

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	III
RESUME.....	IV
TABLE DES MATIERES	V
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES TABLEAUX	VI
LISTE DES ABREVIATIONS.....	VII
GLOSSAIRE	X
INTRODUCTION	1
PARTIE I : ETAT DES LIEUX GENERAL.....	3
1. DEFINITION DES RESEAUX THERMIQUES	3
2. EUROPE.....	4
2.1. Géoservices européens existants.....	4
2.2. Législation européenne.....	10
3. SUISSE.....	12
3.1. Géoservices suisses existants.....	12
3.2. Législation suisse.....	15
4. ROMANDIE	16
4.1. Géoservices romands existants	16
PARTIE II : ETUDE DE CAS DU CANTON DE GENEVE	18
5. METHODOLOGIE	18
5.1. Etat des lieux approfondi de la situation genevoise.....	19
5.2. Réflexion sur les attributs d'une future couche et sur une base de données des réseaux thermiques	19
5.3. Elaboration des couches destinées à la cartographie des réseaux thermiques	21
5.4. Individualisation de chaque réseau.....	21
5.4.1. Digitalisation du réseau thermique de Cartigny	22
5.4.2. Regroupement de l'ensemble des réseaux en une couche.....	23
5.4.3. Intégration des attributs	23
5.4.4. Création d'une couche « sites de production »	24
5.4.5. Métadonnées.....	24
6. RESULTATS	25
6.1. Réseaux thermiques du canton de Genève	25
6.2. Géodonnées des réseaux thermiques genevois.....	26
6.3. Législation genevoise.....	29
6.3.1. Processus d'acquisition et de gestion des données	29
6.4. Attributs et base de données préconisés pour les réseaux thermiques.....	33
6.5. Elaboration des couches destinées à la cartographie des réseaux thermiques	39
6.5.1. Couche « réseaux thermiques »	39
6.5.2. Couche « sites de production »	42
6.5.3. Cartographie des réseaux thermiques	42
7. DISCUSSION.....	44
7.1. Limites	46
7.2. Perspectives d'amélioration.....	46
CONCLUSION.....	48
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	50
LISTE DES ANNEXES	56
Annexe 1 - Tableau des attributs des besoins en chaleur des bâtiments sur le géoservice de l'ASCAD	57
Annexe 2 – Statistiques 2002-2013 de l'ASCAD concernant les chauffages à distance du canton de Genève	58
Annexe 3 - Attributs des couches contenant les réseaux thermiques du canton de Genève	60
Annexe 4 – Liste des attributs élaborée par Réginald Destinobles (OCEN)	61
Annexe 5 – Liste des réseaux thermiques répertoriés par l'OCEN	62
Annexe 6 – Liste des réseaux thermiques répertoriés par l'OCEN, l'ASCAD et quelques « relations chaudières » ..	63
Annexe 7 – Réseaux thermiques potentiels provenant de la couche des « relations chaudières ».....	64

Liste des figures

FIGURE 1 : « HEAT MAP » DE LONDRES. SOURCE : MAYOR OF LONDON (2010)	4
FIGURE 2 : CARTE DES CONTENUS CO2 DES RESEAUX DE CHALEUR ET DE FROID DE LA FRANCE. SOURCE : CEREMA (2013)	5
FIGURE 3 : RESEAUX THERMIQUES DE LA REGION RHONE-ALPES. SOURCE : RAEE (2014).....	6
FIGURE 4 : CARTOGRAPHIE DES RESEAUX THERMIQUES DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DE CHAUFFAGE URBAIN. SOURCE : CPCU (2014).....	7
FIGURE 5 : CARTE DES CHAUFFERIES DE L'ÎLE-DE-FRANCE. SOURCE : BIOMASSE ENERGIE (2014)	8
FIGURE 6 : CARTE DES RESEAUX DE CHALEUR EN ÎLE-DE-FRANCE. SOURCE : DRIEE (2014)	9
FIGURE 7 : DEMONSTRATION DE LA PLATEFORME WEBGIS DE L'ASCAD. SOURCE : ASCAD (2010).....	12
FIGURE 8 : RESEAUX THERMIQUES DU GEOPORTAIL DU CANTON DE NEUCHÂTEL	16
FIGURE 9 : SCHEMA EXPLICITANT LA METHODE DE TRAVAIL	18
FIGURE 10 : ETAPES D'UNE MODELISATION. SOURCE : METRAL (2014).....	20
FIGURE 11 : FONCTIONNEMENT D'UN MODELE CONCEPTUEL. SOURCE : ADAPTE DE METRAL (2014).....	21
FIGURE 12 : PLAN DU RESEAU THERMIQUE DE CARTIGNY. SOURCE : HAROUTUNIAN ET AL. (2013)	22
FIGURE 13 : PART DE L'ENERGIE VENDUE PAR CAD	25
FIGURE 14 : PRISE DE VUE DU SITG MONTRANT LE RT DE BOIS-GOURMAND. SOURCE : SITG (2014)	26
FIGURE 15 : EXEMPLES DE RT NON-GEOREFERENCES MAIS PRESENTS DANS LA COUCHE RELATIONS CHAUDIERES : LES RT DES TOURS DE CAROUGE, D'ATHENAZ ET DE CHATELAINE. SOURCE : SITG (2014)	28
FIGURE 16 : PROCESSUS D'ACQUISITION DES DONNEES DANS LE CANTON DE GENEVE. INSPIRE DE : CORNETTE ET GALLEY, (2011) ET DALE (2014A). SOURCE IMAGES : DCMO ET GALLEY (2014A).....	30
FIGURE 17 : MODELE D'UNE BASE DE DONNEES DES RESEAUX THERMIQUES.....	33
FIGURE 18 : RESUME DU CODE COULEUR ET DES INSIGNES DE LA FIGURE 17	34
FIGURE 19 : ZOOMS SUR LE RT D'AIRE-LA-VILLE	39
FIGURE 20 : RESULTAT DE LA DIGITALISATION DU RT DE CARTIGNY	40
FIGURE 21 : TABLE DES ATTRIBUTS DE LA COUCHE GEOGRAPHIQUE RESEAUX_THERMIQUES	41
FIGURE 22 : METADONNEES DE LA COUCHE « RESEAUX THERMIQUES »	41
FIGURE 23 : METADONNEES DE LA COUCHE « SITES DE PRODUCTION ».....	42
FIGURE 24 : CARTE DES RESEAUX THERMIQUES DU CANTON DE GENEVE	43

Liste des tableaux

TABEAU 1 : TABLEAU RECAPITULATIF DES ATTRIBUTS PAR PAYS OU REGION	10
TABEAU 2 : ATTRIBUTS DES OBJETS (CAD) DE LA COUCHE « CHAUFFAGE A DISTANCE »	13
TABEAU 3 : ENERGIE VEHICULEE A TRAVERS LES RT. SOURCE : OCEN (2014).....	25
TABEAU 4 : LISTE DES ATTRIBUTS ET DESCRIPTION DES DONNEES GENERALES ET ENERGETIQUES DES RESEAUX THERMIQUES.....	34
TABEAU 5 : LISTE DES ATTRIBUTS ET DESCRIPTION DES DONNEES ECONOMIQUES DES RT.....	36
TABEAU 6 : LISTE DES ATTRIBUTS ET DESCRIPTION DES SEGMENTS DE CONDUITES DES RT	36
TABEAU 7 : LISTE DES ATTRIBUTS ET DESCRIPTION DES SITES DE PRODUCTION ALIMENTANT LES RESEAUX THERMIQUES.....	37
TABEAU 8 : LISTE DES ATTRIBUTS ET DESCRIPTION DES BATIMENTS ALIMENTES PAR UN RESEAU THERMIQUE.....	38
TABEAU 9 : LISTE DES ATTRIBUTS ET DESCRIPTION DES SOUS-STATIONS	38
TABEAU 10 : TABLE DES ATTRIBUTS DE LA COUCHE « SITES DE PRODUCTION ».....	42
TABEAU 11 : NOMBRE DE CHAUDIERES EN FONCTION DE LEURS NOMBRES DE RELATIONS	64
TABEAU 12 : RELATIONS CHAUDIERES AVEC FILTRE	64

Liste des abréviations

ADEME	Agence (française) de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
ASCAD	Association suisse du chauffage à distance
ASIT VD	Association pour le Système d'Information du Territoire Vaudois
BD	Base de données
CAD	Chauffage à distance
CADIOM	Chauffage à distance par l'incinération des ordures ménagères
CCTSS	Commission de coordination des travaux en sous-sols
CEREMA	Centre d'études et d'expertises sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CET	Concept Energétique Territoriaux
CPCU	Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain
CREM	Centre de Recherches Energétiques et Municipales (Martigny)
CSCC	Conférence des services cantonaux du cadastre
CSS	Cadastre du sous-sol
CTSS	Cadastre technique du sous-sol
DALE	Département de l'aménagement, du logement et de l'énergie (Genève)
DAO	Dessin assisté par ordinateur
DCMO	Direction cantonale de la mensuration officielle
DDPS	Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports
DETA	Département de l'environnement, des transports et de l'agriculture
DRIEE	Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (Île-de-France)
ECS	Eau chaude sanitaire
EnR&R	Energies renouvelables et de récupération

FAD	Réseau de froid à distance
FME	Feature Manipulation Engine
GeoCSS	Géoservice du cadastre du sous-sol
GIS	Geographic information systems = Systèmes d'information géographique
GLN	Projet Genève-Lac-Nations
HUG	Hôpitaux universitaires de Genève
IDC	Indice de dépense de chaleur
IDC-Form	Formulaire de déclaration des données nécessaires au calcul de l'Indice de dépense de chaleur
IGN	Institut national français de l'information géographique et forestière national
INDG	Infrastructure nationale de données géographiques (France)
iNGEO	Ingénierie géomètre-expert
INSPIRE	Infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne
Km	Kilomètre
L 1 05	Loi (genevoise) sur le domaine public (LDPu)
L5 05.01	Règlement (genevois) d'application sur les constructions et les installations diverses (RCI)
L1 10.12	Règlement (genevois) concernant l'utilisation du domaine public (RUDP)
LGéo	Loi sur la géoinformation (RS 510.62)
MEDDE	Ministère (français) de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
OCEN	Office cantonal de l'énergie (de l'Etat de Genève)
OGéo	Ordonnance sur la géoinformation (RS 510.620)
OFEN	Office fédéral de l'énergie
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OMO	Ordonnance de la mensuration officielle (RS 211.432.2)

OTEMO	Ordonnance technique de la mensuration officielle (RS 211.432.21)
PDCn	Plan directeur cantonal (Genève)
RAEE	RhônAlpEnergie Environnement
RCI	Règlement (genevois) d'application sur les constructions et les installations diverses (L5 05.01)
REMUER	Réseaux thermiques multi-ressources efficients et renouvelables
RT	Réseaux thermiques
RTTV	Ressources – Transformation - Transport - Valorisation
RUDP	Règlement (genevois) concernant l'utilisation du domaine public (L 1 10.12)
ScanE	Service cantonal de l'énergie
SGBD	Système de gestion de base de données
SGOI	Service de géomatique et de l'organisation de l'information
SIG	Services Industriels de Genève
SIT	Système d'information du territoire
SIT-Jura	Système d'information du territoire du Jura
SITN	Système d'information du territoire neuchâtelois
SSIGE	Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux
SST	Sous-station
STEP	Station d'épuration
TPG	Transports publics genevois
UML	Unified Modeling Language
UNIGE	Université de Genève
UVTD	Usine de valorisation thermique des déchets (anciennement UIOM usine d'incinération des ordures ménagères)
W	Watt

Glossaire

Associations : liens logiques entre les objets d'un diagramme UML. Elles servent à connecter les classes d'objets du diagramme UML (Métral, 2014).

Attribut : Information caractérisant un objet géographique d'un système d'information géographique. Elle est habituellement stockée dans une table et liée à l'entité par un identifiant unique (ESRI France, 2015).

Cardinalité des associations : informe sur le nombre minimum et maximum de relations que peuvent avoir deux tables (Audibert, 2013).

Cartographie : ensemble des opérations qui permet l'élaboration, le dessin et l'édition des cartes et ainsi d'exprimer visuellement les lieux ou les objets de la nature ou ceux créés par l'homme (ESRI France, 2015; Larousse, 1992).

Classe : regroupement d'entités de même nature (caractéristiques et comportements) (Métral, 2014).

Concept Energétique Territoriaux (CET) : approche élaborée à l'échelle territoriale qui accompagne les projets d'urbanisation. Il a comme objectif d'interconnecter les acteurs d'un territoire et de réduire la demande d'énergie en proposant des solutions (utilisation rationnelle de l'énergie et énergies renouvelables) (Grand conseil, 2013).

Code EGID : Identifiant fédéral des bâtiments.

Compilation : Résultat de l'extraction et de la mise en commun des (géo)données de différentes provenances.

Couche : représente un thème. Elle peut être sélectionnée seule ou superposée à d'autres couches afin de créer une carte (iNGEO, 2015).

Couche du cadastre du sous-sol (CSS) : couche dont les données proviennent des différents propriétaires des conduites du sous-sol. La couche est créée suite à la traduction et à la compilation des données au moyen d'un script FME. Son accès est restreint.

Couche du cadastre technique du sous-sol (CTSS) : couche en accès libre dont les données sont gérées par la DCMO. Elle contient majoritairement des conduites thermiques (réseaux thermiques et sondes géothermiques).

Détecteurs acoustiques : méthode utilisée pour le relevé des réseaux solides lorsque ceux-ci sont déjà enfouis dans le sol (Cornette et Galley, 2011).

Direction cantonale de la mensuration officielle (DCMO) : organe de surveillance de la transmission effective des géo(méta)données par le propriétaire des canalisations (Art.49C, L 1 10.12 ; DALE, 2014a).

Domaine : jeu de valeurs valide pour un champ d'attributs (ESRI France, 2015).

Domaine public : est constitué : « des voies publiques cantonales et communales dès leur affectation par l'autorité compétente à l'usage commun et dont le régime est fixé par la loi sur les routes, du 28 avril 1967; du lac et des cours d'eau, dont le régime est fixé par la loi sur les eaux, du 5 juillet 1961; des biens qui sont déclarés du domaine public en vertu d'autres lois » (Art.1, L 1 05).

Géodonnées : données qui font directement ou indirectement référence à un lieu ou une zone géographique spécifique et qui décrivent l'étendue et les propriétés d'espaces et d'objets donnés à un instant donné, en particulier la position, la nature, l'utilisation et le statut juridique de ces éléments (Art.3, al.1, lettre a, LGéo, 2007).

Géoinformations : « informations à référence spatiale acquises par la mise en relation de géodonnées » (Art.3, al.1, lettre b, LGéo, 2007)

Géométadonnées : descriptions formelles des caractéristiques de géodonnées. Elles informent sur leur provenance, leur contenu, leur structure, leur validité, leur actualité ou leur précision ainsi que sur les droits d'utilisation qui y sont attachés, les possibilités d'y accéder ou les méthodes permettant de les traiter (Art.3, al.1, lettre g, LGéo, 2007).

Géoréférencer : donner la position et la forme des lieux et des objets géographiques, généralement en attribuant les coordonnées d'un système de référence (ESRI France, 2015).

Géoservice : système d'information géographique.

Interlis : Langage de modélisation, de description et de transfert de géodonnées. En Suisse, il a été choisi comme langage de référence afin de permettre l'échange des géodonnées de base relevant du droit fédéral (Art.5, OGéo, 2008).

Modèle conceptuel ou diagramme UML : modèle décrit à l'aide d'un standard de type graphique. Il permet de représenter les propriétés pertinentes de la réalité de manière abstraite. Il est la première étape pour la construction d'une base de données (Métral, 2014).

Modéliser : concevoir une représentation simplifiée de la réalité. Cela permet de maîtriser la complexité, de simplifier la communication entre les futurs utilisateurs et les concepteurs ainsi que de faciliter le processus de programmation (Métral, 2014).

Objet géographique : représentation abstraite d'un phénomène réel lié à un espace géographique (Art.3, al.5, INSPIRE, 2007)

Réseau thermique : système de distribution de chaleur et/ou de froid sous forme de vapeur, d'eau surchauffée ou froide acheminée à travers des conduites souterraines depuis un ou plusieurs lieux de production jusqu'à un ensemble de bâtiments (ASCAD, 2014a; Bourge ; Lung Lu, 2013; Mairie de Meyrin, 2006; Quirion-Blais, 2010; Rezaie & Rosen, 2012; SIG, 2014b).

Script Feature Manipulation Engine (FME) : script permettant de traduire les données provenant de différents acteurs afin de les homogénéiser selon un même modèle de données. Cela permet aux différents acteurs de continuer leur gestion interne avec leurs propres logiciels (Cornette et Galley, 2011).

Sites de production : Lieux renfermant les installations de production de chaleur et/ou de froid.

Sous-station : poste de livraison ou de raccordement au réseau par un échangeur de chaleur (Groupe E, 2014).

Système de gestion de base de données (SGBD) : logiciel destiné à stocker des données de façon permanente, à les consulter, à les sélectionner (notamment par des requêtes) et à les modifier. Il est accessible de manière simultanée par plusieurs utilisateurs en même temps et considéré comme fiable et assurant la confidentialité. (ex : MS-Access, Oracle) (Métral, 2014).

Système d'information géographique (GIS) : système informatique de matériels, de logiciels et de données permettant de collecter, stocker, analyser et diffuser des informations au niveau planétaire. Il permet d'intégrer, d'analyser et de visualiser les données géographiques, d'identifier les relations, les schémas et les tendances et d'apporter des solutions aux problèmes. Les informations qu'il représente sont la plupart du temps sur des cartes sous la forme de couches de données utilisées pour l'analyse et la visualisation. (ESRI France, 2015).

Table : ensemble d'éléments de données organisés en lignes et en colonnes. Chaque ligne représente un objet et chaque colonne représente un champ ou une valeur d'un type d'attribut unique. Le nombre de colonnes est prédéfini, tandis que le nombre de lignes est indéterminé (ESRI France, 2015).

Introduction

Au niveau de l'énergie thermique, le canton de Genève a pour objectif de diminuer sa consommation de 37% par personne d'ici 2035 et la ville de Genève d'utiliser 100% d'énergie thermique renouvelable d'ici 2050. Ils comptent réduire les émissions de gaz à effet de serre principalement en développant les énergies renouvelables et de récupération (Cerda, 2012 ; Etat de Genève, 2013).

Dans ce contexte, les réseaux thermiques ont un rôle important à jouer. En effet, ils permettent la valorisation d'une partie des rejets de chaleurs fatales des industries ou d'installations de couplage chaleur-force du canton. Ils permettent l'intégration d'avantage d'énergies renouvelables. Ils sont flexibles dans l'usage. Ils peuvent être utilisés aussi bien pour du chaud et que pour du froid. Tout ceci contribue à diminuer l'utilisation d'énergies fossiles et ainsi de réduire les émissions de CO₂.

Le canton a mis en place plusieurs politiques qui projettent l'utilisation et le développement des réseaux thermiques. Le plan de mesures de l'OPair compte étendre les réseaux thermiques afin de réduire les émissions de CO₂ en centre ville (Etat de Genève, 2013). Le plan directeur cantonal (PDCn) prévoit d'exploiter le potentiel des réseaux thermiques afin de diminuer sa consommation énergétique. L'établissement d'un Plan directeur des énergies de réseaux est également prévu (DALE, 2009; Etat de Genève, n.d.; 2013 ; Grand conseil, 2013).

Cependant, il est important d'avoir une vision d'ensemble du développement des réseaux thermiques. Il faut notamment anticiper l'évolution des rénovations des bâtiments, car les réseaux thermiques ont besoin d'une densité minimale pour être rentables (Faessler et al., 2012 ; 2013). Ainsi, une planification réfléchie est indispensable. A cette fin, un outil reconnu comme efficace sont les systèmes d'information géographique (GIS). Ces derniers favorisent la planification, la coordination, les mesures, la mise en place de projets de constructions, la recherche et les prises de décisions qui ont des incidences spatiales. De plus, le développement de GIS dans le domaine des réseaux thermiques améliore la connaissance du sous-sol ce qui permet d'éviter les accidents et d'augmenter ainsi la sécurité nationale.

Or, l'absence des géodonnées des conduites de certains réseaux thermiques genevois ainsi que d'une carte spécifique aux réseaux thermiques sur le système d'information du territoire genevois (SITG) a été pointée dans le cadre du Projet sur les *réseaux thermiques multi-ressources efficaces et renouvelables* (REMUER). Ce dernier est mené en collaboration entre les Services Industriels de Genève (SIG) et l'Université de Genève (UNIGE). En analysant deux études de cas de réseaux thermiques, le projet REMUER a pour but d'étudier les réseaux thermiques et d'élaborer des recommandations sur leur utilisation et leur gestion (Faessler et al., 2012 ; 2013).

Notre travail de fin d'études a comme objectif de comprendre les raisons de l'absence des géodonnées de certains réseaux thermiques et d'élaborer à titre d'expérimentation une couche «réseaux thermiques» du canton.

Il se divise en deux parties principales. La première introduit le sujet en faisant un état des lieux général sur les géoservices et les lois de la thématique au niveau européen et suisse (romand). Par

la suite, cet état des lieux sera utile afin d'établir une liste des attributs décrivant les objets d'une couche géographique des réseaux thermiques.

La seconde partie est une étude de cas de la situation genevoise. Elle approfondit les connaissances quant aux (géo)données nécessaires à la création d'une couche « réseaux thermiques » et quant à leur traitement (processus d'acquisition et de gestion des géodonnées).

Ensuite, une réflexion est menée sur les attributs et sur la conception d'une base de données des réseaux thermiques. Tout ceci permet de créer les éléments nécessaires à une cartographie des réseaux thermiques au moyen d'ArcGIS.

Partie I : Etat des lieux général

1. Définition des réseaux thermiques

Les réseaux thermiques (RT) possèdent plusieurs dénominations : chauffage à distance (CAD) et froid à distance (FAD) (termes suisse), chauffage urbain (terme français), réseau de chaleur et de refroidissement ou de froid, chauffage centralisé ou chauffage collectif. Le terme se traduit par « Fernwärme » en allemand et « district heating » en anglais.

Il n'y a pas de définitions consensuelles dans la littérature concernant les réseaux thermiques. Sa définition reste souvent large. Un réseau thermique est : un système de production et de distribution de chaleur et/ou de froid sous forme de vapeur, d'eau surchauffée ou froide¹ acheminée à travers des conduites souterraines depuis un ou plusieurs lieux de production jusqu'à un ensemble de bâtiments (ASCAD, 2014a ; Bourges, n.d.; Lung Lu, 2013; Mairie de Meyrin, 2006; Quirion-Blais, 2010; Rezaie & Rosen, 2012; SIG, 2014b).

Au niveau légal, la loi suisse ne donne pas de définition et l'europpéenne précise uniquement la notion de « réseau de chaleur et de froid efficace »².

En France, le terme de « chauffage urbain » est différencié de celui de « chauffage d'îlots »³. On parle de chauffages urbains à partir d'une puissance thermique souscrite dépassant les 3.5 MW (Raoult, 2008) ou lorsque ce dernier « couvre toute la ville » (p.33, Couillard, 1981).

Qu'en est-il des sites de production qui alimentent seulement deux bâtiments ? Il faudrait préciser la définition en fixant une limite minimale, par exemple, en établissant le nombre de bâtiments raccordés, la puissance ou la quantité d'énergie. Un terme général tel que « réseau thermique » pourrait désigner l'ensemble des réseaux : CAD et FAD. Si cela s'avère pertinent, une sous-division peut être faite comme en France. Cependant, un terme général est nécessaire, car il facilite l'élaboration de loi et évite l'oubli de plus petits RT dans les statistiques ou dans une couche géographique. En effet, la construction de « chauffage urbain » est généralement médiatisée, alors que l'on parle peu de « chauffages par îlots », qui ont moins d'impact d'image. L'Association Suisse du Chauffage à Distance (ASCAD) résout le problème en se basant sur une autre différence : la chaleur et/ou le froid doivent être produits pour l'utilisation d'un tiers. Si la chaleur est produite pour être utilisée uniquement pour les besoins propres du propriétaire, la notion de réseau thermique ne s'applique pas.

Ce questionnement mériterait qu'une définition officielle soit formulée.

Dans la suite de ce travail, nous employons le terme de « réseau(x) thermique(s) » sauf lorsque nous nommons un RT précis ou souhaitons différencier les réseaux de chaleur de ceux du froid.

¹ Dans la plupart des définitions ces trois fluides sont mentionnés, mais à noter qu'il pourrait s'agir également d'autres fluides.

² Un « réseau de chaleur et de froid efficace » utilise au moins 50% d'énergie renouvelable, 50% de chaleur fatale, 75% de chaleur issue de la cogénération ou 50% d'une combinaison de ces types d'énergie ou de chaleur (Art.2, al.41, Directive 2012/27/UE).

³ Aussi appelé chauffage de district, chauffage par îlots ou connexion (terme suisse), il dessert seulement un quartier.

2. Europe

2.1. Géoservices européens existants

En Europe, certains pays ou régions ont géoréférencés leurs réseaux thermiques. L'accès à ces informations est plus ou moins développé et mis à disposition du public. Les attributs caractérisant les RT des différents pays et régions sont résumés dans le Tableau 1.

En Angleterre, la ville de Londres possède une « Heat map » qui présente le tracé des réseaux de chaleur existants (en jaune sur la carte), potentiels (en rouge) et les « zones d'opportunité » pour le développement de CAD (en mauve). Les besoins de chaleur des bâtiments et la densité des différents types de bâtiments y figurent également, mais les attributs ne sont pas visibles par le grand public (Figure 1)(Le Dù, 2014b; Mayor of London, 2010).

