
SO1B	Régulation Chaud	REGULATION SOFREL					
SO1B	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 100Kw					
SO2	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 480Kw					
SO2	Distribution de chaud	POMPE SECONDAIRE UPS-32 / SIRUS 65					
SO2	Régulation Chaud	REGULATION SOFREL					
SO2	Régulation Chaud	ARMOIRE DE REGULATION RVL					
SO2	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 200Kw					
SO3	Régulation Chaud	REGULATION SOFREL					
SO3	Production de chaud	ECHANGEUR CHAUFFAGE P = 440Kw					
SO3	Production eau chaude	ECHANGEUR ECS P = 188Kw					

Tableau 33 : Inventaire équipements sous stations

# 4.3. Energie livrée détaillée par bâtiment

Energie livrée (mwh)	2012	2013	201/	2015	2016	2017	2018	2019	2020	MOY
Lifeigle livice (lifwii)										
☐ 1. Ville de Bretigny	55	178	166	143	213	227	200	261	263	232
B4 - ECOLE AIME CESAIRE	55	178	166	143	213	227	200	207	208	178
MAISON DES SORBIERS								54	55	55
2. Résidentiel collectif	946	3 030	5 078	5 372	5 436	6 814	8 691	8 943	9 921	9 668
B1B - IMMOBILIERE 3F		207	348	346	328	398	399	371	387	368
B2A - CABINET PICHET						131	287	242	262	264
B2B AB - VILOGIA	142	251	192	181	187	154	201	238	263	208
B2B CDEF - VILOGIA	319	523	473	464	394	496	571	552	571	485
B3AA - CENTURY 21 CAPITOLE		219	351	358	287	454	365	349	352	360
B3AB - OSICA		102	658	655	607	641	646	648	636	642
B3B - FONCIA LANGLOIS		358	679	638	666	668	639	623	654	652
B5B - CENTURY 21 CAPITOLE		35	748	750	812	760	772	749	766	765
BC11								183	402	402
BC12 - LFP							152	408	445	427
BC22 - NOVALIS									376	376
BC23 - IMMOBILIERE 3F						455	694	647	658	666
FB11-12 - SERGIC						90	608	568	566	581
FB13 - CENTURY 21 CAPITOLE							216	421	430	426
FB21 - CENTURY 21 CAPITOLE						12	300	301	275	292
FB22 - Résidence ATTALEA									81	81
SO1A - IMMOBILIERE 3F	285	299	377	278	280	291	279	256	268	290
SO1B - CENTURY 21 CAPITOLE			132	475	683	684	665	580	596	614
SO2 - SCI BRETIGNY	200	1 035	1 120	1 226	1 191	1 203	1 171	1 110	1 198	1 051
SO3 - CENTURY 21 CAPITOLE						378	727	697	735	720
Total général	1 001	3 208	5 244	5 515	5 648	7 041	8 892	9 204	10 184	9 900

