BETEM
CFERM

MISSION D'ASSISTANCE A MAITRISE D'OUVRAGE

REALISATION DU SCHEMA DIRECTEUR DU RESEAU DE CHALEUR DU SIOM DE LA VALLEE DE CHEVREUSE

Rapport final

CX/17.0783.04.4/RP/20180274B

Septembre 2018

1, RUE DE TURBIGO 75001 PARIS - TEL : 01 43 96 74 52

SOMMAIRE

ABSTRACT.....5

1. PRÉAMBULE.....6

2. PARTIE 1 – DIAGNOSTIC DU RESEAU 7

2.1. CONTEXTE.....7
2.2. HISTORIQUE ET FAITS MARQUANTS.....8
2.3. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU RESEAU.....9
2.3.1. Liste des abonnés.....9
2.3.2. Plan du réseau.....10
2.4. ANALYSE DU CONTEXTE CONTRACTUEL.....10
2.4.1. Les différents avenants au contrat de DSP.....10
2.4.2. La convention quadripartite avec Les Ulis.....11
2.5. AUDIT ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL.....12
2.5.1. Énergie thermique vendue.....12
2.5.2. Énergie produite.....14
2.5.3. Contenu CO2 du réseau.....15
2.6. GRILLE D'INDICATEURS DE PERFORMANCE DU RESEAU.....16
2.7. AUDIT TECHNIQUE.....19
2.7.1. Réseau de distribution.....19
2.7.2. Les sous-stations.....20
2.8. AUDIT ECONOMIQUE ET FINANCIER.....23
2.8.1. Tarification.....23
2.8.2. Évolution des prix unitaires.....24
2.8.3. Évolution de la facturation sur les dernières saisons.....25
2.8.4. Fonds de renouvellement – P3.....26
2.9. SYNTHESE.....27

3. PARTIE 2 – ÉTAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR À PROXIMITÉ.....28

3.1. RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS À PROXIMITÉ DU RÉSEAU.....28
3.1.1. LES ULIS.....29
3.1.2. SIMACUR (MASSY-ANTONY).....31
3.1.3. ÉTABLISSEMENT PUBLIC PARIS-SACLAY (EPAPS).....33

3.2. SOURCES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE RÉCUPÉRATION À PROXIMITÉ DU RÉSEAU....34
3.2.1. Géothermie....34
3.2.2. Solaire thermique....36
3.2.3. Combustion de la biomasse....37
3.2.4. Production de biogaz....38
3.2.5. Récupération de chaleur sur data-center....38
3.2.6. Stockage thermique....39
3.3. SYNTHESE....44
4. PARTIE 3 – ÉVOLUTION ET DÉVELOPPEMENTS ENVISAGÉS DU RÉSEAU....45
4.1. ÉVOLUTION DES BESOINS DU RÉSEAU DE CHALEUR....45
4.1.1. Évolution sur les bâtiments raccordés....45
4.1.2. Évolution sur la Ville des Ulis....45
4.2. PROJETS URBAINS ET IMMOBILIERS PROGRAMMÉS....46
4.2.1. Villejust....46
4.2.2. Villebon-sur-Yvette....47
4.2.3. Les Ulis....47
4.3. DÉVELOPPEMENTS ENVISAGEABLES SUR LES BÂTIMENTS EXISTANTS....48
4.3.1. Méthodologie de l'enquête....48
4.3.2. Courtabœuf 1....50
4.3.3. Courtabœuf 2....51
4.3.4. Secteur Sud Avenue des Tropiques (Courtabœuf 4 et 5)....52
4.4. FAISABILITÉ TECHNIQUE DES EXTENSIONS....53
4.4.1. Parc Mosaïc....53
4.4.2. Secteur Sud Avenue des Tropiques....54
4.5. PRÉSENTATION DES SCÉNARIOS RETENUS....55
4.5.1. Scénario 1 : Extensions Mosaïc et Ottobock....55
4.5.2. Scénario 2 : Extensions et Stockage....55
4.6. ÉTUDE D'IMPACT ÉNERGÉTIQUE DES SCÉNARIOS....56
4.6.1. Scénario de référence....56
4.6.2. Scénario 1 (Extensions Mosaïc et Ottobock)....58
4.6.3. Scénario 2....59
4.7. SYNTHESE DE LA PARTIE 3....60

5. PARTIE 4 – ÉVOLUTION ET INTÉGRATION CONTRACTUELLE.....62
5.1. INTÉGRATION CONTRACTUELLE.....62
5.2. CLASSEMENT DU RÉSEAU DE CHALEUR.....63
6. PARTIE 5 – ANALYSE ÉCONOMIQUE, ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE...64
6.1. SCENARIO 1 (EXTENSIONS).....64
6.1.1. Bilan des investissements.....64
6.1.2. Impact financier pour les abonnés.....66
6.1.3. Pistes de financement du scénario 1.....67
6.2. SCENARIO 2 (EXTENSIONS + STOCKAGE D'ÉNERGIE).....69
6.2.1. Dimensionnement technico-économique du stockage.....69
6.2.2. Bilan des investissements.....72
6.2.3. Impact financier pour les abonnés.....73
6.2.4. Pistes de financement du scénario 2.....74
6.3. ANALYSE ENVIRONNEMENTALE.....76
6.4. ANALYSE SOCIALE.....76
7. PARTIE 6 – SYNTHÈSE ET PLAN D'ACTION.....77
7.1. SYNTHÈSE.....77
7.2. PLAN D'ACTION.....79

ABSTRACT

CFERM a été missionné par le SIOM pour réaliser une étude de schéma directeur afin d'identifier des pistes d'évolution de son réseau de chaleur permettant d'améliorer la valorisation de la chaleur de son UVE. Suite à un travail d'identification exhaustif et à une enquête prospective sur la zone d'activités de Courtabœuf, deux scénarios d'évolution se dégagent : la réalisation simple d'extensions du réseau permettant de raccorder jusqu'à 18 nouveaux bâtiments ou couplée à la mise en place d'une cuve de stockage. Les deux scénarios envisagés, qui nécessitent un investissement total respectif de 1 871 k€.HT et 2 741 k€.HT après déduction des subventions de l'ADEME permettent d'augmenter la production de l'UVE respectivement de 2,5 GWh (2,6%) et 5,6 GWh (6,6%). En plus d'une meilleure valorisation de la chaleur de l'UVE et de l'innovation que représente la mise en place d'un stockage thermique, le scénario 2 permet de limiter l'impact sur la fourniture de chaleur des Ulis (- 5,1 % contre - 8,75 % pour le scénario 1). Il permet également une meilleure rentabilité économique pour le SIOM. Toutefois, le stockage étant une technologie encore peu développée en France, il est probable que les résultats économiques ne soient pas immédiats, le temps de la prise en main et de la maîtrise du dispositif.

1. PRÉAMBULE

Le Syndicat mixte d'ordures ménagères (SIOM) de la Vallée de Chevreuse, dans une démarche prospective d'optimisation de la valorisation de la chaleur de son Unité de Valorisation Energétique (UVE) et de développement de son réseau de chaleur, a missionné *CFERM* pour réaliser une étude de schéma directeur conforme au cahier des charges de l'ADEME, co-édité par l'association AMORCE sous la référence RCP24.

Le but de cette étude est de proposer, dans les meilleurs délais, différents scénarios possibles d'évolution du réseau de chaleur ainsi que les plans d'actions associés qui intégreront les évolutions des demandes énergétiques et assureront un équilibre et une performance économique pour chacun des partenaires (notamment en termes de maîtrise des charges pour l'usager final).

Dans un premier temps, l'objet de ce rapport est de réaliser un descriptif précis et factuel du réseau de chaleur et de l'évolution de ses principales caractéristiques dans le temps. Ce diagnostic technique, énergétique, administratif et économique servira à établir une base commune pour l'ensemble des acteurs du réseau de chaleur : maîtres d'ouvrage, entreprises, et usagers.

Dans un deuxième temps, l'objet de ce rapport est de réaliser une description des évolutions possibles et envisageables sur le périmètre du réseau de chaleur ou à proximité, tant en termes de production qu'en termes de consommation de chaleur. Les sources d'énergies renouvelables et de récupération disponibles à proximité ainsi que la mise en place de stockage thermique sont étudiés. Il comporte également une analyse de l'évolution de la consommation des abonnés existants, des développements programmés ainsi que des opérations urbaines spécifiques (OIN, ZAC, ANRU, etc.) ou diffuses, complétée d'une enquête prospective des bâtiments existants non raccordés au réseau.

Enfin, dans un troisième temps, des scénarios d'évolution du réseau sur le plan des équipements de production d'énergie et de la desserte du réseau sont envisagés, et ce jusqu'à l'horizon 2030. Ils constituent la synthèse des études réalisées et permettront au SIOM d'appréhender des pistes d'évolution du réseau et de définir les futures actions à mener au regard de la pertinence des différents scénarios étudiés.

2. PARTIE 1 – DIAGNOSTIC DU RESEAU

2.1. CONTEXTE

Le SIOM de la Vallée de Chevreuse est propriétaire des installations (réseaux et moyen de production) des réseaux de chaleur de Courtabœuf, de Villejust et de la liaison à la chaufferie de la Ville des Ulis, réseaux datant de 1984 (date de pose du premier tronçon) pour le réseau Courtabœuf (incluant la liaison avec les Ulis) et de 1992 pour le réseau de Villejust. L'exploitation de l'UVE est confiée à la société Généris, filiale de Véolia. Dans le cadre d'une Délégation de Service Public de forme concessive mise en place le 1er janvier 2011, pour une durée de 25 ans, le SIOM a confié l'exploitation du réseau à la société Dalkia.

A ce titre, la société Dalkia est chargée des services de transport et de distribution de la chaleur aux abonnés, dans les conditions techniques et financières décrites dans le contrat de Délégation. Hormis les travaux de premier établissement, dont la société SVD 28 avait la charge, Dalkia est responsable de la construction, du financement, de l'exploitation et du renouvellement de nouvelles installations de distribution pour développer et augmenter la capacité de transport du réseau existant. La promotion du réseau auprès des gestionnaires de bâtiments potentiellement raccordables ainsi que la veille réglementaire pour la mise en conformité avec la norme ISO 14001 sont également à la charge de Dalkia.

Les réseaux de chaleur de Courtabœuf et Villejust alimentent 18 abonnés, exclusivement des bâtiments privés de bureaux et de restauration, et surtout Enerlis, la chaufferie des Ulis, qui représente 85 % des ventes du SIOM. Cette liaison avec le réseau de chaleur des Ulis, renforcée en 2013 avec la mise en place d'un 3ème tube, résulte d'une volonté de maximiser l'export de chaleur vers la ville.

2.2. HISTORIQUE ET FAITS MARQUANTS

- 1972 : construction du four n°1 de l'UIOM du SIOM ;
- 1984 :
  - construction du four n°2 de l'UIOM avec récupération de chaleur,
  - construction du réseau Haute Température (eau surchauffée à 180°C) de Courtabœuf (dont la liaison avec les Ulis) en caniveau sur une longueur de près de 4 km,
  - construction de l'antenne en Basse Température en fonte pré-isolée sur près d'1 km desservant BT01 et BT02 à partir de HT06 ;
- 1991 : construction du réseau Basse Température (moins de 120°C) de Villejust en acier pré-isolé enterré sur une longueur d'environ 1,2 km ;
- 2009 : obtention de la certification ISO 14001 pour l'UIOM, le SIOM projette alors d'équiper le four n°1 d'une chaudière de récupération de chaleur pour augmenter la valorisation énergétique ce qui nécessite une adaptation des installations du réseau de chaleur ;
- 2011 :
  - mise en place de la DSP actuelle,
  - début des travaux de la sous-station HT11 ;
- 2012 :
  - début des travaux de renforcement de la liaison avec les Ulis (3ème tube),
  - début des travaux de la GTC réseau ;
- 2013 :
  - réalisation des travaux d'amélioration de la performance énergétique sur le four n°1 impliquant un arrêt de l'UIOM qui devient alors UVE,
  - réception des travaux de la sous-station HT11 et de la GTC,
  - mise en service du 3ème tube,
  - le réseau de chaleur intègre le périmètre ISO 14001 du SIOM ;
- 2014 : renforcement des pompes HT08 pour augmenter l'export du SIOM vers la chaufferie Enerlis ;

2.3. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU RESEAU

CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU DE CHALEUR DU SIOM		
GENERALITES		
Autorité Délégante	SIOM Vallée de Chevreuse	
Délégataire	Groupement conjoint Dalkia France - SVD 28	
Échéance de la DSP	31 décembre 2035	
Exercice comptable	Année civile	
PRODUCTION	**Puissance installée :**	**21,5 MW**
		(hors secours Enerlis)
1 UIOM (SIOM)		**Puissance**
- SST HT08	Quartier Courtaboeuf	19 MW
- SST HT09	Quartier Villejust	2,5 MW
1 chaufferie de secours (ENERLIS, hors périmètre DSP)		**Puissance**
- 1 cogénération		11 MW th
- 1 chaudière biomasse		10 MW
- 1 chaudière gaz (G2)		54 MW
- 2 chaudières gaz/FOD (G1 et G3)		36 MW
DISTRIBUTION	**Longueur totale de tranchée :**	**6,8 km**
- Réseau Courtaboeuf : HT (180°C), caniveau		5 130 ml
- Réseau haute température en caniveau		*4 145 ml*
- Réseau basse température en caniveau (départ sous-station HTBT06)		*985 ml*
- Réseau Villejust : BT (109°C max), pré-isolé enterré		1 670 ml
LIVRAISON	**Nombre de postes de livraison :**	**19**
- Puissance souscrite au 31/12/2016 :		12 030 UFF
- Nombre de postes de livraison :		19
- Réseau Courtaboeuf		*9 (dont 1 export vers Enerlis)*
- Réseau Villejust		*10*

2.3.1. Liste des abonnés

Au 31 décembre 2017, le réseau de chaleur du SIOM de la Vallée de Chevreuse desservait 19 points de livraison, répartis sur les villes de Villejust, Villebon-sur-Yvette et Les Ulis pour un total de 12 030 UFF. La liste complète des abonnés est disponible en annexe n°1. Les abonnés principaux sont la Ville de Ulis ainsi que deux sites industriels : Technim et Bruneau.

2.3.2. Plan du réseau

Le plan du réseau est disponible en annexe 2. Les tronçons principaux du réseau HT de Courtabœuf ont des Diamètre Nominaux (DN) qui s'étendent du DN100 au DN200, l'extension BT étant en DN160. Les tronçons principaux du réseau BT de Villejust ont des Diamètre Nominaux (DN) qui s'étendent du DN200 au DN125.

2.4. ANALYSE DU CONTEXTE CONTRACTUEL

2.4.1. Les différents avenants au contrat de DSP

Le contrat de Délégation de Service Public a été signé le 24 décembre 2010 et les avenants suivants sont venus le compléter :

Avenant n°1 : signé le 02 mai 2013, il a quatre objets :

- l'ajournement des travaux de renforcement de la sous-station HT06 suite à la rétractation de la société SILIC dans le développement du réseau BT de Courtabœuf,
- l'actualisation des tarifs de base en prenant en compte cet ajournement du renforcement de la sous-station HT06 dans le terme r2.4, le montant de la subvention ADEME réellement obtenue dans le terme $r2.4_{ULIS}$ et l'actualisation du nombre d'abonnés,
- l'accord du SIOM sur les modalités de financement obtenues par SVD 28 pour les ouvrages de premier établissement, et leurs conséquences juridiques et financières,
- la prise en compte du nouvel indice électricité dans les formules de révision des termes $r1_{UIOM}$ et r2.1.

Avenant n°2 : signé le 26 mai 2014, il a deux objets :

- la prise en compte de l'évolution de l'indice électricité et de sa valeur de référence dans les formules de révision des termes $r1_{UIOM}$ et r2.1,
- la prise en compte du nouvel indice CPF24 (produits métallurgiques) et de sa valeur de référence dans la formule de révision du terme $r1_{UIOM}$.

Avenant n°3 : signé le 14 novembre 2014, il a deux objets :

- la modification du calcul des acomptes r1 en cas d'arrêt prolongé de fourniture de chaleur par l'usine d'incinération,
- l'intégration, dans la convention de service public, des travaux de remplacement des pompes du circuit primaire haute température réalisés par le SIOM.

Avenant n°4 : signé le 8 décembre 2015, il a un objet :

- le ré-étalonnement des UFF par abonné suite à l'évolution des consommations par rapport aux consommations de référence,

2.4.2. La convention quadripartite avec Les Ulis

Le SIOM et la Ville des Ulis ont conclu le 31 janvier 1985 un contrat par lequel ont été définies les modalités techniques et financières de la fourniture de la chaleur provenant de l'usine d'incinération de Villejust au délégataire du service public de chauffage urbain de la Ville.

Par cette convention, la Ville et son délégataire s'obligeaient à utiliser le maximum de la chaleur mise à disposition par le Syndicat.

Un avenant quadripartite en date du 30 avril 1992 a prévu, inversement, la possibilité d'une exportation de chaleur par l'exploitant du réseau de chaleur des Ulis vers le réseau du Syndicat.

Dans une nouvelle convention conclue le 9 mars 2010, les parties ont réaffirmé leurs engagements des conventions de 1985 et 1992 et défini les conditions techniques et financières de la fourniture de chaleur entre les futurs exploitants de leurs délégations de service public à partir du 1 juillet 2013.

Cette convention prenait en compte les projets d'investissement du SIOM permettant de valoriser une plus grande partie des déchets incinérés dans son usine d'incinération, ainsi que des projets d'augmentation de la capacité du réseau reliant l'usine d'incinération du SIOM à la chaufferie de la Ville des Ulis.

Un premier avenant a transformé la convention précédente en convention quadripartite avec les exploitants des réseaux de chaleur du SIOM et de la Villes des Ulis. L'échéance de la convention a été fixée à la même date que celles des contrats de délégations de service public, le 31 décembre 2035. L'engagement de fourniture de chaleur a également été modifié de 50 000 MWh à 70 000 MWh.

Un second avenant en date du 24 janvier 2014 a principalement eu pour objet de réviser le montant du $r2.4_{ULIS}$ et de prendre en compte l'évolution des indices de révision électricité et CPF24.

En résumé, les parties sont aujourd'hui engagées sur les points essentiels suivant :

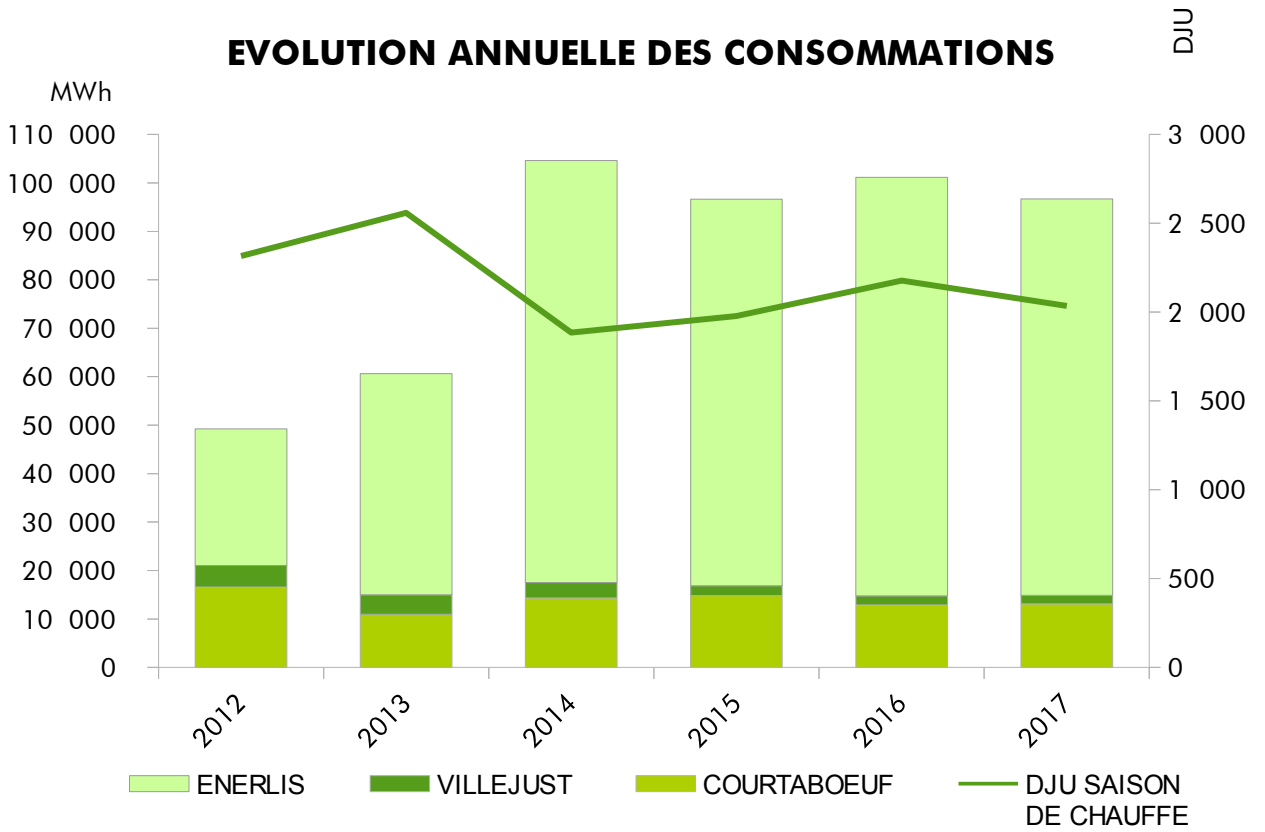
- Le SIOM et son délégataire sont engagés à fournir un minimum de 70 000 MWh par an à La Ville des Ulis, par l'intermédiaire de son délégataire, qui est engagée à consommer cette chaleur issue du SIOM. En cas d'absence d'atteinte du minimum de fourniture ou d'enlèvement, des pénalités sont prévues si l'écart avec la cible est supérieur à 10 000 MWh ;
- Le prix de la chaleur vendue par le SIOM à la Ville des Ulis est calculé à partir d'un tarif de base $r1_{0\ ULIS}$ = 29,00 € HT / MWh révisé d'un indice E calculé à partir des indices ICHT-IME, FSD2, E et CPF24 ;
- La Ville et son délégataire sont engagés à assurer le secours du réseau du SIOM, si cela ne se fait pas au détriment des abonnés du réseau de la Ville.

2.5. AUDIT ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

2.5.1. Énergie thermique vendue

Le tableau ainsi que le graphe suivant présentent l'évolution de l'énergie vendue ainsi que les DJU depuis 2012 :

COMPARAISON DES CONSOMMATIONS ANNUELLES					
ANNÉE	CONSOMMATIONS				ÉCART N-1
	COURTABOEUF	VILLEJUST	ENERLIS	TOTAL	
	MWh	*MWh*	*MWh*	*MWh*	*%*
2012	16 577	4 457	28 161	**49 195**	-
2013	10 969	4 002	45 681	**60 652**	23,3%
2014	14 327	3 196	87 107	**104 630**	72,5%
2015	14 793	2 040	79 799	**96 632**	-7,6%
2016	12 875	1 888	86 406	**101 169**	4,7%
2017	13 096	1 798	81 810	**96 704**	-4,4%

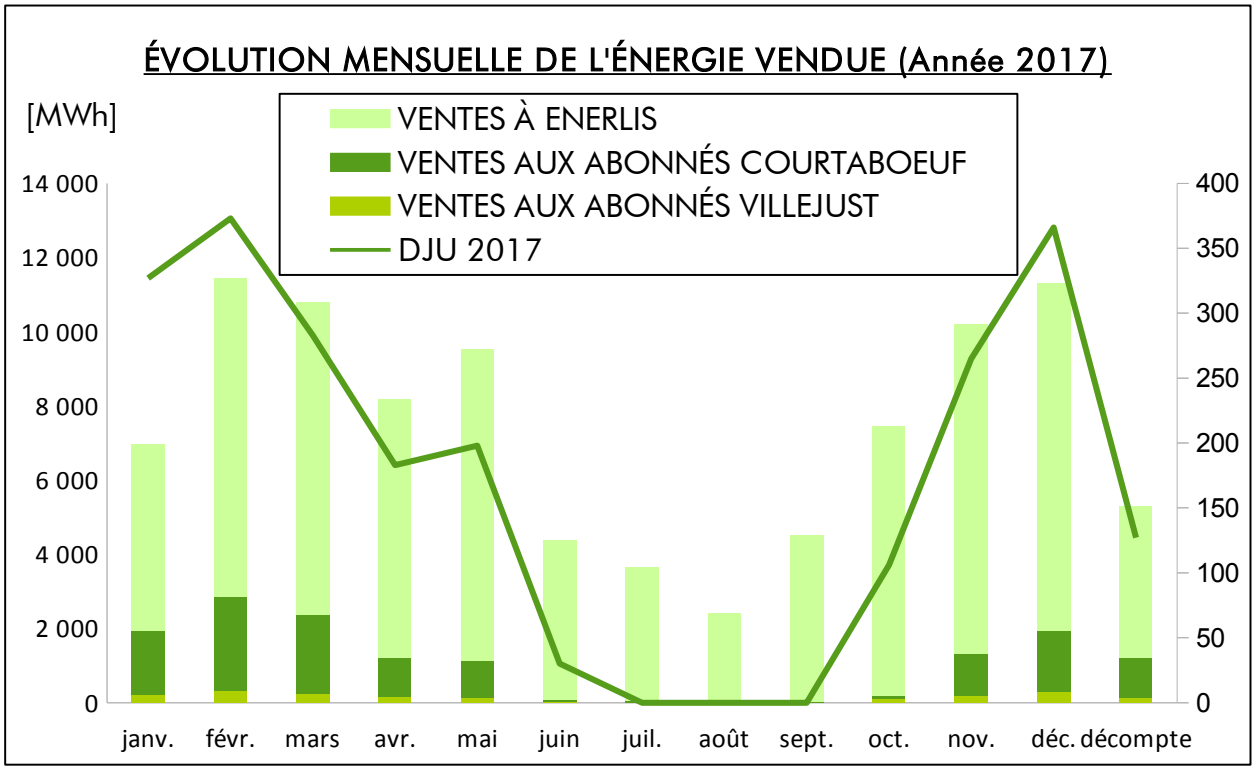


On observe bien la conséquence de la mise en service du 3ème tube en novembre 2013 avec une première augmentation cette année là puis une quantité d'énergie vendue en 2014 triplée par rapport à 2012. Depuis cette mise en service, la quantité de chaleur livrée minimum a été de 96 000 MWh/an, et a atteint exceptionnellement 104 000 MWh en 2014.