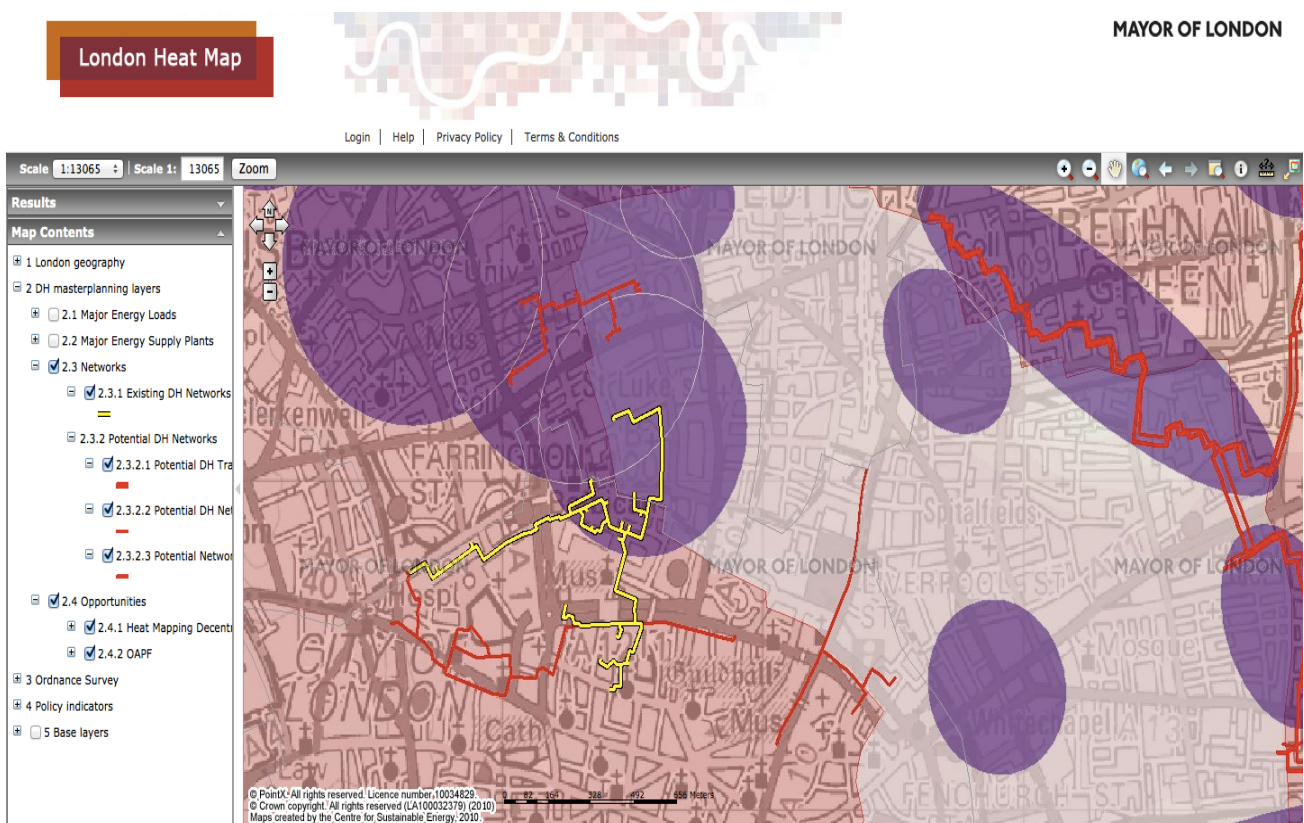
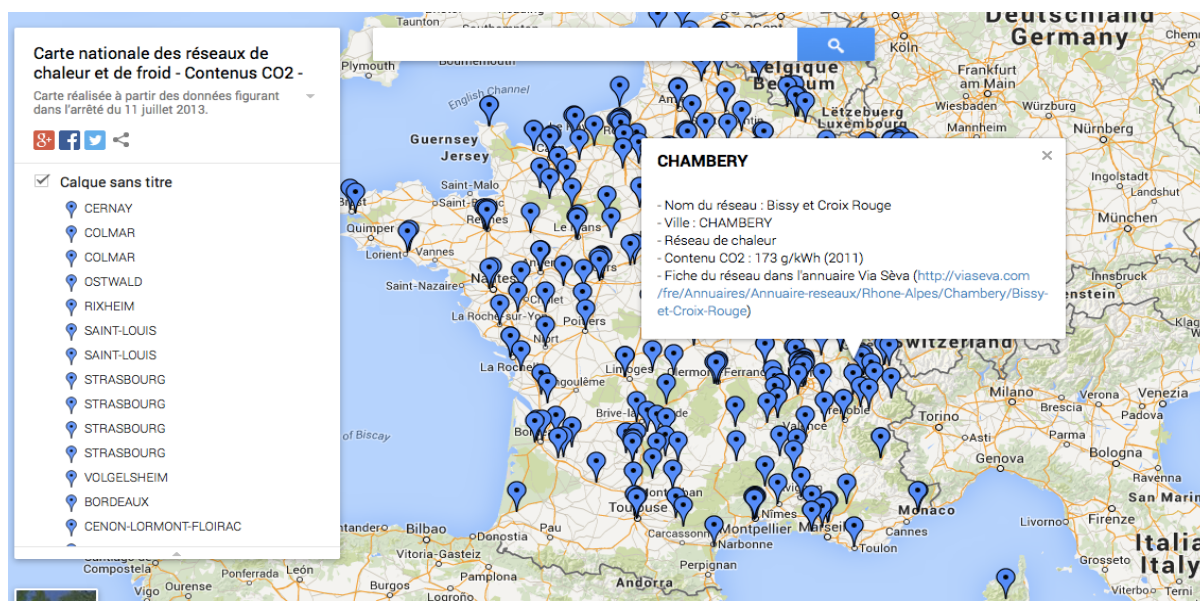


Figure 1 : « Heat Map » de Londres. Source : Mayor of London (2010)

En France, lorsqu'ils sont géoréférencés les réseaux thermiques sont représentés soit sous forme de points (carte nationale, région Rhône-Alpes), soit sous forme de lignes (Ile-de-France). Cela dépend d'un département à l'autre.

Au niveau national, une *carte des contenus CO₂ des réseaux de chaleur et de froid* répertorie les réseaux par des points placés sur la commune (Figure 2). Les données proviennent de l'*Arrêté du 11 juillet 2013 relatif à la mise à jour des contenus en CO₂ des réseaux de chaleur et de froid* qui présente un tableau

des contenus en CO₂ des réseaux thermiques. Chaque point révèle : la commune rattachée au réseau thermique, le type de réseau (chaud ou froid), le contenu CO₂ de l'année 2011 ainsi qu'un lien vers une fiche⁴ (Cerema, 2013; Le Dû, 2014b).



En région Rhône-Alpes, les points représentant les RT sont positionnés sur leur commune d'affiliation (Figure 3). Ils indiquent : leur puissance, le type d'énergie utilisée (Bois, chaleur fatale, fioul, gaz, cogénération, charbon), leur consommation et leur « mode de gestion » (géré par une commune, un privé, une régie, un syndicat, etc.). Un moteur de recherche permet de trouver les RT en fonction de leurs caractéristiques. Par exemple, en cochant la catégorie « Energie Bois », les RT fonctionnant au bois s'affichent sur la carte (Le Dû, 2014b; RhônAlpEnergie Environnement, 2014).

⁴ Lorsque cette fiche existe, elle informe sur : le nom du réseau, sa localisation (ville ou commune), sa longueur (en km), le nombre de logements desservis, le nombre de livraisons totales, le type d'énergies utilisées, leurs différents pourcentages d'utilisation, la présence ou non de cogénération, en cas de présence de cogénération, la production d'électricité (en MWh), le gestionnaire du réseau.

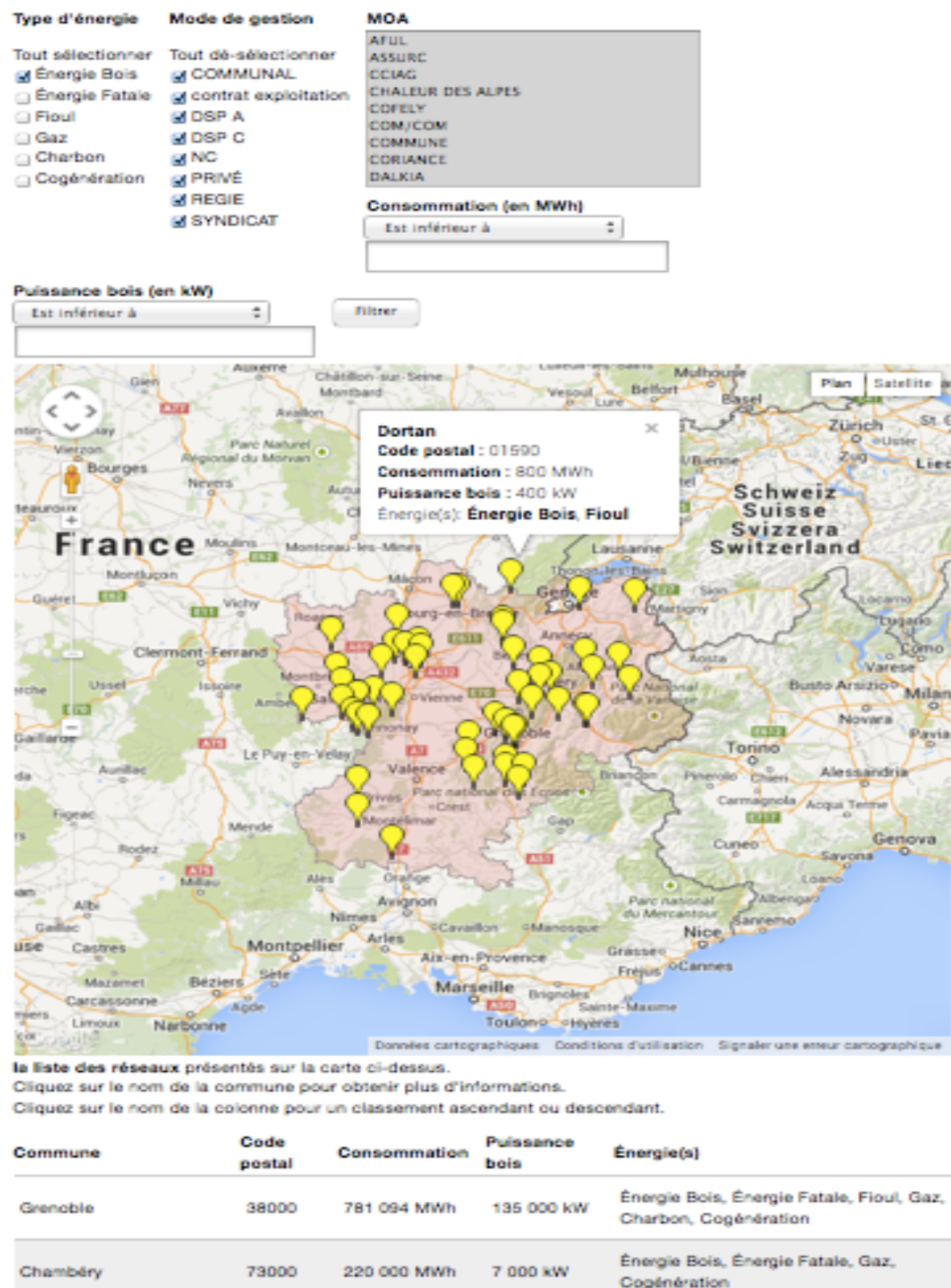


Figure 3 : Réseaux thermiques de la région Rhône-Alpes. Source : RAEE (2014)

A Paris, les RT ont été cartographiés par la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain (CPCU), sous forme de vecteurs lignes et leurs infrastructures de production par des points. Ils sont à disposition du public en une carte interactive (Figure 4). Les détails concernant les attributs ne sont pas en accès libre. La CPCU possède également une tour de contrôle permettant de superviser ses réseaux⁵ (CPCU, 2014b; Le Dù, 2014b; Raoult, 2008).



Figure 4 : Cartographie des réseaux thermiques de la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain. Source : CPCU (2014)

La préfecture de la région de l'Ile-de-France en collaboration avec l'ADEME est très développée dans le domaine. Dans un premier temps, une carte des sites de production⁶ alimentant les RT de la région a été élaborée (Figure 5). Les RT n'y sont pas géoréférencés (Biomasse Energie, 2014; Le Dù, 2014b).

⁵ A la tour de contrôle, on connaît en permanence « l'état du bouquet énergétique, les émissions de CO₂, la température, la pression et le débit de vapeur au sein du réseau, l'état de fonctionnement d'équipements, la conductivité de l'eau, les prévisions météorologiques, etc. » (CPCU, 2014a).

⁶ Les attributs des chaufferies sont : la maîtrise d'ouvrage, la puissance installée, le type de la chaufferie et des bâtiments raccordés, les tonnes équivalent pétrole substitués ainsi que l'année de mise en service (Biomasse Energie, 2014).

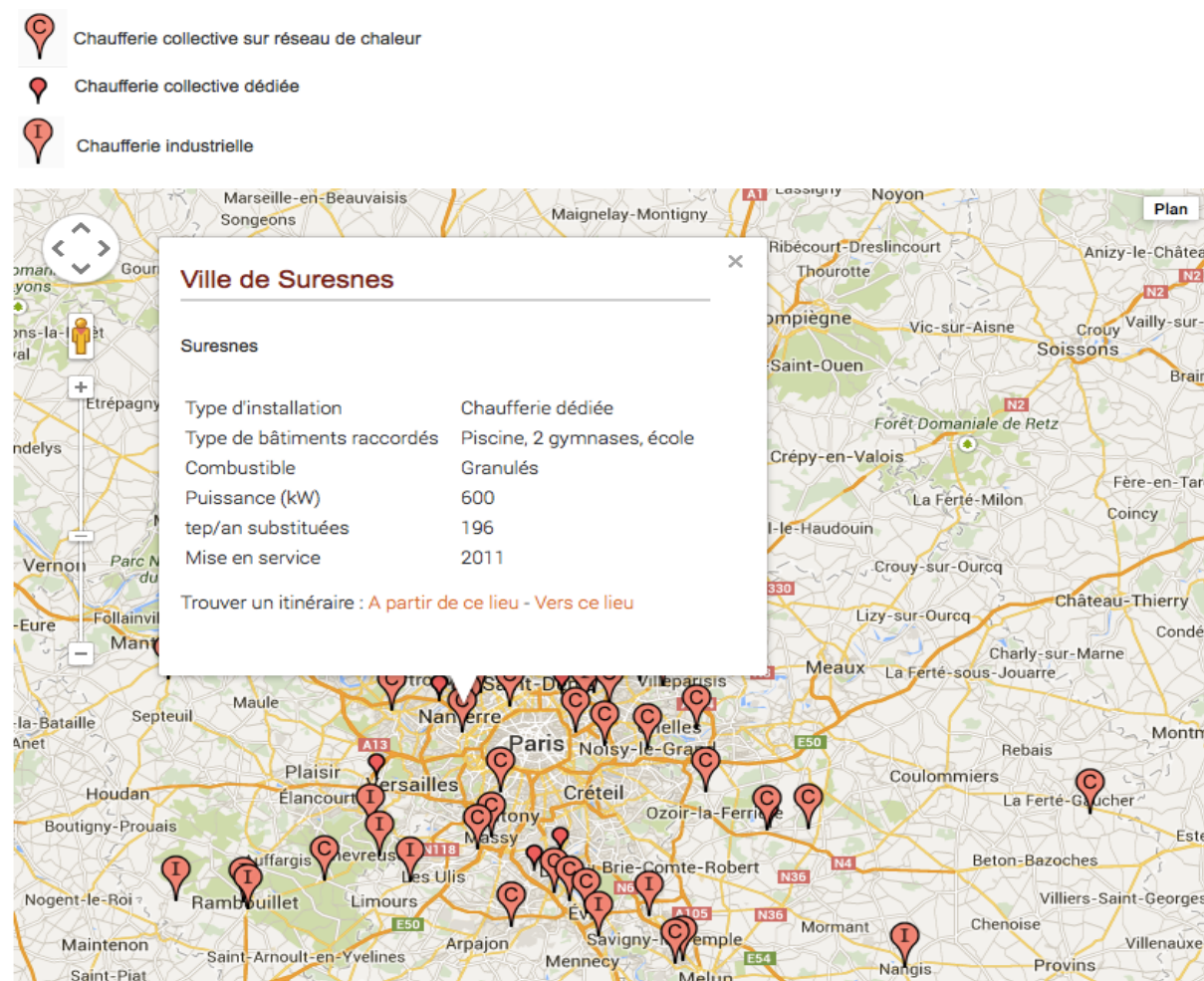


Figure 5 : Carte des chaufferies de l'Île-de-France. Source : Biomasse Energie (2014)

Cinq cartes interactives en accès libre ont été réalisées sur la thématique des CAD en Île-de-France :

1. La carte des « réseaux de chaleur » (Figure 6) présente les réseaux thermiques de la région⁷, leurs chaufferies⁸ et leurs sous-stations⁹.
2. La carte des « consommations accessibles aux réseaux de chaleur » montre les zones proches des RT qui consomment suffisamment d'énergie pour y être raccordées.
3. La carte des « potentiels de développement des réseaux de chaleur » aide à identifier les zones de développement ou d'extension des RT.
4. La carte des « densités thermiques et tracés des réseaux de chaleur » permet de visualiser les densités thermiques en 2005, 2020 et 2030.
5. La carte des « classes de prix moyen de la chaleur vendue sur les réseaux ».

⁷ Les RT sont représentés en fonction de leur part d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R).

⁸ Les attributs des chaufferies sont le(s) énergie(s) principale(s), le nom de l'exploitant ainsi que l'usage (chaufferie principale ou de secours).

⁹ Les sous-stations possèdent pour seul attribut leur nom.

Ces cartes donnent la possibilité de localiser les RT notamment par leur nom et d'exporter les données dans un tableur Excel.

Les attributs des RT sont : l'identifiant, le nom du réseau, la longueur (km), la commune propriétaire, l'opérateur, le gestionnaire, la part des énergies renouvelables (en %), la puissance totale installée (en MW), la puissance totale souscrite (en MW), la présence ou l'absence de cogénération, la quantité de chaleur livrée dans l'année (en MWh/an), l'équivalent en nombre de logements et les émissions de CO₂ (en kilogramme de CO₂ rejetés par kWh) (DRIEE, 2015, 2014).

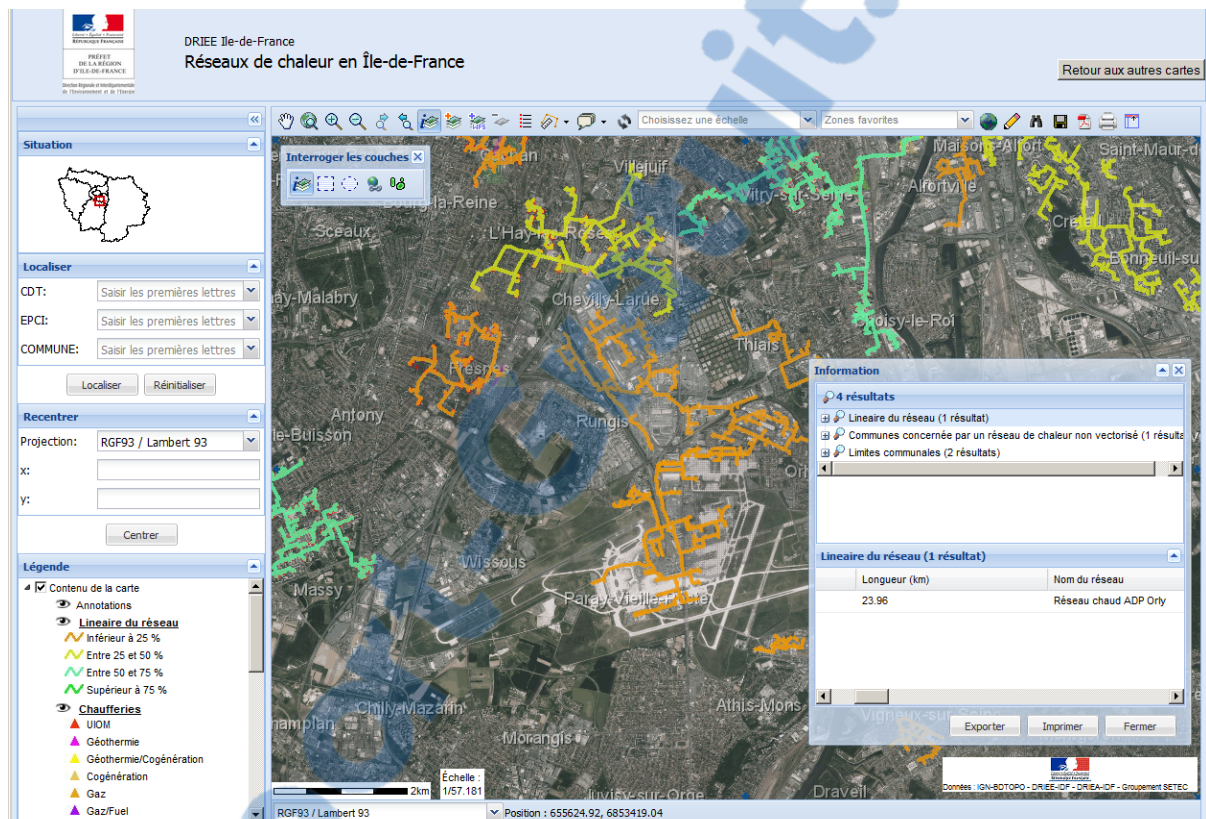


Figure 6 : Carte des Réseaux de chaleur en Île-de-France. Source : DRIEE (2014)

En Ardèche, l'association PolEnergie a développé un système d'information géographique pour caractériser le potentiel de développement des RT dans la région (PolEnergie, 2014).

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des attributs par pays ou région

	Londres	France	RhôneAlpes	Paris	Île-de-France
Attributs		Nom du réseau			Nom du réseau
		Type de réseau			
		Longueur (km)			Longueur (km)
		Commune	Commune		Commune propriétaire
					Opérateur
		Gestionnaire	Gestionnaire		Gestionnaire
			Puissance		Puissance totale installée
					Puissance totale souscrite
			Consommation		Quantité chaleur livrée
		Type énergies utilisées	Type énergies utilisées		Cf. couche "chaufferies"
		% d'utilisation			
					% EnR
		Nombre logements desservis			Nombre logements desservis
		Livraisons totales			
		Présence ou non de cogénération			Présence ou non de cogénération
		Production d'électricité			
		Contenu CO ₂ année 2011			Emissions de CO ₂

2.2. Législation européenne

La *Directive européenne relative à l'efficacité énergétique* (Directive 2012/27/UE) du 14 novembre 2012 encourage le développement de politique favorisant la mise en place de réseaux thermiques efficaces (§35 et 36, Art.14, al.2). Pour se faire, elle oblige les Etats membres à réaliser, avant le 31 décembre 2015, une « évaluation du potentiel d'application de réseaux efficaces de chaleur et de froid ». Cette évaluation doit être actualisée et communiquée à la Commission européenne tous les cinq ans (Art.14, al.1). Les statistiques de la production et des capacités des RT doivent être communiqués chaque année (Art.24, al.6). L'évaluation comprend une analyse coûts-avantages¹⁰ (Art.14, al.3) et une carte du territoire national dans laquelle doivent figurer les éléments suivants :

- les points de demande de chaleur et de froid (zones résidentielles dont le taux d'occupation du sol est d'au moins 0.3, zones industrielles dont la demande de chaleur ou de froid dépasse les 20 GWh),
- les installations de production (existantes et prévues),
- les points d'approvisionnement potentiels (usines d'incinération de déchets, installations de cogénération et installations d'électricité dont la production annuelle dépasse les 20 GWh).

Les « informations sensibles d'un point de vue commercial » doivent être préservées (Annexe VIII, al.1c) (Le Dû, 2014a; Parlement et conseil européens, 2012)

La *Directive européenne établissant une infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne* (INSPIRE) (DIRECTIVE 2007/2/CE) a pour but de protéger l'environnement en facilitant l'accès aux informations favorisant notamment des prises de décisions politiques

¹⁰ Lorsque l'analyse révèle que les avantages sont plus élevés que les coûts, les Etats membres doivent favoriser le développement des RT (Art.14, al.3 et al.4, Directive 2012/27/UE).

judicieuses. Les informations géographiques sont indispensables à la protection de l'environnement. Or, elles sont souvent confrontées à des problèmes de disponibilité, de qualité, d'accessibilité ou de possibilité de partage. Afin de dépasser ces problèmes, INSPIRE vise à moderniser et à harmoniser les GIS et leurs géodonnées. La directive s'adresse aux autorités publiques pour les aider à remplir cet objectif. Pour autant qu'elles ne soient pas confidentielles (Art.13), les autorités publiques doivent rendre accessible au public leurs géo(méta)données environnementales¹¹ en les publiant dans un géoservice (Commission européenne, 2007; IGN, 2012; Leobet, 2011; MEDDE, 2011).

¹¹ Vision large du domaine de l'environnement comprenant 34 thèmes. La thématique des réseaux thermiques serait afférente au thème : « Sources d'énergie » (Annexe III).

3. Suisse

3.1. Géoservices suisses existants

En Suisse, l'Association suisse du chauffage à distance (ASCAD) regroupe les entreprises du pays actives dans le domaine. Association professionnelle et indépendante, elle se veut « l'interlocutrice de référence pour toutes questions » relatives au domaine (ASCAD, 2014c). Elle compte favoriser les partages d'expérience et des savoir-faire. Elle promeut le développement des RT, conseille, communique et prépare des directives techniques.

Elle possède un système d'information géographique : webGIS. D'accès payant¹², webGIS contient des géoinformations sur les RT suisses (Figure 7). WebGIS a comme but principal de donner la possibilité d'identifier les zones potentielles pour de futurs réseaux au moyen de plans de besoin de chaleur de la région. On y trouve les informations relatives aux différents « fournisseurs de chaleur » et aux « demandeurs de chaleur » (ASCAD, 2010). Les RT y figurent sous forme de points (triangle jaune de la Figure 7).

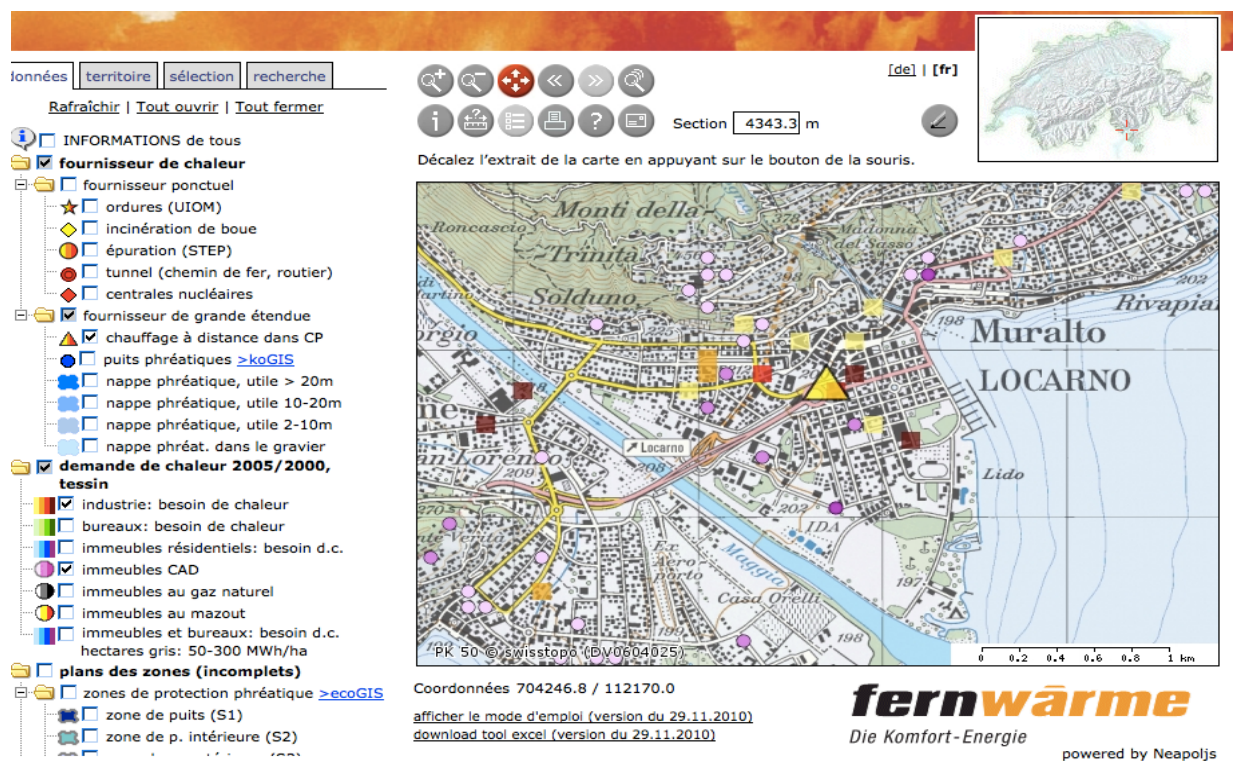


Figure 7 : Démonstration de la plateforme webGIS de l'ASCAD. Source : ASCAD (2010)

¹² Le coût s'élève annuellement à 2'000CHF pour les membres de l'ASCAD et 3'000CHF pour les non-membres. Des géodonnées fictives sur le canton du Tessin sont accessibles à titre d'exemple dans un « mode de démonstration ».