Tableau 34 : Energie livrée détaillée par sous station

# 4.4. Bilan production/distribution détaillé

		2 012	2 013	2 014	2 015	2 016	2 017	2 018	2 019	2 020	moyenne 16-20
Energie livrée	mwh.th	1001	3 208	5 244	5 515	5 648	7 041	8 892	9 204	10 184	8 194
dont chauffage	mwh.th	764	2 434	3 580	3 708	3 890	4 777	5 936	5 977	6 633	5 443
dont ECS	mwh.th	237	774	1 664	1 807	1 759	2 264	2 956	3 227	3 551	2 751
Pertes réseau	mwh.th	348	861	845	1 089	1 382	1 613	1 687	1 423	1 424	1 506
Rendement réseau		74 %	79 %	86 %	84 %	80 %	81 %	84 %	87 %	88 %	84 %
longueur réseau	ml.			1 500	1 500	1 960	1 960	2 500	2 500	2 500	2 284
densité thermique				3,50	3,68	2,88	3,59	3,56	3,68	4,07	3,59
Energie produite	mwh.th	1 349	4 069	6 089	6 604	7 030	8 655	10 579	10 627	11 608	9 700
Biomasse Plaquettes				43 %	60 %	70 %	75 %	68 %	77 %	74 %	73 %
Energie produite	mwh.th			2 594	3 938	4 911	6 457	7 146	8 134	8 603	7 050
Rendement				73 %	81 %	83 %	83 %	83 %	79 %	87 %	83 %
Energie consommée	mwh.pci			3 554	4 847	5 916	7 791	8 587	10 242	9 880	8 483
	tonnes					1 793	2 361	2 589	2 968	3 029	2 548
Biomasse granulés				16 %							
Energie produite	mwh.th			970							
Rendement				91 %							
Energie consommée	mwh.pci			1 065							
Gaz			19 %	41 %	40 %	30 %	25 %	32 %	23 %	26 %	27 %
Energie produite	mwh.th		777	2 525	2 666	2 119	2 198	3 434	2 493	3 005	2 650
Rendement			93 %	93 %	91 %	88 %	94 %	92 %	90 %	91 %	91 %
Energie consommée	mwh.pci		836	2 709	2 937	2 417	2 339	3 730	2 771	3 320	2 916
	mwh.pcs		929	3 010	3 263	2 686	2 599	4 145	3 079	3 689	3 240
Fioul		100 %	81 %								
Energie produite	mwh.th	1 349	3 292								
Rendement		93 %	89 %								
Energie consommée	mwh.pci	1 448	3 699								
Energie consommée	mwh.th	1 448	4 535	6 263	7 784	8 333	10 130	12 317	13 014	13 200	11 399
Rendement production		93 %	90 %	97 %	85 %	84 %	85 %	86 %	82 %	88 %	85 %
Rendement global (prod + résea	au)	69 %	71 %	84 %	71 %	68 %	70 %	72 %	71 %	77 %	72 %
Consommations électriques	mwh.él				235	345	235	246	260	278	273
% é	nergie livrée	0,0%	0,0%	0,0%	4,3%	6,1%	3,3%	2,8%	2,8%	2,7%	3,3%

Tableau 35 : Bilan énergétique production / distribution

Energie livrée corrigée (mwh)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	MOY
<b>□ 1. Ville de Bretigny</b>	57	168	192	156	213	243	218	290	324	274
<b>B4 - ECOLE AIME CESAIRE</b>	57	168	192	156	213	243	218	229	255	209
MAISON DES SORBIERS								61	69	65
<b>□ 2. Résidentiel collectif</b>	970	2 880	5 775	5 762	5 439	7 170	9 261	9 638	11 533	10 712
B1B - IMMOBILIERE 3F		199	387	366	328	415	421	395	439	393
B2A - CABINET PICHET						139	307	261	304	290
B2B AB - VILOGIA	145	240	216	197	187	162	213	255	298	221
B2B CDEF - VILOGIA	326	499	540	501	394	526	610	595	663	541
B3AA - CENTURY 21 CAPITOLE		208	395	383	288	477	388	375	409	388
B3AB - OSICA		97	763	710	607	680	696	710	763	704
B3B - FONCIA LANGLOIS		339	756	676	666	696	675	666	743	697
B5B - CENTURY 21 CAPITOLE		33	850	803	813	798	821	808	894	827
BC11								196	463	463
BC12 - LFP							165	447	534	491
BC22 - NOVALIS									442	442
BC23 - IMMOBILIERE 3F						482	738	695	762	731
FB11-12 - SERGIC						96	649	611	655	638
FB13 - CENTURY 21 CAPITOLE							230	453	496	474
FB21 - CENTURY 21 CAPITOLE						13	321	323	313	319
FB22 - Résidence ATTALEA									100	100
SO1A - IMMOBILIERE 3F	292	285	437	299	280	306	297	277	312	309
SO1B - CENTURY 21 CAPITOLE			147	503	683	718	704	619	682	652
SO2 - SCI BRETIGNY	206	980	1 284	1 322	1 192	1 271	1 254	1 204	1 409	1 239
SO3 - CENTURY 21 CAPITOLE						393	772	749	852	791
Total général	1 027	3 048	5 967	5 918	5 652	7 413	9 479	9 927	11 856	10 986