Malgré une rigueur climatique particulièrement faible, l'année 2014 aura été une année exceptionnelle en termes de ventes du fait des travaux en chaufferie Enerlis pour l'installation d'une cogénération et l'absence de biomasse qui a été mise en service en 2016. Mis à part la baisse entre 2014 et 2015, on observe une corrélation entre les ventes d'énergie à Enerlis et la rigueur climatique, impactant directement les ventes globales.

Depuis 2013 et la mise en service du 3ème tube, on constate également que les ventes de chaleur à Enerlis ont été au minimum de 79,8 GWh, représentant au minimum 82% des ventes totales. Les ventes de chaleur ont fortement diminué depuis 2012 sur le réseau de Villejust du fait de la cessation d'activité de deux consommateurs parmi les trois plus importants en 2012 et 2013. Sur le réseau de Courtaboeuf, hors Enerlis, les ventes ont été relativement stables depuis 2014.

Le graphique suivant présente l'évolution des ventes mensuelles en 2017 et des DJU.



On observe qu'en période estivale, les seules ventes de chaleur sont pour Enerlis qui a des besoins en ECS pour les abonnés de la Ville des Ulis, et la blanchisserie (HT10) dont les consommations sont trop faibles pour être visibles sur ce graphique.

2.5.2. Énergie produite

Le tableau suivant présente l'évolution de l'énergie produite sur le réseau sur les 6 dernières années.

COMPARAISON DES CONSOMMATIONS ANNUELLES					
ANNÉE	**UIOM SIOM**	**ENERLIS**	**ÉNERGIE SECOURS FOD**	**TOTAL**	**ÉCART N-1**
	MWh	*MWh*	*MWh*	*MWh PCS*	*%*
2012	56 841	0	0	**56 841**	#REF !
2013	64 738	2 194	795	**67 727**	19,2%
2014	115 641	0	0	**115 641**	70,7%
2015	106 859	0	0	**106 859**	-7,6%
2016	112 149	0	0	**112 149**	5,0%
2017	101 694	0	0	**101 694**	-9,3%

Depuis 2010, le réseau de chaleur du SIOM n'a jamais eu besoin de secours de la part d'Enerlis sauf en 2013 lors de l'arrêt de l'UVE pour réaliser les travaux sur le four d'incinération en février et mars.

En l'absence d'incidents majeurs sur l'UVE du SIOM, la chaleur issue de l'UVE est la seule énergie utilisée sur le réseau du SIOM. A noter que les arrêts techniques de l'UVE entraînant une interruption partielle ou totale de fourniture ont lieu en été soit en dehors de la saison de chauffe. En l'absence de distribution d'eau chaude sanitaire (ECS) sur le réseau, il n'est donc pas nécessaire de faire appel à des moyens de production en secours de l'UVE pendant ces arrêts techniques. Par ailleurs, l'inertie du réseau permet de fournir de la chaleur pour l'ECS sur le réseau Enerlis pendant quelques heures pendant l'arrêt des communs de l'UVE. Les autres arrêts techniques du SIOM concernent généralement un four sur deux, ce qui est suffisant pour les besoins sur le réseau Enerlis.

2.5.3. Contenu CO_2 du réseau

Le contenu CO_2 d'un réseau de chaleur est une donnée utilisée dans le cadre du Diagnostic de Performance Énergétique. L'arrêté du 15 avril 2018 modifiant l'arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France précise en annexe 7 le contenu CO_2 des réseaux de chaleur et de froid. Le contenu CO_2 du réseau de chaleur du SIOM est renseigné à 0 gCO_2/kWh,car la fourniture de chaleur est assurée à 100% par l'UVE.

BONIFICATION DU CEPmax	
Réseau de chaleur au contenu CO2 inférieur à 50 g/kWh	+30%
Réseau de chaleur au contenu CO2 compris entre 50 et 100 g/kWh	+20%
Réseau de chaleur au contenu CO2 compris entre 100 et 150 g/kWh	+10%

Le contenu CO_2 du réseau de chaleur est un indicateur important car il peut donner droit à des bonus pour le calcul des consommations d'énergies primaire des constructions neuves respectant la RT 2012 conformément au tableau suivant :
S'agissant d'un raccordement d'un bâtiment neuf au réseau du SIOM, la bonification est donc de 30 %.

2.6. GRILLE D'INDICATEURS DE PERFORMANCE DU RESEAU

L'Institut de la Gestion Déléguée a mis en place en 2009 plusieurs indicateurs de performance d'un réseau de chaleur donné en poursuivant un triple objectif :

- mesurer les performances énergétiques et environnementales des réseaux ;
- faciliter la compréhension des factures (coût des énergies, maintenance, renouvellement...) ;
- informer encore mieux les usagers, les clients et les autorités publiques.

Le tableau suivant présente les indicateurs majeurs de performance du réseau de chaleur du SIOM de la Vallée de Chevreuse, à partir des données transmises par le Délégataire :

GRILLE D'INDICATEURS DE PERFORMANCE DE L'IGD

1 – Assurer les besoins des abonnés en chaleur, eau chaude sanitaire et en froid

Indicateur		Valeur (Courtabœuf + Villejust)	Valeur (avec Export Enerlis)	Commentaires
1.1	Taux d'appel de puissance	40%	98%	21,5 MW de puissance maximale de production (131,5 MW avec le secours des Ulis) pour un appel maximal de 21,95 MW à -8,5 °C soit 21,1 MW à -7°C
1.2	Durée d'utilisation équivalente à pleine puissance	693 h	4 498 h	14 894 MWh livrés aux abonnés Villejust + Courtaboeuf 81810 MWh livrés à Enerlis
1.4	Densité énergétique du réseau de chaleur	2,22 MWh/ml	14,43 MWh/ml	

Le taux d'appel de puissance permet habituellement d'étudier la capacité de production installée sur le réseau, y compris les secours, pour répondre aux besoins des abonnés. Une valeur autour de 50-60 % est donc généralement attendue pour l'ensemble des moyens de production prévu afin d'avoir une puissance en secours suffisante.
Dans le cas du réseau du SIOM, hors export Enerlis, la puissance installée de l'UVE est largement supérieure aux besoins des abonnés. Le taux d'appel de puissance maximal, sans prendre en compte le secours Enerlis, est donc de 43 %. Ce taux relativement faible par rapport à d'autres réseaux indique donc qu'il y a une réserve de puissance pour le raccordement de nouveaux abonnés mais ne témoigne pas d'une assurance de fourniture de chaleur puisque la source est unique. Ceci étant, le secours assuré par Enerlis est lui aussi largement suffisant puisqu'il est dimensionné pour l'ensemble formé par les réseaux des Ulis et du SIOM.
En prenant en compte l'export Enerlis, le taux d'appel de puissance atteint alors régulièrement 100% puisque l'UVE du SIOM fournit la base de production de chaleur pour le réseau des Ulis. Cette valeur semble élevée, mais correspond en réalité à l'objectif du SIOM qui cherche le plus souvent possible à atteindre 100% afin de valoriser au maximum sa chaleur.

L'indicateur 1.4 de l'IGD normalement intitulé « Puissance souscrite au km » est utilisé pour évaluer la densité du réseau. Dans le cas du SIOM, la souscription se fait en UFF qui dépend de la consommation et non en kW. Nous avons donc adapté cet indicateur en calculant la densité énergétique du réseau. Elle est relativement faible, 2,22 MWh/ml pour le réseau du SIOM hors export Enerlis, mais très élevée en prenant en compte l'export Enerlis (14,43 Mwh/ml).

2 – Préserver durablement le cadre de vie et le milieu naturel et assurer la sécurité

Indicateur majeur		Valeur	Commentaires
2.1	Bouquet énergétique Émissions de CO_2	UIOM : 100 % 0,00 kg CO_2/kWh	Données 2017.
2.2	Facteur de ressource primaire Consommations d'eau sur le réseau	0,00 2,66 m^3/GWh livré	Calculé à partir des données 2017. Donnée Dalkia 2017.
2.3	Coût des sinistres	0,00 €	Donnée Dalkia 2017.

La production de chaleur du réseau du SIOM étant à partir de l'UVE, il s'agit de chaleur fatale considérée comme faisant partie des énergies renouvelables et de récupérations. Les indicateurs qui concernent le développement durable sont donc très bons. L'année 2017 a vu une baisse des fuites qui se traduit par une baisse de la consommation d'eau qui atteint une valeur très faible de 2,66 m^3/GWh livré.

3 – Assurer la pérennité de la fourniture de chaleur, d'eau chaude sanitaire et de froid

Indicateur majeur		Valeur	Commentaires
3.1	Renouvellement des installations	3,82%	Donnée Dalkia 2017.

4 – Satisfaire les attentes de service des abonnés et usagers

Indicateur majeur		Valeur (Courtabœuf + Villejust)	Valeur (avec Export Enerlis)	Commentaires
4.1	Prix moyen du MWh	56,67 €.TTC/MWh	43,33 €.TTC/MWh	Données 2017. Chiffre d'affaires (hors Enerlis) : 844 265,12 € Chiffre d'affaires total : 4 190 198,42 € MWh vendus(hors Enerlis) : 14 897 MWh MWh vendus totaux : 96 704 MWh Prix inférieur de 16,5 % à la moyenne nationale 2016, 36,2 % en comptant l'export Enerlis.
4.2	Enquête de qualité et de satisfaction	Non		
4.3	Réunions avec les représentants des usagers	0		
4.4	Actions et initiatives engagées par l'opérateur à l'attention des abonnés	Non		

Le taux de renouvellement des installations, rapport entre les dépenses de gros entretien renouvellement et le chiffre d'affaire R2 sur une année, apparaît très faible par comparaison avec d'autres réseaux ou ce taux peut atteindre environ 20 %. Cela s'explique en partie par l'absence de chaufferie dans les biens de la délégation, et donc de dépenses de renouvellement associées. Une analyse plus détaillée du renouvellement des installations est présentée au paragraphe 2.8.4.

Le réseau de chaleur du SIOM se situe dans la première moitié de la 2ème classe des réseaux de chaleur (classification AMORCE, qui correspond à un prix de vente moyen compris entre -30 % et -10 % par rapport à la moyenne nationale). Le prix est inférieur d'environ 16 % à la moyenne nationale de 2016, et inférieur d'environ 17 % à la moyenne des réseaux alimentée majoritairement par la chaleur fatale (dont UIOM).
Le réseau de chaleur du SIOM est donc situé aux alentours de la 80ème place sur 469 des prix des réseaux, ce qui montre une bonne compétitivité des prix pratiqués pour les abonnés.
En tenant compte de l'export de chaleur vers Enerlis, le prix diminue fortement car la tarification Enerlis est différente des autres abonnés avec un tarif r1 légèrement supérieur aux autres abonnés et un tarif r2 beaucoup plus faible.

5 – Gérer la facturation du service dans le respect des obligations de service public

	Indicateur majeur	Valeur	Commentaires
5.1	Demandes d'explication des factures	Non	
	Taux d'avoirs	0%	

6 – Organiser des relations de qualité entre l'autorité organisatrice, les citoyens et l'opérateur

	Indicateur majeur	Valeur	Commentaires
6.1	Information des citoyens	Non	

Du fait de la typologie particulière des abonnés du SIOM qui sont tous des entreprises, le délégataire entreprend très peu d'actions à l'attention des abonnés. Des réunions sont tenues régulièrement avec l'autorité délégante, le SIOM, dont la CCSPL à laquelle participe des associations locales mais il n'existe pas de représentant des usagers avec lequel Dalkia échange. Toutefois, le SIOM réalise régulièrement des actions auprès des citoyens concernant l'incinération des déchets et le tri, dont notamment une journée portes ouvertes. Depuis 2017, Dalkia a été intégré à cette journée et procède à une visite des sous-stations jumelles HT08 et 09. Cette journée accueille environ 3000 visiteurs par an dont 400 visitent l'UVE et les sous-stations. Par ailleurs, Dalkia, délégataire du réseau de chaleur des Ulis, réalise des portes ouvertes tous les ans de sa chaufferie Enerlis.

Aucun problème de facturation erronée n'est à signaler ces dernières années pour le réseau du SIOM.

2.7. AUDIT TECHNIQUE

2.7.1. Réseau de distribution

Le réseau de distribution est constitué de deux tronçons principaux en haute pression (HP) et haute température en caniveau, l'un desservant Enerlis, l'autre les sous-stations du réseau Courtabœuf directement ou via la sous-station HP/BP et le réseau BP, et d'un tronçon BP desservant les sous-stations du réseau Villejust. Les tronçons haute pression représentent environ 61 % de la longueur totale du réseau.

Le tableau suivant présente l'évolution du rendement du réseau depuis 2014.

COMPARAISON DU RENDEMENT DE DISTRIBUTION

ANNEE	PERTES RÉSEAU							
	COURTABOEUF		VILLEJUST		TOTAL		ÉCART N-1	
	%	*MWh*	*%*	*MWh*	*%*	*MWh*	*Point %*	*% MWh*
2014	90,8%	10 318	82,2%	693	**90,5%**	**11 011**	-	-
2015	90,8%	9 635	77,5%	592	**90,4%**	**10 227**	-0,1 pt	-7,1%
2016	90,4%	10 495	79,5%	485	**90,2%**	**10 980**	-0,2 pt	7,4%
2017	95,4%	4 535	79,8%	455	**95,1%**	**4 990**	4,7 pt	-51,2%

Le rendement de distribution a fortement progressé en 2017, avec 95,1 % (soit - 5 990 MWh de pertes) à comparer à une moyenne de 90 % généralement observé pour un réseau haute pression/haute température. A noter également que le rendement de distribution du réseau Villejust est inférieur à celui de Courtabœuf (79,8 % contre 95,4%). Les éléments pouvant influer sur les rendements sont les suivants :

- La densité énergétique du réseau : plus la densité énergétique d'un réseau est importante, plus la part des pertes thermiques par rapport à la quantité de chaleur valorisée est faible : la densité énergétique du réseau Courtaboeuf, qui intègre la fourniture de chaleur à Enerlis, est bien supérieure à celle du réseau Villejust ;
- la surface d'échange des conduites (fonction de la longueur du réseau et du diamètre nominal de la conduite (DN) avec le sol : plus le DN et la longueur du réseau sont importants, plus les pertes thermiques sont importantes. Le réseau Courtabœuf étant environ trois fois plus long que celui de Villejust, avec un DN moyen plus élevé que sur le réseau Villejust ainsi que des portions en tri-tubes, la surface globale d'échange du réseau Courtabœuf est nettement supérieure à celle du réseau Villejust ;
- l'écart de température entre le fluide circulant dans les conduites et la température du sol : plus l'écart est important, plus les pertes thermiques sont importantes. Le réseau Courtabœuf étant principalement en haute température, et le réseau Villejust en basse température, l'impact de la température sur les pertes thermiques est plus important sur le réseau Courtabœuf que sur le réseau Villejust ;
- le fonctionnement du réseau en été : le réseau Courtabœuf fonctionne en été, ce qui n'est pas le cas du réseau Villejust : cela entraîne des pertes thermiques supplémentaires.

Une étude plus approfondie du réseau, qui sort du cadre du schéma directeur, permettrait de préciser les raisons de l'écart entre les deux réseaux.

2.7.2. Les sous-stations

Parmi les 23 sous-stations du réseau de chaleur, 20 ont été visitées par un agent technique de *CFERM* accompagné d'un employé de Dalkia.

La liste des sous-stations compris dans le périmètre de la DSP est présentée comme suit :

COURTABOEUF	VILLEJUST
Sous-station d'échange HT 08 – Courtaboeuf HT	**Sous-station d'échange HT/BT 09 – Villejust BT**
Sous-station HT 01 – Vente Enerlis (pompes uniquement dans la centrale des Ulis)	Sous-station S/ST01 – Yolle
Sous-station HT 02 – Castorama	Sous-station S/ST02 – Mazak
Sous-station HT 03 – Solbin (Segro)	Sous-station S/ST03 – Techni Imprimerie (Roclim)
Sous-station HT 04 – Indimo (Technim)	Sous-station S/ST04 – Maison des services
Sous-station HT 05 – Sofrastock (Coca Cola)	Sous-station S/ST05 – Comelli : site fermé et non chauffé
Sous-station HT 07 – Apple (DB Tucano)	Sous-station S/ST06 – ASP Regroupe (anciennement Etlem)
Sous-station HT 10 – Hyges (Blanchisserie)	Sous-station S/ST07 – SOITEC (Picogiga) : site fermé et non chauffé
SST d'échange HT/BT 06 – Courtaboeuf BT	Sous-station S/ST08 – SDMS
Sous-station BT 01 – Bruneau	Sous-station S/ST09 – Bâtiment A
Sous-station BT 02 – Restaurant l'Entreprise (ex Scolarest), site fermé et non chauffé	Sous-station S/ST10 – Bâtiment B
SST d'échange HT 11 – Échangeurs séparatifs entre le réseau des Ulis et le SIOM	

Les sites surlignés en jaune n'ont pas pu être visités en raison de travaux ou de la fermeture des bâtiments. Les bâtiments fermés ne sont plus occupés et l'alimentation en chaleur a été interrompue. Suite aux visites, un rapport de visite est remis au SIOM. La synthèse de ce rapport est reprise ci-après ; on pourra se reporter au rapport pour plus de détails.

De manière générale, les sous-stations du réseau de chaleur du SIOM présentent un état satisfaisant d'entretien. Les équipements de production, de régulation et de comptage sont fonctionnels. Le cahier d'entretien est régulièrement renseigné ce qui facilite le suivi des installations.

COURTABOEUF	NOTE (/5)	Etat Général – Commentaires
Sous-station d'échange HT 08 – Courtaboeuf HT	**4,5**	**Sous-station en très bon état, équipements bien entretenus.**
Sous-station HT 01 – Vente Enerlis (pompes uniquement dans la centrale des Ulis)	4	Sous-station en bon état.
Sous-station HT 02 – Castorama	5	Sous-station neuve (2017).
Sous-station HT 03 – Solbin (Segro)	3,5	Sous-station en état correct, présence de rouille (vannes et bride échangeur), calorifuge manquant (calandre, vannes).
Sous-station HT 04 – Indimo (Technim)	4,2	Sous-station en bon état, absence d'éclairage et calorifuge manquant (calandre)
Sous-station HT 05 – Sofrastock (Coca Cola)	4	Sous-station en bon état, présence de rouille (calandre), calorifuge manquant (calandre).
Sous-station HT 07 – Apple (DB Tucano)	3,8	Sous-station en bon état, présence de rouille (calandre), calorifuge manquant (calandre), porte cassée, sous-station accessible à tous.
Sous-station HT 10 – Hyges (Blanchisserie)	4	Sous-station en bon état, présence de rouille (corps de vannes), absence de barre anti-panique.
SST d'échange HT/BT 06 – Courtaboeuf BT	4	Sous-station en bon état, rénovée en 2017. Absence de calorifuge sur échangeur, problème de décharge sauvage devant la sous-station.
Sous-station BT 01 – Bruneau	3,5	Sous-station en état correct, absence de calorifuge sur échangeur, petite fuite sur vanne, traces de rouille, petit local et faible ventilation par rapport aux puissances dissipées.
Sous-station BT 02 – Restaurant l'Entreprise (ex Scolarest),		Site fermé et non chauffé.
SST d'échange HT 11 – Échangeurs séparatifs entre le réseau des Ulis et le SIOM	4,8	Sous-station récente (2013), en excellent état.
MOYENNE	4,1	

VILLEJUST	NOTE (/5)	Etat Général – Commentaires
Sous-station d'échange HT/BT 09 – Villejust BT	**4,5**	**Sous-station en très bon état, équipements bien entretenus.**
Sous-station S/ST01 – Yolle	3,8	Sous-station en bon état, présence de rouille sur échangeur, échangeur non calorifugé, absence de ventilation.
Sous-station S/ST02 – Mazak	4,2	Sous-station en bon état, local encombré (délégataire non responsable), ventilation encrassée.
Sous-station S/ST03 – Techni Imprimerie (Roclim)	4	Sous-station en bon état, calorifuge manquant (échangeur et vannes), absence d'éclairage.
Sous-station S/ST04 – Maison des services	3,6	Sous-station en état correct, présence de rouille (échangeur, socle, purgeur), calorifuge manquant (échangeur et conduite), absence de ventilation.
Sous-station S/ST05 – Comelli		site fermé et non chauffé
Sous-station S/ST06 – ASP Regroupe (anciennement Etlem)	4	Sous-station en bon état, fuites sur vannes, calorifuge manquant (échangeur et conduite).
Sous-station S/ST07 – SOITEC (Picogiga)		site fermé et non chauffé
Sous-station S/ST08 – SDMS	4,6	Sous-station en très bon état, rénovée récemment, calorifuge de l'échangeur de faible qualité.
Sous-station S/ST09 – Bâtiment A	3,3	Sous-station en état correct, présence de rouille (échangeur, socle), traces de fuites au sol, calorifuge manquant (échangeur), calorifuge vieillissant
Sous-station S/ST10 – Bâtiment B	3,3	Sous-station en état correct, présence de rouille (échangeur, socle), traces de fuites au sol, calorifuge manquant (échangeur), calorifuge vieillissant
MOYENNE	3,9	

Remarque : la nomenclature utilisée pour caractériser l'état d'un matériel est la suivante :

- 1 = médiocre : l'élément ne remplit plus sa fonction principale,
- 2 = moyen : l'élément ne remplit plus correctement sa fonction,
- 3 = usage : l'élément remplit sa fonction mais présente des signes de dégradation laissant prévoir une défaillance à court terme,
- 4 = bon : l'élément remplit sa fonction mais présente certains signes de dégradation sans conséquences à court terme,
- 5 = neuf : l'élément est neuf ou en parfait état.

Un peu moins de la moitié des sous-stations visitées étaient dépourvues de calorifuge sur les échangeurs. La majorité des sous-stations concernées sont celles du réseau BT de Villejust, et les sous-stations du réseau de Courtabœuf BT 01 – Bruneau et HT/BT 06. Concernant ces deux sous-stations, l'exploitant nous a précisé lors de la visite que la pose de matelas de calorifugeage était prévue en 2018. Près de la moitié des sous-stations présentent des traces de corrosion ou d'entartrage sur un ou plusieurs de leurs équipements. Il est préconisé de traiter rapidement ces anomalies afin de garantir le bon fonctionnement et la pérennité des installations.

Concernant la conformité des lieux, des écarts ont été observées tels que l'absence de ventilation haute (35 %) ou basse (15 %), l'absence totale d'éclairage en sous-station (10 %), l'absence d'une barre anti-panique (35 %) et l'absence d'un disconnecteur (20 %). Sur ces différents points de conformité, on ne constate aucune évolution par rapport à l'année dernière. Les non-conformités relatives au local sont à la charge du propriétaire des locaux, tandis que celles relatives aux réseaux secondaires sont à la charge, soit du propriétaire du bâtiment (si aucun contrat d'entretien n'existe) soit à la charge de l'exploitant du secondaire.

2.8. AUDIT ECONOMIQUE ET FINANCIER

2.8.1. Tarification

Le tarif de vente de l'énergie calorifique est fixé par le Contrat de Délégation de Service Public signé le 1er janvier 2011 et ses avenants.