Les fournisseurs de chaleur sont divisés en deux groupes :

1. Les fournisseurs appelés « fournisseurs ponctuels » comprennent : les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM), celles d'incinération des boues, les stations d'épuration, les tunnels et les centrales nucléaires.
2. Les « fournisseurs de grande étendue » sont composés : de RT (triangle de la Figure 7), des puits et des nappes phréatiques. Les attributs des RT sont listés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Attributs des objets (CAD) de la couche « chauffage à distance »

Nom attribut	Type de données	Valeurs	Description
« Code postal du territoire de la distribution »	Nombre		Code postal du territoire de la distribution
« Base pour la présentation en forme de point »	Texte	Exemple : PLZ Verteilgebiet Kirchturn (6600)	Adresse d'attribution du triangle jaune de la Figure 7
« Appellation »	Texte	Exemple : Calore SA	Nom du réseau thermique
« Opérateur »	Texte	Exemple : Calore SA	Nom de l'opérateur du RT
« Longueur du réseau »	Nombre		Longueur du réseau (en mètre)
« Nombre de ménages raccordés »	Nombre		Nombre de ménages raccordés
« Puissance abonnés »	Nombre		Puissance des abonnés (en kW)

Concernant les informations sur la demande de chaleur, webGIS présente les besoins en chaleur par type de bâtiments et par agent énergétique.

Les besoins en chaleur des bâtiments sont divisés en quatre catégories : les industries (carrés sur la Figure 7), les bureaux, les immeubles résidentiels et les « immeubles et bureaux » sont respectivement illustrés par des carrés de différentes palettes de couleurs (plus les carrés sont foncés, plus la consommation est élevée). Les attributs des besoins en chaleur diffèrent selon le type de bâtiments (Annexe 1).

Le type d'installation de chauffage (CAD, gaz naturel ou mazout) grâce auquel l'immeuble est alimenté en chaleur est illustré par des ronds de différentes couleurs dégradées en fonction de leur consommation. Concernant les bâtiments chauffés par l'agent énergétique « CAD » (ronds de la Figure 7), les attributs pour chaque point sont listés ci-dessous :

- le nombre d'immeubles raccordés au CAD,
- le nombre total d'immeubles,
- le besoin de chaleur (en MWh par hectare et par année),
- la part d'immeubles reliés à un CAD (en %).

Depuis 2002, l'ASCAD publie chaque année les statistiques des réseaux de chaleur et de refroidissement (Annexe 2). La liste des RT et de leurs attributs augmente d'année en année. Les dernières statistiques (année 2013) présentent les données pour les attributs suivants :

- la chaleur vendue (en GWh),
- la puissance raccordée (en MW),
- la production d'électricité (en GWh) (dans le cas de cogénération),
- la longueur du réseau (en km),
- la charge thermique maximale (en MW),
- la part d'utilisation des différentes énergies primaires (mazout, gaz naturel, UIOM, bois, énergie renouvelables, autres combustibles).

Les RT sont répertoriés par entreprises. En ce qui concerne le canton de Genève, il s'agit de :

1. Les Services Industriels de Genève (SIG)¹³.
2. CADIOM SA (depuis 2004). Les données statistiques pour CADIOM comprennent tous les RT gérés par *SIG-Chauffage à distance* et qui se trouvent sur la rive gauche du Rhône (Perrier-Bavoux, 2014).
3. Le « service de l'Environnement des Cheneviers » dont les données existent depuis l'année 2004 jusqu'à 2009.

A un troisième endroit de son site Internet, l'ASCAD répertorie les « fournisseurs de chaleur » par canton (ASCAD, 2014b). Pour le canton de Genève, seul trois sont présentés :

- Le CAD de Genève,
- Le CAD de Péry,
- Le CAD de l'école de Bois-Gourmand à Veyrier.

Pour chacun d'entre eux, les données suivantes sont prévues :

- le nom du réseau,
- le code postal accompagné du nom de la commune,
- l'e-mail de contact et le site Internet du propriétaire,
- les données techniques (Année de mise en service, Puissance (en MW)),
- la consommation énergétique (en MWh/an),
- le nombre de raccordements,
- la longueur du réseau (en km),
- les agents énergétiques.

En ce moment, l'ASCAD est en cours de réalisation d'une base de données exhaustive des RT du pays. A priori, le résultat escompté serait une statistique publique. Cependant, les modalités et les finalités sont encore en cours de décision.

Les **géoservices de la mensuration officielle suisse** ne contiennent pas les géodonnées des conduites des RT (Web Map Service (WMS)) (Mensuration officielle suisse, 2014)¹⁴. Ceci est dû au fait que seules les conduites de combustibles ou de carburants relèvent du droit fédéral (LGéo, OGéo, LITC). Les autres conduites du sous-sol ont été déléguées aux cantons Swisstopo, 2011; "Web Map Services," 2014).

¹³ Nous n'avons pas obtenu de réponse de la personne renseignant ces données. Cependant, il est certain que cette catégorie ne correspond pas uniquement au CAD SIG (aussi appelé CAD Lignon), car les chiffres sont trop élevés pour comptabiliser uniquement ce réseau.

¹⁴ Il existe trois géoservices nationaux. CadastralWebMap et WMS-GeoMeta sont publics. Le premier met à disposition les données de la mensuration officielle (MO), le second informe sur l'état de la MO ainsi que sur les travaux en cours dans le pays. Le troisième : WMS-MO est en accès restreint. Il garantit aux ayants-droits un accès aux données de la MO mises à jour. Les géoinformations quant aux conduites du sous-sol ne sont pas accessibles au public. Cependant, le catalogue des données informe qu'il s'agit des conduites de combustibles ou de carburants et des eaux canalisées souterraines. Trois thèmes auraient pu contenir les RT : « conduites » qui contient les géodonnées des conduites de combustibles ou de carburants liquides ou gazeux, « objets divers » ou « objets divers en 3D » dans lesquels figurent les bâtiments souterrains et les eaux canalisées souterraines (Mensuration officielle suisse, 2014).

3.2. Législation suisse

En Suisse, la loi sur la géoinformation (LGéo) et son ordonnance (OGéo) ont les mêmes objectifs d'harmonisation des données et de durabilité qu'INSPIRE. Elles comptent donner un accès facile, rapide et durable à des géo(méta)données actuelles, de qualité et à des coûts abordables. Cet accès est ouvert aux différents acteurs nationaux : les autorités fédérales, cantonales et communales ainsi que la population, les milieux économiques et scientifiques (Art.1, LGéo ; Swisstopo, 2014). Elles s'appliquent à toutes « les géodonnées de base relevant du droit fédéral » (Art. 2, al.1, LGéo) ainsi qu'aux autres géodonnées de la Confédération pour autant que ces données ne soient pas soumises à d'autres lois (al.2). La standardisation des données simplifie leur échange et élargit leur utilisation (Art.4).

Le Conseil fédéral « détermine les géoservices d'intérêt national » (Art. 13 al. 1), réglemente (al.3) et fixe les exigences qualitatives et techniques à leur sujet (Art.5, al.2). En revanche, leur mise en place et leur exploitation est gérée par le « service chargé de la saisie, de la mise à jour et de la gestion des géodonnées de base » (Art.8 al.1, Art.13. al.5). L'organe compétent est l'Office fédéral de topographie qui a pour mission « d'assumer [le] suivi » de la loi (Art.5 al.3).

Parmi « les géodonnées de base relevant du droit fédéral », il existe une catégorie « conduites »¹⁵ qui recourt du domaine de la mensuration officielle suisse (Annexe 1, identificateur 64, OGéo; Art.6G, OMO ; Art.1, LITC). Cependant, cette catégorie inclut seulement les conduites dites « primaires » appartenant à la *loi fédérale sur les installations de transport par conduites de combustibles ou carburants liquides ou gazeux* (LITC). Cette dernière concerne les « conduites servant à transporter de l'huile minérale, du gaz naturel ou tout autre combustible ou carburant liquide ou gazeux désigné par le Conseil fédéral » (Art.1 al.1, LITC).

La norme SIA 405 : *Informations géographiques des conduites souterraines* réglemente la saisie, la mise à jour et les attributs des géoinformations des conduites du CSS. Elle prône le renseignement sur la position actuelle de tout objet souterrain (4 31 1). Elle est accompagnée des cahiers techniques SIA 2015 qui concerne le traitement spécifique des données et SIA 2016 qui s'applique à leur échange.

Un règlement élaboré par l'ASCAD : *Systèmes d'information géographique pour données et plans de réseaux* complète la norme SIA 405. Destiné aux services publics et aux entreprises, ce dernier est une recommandation dans la mise en place de Systèmes d'information géographique (GIS) des RT. Elle s'appuie sur la recommandation GW 1002/1 de la Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux (SSIGE). Elle a pour but de motiver et d'aider les entreprises à mettre en place un GIS et propose la normalisation des données afin d'en favoriser le partage. La première partie de la recommandation introduit les GIS (exigences, évaluation, mise en place). La seconde partie porte sur les catalogues d'informations des RT et sur l'échange des données¹⁶.

En ce qui concerne notre sujet d'étude, la charge des géo(méta)données des réseaux thermiques revient aux cantons (Galley, 2014b). Chaque canton a donc sa propre législation sur le sujet.

¹⁵ Les géodonnées de base relevant du droit fédéral sont accessibles à la population (Art.10, LGéo) sauf si elles sont sensibles, confidentielles (Art.10, al.2) ou relèvent de la protection des données (Art.11). Le niveau d'autorisation d'accès des conduites (LITC) est de *niveau A* (Annexe 1, OGéo), c'est-à-dire garanti (Art.22, al.1).

¹⁶ Cette recommandation étant payante (130CHF), nous n'avons eu accès qu'à la table des matières et au résumé.

4. Romandie

4.1. Géoservices romands existants

En Suisse romande, chaque canton possède son propre géoservice dans lequel les réseaux thermiques seraient susceptibles de figurer. Il en va de même pour les services industriels qui ont généralement leur base de données et/ou leur système d'information géographique (GIS).

Dans le canton de **Neuchâtel**, Viteos, l'entreprise des services industriels du canton a mis en place un GIS pour cartographier ses RT selon un modèle de données basé sur les recommandations des normes SIA 405, SIA 2015 et SIA 2016¹⁷. Dans la couche des RT, ces derniers sont segmentés par tronçons en fonction de leur diamètre. Concernant les données en rapport avec l'énergie, les attributs informent quant au fluide, à la température et à la pression. Il est possible de connaître la consommation des bâtiments reliés aux réseaux grâce à une jointure spatiale entre les bâtiments alimentés par le RT et les données de consommation (Arzrouni, 2004, 2014a, 2014b).

En parallèle, le géoportail du Système d'Information du Territoire Neuchâtelois (SITN) propose une carte thématique énergie (solaire, géothermie) mais n'a pas de couche spécifique sur les RT. Les RT de SITN sont géoréférencés dans la couche « canalisations » du thème « cadastre »¹⁸. La couche « canalisations » possède pour chaque objets les attributs suivants : numéro de servitudes, type de servitude, classe. L'attribut « type de servitude » permet de connaître l'utilité de la canalisation. Les RT sont catalogués sous le nom de « Chauffage, eau chaude » (Figure 8) (République et Canton de Neuchâtel, 2014).



Figure 8 : Réseaux thermiques du géoportail du canton de Neuchâtel

¹⁷ Les attributs de la couche géographique des RT informent sur : les données générées automatiquement par ArcGIS (shape, shape_length, override, ruleID), le nom du réseau, sa profondeur, ses données « ingénieurs » (type, matériau, diamètre et épaisseurs des conduites et de leurs isolations), les noms du fournisseur, de l'exploitant, du propriétaire et de l'installateur, l'information concernant la qualité du relevé, l'année de pose des tuyaux, les modifications et les mutations, l'année de suppression, la fonction de la conduite (transport, distribution, branchement), son état (en service, hors services, en attente), son genre (aller, retour, double), le fluide, les pressions nominales, la température et différents types de remarques.

¹⁸ Cadastre>mensuration officielle>servitudes>canalisations

Le guichet cartographique du canton de **Fribourg** ne possède pas de carte thématique sur l'énergie. Parmi les thèmes proposés, celui de la mensuration officielle contient une couche « conduite » mais d'après la fiche de métadonnées, la couche répertorie les conduites de transport de fluide (gazoduc, etc.) qui sont soumis à la loi fédérale sur les installations de transport par conduites de combustibles ou carburants liquides ou gazeux (LITC) (Etat de Fribourg, 2014; Team, 2007). La volonté de concevoir une base de données des RT du territoire et la couche géographique associée est présente, mais actuellement en attente faute de ressources nécessaires (Courtois, 2014).

Le géoportail du **Jura** ne présente aucune information ni sur les RT, ni sur les données énergétiques, ni sur les objets du sous-sol (République et canton du Jura, 2014). La loi cantonale sur la géoinformation exigeant la mise en place d'un cadastre du sous-sol, une couche des RT fait partie des projets de développement (Crausaz, 2014).

Le canton de **Vaud** possède plusieurs guichets cartographiques : un général et des communaux. L'Association pour le Système d'Information du Territoire Vaudois (ASIT VD) répertorie toutes ces informations dans un GeoCatalogue et redirige vers les différents géoportails (ASIT VD, 2014 ; Etat de Vaud, 2014). Il n'existe pas de couche des RT. A l'heure actuelle, les données ne sont pas centralisées, chaque commune doit tenir à jour les données des réseaux existants sur son territoire. Le canton ne possède donc pas de base de données des RT.

Un projet est en cours afin de réaliser un cadastre énergétique qui contiendrait : les rejets de chaleur et les réseaux thermiques (zones favorables aux RT, carte des rejets de chaleur, carte des RT), les zones favorables à la géothermie (admissibilité et performance), l'hydraulique (existant et en planification) et l'éolien (zones d'exclusion et projets en cours).

Pour le canton du **Valais**, sous le thème mensuration officielle, le géoportail SIT-Valais possède une couche « conduite » dont les attributs ne sont pas visibles pour le grand public. A priori, il s'agirait des conduites soumises à la loi LICT (Canton du Valais, 2014).

Le Centre de Recherches Energétiques et Municipales (CREM) est en train d'élaborer une plateforme Internet GIS (projet MEU). Cette dernière permettra de faciliter la planification et la gestion de l'énergie dans des zones urbaines (Cherix et Capezzali), notamment en identifiant les RT qui valorisent les rejets thermiques (Darmayan et al., 2013).

Dans le canton de **Genève**, les Services Industriels de Genève (SIG) possèdent les plans des RT dont ils sont propriétaires sous forme numérique vectorielle. Destinés à des bureaux d'études, les plans peuvent être demandés au format AutoCad (.dxf, .dwg) et sous le système de projection MN95 en écrivant à l'adresse e-mail suivante : cadastre.reseaux@sig-ge.ch (SIG, 2014a). Les SIG sont actuellement en train de passer leurs données en GIS (Galley, 2014b).

Parallèlement, le Système d'Informations du Territoire à Genève (SITG) propose des cartes simples, en 3D, sécurisées ou pour les professionnels. Les cartes sécurisées sont celles qui traitent des données-métier, notamment celles concernant l'énergie et la mensuration officielle du sous-sol. Une carte professionnelle de l'énergie¹⁹ est en accès libre sur le géoservice mais ne contient aucune information sur les RT. Les conduites des RT sont présentes dans le cadastre du sous-sol.

¹⁹ Les données en accès libre de la carte professionnelle de l'énergie possède le cadastre des chaudières (qui mentionnent le type de chaudières et les relations chaudières), l'indice de dépense de chaleur (IDC) des bâtiments, la thermographie infrarouge, l'irradiation solaire et le concept énergétique territorial (CET).

Partie II : Etude de cas du canton de Genève

5. Méthodologie

Dans ce travail, il est question d'élaborer à titre expérimental une cartographie des RT du canton de Genève. A cette fin, il s'agit procéder par étapes (Figure 9). La première étape concerne l'amélioration des connaissances quant aux données de la thématique des RT et de leur traitement. La deuxième consiste à réfléchir aux attributs et à la conception d'une base de données (BD) des RT. La dernière est la création des couches géographiques manquantes à l'élaboration de cartes spécifiques aux RT.

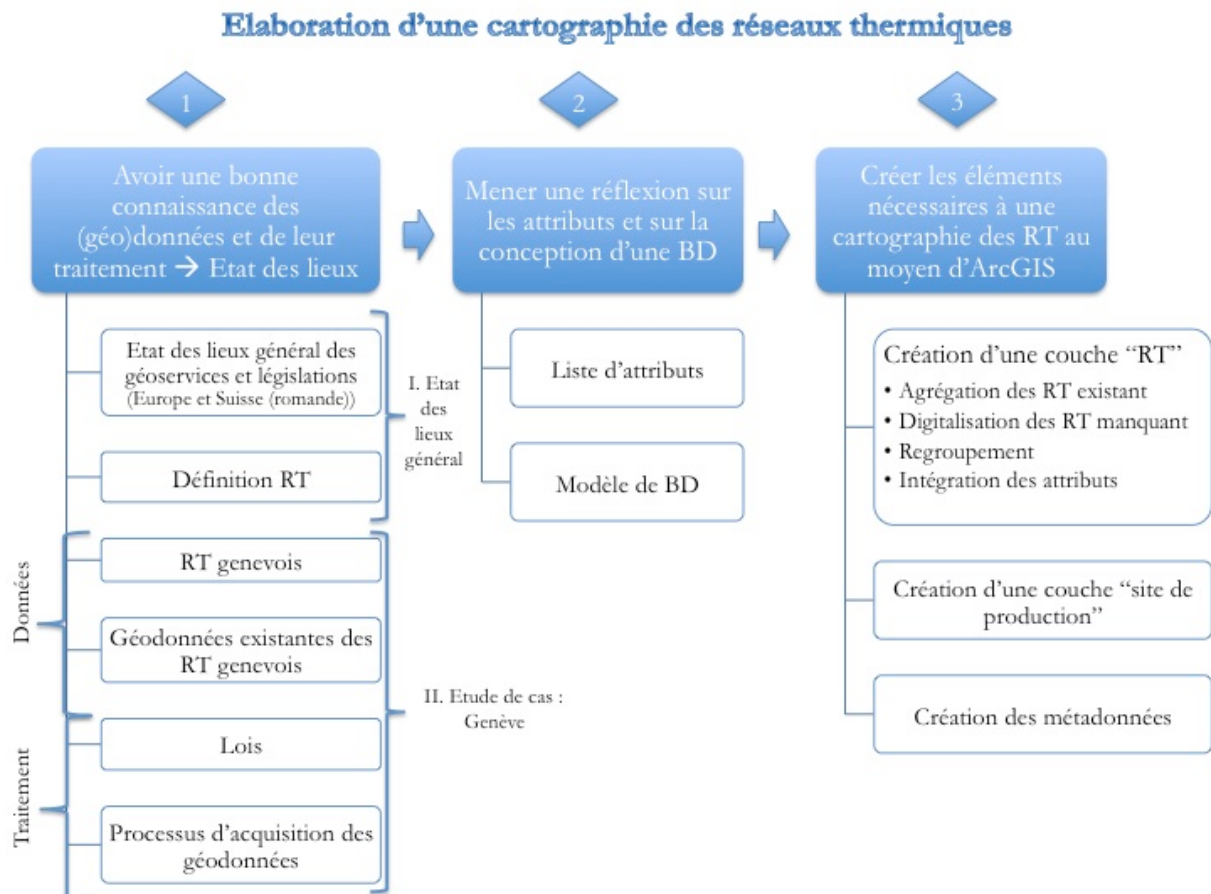


Figure 9 : Schéma explicitant la méthode de travail

5.1. Etat des lieux approfondi de la situation genevoise

Après s'être interrogé sur les géoservices relatifs à la thématique des RT d'autres pays et des cantons romands (Partie I), il s'agit de faire un recensement des RT genevois, de leurs géodonnées et de comprendre la gestion de celles-ci.

En conséquence, l'état des lieux des géoservices existants permet de recenser et de lister les attributs potentiels à une future couche « réseaux thermiques » genevois.

Ensuite, les RT présents dans le canton doivent être connus afin que la couche des RT soit complète. Pour cela, une définition précise du terme est nécessaire (Définition des RT, p.3).

Un inventaire est fait au moyen de données fournies par l'OCEN, du site Internet de l'ASCAD (Annexe 6). Il est également commencé au moyen de la couche des « relations chaudière » (SCANE_RELATION_BATI_CHAUDIERE) (Annexe 7). Son but est de répertorier les différents RT, de les localiser et si possible de connaître leur puissance et la quantité d'énergie qu'ils fournissent.

En ce qui concerne les géodonnées cantonales des RT, il faut explorer les couches du SITG contenant des informations à leur sujet.

Une synthèse des législations permet d'appréhender les exigences générales ainsi que le processus d'acquisition des géodonnées des RT.

L'ensemble des sources d'informations provient d'une recherche bibliographique ainsi que d'entretiens auprès de personnes responsables de la thématique.

5.2. Réflexion sur les attributs d'une future couche et sur une base de données des réseaux thermiques

Pour commencer, il est nécessaire de recenser les traits caractéristiques permettant de décrire et d'identifier les RT. Ceci est facilité par l'état des lieux général et genevois. De plus, le recensement des attributs pour une base de données des RT a déjà été commencé par Réginald Destinobles à l'OCEN. Ce dernier a élaboré une table finale. Cette dernière contient une trentaine d'attributs²⁰ qui décrivent trente réseaux thermiques du canton de Genève (Annexes 5).

Ensuite, il faut réfléchir à la pertinence de ces différents attributs ainsi qu'à leurs contraintes (confidentialité, etc.). Généralement, l'utilité des attributs dépend du type et des besoins des utilisateurs.

Dans le cas des RT genevois, une couche des RT est principalement utile à l'Etat, aux milieux académiques et aux professionnels de l'énergie. Elle peut contribuer à fournir un cadre pour alimenter le plan directeur cantonal 2030 (PDCn 2030), aider à la planification et à la réalisation de différentes études ou rapports.

²⁰ Les attributs listés informent sur les caractéristiques générales des réseaux (nom, type, propriétaire, etc.), les données économiques (nombre de contrats, coûts, etc.), les informations en rapport avec l'énergie (puissances, agents énergétiques, consommations, etc.), avec les clients (type, locataire, nombre, etc.) et avec les bâtiments (type, rénovation, urbain, surface, etc.) (Annexe 4).

En outre, certains réseaux thermiques tel que Génie-Lac-Nations (GLN) fournissent les deux types de prestations. Pour les décrire, il faut démultiplier soit certains attributs (puissance, énergies fournie et vendue), soit ce type de RT. La première option engendre une table avec un plus grand nombre d'attributs et garde un seul objet. Dans le deuxième cas, le CAD et le FAD sont considérés comme deux objets distincts mais superposés. Cette option permet l'emploi de moins d'attribut et est plus adéquate pour des études qui s'intéresseraient uniquement à l'une des deux prestations. Le choix dépend du besoin des utilisateurs. Nous décidons de tester la première option afin de voir si la démultiplication d'attributs est gênante.

Nous nous sommes inspiré de la réflexion de l'OCEN et l'avons adaptée en nous basant sur les besoins du groupe énergie de l'Institut des sciences de l'environnement de l'UNIGE. Nous y avons ajouté des attributs tels que la densité ou les pertes, modifié d'autres²¹ et supprimé certains²².

Puis, nous avons décidé de classer les attributs par thème afin d'éviter les redondances, de limiter la longueur de la liste d'attributs et de faciliter son utilisation et l'intégration des données²³. Ces contraintes ainsi que la confidentialité potentielle de certains attributs et les besoins différents d'utilisation, nous ont convaincu qu'un système de gestion de base de données (SGBD) tel que Access serait pertinent pour la thématique. En effet, à terme, la thématique nécessite une BD qui puisse être dynamique et reliée au SITG.

A cette fin, une modélisation de la réalité permet de mettre en place une structure de base de données répondant aux besoins des utilisateurs. Elle s'effectue en trois étapes (Figure 10).

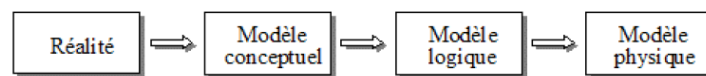


Figure 10 : Etapes d'une modélisation. Source : Métral (2014).

Premièrement, la conception d'un « modèle conceptuel » (ou diagramme UML) permet de représenter la réalité en la simplifiant en fonction des besoins des utilisateurs. Le modèle conceptuel est la première étape dans l'élaboration d'une BD. Ensuite, il faut l'adapter en un modèle logique en vue d'une implémentation informatique. Le modèle logique spécifie notamment les relations entre les tables. Finalement, il faut le transformer en modèle physique qui est l'adaptation du modèle logique dans un outil informatique (Métral, 2014).

Ce travail se contente de proposer un modèle basé sur le principe du modèle conceptuel, car des professionnels travaillent déjà sur le sujet²⁴. Il se veut avant tout illustratif et est représenté à travers l'approche RTTV : Ressource – Transformation - Transport -Valorisation. Il est élaboré au moyen d'un logiciel destiné à la création de ce type de modèle (*VP-UML Features*).

Un modèle conceptuel comporte des classes, des attributs et des relations. Les classes sont des groupes d'entités qui ont les mêmes comportements et caractéristiques (attributs). Les relations (ou associations) associent les classes entre elles en précisant leur lien par des cardinalités (min-max). Les cardinalités peuvent être « d'exactly un » (1), de « plusieurs » (0...*), « d'au moins un » (1...*) ou de « m à n » (m...n) (Figure 11)(Audibert, 2013 ; Métral, 2014).

²¹ Par exemple, une distinction est effectuée entre l'énergie fournie et l'énergie vendue.

²² Par exemple, l'attribut « urbain » est supprimé. Il précisait si le bâtiment raccordé au RT est en zone urbaine.

²³ Les institutions étant généralement divisées par département ou thématique, la séparation des tables par thème simplifie le renseignement des données.

²⁴ Des bureaux ont été mandatés par l'OCEN pour la caractérisation des RT et d'une BD (Destinobles, 2014).