Tableau 36 : Energie livrée détaillée par sous station / avec correction climatique



# 4.5. Calcul des pertes réseau théoriques

Périodes de fonc	tionnement   ten	npératures			
période	durée (heures)	Tsol	Tdépart	Tretour	ΔΤ
HIVER	3 600	10.0 °C	90.0 °C	75.0 °C	72.5 °C
MI-SAISON	2 230	11.0 °C	85.0 °C	70.0 °C	66.5 °C
ETE	2 930	12.0 °C	80.0°C	65.0 °C	60.5 °C

# 0 tranches 1&2

	U	longueur		pertes	(mwh)		pertes
DN	(W/ml/°C)	(ml)	hiver	mi-saison	été	total	(kwh/ml/an)
ACIER   Isola	ation 1						
DN 50	0.2054	241	25.8	14.7	17.5	58.1	241
DN 65	0.2410	73	9.2	5.2	6.2	20.6	283
DN 80	0.2484	198	25.7	14.6	17.4	57.7	291
DN 100	0.2599	207	28.1	16.0	19.1	63.1	305
DN 125	0.3002	176	27.6	15.7	18.7	62.0	352
DN 150	0.3557	95	17.6	10.0	12.0	39.6	417
DN 200	0.3887	550	111.6	63.4	75.8	250.8	456
Sous-total		1 540	246	140	167	551.9	358
FIBRE DE VE	RRE						
DN 50	0.2200	3	0.3	0.2	0.2	0.8	258
DN 80	0.2600	130	17.6	10.0	12.0	39.7	305
DN 125	0.3200	228	38.1	21.6	25.9	85.6	375
DN 150	0.3700	191	36.9	21.0	25.1	82.9	434
DN 200	0.4000	383	80.0	45.4	54.3	179.7	469
Sous-total		935	173	98	117	388.6	416
TOTAL		2 475	419	238	284	940.6	380

Tableau 37 : Pertes théoriques réseau existant



# 4.6. Charges détaillées 2012-2020

€НТ	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Combustibles (charges R1)	105 350	301 194	249 227	220 768	196 799	224 417	323 198	285 736	273 289
dont biomasse plaquettes			66 652	93 748	108 193	144 926	156 698	190 754	180 161
dontgaz		35 246	125 000	127 020	909 88	79 491	166 500	94 983	93 127
dont biomasse granulés dont fiqui	105 350	265 948	57 575						
ELECTRICITE FORCE MOTRICE (charges R21)	17 736	52 340	29 900	38 966	31 203	15 095	25 908	32 257	32 874
EXPLOITATION COURANTE (charges R22)	97 306	121 573	234812	136 541	266 368	213 567	216 155	279 436	234 877
Entretien courant, conduite	64 036	53 500	165 059	77 807	176 557	134 747	109 316	133 161	144 950
dont contrat de conduite et maintenance	99 19	20 000	51 192	50 018	81 958	66 259	72 631	989 06	92 207
dont sous-traitance		3 200	3 867	12831	49 513	25 224	13 130	22 171	35 210
dont pièces, fournitures, locations	2376		110 000	14 958	45 086	42 994	23 555	20304	17534
Services exterieurs		14 983	15 657	18 586	47 594	44 447	67 463	94 230	43 365
dont primes d'assurance		14 983	14 961	6878	13 720	13 200	9 202	14 182	15 890
dont divers			969	1518	13 524	2 663	41 573	60 048	17 475
dont CAC, services bancaires				10 190	20 350	28 585	19 185	20 000	10 000
Charges de gestion, frais de structure	11 460	29 608	17 325	11 965	13 000	4 800	13 767	13 195	13 195
dont frais de structure	11460	29 608	7 450	11 965	13 000	3 000	13 195	13 195	13 195
dont charges diverses de gestion courante	0	0	9 8 2 6	0	0	1 800	572		
Impôts et taxes	231	-160	569	0	802	841	631	8 436	8 000
Redevances à la collectivité	21 579	23 642	36 501	28 183	28 412	28 732	24 978	30 414	25 368
dont redevance pour frais de contrôle	21 579	21 910	34 758	26 445	76 664	26 92	23 145	717	23 517
dont Autres (occupation du domaine public)		1 732	1 743	1 739	1 748	1 779	1833	177	1 851
GROS ENTRETIEN RENOUVELLEMENT (charges R23)			55 872	25 568	000 09	75 198	61 726	267 008	109 864
dont dépenses P3 réelles						15 198	57 580	36 054	31 564
dont dotations aux provisions			55 872	55 568	000 09	000 09	4 146	278 809	81 582
dont reprises sur provisions								-47 855	-3 282
AMORTISSEMENT ET FINANCEMENT (charges R24)	6 534	85 924	340 817	2 069 273	147 974	150 877	128 486	170 850	189 165
dont dotations aux amortissements		70 822	309 321	482 185	185 775	157 727	175 359	216 164	221 280
dont quote part subventions		0	0	0	-83 292	-51318	-51 318	-51318	-51 318
dont charges financières	6 534	15 102	31 496	21 091	6 921	5 898	4 445	6 003	19 203
dont dotation pour dépréciation chaudière granulés				1 565 997	38 570	38 570	0	0	0
TOTAL CHARGES (€)	226 926	561 031	910 628	2 521 116	702 344	679 154	755 473	1 035 286	840 069