Le tarif unique appliqué à tous les usagers est un tarif binôme. Il comporte :

- un terme **r1**, représentant le coût des combustibles et qui définit la part proportionnelle à la consommation de chaleur de l'abonné. il est exprimé en Euros par MWh. Le prix du MWh est calculé par rapport au montant total des achats d'énergie (chaleur issue de l'incinération, chaleur de la chaufferie du réseau ENERLIS) réparti en fonction de la quantité de chaleur totale de chaque type d'énergie injectée sur le réseau.
- un terme **r2**, représentant les charges fixes d'exploitation. Il est exprimé en Euros par UFF (unité forfaitaire de facturation).

Le terme r2 est calculé à partir de l'indexation d'un montant forfaitaire annuel qui est réparti en fonction des UFF globaux. Il représente la somme des coûts des prestations suivantes :

- r2.1 : l'électricité utilisée pour le fonctionnement des installations,
- r2.2 : le coût de conduite et de petit entretien pour le fonctionnement des installations,
- r2.3 : le coût du gros entretien et du renouvellement des installations,
- r2.4 : le coût fixe de remboursement, pour l'ensemble des abonnés, des annuités du financement des investissements pour les travaux de 1er établissement (sous-station HT11, GTC).

On calcule la facture de chaque abonné à partir de sa propre consommation de chaleur et de ses UFF :

Facture = **r1** x consommation de chaleur + **r2** x UFF

Les prix unitaires r1 et r2 de l'année 2017 sont les suivants :

r1 = 29,30 €.HT/MWh	**r2 = 33,89 €.HT/UFF**
$r1_{ULIS}$ = 32,68 €.HT/MWh	**$r2_{ULIS}$ = 14,00 €.HT/kW**

Enerlis bénéficie d'un mode de calcul différencié avec un tarif de base de combustible $r1_0$ légèrement supérieur aux abonnés du SIOM. Pour le calcul du tarif r2, il est uniquement calculé à partir d'un terme r2.4

2.8.2. Évolution des prix unitaires

Les évolutions des prix unitaires r1 et r2 depuis 2012 sont présentées dans le tableau ci-après :

ÉVOLUTION DES PRIX UNITAIRES

ANNÉE	r1		$r1_{ULIS}$		r2		$r2_{ULIS}$	
	VALEUR	ÉCART N-1*	VALEUR	ÉCART N-1*	VALEUR	ÉCART N-1*	VALEUR	ÉCART N-1*
	€.HT/MWh	*%*	*€.HT/MWh*	*%*	*€.HT/UFF*	*%*	*€.HT/UFF*	*%*
2012	28,29	-	31,55	-	38,24	-	NC	-
2013	33,01	16,7%	31,56	0,0%	35,64	-6,8%	NC	-
2014	28,84	-12,6%	31,96	1,3%	36,60	2,7%	14,00	-
2015	28,78	-0,2%	32,10	0,4%	34,22	-6,5%	14,00	0,0%
2016	28,65	-0,5%	31,98	-0,4%	34,14	-0,2%	14,00	0,0%
2017	29,30	2,3%	32,68	2,2%	33,89	-0,7%	14,00	0,0%

Hormis une hausse importante du tarif r1 en 2013, liée à une fourniture de chaleur par Enerlis et les chaudières fioul lors de l'arrêt de l'UVE (pour réaliser les travaux de rénovation énergétique), ce tarif est relativement stable d'une année sur l'autre. On observe tout de même une tendance à la hausse consécutive à l'évolution haussière des indexations du coût de la chaleur délivrée par l'UIOM.
Le tarif r2 est également relativement stable d'une année sur l'autre. La tendance à la baisse observée depuis 2011 s'explique notamment par une légère augmentation des UFF liée au raccordement de la sous-station HT 02 – Castorama en Octobre 2016 qui a permis de contre-balancer la tendance haussière des indices de révision des tarifs.

Pour l'export de chaleur à ENERLIS, on observe également une tendance haussière de la part $r1_{ULIS}$ (énergie), pour les mêmes raisons que pour les abonnés du SIOM.
La part $r2_{ULIS}$ (abonnement) est restée stable car elle est calculée uniquement sur le terme r2.4 qui est une charge fixe uniquement révisée sur la base des UFF qui n'ont pas été modifiées depuis 2014 pour les Ulis.

2.8.3. Évolution de la facturation sur les dernières saisons

L'évolution du prix de l'énergie sur les 6 dernières années pour les abonnés du SIOM est présentée dans le tableau suivant :

ÉVOLUTION DU PRIX DE L'ÉNERGIE POUR LES ABONNÉS

ANNÉE	FACTURE ABONNÉS	VENTES ABONNÉS		PRIX GLOBAL MOYEN	
		VALEUR	VAR. N/N-1*	VALEUR	VAR. N/N-1*
	€.HT	*MWh*	*%*	*€.HT/MWh*	*%*
2012	952 209,18	21 034,00	-	45,27	-
2013	831 938,47	14 971,00	-28,8%	55,57	22,8%
2014	886 181,25	18 875,00	26,1%	46,95	-15,5%
2015	865 931,74	16 832,66	-10,8%	51,44	9,6%
2016	815 017,44	14 761,00	-12,3%	55,21	7,3%
2017	844 265,12	14 897,48	0,9%	56,67	2,6%

Le prix global moyen HT du MWh oscille entre 45 et 57 €.HT/MWh depuis 2012. Les fortes variations de ce prix moyen sont essentiellement liées aux variations des consommations des abonnés. Ainsi, le prix global moyen augmente lorsque les ventes diminuent, car une partie de la facturation est fixe et indépendante de la consommation, mais la facture globale de l'abonné n'est pas nécessairement impactée à la hausse.
Des variations de la valeur des indexations des tarifs r1 et r2 entrent également en ligne de compte. Ainsi, en 2017, les ventes sont restées quasiment stables et la variation du prix global moyen est principalement à imputer aux indexations des tarifs unitaires.

L'évolution du prix de l'énergie vendue à Enerlis sur les 6 dernières années est présentée dans le tableau suivant :

ÉVOLUTION DU PRIX DE L'ÉNERGIE POUR ENERLIS

ANNÉE	FACTURE ENERLIS	VENTES ENERLIS		PRIX GLOBAL MOYEN	
		VENTES	VAR. N/N-1*	VALEUR	VAR. N/N-1*
	€.HT	*MWh*	*%*	*€.HT/MWh*	*%*
2012	888 479,55	28 161,00	-	31,55	-
2013	1 778 702,28	45 713,00	62,3%	38,91	23,3%
2014	3 583 023,11	91 078,60	99,2%	39,34	1,1%
2015	3 233 547,90	79 799,00	-12,4%	40,52	3,0%
2016	3 435 263,88	86 406,00	8,3%	39,76	-1,9%
2017	3 345 933,31	81 810,00	-5,3%	40,90	2,9%

Depuis la mise en service du 3ème tube et l'augmentation importante des ventes de chaleur à Enerlis, on observe une stabilité du prix global moyen (oscillation entre 39 et 41 €.HT/MWh) malgré des variations significatives des ventes de chaleur. Ceci s'explique par la tarification d'Enerlis dont la part R1 représente près de 80 % de la facturation, la part fixe R2 a donc moins d'impact dans le prix global moyen qui est donc plus stable pour Enerlis que pour les abonnés du SIOM.

2.8.4. Fonds de renouvellement – P3

Ce fonds sert à couvrir toutes les dépenses de gros entretien qui comprend les réparations et tous les remplacements de pièces ou parties d'équipements nécessaires au maintien des ouvrages en bon état de fonctionnement. Il englobe également les épreuves décennales ainsi que les réparations des sinistres et dégâts causés par un tiers.

Selon le cahier des charges de la délégation, le gros entretien comprend les réparations et tous les remplacements qui ne relèvent pas du petit entretien défini par le guide de rédaction des clauses techniques des marchés publics d'exploitation de chauffage avec ou sans entretien des matériels et avec obligation de résultat approuvé par la décision n°2007-17 du 4 mai 2007 du Comité exécutif de l'Observatoire Économique de l'Achat Public (art. 20.3 du contrat de Délégation).

Le fonds de renouvellement est alimenté par les recettes perçues par le Délégataire au titre de la garantie totale P3.
Ce fonds est débité de toutes les dépenses de gros entretien renouvellement, à partir :

- des factures des prestataires et fournisseurs du délégataire, imputées à l'euro/l'euro, sans coefficient de marge et sans frais de gestion ;
- du coût de la main d'œuvre éventuelle des techniciens du délégataire, sur la base du décompte réel des heures passées multipliées par le taux horaire d'intervention des techniciens, sur une base de 47,84 €.HT/heure (valeur 01/04/2010) et indexé comme le terme r2.2, soit pour l'année 2017 : **54,86 €.HT/heure**.

L'évolution du compte P3 depuis la mise en place de la Délégation le 1er janvier 2011 est présentée dans le tableau suivant :

ÉVOLUTION DU COMPTE P3 (GER + MER)

ANNÉE	RECETTES P3	DÉPENSES	SOLDE DE L'ANNÉE	SOLDE CUMULÉ DEPUIS LE 01/01/2011
	€.HT	*€.HT*	*€.HT*	*€.HT*
2011	1 125 462,95	1 478 290,08	-352 827,13	-352 827,13
2012	62 700,00	122 700,00	-60 000,00	-242 842,00
2013	52 700,00	237 398,00	-184 698,00	-427 540,00
2014	53 376,28	61 065,00	-7 688,72	-435 228,72
2015	63 703,58	38 995,72	24 707,86	-410 520,86
2016	65 129,48	183 070,16	-117 940,68	-528 461,54
2017	69 601,16	41 248,60	28 352,56	-500 108,98

On constate depuis 2011 que les dépenses GER n'ont été inférieures à l'enveloppe dévolue que deux fois, en 2015 et 2017. Le solde cumulé depuis le début de la DSP présente un solde négatif cumulé depuis 2011 de 500 k€.HT. Il est en grande partie dû à un report du solde négatif de la DSP précédente (-353 k€.HT) en 2011, ainsi qu'à des travaux importants suite à des fuites en 2012, 2013 et 2016.

2.9. SYNTHESE

D'un point de vue contractuel, la convention de Délégation de Service Public est récente et standard. Les échéances des conventions de DSP du SIOM et de la Ville des Ulis, ainsi que la convention quadripartite qui les lie, sont toutes concordantes au 31 décembre 2035, ce qui facilite la gestion contractuelle.

D'un point de vue énergétique, l'UIOM du SIOM fourni 100 % des énergies consommées sur son réseau, avec une fourniture qui varie entre 100 et 115 GWh depuis la création du 3ème tube. On observe une baisse des pertes (- 5 900 MWh) permettant une amélioration du rendement réseau ces dernières années. Les consommations des abonnés du SIOM (hors Enerlis) ont par ailleurs globalement diminué depuis cinq ans. Concernant Enerlis, on constate que la cible de 70 GWh a toujours largement été dépassée, d'au moins 10 GWh depuis la mise en service du 3ème tube en 2014.

D'un point de vue technique, le réseau de chaleur du SIOM est globalement en très bon état et bien entretenu par son délégataire. L'antenne BT vers Bruneau est toutefois relativement vétuste et a été sujette à de nombreuses fuites obligeant à de lourdes réparations ces dernières années.

D'un point de vue économique, le prix global moyen varie entre 50 et 60€.HT/MWh selon la rigueur climatique et donc la consommation des abonnés et la variation des indices de révision. Ce prix reste néanmoins très compétitif puisqu'il est par exemple inférieur en 2016 d'environ 17 % à la moyenne nationale des réseaux de chaleur.
Le prix de vente global pour le réseau d'Enerlis est très stable autour de 40 €.HT/MWh.
Le compte P3 est le point négatif sur le plan économique puisque son solde est négatif de près d'un demi million d'euros.
Cependant, le résultat net cumulé calculé par *CFERM* est de **1 022 k€.HT** depuis le début de la DSP (2011).

Les préconisations qui peuvent être formulées à l'issue de ce rapport de diagnostic sont les suivantes :

- Le remplacement de l'antenne BT vers Bruneau pourrait être envisagé afin d'éviter de nouvelles réparations lourdes de fuites ;
- L'UVE dispose d'une réserve de chaleur actuellement dissipée dans les aéroréfrigérants qui pourrait être valorisée par des extensions ;
- L'évolution du compte P3 sera à suivre dans les prochaines années ;
- L'état général du réseau est à suivre régulièrement, par exemple via des campagnes de thermographie.

3. PARTIE 2 – ÉTAT DES LIEUX DES SOURCES DE CHALEUR À PROXIMITÉ

3.1. RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS À PROXIMITÉ DU RÉSEAU

Dans le cadre de l'élaboration d'un schéma directeur, l'étude des réseaux de chaleur à proximité peut permettre d'envisager leur interconnexion afin de mutualiser les moyens de production et/ou de valoriser plus de chaleur. Dans le cas du SIOM qui cherche à valoriser plus de chaleur, et dont le secours du réseau est déjà assuré grâce à l'interconnexion avec le réseau des Ulis, l'angle d'étude sera de valoriser davantage de chaleur.

La carte ci-dessous, extraite à partir du site du BRGM, répertorie et affiche les réseaux de chaleur existant sur le territoire français.

Nous étudierons donc dans la suite de cette partie les réseaux suivant :
1 : le réseau de la Ville des Ulis
2 : le réseau du SIMACUR
3 : Le futur réseau de l'EPAPS

3.1.1. Les Ulis

Le réseau de chaleur haute température de la Ville des Ulis a été créé en 1968. Initialement alimenté par trois chaudières au fioul, puis équipé d'une chaudière vapeur et d'une turbine vapeur, le réseau de chaleur des Ulis est raccordé à l'UIOM du SIOM en 1985. S'en sont suivis la mise en service d'une cogénération au gaz naturel, le remplacement des brûleurs fioul par des brûleurs gaz, l'arrêt de la première cogénération et la mise en service d'une nouvelle, et enfin, la création d'une chaufferie biomasse.

Dans le cadre d'une Délégation de Service Public de forme concessive mise en place le 1er juillet 2013, pour une durée de 22,5 ans, la Ville des Ulis a confié la production, le transport et la distribution de chaleur à la société Dalkia qui a créé la société dédiée Enerlis. Le réseau est exploité par Dalkia depuis 1971.

La fourniture de chaleur du réseau est aujourd'hui réalisée par l'UVE du SIOM et Enerlis, la chaufferie des Ulis, équipée :

- d'une cogénération de 11 MWth qui fonctionne du 1er Novembre au 31 Mars,
- d'une chaudière biomasse de 10 MW,
- d'une chaudière gaz de 54 MW,
- de deux chaudières mixtes gaz-fioul pour une puissance totale de 36 MW.

Le réseau s'étend sur 14 km, il dessert 84 sous-stations alimentant ainsi 10 000 logements en chaleur et eau chaude sanitaire. Au total, plus de 150 GWh de chaleur sont produits chaque année, soit plus de 13 000 équivalents logements desservis.

Les caractéristiques du réseau des Ulis sont synthétisées dans le tableau ci dessous.

CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU DE CHALEUR DES ULIS		
PRODUCTION	MWh	**156 456 MWh**
- UIOM SIOM (Import)		82 479 MWh
- Cogénération		39 347 MWh
- Biomasse		17 754 MWh
- Chaudières Gaz / FOD		16 876 MWh
VENTES D'ENERGIE	MWh	**139 550 MWh**
DISTRIBUTION	**Longueur totale de caniveau :**	**14,0 km**
LIVRAISON	**Nombre de postes de livraison :**	**85**
- Puissance souscrite au 31/12/2017 :		73 582 kW
- Nombre de postes de livraison :		85

Lors du renouvellement de la Délégation de Service Public, un objectif de mix énergétique de production à partir d'énergies renouvelables de 65% a été fixé.
Cet objectif était quasiment atteint en 2017 avec l'UVE du SIOM et la biomasse d'Enerlis qui représentent respectivement 53 % et 11 % de l'énergie produite.

Le réseau de chaleur des Ulis étant déjà raccordé au réseau du SIOM, il ne s'agit pas de la mise en place d'une interconnexion entre les deux réseaux. En revanche, comme évoqué au paragraphe 2.4.2., il existe un engagement de fourniture (par le SIOM) et de prise (par Enerlis) de chaleur de 70 GWh par an qui a toujours été largement dépassé depuis la mise en place du 3ème tube. Dans une logique de sécurisation de la production pour le SIOM, et de sécurisation de l'approvisionnement pour les Ulis, une révision de cet engagement à 80 GWh pourrait par exemple être réalisée. Cette nouvelle cible correspondrait plus à l'énergie réellement consommée depuis 2014 (79,8 GWh au minimum) sans pour autant représenter un risque réel concernant les pénalités puisque celles-ci s'appliquent uniquement lorsque l'écart entre le réel et la cible dépasse les 10 GWh. Toutefois, nous rappelons ici qu'une telle révision ne permettrait pas de valoriser plus de chaleur pour le SIOM mais simplement de sécuriser ses ventes sur le long terme.

3.1.2. SIMACUR (Massy-Antony)

Le réseau de chaleur haute température du SIMACUR (Syndicat Intercommunal de Massy et Antony pour le Chauffage Urbain) a été créé au début des années 1960. Initialement alimenté par une chaufferie au fioul lourd, un nouveau site de production (Chaufferie de La Bonde) équipé d'une chaufferie charbon et d'une usine d'incinération d'ordures ménagères est raccordé au réseau en 1986. S'en sont suivis la construction d'une chaufferie au gaz naturel (Chaufferie Victor Basch) et d'une chaufferie de secours au fioul domestique et la destruction de la chaufferie au fioul lourd. Enfin, la chaufferie charbon a subit deux évolutions successives, l'utilisation de bois en mélange du charbon en 2008, puis l'adaptation des installations de traitement des fumées afin d'utiliser du bois en fin de vie comme combustible.

Dans le cadre d'une Délégation de Service Public mise en place en 2014, pour une durée de 20 ans, le SIMACUR a confié la production, le transport et la distribution de chaleur à un groupement des sociétés Engie Réseaux et SITA qui a créé la société dédiée Enoris.

La fourniture de chaleur du réseau est aujourd'hui réalisée par les chaufferies de La Bonde et Victor Basch, soit :

- une unité de valorisation des déchets équipée de deux fours de capacité respective de 5,5 t/h pour une puissance thermique totale de 22 MW (2 x 11 MW),
- deux chaudières bois/charbon d'une puissance de 32 MW chacune utilisées en période hivernale,
- deux chaudières au gaz naturel d'une puissance de 22 MW chacune en appoint lors de forts appels de puissance notamment en périodes d'intersaison,
- deux chaudières au fioul domestique de 22 MW chacune assurant le secours,

Le réseau, l'un des plus grands de France, s'étend sur 34 km et dessert plus de 140 sous-stations en chaleur et eau chaude sanitaire. Au total, plus de 250 GWh de chaleur sont produits chaque année, soit près de 26 000 équivalents logements desservis.

Les caractéristiques du réseau du SIMACUR sont synthétisées dans le tableau ci dessous.

CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU DE CHALEUR DU SIMACUR		
PRODUCTION	MWh	**254 500 MWh**
Chaufferie de La Bonde		
- Ordures ménagères		134 370 MWh
- Bois		31 717 MWh
- Charbon		54 325 MWh
- Fioul Domestique		0 MWh
Chaufferie Victor Basch		
- Gaz naturel		34 088 MWh
VENTES D'ENERGIE	MWh	**204 764 MWh**
DISTRIBUTION	**Longueur totale de tranchée :**	**34,0 km**
LIVRAISON		
- Nombre équivalents logements alimentés :		26 000 éq-logts

Lors du renouvellement de la Délégation de Service Public, un objectif de production de chaleur à partir d'énergies renouvelables à hauteur de 68% a été fixé à partir des déchets ménagers (47%) et du bois fin de vie (21%).

Situé à près de 6 kilomètres (en aérien) de l'UVE du SIOM pour le point le plus proche (la chaufferie de La Bonde), la quantité de chaleur qui pourrait être valorisée sur le réseau du SIMACUR semble beaucoup trop faible pour qu'un raccordement puisse être économiquement intéressant. De plus, le réseau de chaleur du SIMACUR dispose déjà d'une capacité installée de production largement suffisante assurée par de nombreuses sources dont l'incinération d'ordures ménagères qui en est la première. Enfin, le mix énergétique dépasse déjà largement les 50% d'énergies renouvelables, l'intérêt pour le SIMACUR d'un tel raccordement serait très limité. Aucun projet d'interconnexion avec ce réseau ne paraît viable dans la situation actuelle.

3.1.3. Établissement Public Paris-Saclay (EPAPS)

Aménageur du campus urbain de Paris-Saclay, l'EPAPS a signé en septembre 2015 un contrat de Conception Réalisation Exploitation-Maintenance avec IDEX pour la réalisation d'un réseau de chaleur et de froid alimentant tous les bâtiments qui se construiront entre 2016 et 2022 sur les ZAC des quartiers de Moulon et de l'École Polytechnique. La source d'énergie principale choisie est la géothermie sur la nappe de l'Albien située à 700m de profondeur grâce à deux doublets géothermiques soit quatre forages. L'eau à 31°C servira de base pour chauffer ou refroidir une boucle tempérée selon les saisons. La fourniture de chaleur sera complétée par la récupération de chaleur fatale provenant de data center, process industriels et laboratoires raccordés au réseau.
A l'horizon 2022, l'EPAPS projette une puissance installée maximum de 37 MW de production de chaleur et 10 MW de production de froid qui fournirait 40 GWh de chaleur et 10 GWh de froid à 2100 logements étudiants, 2400 logements familiaux et 520 000 m² de bureaux et équipements publics.

Plus proche que le réseau du SIMACUR, les deux quartiers du réseau de l'EPAPS sont situés à plus de trois kilomètres de l'UVE du SIOM. De plus, au delà de la distance, la topologie est une seconde contrainte géographique qui s'ajoute car entre le campus de Saclay et Villejust qui sont situés à la même altitude (environ 155m) se trouvent les Villes d'Orsay et de Palaiseau situées à 60m d'altitude. Le tracé d'une telle interconnexion serait donc relativement compliqué tant à la création qu'à l'exploitation. Enfin, une autre contrainte technique concerne les régimes de température du réseau de l'EPAPS qui sont très faibles. Un raccordement pour le SIOM paraît donc compliqué.

Pour information, au moment de la réflexion sur la création du réseau de l'EPAPS, des discussions avaient eu lieu pour une interconnexion avec le réseau des Ulis plus proche que l'UVE du SIOM, mais le projet avait été abandonné notamment pour les raisons techniques évoquées précédemment.

3.2. SOURCES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE RÉCUPÉRATION À PROXIMITÉ DU RÉSEAU

Dans le cadre de l'élaboration d'un schéma directeur, l'objet de cette partie est d'étudier la possibilité de développer de nouvelles sources d'énergies renouvelables afin d'améliorer le bouquet énergétique du réseau. Développer de nouvelles sources peut également permettre d'augmenter la capacité de production, donc d'envisager l'agrandissement du réseau et la desserte de nouveaux abonnés.

Les technologies étudiées sont les suivantes :

- la géothermie,
- le solaire thermique,
- la combustion de la biomasse,
- le biogaz,
- la récupération de chaleur sur data-center,
- le stockage thermique.

Dans le cas du SIOM, qui est un syndicat mixte ayant pour mission la collecte, l'exploitation, la valorisation et le traitement des déchets ménagers, il serait probablement nécessaire de changer les statuts de l'entité pour pouvoir développer de nouvelles sources d'ENR&R. Une telle modification semblant compliquée, cette partie s'attardera surtout sur le stockage de chaleur qui pourrait être une solution afin de valoriser davantage de chaleur de l'UVE.

3.2.1. Géothermie

La géothermie consiste à capter de l'eau dans les différentes couches du sol, nommées aquifères, puis à en valoriser la chaleur avec des échangeurs afin de chauffer le réseau de chaleur puis à réinjecter cette eau dans le sol, à une distance suffisante du point de captation.

On distingue différents types de géothermie :

Géothermie	Température	Profondeur	Valorisation
très basse énergie	<40°C	Quelques mètres à quelques centaines de mètres	Nécessité d'augmenter la température par des PAC (Pompes à Chaleur) pour alimenter un réseau de chaleur.
basse énergie	40°C<T<90°C	1500 – 2000 m	Pour les réseaux d'eau chaude.
moyenne énergie	90°C<T<150°C	2000 – 5000 m	Pour les réseaux d'eau chaude ou d'eau surchauffée ou pour la production de l'électricité.
haute énergie	>150°C	2000 – 5000 m (dans les roches chaudes fracturées)	Production de l'électricité.