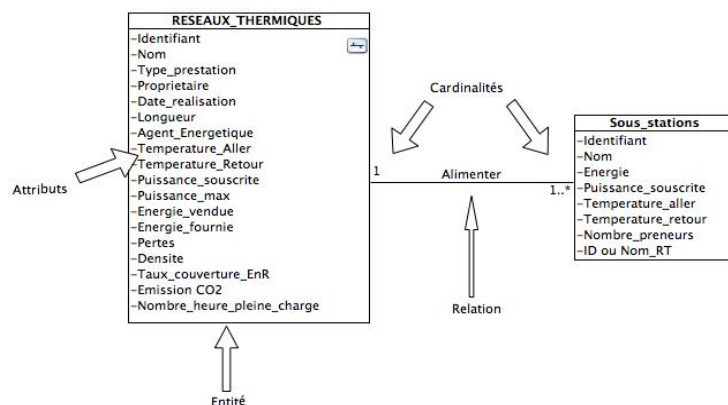


Figure 11 : Fonctionnement d'un modèle conceptuel. Source : Adapté de Métral (2014).

Par exemple, la classe *RT* est liée par le fait *d'alimenter* et la cardinalité de *alimenter* est dans un sens de 1 et dans l'autre de 1...*. Dans un sens, cela donne la traduction suivante : « un RT (1) alimente une ou plusieurs sous-station(s) (1...*) » et dans l'autre, « une ou plusieurs sous-station(s) (1...*) sont alimentées par un RT (1) ».

5.3. Elaboration des couches destinées à la cartographie des réseaux thermiques

La couche des RT est élaborée à partir des données de la couche CAD_SS_CHAUFFAGE_CONDUITE du SITG et de digitalisations de plans de RT. Ce travail étant un « test », nous digitalisons à titre d'exemple un seul RT, celui de Cartigny.

5.4. Individualisation de chaque réseau

La couche CAD_SS_CHAUFFAGE_CONDUITE contenant les réseaux thermiques est constituée de segments de tuyaux, il s'agit de les regrouper afin de former les différents RT. Pour chaque réseau, nous sélectionnons les segments de conduites lui appartenant afin de les fusionner au moyen de l'outil « Dissolve ». Afin de n'obtenir qu'un seul objet, nous avons décidé de conserver uniquement les attributs : « chargement des données » et « propriétaire »²⁵. Suite à cette opération, une nouvelle couche est créée pour chaque réseau²⁶.

Le processus de sélection s'est effectué de différentes manières. Lorsque cela est possible, les réseaux sont sélectionnés manuellement au moyen de la « sélection par lasso ». Lorsque l'attribut « Remarque » le permet, les réseaux sont « sélectionnés par [cet] attribut », tel est le cas du GLN dont les segments sont notifiés.

A certains endroits, les conduites de plusieurs RT sont agglomérées rendant la sélection par lasso inappropriée. Tel est le cas de CADIOM avec les RT d'Aire-la-ville et de CADSIG. De plus,

²⁵ L'outil « Dissolve » agrège les objets dont les attributs ont les mêmes valeurs. Ainsi, dans notre cas, il ne faut garder que les attributs dont les données sont similaires.

²⁶ Elle contient un objet unique représenté généralement par deux conduites (aller-retour).

aucun attribut ne permet de les départager avec certitude. Afin d'y remédier, un champ « CADIOM » est créé. Il y est mentionné si les segments appartiennent à CADIOM grâce à l'outil « Field calculator ». Ensuite, une sélection par lasso suivie, grâce au nouveau champ, d'une sélection par attribut (« Remove from selection where CADIOM = 'oui' ») permet de conserver uniquement les conduites de l'autre réseau.

5.4.1. Digitalisation du réseau thermique de Cartigny

Afin de digitaliser le RT de Cartigny, nous géoréférençons²⁷ la carte du réseau que nous avons à disposition (Figure 12). Cette carte est extraite du document PDF du rapport *Audit'bois* au moyen d'une capture d'écran. Ainsi, l'image est d'une qualité relative, mais suffisante pour l'exercice.

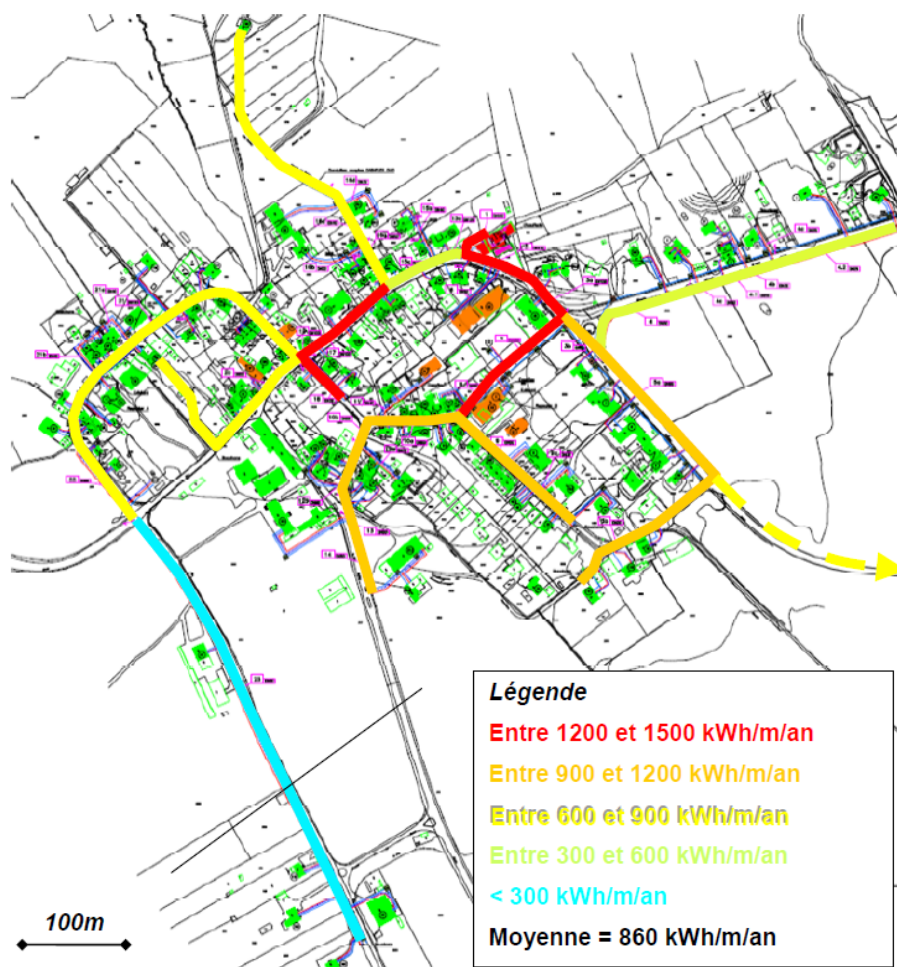


Figure 12 : Plan du réseau thermique de Cartigny. Source : Haroutunian et al. (2013)

Après insertion dans ArcGIS, l'image est affichée grâce à la fonction « Fit to display » de la barre d'outils de géoréférencement. Puis, des liens de correspondance sont créés entre la carte (Figure 12) et la couche des parcelles (CAD_PARCELLE_MENSU) au moyen de l'outil « Add control points ». Placés au milieu et aux différentes extrémités de la carte, ces liens permettent de caler

²⁷ Le géoréférencement permet d'assigner des coordonnées géographiques à une image.

l'image plus précisément dans l'environnement géographique. Cependant, une marge d'erreur de positionnement subsiste.

Ensuite, nous créons une nouvelle couche lignes, RT_CARTIGNY, et commençons la digitalisation. Les conduites des réseaux thermiques suivent généralement la courbure des routes et relient plusieurs bâtiments. Ainsi, le tracé est axé sur la base de l'image géoréférencée et sur les couches des parcelles (CAD_PARCELLE_MENSU), des routes (GMO_GRAPHE_ROUTIER) et des bâtiments (CAD_BATIMENT_HORSOL). Ceci permet de contrecarrer en partie le problème d'erreur de positionnement de l'image. Le tracé est représentatif mais reste approximatif dû à la qualité de l'image et au fait que nous ne possédons pas les informations qui permettent de savoir exactement où est enterré le tuyau. Il ne pourrait pas être utilisé par des ingénieurs ou des architectes toutefois il est utilisable pour la planification.

5.4.2. Regroupement de l'ensemble des réseaux en une couche

L'outil « Merge » est utilisé afin de fusionner les couches des différents RT en une seule couche. Les attributs de cette couche sont les attributs par défaut²⁸ ainsi que ceux que nous avons décidé de garder parmi les existants de la couche CAD_SS_CHAUFFAGE_CONDUITE²⁹. Nous ajoutons un champ d'identification des RT dans le but de pouvoir les reconnaître plus facilement par la suite et les lier à des tables de données.

5.4.3. Intégration des attributs

Notre réflexion de BD n'a pas été développée dans un système de gestion de base de données tel Access. A l'heure actuelle, nous possédons seulement une table sur Excel contenant les informations et les attributs des RT³⁰. Grâce à l'outil « Join », nous créons une jointure entre la table de notre couche et celle d'Excel. Puis, nous exportons les données vers une nouvelle couche afin d'immortaliser la table. Finalement, nous arrangeons les champs et les données de la table (Figure 21). Nous supprimons les champs identiques et calculons au moyen de l'outil « Field calculator » :

- La longueur = shape_length/1000
- La densité = Energie_vendue/longueur
- Si les données existaient, les pertes auraient également pu être calculées : Pertes = Energie_fournie - Energie_vendue.

Dans le cas de cet exercice, il est pertinent d'ajouter l'attribut « source » à la table RESEAUX_THERMIQUES, afin d'indiquer la provenance de la géodonnée (digitalisation ou SITG).

²⁸ Shape, objectid.

²⁹ Informations sur le propriétaire et la date de chargement des données.

³⁰ Les attributs sont ceux de la table « RESEAUX_THERMIQUES » de notre modèle de BD.

5.4.4. Création d'une couche « sites de production »

Nous créons une couche points : « sites de production » à laquelle nous allouons les attributs définis au préalable. Afin de faciliter la saisie des attributs, d'éviter les erreurs et de standardiser leurs valeurs, des domaines sont octroyés à certains attributs³¹. Par exemple, l'attribution au domaine « agent énergétique » offre la possibilité de choisir dans une liste déroulante le type d'agent énergétique utilisé³².

Ensuite, les sites de production alimentant les RT sont repérés au moyen de l'attribut « Destination » de la couche CAD_BATIMENT_HORSOL³³. Le mode « Editeur » permet de placer sur la carte chaque point correspondant à un site³⁴ et d'en saisir les attributs.

5.4.5. Métadonnées

Lors de la création de couches, la dernière étape importante est de renseigner ses métadonnées. Il faut aller dans ArcCatalog, sélectionner l'onglet « description » de la couche et entrer dans le mode d'édition.

³¹ Les domaines ont été définis lorsque cela était pertinent. Les attributs, dont le « type de données » est un « menu déroulant », sont affiliés à un domaine (Tableaux 4-9).

³² Pour ce domaine, les valeurs sont les suivantes : gaz, biogaz, rejets thermique, bois, solaire, eau du lac, sondes géothermiques, eau rivière, rejets thermiques, électricité, mazout, autre.

³³ Nous cherchons des bâtiments dont l'attribut indique une installation de chauffage.

³⁴ Au début, nous avons géoréférencés les points des sites de production de manière à ce qu'ils se juxtaposent avec la fin du tracé des RT. Cependant, certains sites alimentant plusieurs RT, il s'est avéré plus pertinent de les placés au centre des polygones des bâtiments.

6. Résultats

6.1. Réseaux thermiques du canton de Genève

Actuellement, le nombre de RT genevois dénombré par l'OCEN et l'ASCAD est de 31 (Annexe 5). Ce nombre comprend 26 CAD et 4 RT offrant la double prestation.

Pour une question de confidentialité des données, l'énergie des RT est agrégée. L'énergie vendue³⁵ prend en compte uniquement des CAD existants alors que l'énergie estimée comprend des CAD en cours ou pas encore construits. Le Tableau 3 donne un aperçu général des prestations de RT à Genève. L'énergie vendue est de 491 GWh pour les CAD³⁶ et 22 GWh pour les FAD. Le résultat n'est pas exhaustif car les données des petits CAD n'ont pas été trouvées.

Tableau 3 : Energie véhiculée à travers les RT. Source : OCEN (2014).

	Energie estimée (GWh)	Energie vendue (GWh)
CAD	561.6	491.1
FAD	22.4	21.8

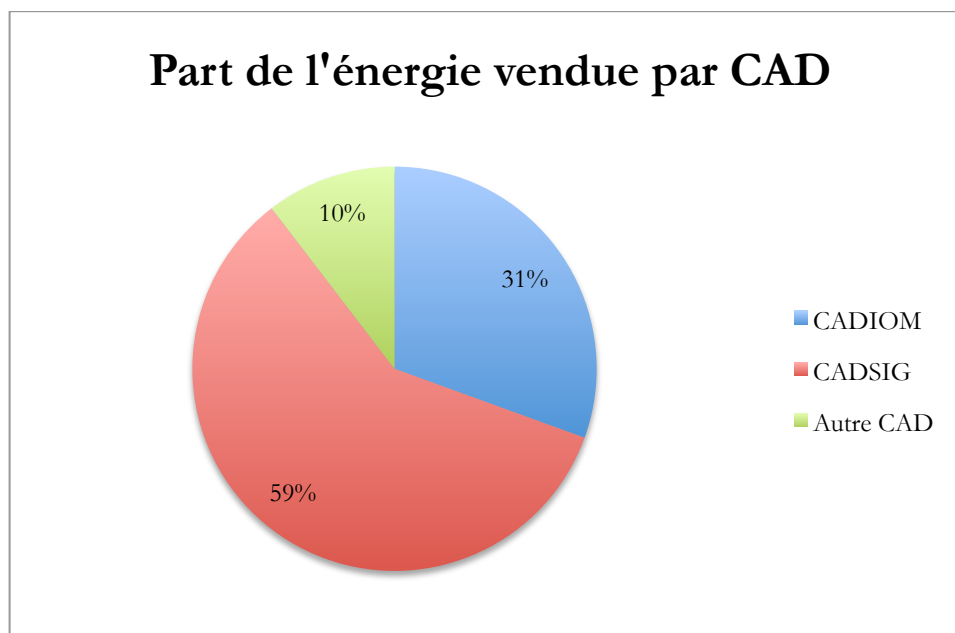


Figure 13 : Part de l'énergie vendue par CAD

La Figure 13 illustre que les deux grands RT du canton véhiculent la majeure partie de l'énergie des RT. 31% sont fournis à travers CADIOM par les rejets thermiques de l'usine de valorisation thermique des déchets (UVT) des Cheneviers, 59% à travers CADSIG par du gaz et la récupération de chaleur de l'UVT grâce à l'échangeur de chaleur entre CADIOM et CADSIG. Les autres CAD représentent seulement une part de 10% de l'énergie vendue.

³⁵ Les données datent probablement de 2013.

³⁶ Actuellement, les CAD fournissent environ 8% de la consommation d'énergie thermique du canton.

6.2. Géodonnées des réseaux thermiques genevois

Dans le canton de **Genève**, le Système d'Informations du Territoire à Genève (SITG) est un organisme qui a pour buts « de valoriser, de coordonner, de faciliter l'utilisation et la consultation des géodonnées et des produits relatifs au territoire genevois » (Art.1 al.1, Charte SITG). Son cadre juridique est défini par la *Loi SITG* (LSITG), le *Règlement relatif à la désignation du centre de compétences du SITG* et la *charte du SITG*.

Les géo(méta)données y sont à disposition des autorités, des milieux économiques, de la population et des milieux scientifiques (Art.2G, LSITG) sous réserve de la législation relative au secret des données (Art.7 al.2, Charte SITG). La gestion de géo(méta)données est assurée par le Service de Géomatique et de l'Organisation de l'Information (SGOI) qui assure notamment leur intégration dans le système, leur normalisation et leur diffusion (Art.5 al.2, Charte SITG).

Il n'existe pas de couche spécifique sur les réseaux thermiques. Les géodonnées des RT sont regroupées dans la couche des conduites de chauffage (CAD_SS_CHAUFFAGE_CONDUITE) en tant que conduites souterraines appartenant au cadastre du sous-sol (CSS). Une partie d'entre elles sont directement fournies par les propriétaires des conduites (Processus d'acquisition et de gestion des données, p.30). Les autres sont gérées par la Direction cantonale de la Mensuration Officielle (DCMO) de l'Etat de Genève. Cette dernière n'en est pas propriétaire. Elle les rassemble dans la couche des cadastres techniques du sous-sol (CTSS) : CTSS_CHAUFFAGE_CONDUITE. Ensuite, les données du CTSS sont versées dans la couche du CSS. Les données du CTSS sont en accès libre sur SITG, à la différence de celles de la couche du CSS (visibles à l'échelle 1:1000). Ainsi, les conduites du CADIOM ne sont pas visibles pour le grand public sur SITG. En revanche, le chauffage à distance de Bois-Gourmand l'est (Figure 14).

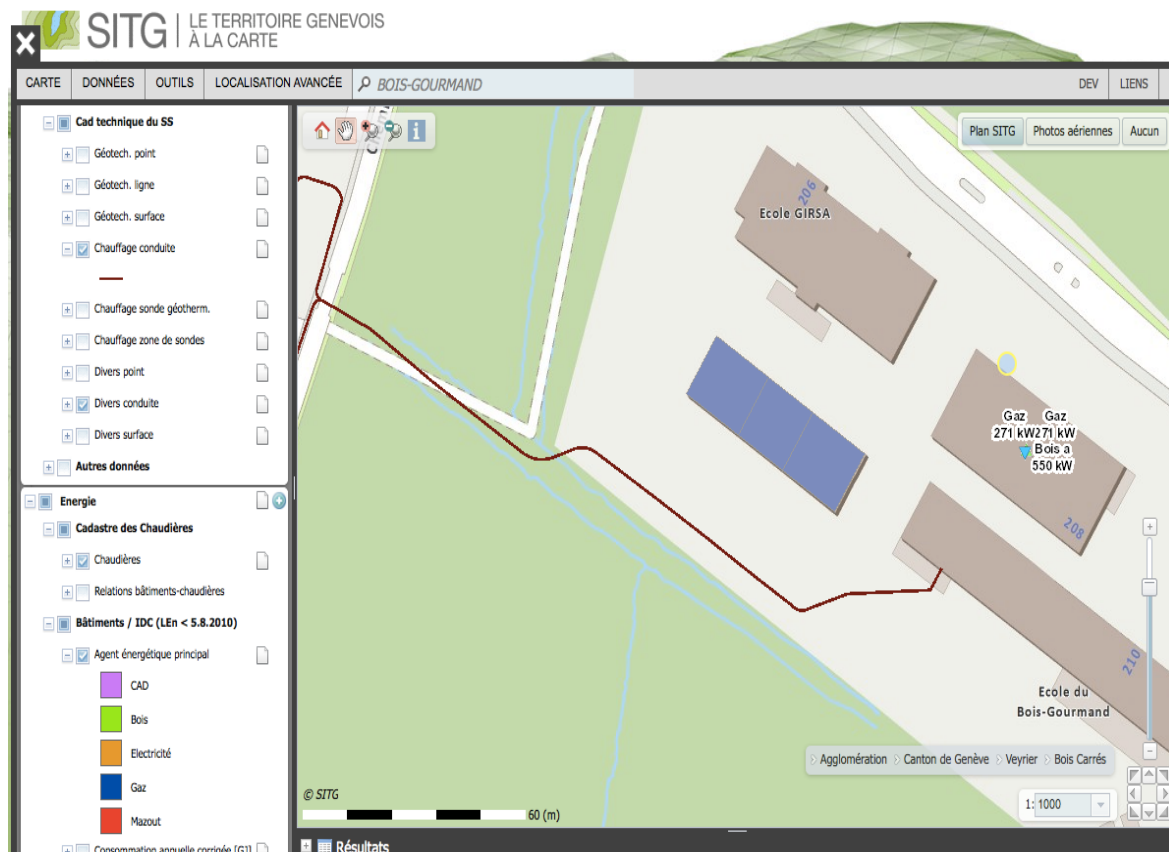


Figure 14 : Prise de vue du SITG montrant le RT de Bois-Gourmand. Source : SITG (2014)

Pour les partenaires de SITG, il est possible d'accéder à la couche du CSS depuis SITG ou GeoCSS³⁷ avec un code d'accès ou en important la couche sur ArcGIS.

Dans la couche du cadastre du sous-sol, les réseaux thermiques ne sont pas agrégés. La couche contient 7606 bouts de tuyaux³⁸ appartenant aux RT ainsi qu'aux captages d'eau du lac destinés à l'hydrothermie. La majorité des RT sont représentés par deux conduites (aller et retour)³⁹ et situés sur le domaine public. Les attributs ne sont pas spécifiques aux RT et ne permettent donc pas leur agrégation. Ils sont généraux : tel l'attribut « propriétaire » ou de type « ingénieur ». Ils caractérisent : l'état, la situation, la précision du relevé et le diamètre de la conduite. La date de chargement des données est également disponible ainsi qu'une catégorie « remarques » qui donne parfois quelques informations complémentaires (Annexe 3).

Depuis le 2 décembre 2014, le réseau de froid à distance (FAD) : le GLN qui se trouvait dans la couche du CSS de l'eau potable (CAD_SS_EAU_POTABLE_CONDUITE) a été migré vers la couche du CSS de la thermie par la DCMO. Par la suite (mi-décembre 2014), les SIG ont reclassé ces données et désormais les fournissent directement dans la couche CAD_SS_CHAUFFAGE_CONDUITE (Galley, 2014b).

Un certain nombre de réseaux thermiques ne sont pas présents dans la couche du CSS. Tels sont notamment les cas des RT de Cartigny et des tours de Carouge qui passent pourtant sur le domaine public⁴⁰ (Législation genevoise, p.29). Parmi ces réseaux manquants, certains sont représentés dans la couche des relations des chaudières (SCANE_RELATION_BATI_CHAUDIERE) (Figure 15). Ils n'y sont pas géoréférencés. Ils sont présents sous forme de lignes. Celles-ci relient les bâtiments à la chaudière qui alimente le réseau thermique⁴¹.

³⁷ GeoCSS est le géoservice du cadastre du sous-sol du SITG. Il contient toutes les informations du sous-sol (SS), c'est-à-dire, la couche des bâtiments du SS et neuf autres couches du SS dont celle qui nous intéresse pour notre sujet d'étude : la couche de la thermie. Cette dernière contient les RT et les sondes géothermiques. GeoCSS comprend des lignes (conduites), des points (vannes, chambres, panneaux, etc.) et des surfaces (nappes de tubes, stations, armoires, galeries, etc.) La DCMO a pour mission de mettre à jour GeoCSS. L'accès à GeoCSS et aux données qu'il comporte est restreint en raison de confidentialité et de sécurité. Il est protégé par un mot de passe qui change tous les deux mois. Les données sont accessibles pour les membres du SITG et les propriétaires des données. Pour les ayants-droit, il est possible de la consulter et d'en extraire des données en format vecteur ou raster (formats : .shp, .mif, .mid, .dxf) (p.32, DCMO, 2009 ; Geoffrey et Vincent, 2011).

³⁸ Cette information est valable pour la date de chargement du 02.12.2014.

³⁹ A l'exception du RT de Bois-gourmand de la couche CTSS qui est représenté par une conduite unique. Nous supposons que cela est dû au fait que les conduites d'aller et retour sont contenues dans une seule canalisation (Galley, 2014b).

⁴⁰ La loi oblige le géoréférencement de toute canalisation souterraine située sur le domaine public (Art.49A et B, L1.10.12).

⁴¹ La couche SCANE_RELATION_BATI_CHAUDIERE répertorie les liaisons entre les bâtiments et les chaudières à partir de leurs codes EGID. Elle est issue des données provenant du *Formulaire de déclaration des données nécessaires au calcul de l'Indice de dépense de chaleur* (IDC-Form). Elle n'est pas exhaustive et n'a pas de métadonnées. Elle est gérée par l'OCEN et est en accès libre sur SITG (Leverington, 2014). Elle a quatre attributs : EGID chaudière, EGID bâtiment, Adresse bâtiment et code ICF.



Figure 15 : Exemples de RT non-géoréférencés mais présents dans la couche relations chaudières : les RT des tours de Carouge, d'Athenaz et de Châtelaine. Source : SITG (2014)

Les couches d'Indice de Dépense de Chaleur (IDC) des bâtiments du SITG permettent de savoir si un bâtiment est chauffé au moyen d'un chauffage à distance. A noter qu'il existe dans certains cas, des incohérences entre les couches. Par exemple, pour les immeubles des 4 fontaines à Veyrier (Chemin de l'Argilière), l'agent énergétique principal de la couche IDC mentionne le « CAD » alors que la couche chaudière indique le « gaz ». A d'autres endroits, des bâtiments connus comme étant reliés à un CAD ne sont pas reconnus comme tel par l'agent énergétique des couches des IDC. Concernant les FAD, il est actuellement impossible de savoir à travers les géo(méta)données du SITG quels bâtiments y sont reliés.

6.3. Législation genevoise

Dans le canton de Genève, les règles quant à la transmission et au traitement des géo(méta)données des réseaux thermiques⁴² sont définies par le *Règlement concernant l'utilisation du domaine public* (RUDP) (Art.49A, 49B, 49C et 60A, L 1 10.12, Etat de Genève, 1989, 2014). Il s'applique aux RT « situés sur le domaine public » (Art.49A, al.1) et dans les zones industrielles, « aux canalisations souterraines situées sur le domaine privé le long des voies publiques » (al.2). Ce règlement ne mentionne pas les autres conduites du sous-sol présentes sur le domaine privé. Cependant, ces conduites doivent également être transmises à la Direction cantonale de la Mensuration Officielle (DCMO). En effet, l'article 36A du *Règlement d'application sur les constructions et les installations diverses* (L5 05.01) oblige le bénéficiaire de l'autorisation de construction de conduites souterraines à remettre le formulaire de demande de report de la DCMO⁴³ ainsi que « les plans et les coupes cotés conformes à l'exécution, au plus tard à l'achèvement des travaux » (Art.36A, L 5 05.01). Ainsi, en théorie, toutes les données permettant de géoréférencer les conduites du sous-sol devraient être fournies à la DCMO.

6.3.1. Processus d'acquisition et de gestion des données⁴⁴

Il existe plusieurs méthodes de relevé des données des RT. Les plus connues sont la fouille ouverte et l'utilisation de détecteurs acoustiques⁴⁵. Il n'y a pas d'obligation fédérale quant au choix des méthodes de saisie et de mise à jour des données géographiques. Il appartient à l'autorité compétente de décider (Art.8, al.3). A Genève, l'Office du registre foncier et de la mensuration officielle a le rôle d'organe de contrôle de la bonne transmission des géo(méta)données (Art.49C, al.1, L1 10.12). En plus de la réception et de la diffusion des données, il effectue des visites de chantiers lors desquels il prend des photographies des installations. S'il l'estime nécessaires, il peut exiger la réouverture des fouilles dans le but d'en établir un relevé correct (Art.49C, al.2, L1 10.12 ; Cornette et Galley, 2011).

La méthode du relevé lors des fouilles ouvertes est la plus utilisée dans le canton. Elle a comme avantage de favoriser les GIS, elle est la plus fiable et précise. Cependant, elle a comme inconvénient des contraintes au niveau temporel. En effet, lors de chantiers, la chaussée est ouverte segment par segment et cela à différents moments dans le temps en fonction de l'avancée des travaux. Ainsi, les conduites restent peu de temps et jamais entièrement à découvert⁴⁶ (Cornette et Galley, 2011).