# 4.7. Besoins énergétiques : détail par bâtiment

TRAN	CHE 3	é	nergie (mwh	1)	kw
		chauffage	ecs	total	KW
2.10	B1A	81	57	138	106
2.11	B2C	103	78	181	142
2.12	B2D - crèche	7	6	13	10
3.05	BC42.L	98	74	172	135
3.06	BC13.L	98	74	172	135
3.07	BC42.A	66	0	66	58
3.08	BC13.A	71	53	124	97
3.09	BC6	134	101	235	185
3.10	BC71	212	160	372	292
3.11	BC31	133	95	228	175
3.12	BC32	109	77	186	143
3.13	BC33 - gymnase	105	75	180	138
3.14	BC72	206	147	353	270
3.15	BC52 - activité	109	77	186	143
4.05	FB31-32	142	107	249	196
4.06	FB41	86	65	151	118
4.07	FB43	156	117	273	215
4.08	FB34	63	45	108	83
4.09	FB51	74	53	127	98
4.10	FB52	89	64	153	117
4.11	FB62	91	65	156	120
4.12	FB71	113	81	194	149
5.01	DA61 - groupe scolaire	150	38	188	207
5.02	DA11	101	73	174	133
5.03	DA12	60	43	103	79
5.04	DA21	70	50	120	92
5.05	DA31	117	84	201	154
5.06	DA41	70	50	120	92
5.07	DA51	80	56	136	104
5.08	DA71	70	50	120	92
5.09	DA81	73	53	126	97
6.01	PA1	105	75	180	138
6.02	PA2	161	115	276	212
6.031	PA31	81	57	138	106
6.032	PA32	133	95	228	175
6.04	PA4	140	100	240	184
TOTA	L	3 758	2 609	6 367	4 990

Tableau 38 : Besoins énergétiques détaillés par bâtiment – Extension ZAC

HORS	ZAC	é	nergie (mwł	1)	kw	
		chauffage	ecs	total	KVV	
7.01	GS WALLON			220	180	
7.02	GYMNASE WALLON			35	50	
7.03	LOGEMENTS WALLON			45	40	
7.04	GS CLAUSE			200	200	
7.05	35B DANAUX			232	217	
8.01	GARE1			90	80	
8.02	GARE2			162	144	
8.03	GARE3			191	170	
8.04	GARE4			412	366	
TOTA	L			1 587	1 447	