3.2.1.1.Géothermie « très basse énergie »

Il s'agit d'une géothermie reposant sur l'exploitation des aquifères superficiels, c'est à dire à des profondeurs relativement faibles (quelques centaines de mètres au plus). Les températures de ce type d'aquifère sont très basses (<40°C) et nécessitent l'utilisation de pompes à chaleurs afin d'en exploiter la chaleur.
Ce type de géothermie est surtout utilisé pour le chauffage de bâtiments basse consommation, le rafraîchissement et l'alimentation en eau chaude sanitaire de maisons individuelles ainsi que pour des applications tertiaires et des locaux collectifs.

Ce type de géothermie n'est donc pas compatible avec le réseau en eau surchauffé du SIOM.

3.2.1.2.Géothermie « basse » et « moyenne énergie »

A partir de 1000m de profondeur, la température des aquifères atteint des valeurs comprises entre 40 et 90°C qui permettent une utilisation directe de la chaleur sans pompe à chaleur.

Dans le Bassin Parisien, il existe plusieurs aquifères profonds qui se superposent : l'aquifère du Lusitanien, l'aquifère du Dogger et l'aquifère du Trias.
L'aquifère du Lusitanien est un réservoir encore mal connu qui n'a jamais été exploité pour la géothermie. Il se trouve à une profondeur verticale d'environ 1 300m selon les endroits en Île-de-France et à une température estimée en 2014 par le BRGM d'environ 50°C au niveau de la zone d'activités de Courtabœuf. Les zones les plus favorables identifiées pour une exploitation géothermique sont les secteurs de Meaux et Lagny-Fontainebleau.

L'aquifère du Dogger est situé à une profondeur comprise entre 1 500 et 1 800m, dont la température varie de 55°C à 80°C. Son excellente productivité a permis le

développement dès la fin des années 70 de nombreux doublets géothermiques (un forage de captation et un forage de réinjection), notamment dans le Val de Marne et en Seine et Marne qui bénéficient des températures les plus élevées. En 2014, on comptait 36 réseaux de chaleur exploitant la ressource géothermique du Dogger en Ile-de-France, à tel point qu'il est devenu nécessaire de développer un outil de gestion destiné aux décideurs pour le suivi de la ressource du Dogger. La température du Dogger sous la zone d'activités de Courtabœuf est estimée à 55°C.

L'aquifère du Trias, plus profond que celui du Dogger, présente un potentiel important mais sa géologie est relativement complexe et l'on dispose de peu d'expérience sur cet aquifère. Certaines installations ont d'ailleurs été abandonnées suite aux difficultés techniques rencontrées pour la réinjection dans l'aquifère. Là encore, la zone d'activités de Courtabœuf ne se situe pas sur une zone au potentiel géothermique particulièrement élevé de l'aquifère.

Globalement, ce type de géothermie, peu importe l'aquifère, n'est donc pas favorable au cas du SIOM dans la mesure où le potentiel géothermique n'est pas très élevé et que le fonctionnement du réseau en eau surchauffé le rend incompatible avec la géothermie. Seules les antennes BT (Bruneau, Villejust et de potentielles extensions) pourraient éventuellement exploiter cette ressource géothermique. Toutefois, l'exploitation en doublet de la ressource géothermique nécessite de disposer d'un foncier relativement important puisque les deux forages doivent être relativement distants afin que la réinjection ne refroidisse pas la ressource au point de captation. La faisabilité technico-économique d'un doublet géothermique sur la zone d'activités très dense de Courtabœuf semble compliquée.

3.2.2. Solaire thermique

La technologie de capteurs solaires permet de produire de l'eau chaude à partir de deux types de capteurs :

- des capteurs plans combinant une plaque jouant un rôle de corps noir avec une canalisation d'eau,
- des capteurs sous vide combinant des miroirs paraboliques concentrant l'énergie solaire sur un fluide isolé de la convection extérieur dans un tube par du vide.

Les capteurs plans sont les technologies classiquement utilisées pour la production d'eau chaude sanitaire solaire pour des logements. Les capteurs sous-vide sont réservés pour des usagers disposés à mettre en place une exploitation optimisée, ou pour les usagers ne disposant pas d'une surface importante. Ces derniers permettent de mieux capter l'énergie solaire pour une même surface de capteurs, mais sont plus fragiles à l'exploitation et aux intempéries.

Il existe quelques réseaux de chaleur utilisant le solaire thermique en complément d'une autre source d'énergie renouvelable. Cependant, cette solution reste aujourd'hui peu

compétitive face à d'autres ressources telles que la biomasse et nécessite des surfaces importantes pour le déploiement des panneaux. De nombreux terrains agricoles existent à proximité de l'UVE du SIOM, toutefois leur exploitabilité pour un déploiement de panneaux est sujet à la contrainte du passage des lignes hautes tensions. Enfin, le système solaire est surtout utilisé comme système de base pour la production d'eau chaude sanitaire mais pas pour un réseau de chaleur en eau surchauffé.

3.2.3. Combustion de la biomasse

La biomasse désigne l'ensemble de la matière végétale. C'est une véritable réserve d'énergie, captée à partir du soleil grâce à la photosynthèse. Dans le cas des réseaux de chaleur, elle peut être valorisée par combustion dans une chaudière.

Différentes formes de combustible de type biomasse peuvent être utilisées pour produire de la chaleur : bûches, granulés, plaquettes, ou résidus d'agricultures. Quelle que soit la nature utilisée, le combustible doit respecter différents critères (par exemple : humidité, Pouvoir Calorifique Inférieur, granulométrie, taux de poussières, corps étrangers, taux de cendres, sécurité d'approvisionnement). La technologie de la chaudière (foyer, échangeurs, stockage, alimentation...) est différente selon la composition du combustible utilisé.

Cette technologie nécessite des livraisons régulières de combustible, généralement par rotations de camions, il faut donc prévoir que la chaufferie bois puisse être accessible par camion. L'implantation d'une telle chaufferie paraît donc compliquée sur le terrain du SIOM puisque le trafic généré qui s'ajouterait à celui des véhicules de collecte pourrait poser des problèmes.

Par ailleurs, contrairement à une chaudière gaz, une chaudière biomasse nécessite de respecter un minimum technique de charge pour démarrer et fonctionner. L'utilisation d'une telle chaudière en mi-saison en est alors d'autant plus délicat et pourrait nécessiter de brider la puissance de l'UVE, ce qui serait contre-productif par rapport à l'objectif du SIOM. Cette contrainte technique inhérente à la biomasse est donc un réel frein dans notre cas.

De plus, l'essentiel de la chaleur du SIOM est vendue à Enerlis qui dispose déjà d'une chaufferie biomasse dont le taux d'utilisation est relativement faible. Une telle chaufferie sur le réseau du SIOM créerait donc un supplément de capacité de production très important dont le réseau du SIOM n'a pas besoin et qui entrerait en concurrence avec Enerlis et la Ville des Ulis, qui est le principal partenaire du SIOM.

Enfin, comme expliqué précédemment, le SIOM a pour vocation première le traitement des déchets ménagers. Il faudrait donc faire accepter l'ajout de l'incinération de la biomasse dans ses prérogatives.

3.2.4. Production de biogaz

Il s'agit de la deuxième utilisation envisageable de la biomasse pour un réseau de chaleur . Cela consiste à collecter les résidus d'agriculture des sites puis à les fermenter au sein d'une installation de méthanisation pour produire du biogaz. Le biogaz produit est alors valorisé, selon sa quantité, soit par une cogénération pour produire en même temps de la chaleur (alimentation du réseau de chaleur local) et de l'électricité (à revendre à EDF) soit par injection directe dans le réseau de distribution de Gaz de France.

La solution d'injection sur le réseau de gaz ne présente aucun intérêt dans la démarche de notre schéma directeur puisqu'elle n'a pas de lien avec le réseau de chaleur. En revanche, la première solution est similaire à l'UVE puisque celui-ci produit à la fois de la chaleur et de l'électricité. La production du biogaz se faisant à partir de résidus agricoles, la typologie du combustible se rapproche des ordures ménagères, celui actuellement utilisé par le SIOM. Mais cette solution nécessiterait tout de même une modification des statuts du SIOM.

Cette solution est également confronté à la problématique du foncier puisque la construction d'installations de méthanisation et de cogénération nécessite une superficie non négligeable, ainsi que les infrastructures nécessaires pour la livraison des résidus agricoles. Si un tel projet était lancé, une étude de faisabilité serait également nécessaire pour étudier la ressource en résidus agricoles afin d'avoir des estimations des quantités d'énergies produites, du coût du projet et du prix de la chaleur obtenus. Il est peu probable que ce prix puisse être comparable à celui du SIOM.

3.2.5. Récupération de chaleur sur data-center

Un centre de traitement des données ou un Data-center se présente comme un lieu où se trouvent différents équipements électroniques, des ordinateurs, des systèmes de stockage et des équipements de télécommunications. Comme son nom l'indique, il sert surtout à traiter les informations nécessaires aux activités d'une entreprise.
Le fonctionnement des appareils électroniques génère beaucoup de chaleur et ces appareils deviennent défectueux lorsque la température s'élève au-delà d'une certaine limite. Afin de maintenir le lieu frais (à environ 20°C – 25°C) en tout temps, le data-center doit être équipé d'un système de refroidissement. Le refroidissement peut s'effectuer par le free cooling (refroidissement à air) et/ou par un refroidissement à eau.

Les groupes froids, pendant leur fonctionnement, évacuent la chaleur au niveau de leur condenseur. Cette chaleur est récupérable pour les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire des bâtiments aux alentours.

Nous avons identifié trois sociétés possédant un data-center à proximité de la zone d'activités de Courtabœuf :

- Alionis, 1 100 m² situé Avenue du Québec à Villebon-sur-Yvette
- Colt Technology Services, 5 000 m² situé Avenue du Cap Horn aux Ulis
- Data 4 campus, 13 000 m² situé à Marcoussis à 3,6 kilomètres, il s'agit du plus gros data-center d'Europe, qui devrait probablement s'agrandir à l'avenir.

Cependant, la chaleur issue des data-center est généralement à une température d'environ 50-55 °C. Ceci n'est donc pas compatible avec le réseau en eau surchauffée. Les deux data-center localisés sur la zone d'activités pourraient éventuellement permettre d'alimenter des antennes basse température mais il serait nécessaire de prévoir une pompe-à-chaleur pour relever le niveau de température à environ 90°C. Une très grande liaison avec celui de Marcoussis pourrait être étudiée dans une étude de faisabilité. Cependant, dans tous les cas, le prix de la chaleur sera probablement largement supérieur à celui de l'UVE du SIOM.

3.2.6. Stockage thermique

3.2.6.1.Principe du stockage et du déstockage de l'énergie

Le stockage thermique a pour intérêt de stocker le surplus d'énergie lorsque la production de chaleur est supérieure aux besoins des usagers, et de déstocker l'énergie sur le réseau Lorsque la production de chaleur est inférieure aux besoins des usagers.

Il existe de nombreux cas pour lesquels un stockage de l'énergie est généralement pertinent. Il peut par exemple se substituer à un générateur de pointe (fonctionnant le plus souvent avec un combustible fossile) lors des pics d'appel de puissance permettant ainsi de réduire la consommation d'énergie fossile du réseau.
Le stockage thermique est également un excellent complément des EnR & R : il peut permettre de valoriser les énergies intermittentes dont la production est décorrélée des besoins réels du réseau, mais aussi favoriser le fonctionnement à puissance nominale des chaudières bois pour dépasser la limite technique de fonctionnement.

3.2.6.2.Technologies existantes

	THERMOCLINE	SONDES GEOTHERMIQUES	SUR AQUIFERE	EN FOSSE	EN RESERVOIR
Descriptif	Cuve utilisant la stratification mécanique entre la couche chaude et la couche froide.	Stockage de la chaleur dans un sol très rocheux ou saturé en eau via des sondes dans lesquelles un fluide caloporteur circule en boucle fermée.	Stockage de la chaleur dans un aquifère à travers le forage de 2 puits (exhaure et injection).	Trou au sol dans lequel est stocké de la chaleur dans de l'eau ou dans une matière minérale (sable, graviers) à l'aide d'un échangeur placé dans la fosse. L'ensemble est recouvert d'une membrane isolante.	Réservoir aérien ou enterré dans lequel la chaleur est stockée dans de l'eau pressurée ou à pression atmosphérique.
Durée de stockage	Journalier	Inter-saisonnier	Inter-saisonnier	Inter-saisonnier	Inter-saisonnier
Température	Non limitée	< 90 °C	50 °C	< 90 °C	Non limitée
Volume	Jusqu'à quelques milliers de m3	> 100 000 m3	> 100 000 m3	< 200 000 m3	1 000 – 50 000 m3
Densité de stockage	35-40 kWh/m3	5 – 15 kWh/m3	15 – 20 kWh/m3	15 – 35 kWh/m3	35 kWh/m3
Coût (projets allemand)		50 – 100 €/m3	< 50 €/m3	80 – 400 €/m3	450 – 500 €/m3
Type	Centralisé et décentralisé	Centralisé	Centralisé	Centralisé	Centralisé et décentralisé
Avantages	-Conception simple -Faible coût de maintenance -Décharge rapide	-Peu de pertes thermiques -Stockage peu coûteux -Volume très important -Modulation des besoins par l'ajout/retrait de sondes	-Peu de pertes thermiques -Stockage peu coûteux -Volume très important -Faible emprise au sol	-Stockage peu coûteux -Faible coût de maintenance (eau) -Intégration paysagère (eau-sable et eau-gravier) -Volume très important	-Très efficace -Peu de pertes thermiques -Volume important -Montée en puissance rapide -Flexibilité de la puissance développée
Inconvénients	-Risque d'une mauvaise stratification -Risque lié à la pression -Équipement auxiliaire pour s'adapter à la pression du réseau - Passage dans la catégorie des ESP	-Nécessite des conditions géologiques particulières -Densité de stockage faible -Forte inertie -Pertes thermiques modérées	-Nécessite des conditions géologiques particulières -Densité de stockage faible -Température limitée pour éviter le risque de modification de la géologie et de l'aquifère -Pertes thermiques modérées	-Inertie du gravier -Maintenance coûteuse (eau-gravier et eau-sable) -Investissement élevé pour la couverture isolante extérieure -Emprise au sol élevée (eau) -Pertes thermiques élevées	-Investissement élevé lié à l'isolation et au revêtement -Emprise au sol -Risque lié à la pression -Adaptations techniques liées à la pression - Passage dans la catégorie des ESP

3.2.6.3.Applications au cas du SIOM

Comme cela apparaît sur le tableau ci-dessus, le stockage thermique peut être réalisé sur différentes échelles de temps selon la technologie employée. On parle de stockage journalier lorsque l'énergie stockée est restituée au réseau quelques heures ou jours après. Les cycles de stockage et de déstockage sont donc nombreux à l'échelle d'une semaine. On parle de stockage inter-saisonnier lorsque l'énergie stockée à une période de l'année, est déstockée plusieurs mois après. On observe alors un seul cycle de stockage-déstockage dans l'année, et les volumes mis en jeu sont beaucoup plus important.

Dans notre cas, les deux formes de stockage semblent être intéressantes. En effet, la quantité annuelle d'énergie dissipée et non valorisée par les réseaux de chaleur desservis par le SIOM avoisine **22 GWh** (moyenne calculée selon les données des années 2014 à 2017) dont **16 GWh** en période estivale (mois de Mai à Septembre).

<u>Stockage inter-saisonnier</u>
Cette part importante d'énergie dissipée en période estivale pourrait être stockée dans le cadre d'un stockage inter-saisonnier. Cependant, une fois stockée, la difficulté serait probablement de parvenir à déstocker cette énergie. Une telle quantité de chaleur dépasse la consommation totale annuelle des abonnés du SIOM (hors Enerlis), qui ne pourraient donc pas consommer cette énergie stockée (ou alors au détriment de l'UVE en période hivernale). Le réseau de chaleur des Ulis serait donc le principal bénéficiaire de ce stockage. Cette quantité de chaleur étant supérieure à la production des chaudières d'appoint gaz sur la saison de chauffe 2017 (octobre à avril), le stockage pourrait donc permettre de réduire très fortement la consommation de gaz.

Les volumes en jeu seraient toutefois très élevés (> 1 000 000 m3 pour stocker l'intégralité de l'énergie dissipée en été), la technologie à envisager serait donc soit le stockage au sol soit sur aquifère, pour lesquels des **études géologiques et hydrogéologiques approfondies seraient nécessaires** afin de vérifier la faisabilité d'un tel stockage souterrain. Les **températures admissibles pour ce type de stockage restent néanmoins limitées** (90 °C pour les sondes géothermiques et 50 °C sur aquifère) afin de ne pas altérer la composition géologique et hydraulique du sous-sol.
Or, le régime de température des réseaux SIOM et des Ulis excèdent largement ces limites (eau surchauffée à 180°C), ce qui réduit l'énergie valorisable et induit la mise en place d'une séparation HP/BP. Cette solution bénéficie toutefois d'un investissement faible par volume stocké et peut contenir un volume de stockage considérable, idéal pour un fonctionnement inter-saisonnier.

Si le SIOM et la Ville des Ulis souhaitaient approfondir cette solution, une étude de faisabilité (comprenant les études géologiques) devraient à minima étudier les points suivants :

- la contrainte foncière pour sélectionner l'emplacement de ce stockage, notamment pour le cas de la technologie de sondes géothermiques,
- l'impact sur les infrastructures du réseau, car l'interconnexion actuelle et HT11 ne seraient probablement pas en mesure de fournir toute cette énergie déstockée en plus de celle fournie par l'UVE en période hivernale,
- le prix de la chaleur déstockée. Elle serait probablement supérieure au prix du gaz en sortie chaudière aujourd'hui mais pourrait être économiquement intéressante à moyen terme selon l'évolution du gaz,
- la part réelle de la substitution de la production gaz par le stockage qui pourrait être plus faible qu'évoquée ci-dessus du fait de l'inertie des technologies de stockage inter-saisonnier.

Stockage journalier

Ce stockage d'énergie servirait à valoriser la chaleur fatale de l'UVE du SIOM dissipée pendant la période de chauffe soit environ **6 GWh.** En effet, même en période hivernale, il arrive que les besoins du réseau soient inférieurs à la production de l'UVE. Ce surplus pourrait être stocké puis facilement déstocké lors des pics d'appel de puissance qui ont lieu chaque jour. Pendant ces pics, la capacité maximale des échangeurs HT08 (réseau Courtabœuf) est atteinte tandis que la puissance fournie à Enerlis en HT11 n'est généralement pas à son maximum. Pourtant, le réseau des Ulis pourrait enlever plus de chaleur au SIOM si celui-ci était en mesure d'en fournir. Un stockage pourrait permettre de fournir plus de chaleur lors de ces pics de production.

Deux technologies sont possibles pour ce type de cas : le thermocline et le réservoir. Pour pouvoir être utilisées dans les mêmes conditions de pression et de température que celles des réseaux de chaleur du SIOM et des Ulis, il serait nécessaire d'adapter les ouvrages à un fonctionnement en haute pression par la mise en place d'une séparation HP/BP. Toutefois, ces technologies pouvant être installées de manière décentralisée ou centralisée, ces équipements pourraient être installés sur une branche BT.

Technologiquement différentes, ces deux solutions se présentent toutefois sous la forme d'une cuve, installée si possible hors sol afin d'en réduire les coûts d'installation. Le choix de l'une des deux technologies mériterait une étude de faisabilité.

Dans la suite de l'étude, seul le stockage journalier sera étudié et envisagé dans les scénarios de développement du réseau.

Des illustrations de cuves de stockage thermique de projets réalisés en Allemagne et Autriche sont disponibles à la page suivante.

Cuve haute pression 840 m3 par cuve

Cuve basse pression 34 000 m3 - Autriche

Linz AG, Austria, 34 000 m³, 1350 MWh, 2005

Source: Linz AG

Cuve basse pression 5 700 m3 - Munich

Cuve haute pression 8 000 m3 - Münster

Source: Stadtwerke Münster

3.3. SYNTHESE

Énergies et Technologies	RESEAUX DE CHALEUR A PROXIMITE	GEOTHERMIE	SOLAIRE THERMIQUE	BIOMASSE	BIOGAZ	DATA CENTER	STOCKAGE THERMIQUE
Descriptif	Création d'une interconnexion avec un autre réseau de chaleur	Valorisation de la chaleur de l'eau stockée dans différentes couches du sol	Chauffage de l'eau grâce à l'énergie solaire	Combustion de matière végétale (bûches, granulés, plaquettes, résidus agricoles) dans une chaudière	Fermentation de résidus agricoles pour production de gaz qui est ensuite brûlé dans une chaudière ou injecté sur le réseau de gaz	Récupération de la chaleur évacuée par les data-center pour leur besoins de refroidissement	Le surplus d'énergie disponible de l'UVE est stockée pour être restituée lors des pics d'appel de puissance
Avantages dans le cas du SIOM	- Valorisation supplémentaire de la chaleur de l'UVE - Pas de changement de statut nécessaire pour le SIOM dont l'activité reste identique	- Énergie renouvelable	- Énergie renouvelable	- Énergie renouvelable	- Énergie renouvelable - La récupération de résidus agricoles se rapproche de l'activité actuelle du SIOM	- Énergie de récupération - Deux petits data center sur la zone de Courtabœuf - Plus grand data center d'Europe situé à quelques kilomètres	- Valorisation supplémentaire de la chaleur de l'UVE - Pas de changement de statut nécessaire pour le SIOM dont l'activité reste identique
Inconvénients dans le cas du SIOM	- Réseau de l'EPPS fonctionne à des régimes trop bas - Réseau du SIMACUR est trop loin et déjà équipé d'un UVE	- Potentiel géothermique limité dans la zone d'activité de Courtabœuf - Régimes de température trop bas par rapport au réseau du SIOM - Problème de foncier pour installer les puits de forage - Rentabilité économique très compliquée à obtenir sur un fonctionnement en appoint de l'UVE	- Nécessite des surfaces importantes pour implantation - Pas compatible avec un réseau en eau surchauffé, surtout utilisé pour l'ECS	- Nécessite foncier pour installer la chaufferie - Trafic supplémentaire de camion généré sur le site du SIOM - Pilotage compliqué du fait de la contrainte de minimum de charge pouvant obliger de brider l'UVE - Nécessite le changement des statuts du SIOM	- Nécessite foncier pour la méthanisation et la combustion (l'injection sur le réseau n'a aucun intérêt pour le réseau de chaleur) - Inconnu concernant la ressource réellement disponible - Livraison des résidus à organiser	- Régime de température trop bas par rapport au réseau du SIOM - Prix de la chaleur probablement très supérieur à celui de l'UVE	- Nécessite foncier pour placer la cuve de stockage - Peu d'expérience en France - Stockage en eau surchauffé techniquement très contraignant (installations et coûts), à envisager plutôt sur des antennes BT
Faisabilité à étudier	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui

4. PARTIE 3 – ÉVOLUTION ET DÉVELOPPEMENTS ENVISAGÉS DU RÉSEAU

L'objet de cette troisième partie est de réaliser une description des évolutions prévues ou prévisibles sur le périmètre du réseau de chaleur ou à proximité, prenant en compte l'évolution des bâtiments raccordés mais également l'ensemble des développements programmés ainsi que des opérations urbaines spécifiques (OIN, ZAC, ANRU, etc.) ou diffuses. Cette partie est complétée par une enquête sur les bâtiments existants non raccordés au réseau afin d'envisager des travaux d'extensions du réseau pour valoriser davantage de chaleur.

4.1. ÉVOLUTION DES BESOINS DU RÉSEAU DE CHALEUR

4.1.1. Évolution sur les bâtiments raccordés

Nous avons interrogé l'ensemble des abonnés raccordés au réseau afin de connaître l'évolution de leurs besoins et de leur patrimoine. Nous n'avons reçu aucune réponse de leur part. Toutefois, il faut signaler que la typologie des abonnés du SIOM est particulière : il s'agit exclusivement de bureaux et magasins qui, pour la plupart, sont locataires et non propriétaires des locaux. Il est donc peu probable que ceux-ci aient une réelle connaissance de l'évolution du patrimoine des bâtiments raccordés.

Notre expérience dans le domaine nous permet cependant de considérer qu'il ne devrait pas y avoir d'évolutions significatives de la consommation des abonnés. En revanche, cette consommation peut fortement varier d'une année sur l'autre en cas de bâtiment inoccupé suite au départ d'un abonné.

4.1.2. Évolution sur la Ville des Ulis

Nous avons rencontré la Ville des Ulis pour échanger sur les projets urbains de la Ville et l'évolution des besoins sur leur réseau de chaleur, principal abonné du SIOM.

Du fait des projets de réhabilitation thermique des bâtiments et de l'évolution comportementale des consommateurs, la Ville des Ulis prévoit une baisse des consommations de ses abonnés de 2 % par an jusqu'en 2035, ce qui représenterait une baisse totale d'environ 30 %. Parallèlement, plusieurs projets de raccordement sont en cours et devraient être réalisés à horizon 2020, pour un total de 600 logements supplémentaires.

Mis à part ces projets de construction de quelques logements, la Ville des Ulis ne dispose plus de foncier constructible non occupé, il ne devrait donc pas y avoir de grand projet de construction de logements collectifs.