A noter que le cadastre du sous-sol peut être utilisé dans des phases d'avant-projets mais en aucun cas comme plan d'exécution. « Le détenteur de canalisations demeure le seul responsable de la gestion de ses données » (Art. 49C, al.1 ; DCMO, 2014d).

Les géodonnées des réseaux thermiques genevois sont gérées au même titre que les autres canalisations souterraines (Figure 16) :

⁴² Au niveau légal, ces derniers font partie des canalisations souterraines (Art.49A al.3a).

⁴³ Les informations à remplir dans le formulaire de demande de report concernent l'identification : du projet de construire, du requérant et des entreprises intervenant dans le projet. Le type d'objet, son matériau, sa fonction et son diamètre doivent être également précisé (DCMO, 2014b).

⁴⁴ Le processus de gestion des données du sous-sol est très bien expliqué dans l'article de Cornette et Galley (2011).

⁴⁵ L'utilisation de détecteurs acoustiques est une méthode qui permet de relever les réseaux solides.

⁴⁶ Lors de travaux dans la voie publique, cette dernière ne doit être ouverte « que sur une longueur maximum de 100 mètres et remblayée au fur et à mesure des travaux » (Art.46. al.1, L1 10.12).

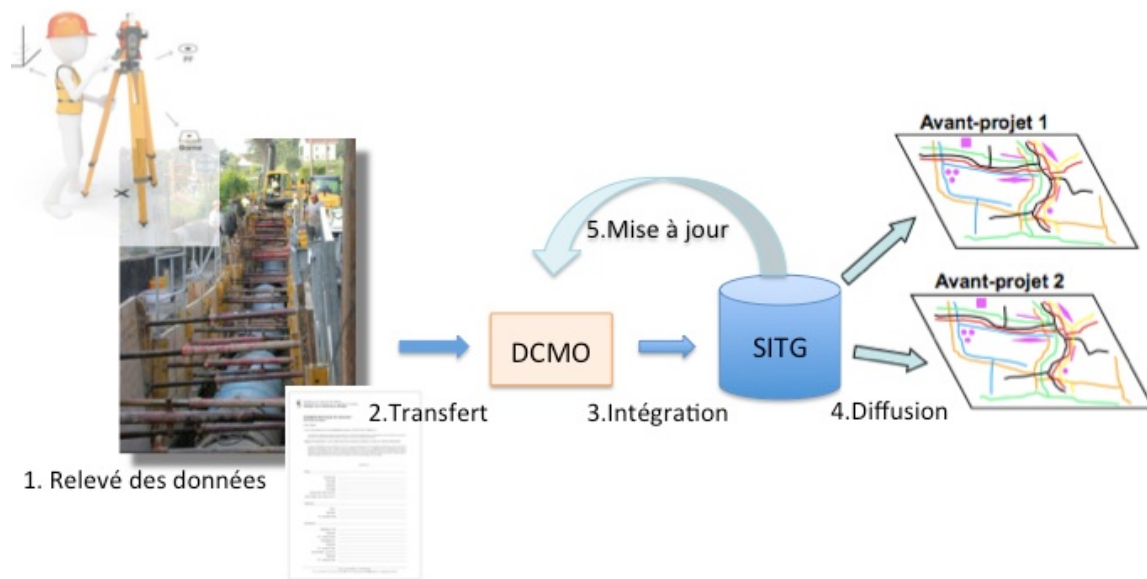


Figure 16 : Processus d'acquisition des données dans le canton de Genève. Inspiré de : Cornette et Galley, (2011) et DALE (2014a). Source images : DCMO et Galley (2014a)

1. Relevé des données

A la suite de travaux, il appartient aux détenteurs des canalisations souterraines de relever la position des conduites ou de mandater un géomètre pour le faire. La précision du relevé doit entrer en conformité avec la norme SIA 405 et celle de l'Ordonnance technique de la mensuration officielle (OTEMO) (p.3, DCMO, 2014a). Ayant constaté des différences de qualité de levés, la DCMO a publié des recommandations relatives au relevé des conduites (DCMO, 2014a, 2014c ; Galley, 2014a). Ces recommandations sont destinées aux propriétaires des conduites souterraines. Elles les conseillent quant aux méthodes de relevés, les informent sur la qualité et les précisions attendues. Leur but est d'harmoniser et d'améliorer la qualité des levés et ainsi de « faciliter l'intégration des données entre elles et dans leur environnement ». De plus, des données de qualité diminuent le risque d'accident augmentant la sécurité publique (DCMO, 2014a, b, c; Galley, 2014b).

2. Transfert des données à la DCMO

Depuis l'entrée en vigueur de la modification du *Règlement concernant l'utilisation du domaine public* (L1.10.12) du 7 septembre 2005, la transmission des géo(méta)données des conduites souterraines situées sur le domaine public est obligatoire. Elle doit s'effectuer dans les 30 jours suivants la fin des travaux (Art. 49B al.1). Les détenteurs des canalisations doivent fournir à la DCMO les documents suivants : le formulaire de demande de report de la DCMO complété, les plans et les croquis du relevé, les coordonnées XY et les valeurs des attributs des différents objets (Cornette et Galley, 2011).

Les propriétaires dont les géo(méta)données n'étaient pas géoréférencées sur le SITG avaient un délai de 5 ans pour se soumettre au règlement (c'est-à-dire jusqu'en septembre 2010) (Art. 60A, L1 10.12). Aujourd'hui, la DCMO estime avoir une connaissance de 98% des canalisations souterraines du canton. Les 2% d'inconnues sont majoritairement des conduites privées. Cela concerne les conduites de télécommunication appartenant aux banques qui préfèrent ne pas transmettre leur position pour des questions de sécurité et celles de la thermie (conduites thermiques et sondes géothermiques) qui sont méconnues. Dans le cas de la thermie, la gestion

des réseaux thermiques est une infime partie du travail que doit effectuer le personnel de la DCMO. Généralement, les personnes en charge de cette tâche ne connaissent pas l'existence des RT. Il leur est ainsi difficile d'envoyer les rappels adéquats aux propriétaires. Dans d'autres cas, les rappels ont été envoyés mais le propriétaire du réseau n'a pas fourni les données. Tel est le cas du RT de Cartigny. Depuis 2008, ce dernier n'est pas en conformité avec les articles 49A, 49B et 60 de la législation genevoise concernant l'utilisation du domaine public. Aux dernières nouvelles, il semblerait que les géodonnées des RT de Cartigny et des tours de Carouge⁴⁷ seront prochainement transmises à la DCMO (Galley, 2014b).

La majorité des RT qui ne passe pas sur la voie publique n'apparaît pas dans la couche CAD_SS_CHAUFFAGE_CONDUITE. Le *Règlement concernant l'utilisation du domaine public* (L 1 10.12) concerne uniquement le transfert des données des conduites du sous-sol situées sur le domaine public. Ainsi, dans la pratique, la DCMO n'exige pas des propriétaires dont les conduites sont situées sur des domaines privés de transmettre leurs données. En revanche, si les propriétaires lui transmettent leurs données, elles sont incluses dans la couche. En théorie, la DCMO devrait obliger tous les propriétaires de RT (situés sur le domaine public ou privé) à fournir leurs données afin d'entrer en conformité avec le *Règlement d'application sur les constructions et les installations diverses* (L5 05.01). Ainsi, la couche géographique des conduites souterraines serait complète.

3. Intégration des données par la DCMO sur SITG

Les données envoyées à la DCMO varient énormément, car chaque propriétaire fournit ses données dans leur format d'origine (celui de la gestion à l'interne). Un script « Feature Manipulation Engine » (FME) a été créé afin d'homogénéiser les données reçues. Ces dernières sont *traduites* pour correspondre au modèle défini par la DCMO puis *compilées* dans une BD et une couche finale. Dans un souci de protection des données, la compilation ne prend pas les informations concernant le métier. Elle garde uniquement les données correspondant aux attributs suivants : le propriétaire de la conduite, l'état, la fonction, le matériel, la précision de levé, le diamètre et la position de la conduite. Dans le cas des conduites thermiques, les SIG sont propriétaires d'une grande partie des données. Ils les transmettent directement comme le leur demande la DCMO, c'est-à-dire sans « donnée métier ». Pour la plupart, les attributs sont renseignés dans le formulaire de demande de report de la DCMO qui ne requiert aucune information concernant les « données métier » (Galley, 2014b).

4. Diffusion

Conformément à la loi cantonale et à la *charte relative au système d'information du territoire à Genève*, toutes les géodonnées du sous-sol sont diffusées par le SITG (Art.49B, al.2, L1 10.12). Elles sont également mises à disposition par la DCMO sur leur géoservice spécialisé : GeoCSS et accessibles à travers ArcGIS. Cependant, dans tous les cas, leur accès est limité aux partenaires du SITG (p.14, Cornette et Galley, 2011 ; DCMO, 2009).

5. Mise à jour

Il appartient à la DCMO de garantir de la mise à jour et de la disponibilité des géo(méta)données des conduites du SS (Art.9, al.1, LGéo; Art. 49C, L1 10.12). Concernant la livraison des données, une liste répertorie les propriétaires des canalisations souterraines. *SIG chauffage à distance* est un des propriétaires. La DCMO collecte ses données tous les mois (pour connaître la date exacte, il faut se référer à la date de chargement des données). Elles sont directement déchargées dans la couche du cadastre du sous-sol. Les autres données des RT sont gérées par la DCMO elle-même.

⁴⁷ Ces deux RT ont des tronçons de conduites présents sur le domaine public.



Celle-ci n'en est pas propriétaire. Elle les regroupe dans le CTSS. Pour connaître la dernière mise à jour, il faut consulter la date de chargement (DALE, 2014b).

6. *Confidentialité*

En principe, les géo(méta)données doivent être accessibles à la population. Echappent à cette règle, celles qui sont concernées par la loi sur la protection des données (Art. 11, LGéo) ou dont « des intérêts publics ou privés prépondérants ne s'y opposent » (Art.10). Dans le cas des réseaux thermiques, les géodonnées directement gérées par la DCMO (couche CTSS) sont en accès libres⁴⁸ alors que celles de la couche CSS sont en accès restreint. Par sécurité et/ou peur de concurrence, certains propriétaires sont réticents à rendre public leurs données.

7. *Perspectives*

Une réflexion a été menée sur le passage à un CSS en 3D. Cette idée d'homogénéisation est basée sur le fait qu'une partie du cadastre genevois existe déjà en 3D. Elle prévoyait également d'augmenter la pertinence ainsi que la lisibilité des données. Les résultats de l'étude ont montré que le passage à la troisième dimension est technologiquement possible mais restreint par l'absence d'information quant à la profondeur d'enfouissement des conduites souterraines. Seuls l'assainissement et la thermie font exception (Galley, 2014b). Ainsi, les informations et la technologie existant déjà, un passage à la 3D serait possible pour les réseaux thermiques (p.15-17, Cornette et Galley, 2011).

⁴⁸ C'est le cas du RT de Bois Gourmand et sera le cas du RT de Cartigny.

6.4. Attributs et base de données préconisés pour les réseaux thermiques

Le modèle de la Figure 17 se base sur les principes du « modèle conceptuel » et de l'approche RT³TV. Les « ressources » énergétiques (production) se situent à gauche dans le diagramme. Tout ce qui concerne le « transport », c'est-à-dire, le RT en lui-même trouve sa place au milieu. L'aspect « valorisation » se positionne à droite dans le schéma.

Le diagramme possède six tables principales qui contiennent chacune un thème : la production d'énergie, l'énergie dans les RT, les informations techniques destinées aux ingénieurs, les sous-stations, les données économiques et celles sur les bâtiments raccordés aux RT.

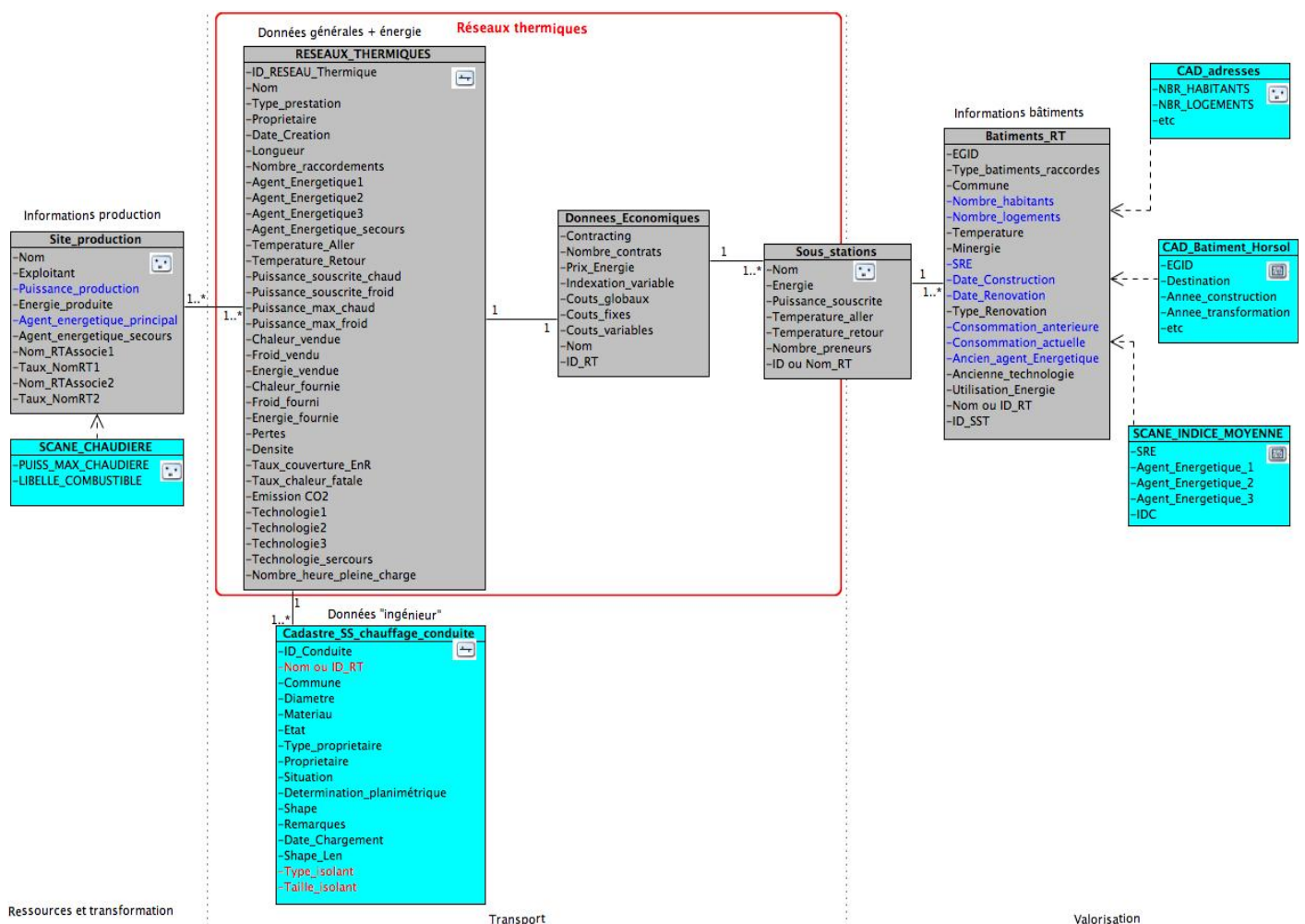


Figure 17 : Modèle d'une base de données des réseaux thermiques

-  : existe déjà dans le SITG.
-  : n'existe pas encore.
- Les **attributs** en rouge n'existent pas.
- Les **attributs** en bleu foncé sont générés à partir de couches existantes.
-  Table associée à une couche point
-  Table associée à une couche ligne
-  Table associée à une couche polygone

Figure 18 : Résumé du code couleur et des insignes de la Figure 17

La couche géographique des RT possède une table principale (RESEAUX_THERMIQUES) et une table associée (Données_Economiques).

La table RESEAUX_THERMIQUES représente la couche lignes des RT (Tableau 4). Elle recense les caractéristiques générales des réseaux (nom, type, propriétaire, date de création, longueur, nombre de raccordements) ainsi que les données en rapport avec l'énergie (températures, puissances, énergie fournie, agents énergétiques, pertes thermiques, densité, taux de couverture des énergies renouvelables, émissions de CO₂, technologies (ancienne et nouvelle), utilisation, nombre d'heure de fonctionnement à pleine charge).

Tableau 4 : Liste des attributs et description des données générales et énergétiques des réseaux thermiques

Nom attribut	Type de données	Valeurs	Description
ID_RESEAU_Thermique	Texte		Identifiant unique du réseau thermique. Il s'agit d'un champ généré automatiquement.
Nom	Texte		Nom du réseau thermique
Type_prestation	Menu déroulant	Chaud, froid, chaud et froid	Informe si le réseau fournit en chaleur ou en froid.
PROPRIETAIRE	Texte		Propriétaire du réseau thermique
Date_CREATION	Date		Année de mise en service du réseau
Longueur	Nombre		Longueur du tracé du réseau thermique en mètres.
Nombre_raccordements	Nombre		Nombre de bâtiments raccordés au réseau
Agent_ENERGERTIQUE1	Menu déroulant	Domaine«Agent_Energ» = Gaz, biogaz, rejets chaleur, bois, solaire, eau lac, sondes géothermiques, eau rivière, rejets thermiques, électricité, mazout, autre	Ressource énergétique utilisée
Agent_ENERGERTIQUE2	Menu déroulant	Domaine « Agent_Energ »	Ressource énergétique utilisée
Agent_ENERGERTIQUE3	Menu déroulant	Domaine « Agent_Energ »	Ressource énergétique utilisée
Agent_ENERGERTIQUE_secours	Menu déroulant	Domaine « Agent_Energ »	Ressource énergétique secondaire ou de secours
Temperature_aller	Nombre		Température de base de distribution en degrés Celsius
Temperature_retour	Nombre		Température de retour en degrés Celsius
Puissance_souscrite_chaud	Nombre		Somme de la totalité des puissances contractuelles de chaud (ou de froid) en kilowatt. (Les puissances contractuelles correspondent à la puissance contractée par le client.)
Puissance_souscrite_froid			
Puissance_max_chaud	Nombre		Capacité réelle de puissance (maximale) de chaud (ou de froid) du réseau en kW (appelée aussi puissance centrale).
Puissance_max_froid			
Chaleur_vendue	Nombre		Quantité de chaleur vendue. Dans le cas de

			CADSIG et CADIOM, ne comptabilise pas l'énergie vendue à l'autre RT.
Froid_vendu	Nombre		Quantité de froid vendu
Energie_vendue	Nombre		Quantité d'énergie vendue (en kWh/an) (se réfère à la facture). (=Chaleur_vendue+froid_vendu). Dans le cas de CADSIG et CADIOM, ne comptabilise pas l'énergie vendue à l'autre RT.
Energie_fournie	Nombre		Ressources mise dans le réseau. C'est-à-dire la somme d'énergie produite par les sites de production qui alimentent le RT. Pour des RT tels que CADIOM et CADSIG il faut y soustraire à la part revendue par l'autre réseau.
Pertes	Nombre		Quantité d'énergie perdue dans le transport (en kWh). (=Energie_fournie-Energie_vendue)
DENSITE	Nombre		Quantité de chaleur vendue sur le réseau divisée par la longueur du réseau. Indication sur la rentabilité du RT et sur les perte réseau (plus la densité est faible plus les pertes réseaux sont élevées et moins le réseau est rentable).
Taux_couverture_EnR	Nombre		Part (en %) d'énergies renouvelables utilisées dans l'approvisionnement en chaleur ou en froid
Taux_chaleur_fatale	Nombre		Part (en %) de chaleur utilisée dans l'approvisionnement
Emission CO2	Nombre		Emissions annuelles de CO ₂ (en kgCO ₂ /an)
Technologie1	Menu déroulant	Domaine « Technologie » = Chaudières, Panneaux solaires, CCF, PAC, Substitution directe	Type d'installation de production d'énergie
Technologie2	Menu déroulant	Domaine « Technologie »	Type d'installation de production d'énergie
Technologie3	Menu déroulant	Domaine « Technologie »	Type d'installation de production d'énergie
Technologie_secours	Menu déroulant	Domaine « Technologie »	Type d'installation de production d'énergie secondaire ou de secours
Nombre_heures_pleine_charge	Nombre		Nombre d'heures par année durant lesquelles le réseau fonctionne à pleine puissance de production
Date_Chargement ⁴⁹	Date		Date à laquelle les données ont été mises à jour pour la dernière fois

La table contenant les données économiques informe sur le type de contrat (contracting ou non), le nombre de contrats, le prix de l'énergie et les coûts des réseaux (Tableau 5). Outre les raisons citées au préalable, elle est dissociée de la table principale pour des questions de confidentialité potentielle. Il est fort probable que l'accès à ce type de données soit restreint. En créant deux tables distinctes, il serait possible de donner différents niveaux d'accès aux informations de la couche.

⁴⁹ La fréquence de mise à jour des données pourrait être différente en fonction de la taille des RT. Par exemple, les données des grands RT, tels CADIOM et CADSIG, seraient mises à jour annuellement et celles des plus petits RT tous les cinq ans.

Tableau 5 : Liste des attributs et description des données économiques des RT

Nom attribut	Type de données	Valeurs	Description
ID_RESEAU_Thermique	Texte		Identifiant unique du réseau thermique.
Nom_RT	Texte		Nom du réseau thermique
Contracting	Texte	oui, non	Présence ou non de contracting
Nombre_contrats	Nombre		Nombre de contrats de contracting
Prix_énergie	Nombre		Prix de l'énergie du réseau (en cts/kWh)
Indexation variable	Texte	Prix gaz, Prix mazout, Prix bois, Prix électricité, Prix moyen combustible, indice des prix à la consommation, chaleur réseau complémentaire, Autre, N/A	Indexation du prix de l'énergie (prix spécifique à l'agent énergétique utilisé ou autre)
Coûts_globaux	Nombre		Coûts fixes et coûts variables
Coûts_fixes	Nombre		Coût de l'installation de base et coût de réalisation (exclu les coûts anticipés de maintenance ou autres services).
Coûts_variables	Nombre		Dépend des coûts de la chaleur et donc de l'agent énergétique utilisé, du coût d'exploitation des chaudières, du nombre de preneurs (plus le nombre de preneurs est élevé, plus le coût baisse)

La couche des RT est générée principalement à partir de la couche lignes existante CAD_SS_CHAUFFAGE_CONDUITE. Cette dernière contient les RT par segments de tuyaux en fonction de leur diamètre et de leur matériau. Ces informations sont classées dans le thème « ingénieur » (Tableau 6). Comme conseillé dans la norme SIA 405 et les cahiers techniques complémentaires 2015 et 2016, nous proposons de la compléter en y ajoutant les attributs sur la taille et le type d'isolant des conduites ainsi que le nom du RT auquel appartient le tuyau (en rouge dans la Figure 17).

Tableau 6 : Liste des attributs et description des segments de conduites des RT

Nom attribut	Type de données	Valeurs	Description
ID_Conduite	Nombre		Identifiant unique de la conduite. Il s'agit d'un champ généré automatiquement.
ID_RESEAU_Thermique	Nombre		Identifiant ou Nom du réseau thermique
Commune	Menu déroulant		Nom de la commune dans laquelle se situe la conduite
DIAMETRE	Nombre		Diamètre de la conduite
MATERIAU	Menu déroulant	Inconnu - Inox - Non transmis	Matière de la conduite
Etat	Menu déroulant	Planifié, Abandonné, En conception, En service, Hors service, Non transmis, Inconnu	Etat du réseau
Type_PROPRIETAIRE	Menu déroulant	Confédération, Canton, Parapublic, Privé, Autre	Type de propriétaire de la donnée
PROPRIETAIRE	Menu déroulant	Domaine « propriétaire » ⁵⁰	Propriétaire de la donnée

⁵⁰ Domaine propriétaire = Confédération, CFF – Inconnu_Canton, DT_DCMO, DT_OCM, DCTI_CTI, DCTI_GCI – Inconnu_Parapublic, Aéroport international de Genève – SIG_Chauffage à distance, SIG_Eau potable, SIG_Electricité – SIG_Eaux usées – SIG_Gaz – SIG_Télécom, Fondation terrains industriels, TPG, HUG, Inconnu_PRIVE, Swisscom, Télégenève, COLT, LD Communication, Cablecom, Sunrise, Gaznat, Autres, CERN, Particulier, Inconnu.

Situation	String		Position du réseau: SS, Hors-sol, Inconnu
Determination_planimetrique	Texte	Précis, imprécis, inconnu	Information quant à la précision du levé
Shape	Géométrie		Champ binaire automatique contenant la géométrie des objets
Remarques	Texte		Informations complémentaires
Date_Chargement	Date		Date de mise à jour de la géodonnée
Shape.Len	Double		Champ automatique donnant la longueur de chaque objet en mètres
Type_isolant	Menu déroulant		Type de l'isolant utilisé pour entourer la conduite
Taille_isolant	Nombre		Epaisseur de l'isolant

La table « sites de production » est liée à une couche points. Elle comporte les informations sur les installations de production d'énergie (Nom, exploitant, agents énergétiques, énergie produite, puissance) (Tableau 7).

Tableau 7 : Liste des attributs et description des sites de production alimentant les réseaux thermiques

Nom attribut	Type de données	Valeurs	Description
ID_Site	Nombre		Identifiant unique du site de production. Il s'agit d'un champ généré automatiquement.
Nom	Texte		Nom du site
Exploitant	Texte		Nom de l'exploitant du site
Puissance_production	Nombre		Puissance de production totale du site (en MW)
Energie_produite	Nombre		Energie produite par le site
Agent_Energ_principal	Menu déroulant	Domaine « Agent_Energ »	Ressource énergétique utilisée
Agent_Energ_secours	Menu déroulant	Domaine « Agent_Energ »	Ressource énergétique secondaire ou de secours
Nom_RTassocié1	Texte		Nom du RT alimenté par ce site de production
Nom_RTassocié2	Texte		Nom du RT alimenté par ce site de production
Taux_NomRT1	Nombre		Part (en %) de l'énergie qui va à ce RT
Taux_NomRT2	Nombre		Part (en %) de l'énergie qui va à ce RT

La table « BATIMENTS_RT » comprend les informations sur les bâtiments reliés aux RT (Tableau 8). Elle est majoritairement générée à partir d'attributs provenant de couches existantes (en bleu cyan dans la Figure 17). Par exemple, la surface de référence énergétique (SRE) et les consommations énergétiques viennent de la couche des IDC (SCANE_INDICE_MOYENNES).