Tableau 39 : Besoins énergétiques détaillés par bâtiment – Extension hors ZAC

# 4.8. Détail des tronçons du réseau de chaleur

oran	che 1.0	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	15	230.5	200	1.85	12.2	0.4
2	raccordement branche 1.1	1	2.6	50	0.31	2.1	0.0
3	com	110	229.7 9.0	200	1.84	12.1	2.7
4	raccordement branche 1.2	1 42		65	0.64	6.1	0.0
5	com		223.0	200	1.79	11.5	1.0
6	raccordement branche 1.3	1	6.2	50	0.73	10.7	0.0
7	com	30	218.8	200	1.75	11.0	0.7
8	raccordement branche 1.4	30	11.9	65	0.85	10.4	0.0
9	com	66	209.2	200	1.68	10.1	1.3
10	1.04 SO3	22	27.0	80	1.40	22.3	0.0
11	com	60	185.5	200	1.49	8.0	1.0
12	1.02 SO2	5	29.2	100	0.90	6.9	0.0
13	com	152	159.3	200	1.28	6.0	1.8
14	1.03 SO1B	10	17.6	65	1.26	22.1	0.0
15	com	75	143.7	200	1.15	4.9	0.7
16	1.01 SO1A	10	9.9	50	1.18	26.6	0.0
17	com	50	135.3	150	1.86	17.2	1.7
18	1.05 SO5	55	1.3	50	0.15	0.5	0.0
19	com	45	134.9	150	1.86	17.1	1.5
20	2.04 B1B	10	10.3	50	1.23	28.8	0.0
21	com	31	125.8	125	2.53	39.6	2.5
22	raccordement branche 1.5	1	14.8	100	0.46	1.9	0.0
23	com	47	112.3	125	2.26	31.7	3.0
24	2.02 B2B.AB	5	11.6	65	0.83	9.9	0.0
25	com	46	101.7	125	2.05	26.1	2.4
26	2.03 B2B.CDEF	10	17.9	65	1.28	22.8	0.0
27	raccordement branche 1.6	1	7.5	50	0.90	15.8	0.0
28	com	52	77.5	125	1.56	15.4	0.0
29	2.06 B3B	7	18.3	65	1.31	23.8	0.3
30	com	35	60.0	100	1.85	27.7	0.0
31	2.05 B3AB	10	18.1	65	1.29	23.2	0.5
32	com	25	42.5	100	1.31	14.2	0.0
33	2.07 B3AA	150	11.2	50	1.33	33.6	10.1
34	com	66	31.6	80	1.64	30.4	0.0
35	2.01 GS AIME CESAIRE	10	9.0	65	0.65	6.2	0.1
36	2.08 B5B	50	22.8	80	1.18	16.1	0.0
ous	-total	1 336					31.7
hran	che 1.5   B1A/B2A	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
51 a11 1	com	126	14.8	100	0.46	1.9	0.5
- 2	2.10 B1A	15	5.4	100	0.17	0.3	0.0
3	2.09 B2A	60	9.7	80	0.50	3.1	0.4
	-total	201					0.9
			2.0	1.			
	che 1.6   B2D/B2C	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
l ,	com	1	7.5	50	0.90	15.8	0.0
2	2.12 B2D - crèche	1	0.4	50	0.04	-0.1	
3	2.11 B2C	1	7.3	50	0.86	14.7	0.0
ous	-total	3					0.1