Ceci étant, cette tendance à la baisse des consommations du réseau de la Ville ne devrait pas impacter significativement la vente de chaleur du SIOM. L'énergie fournie par le SIOM est prioritaire sur les moyens de production d'Enerlis, hormis la cogénération sur la période du 1er novembre au 31 mars. Une baisse de la consommation impacterait donc surtout les productions d'appoint de la biomasse et du gaz. De plus, comme mentionné au 2.4.2., il existe un engagement de fourniture de chaleur jusqu'en 2035 de 70 GWh par an qui sécurise les ventes du SIOM. Une révision de cet engagement pour une cible plus élevée permettrait de sécuriser plus fortement les ventes, et la Ville des Ulis s'est montrée ouverte aux discussions sur le sujet.

4.2. PROJETS URBAINS ET IMMOBILIERS PROGRAMMÉS

4.2.1. Villejust

Nous avons rencontré la Ville de Villejust pour échanger sur les projets urbains de Villejust, commune sur laquelle est implanté l'UVE et une partie des abonnés du réseau de chaleur du SIOM dans sa partie nord ouest.

Villejust est une commune de seulement 2 500 habitants pour une superficie de plus de 5 km² soit autant que la Ville des Ulis. Il s'agit donc d'une ville rurale, peu densément peuplée, qui a la volonté de rester dans cet esprit, et dont les zones d'habitation sont situées à l'Est et au Sud de la commune. Les projets de développement urbain et immobiliers sont donc peu nombreux et tous situés à une distance d'environ 1,5 km de l'UVE. Les champs situés entre l'UVE et les hameaux d'habitation ne sont pas constructibles car ils sont traversés par le passage de lignes électriques reliées au poste de transformation électrique de Villejust, plus grand poste de transformation de France. S'agissant de logements, il n'y a donc pas de potentiel de développement pour le réseau de chaleur du SIOM sur la commune de Villejust.

Par ailleurs, la commune accueille actuellement trois secteurs du parc d'activités de Courtabœuf dont deux sont déjà développés et desservis par le réseau du SIOM : Courtabœuf 3 (HT04, 05, 06) et Courtabœuf 7 (UVE du SIOM et réseau BT Villejust). Courtabœuf 9 a été récemment développé, à côté de Courtabœuf 7, sans prévoir le développement du réseau de chaleur sur cette zone pourtant à proximité de l'UVE. S'agissant de bâtiments neufs, il n'est plus envisageable de développer le réseau sur cette zone à court ou moyen terme. Il n'y a donc pas non plus de potentiel de développement pour le réseau de chaleur du SIOM concernant le tertiaire.

4.2.2. Villebon-sur-Yvette

Nous n'avons pas eu l'occasion de rencontrer la ville de Villebon-sur-Yvette, que le réseau traverse sur sa portion BT pour desservir un seul abonné actuellement : la société Bruneau.

Toutefois, nos échanges avec Villejust et Les Ulis nous ont permis d'avoir quelques informations sur un projet d'aménagement sur le territoire de Villebon-sur-Yvette : le secteur Courtabœuf 8 qui comprend le Parc de l'Atlantique et le terrain du Grand Dôme.
D'après les informations que nous avons pu recueillir, le projet immobilier du Parc de l'Atlantique de construction du bureaux, commerces et entrepôts est en cours de réalisation depuis 2014. La conception semble déjà réalisée avec des équipements de production de la chaleur de type pompe-à-chaleur incompatibles avec le réseau de chaleur. Il serait toutefois intéressant de vérifier s'il n'est pas encore temps de revoir la conception CVC de ces bâtiments.
Par ailleurs, au cours de notre étude, nous avons appris la vente du Grand Dôme à la Fédération Française de Judo (FFJDA) qui a nommé en juillet 2018 un groupement de maîtrise d'œuvre pour la rénovation et l'extension du bâtiment, site potentiellement utilisé pour les JO 2024. Cette salle permettrait d'accueillir des compétitions sportives et manifestations culturelles tels que des concerts. Une extension comprenant des salles de sport sera construite. Cet ensemble, aujourd'hui équipé d'une chaufferie gaz, serait compatible avec un raccordement au réseau de chaleur. Nous recommandons de contacter l'équipe de maîtrise d'œuvre pour étudier la faisabilité d'un raccordement.

4.2.3. Les Ulis

Nous avons déjà évoqué l'évolution des besoins du réseau de chaleur de la Ville des Ulis et les potentiels projets urbains qui pourraient être développés dans la partie 4.1.2.. Ceci étant, la zone d'activités de Courtaboeuf s'étend également sur le territoire de la Ville des Ulis et deux projets sont à signaler dans le cadre de notre schéma directeur.

Tout d'abord, un nouveau secteur, Courtabœuf 10, pourrait être créé entre le cimetière intercommunal et Courtabœuf 7. Il accueillerait un projet unique, qui n'aurait pas de besoins de chaleur mais en produirait. Nous n'avons pas pu avoir plus d'informations à propos de ce projet qui est piloté par la Communauté Paris-Saclay. Il pourrait toutefois s'agir d'une autre source de chaleur pour le réseau du SIOM, qui pourrait être reliée, soit directement à l'UVE (environ 1 km), soit au réseau HP en passant sous l'autoroute, soit au réseau BP de Villejust.

Par ailleurs, sur le secteur Courtabœuf 2, le projet « Cœur de Parc » a été lancé récemment pour réfléchir à l'aménagement de la ferme de Courtabœuf. Il est envisagé la construction d'hôtels, restaurants, et 52 000 m² de bureaux sont évoqués à l'horizon 2030. Cette échéance moyen-long terme permet au SIOM de pouvoir développer d'autres projets auparavant et de faire part de son intérêt pour alimenter en chaleur un tel projet s'il en a la capacité.

4.3. DÉVELOPPEMENTS ENVISAGEABLES SUR LES BÂTIMENTS EXISTANTS

4.3.1. Méthodologie de l'enquête

Plutôt que de contacter les 1200 entreprises implantées sur la zone d'activités de Courtabœuf, parmi lesquelles de nombreuses sont locataires et non propriétaires des locaux, donc peu informées sur la production de chaleur et de froid du bâtiment, notre enquête a débuté par un travail exhaustif d'identification des sites potentiels.

Pour cela, nous avons balayé toute la zone d'activités et écarté les sites non compatibles sur le plan technico-économique avec un raccordement au réseau. Notre expérience dans le domaine nous permet de considérer un site incompatible lorsqu'il est équipé d'une production de chaleur individuelle et non centralisée ou d'une production mixte de chaleur et de froid. Cette première phase nous a permis de dégager 41 bâtiments pour lesquels nous avons contacté 27 entreprises.

L'enquête réalisée, dont le courrier est disponible en annexe 3, avait pour objet de :

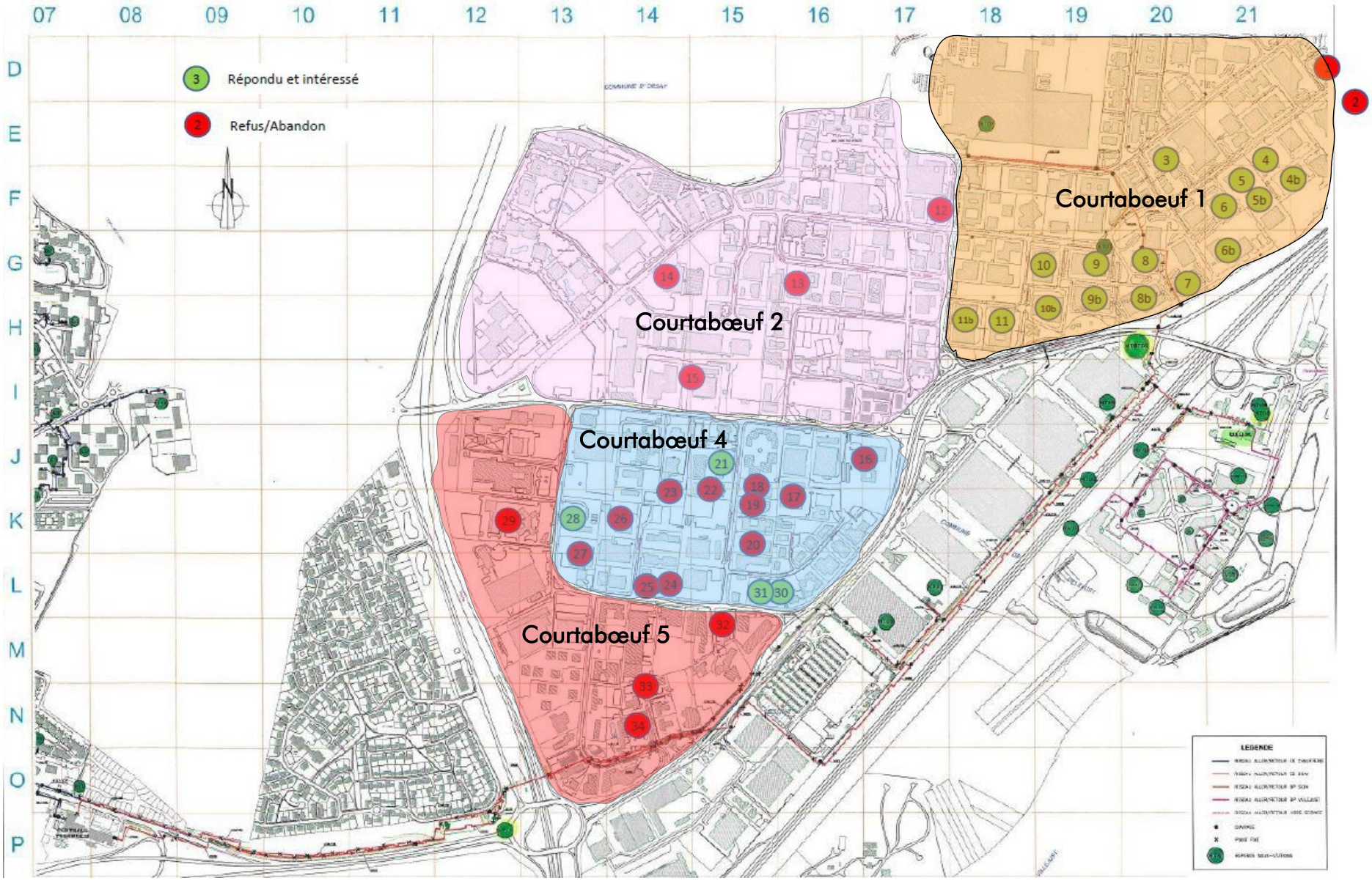
- Vérifier que le mode de chauffage était bien compatible avec un raccordement au réseau de chaleur (chaudière gaz ou fioul),
- Déterminer les consommations actuelles en chauffage et ECS des bâtiments,
- Connaître l'intérêt des propriétaires pour un raccordement au réseau de chaleur.

Il est à noter qu'afin d'obtenir le maximum de réponses, le questionnaire a été réalisé de sorte à limiter le nombre de questions, les réponses obtenues sont donc peu précises mais nous constatons que les taux de participation à de tel sondage diminuent fortement lorsque le nombre de questions augmente. Ainsi, une incertitude d'environ 10 % existe sur les consommations obtenues à l'aide de ces questionnaires.

A l'issue de cette enquête, nous avons recueilli 17 réponses parmi lesquelles 5 ont affirmé leur intérêt pour le raccordement au réseau de chaleur. Ces 5 réponses représentent 20 bâtiments et une consommation de 11,3 GWh de gaz. Pour le réseau de chaleur du SIOM, cela représenterait **l'équivalent de 9,4 GWh de ventes de chaleur, soit plus de 63 % des ventes actuelles du réseau** (hors export vers ENERLIS).

Le détail de l'enquête et des réponses est donné par secteur dans les sections suivantes.

La carte ci-après synthétise l'ensemble des bâtiments que nous avions dégagés comme sites potentiels ainsi que les réponses. Sont représentés en vert, les bâtiments compatibles et intéressés par le raccordement au réseau de chaleur ; en rouge, ceux qui n'ont pas répondu ou ne sont pas intéressés.


07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
3 Répondu et intéressé
2 Refus/Abandon
N
Courtaboeuf 1
Courtabœuf 2
Courtabœuf 4
Courtabœuf 5
LEGENDE

4.3.2. Courtabœuf 1

Le secteur de Courtabœuf 1 est situé sur la commune de Villebon-sur-Yvette. Il est délimité par l'autoroute A10 à l'Est, l'avenue de l'Océanie au Sud et l'avenue de la Baltique à l'Ouest. Ce secteur est déjà traversé par le réseau de chaleur dans sa partie ouest par l'antenne BT du réseau de chaleur pour desservir l'abonné Bruneau.

Le tableau suivant rassemble l'ensemble des informations obtenues concernant les bâtiments du secteur Courtabœuf 1 identifiés comme prospects potentiels.

COURTABOEUF 1						
Repère plan	**Bâtiment**	**Réponse**	**Chauffage**	**ECS**	**Consommation annuelle**	**Raccordement possible**
1	Oncodesign	Oui	Gaz	Fioul	6 640 MWh PCS	Non
2	Centthor	Non	-	-	-	Non
3	Sternes*	Oui	Gaz	-	190 MWh PCS	Oui
4	Neottie*	Oui	Gaz	-	181 MWh PCS	Oui
4bis	Nefflier*	Oui	Gaz	-	388 MWh PCS	Oui
5	Muscari*	Oui	Gaz	-	371 MWh PCS	Oui
5bis	Magnolia*	Oui	Gaz	-	606 MWh PCS	Oui
6	Kentia*	Oui	Gaz	-	887 MWh PCS	Oui
6b	Lys*	Oui	Gaz	-	594 MWh PCS	Oui
7	Ibéris*	Oui	Gaz	-	685 MWh PCS	Oui
8	Gentiane*	Oui	Gaz	-	595 MWh PCS	Oui
8b	Hibiscus*	Oui	Gaz	-	686 MWh PCS	Oui
9	Épicéa*	Oui	Gaz	-	565 MWh PCS	Oui
9bis	Fuschia*	Oui	Gaz	-	602 MWh PCS	Oui
10	Dahlia*	Oui	Gaz	-	587 MWh PCS	Oui
10bis	Charmille*	Oui	Gaz	-	1 450 MWh PCS	Oui
11	Bougainvillée*	Oui	Gaz	-	997 MWh PCS	Oui
11bis	Acacia*	Oui	Gaz	-	624 MWh PCS	Oui
**Bâtiments du Parc Mosaic*			**TOTAL**		**16 648 MWh PCS**	**10 008 MWh PCS**

Un abonné potentiel important se dégage dans notre enquête : le parc Mosaic, anciennement appelé zone Silic puis parc Icade, déjà parcouru par l'antenne BT. L'extension pour raccorder l'ensemble des bâtiments se ferait donc par le biais d'un agrandissement de l'antenne BT existante.

Nous avons pu échanger avec le gestionnaire technique du parc mandaté par le nouveau propriétaire (vente en 2017). Il nous a confirmé son intérêt pour un raccordement au réseau de chaleur de ses bâtiments dont les installations de chauffage sont vieillissantes, et pour lesquelles il doit planifier un remplacement à court-moyen terme.

Un total de 10 GWh PCS de gaz a été consommé par les bâtiments du Parc Mosaic en 2017, ce qui représenterait environ 8,3 GWh de ventes de chaleur. Le développement d'une telle extension représenterait une augmentation très importante de 63 % des ventes du réseau de Courtabœuf.

4.3.3. Courtabœuf 2

Le secteur de Courtabœuf 2 est situé sur la commune des Ulis. Il est délimité par l'avenue de la Baltique à l'Est, l'avenue des Tropiques au Sud et la N118 à l'Ouest. Ce secteur, très étendu, n'est pas desservi actuellement par le réseau de chaleur. La partie ouest (avenue du Canada) de ce secteur est l'une des zones les plus compliquées à desservir sur Courtabœuf du fait de la distance par rapport au tracé actuel du réseau.

Le tableau suivant rassemble l'ensemble des informations obtenues concernant les bâtiments du secteur Courtabœuf 2 identifiés comme prospects potentiels.

COURTABOEUF 2						
Repère plan	**Bâtiment**	**Réponse**	**Chauffage**	**ECS**	**Consommation annuelle**	**Raccordement possible**
12	*Démoli*	-	-	-	-	Non
13	Sport Indoor	Oui	-	-	-	Non
14	Ansaldo STS	Non	-	-	-	Non
15	LFB	Oui	-	-	-	Non
			TOTAL		**0 MWh PCS**	**0 MWh PCS**

Le bâtiment 12 que nous avions identifié a été démoli récemment. Sport Indoor ne nous a pas communiqué d'informations sur leurs installations et consommations et ne s'est pas montré intéressé par un raccordement. Nous avons eu un contact avec Ansaldo STS mais nous n'avons jamais eu de réponse précise. Ceci étant, comme il s'agit du prospect situé le plus loin, son raccordement aurait été conditionné par le raccordement d'autres abonnés sur le parcours du tracé. Enfin, concernant le LFB, les besoins en chaleur sont très importants (sans que nous ayons plus de précisions) mais ils nous ont affirmé que leurs processus n'étaient pas compatibles avec les régimes de température du réseau du SIOM. Des échanges ont déjà eu lieu entre le SIOM, Dalkia et le LFB à ce sujet, un raccordement ne semble donc pas possible.

4.3.4. Secteur Sud Avenue des Tropiques (Courtabœuf 4 et 5)

L'avenue des Tropiques traverse la zone d'activités de Courtabœuf sur un axe Est-Ouest et marque la limite entre Courtabœuf 2 au nord et Courtabœuf 4 et 5 au sud. Comme affiché sur la carte, la plupart des bâtiments identifiés, hors parc Mosaic, étaient situés au Sud de l'Avenue des Tropiques.

Le tableau suivant rassemble l'ensemble des informations obtenues concernant les bâtiments au Sud de l'Avenue des Tropiques.

COURTABOEUF 4 & 5						
Repère plan	**Bâtiment**	**Réponse**	**Chauffage**	**ECS**	**Consommation annuelle**	**Raccordement possible**
16	Omnova Solutions	Non	-	-	-	Non
17	Horiba	Oui	Électrique	Électrique	-	Non
18	Kirchheim Grillot	Oui	Gaz	Électrique	-	Pas de réponse
19	A4	Non	-	-	-	Non
20	Ebony	Oui	Électrique	Électrique	-	Non
21	Eiffage Clemessy	Oui	Gaz	Gaz	75 MWh PCS	Oui
22	Systronic	Oui	Gaz	Gaz	-	Pas de réponse
23	Lili's Brownies	Non	-	-	-	Non
24	Zodiac Data System	Non	-	-	-	Non
25	Aqsacom	Oui	Électrique	Électrique	-	Non
26	Samaro SA	Oui	-	-	-	Non
27	RBP Pharma & Horizon Pharma	Non	-	-	-	Non
28	ERCA	Oui	Gaz	Électrique	384 MWh PCS	Oui
29	Enedis & GRDF	Non	-	-	-	Non
30	Ottobock France	Oui	Gaz	Électrique	437 MWh PCS	Oui
31	Ottobock France	Oui	Fioul	Fioul	441 MWh PCS	Oui
32	Gewiss France SA	Oui	Électrique	Électrique	-	Non
33	*Inoccupé*	-	-	-	-	Non
34		Non	-	-	-	Non
			TOTAL		**1 337 MWh PCS**	**1 337 MWh PCS**

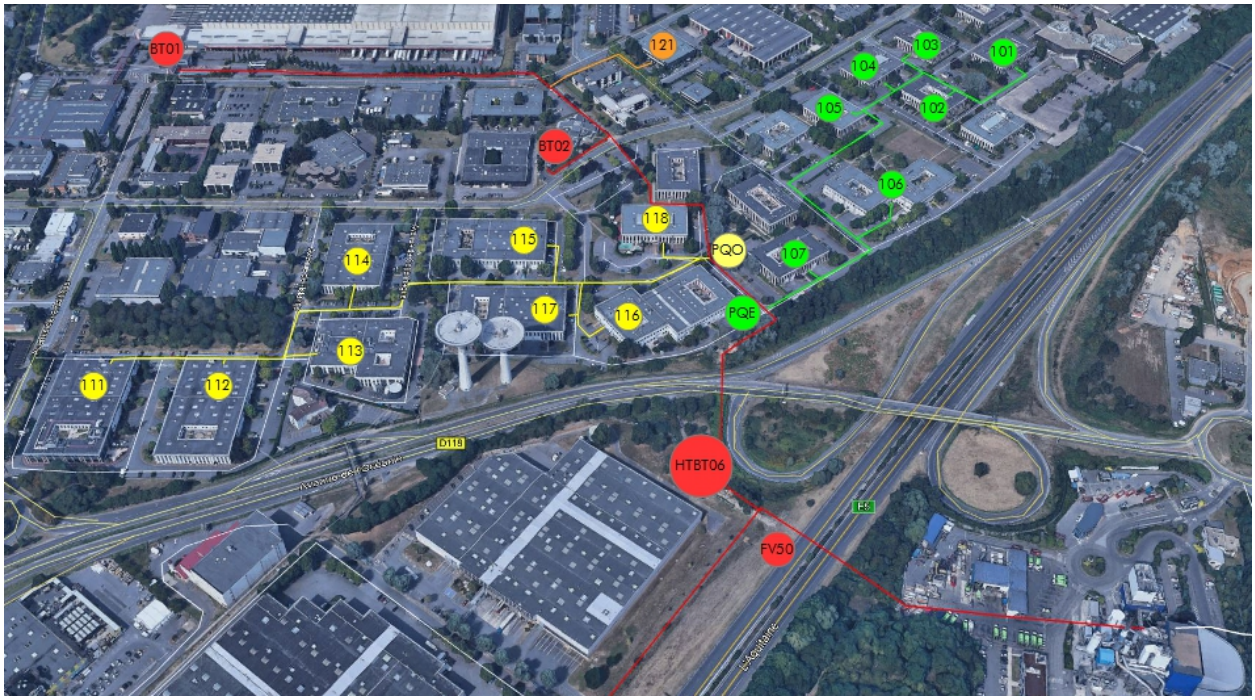
Une consommation annuelle de 1,3 GWh PCS de gaz a été déterminée pour les bâtiments de la zone qui se sont montrés intéressés par un raccordement au réseau de chaleur, ce qui représenterait environ 1,1 GWh de ventes de chaleur. Malheureusement, les bâtiments 18 et 22 n'ont pas répondu aux questions qui concernent leurs besoins et leur intérêt pour un raccordement.

4.4. FAISABILITÉ TECHNIQUE DES EXTENSIONS

Dans l'ensemble de ce chapitre, nous allons étudier la faisabilité technico-économique des extensions afin de raccorder les bâtiments ayant manifesté leur intérêt pour un raccordement au réseau de chaleur. Pour cela, une esquisse de tracé est à chaque fois proposé afin d'évaluer la longueur du réseau à créer.
Sur les illustrations, le réseau existant est représenté en rouge.

4.4.1. Parc Mosaïc

Étant donné le passage du réseau au milieu du parc, et le nombre important de bâtiments à raccorder, nous proposons de répartir l'extension en deux branches, Est et Ouest, toutes les deux piquées sur l'antenne BT actuelle. A cela s'ajouterait une branche supplémentaire pour raccorder le bâtiment au nord de l'avenue du Québec directement sur l'antenne BT existante. L'ensemble de l'extension serait donc en basse pression basse température.