Tableau 8 : Liste des attributs et description des bâtiments alimentés par un réseau thermique

Nom attribut	Type de données	Valeurs	Description
EGID	Double		Code EGID (Identificateur fédéral des bâtiments)
Type_batiments_raccordes	Menu déroulant	Résidentiel, bureaux, services, hôtel, industrie, équipement sportif, bâtiment communal, commerces, organisation internationale, école, EMS, collectivités, bâtiments administratifs, équipements, autre / Maison individuelle, bâtiment locatif, infrastructure publique, industrie, bâtiment commercial	Usage pour lequel le bâtiment est affecté
Commune	Menu déroulant		Nom de la commune dans laquelle se situe le bâtiment
Nombre_habitants	Nombre		Nombre d'habitants à cette adresse
Nombre_logements	Nombre		Nombre de logement dans le bâtiment
Temperature	Nombre		Température de chauffe du bâtiment
Minergie	Menu déroulant	Oui, non	Indique si le bâtiment est Minergie ou non.
SRE	Nombre		Surface de référence énergétique (en m2) de la totalité des bâtiments raccordés
Date_Construction	Date		Année de construction du bâtiment
Date_Renovation	Texte		Année de rénovation du bâtiment
Type_renovation	Menu déroulant	Fenêtres, toitures, entièreté, etc.,	Type de rénovation faites
Consommation_anterieure	Nombre		Consommation antérieure du bâtiment
Consommation_actuelle	Nombre		Consommation actuelle du bâtiment
Ancien_agent_Energetique	Menu déroulant		Agent énergétique utilisé avant la connexion au RT
Ancienne_technologie	Menu déroulant		Type d'installation de production d'énergie utilisée avant la connexion au réseau
Utilisation_Energie	Menu déroulant	Chauffage, ECS, Chauff+ECS, Rafraichissement, ECS+chauf+froid, Production de vapeur pour processus industriel, Autre, N/A	Utilisation de l'énergie fournie par le RT: ECS, chauffage, froid, etc.
Nom ou ID_RT			Nom du réseau thermique
ID_SST	Nombre		Identifiant unique de la sous-station. Il s'agit d'un champ généré automatiquement.

La couche points des « Sous-stations » d'échange est inspirée de la cartographie de la région d'Île-de-France mais contient plus d'attributs (Tableau 9). Elle ne sera pas créée car les données nécessaires ne sont pas disponibles.

Tableau 9 : Liste des attributs et description des sous-stations

Nom attribut	Type de données	Valeurs	Description
ID_SST	Nombre		Identifiant unique de la sous-station. Il s'agit d'un champ généré automatiquement.
Nom	Texte		Nom de la sous station
Exploitant	Texte		Nom de l'exploitant de la SST
Puissance_souscrite	Nombre		Puissance contractée par les clients rattachés à la SST
Temperature_aller	Nombre		Température de base de distribution en degrés Celsius
Temperature_retour	Nombre		Température de retour en degrés Celsius
Nombre_preneurs	Nombre		Nombre de logements rattachés à la SST
ID ou/et Nom_RT	Nombre		ID et/ou nom du RT alimentant la SST

6.5. Elaboration des couches destinées à la cartographie des réseaux thermiques

6.5.1. Couche « réseaux thermiques »

La couche « réseaux thermiques » est le résultat du regroupement en une couche unique des RT agrégés à partir des segments de conduites de la couche CAD_SS_CHAUFFAGE_CONDUITE et du RT digitalisé de Cartigny.

Elle contient 12 RT représentés généralement par deux conduites (aller et retour) (Figure 19).

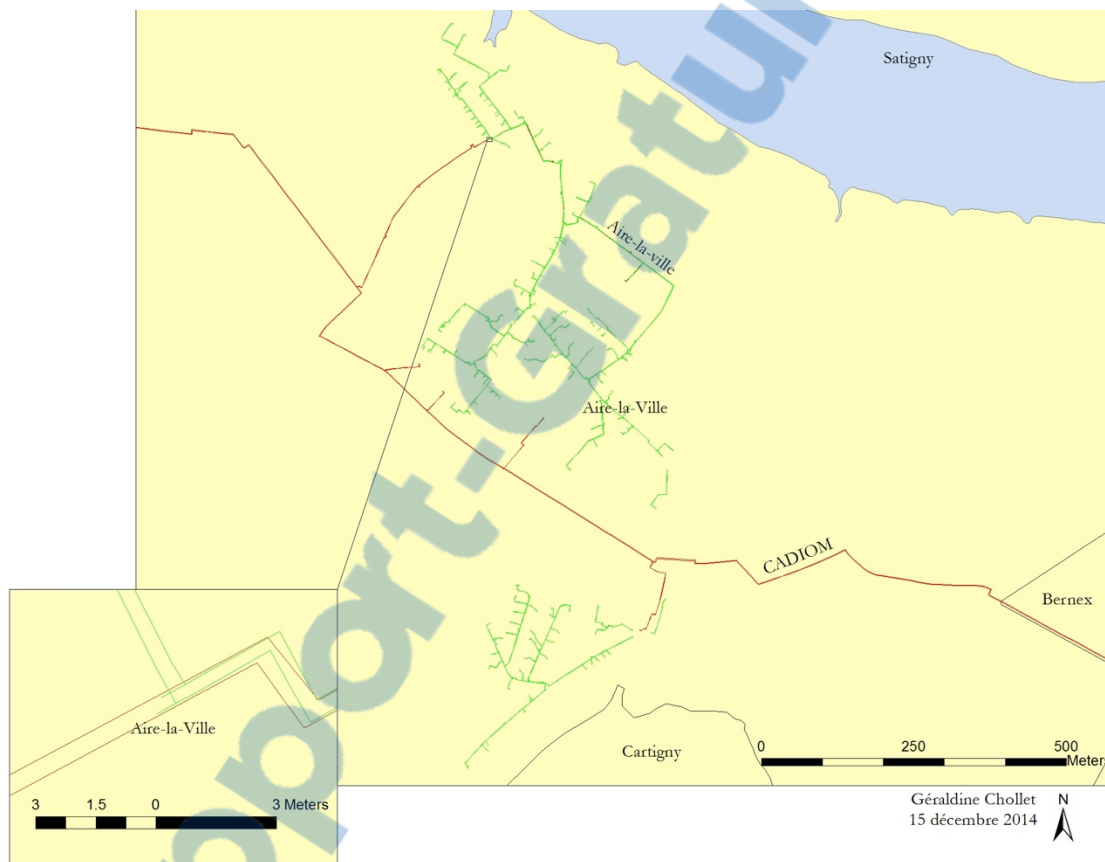


Figure 19 : Zooms sur le RT d'Aire-la-Ville

Le résultat de la digitalisation du RT de Cartigny est un objet d'une longueur de 5.4 kilomètres (km) (Figure 20). En 2011, le RT de Cartigny mesure 5.8 km (Haroutunian et al., 2013). Cette différence est majoritairement due au fait que certains tronçons reliant les bâtiments à la conduite principale ne sont pas lisibles ou pas représentés sur l'image géoréférencée.

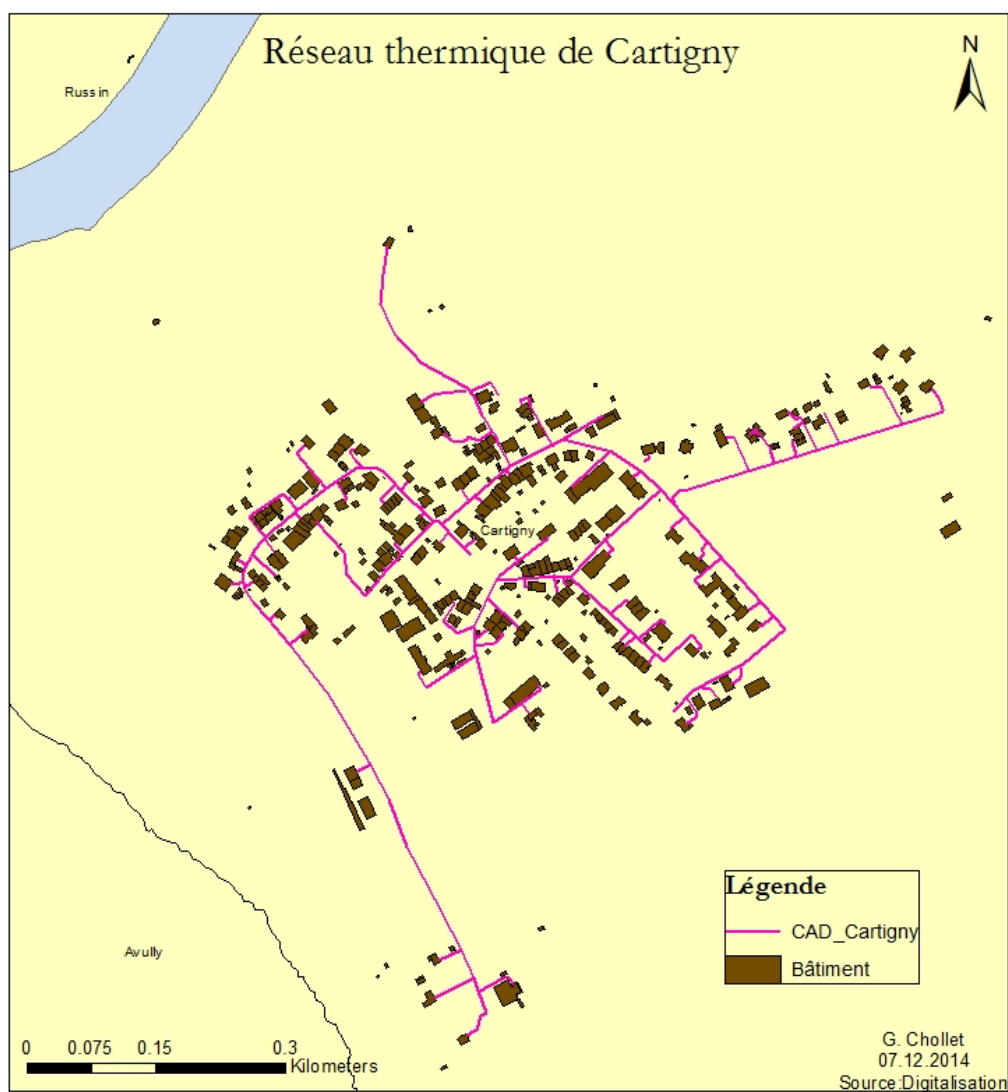


Figure 20 : Résultat de la digitalisation du RT de Cartigny

L'intégration des attributs à la couche « réseaux thermiques » permet d'obtenir une table d'attributs (Figure 21) renseignant sur chaque objet. La table est incomplète du fait du manque de données et de leur confidentialité.

OBJECTID	Shape	date_chargement	Nom	ID	Type_prestation	Proprietaire	Date_realisation	Longueur	Agent_Energetique1	Agent_Energetique2	Agent_Energetique3
9	Polyline	24.09.2014	Grabelle	13	Chaleur	SIG	2015	1.5	Gaz	Electricité	<Null>
1	Polyline	02.12.2014	Gène-Lac-Nations	12	Chaleur et froid	SIG	2010	13.6	Eau du lac	Electricité	Gaz
10	Polyline	24.09.2014	Laurana	15	Chaleur	SIG	2009	1.3	Gaz	Sondes géothermiques	<Null>
5	Polyline	24.09.2014	CADSG	20	Chaleur	SIG	1964	78.3	Gaz	Incineration	<Null>
11	Polyline	24.09.2014	Milant	18	Chaleur	SIG	2004	0.1	Gaz	Solaire	<Null>
2	Polyline	24.09.2014	Chancy	6	Chaleur	SIG	2006	2.6	Bois	<Null>	<Null>
7	Polyline	24.09.2014	Bude	3	Chaleur	SIG	2000	1.3	Gaz	<Null>	<Null>
3	Polyline	24.09.2014	Chapelle-les-sciens	7	Chaleur	SIG	2013	2	Bois	Gaz	Solaire
4	Polyline	01.12.2014	Cartigny	4	Chaleur	CABC SA	2008	5.4	Bois	<Null>	<Null>
6	Polyline	24.09.2014	CADJOM	24	Chaleur	SIG/COE	2000	48.8	Rejets thermiques	Gaz	<Null>
8	Polyline	24.09.2014	Aire-la-ville	2	Chaleur	COE	2013	11.9	Rejets thermiques	<Null>	<Null>
12	Polyline	24.09.2014	Bois-Gourmand	1	Chaleur	Mairie de Veyrier	2001	0.6	Bois	<Null>	<Null>

Agent_Energetique_secours	Temperature_aller	Temperature_retour	Puissance_souscrite	Puissance_max	Chaleur_vendue	Froid_vendu	Energie_fournie	Energie_vendue
Mazout	70	45	N/A	7.600	<Null>	<Null>	<Null>	N/A
<Null>	65	30	3.95	3	<Null>	<Null>	<Null>	7.9
Mazout	90	50	2.92	6.800	<Null>	<Null>	<Null>	6400
<Null>	120	70	227	165	<Null>	<Null>	<Null>	290000
Mazout	90	70	1.2	1.200	<Null>	<Null>	<Null>	2200
Mazout	90	70	N/A	1.28	<Null>	<Null>	<Null>	2100
Mazout	90	70	6.7	6.400	<Null>	<Null>	<Null>	14100
Mazout	90	70	2.9	14.425	<Null>	<Null>	<Null>	11900
<Null>	(blank)	(blank)	(blank)	(blank)	<Null>	<Null>	<Null>	(blank)
<Null>	(blank)	(blank)	(blank)	(blank)	<Null>	<Null>	<Null>	(blank)
Gaz	(blank)	(blank)	(blank)	(blank)	<Null>	<Null>	<Null>	(blank)
<Null>	(blank)	(blank)	(blank)	1.200	<Null>	<Null>	<Null>	(blank)

Pertes	Densite	Domaine	Taux_EnR	Emission_CO2	Technologie1	Technologie2	Technologie3	Technologie_secours	Nombre_heures_pleine_charge
<Null>	<Null>	Mixte: N-EnR/EnR	<Null>	<Null>	Chaudières	PAC	<Null>	Chaudières	(blank)
<Null>	0.58189494	Renouvelable	<Null>	<Null>	<Null>	PAC	<Null>	Chaudières	<Null>
<Null>	4834.33689	Mixte: N-EnR/EnR	<Null>	<Null>	CCF, chaudières	<Null>	<Null>	Chaudières	(blank)
<Null>	3701.72215	Non-renouvelable	<Null>	<Null>	Chaudières	<Null>	<Null>	Chaudières	(blank)
<Null>	17534.6674	Mixte: N-EnR/EnR	<Null>	<Null>	Chaudières	Panneaux solaires	<Null>	Chaudières	(blank)
<Null>	822.394798	Renouvelable	<Null>	<Null>	Chaudières	<Null>	<Null>	Chaudières	(blank)
<Null>	10447.5496	Non-renouvelable	<Null>	<Null>	Chaudières	<Null>	<Null>	Chaudières	(blank)
<Null>	5848.65019	Mixte: N-EnR/EnR	<Null>	<Null>	Chaudières	Chaudières	Panneaux solaires	Chaudières	(blank)
<Null>	<Null>	Renouvelable	<Null>	<Null>	(blank)	<Null>	<Null>	<Null>	(blank)
<Null>	<Null>	Ecologie industrielle	<Null>	<Null>	(blank)	<Null>	<Null>	<Null>	(blank)
<Null>	<Null>	Ecologie industrielle	<Null>	<Null>	(blank)	<Null>	<Null>	Chaudières	(blank)
<Null>	<Null>	Renouvelable	<Null>	<Null>	(blank)	<Null>	<Null>	<Null>	(blank)

Utilisation_Energie	Shape_Length	Source
<Null>	13576.333863	SITG
<Null>	2553.518096	SITG
<Null>	2034.657502	SITG
<Null>	5443.105825	Digitalisation
<Null>	78340.644632	SITG
<Null>	48753.675145	SITG
<Null>	1349.598761	SITG
<Null>	11904.117279	SITG
<Null>	1503.512061	SITG
<Null>	1323.863052	SITG
<Null>	125.485738	SITG
<Null>	616.138524	SITG

Figure 21 : Table des attributs de la couche géographique RESEAUX_THERMIQUES

Finalement, la fiche des métadonnées de la couche est présentée dans la Figure 22 :

RESEAUX_THERMIQUES

Classe d'entités de géodatabase fichier

Balises
Chauffage à distance, réseaux thermiques, énergie

Récapitulatif
Cette couche compte regrouper toutes les réseaux thermiques (chaleur et froid) du canton de Genève.

Description
Créée le 20 décembre 2014, cette couche contient 11 réseaux thermiques agrégés à partir de la couche CAD_SS_Chauffage _conduite ainsi que le chauffage à distance de Cartigny qui a été digitalisé.

Crédits
Géraldine Chollet (dans le cadre d'un exercice du certificat en géomatique de l'université de Genève)

Limites d'utilisation
Données NON diffusables à des tiers.
Consultation permise à tous les membres du SITG

Etendue
Ouest 5.967450 Est 6.203339
Nord 46.240839 Sud 46.148723

Plage d'échelle
Maximum (zoom avant) 1:5,000
Minimum (zoom arrière) 1:150,000,000

Figure 22 : Métadonnées de la couche « réseaux thermiques »

6.5.2. Couche « sites de production »

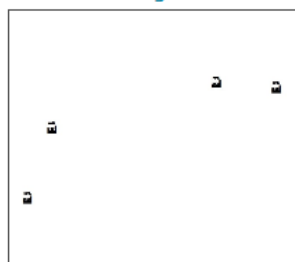
La couche « sites de production » est une couche points. Les sites de production sont représentés par une icône en forme d'usine. Seul six d'entre eux sont géoréférencés, car les sites de production des RT de Chancy, de Budé, de la Gradelle, de Chapelle-les-Sciers et du GLN ne sont pas mentionnés comme installation de chauffage dans la couche des bâtiments hors sol du SITG. La table de la couche est présentée dans le Tableau 10 et ses métadonnées dans la Figure 23.

Tableau 10 : Table des attributs de la couche « sites de production »

OBJECTID *	SHAPE *	Nom	Nom_Exploitant	Puissance	Production	Agent_energetique	Agent_energetique_secours	ID_RT
3	Point	Cheneviers	<Null>	<Null>	<Null>	Rejets thermiques	<Null>	24
4	Point	Cartigny	Commune Cartigny	<Null>	<Null>	Bois	Gaz	4
5	Point	SIG	SIG	<Null>	<Null>	Gaz	<Null>	20
6	Point	Chaufferie Laurana	<Null>	<Null>	<Null>	Sondes géothermiques	Gaz	15
8	Point	Miléant	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	18
9	Point	Bois gourmand	Commune Veyrier	1	<Null>	Bois	<Null>	1

Chaufferies

Classe d'entités de géodatabase fichier



Balises

Chaufferies, chaudières, chauffage à distance, réseaux thermiques, énergie

Récapitulatif

Cette carte présente les installations de productions alimentant les chauffages à distance. Elle a été créée pour être utilisée avec la couche "Réseaux thermiques"

Description

Les chaufferies sont les installations de production de chaleur qui alimentent les réseaux thermiques.

Crédits

Géraldine Chollet (dans le cadre d'un exercice du certificat en géomatique de l'université de Genève)

Limites d'utilisation

Aucune limite d'accès ou d'utilisation n'existe pour cet élément.

Etendue

Ouest 6.021975 Est 6.202803
Nord 46.209908 Sud 46.171089

Plage d'échelle

Maximum (zoom avant) 1:5,000
Minimum (zoom arrière) 1:150,000,000

Figure 23 : Métadonnées de la couche « sites de production »

6.5.3. Cartographie des réseaux thermiques

Les deux couches créées précédemment permettent d'obtenir une carte sur laquelle figure une partie des réseaux thermiques du canton de Genève et leur site de production lorsqu'il a pu être identifié (Figure 24). L'interrogation des objets permet d'obtenir les informations renseignées dans les tables associées aux couches. Superposées à d'autres couches telles celles des IDC, elles peuvent aider à la planification et à l'extension des RT.

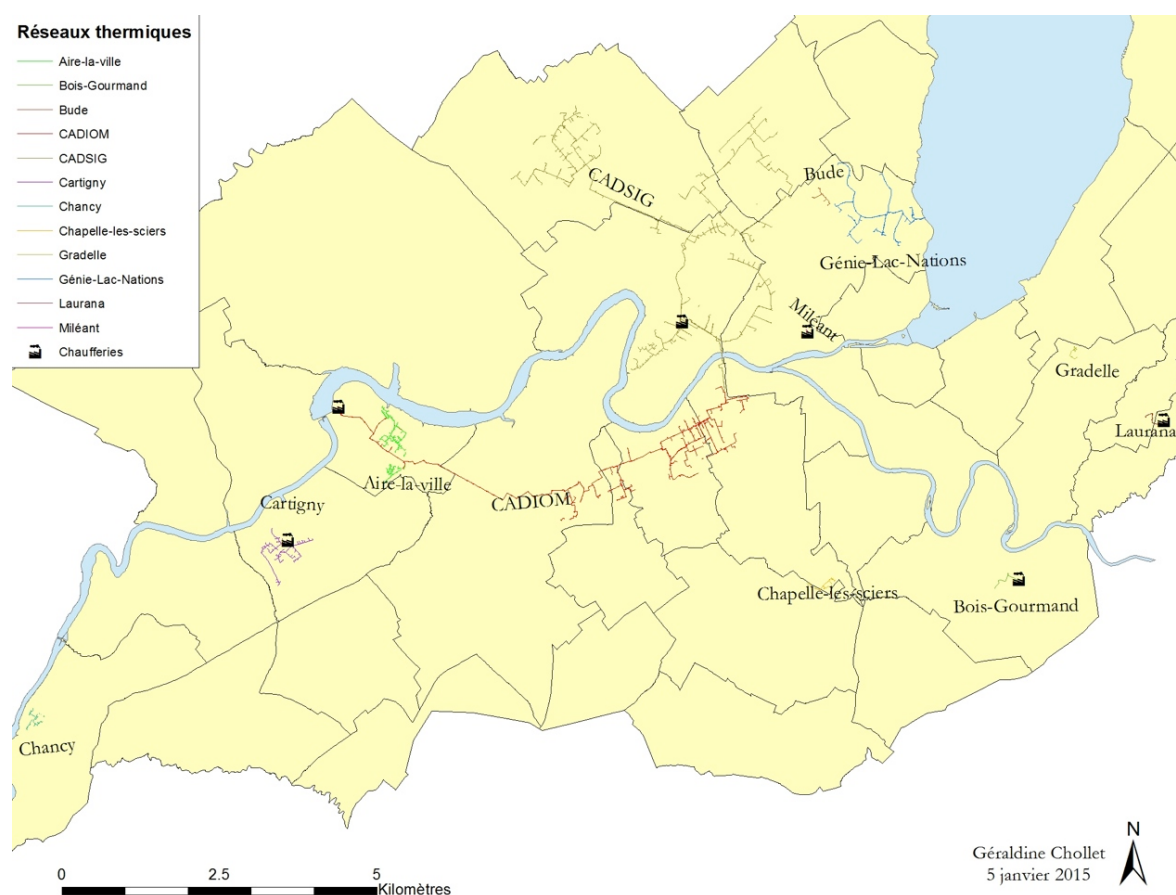


Figure 24 : Carte des réseaux thermiques du canton de Genève

7. Discussion

L'état des lieux général a permis de constater que le manque de carte spécifique aux RT⁵¹ est un phénomène généralisé aussi bien en Europe qu'au niveau national et romand. Londres et Paris font exception et sont des précurseurs en ce qui concerne les géoservices contenant des couches lignes de RT.

L'Union européenne semble avoir perçu en partie ce manque. Bien qu'elle impose uniquement la cartographie des points de demande de chaleur et de froid et des sites de production (existants et potentiels), la directive *relative à l'efficacité énergétique* de l'Union européenne (Directive 2012/27/UE) pourrait contribuer à dépasser en partie le manque d'ici fin 2015. Les RT ne seront pas forcément géoréférencés et encore moins sous forme de lignes. Quoiqu'il en soit, le cas de la région de l'Ile-de-France et de sa présentation de la thématique en cinq cartes interactives est complet et est une source d'inspiration. Il est intéressant de constater qu'un bon nombre d'informations est en accès libre. Ce qui est notamment le cas des données énergétiques (puissance totale installée, quantité de chaleur livrée dans l'année, etc.). Le tracé quant à lui n'a pas la précision d'un relevé de géomètre mais indique sur quelles routes passent les conduites. Concernant la publication de ce type de données, nous ne pensons pas qu'elles soient obligatoires au niveau du grand public. En revanche, il est important qu'elles soient accessibles à une large palette de professionnels (Etat, bureaux d'ingénieurs, universités et centres de recherches, etc.) afin de permettre à ces derniers de proposer des solutions innovantes et de faire de bonnes planifications.

Sur plusieurs cartes en France et en Suisse, les RT figurent sous forme de points. Il peut sembler étonnant de représenter des réseaux par des points plutôt que des lignes. Cela peut être dû à plusieurs raisons :

- l'absence de géodonnées et le manque de moyens techniques ou de ressources,
- la volonté des développeurs. La représentation par des points est idéale dans les cas où les développeurs souhaitent avoir une vision globale (connaissance du nombre) ou donner un aperçu de l'existant (à la population) sans pour autant informer sur le positionnement exact des conduites. Cette approche est logique d'un point de vue nationale ou pour des régions de grande étendue.

En outre, la couche points peut également être une étape de transition. En effet, l'inventaire des RT et de leur localisation approximative représente déjà un grand travail.

Au vu des objectifs fédéraux et cantonaux concernant l'utilisation de l'énergie, une couche lignes des RT est pertinente voire nécessaire au niveau cantonal. Destinée aux instances chargées de la planification ou aux milieux universitaires ou de recherches, elle faciliterait les études et la planification en vue de réduire la consommation d'énergie et de développer les énergies renouvelables. Il serait également nécessaire que les cantons aient au minimum une base de données tel un tableau Excel composé de la liste exhaustive des RT sur leur territoire et de leurs attributs.

L'état des lieux de la Suisse romande et du canton de Genève permet de constater que ce dernier est le plus avancé dans la démarche de géoréférencement des conduites de RT sur son territoire. Cependant, le géoréférencement est incomplet et les réseaux pas agrégés. Ceci est principalement dû à une méconnaissance des RT genevois. Actuellement, le canton n'a pas de BD sur le sujet et

⁵¹ Par « carte spécifique aux RT », on entend une carte contenant les tracés des RT et permettant ainsi une planification minutieuse.

ne connaît pas l'entière étendue de ses RT. Si la loi est détaillée concernant le géoréférencement des RT situés sur le domaine public, elle ne l'est pas pour ceux du domaine privé.

Dans le cadre de la mise en place du plan directeur des RT prévu par Genève, deux types de mesures doivent être prises :

1. établir une BD à jour sur la thématique
2. légiférer pour que l'entière étendue des RT soit géoréférencés.

A ces fins, il faudrait recenser les RT du canton. Il serait optimal d'accompagner le recensement par la mise en place d'un SGBD⁵² des RT. A terme, ce SGBD pourrait être liée à une ou plusieurs couches de la thématique des RT voire permettre leur création. En effet, une fois le SGBD créé, il est possible d'établir une connexion⁵³ entre ce dernier et ArcCatalog. Si les coordonnées géographiques existent, il est possible de générer les couches associées.

En attendant la conception d'un SGBD et en ce qui concerne les RT non-géoréférencés passant sur le domaine public, il faudrait informer la DCMO des conduites dont elle ne connaît pas l'existence afin qu'elle puisse envoyer les rappels nécessaires aux propriétaires. Pour les autres RT, un article de loi existe mais il doit d'être mis en valeur afin d'être appliqué⁵⁴.