## tranche 2

bran	che 2.1	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	85	244.6	200	1.98	11.5	1.9
2	raccordement branche 2.2	1	77.0	125	1.54	12.2	0.0
3	com	115	177.2	200	1.44	6.3	1.4
4	3.03 BC11	25	9.5	80	0.50	2.8	
5	com	41	170.5	200	1.38	5.9	0.5
6	raccordement branche 2.11	1	9.5	80	0.50	2.8	
7	com	75	163.5	200	1.33	5.4	0.8
8	4.01 FB11-12	20	15.8	80	0.83	7.1	
9	com	35	150.4	200	1.22	4.6	0.3
10	raccordement branche 2.12	1	7.1	50	0.89	13.5	
11	com	32	145.3	200	1.18	4.4	0.3
12	raccordement branche 3.1	1	101.6	150	1.42	8.5	
13	com	65	49.3	125	0.99	5.4	0.7
14	4.03 FB13	18	16.1	80	0.85	7.4	
15	com	81	34.2	125	0.68	2.7	0.4
16	4.02 FB21	15	9.5	80	0.50	2.8	
17	com	53	25.2	125	0.50	1.5	0.2
18	4.04 FB22	18	10.9	80	0.57	3.6	
19	com	28	14.7	125	0.29	0.4	0.0
20	raccordement branche 3.3	1	14.9	80	0.79	6.4	
sous	-total	711					6.6

bran	che 2.2	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	31	78.3	150	1.10	5.3	0.3
2	raccordement branche 2.21	1	7.3	50	0.92	14.4	
3	com	10	71.9	150	1.01	4.5	0.1
4	3.02 BC12	10	20.7	80	1.09	11.6	
5	com	32	52.5	150	0.73	2.5	0.2
6	raccordement branche 2.22	1	12.0	80	0.64	4.3	
7	com	35	41.2	150	0.58	1.5	0.1
8	raccordement branche 2.23	1	1.4	50	0.17	0.7	
9	com	27	40.2	150	0.56	1.5	0.1
10	3.04 BC22	10	9.5	80	0.50	2.8	
11	com	20	31.1	150	0.44	0.8	0.0
12	3.01 BC23	10	17.2	80	0.91	8.3	
13	com	35	14.3	150	0.20	0.0	0.0
14	raccordement branche 3.2	1	14.4	80	0.76	6.0	
sous	-total	224					0.8