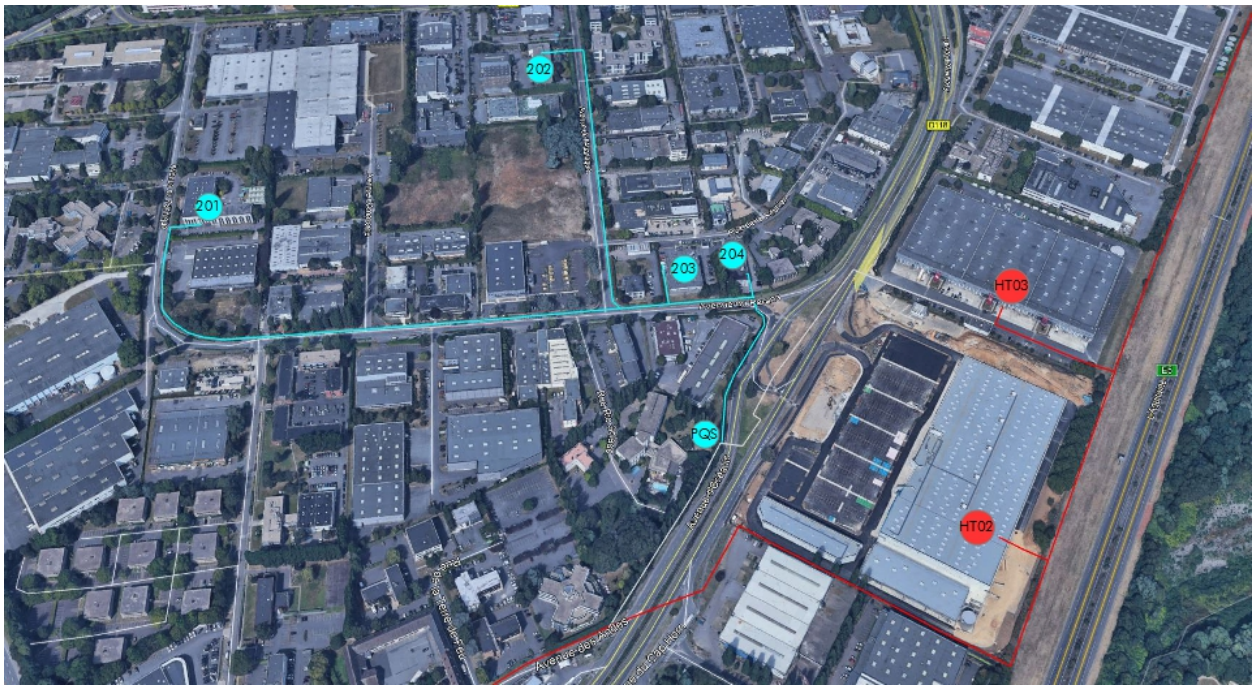
L'extension Est, représentée en vert sur l'image ci-dessus, permet d'alimenter 7 bâtiments et de couvrir 3,08 GWh de besoins annuels de chaleur.
L'extension Ouest, représentée en jaune sur l'image ci-dessus, permet d'alimenter 8 bâtiments et de couvrir 5,06 GWh de besoins annuels de chaleur.
L'extension Nord, représentée en orange sur l'image ci-dessus, permet d'alimenter 1 bâtiment et de couvrir 158 MWh de besoins annuels de chaleur.

Au global, l'extension Mosaïc représente une longueur d'environ 1615 ml pour 8,3 GWh de besoins annuels de chaleur, soit un ratio de 5,14 MWh/ml. Cette densité peut être

considérée comme propice à une extension puisqu'elle est supérieure aux 1,5 MWh/ml nécessaires définis par l'ADEME pour l'obtention de subventions Fonds Chaleur.
Ceci étant, une telle extension nécessitera une réfection du tronçon BT existant dans la mesure où son dimensionnement n'a pas été prévu pour de tels besoins. Les diamètres seront probablement trop faibles, auquel cas la longueur de réseau serait de 1850 ml soit une densité de 4,48 MWh/ml.

4.4.2. Secteur Sud Avenue des Tropiques

Afin de raccorder les 4 bâtiments des prospects qui se sont montrés intéressés, le tracé turquoise ci-dessous est proposé.



Le point de piquage proposé n'est pas sur le réseau existant (en rouge) mais sur un tracé blanc. Il s'agit d'une portion inutilisée suite aux travaux de 2012-2013 et la mise en service du 3e tube. Cette portion était sujette à des fuites mais plutôt sur le parking entre Castorama et l'abonné HT03. Après discussions avec l'exploitant, nous proposons de remettre en service la portion qui longe l'avenue de l'Océanie vers le sud-ouest, ceci afin d'éviter de la traverser.

Au global, cette extension Sud représente une longueur d'environ 1240 ml pour 1,1 GWh de besoins annuels de chaleur, soit un ratio de 0,89 MWh/ml. Cette densité est inférieure aux 1,5 MWh/ml nécessaires définis par l'ADEME pour l'obtention de subventions Fonds Chaleur. La faisabilité de cette extension nous semble donc compromise, du fait de deux abonnés situés loin du réseau.

En revanche, une extension plus petite nous paraît réalisable : la portion jusqu'aux deux bâtiments Ottobock. Elle permettrait de couvrir 728 MWh pour une distance de 315 ml soit un ratio de 2,31 MWh/ml, ce qui est supérieur au seuil fixé par l'ADEME.

Cette extension serait en eau surchauffée. Il serait possible de la faire en basse pression, auquel cas cela nécessiterait la construction d'une sous-station d'échange HTBT.

4.5. PRÉSENTATION DES SCÉNARIOS RETENUS

Suite à l'état des lieux des sources de chaleur à proximité réalisé dans la Partie 2, au travail exhaustif d'identification de sites potentiels, à l'enquête et à l'étude de faisabilité, nous avons proposé deux scénarios d'évolution à court-moyen terme du réseau de chaleur du SIOM. Ceux-ci ont été présentés en réunion le 12 juin pour valider l'approfondissement de ceux-ci dans la suite du schéma directeur.

4.5.1. Scénario 1 : Extensions Mosaïc et Ottobock

Le premier scénario proposé est de réaliser les extensions suivantes :

- Extension Mosaïc Est,
- Extension Mosaïc Ouest,
- Extension Mosaïc Nord,
- Extension Ottobock.

Au global, cela représenterait environ 9 GWh de besoins de chaleur annuel et une longueur totale de 2165 ml de réseau à créer ou à rénover (en première approximation) pour remplacer les diamètres des conduites existantes.

4.5.2. Scénario 2 : Extensions et Stockage

Le second scénario comprend les extensions évoquées dans le premier scénario, auquel est ajoutée une cuve de stockage pour réaliser un stockage journalier ou hebdomadaire. Le dimensionnement technique et la faisabilité économique de la solution de stockage seront étudiés dans des sections ultérieures (l'étude d'impact énergétique au 4.6. et l'analyse économique au 6.1.).

4.6. ÉTUDE D'IMPACT ÉNERGÉTIQUE DES SCÉNARIOS

L'objectif de cette partie est d'étudier l'impact des scénarios :

- sur la quantité de chaleur supplémentaire qui pourrait être valorisée par l'UVE, objectif principal du schéma directeur.
- sur le bouquet énergétique de la Ville des Ulis. En effet, une augmentation des ventes de chaleur sur le réseau du SIOM pourrait impliquer une baisse significative de la chaleur vendue à Enerlis, qui serait compensée par des énergies plus coûteuses, impactant à la hausse le tarif des abonnés. Cela ne correspondant pas à la volonté du SIOM, nous avons étudié cet impact dans notre étude.

4.6.1. Scénario de référence

Ces impacts sont estimés via un logiciel de calcul à partir d'un scénario de référence qui est basé sur :

- une moyenne décennale des données météorologique,
- les données réelles de production et de consommation fournies par le SIOM et le délégataire.

Ce scénario de référence correspond donc à une année type, mais les résultats sont très proches de ceux de l'année des données fournies. Nous avons utilisé celles de l'année 2017. Les résultats du scénario de référence ainsi qu'une comparaison avec les valeurs réelles de l'année 2017 sont présentés dans les paragraphes suivant.

4.6.1.1. Production de l'UVE du SIOM

Les tableaux ci-dessous présentent les ventes de chaleur sur le réseau de Courtabœuf (y compris Enerlis dans une colonne séparée), les pertes et la production correspondante de l'UVE en 2017 et obtenus avec notre simulation. Le réseau de Villejust étant indépendant de celui de Courtabœuf, nous l'avons écarté de la simulation.

REELLE 2017				
(MWh)	EXPORT ENERLIS	RESEAU COURTABOEUF	PERTES RESEAU COURTABOEUF	PRODUCTION TOTALE UVE
janvier	9 130	2 781	584	12 495
février	8 594	2 549	575	11 717
mars	8 420	2 135	605	11 160
avril	6 972	1 045	622	8 639
mai	8 398	979	307	9 685
juin	4 311	58	165	4 534
juillet	3 591	53	286	3 930
août	2 397	12	92	2 501
septembre	4 476	19	118	4 613
octobre	7 278	64	286	7 627
novembre	8 871	1 152	549	10 573
décembre	9 372	1 644	952	11 968
total	81 810	12 491	5 140	99 441

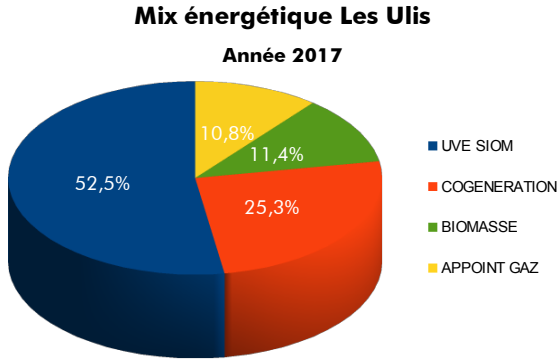
SIMULATION			
(MWh)	EXPORT ENERLIS	RESEAU COURTABOEUF	PRODUCTION TOTALE UVE
janvier	10 018	2 749	12 767
février	8 965	2 369	11 334
mars	8 529	2 062	10 591
avril	9 796	1 388	11 184
mai	6 926	553	7 479
juin	3 941	0	3 941
juillet	4 072	0	4 072
août	2 627	0	2 627
septembre	3 941	0	3 941
octobre	7 149	726	7 875
novembre	8 488	2 002	10 490
décembre	9 845	2 702	12 547
total	84 296	14 550	98 846

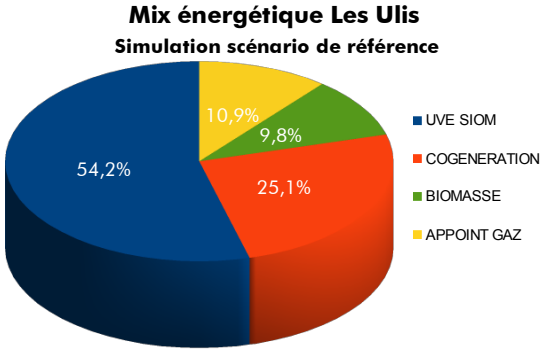
On observe un écart de 595 MWh sur la production totale de l'UVE, soit une différence de 0,6%, ce qui est un très bon résultat. L'export de chaleur vers Enerlis et les consommations de Courtabœuf sont respectivement surestimées de 2486 MWh et 2059 MWh (soit des écarts respectifs de 3% et 16,5%). Cet écart est en réalité lié à la structure de la simulation qui prend en compte les pertes mais les intègre directement dans les consommations. On constate d'ailleurs que la somme de ces deux écarts est proche des pertes du réseau Courtabœuf en 2017. On pourra donc considérer que ces écarts correspondent aux pertes de la liaison SIOM-Enerlis et du réseau Courtabœuf.

Les valeurs de consommations seront donc surestimées dans nos résultats dans la mesure où elles intégreront les pertes réseau mais celles de production sont fiables.

4.6.1.2. Mix énergétique des Ulis

Les graphiques ci-dessous présentent le mix énergétique de production de la Ville des Ulis en 2017 et celui obtenu par simulation.





La simulation surestime la fourniture de chaleur par l'UVE du SIOM de 1,7 points, impactant principalement à la baisse la part de la biomasse de 1,6 points (représentant 2569 MWh). La part EnR du réseau des Ulis reste donc très proche de la valeur réelle.

Cette surestimation est liée à la caractéristique de la simulation déjà décrite précédemment. En effet, les pertes du réseau du SIOM étant incluses dans la valeur de l'export Enerlis, la fourniture de chaleur par l'UVE est surestimée. Dans la mesure où les pertes sont relativement indépendantes de la rigueur climatique et principalement liées à la longueur du réseau et aux températures de fonctionnement, celles-ci peuvent être considérées fixes dans tous les scénarios. Une valeur de 2500 MWh pourra donc être retenue à retrancher de l'export Enerlis et à ajouter à la production biomasse pour approcher le cas réel. Ce raisonnement aura surtout un intérêt pour la partie 5, puisque l'étude d'impact se fait par comparaison avec le scénario de référence, l'erreur étant donc la même dans chaque scénario.

4.6.2. Scénario 1 (Extensions Mosaïc et Ottobock)

4.6.2.1. Production de l'UVE du SIOM

Les tableaux ci-dessous présentent les ventes de chaleur sur le réseau de Courtabœuf et vers Enerlis (incluant les pertes sur le réseau) et la production totale de l'UVE du SIOM, obtenus avec notre simulation pour le scénario 1, ainsi que les écarts par rapport au scénario de référence.

RESULTATS SIMULATION SCENARIO 1

(MWh)	EXPORT ENERLIS	RESEAU COURTABOEUF	PRODUCTION TOTALE UVE
janvier	8 416	4 622	13 038
février	7 619	3 984	11 603
mars	7 579	3 467	11 046
avril	9 178	2 333	11 512
mai	6 756	930	7 685
juin	3 941	0	3 941
juillet	4 072	0	4 072
août	2 627	0	2 627
septembre	3 941	0	3 941
octobre	6 840	1 221	8 061
novembre	7 620	3 366	10 986
décembre	8 328	4 543	12 871
total	76 917 MWh	24 466 MWh	101 383 MWh

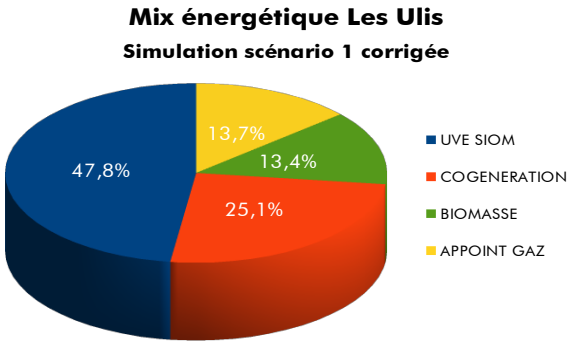
ECART SCENARIO 1 / REFERENCE

(MWh)	EXPORT ENERLIS	RESEAU COURTABOEUF	PRODUCTION TOTALE UVE
janvier	-1 602	1 873	271
février	-1 346	1 615	269
mars	-950	1 405	455
avril	-618	946	328
mai	-170	377	207
juin	0	0	0
juillet	0	0	0
août	0	0	0
septembre	0	0	0
octobre	-309	495	186
novembre	-868	1 364	496
décembre	-1 517	1 841	324
total	-7 379 MWh	9 915 MWh	2 536 MWh

Comme prévu à l'issue de l'enquête, les extensions permettent d'augmenter significativement les ventes de chaleur sur le réseau du SIOM de 9,9 GWh soit + 68 %. Ceci étant, cette augmentation des ventes permet de valoriser seulement 2,5 GWh supplémentaires à partir de l'UVE soit une augmentation de 2,6 %. L'écart de 7,4 GWh (- 8,75 %), se retrouve dans la baisse de l'export de chaleur vers Enerlis. L'impact de cette baisse de l'export Enerlis est étudié plus précisément dans le paragraphe suivant.

4.6.2.2. Mix énergétique des Ulis

Le graphique et le tableau ci-dessous présentent le mix énergétique de production du réseau de chaleur de la Ville des Ulis dans le cas du scénario 1 obtenu par simulation, corrigé des 2,5 GWh surestimés de l'export de l'UVE vers Enerlis.



	Mixité mensuelle		
	COGE	GAZ	ENR
janvier	34%	15%	50,98%
février	35%	14%	50,94%
mars	40%	10%	49,16%
avril	0%	19%	81,39%
mai	0%	17%	82,92%
juin	0%	0%	100,00%
juillet	0%	0%	99,87%
août	0%	35%	64,60%
septembre	0%	0%	100,00%
octobre	0%	15%	85,50%
novembre	40%	11%	48,95%
décembre	34%	15%	51,19%
total	25,1%	13,7%	61,21%

Comme évoqué dans le paragraphe précédent, la fourniture de chaleur de l'UVE du SIOM est réduite. Sa part dans le mix énergétique diminue de 4,7 points par rapport au cas réel de 2017 passant sous les 50 %. La compensation est assurée par la biomasse (+2,0 points) et l'appoint gaz (+2,7 points). Le taux d'ENR&R sur le réseau des Ulis passe de 63,9 % à 61,2 %.

4.6.3. Scénario 2

Les résultats de la simulation du scénario 2 présentés dans cette partie correspondent à une installation de stockage d'un volume de 1000 m^3 et une puissance d'échangeur de 6 MW, en complément des extensions étudiés dans le scénario 1. Ce choix de dimensionnement sera discuté dans l'analyse économique des scénarios de la Partie 5.

4.6.3.1. Production de l'UVE du SIOM

Les tableaux ci-dessous présentent les ventes de chaleur sur le réseau de Courtabœuf et vers Enerlis (incluant la chaleur stockée-déstockée, et les pertes sur le réseau) et la production totale de l'UVE du SIOM, obtenus avec notre simulation pour le scénario 2, ainsi que les écarts par rapport au scénario de référence.

RESULTATS SIMULATION SCENARIO 2

(MWh)	EXPORT ENERLIS	RESEAU COURTABOEUF	PRODUCTION TOTALE UVE
janvier	8 671	4 622	13 328
février	7 950	3 984	11 934
mars	8 078	3 467	11 545
avril	9 734	2 333	12 033
mai	7 174	930	8 138
juin	3 941	0	3 941
juillet	4 072	0	4 072
août	2 662	0	2 662
septembre	3 941	0	3 941
octobre	7 060	1 221	8 246
novembre	8 027	3 366	11 393
décembre	8 647	4 543	13 192
total	79 956 MWh	24 466 MWh	104 424 MWh

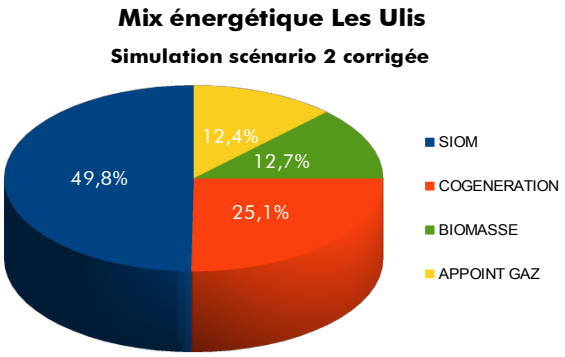
ECART SCENARIO 2 / REFERENCE

(MWh)	EXPORT ENERLIS	RESEAU COURTABOEUF	PRODUCTION TOTALE UVE
janvier	-1 346	1 873	562
février	-1 015	1 615	600
mars	-451	1 405	954
avril	-62	946	849
mai	248	377	660
juin	0	0	0
juillet	0	0	0
août	35	0	35
septembre	0	0	0
octobre	-89	495	371
novembre	-461	1 364	903
décembre	-1 198	1 841	646
total	-4 340 MWh	9 915 MWh	5 578 MWh

On retrouve donc la même valeur de hausse des ventes sur le réseau de Courtabœuf. En revanche, la baisse de l'export de chaleur vers Enerlis est désormais limitée à 4,3 GWh soit - 5,1 %. Pour le SIOM, l'installation de la solution de stockage permet de doubler sa valorisation de chaleur de l'UVE par rapport au scénario 1 qui est désormais de 5,6 GWh soit une augmentation de 6,6 %.

4.6.3.2. Mix énergétique des Ulis

Le graphique et le tableau ci-dessous présentent le mix énergétique de production du réseau de chaleur de la Ville des Ulis dans le cas du scénario 2 obtenu par simulation, corrigé des 2,5 GWh surestimés de l'export de l'UVE vers Enerlis.



	Mixité mensuelle		
	COGE	GAZ	ENR
janvier	34%	15%	51,75%
février	35%	13%	52,11%
mars	40%	9%	50,44%
avril	0%	17%	83,14%
mai	0%	12%	87,88%
juin	0%	0%	100,00%
juillet	0%	0%	100,00%
août	0%	35%	65,38%
septembre	0%	0%	100,00%
octobre	0%	13%	87,09%
novembre	40%	9%	50,40%
décembre	34%	14%	51,88%
total	25,1%	12,4%	61,21%

Grâce au dispositif de stockage, le SIOM représente près de 50 % dans le mix énergétique. Par rapport au cas réel de l'année 2017, la baisse n'est plus que de - 2,7 points, compensée par la biomasse (+ 1,3 points) et le gaz (+ 1,5 points).

Les mix énergétiques mensuels sont améliorés dans le scénario 2 par rapport au scénario 1. La part EnR est supérieure à 50 % pour tous les mois de l'année dans la simulation.

4.7. SYNTHESE DE LA PARTIE 3

Suite à notre enquête concernant les bâtiments existants, et à l'étude de faisabilité technique, deux scénarios de développement à court terme sont proposés :

- la construction des extensions sur le Parc Mosaïc et les bâtiments Ottobock,
- la mise en place d'un stockage en complément des deux extensions mentionnées ci-dessus.

La construction des extensions permettrait d'augmenter significativement les ventes de chaleur sur le réseau du SIOM (+ 9,9 GWh). Toutefois, une faible part de la fourniture proviendrait d'une valorisation supplémentaire de la chaleur de l'UVE (+ 2,5 GWh), la majorité se faisant au détriment de la ville des Ulis (- 7,7 GWh). L'engagement de fourniture de chaleur de 70 GWh serait toujours atteint mais le mix énergétique du réseau des Ulis serait fortement impacté avec une compensation par le gaz à 60 % et la biomasse à 40 %.

La mise en place d'un dispositif de stockage de 1000 m^3 et 6 MW permettrait de limiter la baisse de l'export de chaleur vers Enerlis (- 4,3 GWh) et permettrait de mieux valoriser de la chaleur de l'UVE (+5,5 GWh). Ces impacts énergétiques du stockage ont été simulés dans un cas où le stockage est décentralisé sur le réseau. Il stocke de l'énergie

lorsque de la puissance est disponible sur l'échangeur HT08 et fournit de l'énergie lorsque la puissance maximale sur HT08 est atteinte. Il ne permet donc pas de stocker de l'énergie actuellement dissipée dans les aérothermes de l'UVE lorsque HT08 est à son maximum de puissance. Il faudrait installer pour cela un stockage à proximité de l'UVE, en technologie HP, or nous recommandons un stockage BT pour réduire les contraintes techniques et le coût. Ceci étant, la dynamique entre la production du SIOM et la solution de stockage décentralisée sur une antenne BT n'est pas prise en compte dans notre simulation et nécessiterait d'être approfondie afin de valider les valeurs que nous avons annoncé précédemment.

Une autre extension n'a pas pu être développée dans cette étude du fait du calendrier mais pourrait être approfondie. Il s'agit du raccordement du Grand Dôme, dont l'intérêt économique du raccordement pourrait être facilité par le raccordement de certains bâtiments qui seront construits dans le cadre du développement de Courtabœuf 8. Ces développement peuvent d'ores et déjà être étudiés.

Par ailleurs, notre étude a permis d'identifier des projets d'aménagement à plus long terme à suivre afin de proposer un raccordement au réseau de chaleur au moment opportun :

- La réalisation du projet Courtabœuf 10 qui pourrait permettre une production de chaleur complémentaire,
- Le projet « Cœur de Parc », opération de construction au centre de la zone d'activités de Courtabœuf qui en est à son début.

Dans la situation actuelle de production, ces potentielles extensions impacteraient significativement le réseau des Ulis. Ceci étant, si la baisse de 2%/an des besoins de la ville des Ulis se réalise et diminue significativement la fourniture de chaleur, ces projets à moyen/long terme pourraient permettre de compenser cette baisse. Une autre réflexion pourrait également avoir lieu, à savoir réaliser un stockage saisonnier sur le site d'Enerlis qui bénéficie d'une surface foncière plus importante et pourrait ainsi augmenter la valorisation de sa chaleur. Mais s'agissant d'un projet hors périmètre du réseau du SIOM, il n'est pas approfondi ici.

Scénario	Scénario 1	Scénario 2
Descriptif	Création des extensions du Parc Mosaïc (Nord, Est et Ouest) et Ottobock	Création des extensions du scénario 1 et mise en place d'une cuve de stockage (1000 m3, 6MW)
Valorisation supplémentaire UVE	2,5 GWh soit + 2,6 %	5,5 GWh soit + 6,6 %
Impact ventes abonnés SIOM	+ 9,9 GWh soit + 68 % de ventes de chaleur sur le réseau du SIOM	+ 9,9 GWh soit + 68 % de ventes de chaleur sur le réseau du SIOM
Impact Export Enerlis	- 7,4 GWh	- 4 ,3 GWh
Mix énergétique Enerlis	Part UVE : 47,8 %	Part UVE : 49,8 %

5. PARTIE 4 – ÉVOLUTION ET INTÉGRATION CONTRACTUELLE

5.1. INTÉGRATION CONTRACTUELLE

Le type et l'ampleur des travaux à réaliser dans le cadre des scénarios d'évolution évoqués ne sont pas de nature à résilier la délégation de service public pour remettre en concurrence le délégataire. Un avenant au contrat de DSP sera nécessaire pour intégrer les évolutions sur le réseau de chaleur mais son contenu dépendra du mode de réalisation de travaux. Dans la mesure où nous estimons le montant total des travaux du scénario 2 à moins de 4 M€.HT (voir par la suite dans le paragraphe 6.1 de la Partie 5), le SIOM dispose de deux possibilités pour les réaliser :

- Faire réaliser les travaux par le délégataire dans le cadre de la DSP. Une telle disposition est possible si le montant des travaux est inférieur à 5,5 M€.HT et à 10 % du montant total du contrat de DSP. Le compte d'exploitation prévisionnel prévoit un total de ventes de 94,6 M€.HT sur la durée totale de la DSP. Le seuil de 10 % (9,46 M€.HT) ne sera donc probablement pas dépassé.