Une autre option serait que l'OCEN émette un règlement pour harmoniser le transfert des données des RT comme cela a été fait dans le cas des IDC.

En outre, le recensement des RT implique de savoir exactement ce qu'est un RT. En ce sens, une définition précise des RT est requise. Dans l'idéal, elle devrait être introduite dans la loi nationale de l'énergie, car cela faciliterait la récolte des (géo)données et harmoniserait les données. La précision des statistiques (de l'OFEN et OFEV) s'en verrait améliorée. Dans le cas de Genève, cela préciserait quelles canalisations souterraines transportant de la chaleur ou du froid appartiennent à cette couche.

La définition de l'ASCAD est intéressante mais elle n'est pas officielle. De plus, il faudrait être certain qu'elle est adéquate dans tous les cas de figure. Ce questionnement mériterait un débat entre spécialistes ayant différentes visions du domaine.

A l'occasion d'un tel débat, une réflexion commune pourrait également être avancée sur les attributs nécessaires pour un SGBD et une cartographie des RT. En prévision d'un potentiel transfert de données, il serait également pertinent de s'accorder quant aux unités de mesures. L'ASCAD utilise tantôt les mégas(Watts), tantôt les kilo(Watts), alors que dans sa première réflexion, l'OCEN a choisi les kilo(Watts).

Ce projet de rencontres permettrait à la Suisse de gagner en efficacité, en temps et en argent. En effet, d'une part, certaines recherches ou réflexions ont déjà menées par certains cantons ou instituts. D'autre part, certains cantons ont la volonté mais pas les ressources nécessaires au développement de BD et couche cartographique de leur RT. Ainsi, une coopération

⁵² L'avantage d'un SGBD est que son accès est multiple et simultané. Cela permettrait à plusieurs acteurs de l'utiliser et/ou le consulter. Par exemple, cela donnerait la possibilité à la DCMO de suivre l'évolution des RT, d'avoir une meilleure connaissance des conduites thermiques du sous-sol et si nécessaire de pouvoir envoyer des rappels aux propriétaires des conduites en cas de manquement.

⁵³ Appelée connexion OLE DB.

⁵⁴ Au vu des articles Art.49A, 49B, 49C et 60A du RUDP (L 1 10.12) concernant le géoréférencement des RT situés sur le domaine public, peut-être que la simple décision de mettre en application l'article 36A du RCI (L5 05.01) suffirait. Cependant, il appartient de déterminer comment et qui peut prendre cette décision et de vérifier si les ressources nécessaires à son application sont disponibles (personnels en suffisance, etc.).

intercantonale serait bénéfique. Elle aiderait également à l'harmonisation des données respectant la volonté fédérale et la loi suisse géoinformation.

7.1. Limites

Ce travail se fait dans le cadre d'un certificat complémentaire en géomatique. Ainsi, le contenu est limité par le temps. La recherche concernant l'état des lieux n'est probablement pas exhaustive mais elle est représentative du manque de géodonnées sur le sujet. De plus, bien que plusieurs personnes spécialisées en RT ou en géomatique aient été sollicités afin d'obtenir plus d'informations et de précisions sur le sujet, nous n'avons pas eu l'opportunité de contacter toutes les personnes que nous souhaitions.

Il n'a pas été évident de compléter la liste des RT genevois commencée par l'OCEN. La liste obtenue est approximative. Il manque potentiellement des réseaux. Le travail sur les relations chaudière a été commencé mais pas terminé. N'ayant pas de définition exacte du terme, nous ne savons pas quelles relations entre les chaudières peuvent être considérées comme des RT.

Outre la liste des RT, les données afférentes font également défaut. Il en manque et l'année de vente de l'énergie n'est pas précisée. Ainsi, les résultats dans le Tableau 3 agrégeant l'énergie vendue par les RT restent imprécis. Parallèlement, les tables d'attributs de nos couches sur ArcGIS paraissent vides.

7.2. Perspectives d'amélioration.

Certaines réflexions ou démarches n'ont pas pu être menées jusqu'au bout et demandent un approfondissement :

Le recensement des RT et de leurs caractéristiques doit être poursuivi, notamment en explorant la couche des relations des chaudières.

Quelques réseaux sont liés par des échangeurs de chaleur, tel est le cas de CADSIG et CADIOM. Grâce à ce système, en été, la chaleur utilisée pour les deux RT provient presque uniquement de l'UVTD des Cheneviers. Ceci impose de définir clairement une règle afin de ne pas comptabiliser plusieurs fois les mêmes valeurs et ainsi fausser la réalité. Nous proposons que les attributs concernés de la couche RT (énergie fournie et consommée, puissance maximale, etc.) ne prennent en compte que les valeurs concernant le réseau auquel ils se réfèrent. Par exemple, l'énergie vendue de CADIOM ne compte que celle vendue aux bâtiments que le réseau alimente. La chaleur transférée à CADSIG serait comptabilisée sur ce dernier. La part d'énergie transférée d'un RT à l'autre est connue en se référant à la table attributaire des sites de production. Il faudrait vérifier que cette proposition soit faisable en fonction des données à disposition.

En ce qui concerne les attributs liés à la couche des RT, il y avait deux options : soit de démultiplier les attributs soit de démultiplier les RT offrant une double prestation. Lors de l'élaboration de la couche nous avons choisi de démultiplier les attributs. Cette option s'est avérée valable. Cependant, nous n'avons pas tranché sur l'option à choisir, car elle dépend de la volonté des utilisateurs.

En vue d'aider à la planification territoriale du développement des RT, une réflexion supplémentaire doit être menée sur la combinaison entre les nouvelles couches que nous

proposons de créer (réseaux thermiques et sites de production) et les couches existantes du SITG. Nous conseillons de s'inspirer des cartes de la région de l'Île-de-France ainsi que des travaux du CREM.

Dans SITG, aucune information ne permet de savoir quels bâtiments sont fournis en froid. La prestation de froid risquant d'augmenter ces prochaines années. Elle doit être prise en compte, soit comme proposé dans notre modèle⁵⁵, soit en créant une couche d'indice de dépense de froid⁵⁶, soit par un autre moyen.

⁵⁵ Proposition d'ajouter un attribut dans la table des bâtiments reliés aux RT précisant le type de prestation fournie ou ce pourquoi l'énergie est utilisée («Utilisation_Energie »).

⁵⁶ Cette proposition n'est valable que si la demande de froid devient assez importante pour justifier une telle couche, ce qui ne sera sûrement pas le cas dans un pays comme la Suisse.

Conclusion

Ce travail de fin d'études a permis de tester la conception d'une couche lignes « réseaux thermiques ». Réalisée au moyen d'ArcGIS, la couche contient les 11 RT présents dans la couche des conduites thermiques du cadastre du sous-sol genevois et le RT de Cartigny qui a été digitalisé. Sa table d'attributs est pensée dans le cadre d'une proposition d'un système de gestion de base de données (SGBD) sous forme d'un modèle de type conceptuel. Ce dernier est inspiré d'un état des lieux général des géoservices et de la législation existants sur la thématique des RT au niveau suisse (romand) et européen.

Dans l'optique d'avoir des données exhaustives pour la couche et le SGBD, il faut connaître la situation des RT genevois et le processus d'acquisition et de gestion de leurs géodonnées. Cet état des lieux s'est fait à travers une recherche bibliographique et des rencontres avec des personnes en charge de la thématique. Il a mis en exergue les différents manques qui existaient : définition imprécise du terme, méconnaissance de l'ensemble des RT du canton, géoréférencement non-systématique.

Le développement d'un SGBD est aisé et a de nombreux avantages : dynamique, facile d'utilisation et permettant un accès multiple et simultané. En revanche, ce qui prend du temps et de l'énergie est la collecte des données relatives aux attributs à insérer dans le système pour que la BD soit exhaustive. En effet, actuellement, l'obtention des informations sur les RT demande de trouver le bon répondant et d'avoir les autorisations d'utiliser les données. Une alternative à ce problème serait la mise en place de lois obligeant le transfert de ces données à l'autorité compétente.

En ce qui concerne la création de la couche « réseaux thermique », la méthode employée est suffisante pour l'aspect planification. Elle est diffusable mais dépend de la volonté des cantons. Si ces derniers prévoient une couche RT similaire à celle de l'Île-de-France, c'est-à-dire où les tracés sont digitalisés de manière représentative comme cela a été fait pour Cartigny, le procédé de digitalisation est adéquat. S'ils comptent avoir des tracés de géomètres et mettre à profit leur couche des canalisations thermiques, il leur suffit d'agréger les segments de tuyaux comme dans ce travail. S'ils ne possèdent pas de couche des conduites des RT, pour la concevoir, ils peuvent s'inspirer de la norme SIA 405 et du processus d'acquisition et de gestion de données qu'utilise Genève.

En revanche, une méthode hybride (digitalisations et agrégation) telle qu'expérimentée dans ce travail ne sera sûrement pas retenue.

Nous préconisons d'approfondir le modèle conceptuel proposé pour un SGBD. En parallèle, afin de planifier l'expansion future des RT, la réflexion doit être élargie en incluant des relations avec les couches appropriées du SITG, notamment celle de l'IDC afin d'identifier les zones à fortes densités de demande de chaleur dans lesquelles un RT aurait du potentiel. Il faudrait également répertorier les sites de production et de récupération d'énergie potentiels. A cette fin, de nouvelles couches pourraient être conçues.

Afin, d'avoir les outils nécessaires à la planification du développement des RT, des mesures doivent impérativement être prises afin :

1. d'obtenir un recensement exhaustif des RT,
2. d'être à même de compléter le thème « énergie » du SITG avec la thématique des RT en obligeant le géoréférencement de la totalité des RT et en créant un SGBD.

Pour y parvenir, il est également nécessaire d'établir une définition précise et officielle du sujet.

Compte tenu que la plupart des cantons en sont à un même stade de développement de BD et de couche géographique des RT, nous recommandons fortement une coopération intercantonale et avec l'ASCAD, afin de gagner en efficacité et de contribuer à atteindre les objectifs de la stratégie énergétique nationale à 2050.

Rapport-Gratuit.com

Références bibliographiques

- Arzrouni, J.-M. (2004). SIG : Système d'information géographique. Utilisation à l'exemple des SI de Neuchâtel. pp. 41–48.
- Arzrouni, J.-M. (2014a). *Cahier des charges du réseau CAD* (pp. 15–17). Neuchâtel.
- Arzrouni, J.-M. (2014b). Présentation de la couche des réseaux thermiques de Viteos. Interviewé le 12 novembre 2014.
- ASCAD. (2010). WebGIS.
http://fw.mapserver.ch/frame.php?lang=fr&group=normaluser&resol=2&uid=demo&site=ep_demo&PHPSESSID=r04ltg1rqm0auqa5fltvd23fv4. Consulté le 29 novembre 2014.
- ASCAD. (2014a). Chauffage à distance. Comme un immense chauffage central. sur <http://www.fernwaerme-schweiz.ch/fernwaerme-franz/allgemeine-Fragen/Was-ist-Fernwaerme.php?navid=1p>. Consulté le 20 août 2014.
- ASCAD. (2014b). Fournisseurs de chaleur. <http://www.fernwaerme-schweiz.ch/db-fernwaerme/abfrage-f/index.php?script=/db-fernwaerme/abfrage-f/wScripts/index.php&KantonAbkürzung=GE>. Consulté le 18 août 2014.
- ASCAD. (2014c). Une association avec des objectifs bien définis. Récupéré en 2014 sur <http://www.fernwaerme-schweiz.ch/fernwaerme-franz/Verband/Ziele-des-VFS.php?navanchor=1110016>
- ASIT VD. ASIT VD - Le GEOPortail vaudois - Accueil. <http://www.asitvd.ch/>. Consulté le 19 novembre 2014.
- Assemblée fédérale de la Confédération suisse. Loi sur l'énergie (LEne) du 26 juin 1998. RS 730.0. Récupéré le sur <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19983485/index.html>
- Audibert, L. (2013). UML 2. De l'apprentissage à la pratique. Chapitre 3. Diagramme de classes. <http://laurent-audibert.developpez.com/Cours-UML/?page=diagramme-classes>. Consulté le 15 janvier 2015.
- Biomasse Energie. Retrouvez les chaufferies collectives et industrielles en Ile-de-France. http://www.biomasseenergieidf.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=58&Itemid=97. Consulté le 18 août 2014.
- Bourges. (n.d.). Qu'est-ce qu'un réseau de chaleur? <http://bourges.reseau-chaleur.fr/fr/accueil/le-reseau-de-chaleur/qu-est-ce-qu-un-reseau-de-chaleur--/qu-est-ce-qu-un-reseau-de-chaleur-/>. Consulté le 20 août 2014.
- Canton du Valais. SIT-Valais. <http://www.sit-valais.ch/fr/mo-c.html>. Consulté le 19 novembre 2014.
- Cerda, V. *La ville 100% renouvelable en 2050. Utilisation rationnelle de l'énergie*. Université de Genève. Cours utilisation rationnelle de l'énergie du 12 novembre 2012.

- Cerema. (2013). Carte nationale des réseaux de chaleur et de froid - Contenus CO2 - Edition 2013. https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=ztrL_haa0lpY.k0HbNt73kvys. Consulté le 4 décembre 2014.
- Cherix, G., & Capezzali, M. (n.d.). MEU – Une plateforme web et cartographique pour le management et la planification énergétique de zones urbaines, pp.8.
- Commission européenne. DIRECTIVE 2007/2/CE du Parlement européen et du conseil du 14 mars 2007 établissant une infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne (INSPIRE), 2007/2/CE 14 (2007). Récupéré le 27 novembre 2014 sur <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:fr:PDF>
- Confédération suisse. Loi fédérale du 5 octobre 2007 sur la géoinformation (LGéo). RS 510.62. Récupéré sur <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20050726/index.html>
- Confédération suisse. Web Map Services. http://www.geo.admin.ch/internet/geoportal/fr/home/services/geoservices/display_services/services_wms.html. Consulté le 12 novembre 2014.
- Conseil fédéral suisse. Ordonnance sur l'énergie (OEne) du 7 décembre 1998. RS 730.01. Récupéré le sur <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19983391/index.html>
- Conseil fédéral suisse. Ordonnance sur la géoinformation (OGéo) du 21 mai 2008. RS510.620.
- Conseil fédéral suisse. Ordonnance sur la mensuration officielle (OMO) du 18 novembre 1992. RS211.432.2.
- Conseil fédéral suisse. Ordonnance sur la mensuration nationale (OMN) du 21 mai 2008. RS510.626. Récupéré le sur <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20071092/index.html>
- Cornette, G., et Galley, V. (2011, août). Géoréférencement des réseaux enterrés – des techniques de relevé à la gestion du cadastre du sous-sol genevois. *Cadastre N°6*, pp. 12–17.
- Couillard, D. (1981). *Chauffage, ventilation, climatisation: économies d'énergie, énergie solaire, pompes à chaleur* (4e éd. mise à jour et augm.). Paris: Eyrolles.
- Courtois, E. Questions sur les réseaux de chaleur et sur leur cartographie. Répondu le 25 novembre 2014.
- CPCU. (2014a). La chaleur urbaine. Supervision et conduite. <http://www.cpcu.fr/La-chaleur-urbaine/SUPERVISION-ET-CONDUITE>. Consulté le 22 septembre 2014.
- CPCU. (2014b). Réseau CPCU. http://www.cpcu.fr/worksalert_ajax/fullwindownetwork. Consulté le 22 septembre 2014.
- Crausaz, P.-A. Questions sur les réseaux de chaleur et sur leur cartographie. Répondu le 20 novembre 2014.
- DALE. Monitoring du plan directeur cantonal. Gestion de l'énergie, E4 § Fiche du plan directeur cantonal 5.06 (2009). http://etat.geneve.ch/geodata/SIAMEN/PDL/Monitoring/monito_E4.pdf. Consulté le 22 novembre 2014.
- DALE. (2014a). Mensuration officielle. Cadastre des conduites. <http://ge.ch/mensuration-officielle/cadastre-des-conduites>. Consulté le 15 janvier 2015.
- DALE. (2014b). Info GeoCSS. Récupéré le Novembre 28, 2014, sur <http://ge.ch/mensuration-officielle/cadastre-des-conduites/info-geocss>. Consulté le 28 novembre 2014.

- Darmayan, L., Kuchler, F. et Cudilleiro, M. (2013, Novembre). Identifier et planifier des réseaux thermiques à l'aide d'un SIG. *Géomatique Expert*, (N°95), pp.54–66.
- DCMO. (2009, Août 12). *Séance d'information : SEMO - SPM*.
- DCMO. (2014a). *CADASTRE DU SOUS-SOL. Recommandations de levé. A l'attention des propriétaires de conduites en sous-sol*. Récupéré le 6 décembre 2014 sur http://ge.ch/mensuration-officielle/media/mensuration-officielle/files/fichiers/documents/recommandation_de_leve_2014-03_v8.pdf
- DCMO. (2014b). Formulaire de demande de report du cadastre technique du sous sol. Récupéré le 7 décembre 2014 sur http://ge.ch/mensuration-officielle/media/mensuration-officielle/files/fichiers/documents/2014_ctss_demande_de_report.pdf
- DCMO. (2014c). *Recommandations de levé. A l'attention des propriétaires de conduites en sous-sol*. Récupéré le 6 décembre 2014 sur http://ge.ch/mensuration-officielle/media/mensuration-officielle/files/fichiers/documents/recommandation_de_leve_a5_2014-03_v8.pdf
- DCMO. (2014d, 15 avril). *Séance info AGG -DMO*.
- DCMO. (n.d.). *Cadastre du sous-sol. Cadastre technique du sous-sol. Présentation, objectifs et avancement du projet*.
- DDPS. Ordonnance technique du DDPS sur la mensuration officielle (OTEMO) du 10 juin 1994. RS 211.432.21.
- DDPS. (2008). Ordonnance du DDPS du 5 juin 2008 sur la mensuration nationale (OMN-DDPS). RS 510.626.1. Récupéré sur <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20071095/index.html>
- Destinobles, R. Informations complémentaires. Répondu le 26 août 2014.
- DRIEE. Cartographie des réseaux de chaleur en Île-de-France. <http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/cartographie-des-reseaux-de-r1040.html>. Consulté le 8 janvier 2015.
- DRIEE, D. régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie. P. de la région d'Ile-de-F. (2014). Réseaux de chaleur en Île-de-France. http://carmen.developpement-durable.gouv.fr/18/reseau_de_chaleur.map. Consulté le 12 décembre 2014.
- ESRI France. (2015). Qu'est-ce qu'un SIG? Glossaire. <http://www.esrifrance.fr/glossaire.aspx>. Consulté le 16 octobre 2014.
- Etat de Fribourg. Guichet cartographique du canton de Fribourg. <http://www.geo.fr.ch/#>. Consulté le 19 novembre 2014.
- Etat de Genève. Législation genevoise. <http://www.ge.ch/legislation/>. Consulté le 29 septembre 2014.
- Etat de Genève. Loi relative au système d'information du territoire à Genève (LSITG) du 17 mars 2000. B 4 36.
- Etat de Genève. Loi sur l'énergie (LEn) du 18 septembre 1986. L 2 30.
- Etat de Genève. Loi sur le domaine public (LDPu) du 24 juin 1961. L 1 05.
- Etat de Genève. Règlement d'application sur les constructions et les installations diverses (RCI), du 1978. (L 5 05.01).
- Etat de Genève. Règlement concernant l'utilisation du domaine public (RUDP), du 01 janvier 1989. L 1 10.12. Récupéré sur <http://etat.geneve.ch/geoportail/geocss/>
- Etat de Genève. Règlement relatif à la désignation du centre de compétence du système d'information du territoire à Genève (RSITG) du 21 août 2001. B 4 36.01.

- Etat de Genève. (2013). *Plan de mesures OPair 2013-2016. Plan d'assainissement de la qualité de l'air.* (p. 51). Genève.
http://ge.ch/air/media/air/files/fichiers/documents/plan_de_mesures_opair_2013-2016_valide_ce_27_02_13.pdf. Consulté le 30 septembre 2014.
- Etat de Genève. Protection de l'environnement et gestion des ressources. Gestion de l'énergie. Récupéré le 25 août 2014 sur http://www.ge.ch/plan-directeur/asp/consult_concept.asp?num=39
- Etat de Genève. Secrétariat de Grand Conseil (8 mai 2013). *Rapport du Conseil d'Etat au Grand Conseil sur la conception générale de l'énergie 2005-2009 et projet de conception générale de l'énergie 2013* (RD986). *Proposition de résolution du Conseil d'Etat approuvant la conception générale de l'énergie* (R732). p.26.
- Etat de Vaud. (2014). GéoPlaNet - Guichet cartographique de l'Etat de Vaud.
<http://www.geoplanet.vd.ch/index.php>. Consulté le 19 novembre 2014.
- Faessler, J., Hollmuller, P., Lachal, B. et Quiquerez, L. (5 juillet 2013). Réseaux thermiques multi-ressources efficaces et renouvelables.
<http://www.unige.ch/energie/forel/energie/activites/axes/energie/remuer.html>. Consulté le 5 janvier 2015.
- Faessler, J., Hollmuller, P., Lachal, B., Quiquerez, L., Monnard, M., & Garazi, G. (2012). *Projet REMUER REseaux thermiques MULti-ressources Efficacients et Renouvelables des opportunités pour augmenter l'efficacité énergétique et la pénétration du renouvelable dans le système énergétique ? Projet basé sur deux retours d'expérience* (p. 26). Genève: SIG, UNIGE.
- Galley, V. (2014a). Conduites en sous-sol: Les recommandations de levé du canton de Genève. *Cadastré N°15*, pp. pp.18–19. Consulté le 22 octobre 2014.
- Galley, V. (2014b). Questions sur les couches du cadastre du sous sol. Interviewé le 15 décembre 2014.
- Grand conseil. Plan directeur cantonal de Genève 2030. Coordonner aménagement du territoire et politique énergétique cantonale, D02 259–266 (2013). Récupéré le 22 août 2014 sur http://etat.geneve.ch/geodata/SIAMEN/PDCn/PDCn_GC_03_Schema_ficheD02.pdf.
- Groupe E. (2014). Principe du chauffage à distance. De la centrale à votre bâtiment.
<http://www.groupe-e.ch/principe-du-chauffage-distance>. Consulté le 20 août 2014.
- Haroutunian, A., Mermoud, F., Faessler, J. et Lachal, B. (2013). *Audit'bois : Analyse énergétique, environnementale et économique du chauffage à distance au bois à Genève : Retour d'expérience sur l'installation de Cartigny* (p.200). Carouge: Université de Genève.
- IGN : Institut national français de l'information géographique et forestière nationale. (2012). INSPIRE. <http://inspire.ign.fr/>. Consulté le 27 novembre 2014.
- iNGEO. SIG : Système d'Information Géographique : la définition d'un SIG. <http://www.sig-geomatique.fr/sig-sig.html>. Consulté le 15 janvier 2015.
- Larousse. (1992). *Le petit Larousse illustré en couleurs*. Paris: Larousse.
- Le Dù, S. (2014a). Directive européenne sur l'efficacité énergétique - Réseaux de chaleur.
<http://reseauxchaleur.wordpress.com/2012/11/14/directive-europeenne-sur-lefficacite-energetique-reseaux-de-chaleur/>. Consulté le 28 septembre 2014.
- Le Dù, S. (2014b, avril). suisse | Réseaux de Chaleur et Territoires – Le blog.
<https://reseauxchaleur.wordpress.com/tag/suisse/>. Consulté le 28 septembre 2014.

- Leobet, F. M., Marc. (2011). *La directive INSPIRE pour les néophytes* (3ème édition.).
- Leverington, P. Certificat de géomatique et réseaux thermiques - info PhL. Répondu le 12 décembre 2014.
- Lung Lu, Y. (2013). *Analysis of District Heating Potential in Toronto Using Geographical Information Systems* (Civil Engineering). University of Toronto.
- Mairie de Meyrin. (2006). Chauffage à distance.
http://www.meyrin.ch/jahia/Jahia/site/meyrin/administration/urbanisme_travaux_publics_energie/pid/394. Consulté le 12 août 2014.
- Mayor of London. (2010). London Heat Map. <http://www.londonheatmap.org.uk/Mapping/>. Consulté le 18 août 2014.
- MEDDE : Ministère français de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. (2011, Novembre 8). La directive européenne Inspire : de nouvelles obligations et de nouveaux atouts pour les autorités publiques. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-directive-europeenne-Inspire-de.html>. Consulté le 27 novembre 2014.
- Mensuration officielle suisse. (2014). Catalogue de données MD.01-MO-CH, version 24.
<http://www.cadastre.ch/internet/cadastre/fr/home/topics/avs/catalogue.html>. Consulté le 14 octobre 2014.
- Métral, C. (2014, Printemps). *Cours sur la modélisation*. Institut des Sciences de l'Environnement. Université de Genève.
- OCEN. (2014). Projets thermiques 2014 RDR.
- OFEN. (2012). Stratégie énergétique 2050 : Premier paquet de mesures.
- Office fédéral de topographie : Swisstopo. (2011). *La mensuration officielle suisse*. Office fédéral de topographie. Wabern.
- Office fédéral de topographie : Swisstopo. La loi fédérale sur la géoinformation. Récupéré le 18 septembre 2014 sur
http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/fr/home/swisstopo/legal_bases.parsysrelated1.76030.downloadList.40253.DownloadFile.tmp/geoinflyerfr.pdf
- Office fédéral de topographie : Swisstopo. Ordonnance sur la géoinformation (OGéo-swisstopo) du 26 mai 2008. RS510.620.1. Récupéré sur <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20071088/index.html>
- Parlement et conseil européens. Directive 2012/27/UE du Parlment Européen et du Conseil relative à l'efficacité énergétique, L 315 56. Récupéré sur <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:FR:PDF>
- Perrier-Bavoux, S. Questions concernant les statistiques 2013 de l'ASCAD (CAD SIG). Répondu le 8 décembre 2014.
- PolEnergie. (2014). Une première cartographie des réseaux de chaleur potentiels à l'échelle du département de l'Ardèche. <http://www.polenergie.org/une-premiere-cartographie-des-reseaux-de-chaleur-potentiels-a-lechelle-du-departement-de-lardeche/>. Consulté le 7 décembre 2014.
- Quirion-Blais, O. (2010). *Méthodologie d'évaluation de la demande de chaleur des groupes de bâtiments dans le cadre d'une étude de faisabilité du chauffage urbain*. École Polytechnique de Montréal. Récupéré sur <http://publications.polymtl.ca/397/>
- Raoult, M. (2008). *Histoire du chauffage urbain*. Paris: L'Harmattan.