TOTAL tranche 2	935	244.6		7.4
-----------------	-----	-------	--	-----

3	tranche 3						
hran	che 1.1   BC42A	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
	3.07 BC42.A	25	2.6	50	0.32	2.2	0.0
sous	-total	25					0.0
			- 11			,	
	che 1.2   BC72	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
	3.14 BC72	27	9.0	80	0.47	2.5	0.0
sous.	-total	27					0.0
bran	che 1.3   BC42L	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	3.05 BC42.L	30	6.2	80	0.33	1.2	0.0
sous	-total	30					0.0
bran	che 1.4   BC71	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
	3.10 BC71	30	11.9	80	0.63	4.2	0.0
sous	-total	30					0.0
	-b - 2.44   DA4		2 /I:	1	t-		
	<b>che 2.11   PA4</b> 6.04 PA4	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
		10 10	9.5	80	0.50	2.8	
ous.	-total	10					
	che 2.12   PA1	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
L	6.01 PA1	10	7.1	50	0.89	13.5	
sous	-total	10					
oran	che 2.21   BC52	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
	3.15 BC52 - activité	25	7.3	50	0.92	14.4	
ous	-total	25			<u>'</u>		
bran	che 2.22   BC13	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	3.BC13 A+L	10	12.0	80	0.64	4.3	
sous	-total	10					
bran	che 2.23   BC6	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
	3.09 BC6	25	1.4	50	0.17	0.7	
sous	total	25					
hran	che 3.1	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	10	101.6	150	1.42	8.5	0.2
2	6.02 PA2	10	10.9	80	0.57	3.6	
3	com	40	92.8	150	1.30	7.2	0.6
1	4.05 FB31-32	20	9.2	80	0.49	2.6	
5	com	60	85.4	125	1.71	14.8	1.8
5	raccordement branche 3.11	1	24.2	80	1.28	15.5	
7	com	85	63.8	125	1.28	8.6	1.5
		03					
	4.08 FB34	17	4.3	50	0.54	5.4	
3	4.08 FB34 com				0.54 1.21	5.4 7.8	0.6
3		17	4.3	50			0.6
3 ) 10	com	17 37	4.3 60.5	50 125	1.21	7.8	0.6
3 ) 10 11	com 4.11 FB62	17 37 38 25 1	4.3 60.5 6.1 55.3 15.3	50 125 50	1.21 0.77 1.11 0.81	7.8 10.4 6.6 6.7	
3 0 10 11 12	com 4.11 FB62 com raccordement branche 3.12 com	17 37 38 25 1 115	4.3 60.5 6.1 55.3 15.3 41.2	50 125 50 125 80 100	1.21 0.77 1.11 0.81 1.32	7.8 10.4 6.6 6.7 12.1	
3 ) 10 11 12 13	com 4.11 FB62 com raccordement branche 3.12 com raccordement branche 3.13	17 37 38 25 1 115	4.3 60.5 6.1 55.3 15.3 41.2	50 125 50 125 80 100 80	1.21 0.77 1.11 0.81 1.32 0.81	7.8 10.4 6.6 6.7 12.1 6.7	0.3
3 10 11 12 13 14	com 4.11 FB62 com raccordement branche 3.12 com raccordement branche 3.13 com	17 37 38 25 1 115 1	4.3 60.5 6.1 55.3 15.3 41.2 15.4 26.8	50 125 50 125 80 100 80	1.21 0.77 1.11 0.81 1.32 0.81 1.41	7.8 10.4 6.6 6.7 12.1 6.7 18.6	0.3
10 11 12 13 14	com 4.11 FB62 com raccordement branche 3.12 com raccordement branche 3.13 com 5.05 DA31	17 37 38 25 1 115 1 17	4.3 60.5 6.1 55.3 15.3 41.2 15.4 26.8 7.9	50 125 50 125 80 100 80 80 50	1.21 0.77 1.11 0.81 1.32 0.81 1.41	7.8 10.4 6.6 6.7 12.1 6.7 18.6 16.6	0.3 2.8 0.6
3 9 10 11 12 13 14 15 16	com 4.11 FB62 com raccordement branche 3.12 com raccordement branche 3.13 com 5.05 DA31 com	17 37 38 25 1 115 1 17 1 91	4.3 60.5 6.1 55.3 15.3 41.2 15.4 26.8 7.9	50 125 50 125 80 100 80 80 50	1.21 0.77 1.11 0.81 1.32 0.81 1.41 1.00	7.8 10.4 6.6 6.7 12.1 6.7 18.6 16.6	0.3
3 10 11 11 12 13 14 15 16	com 4.11 FB62 com raccordement branche 3.12 com raccordement branche 3.13 com 5.05 DA31 com raccordement branche 3.14	17 37 38 25 1 115 1 17 1 91	4.3 60.5 6.1 55.3 15.3 41.2 15.4 26.8 7.9 19.3 10.0	50 125 50 125 80 100 80 80 50 80	1.21 0.77 1.11 0.81 1.32 0.81 1.41 1.00 1.02	7.8 10.4 6.6 6.7 12.1 6.7 18.6 16.6 10.2	0.3 2.8 0.6
3 3 10 11 12 13 14 15 16 17 18	com 4.11 FB62 com raccordement branche 3.12 com raccordement branche 3.13 com 5.05 DA31 com raccordement branche 3.14 com	17 37 38 25 1 115 1 17 1 91 1 105	4.3 60.5 6.1 55.3 15.3 41.2 15.4 26.8 7.9 19.3 10.0 9.6	50 125 50 125 80 100 80 80 50 80 80	1.21 0.77 1.11 0.81 1.32 0.81 1.41 1.00 1.02 0.53 0.51	7.8 10.4 6.6 6.7 12.1 6.7 18.6 16.6 10.2 3.1 2.9	0.3 2.8 0.6
10 111 112 113 114 115 116 117 118 119	com 4.11 FB62 com raccordement branche 3.12 com raccordement branche 3.13 com 5.05 DA31 com raccordement branche 3.14	17 37 38 25 1 115 1 17 1 91	4.3 60.5 6.1 55.3 15.3 41.2 15.4 26.8 7.9 19.3 10.0	50 125 50 125 80 100 80 80 50 80	1.21 0.77 1.11 0.81 1.32 0.81 1.41 1.00 1.02	7.8 10.4 6.6 6.7 12.1 6.7 18.6 16.6 10.2	0.3 2.8 0.6