- Lancer un marché public de maîtrise d'œuvre de conception et réalisation des travaux.

La pratique démontre qu'il n'y a pas en la matière une solution meilleure que l'autre pour la réalisation de ce type de travaux. Les caractéristiques du projet et de la structure de rémunération sont les contraintes principales permettant de choisir.
La première solution permet d'impliquer l'exploitant du réseau dans les travaux et de lui faire porter le risque financier et la charge de l'investissement. L'exploitant est ensuite rémunéré par la révision des tarifs de base pour rembourser l'emprunt réalisé. Pour la maîtrise d'ouvrage, l'investissement initial est donc réduit voir nul selon le montage. Le délai de réalisation est également réduit par rapport à la deuxième solution, par optimisation des durées des phases de consultation pour un maître d'œuvre et pour des entreprises travaux.
La seconde solution offre l'avantage de mettre en concurrence plusieurs sociétés de travaux afin d'obtenir la prestation la mieux-disante. En revanche, dans ce cas là, la maîtrise d'ouvrage doit prendre à sa charge l'investissement puisqu'elle paie directement les travaux. Elle doit donc négocier l'emprunt et prendre le risque financier de l'opération. Elle rembourse l'emprunt par le prélèvement d'une quote-part sur la tarification, collectée par le délégataire et reversée à la maîtrise d'ouvrage. Cette seconde solution permet toutefois d'optimiser le coût global de l'opération, la rentabilité attendue sur le capital investi, s'agissant d'une collectivité locale, étant inférieure à celle demandée par le délégataire.

Le SIOM pourra donc se prononcer sur l'une ou l'autre de ces solutions en fonction des ses objectifs.

5.2. CLASSEMENT DU RÉSEAU DE CHALEUR

Le classement d'un réseau de chaleur est un dispositif permettant de faciliter le développement et la modernisation des réseaux de chaleur. En effet, cette procédure permet de rendre obligatoire le raccordement au réseau de tout bâtiment neuf ou subissant des opérations de réhabilitation situé dans des zones prioritaires de développement préalablement définis.

La loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement a redéfini les contours et les modalités du classement des réseaux de chaleur et de froid.

Le classement des réseaux de chaleur et de froid est défini par les articles L712-1 à L712-5 du Code de l'énergie, les articles 5 et 7 de la loi 80-531 du 15 juillet 1980, le décret n°2012-394 du 23 mars 20 12 relatif au classement des réseaux de chaleur et de froid et l'arrêté du 22 décembre 2012 relatif au classement des réseaux de chaleur et de froid.

Le classement est prononcé par délibération de la collectivité, étant précisé que :

- sur les réseaux existants, un audit énergétique examinant les possibilités d'amélioration de leur efficacité énergétique doit être réalisé ;
- lorsqu'il existe une commission consultative des services publics locaux (art. L1413-1 du CGCT), elle doit être consultée pour avis.

Le classement est donc un outil de planification énergétique à disposition de la collectivité, qu'elle peut articuler avec ses compétences en urbanisme et aménagement, ainsi qu'avec son plan climat énergie territorial. La procédure de classement s'inscrit ainsi dans le mouvement de fond de rapprochement des questions d'urbanisme et des questions de climat, air et énergie.

Afin de préserver les intérêts des usagers dans le cas où le réseau de chaleur ne constituerait pas une solution adaptée à leurs besoins, un dispositif de dérogation est prévu, notamment lorsque les performances tarifaires du réseau sont insuffisantes relativement aux solutions alternatives disponibles.

Dans le cas du SIOM, étant donné notre étude et les simulations que nous avons réalisé, tout nouveau raccordement impacterait encore un peu plus la fourniture de chaleur aux Ulis. Une automatisation du raccordement des nouveaux bâtiments n'est donc pas forcément opportune. Le classement du réseau est généralement plus cohérent dans les cas de projets urbains de logements.

6. PARTIE 5 – ANALYSE ÉCONOMIQUE, ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE

6.1. SCENARIO 1 (EXTENSIONS)

6.1.1. Bilan des investissements

Le tableau suivant synthétise les investissements nécessaires à la mise en œuvre de l'extension Mosaïc. Ces estimations comprennent donc la création des 3 branches Est, Ouest et Nord ainsi que la réfection du tronçon BT entre HTBT06 et le point de piquage PQO et du tronçon HT entre la fosse à vannes 50 et HTBT06 afin d'installer un DN de dimension suffisante.

INVESTISSEMENTS – RÉSEAU DE DISTRIBUTION ET SOUS-STATIONS	
RESEAU	**COÛT** *k€.HT*
Fourniture des tuyauteries et connexion (coudes, etc.)	374
Livraison sur chantier	34
Génie Civil Tranchées sous voirie communale	573
Réseau divers (installation chantier, chambres de vidange, essais etc.)	162
SOUS-TOTAL	**1 143**
SOUS-STATIONS	**COÛT** *k€.HT*
Création des sous-stations	448
Modification HTBT06	220
SOUS-TOTAL	**668**
DIVERS (RESEAU + SOUS-STATIONS)	**COÛT** *k€.HT*
Assurance, divers	36
MOE et études d'exécution	127
Aléas	148
SOUS-TOTAL	**311**
TOTAL GÉNÉRAL HORS SUBVENTIONS	**2 121**
SUBVENTIONS ESTIMEES	**549**
TOTAL GÉNÉRAL AVEC SUBVENTIONS	**1 572**

Le montant des investissements nécessaires pour l'extension Mosaïc est de 2 121 k€.HT hors subventions et de 1 572 k€.HT avec subventions. Le montant des subventions tient compte d'une aide forfaitaire de 280 €.HT/ml de tranchée liée à l'extension du réseau et à la réfaction des tronçons existant pour augmentation du DN, aide généralement constatée sur d'autres opérations similaires.

Le tableau suivant synthétise les investissements nécessaires à la mise en œuvre de l'extension Ottobock. Ces estimations comprennent donc la création de la branche HP jusqu'aux deux bâtiments.

RÉSEAU DE DISTRIBUTION – EXTENSION OTTOBOCK	
INVESTISSEMENTS – RÉSEAU DE DISTRIBUTION ET SOUS-STATIONS	
RESEAU	**COÛT** *k€.HT*
Fourniture des tuyauteries et connexion (coudes, etc.)	88
Livraison sur chantier	34
Génie Civil Tranchées sous voirie communale	73
Réseau divers (installation chantier, chambres de vidange, essais etc.)	73
SOUS-TOTAL	**268**
SOUS-STATIONS	**COÛT** *k€.HT*
Création des sous-stations	61
SOUS-TOTAL	**61**
DIVERS	**COÛT** *k€.HT*
Assurance, divers	7
MOE et études d'exécution	23
Aléas	30
SOUS-TOTAL	**59**
TOTAL GÉNÉRAL HORS SUBVENTIONS	**388**
SUBVENTIONS ESTIMEES	**89**
TOTAL GÉNÉRAL AVEC SUBVENTIONS	**299**

Le montant des investissements nécessaires pour l'extension Ottobock est de 388 k€.HT hors subventions et de 299 k€.HT avec subventions. Le montant des subventions tient compte d'une aide forfaitaire de 280 €.HT/ml de tranchée liée à l'extension du réseau et à la réfaction des tronçons existant pour augmentation du DN, aide généralement constatée sur d'autres opérations similaires.

Le tableau ci-dessous fait la synthèse des investissements du Scénario 1.

SYNTHÈSE DES INVESTISSEMENTS – Scénario 1	
POSTES	**COÛT** *k€.HT*
TOTAL GÉNÉRAL RÉSEAU DE DISTRIBUTION	1 678
TOTAL GÉNÉRAL ÉQUIPEMENTS SOUS-STATIONS	830
TOTAL GÉNÉRAL ADAPTATION CHAUFFERIES	0
TOTAL GÉNÉRAL SUBVENTIONS	-638
TOTAL INVESTISSEMENTS	**1 871**

Au global, le montant des investissements nécessaires pour le scénario 1 est de 2 501 k€.HT hors subventions et de 1 871 k€.HT avec subventions.

6.1.2. Impact financier pour les abonnés

Ce paragraphe étudie l'impact de la réalisation du scénario 1 sur la tarification des abonnés. Les tableaux ci-dessous prennent en compte les coûts de maintenance annuelle induits par l'extension, l'amortissement des installations ainsi que le remboursement de l'emprunt fait pour l'investissement. Ces tarifs sont comparés avec ceux de l'année 2017.

DETERMINATION DES TARIFS UNITAIRES		
	2017	SCENARIO 1
Puissance souscrite hors Enerlis	11 830 UFF	17 978 UFF

R21	2017 €.HT / UFF	SCENARIO 1 €.HT / UFF	ECART
r21	*4,00*	4,00	0,0%

R22	2017 €.HT / UFF	SCENARIO 1 €.HT / UFF	ECART
r22	*12,61*	13,08	3,7%

R23	2017 €.HT / UFF	SCENARIO 1 €.HT / UFF	ECART
r23	*5,79*	6,27	8,3%

Le r21 n'est pas impacté par les travaux et reste identique. En revanche, malgré l'augmentation des UFF, le r22 et le r23 augmentent du fait de la hausse des charges R22 et R23 liées à l'ajout de nouveaux abonnées, l'agrandissement du réseau et l'amortissement de l'investissement.
De même, le r24 augmente significativement avec les extensions. Le détail est donné dans le tableau ci-dessous. L'augmentation des UFF permet de réduire les trois termes r24 existants, mais l'ajout d'un r24 extensions qui correspond au remboursement de l'emprunt pour les travaux impacte à la hausse le r24.

DETERMINATION DES TARIFS UNITAIRES			
R24	2017 €.HT / UFF	SCENARIO 1 €.HT / UFF	ECART
r24r	8,93	5,88	-34,2%
r24g	2,51	1,65	-34,2%
r24t	0,04	0,02	-34,2%
r24 extensions	-	9,36	-%
r24 abonnés	**11,48**	**16,91**	47,3%

Au global, le tarif r2 de 2017 serait impacté à la hausse de 6,38 €.HT/UFF soit + 18,8 % pour une valeur totale de 40,27 €.HT/UFF avec les extensions.

SYNTHESE SUR LE TARIF R2			
R2	2017 €.HT / UFF	SCENARIO 1 €.HT / UFF	ECART
r2	**33,89**	**40,27**	**18,8%**

Une telle augmentation ne semble pas acceptable pour les abonnés. La partie suivante propose donc d'autres pistes de financement, avec l'objectif de garder un tarif R2 stable pour les abonnés.

6.1.3. Pistes de financement du scénario 1

Dans la mesure où un investissement unique qui serait remboursé par les abonnés dans le cadre de la DSP ne semble pas viable, il paraît nécessaire d'envisager un financement par différents canaux.

La réalisation du scénario 1 permettra de valoriser plus de chaleur qui va générer des revenus complémentaires pour le SIOM. Ces recettes sont estimées dans le tableau suivant à partir des résultats de notre simulation et du tarif de vente de la chaleur appliqué en 2017.

ESTIMATION RECETTES SIOM		
VENTES DE CHALEUR ET COMBUSTIBLE	**REFERENCE k€.HT**	**SCENARIO 1 k€.HT**
ventes de chaleur au Délégataire	*2 568*	*2 634*
RECETTES SUPPLEMENTAIRES SIOM		**66**

D'après nos estimations, les extensions du scénario 1 permettrait de générer 66 k€.HT de recettes par an pour le SIOM. Si le SIOM souhaitait financer l'ensemble du projet sur la base de ces recettes en réalisant un emprunt (avec un taux d'intérêt de 3%) dont le montant des annuités serait égal à ces recettes, le remboursement s'étalerait sur près de 65 ans. Un tel financement n'est donc pas viable.

Toutefois, en fixant un objectif de remboursement sur 5 ans, les recettes générées permettraient au SIOM de réaliser un emprunt de **302 k€.HT**. Selon les critères du SIOM, cette durée de 5 ans est un paramètre qui peut être changé et faire varier le montant de l'emprunt.

Par ailleurs, au-delà des recettes générées, le SIOM, selon sa situation financière et sa volonté politique de réaliser le projet, pourrait investir sur fonds propres. Compte tenu de l'ensemble des sources de financement possibles (cf. paragraphes suivant), un montant de **300 k€.HT** permettrait de financer le projet.

Les futurs abonnés qui vont être raccordés sont actuellement équipés de chaufferie gaz. Le gestionnaire du Parc Mosaïc nous a informé que les installations étaient vieillissantes et qu'une réflexion devait avoir lieu pour leur rénovation. Le raccordement au réseau de chaleur se faisant à la place de cette réfection, il est cohérent de facturer des droits de raccordement aux nouveaux abonnés. Si l'on applique des droits de raccordement de 35 k€.HT par chaufferie, prix très compétitif par rapport à une rénovation de chaufferie, cela représenterait un total de **630 k€.HT**.

Enfin, si l'investissement était réparti entre le SIOM (emprunt et fonds propres) et les droits de raccordement, le tarif r2 des abonnés, diminuerait, contrairement au cas de la partie 6.1.2. En créant un terme r24 extension de 2,98 €.HT/UFF pour maintenir ce tarif r2 au même montant qu'en 2017 (33,89 €.HT/UFF), 53,6 k€.HT de recettes seraient générées chaque année. En appliquant le même raisonnement que précédemment avec

les recettes générées pour le SIOM, et en prenant une durée de remboursement équivalente à la durée restante de la DSP (15 ans) et un taux à 3%, cela permettrait un emprunt de **640 k€.HT**.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des différentes pistes de financement du scénario 1, reprenant les montants évoqués.

TABLEAU FINANCEMENT TRAVAUX			
			Scénario 1 Extensions
Investissement total projet avec subventions			**1 870,76 k€.HT**
Financement 1 : Emprunt SIOM		Recettes annuelles générées (=annuité)	66,00 k€.HT
Taux d'intérêt à 3%		**Emprunt (remboursement sur 5 ans)**	**301,82 k€**
Financement 2 : Fonds propres SIOM		**Investissement**	**300,00 k€.HT**
Financement 3 : Droits raccordements		nombre chaufferies	18
		droits raccordement unitaire	35,00 k€.HT
		Montant total Droits raccordement	**630,00 k€.HT**
Financement 4 : Maintien tarif R2		tarif r2 2017	33,89 €.HT/UFF
		tarif r2 après extensions	30,91 €.HT/UFF
		création r24 extensions	2,98 €.HT/UFF
		Recettes r24 annuelles générées (=annuité)	53,65 k€.HT
		Emprunt (remboursement sur 15 ans)	**640,41 k€.HT**
Sommes des financements			**1 872,23 k€**

La somme des différents financements évoqués atteint 1 872 k€.HT, alors que l'investissement total du projet après déduction des subventions est de 1 871 k€.HT. Il paraît donc tout à fait possible de financer le scénario 1 en associant ces différentes sources de financement.

Évidemment, ces montants sont donnés comme pistes de réflexion et un arbitrage sera à réaliser pour fixer les montants des emprunts (en fonction de la durée de remboursement), les droits de raccordement et la valeur du terme r24 extensions si le projet était réalisé.

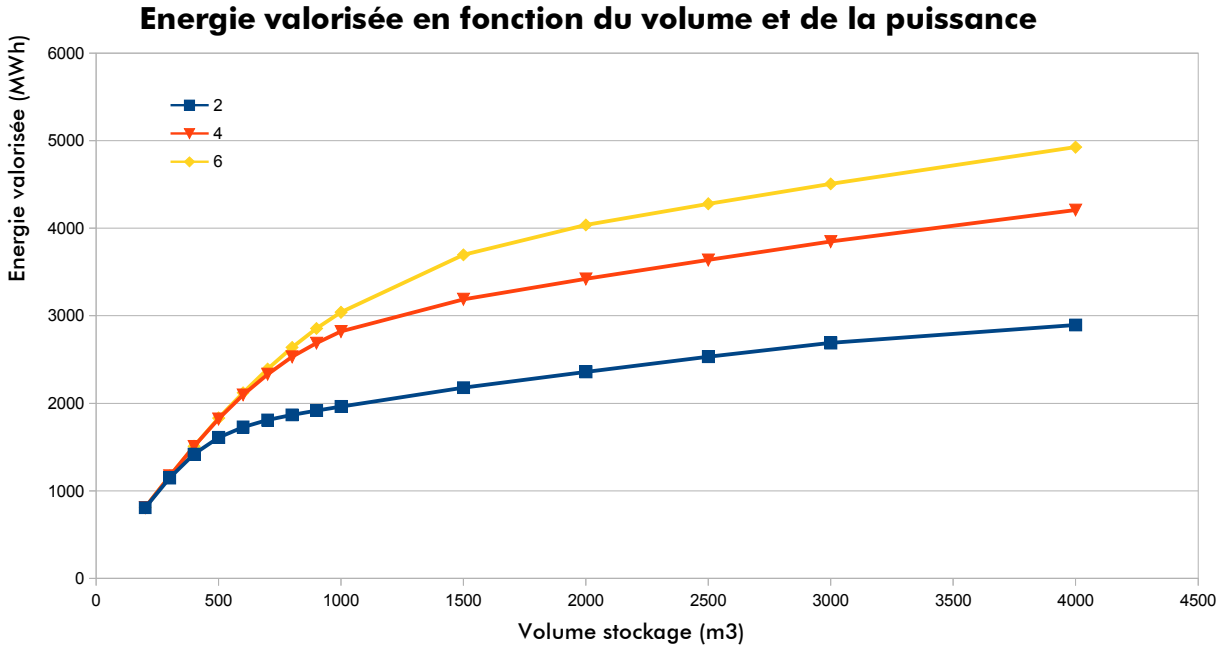
Il faut signaler que le scénario 1 impliquerait une hausse des charges R1 de Dalkia plus importante que la hausse de ses recettes de ventes de chaleur du fait du tarif différencié de ventes de la chaleur entre Enerlis et les abonnés du SIOM. Cet écart représenterait un manque à gagner de 19 k€ par an pour Dalkia. Ceci étant, ce nombre est à relativiser avec la hausse prévue du rendement ces prochaines années suite aux investissements de calorifugeage prévus.

6.2. SCENARIO 2 (EXTENSIONS + STOCKAGE D'ÉNERGIE)

6.2.1. Dimensionnement technico-économique du stockage

Une solution de stockage est composée de deux éléments principaux pour le dimensionnement : le volume de stockage qui représente l'énergie maximale qui peut être stockée, et la puissance de l'échangeur qui influe sur la quantité d'énergie stockée-déstockée sur une période donnée. Le choix du dimensionnement se résume donc au dimensionnement de ce couple volume-puissance.
Nous avons étudié et comparé 14 volumes (de 200 à 1 000 m^3 par pas de 100, puis jusqu'à 3000 m^3 par pas de 500 et 4 000 m^3) et 3 puissances d'échangeur différents (2, 4 et 6 MW) soit 42 couples volume-puissance.

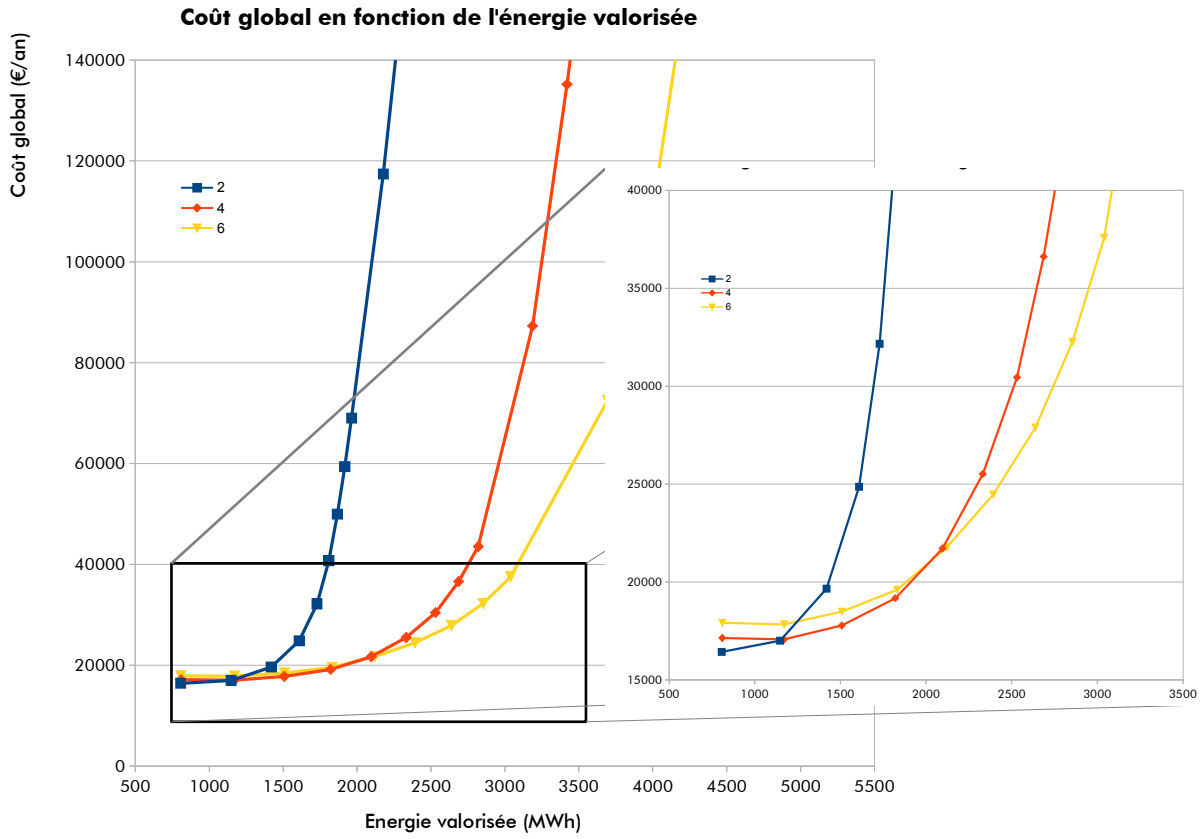
Le graphique ci-dessous fait une comparaison de l'énergie stockée-déstockée dans notre simulation en fonction des différents cas de volume et de puissance des échangeurs.



Ce graphique permet de définir les plages optimales des puissances d'échangeur en fonction des différents volumes de stockage. En effet, en dehors des très faibles volumes (<400 m^3), il n'est pas intéressant d'installer un échangeur de 2 MW. Entre 400 m3 et 700 m3, le surplus d'énergie valorisée avec une puissance de 6 MW est très faible par rapport à 4 MW. En revanche, à partir de 800 m^3, l'écart devient significatif et la puissance de 6 MW semble la plus intéressante.
On remarque également un changement de pente avec une croissance importante au début (jusqu'à environ 1 000 m^3) et beaucoup plus lente ensuite (à partir de 1 500 m^3). Cela signifie que jusqu'à 1 000 m^3, chaque m^3 de stockage supplémentaire valorise plus d'énergie qu'au delà de 1 500 m3.

Sur le plan énergétique, il serait donc intéressant de faire le choix d'une cuve de 1 000 m^3 avec un échangeur de 6 MW.
Toutefois, une étude économique est nécessaire afin de vérifier ce choix énergétique. Pour cela, l'investissement total de chaque couple (converti ensuite en annuité annuelle de remboursement de l'emprunt), l'impact sur les coûts de maintenance ainsi que les recettes supplémentaires pour le SIOM et le Délégataire du fait des ventes supplémentaires de chaleur ont été étudiés.

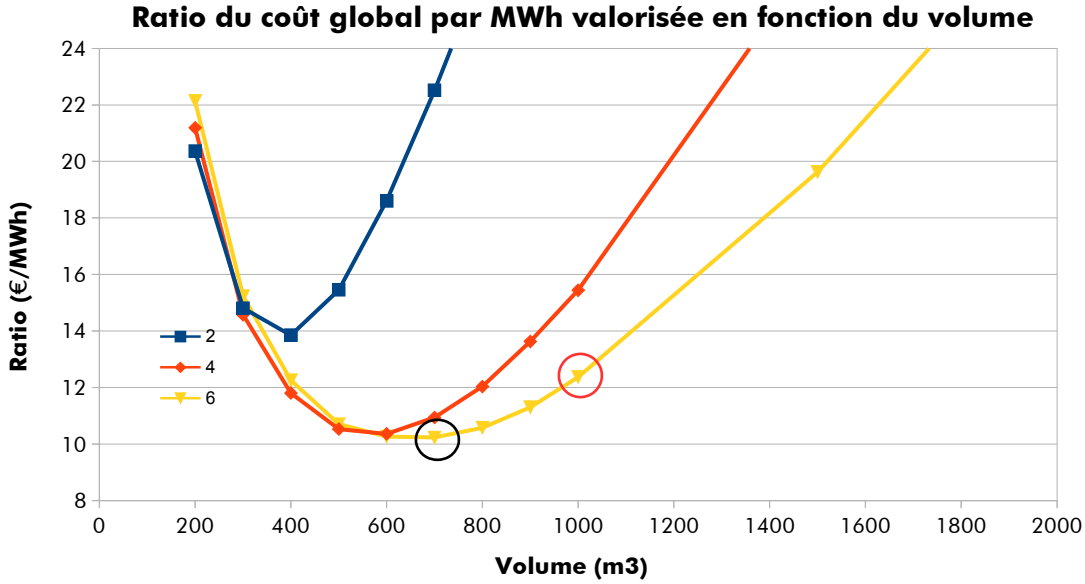
Le graphique ci-dessous fait une comparaison du coût global par an du couple (qui correspond à la différence entre les charges et les recettes mentionnées précédemment) en fonction de l'énergie valorisée fonction des différents cas de volume et de puissance des échangeurs (certains cas sont hors graphique pour des raisons d'échelle).