- République et Canton de Neuchâtel. Géoportail du Système d'Information du Territoire Neuchâtelois. <http://sitn.ne.ch/theme/cadastre>. Consulté le 19 novembre 2014.
- République et canton du Jura. Géoportail du Système d'Information du territoire jurassien. <http://mapfish.jura.ch/theme/Cadastre>. Consulté le 19 novembre 2014.
- Rezaie, B. et Rosen, M. A. (2012). District heating and cooling: Review of technology and potential enhancements. *Applied Energy*, 93, 2–10.
- RhôneAlpEnergie Environnement. Réseaux de chaleur en Rhône-Alpes. http://www.reseauxdechaleurrhonealpes.org/reseaux_de_chaleur_rhone-alpes. Consulté le 18 août 2014.
- SIG (Services industriels de Genève). (2014a). Demande de données numériques vectorielles. <http://www.sig-ge.ch/professionnels/partenaires/cadastres-et-reseaux/Pages/demande-de-donnees-numeriques-vectorielles.aspx>. Consulté le 3 octobre 2014.
- SIG. (2014b). Les avantages du chauffage à distance. <http://www.sig-ge.ch/professionnels/grandes-entreprises/les-energies/vos-solutions-de-chaleur-et-de-froid/chauffage-a-distance/les-avantages-du-chauffage-a-distance>. Consulté le 8 décembre 2014.
- SITG. (2014). SITG, le territoire genevois à la carte. <http://ge.ch/carte/pro/?mapresources=GEO THERMIE%2CENERGIE>. Consulté le 25 août 2014.
- Team, G. (2007). GeoNetwork : portail pour l'information géographique [InteractiveResource]. <http://www.geocat.ch/geonetwork/srv/fre/metadata.show?fileIdentifier=bf3fec40-a258-460f-90aa-c9f10b963ed5&currTab=simple>. Consulté le 19 novembre 2014.

Liste des annexes

ANNEXE 1 - TABLEAU DES ATTRIBUTS DES BESOINS EN CHALEUR DES BATIMENTS SUR LE GEOSERVICE DE L'ASCAD.....	57
ANNEXE 2 – STATISTIQUES 2002-2013 DE L'ASCAD CONCERNANT LES CHAUFFAGES A DISTANCE DU CANTON DE GENEVE	58
ANNEXE 3 - ATTRIBUTS DES COUCHES CONTENANT LES RESEAUX THERMIQUES DU CANTON DE GENEVE	60
ANNEXE 4 – LISTE DES ATTRIBUTS ELABOREE PAR REGINALD DESTINOBLER (OCEN)	61
ANNEXE 5 – LISTE DES RESEAUX THERMIQUES REPERTORIES PAR L'OCEN	62
ANNEXE 6 – LISTE DES RESEAUX THERMIQUES REPERTORIES PAR L'OCEN, L'ASCAD ET QUELQUES « RELATIONS CHAUDIERES »	63
ANNEXE 7 – RESEAUX THERMIQUES POTENTIELS PROVENANT DE LA COUCHE DES « RELATIONS CHAUDIERES ».	64

Annexe 1 - Tableau des attributs des besoins en chaleur des bâtiments sur le géoservice de l'ASCAD

Dans le tableau ci-dessous les attributs des besoins en chaleur des bâtiments sont listés par classe de bâtiments.

Industries et Bureaux	Immeubles résidentiels	« Immeubles et bureaux »
« Besoin de chaleur (moyenne de la branche) (en MWh par an et par hectare) »	« Besoins de chaleur pour le chauffage et l'ECS en MWh par an et par hectare »	« Besoin total de chaleur (MWh par an et par hectare) »
« Part de la branche la plus énergivore sur cet hectare (en %) »	« Surface habitable (en m ² par hectare) »	« dont seulement bâtiments de service (MWh par an et par hectare) »
« Demande d'électricité (moyenne de la branche) (en MWh par an et par hectare) »	« Nombre total d'immeubles (nombre par hectare) »	« Secteur tertiaire le plus représenté sur cet hectare (en %) »
	« Nombre d'immeubles raccordés au CAD (nombre par hectare) »	

Annexe 2 – Statistiques 2002-2013 de l'ASCAD concernant les chauffages à distance du canton de Genève

Données des chauffages à distance du canton de Genève mentionnés dans les statistiques de l'ASCAD													
Nom de l'entreprise à qui appartient le réseau	Année	Attributs											
	En français	Chaleur vendue (GWh)	Puissance raccordée (MW)	Production d'électricité (GWh)	Longueur réseau (km)	Charge thermique maximale (MW)	Mazout (%)	Gaz ou gaz naturel (%)	UIOM (%)	Bois / pellets (%)	Energies renouvelables (%)	Autres combustibles (%)	Autre (% ou GWh)
	En allemand	Verkaufte Wärme	Anschlussleistung	Stromproduktion	Netzlänge	Wärme-Höchstlast	Heizöl	Erdgas	Müllabfall	Holzschneider / Pellets	erneuerbare Engergien	sonstige Brennstoffe	Andere (% ou GWh)
Services Industriels de Genève	2002	115.6	100		16.5								
	2003	124.3	102		16								
	2004	129	106	0	16	55	0	100	0				0
	2005	136.5	103	0	16	56	0	100	0				0
	2006*	140.1	111.7	0	16.7	49	0	100	0				0
	2007*	144.2	111.7	0	16.7	49	0	100	0				0
	2008*	141.8	116.7	0	16.7	46.8	0	100	0				0
	2009*	148.2	119.5	0	18.2	53.5	7.25	75	0				18%
	2010	318	189.1	127.3	25.1	109.6	0.3	52.3	28.7				18.80%
	2011												
	2012	377.3	228.9	133.1	40.3	162	0	1.6	56.5	25.6	16.4		238.5GWh
	2013	520	250.1	111.9	43.4	177.4	2.2	53.3	25.1	0.1	0.1	19.3	0
CADIOM SA	2004	85.12	60.403	0	13.5	48	0.01	0	99.99				0/0
	2005	101.4	68	0	30.1	44	0.2	0.1	99.8				0
	2006	106.6	74	0	16.2	44	0.1	0.1	99.8				0
	2007	111.4	77.6	0	16.63	44.5	0.1	0.1	99.8				0
	2008	122.2	79.3	0	17.35	44.5	0.3	0.1	99.6				0
	2009	120.8	79.6	0	18.72	44.5	0.3	0.1	99.6				0
	2010	129	79.6	0	19.32	46.87	7	0.1	92.9				0
	2011												
	2012	141.8	92	0	21.1	53.8	7.8	0.1	92.2	0	0	0	3.6 GWh
	2013	204.17	89.9	0	21.86	53	1.3	5.7	0	0	93.5	0	12.34GWh

*Somme des réseaux SIG

Données des chauffages à distance du canton de Genève mentionnés dans les statistiques de l'ASCAD													
Nom de l'entreprise à qui appartient le réseau	Année	Attributs											
	En français	Chaleur vendue (GWh)	Puissance raccordée (MW)	Production d'électricité (GWh)	Longueur réseau (km)	Charge thermique maximale (MW)	Mazout (%)	Gaz ou gaz naturel (%)	UIOM (%)	Bois / pellets (%)	Energies renouvelables (%)	Autres combustibles (%)	Autre (% ou GWh)
	En allemand	Verkaufte Wärme	Anschlussleistung	Stromproduktion	Netzlänge	Wärme-Höchstlast	Heizöl	Erdgas	Müllabfall	Holzschneider / Pellets	erneuerbare Engergien	sonstige Brennstoffe	Andere (% ou GWh)
Service de l'Environnement des Cheneviers	2004	85	60.1	172	0	0	0	0	100				0
	2005	112.3	0	165.7	0	0	0	0	100				0
	2006	121	0	0	0	0	0	0	0				0
	2007	123	0	0	0	0	0	0	65				35
	2008	131.8	0	162.8	0	0	0	3	55				42
	2009	134.3	0	142.6	0	0	0	1.3	59.7				39
	2010												
	2011												
	2012	SIG											
	2013	SIG											

Annexe 3 - Attributs des couches contenant les réseaux thermiques du canton de Genève

CAD_SS_CHAUFFAGE_CONDUITE				CTSS_CHAUFFAGE_CONDUITE				CAD_SS_EAU_POTABLE_CONDUITE			
Nom attribut	Type	Valeur	Description	Nom attribut	Type	Valeur	Description	Nom attribut	Type	Valeur	Description
Objectid	OID		Champ automatique avec l'identifiant de la base de chaque objet*					Objectid			Champ automatique avec l'identifiant de la base de chaque objet. *
Id_Conduite	String		Identifiant objet du propriétaire	ID_Conduite	String		Identifiant de la conduite	Id_Conduite			Identifiant de la conduite
				ID_Dossier	String		Identifiant du dossier				
Matériau	String		Matière de la conduite : - Inconnu - Inox - Non transmis	Matériau	String		Matière de la conduite: - Acier - Autre - Inconnu	Matériau			Matière de la conduite : - Fonte - Acier - Fibrociment - Grès - Bois - Inconnu - Matière synthétique - Béton ciment - Terre cuite - Non transmis
Fonction	String		Fonction de la conduite : - Transport - Principale - Secondaire - Branchement - Autre - Non transmis - Gaine - Inconnu	Fonction	String		Fonction de la conduite : - Transport - Principale - Secondaire - Branchement - Autre - Inconnue	Fonction			Fonction de la conduite : - Transport - Principale - Secondaire - Branchement - Autre - Non transmis - Gaine - Inconnu
Etat	String		Etat du réseau : - Planifié - Abandonné - Inconnu - Non transmis - En service - Hors service	Etat	String		Etat de la conduite: - En service - Hors service - Planifié - Abandonné - Inconnu	Etat			Etat du réseau : - Planifié - Abandonné - Inconnu - Non transmis - En service - Hors service
Détermination Planimétrique	String		Information sur la précision du levé : - précis - imprécis - inconnu	Détermination Planimétrique	String		Précision de la représentation planimétrique: - Précis <20 cm - Imprécis >20 cm - Inconnu	Détermination Planimétrique			Information sur la précision du levé : - précis - imprécis - inconnu
Shape	Geometry		Champ binaire automatique contenant la géométrie des objets					Shape			Champ binaire automatique contenant la géométrie des objets
Type Propriétaire	String		Type de propriétaire : - Confédération - Canton - Parapublic - Privé - Autres	Type_Propriétaire_Gestionnaire	String		Propriétaire de la conduite: - Confédération - Canton - Commune - Parapublic - Privé - Autre	Type Propriétaire			Type de propriétaire : - Confédération - Canton - Parapublic - Privé - Autres
Propriétaire	String		Propriétaire de la donnée : voir liste en bas de page °	Propriétaire_Gestionnaire	String		Listes selon choix du type de propriétaire	Propriétaire			Propriétaire de la donnée : voir liste en bas de page °
Remarques	String		Informations complémentaires	Remarques	String		Renseignements complémentaires sur l'objet				
Diamètre	Integer		Diamètre en mm	Diamètre	Integer		Diamètre en mm	Diamètre			Diamètre en mm
Date_Chargement	Date		Date de chargement								
Shape.Len	Double		Champ automatique donnant la longueur de chaque objet en m	Shape.Len	Double		Champ automatique donnant la longueur de chaque objet en m	Shape.Len			Champ automatique donnant la longueur de chaque objet en m
Situation	String		Position du réseau : - Sous-sol - Hors-sol - Inconnu	Situation	String		Situation de la conduite: - SS - Hors-sol - Inconnu				
				Fluide	String		Fluide transporté: - Gaz - Eau surchauffée - Autre - Inconnu				

* Ne pas l'utiliser comme identifiant unique permanent.

° Liste des propriétaire : CONFEDERATION, CFF – Inconnu_Canton, DT_DCMO, DT_OCM, DCTI_CTI, DCTI_GCI – Inconnu_Parapublic, Aéroport international de Genève – SIG_Chauffage à distance, SIG_Eau potable, SIG_Electricité – SIG_Eaux usées – SIG_Gaz – SIG_Télécom, Fondation terrains industriels, TPG, HUG, Inconnu_PRIVE, Swisscom, Télégenève, COLT, LD Communication, Cablecom, Sunrise, Gaznat, Autres, CERN, Particulier, Inconnu

Annexe 4 – Liste des attributs élaborée par Réginald Destinobles (OCEN)

Une réflexion a été menée à l'OCEN concernant les attributs propres à une base de données des RT. Dans un premier temps, une réflexion élargie a été menée comprenant des attributs généraux et une série d'attributs sur les caractéristiques contractuelles (Tableau 1), des clients (Tableau 2) et des bâtiments (Tableau 3). Les attributs choisis dans l'optique d'obtenir une base de données complète sont les suivants :

1. Nom du réseau (CAD ou FAD)
2. Code postal
3. Commune
4. Propriétaire
5. Date de réalisation
6. Connexions en 2013
7. Nombre de sous-stations
8. Nombre de contrats
9. Type de bâtiments
10. Domaine
11. Agent énergétique
12. Unité principale
13. Unité d'appoint
14. Réseau de distribution primaire
15. Réseau de distribution secondaire
16. Technologie
17. Consommation estimée kWh/an
18. Consommation effective Vente de kWh/an
19. Puissance kW souscrits
20. Puissance kW centrale
21. Nombre d'heures à pleine charge
22. Coûts fixe
23. Coûts variables
24. Taxe de raccordement
25. Taxe d'équipement
26. Prix de l'énergie (cts/KWh)
27. Indexation variable
28. Température
29. Taux de couverture en EnR
30. Urbain
31. Surfaces (m2)

Tableau 1 : Caractéristiques contractuelles

Nom attribut	Valeur
signé	oui/non
Remarque si refusé	
Numéro Projet	
nombre de contrats	
Date	
Nouvel agent énergétique	
Nouvelle technologie	
Utilisation de l'énergie	
Consommation estimée	kWh/an
Consommation effective	kWh/an
Puissance	kW
Durée	années
Coût	CHF
Activités	
Financement	CHF
Prix fixe	CHF/an
Indexation fixe	
Prix de l'énergie	ct/kWh
Indexation variable	
Tiers	
Propriété	oui/non
Propriété fin de contrat	
Subvention	CHF
Fin	

Tableau 2 : Caractéristiques des clients

Nom attribut	Valeur
Type	
Locataire	oui/non
Consommation avant contrat	kWh/an
nombre d'unités	
nombre d'habitants	

Tableau 3 : Caractéristiques des bâtiments

Nom attribut	Valeur
code postal	
urbain	oui/non
Type de bâtiment	
Neuf	oui/non
Rénovation	
Ancien agent énergétique	
Ancienne technologie	
Surface	m ²
température	°c
MINERGIE	oui/non
Construction	
Rénovation	

Annexe 5 – Liste des réseaux thermiques répertoriés par l'OCEN

	Nom	Commune	Date de réalisation
1	CAD SIG	Le Lignon	1964
2	CAD Budé	Genève	2000
3	CAD Miléant	Genève	2004
4	CAD Chancy bois	Chancy	2006
5	CAD CTN	Plan-les-Ouates	2008
6	CAD Espace Versoix	Versoix	2008
7	FAD Espace Versoix	Versoix	2008
8	Laiteries Réunies de Genève	Plan-les-Ouates	2009
9	FAD GLN	Genève	2009
10	CAD Laurana	Thônex	2009
11	CAD GLN	Genève	2010
12	CAD Versoix Centre	Versoix	2010
13	FAD Versoix Centre	Versoix	2010
14	CAD Sous bois	Genève	2012
15	CAD Eynard Fatio	Chêne-Bougeries	2013
16	FAD Eynard Fatio	Chêne-Bougeries	2013
17	CAD Chapelle les Sciers	Grand-Lancy	2013
18	CAD Les Vergers	Meyrin	2014
19	CAD ZIPLO	Plan-les-Ouates	2014
20	CAD Eco quartier Jonction	Genève	2015
21	FAD Eco quartier Jonction	Genève	2015
22	CAD Palettes	Palettes	2015
23	CAD Gradelle	Chêne-Bougeries	2015
24	CAD Maison de Vessy	Vessy	2012
25	Bois Gourmand	Veyrier	2001
26	Grand-Salève	Veyrier	2013
27	Tours de Carouge	Carouge	
28	CAD HUG	Genève	
29	CAD Aire-la-Ville	Aire-la-Ville	2013
30	CADIOM SA	Aire-la-Ville	2000
31	CAD Céligny	Céligny	2013
32	CAD Cartigny	Cartigny	2008
33	CAD Choulex	Choulex	1993
34	CAD Ranches	Vernier	2013
35	CCF Millo-Zeller	Satigny	2008

Annexe 6 – Liste des réseaux thermiques répertoriés par l'OCEN, l'ASCAD et quelques « relations chaudières »

	OCEN	ASCAD	Relation Chaudière			
	Nom RT	Nom RT	Nom RT	Nombre connexions	Commune	Année réalisation RT
1	CAD Aire-la-Ville				Aire-la-Ville	2013
2	CADIOM SA	CADIOM			Aire-la-Ville	2000
3			Athenaz	2	Athenaz	
4	Tours de Carouge		Tours de Carouge	41	Carouge	
5			Pl.MarchéCarouge	6	Carouge	
6	CAD Cartigny				Cartigny	2008
7	CAD Céligny				Céligny	2013
8	CAD Chancy bois				Chancy	2006
9	CAD Eynard Fatio				Chêne-Bougeries	2013
	FAD Eynard Fatio				Chêne-Bougeries	2013
10	CAD Gradelle				Chêne-Bougeries	2015
11	CAD Choulex				Choulex	1993
12			Collonge	2	Collonge	
13			Salle communale	4	Confignon	
14			Place de l'église	8	Confignon	
15	CAD Budé				Genève	2000
16	CAD Eco quartier Jonction				Genève	2015
	FAD Eco quartier Jonction				Genève	2015
17	CAD GLN				Genève	2010
	FAD GLN				Genève	2009
18	CAD HUG				Genève	
19	CAD Miléant				Genève	2004
20	CAD Sous bois				Genève	2012
21	CAD Chapelle les Sciers				Grand-Lancy	2013
22	CAD SIG	CAD SIG			Le Lignon	1964
23	CAD Les Vergers				Meyrin	2014
24	CAD Palettes				Palettes	2015
25		CAD Péry			Péry	
26	CAD CTN				Plan-les-Ouates	2008
27	Laiteries Réunies de Genève				Plan-les-Ouates	2009
28	CAD ZIPLO				Plan-les-Ouates	2014
29	CCF Millo-Zeller				Satigny	2008
30	CAD Laurana				Thônex	2009
31			Mairie de Thônex	2	Thônex	
32	CAD Ranches				Vernier	2013
33	CAD Espace Versoix				Versoix	2008
	FAD Espace Versoix				Versoix	2008
34	CAD Versoix Centre				Versoix	2010
	FAD Versoix Centre				Versoix	2010
35	CAD Maison de Vessy				Vessy	2012
36	Bois Gourmand	Ecole Bois-Gourmand			Veyrier	2001
37	Grand-Salève		Grand-Salève	7	Veyrier	2013

Annexe 7 – Réseaux thermiques potentiels provenant de la couche des « relations chaudières ».

La couche SCANE_RELATION_BATI_CHAUDIERE contient plus de 3000 objets. Nous la fusionnons par chaudières et obtenons un résultat de 1821 chaudières ayant entre 1 et 43 relations.

Tableau 11 : Nombre de chaudières en fonction de leurs nombres de relations

Nombre de relations	Nombre de chaudières
1	1074
2	373
3	143
4-5	127
6-10	79
11-15	16
16-30	6
>30	3

De la liste, nous supprimons :

- Une cinquantaine de chaudières dont « l'état de l'installation » indique « en réserve » ou « inactive ». Leur nombre de relations était entre 1 et 9.
- Une vingtaine de chaudières dont « l'état de l'installation » est vide mais seulement si leur nombre de relation est plus petit ou égal à 5. (Dans cette catégorie, la relation plus grande que 5 est 15).

Ensuite, nous filtrons les résultats pour obtenir un tableau contenant seulement une cinquantaine de résultats. Le filtre est fait en fonction de la puissance de la chaudière (>300 kW) et à la longueur des relations (>250 m). Cette manière de filtrer est critiquable notamment car la longueur des relations correspond à la longueur à vol d'oiseau du point chaudière et du polygone bâtiment et ne correspond pas à la longueur réelle du tracé. Le filtre devrait se faire en fonction de la définition choisie pour définir la notion de réseau thermique.

A partir de la table des relations chaudières reliées à celle des chaudières, il serait intéressant de faire des distributions de plusieurs éléments afin de pouvoir les comparer entre elles et choisir en fonction de leur pertinence.

Tableau 12 : Relations chaudières avec filtre

Egid chaudière	Adresse	Commune	Combustible	Type installation	Année chaudière	P_nom	P_max	Connexions	Shape (m)
1015888	Cité VIEUSSEUX, 1	Petit-Saconnex	Gaz	Eau-surchauf	1996	4655	4655	43	6285
295085601	Av.VIBERT, 18BIS	Carouge	Gaz	Chauff-ECS	2007	1650	1650	41	4548
1001619					0	0	0	32	1671
2041203	Promenade Artisans, 24	Meyrin	HEL	Chauff-ECS	2004	1500	1500	23	3268
2034342	Ch. des Mollies, 58	Bellevue	HEL	Chauff-ECS	2003	340	340	23	1519
1004598	Ch. Jean- Achard, 8	Ch-Bougeries	HEL	Chauff-ECS	1985	646	646	20	2009
1001061	Route d'Annecy, 235	Bardonnex	Gaz	Chauff-ECS	2007	341	341	19	479
1013095	Boulevard Carl- Vogt, 80	GE-Plainpalais	HEL	Chauff-ECS	1987	1455	750	16	983
1009314	Ch. des Hutins, 52	Confignon	HEL	Chauff-ECS	2001	320	320	15	958
2043629	Ch. de la Grève, 14	Versoix	HEL	Chauff-ECS	1988	315	315	15	1551
1008165					0	0	0	15	672

1002957	Rue Jacques- Grosselin, 4	Carouge	Gaz	Chauff-ECS	2000	975	975	14	941
1012827	Rue de Carouge, 66	GE-Plainpalais	Gaz	Chauff-ECS	1998	500	500	14	391
2040576	Square Clair-Matin, 1	Lancy	Gaz	Chauffage	1993	500	500	14	965
1017699	Ch. Francois- Lehmann, 6	Gd-Saconnex	HEL	ECS	2004	1500	1351	13	1590
2041742	Ch. Des Aulx, 14	Plan-Ouates	Gaz	ECS	1990	520	520	13	401
1029247	Ch. Nicolas- bogueret, 26	Vernier	HEL	Chauff-ECS	2002	408	408	13	465
1017625	Ch. Auguste- vilbert, 50	Gd-Saconnex	HEL	Chauff-ECS	1986	378	378	13	832
1023369	Ch. de Vers, 36	Plan-Ouates	Gaz	Chauff-ECS	2010	920	920	12	768
1014810	Parc Chateau-Banquet, 14	Petit-Saconnex	Gaz	Chauffage	2010	850	850	11	857
1029734	Route de Montfleury, 5	Vernier	HEL	Chauff-ECS	1990	840	840	11	430
2037408	Promenade l' Europe, 59	Petit-Saconnex	Gaz	Chauff-ECS	1991	2905	2905	10	1493
1015018	Rue Charles- rosselet, 2	Petit-Saconnex	HEL	ECS	1985	840	840	10	540
1012002	Av. DUMAS, 25	GE-Plainpalais	HEL	ECS	1998	750	750	10	610
1020216	Ch. des Semailles, 11B	Lancy	HEL	ECS	1993	920	920	9	334
2040659	Ch. des Vignes, 31	Lancy	HEL	Chauff-ECS	1991	756	756	9	564
1016198	Rue Charles- GIRON, 11	Petit-Saconnex	Gaz	Chauff-ECS	2008	640	640	9	267
2039267	Rue des Battoirs, 9	GE-Plainpalais	Gaz	Chauff-ECS	1995	560	560	9	475
1021370	Champs-Frechets, 24	Meyrin	HEL	Chauff-ECS	2008	539	539	9	283
295050363	Ch. de Pé-Gentil, 46	Satigny	Gaz	Chauff-ECS	2005	489	489	9	362
1005975	Av. de Bel-Air, 51B	CHENE_BOUG	HEL	ECS	1996	413	413	9	527
1026730	Rue de Genève, 91	THONEX	HEL	ECS	1995	920	1000	8	345
1028597	Ch. du Petit-Bois, 6	Vernier	Gaz	Chauff-ECS	1986	935	935	8	515
1031755	Ch. Tricouni, 6	Veyrier	HEL	Chauff-ECS	2001	452	452	8	660
1015055	Rue du Vidollet, 37	Petit-Saconnex	HEL	Chauff-ECS	1991	420	420	8	269
1014583	Rue Robert- De-TRAZ, 8	GE-Eaux-Vives	Gaz	Chauffage	2012	400	400	8	480
2375340	Ch. Edmond- rochat, 54	Meyrin	HEL	ECS	1997	377	377	8	481
1004653	Route de Malagnou, 158C	Ch-Bougeries	HEL	Chauffage	2004	350	350	8	283
1022049	Av.Bois-de-la-Chapelle,57	Onex	HEL	Chauffage	1988	1455	1455	7	852
1021423	Rue des Boudines, 15	Meyrin	HEL	ECS	2003	666	666	7	302
1002576	Route de Soral, 117	Bernex	HEL	Chauff-ECS	1994	597	597	7	328
1014831	Rue ROTHSCCHILD, 58	Petit-Saconnex	HEL	Chauff-ECS	1995	535	535	7	312
1012175	Ch. la Tour-de-Champel, 8	GE-Plainpalais	HEL	Chauff-ECS	1979	523	523	7	267
1009155	Ch. de Vuillonex, 13	Confignon	HEL	Chauff-ECS	1975	320	320	7	420
1029848	Ch. de l'Esplanade, 16	Vernier	HEL	Chauff-ECS	2000	320	320	7	279
1026747	Ch. Deux-Communes, 11	THONEX	Gaz	Chauff-ECS	2011	3300	3300	6	438
1019776	Rue des Bossons, 80	Lancy	HEL	Chauffage	1987	2325	2325	6	455
2040997	Ch. des Fraisières, 23	Lancy	HEL	ECS	2008	700	700	6	358
1029884	Ch. de l' Echarpine, 10	Vernier	HEL	Chauff-ECS	2000	566	566	6	573
2038967	Ch. de Beau-Soleil, 22	GE-Plainpalais	Gaz	Chauff-ECS	1998	1700	1700	5	518
295106711	Ch. BRIQUET, 30	Petit-Saconnex	Gaz	Chauff-ECS	2000	1700	1700	5	608
1014566	Av. Eugne- PITTARD, 7	GE-Eaux-Vives	HEL	Chauff-ECS	1996	1312	1312	5	309
1015450	Rue de Moillebeau, 50	Petit-Saconnex	HEL	Chauff-ECS	1996	812	812	5	267
295104273	Av. de Sécheron, 14	Petit-Saconnex	HEL	Chauffage	2002	660	660	5	443
2039106	Rue du Mole, 42BIS	GE-CITE	Gaz	Chauff-ECS	2007	450	530	5	267
1002182	Route de Pr-Marais, 21	Bernex	HEL	ECS	1985	756	756	4	261
1019405	Ch. des Palettes, 5	Lancy	HEL	ECS	2002	505	505	4	254
1015333	Ch. Moise-duboule, 47	Petit-Saconnex	HEL	Chauffage	1996	2477	2477	2	354
295072461	Rue Michel-SERVET, 2	GE-Plainpalais	Gaz		1975	24590	24590	1	342