3	tranche 3						
brar	nche 3.11	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	18	24.2	80	1.28	15.5	
2	6.032 PA32	45	9.0	80	0.47	2.5	
3	com	75	15.9	80	0.84	7.2	
4	4.10 FB52	15	6.0	50	0.76	10.1	
5	com	31	10.3	80	0.54	3.3	
6	6.031 PA31	15	5.4	50	0.68	8.3	
7	4.09 FB51	25	5.0	50	0.63	7.2	
sous	-total	224					
brar	nche 3.12   FB41/FB43	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	40	15.3	80	0.81	6.7	
2	4.06 FB41	10	5.5	50	0.70	8.6	
3	4.07 FB43	10	10.1	80	0.53	3.1	
sous	-total	60					
brar	nche 3.13   FB71/DA61	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	70	15.4	80	0.81	6.7	
2	5.01 DA61 - groupe scolaire	15	10.9	80	0.58	3.6	
3	5.08 DA71	25	4.7	50	0.60	6.5	
sous	-total	110			·		
brar	nche 3.14   DA41/DA51	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	35	10.0	80	0.53	3.1	0.2
2	5.06 DA41	10	4.7	50	0.60	6.5	0.0
3	5.07 DA51	10	5.3	50	0.67	8.1	0.2
sous	-total	55					0.4
brar	nche 3.2   BC 31/32/33	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	60	14.4	80	0.76	6.0	
2	3.11 BC31	10	5.2	50	0.66	7.7	
3	com	22	9.7	80	0.51	2.9	
4	3.12 BC32	10	6.6	50	0.83	11.9	
5	3.13 BC33 - gymnase	115	3.3	50	0.42	3.4	
sous	-total	217					
brar	nche 3.3   DA 11/12/21	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	105	14.9	80	0.79	6.4	1.3
2	5.02 DA11	10	6.9	50	0.86	12.7	0.0
3	com	115	8.6	80	0.45	2.3	0.5
4	5.03 DA12	17	4.1	50	0.51	5.0	0.0
5	5.04 DA21	14	4.7	50	0.60	6.5	0.2
sous	s-total	261					2.1

1916

101.6



TOTAL tranche 3

14.8

_							
5	hors zac						
brar	nche 4.1   gare	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	95	26.7	80	1.41	18.6	3.5
2	raccordement branche 4.11	1	20.5	80	1.08	11.4	0.0
3	com	24	7.5	50	0.94	15.0	0.7
4	8.02 GARE2	12	4.9	50	0.62	7.0	0.0
5	8.01 GARE1	48	2.8	50	0.35	2.5	0.2
sous	s-total	180					4.5
brar	nche 4.11   gare2	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	33	20.5	80	1.08	11.4	0.8
2	8.04 GARE4	12	15.7	80	0.83	7.0	0.0
3	8.03 GARE3	75	5.8	50	0.74	9.5	1.4
sous	s-total	120					2.2
brar	nche 4.2   sud1	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	com	85	20.4	80	1.08	11.3	1.9
2	7.02 GYMNASE WALLON	18	1.9	50	0.24	1.3	0.0
3	com	16	18.9	80	1.00	9.8	0.3
4	7.03 LOGEMENTS WALLON	10	2.1	50	0.27	1.6	0.0
5	com	81	17.1	80	0.91	8.2	1.3
6	7.01 GS WALLON	20	11.0	80	0.58	3.7	0.0
7	7.04 GS CLAUSE	18	6.4	50	0.81	11.4	0.4
sous	s-total	248					4.0
brar	nche 4.3   sud2	mètres	m3/h	dn	m/s	mm/m	mce
1	7.05 35B DANAUX	190	9.3	80	0.49	2.7	0.0
	·	190					

26.7

10.6

738



TOTAL hors zac