Ce graphique permet globalement de confirmer les observations de l'étude énergétique. En effet, pour de très faibles volumes (<300 m^3), l'échangeur de 2 MW est le plus intéressant en coût global. Entre 300 et 600 m^3, l'échangeur le plus intéressant est celui de 4 MW. Au-delà, l'échangeur de 6 MW permet de valoriser davantage de chaleur tout en ayant un coût global inférieur.

Toutefois, ce graphique ne permet pas de définir le meilleur couple sur le plan technico-économique. Pour cela, il est nécessaire d'étudier le ratio entre le coût global et l'énergie valorisée.

Le graphique ci-dessous fait une comparaison du ratio du coût global annuelle par MWh d'énergie valorisée en fonction des différents cas de volume et de puissance des échangeurs.



Sur le plan purement économique, la meilleure solution de stockage (entourée en noir) est une cuve de 700 m^3 et un échangeur de 6 MW avec un ratio de 10,23 €/MWh.
La solution énergétique (entourée en rouge) proposée précédemment n'est donc pas aussi rentable mais reste acceptable avec un ratio de 12,37 €/MWh.
Attention, ce ratio n'est pas comparable au prix de la chaleur de l'UVE par exemple puisqu'il s'agit d'un ratio à partir du coût global. On peut considérer le « prix » de la chaleur du stockage comme le rapport entre les charges (investissement et exploitation-maintenance) et l'énergie vendue sur le réseau. Pour la solution la plus rentable économiquement, on obtient un « prix » de la chaleur de 40,81 €/MWh, et de 42,98 €/MWh pour la solution de 1000 m^3 soit un écart de 5%. Ce « prix » peut être comparé au tarif de la chaleur vendue par le SIOM d'environ 25 €/MWh. Il est donné à titre indicatif car le bilan économique ne prévoit pas d'introduire un tarif r1 différencié entre la chaleur directement fournie de l'UVE et celle stockée.

Nous proposons donc cette solution pour la suite de notre étude. Toutefois, si le financement du projet était trop compliqué à obtenir, la solution plus rentable de 700 m^3 et 6 MW pourrait être étudiée.

6.2.2. Bilan des investissements

Le tableau suivant synthétise les investissements nécessaires à la mise en œuvre de la solution de stockage, en plus des extensions déjà estimées dans le scénario 1. Ces estimations comprennent donc la création d'une cuve de 1000 m^3 et l'installation des équipements en sous-station HTBT 06 dont un agrandissement d'environ 30m2 serait requis pour raccorder la cuve au réseau.

STOCKAGE	

INVESTISSEMENTS – SOUS-STATIONS	

SOUS-STATIONS	COÛT *k€.HT*
Equipements de sous-station	46
Agrandissement HTBT06	45
SOUS-TOTAL	**91**

STOCKAGE	COÛT *k€.HT*
Mise en place cuve stockage	1 000
SOUS-TOTAL	**1 000**

DIVERS (RESEAU + SOUS-STATIONS)	COÛT *k€.HT*
Assurance, divers	22
MOE et études d'exécution	76
Aléas	55
SOUS-TOTAL	**153**

TOTAL HORS SUBVENTIONS	**1 244**
SUBVENTIONS ESTIMABLES	**373**
TOTAL AVEC SUBVENTIONS	**870**

Le montant des investissements nécessaires pour le stockage est de 1 244 k€.HT hors subventions et de 870 k€.HT avec subventions. Le montant des subventions tient compte d'une aide à hauteur de 30% du montant total des travaux de stockage, aide généralement constatée sur d'autres opérations similaires.

Le tableau ci-dessous fait la synthèse des investissements du Scénario 2 en ajoutant au scénario 1 les montants induits par la mise en place du stockage.

SYNTHÈSE DES INVESTISSEMENTS – Scénario 2	

POSTES	COÛT *k€.HT*
TOTAL GÉNÉRAL RÉSEAU DE DISTRIBUTION	1 678
TOTAL GÉNÉRAL ÉQUIPEMENTS SOUS-STATIONS	934
TOTAL GÉNÉRAL CREATION STOCKAGE	1 140
TOTAL GÉNÉRAL SUBVENTIONS	-1 011
TOTAL INVESTISSEMENTS	**2 741**

Au global, le montant des investissements nécessaires pour le scénario 2 est de 3 753 k€.HT hors subventions et de 2 741 k€.HT avec subventions.

6.2.3. Impact financier pour les abonnés

L'impact sur la tarification de ces investissements et des coûts de maintenance annuelle induits par la réalisation du scénario 2 est étudié dans les tableaux ci-dessous en comparaison avec l'année 2017 et au scénario 1 (afin de mettre en évidence les surcoûts du stockage).

DETERMINATION DES TARIFS UNITAIRES				
R21	**2017 €.HT / UFF**	**SCENARIO 1 €.HT / UFF**	**SCENARIO 2 €.HT / UFF**	**ECART**
r21	*4,00*	4,00	4,49	12,1%

R22	**2017 €.HT / UFF**	**SCENARIO 1 €.HT / UFF**	**SCENARIO 2 €.HT / UFF**	**ECART**
r22	*12,61*	13,08	13,77	5,3%

R23	**2017 €.HT / UFF**	**SCENARIO 1 €.HT / UFF**	**SCENARIO 2 €.HT / UFF**	**ECART**
r23	*5,79*	6,27	7,65	22,1%

Contrairement au scénario 1, le scénario 2 a un impact sur le r21. En effet, le r21 représentant l'énergie électrique utilisée pour assurer le fonctionnement des installations primaires, il n'était pas impacté par les extensions puisque celles-ci augmentent la consommation d'électricité proportionnellement à l'augmentation du nombre d'UFF. En revanche, la solution de stockage implique des consommations électriques plus importantes sans variation des UFF.

Les coûts induits par la maintenance et l'amortissement de l'installation de stockage impactent à la hausse le r22 et le r23. Bien que l'investissement pour le stockage soit inférieur à ceux des extensions, son impact est plus lourd dans la tarification des abonnés notamment car il n'est pas compensé par la hausse des UFF.

De même, le r24 augmente significativement avec le scénario 2 par l'ajout d'un r24 stockage qui correspond au remboursement de l'emprunt pour les travaux. Les autres termes restent identique au scénario 1 puisque les UFF ne sont pas modifiés avec la création du stockage. Le détail est donné dans le tableau ci-dessous.

DETERMINATION DES TARIFS UNITAIRES				
R24	**2017 €.HT / UFF**	**SCENARIO 1 €.HT / UFF**	**SCENARIO 2 €.HT / UFF**	**ECART**
r24r	8,93	5,88	5,88	-34,2%
r24g	2,51	1,65	1,65	-34,2%
r24t	0,04	0,02	0,02	-34,2%
r24 extensions	-	9,36	9,36	-%
r24 stockage			4,35	-%
r24 abonnés	**11,48**	**16,91**	**21,27**	**85,3%**

Au global, le tarif r2 de 2017 serait impacté à la hausse de 13,29 €.HT/UFF soit + 39,2 % pour une valeur totale de 47,18 €.HT/UFF dans le scénario 2.

SYNTHESE SUR LE TARIF R2				
R2	**2017 €.HT / UFF**	**SCENARIO 1 €.HT / UFF**	**SCENARIO 2 €.HT / UFF**	**ECART**
r2	**33,89**	**40,27**	**47,18**	**39,2%**

6.2.4. Pistes de financement du scénario 2

Comme pour le scénario 1, un investissement unique qui serait remboursé par la tarification des abonnés dans le cadre de la DSP ne semble pas viable, il paraît donc nécessaire d'envisager un financement par différents canaux.

De même que pour le scénario 1, la réalisation du scénario 2 permettra de valoriser plus de chaleur qui va générer des revenus pour le SIOM. Ces recettes sont estimées dans le tableau suivant à partir des résultats de notre simulation et du tarif de vente de la chaleur appliqué en 2017.

ESTIMATION RECETTES SIOM			
VENTES DE CHALEUR ET COMBUSTIBLE	**REFERENCE k€**	**SCENARIO 1 k€**	**SCENARIO 2 k€**
ventes de chaleur au Délégataire	*2 568*	*2 634*	*2 713*
RECETTES SUPPLEMENTAIRES SIOM		**66**	**145**

D'après nos estimations, le scénario 2 permettrait de générer 145 k€ de recettes par an pour le SIOM. Un financement unique à partir des recettes générées nécessiterait une durée de remboursement de 28 ans, cas plus favorable que pour le scénario 1 mais qui reste peu envisageable.

Ceci étant, en prenant un objectif de remboursement sur 10 ans, les recettes générées permettraient au SIOM de réaliser un emprunt de **1 236 k€** pour le SIOM. Selon les critères du SIOM, cette durée de 10 ans est un paramètre qui peut être changé et faire varier le montant de l'emprunt.

Les droits de raccordement du scénario 1 pourraient être appliqués à l'identique soit un total de **630 k€**.

En revanche, concernant le tarif r2 des abonnés, l'investissement possible est largement diminué si l'on conserve l'objectif d'une stabilité du r2 par rapport à 2017. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, la création d'une installation de stockage a un impact à la hausse sur les tarifs r21, r22 et r23. Le tarif r2 ne serait donc que très légèrement inférieur à celui de 2017 et le r24 extension+stockage ne peut s'élever qu'à 0,42 €.HT/UFF, soit 7,6 k€ de recettes générées chaque année. En appliquant le même calcul et les mêmes hypothèses que pour le scénario 1, cela permettrait un emprunt de seulement **91 k€** alors qu'il était de 640 k€ dans le scénario 1.

Le dernier mode de financement, que nous utilisons ici comme variable d'ajustement pour obtenir l'équilibre économique du projet est l'investissement en fonds propres de la part du SIOM. Celui-ci reste tout aussi envisageable que pour le scénario 1, d'autant plus que le caractère innovant du projet de stockage est relativement attractif. Un montant de **800 k€** permettrait d'obtenir l'équilibre économique du projet.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des différentes pistes de financement du scénario 2, reprenant les montants évoqués et le scénario 1 pour comparaison.

TABLEAU FINANCEMENT TRAVAUX				
			Scénario 1	Scénario 2
			Extensions	Extensions + Stockage
Investissement total projet avec subventions			**1 870,76 k€**	**2 741,26 k€**
Financement 1 : Emprunt SIOM		Recettes annuelles générées (=annuité)	66,00 k€.HT	145,00 k€.HT
Taux d'intérêt à 3%		**Emprunt (remboursement 5 et 10 ans)**	**301,82 k€.HT**	**1 235,56 k€.HT**
Financement 2 : Fonds propres SIOM		**Investissement**	**300,00 k€.HT**	**800,00 k€.HT**
Financement 3 : Droits raccordements		nombre chaufferies	18	
		droits raccordement unitaire	35 k€	
		Total Droits raccordement	**630,00 k€**	**630,00 k€**
Financement 4 : Maintien tarif R2		tarif r2 2017	33,89 €.HT/UFF	33,89 €.HT/UFF
		tarif r2 après extensions	30,91 €.HT/UFF	33,47 €.HT/UFF
		création r24 extensions/stockage	2,98 €.HT/UFF	0,42 €.HT/UFF
		Recettes annuelles r24 générées (=annuité)	53,65 k€	7,61 k€
		Emprunt (remboursement sur 15 ans)	**640,41 k€**	**90,86 k€**
Sommes des financements			**1 872,23 k€**	**2 756,43 k€**

La somme des différents financements évoqués atteint 2 756 k€ , alors que l'investissement total du projet après déduction des subventions est de 2 741 k€. Pour atteindre un tel total, l'investissement du SIOM sur fonds propres, et la durée de l'emprunt ont dû être augmentés par rapport au scénario 1.

D'autres paramètres sont modifiables afin de pouvoir financer le scénario, tels que les les droits de raccordement et la valeur du terme r24 extensions. Une très légère augmentation du r2 des abonnés, avec un r24 fixé à 1 €.HT/UFF permettrait par exemple d'emprunter 125 k€ supplémentaires, permettant de réduire l'investissement du SIOM par exemple.

Enfin, concernant l'équilibre financier du R1 de Dalkia, le scénario 2 permettant de valoriser plus de chaleur pour Enerlis, le manque à gagner est réduit à seulement 4 k€ par an. Ce montant n'est pas significatif étant donné la précision de notre étude et le montant de la DSP.

6.3. ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

Le réseau de chaleur du SIOM n'étant pas alimenté par une chaufferie, il n'y a aucune combustion ni émission de polluant.

Le raccordement des extensions envisagées permettrait d'économiser environ 2095 tonnes de CO2 par an du fait du remplacement des chaufferies par des sous-stations.

Comme aucun moyen de production supplémentaire n'est développé, l'impact environnemental des scénarios est faible.

6.4. ANALYSE SOCIALE

L'impact des scénarios sur les emplois locaux est relativement neutre, mais le raccordement des extensions va sans doute nécessiter plus d'heures d'intervention de techniciens pour l'exploitant. La phase de travaux générera également de l'activité pour des techniciens de la société désignée.

Ceci étant, l'extension du réseau est l'occasion de faire connaître sur un périmètre plus étendu la chaleur vertueuse et locale dont bénéficie les usagers, et ainsi sensibiliser aux réseaux de chaleur et aux EnR.

7. PARTIE 6 – SYNTHÈSE ET PLAN D'ACTION

7.1. SYNTHÈSE

Le réseau de chaleur du SIOM présente actuellement de très bonnes performances tant sur le plan énergétique, avec un taux d'ENR&R de 100 % et un rendement de 95%, que sur le plan économique, avec un prix variant entre 50 et 60 €.HT/MWh selon la rigueur climatique, soit environ 17 % inférieur à la moyenne nationale de 2016 sur les réseaux de chaleur. Concernant Enerlis, l'abonné principal du réseau, l'engagement de 70 GWh de fourniture de chaleur a toujours été largement dépassée depuis la mise en service du 3ème tube en 2014. Dans une logique de sécurisation de la production pour le SIOM, et de sécurisation de l'approvisionnement pour les Ulis, une révision de cet engagement à 75 voir 80 GWh pourrait par exemple être réalisée. Le prix de vente global d'Enerlis est très stable autour de 40 €.HT/MWh.

Parmi l'ensemble des sources d'ENR&R étudiées, compte-tenu des contraintes spécifiques du réseau, il a été privilégié l'étude de la mise en place d'un stockage d'énergie pour optimiser la fourniture de l'UVE.

Suite à notre enquête concernant les bâtiments existants, et à l'étude de faisabilité technique, deux scénarios de développement à court terme ont été étudiés :

- la construction des extensions sur le Parc Mosaïc et les bâtiments Ottobock, qui permettrait d'augmenter les ventes de chaleur sur le réseau du SIOM (+ 9,9 GWh), diminuerait l'export vers la ville des Ulis (- 7,7 GWh) pour une valorisation supplémentaire de la chaleur de l'UVE de 2,5 GWh. L'engagement de fourniture de chaleur de 70 GWh serait toujours atteint mais le mix énergétique du réseau des Ulis serait fortement impacté avec une compensation par le gaz à 60 % et la biomasse à 40 %.
- la mise en place d'un stockage de 1000 m^3 et 6 MW en complément des deux extensions mentionnées ci-dessus permettant de limiter la baisse de l'export de chaleur vers Enerlis (- 4,3 GWh) et permettrait de mieux valoriser de la chaleur de l'UVE (+5,5 GWh). Ceci étant, la dynamique entre la production du SIOM et la solution de stockage décentralisée sur une antenne BT nécessiterait d'être approfondie afin de valider les valeurs que nous avons annoncé précédemment.

Par ailleurs, notre étude a permis d'identifier des projets d'aménagement à moyen et long terme à suivre afin de proposer un raccordement au réseau de chaleur au moment opportun :

- Le raccordement du Grand Dôme, qui n'a pas pu être développé dans cette étude du fait du calendrier de celle-ci, pourrait d'ores et déjà être étudié en contactant l'équipe de maîtrise d'œuvre désigné à l'été 2018,
- La réalisation du projet Courtabœuf 10 qui pourrait permettre une production de chaleur complémentaire,

– Le projet « Cœur de Parc », opération de construction au centre de la zone d'activités de Courtabœuf qui en est à son début.

Une autre réflexion pourrait également avoir lieu, à savoir réaliser un stockage saisonnier sur le site d'Enerlis qui bénéficie d'une surface foncière plus importante et pourrait ainsi augmenter la valorisation de sa chaleur. Mais s'agissant d'un projet hors périmètre du réseau du SIOM, il n'est pas approfondi ici.

Les deux scénarios envisagés, qui nécessitent un investissement total respectif de 1 871 k€.HT et 2 741 k€.HT avec des subventions de l'ADEME (2 508 k€.HT et 3 752 k€.HT sans subventions) permettent d'augmenter la production de l'UVE respectivement de 2,5 GWh (2,6%) et 5,6 GWh (6,6%). En plus des subventions de l'ADEME, l'investissement du SIOM, réparti entre emprunt et fonds propres, pourra être complété par des droits de raccordement facturés aux nouveaux abonnés ainsi que la création d'un tarif r24 extension-stockage pour l'ensemble des abonnés. Un tel financement permettrait de maintenir une bonne stabilité des tarifs pour les abonnés.

7.2. PLAN D'ACTION

➔ ***Choix du scénario, du mode de réalisation et du financement :*** choix par le SIOM d'un des deux scénarios, de la structure de financement du scénario choisi et du mode de réalisation des travaux.		**janv. 2018**
➔ ***Réalisation d'une étude de faisabilité sur le stockage*** : Le cas échéant, réalisation d'une étude complémentaire sur la mise en œuvre d'une solution de stockage.	➔ ***Négociations avec les futurs abonnés :*** discussions pour fixer le montant des droits de raccordement.	**juill. 19**
Cas 1 : Travaux confiés au Délégataire dans le cadre de la DSP	**Cas 2 : Travaux attribués dans le cadre d'un appel d'offres**	
➔ ***Passation d'un avenant avec Dalkia :*** rédaction d'un avenant intégrant les travaux dans la DSP, et fixant la tarification à mettre en place à l'issue des travaux, ET ➔ ***Dépôt d'un dossier de subventions :*** Demande de subventions à l'ADEME pour le projet choisi.	➔ ***Lancement d'un appel d'offres pour un marché de MOE :*** désignation d'un maître d'œuvre pour la conception-réalisation des travaux, ET ➔ **Dépôt d'un dossier de subventions :** demande de subventions à l'ADEME pour le projet choisi.	**3e trim. 2019**
	➔ ***Études de conception :*** conception du projet (tracé réseau, aménagement sous-stations, implantation du stockage etc.) aux niveaux APS, APD et PRO.	**4e trim. 2019**
➔ ***Conception et réalisation des travaux par le Délégataire :*** conception du projet (tracé réseau, aménagement sous-stations, implantation du stockage etc.), validation par la maîtrise d'ouvrage, réalisation des travaux.	➔ ***Lancement d'un appel d'offres pour un marché de travaux :*** élaboration du DCE, consultation des entreprises, attribution du marché de travaux.	**1er trim 2020**
	➔ ***Réalisation des travaux*** ET ➔ ***Passation d'un avenant avec Dalkia :*** négociation des tarifs prenant en compte les charges supplémentaires	**2e, 3e et 4e trim 2020**

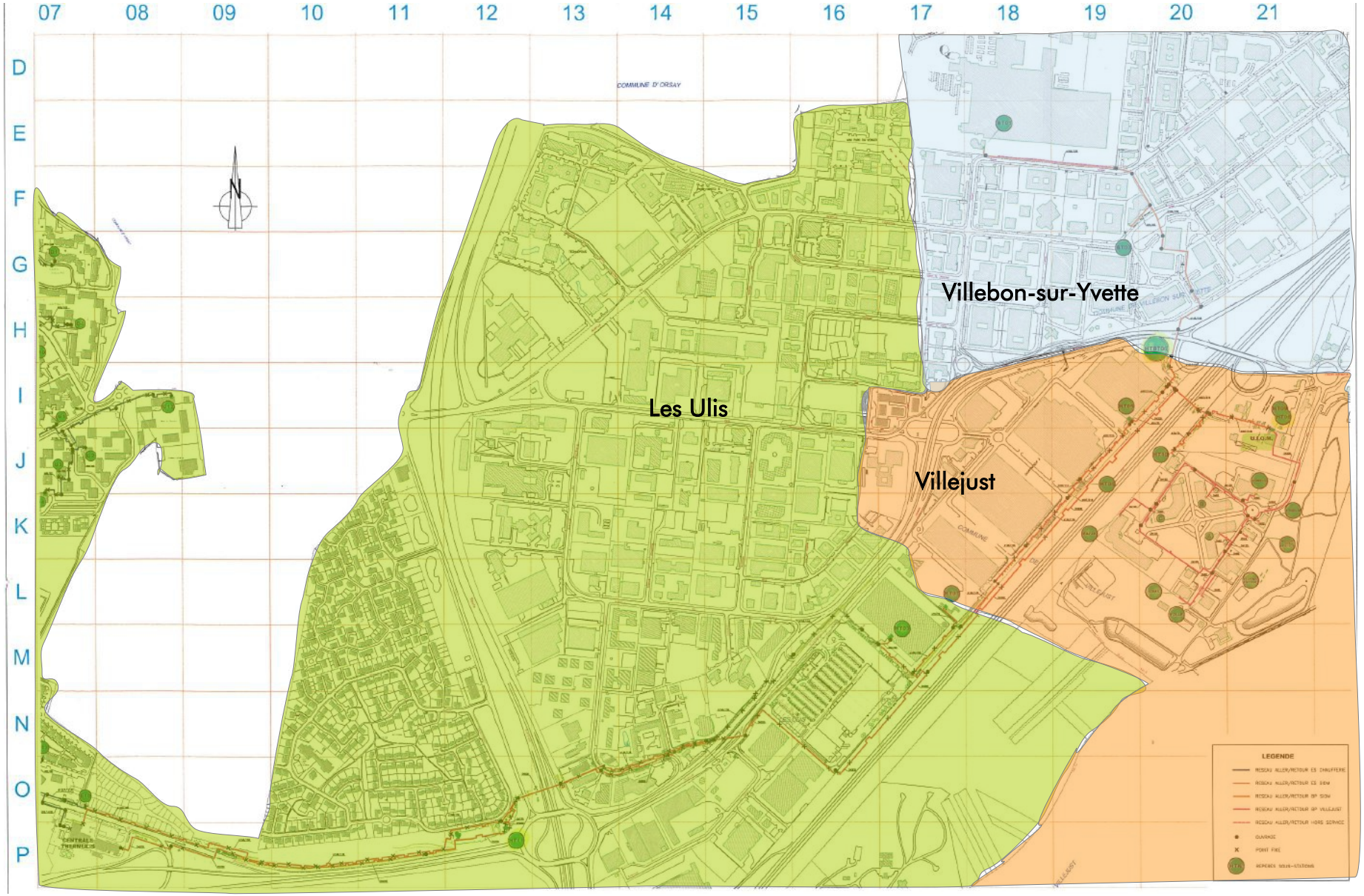
ANNEXE 1

LISTE DES ABONNES

N° Sous-station	ABONNE
RESEAU COURTABOEUF	
HT 01	Enerlis
HT 02	Castorama
HT 03	Segro France
HT 04	SDC Bures Orsay
HT 05	Coca Cola Prologis
HT 07	DB Tucano
HT 10	Initial BTB
BT 01	Bruneau
BT 02	-
RESEAU VILLEJUST	
SST 01	Yolle
SST 02	Mazak
SST 03	Roclim
SST 04	Maison des Services (SCI du Tropic)
SST 05	TI Median
SST 06	S.A.S ETELM
SST 07	Soitec
SST 08	SDMS
SST 09	Bâtiment A
SST10	Bâtiment B

ANNEXE 2

PLAN DU RESEAU


07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
COMMUNE D'ORSAY
Villebon-sur-Yvette
Les Ulis
Villejust
LEGENDE

ANNEXE 3

COURRIER DE L'ENQUETE PROSPECTIVE