

RAPPORT FINAL
SUBVENTION 2009-2010
OCTOBRE 2010

Préambule :

Le Comité d'accompagnement « Réseaux de chaleur » de la CPDT a approuvé le présent rapport, à l'exception des paragraphes : 3.3, 3.4, 3.5 et 5.1 à 5.4.

Le choix des études de cas des réseaux de chaleur ne privilégie pas les cas les plus favorables (en particulier les hautes densités de demande d'énergie).

Le comparatif entre les réseaux de chaleur et les économies d'énergie/autres SER comporte des hypothèses hautement discutables.

EXPERTISES « SPÉCIFIQUES »
LES RÉSEAUX DE CHALEUR



Yann BARTOSIEWICZ (TERM – UCL)

Jean-Marie SEYNHAEVE (TERM-UCL)

Fiorella QUADU (CREAT-UCL)

Pierre NERI (CREAT-UCL)

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	2
1. RAPPEL DES OBJECTIFS DE LA MISSION	3
2. APERÇU GENERAL DU PHASAGE.....	3
3. RESULTATS DE L'EXPERTISE	3
3.1 INVENTAIRE DE L'EXISTANT.....	3
3.1.1 <i>L'occupation du sol.....</i>	3
3.1.2 <i>La démographie et le type de bâti.....</i>	5
3.1.3 <i>Les entreprises.....</i>	6
3.1.4 <i>Les ressources énergétiques.....</i>	7
3.1.5 <i>La logistique de transport.....</i>	9
3.1.6 <i>Les futurs projets de rénovation urbaine.....</i>	10
3.2 ESTIMATION DES BESOINS EN ENERGIE POUR LE CHAUFFAGE.....	10
3.2.1 <i>Besoins en chauffage pour le logement.....</i>	10
3.2.2 <i>Besoins en chauffage totaux.....</i>	15
3.3 SIZING D'UN RESEAU DE DISTRIBUTION	18
3.3.1 <i>Les données de base du réseau de chaleur.....</i>	18
3.3.2 <i>Les résultats du réseau de chaleur.....</i>	20
3.4 APPLICATION DU LOGICIEL	20
3.5 COMPARAISON ENTRE DIFFERENTES FILIERES DE RESEAU DE CHALEUR ET POSITIONNEMENT PAR RAPPORT A D'AUTRES FILIERES ENERGETIQUES	24
3.6 CROISEMENT DES RESULTATS ET CARTOGRAPHIE	26
3.6.1 <i>Croisements du potentiel en énergie et les besoins en chaleur des logements à l'échelle communale.....</i>	26
3.6.2 <i>Critères de localisation d'un réseau de chaleur.....</i>	30
4. TABLE DES CARTES, TABLEAUX ET FIGURES.....	35
5. ANNEXES	36
5.1 CAS D'ETUDE POUR LE BOIS	37
5.2 CAS D'ETUDE POUR LES EFFLUENTS D'ELEVAGE	40
5.3 CAS DES DECHETS MENAGERS (INTRADEL – HERSTAL).....	43
5.4 CAS PERIURBAIN SUR AMAY	46
5.5 LOGICIEL DE DIMENSIONNEMENT ET COMPARAISON ENTRE FILIERES (FICHER EXCEL).....	51
5.6 PRESENTATIONS POWERPOINT AUX CA	60
5.6.1 <i>CA du 22/01/2010.....</i>	60
5.6.2 <i>CA du 1/04/2010.....</i>	72
5.6.3 <i>CA du 3/05/2010.....</i>	94
5.6.4 <i>Journée des chercheurs du 19/05/2010.....</i>	124
5.6.5 <i>CA du 2/06/2010.....</i>	132
5.6.6 <i>CA du 19/07/2010.....</i>	139
5.6.7 <i>CA du 23/09/2010.....</i>	147
5.7 PROCES-VERBAUX.....	152
5.7.1 <i>CA du 7/12/2010.....</i>	152
5.7.2 <i>CA du 22/01/2010.....</i>	154
5.7.3 <i>CA du 1/04/2010.....</i>	156
5.7.4 <i>CA du 3/05/2010.....</i>	160
5.7.5 <i>CA du 2/06/2010.....</i>	165
5.7.6 <i>CA du 19/07/2010.....</i>	169
5.7.7 <i>CA du 23/09/2010.....</i>	172

1. RAPPEL DES OBJECTIFS DE LA MISSION

La CPDT pourrait croiser les cartes de potentiel géothermique avec les cartes de densité d'habitat, d'industries etc., pour identifier les zones les plus appropriées pour implanter des réseaux de chaleur. Il ne s'agit pas d'étudier le potentiel des réseaux de chaleur alimentés par le gaz ou le charbon, mais bien, soit par du bois-énergie, soit par la géothermie, soit par les effluents d'élevage (biométhanisation), soit par la fraction verte des déchets.

La définition de zones les plus appropriées doit tenir compte de l'ensemble de ces possibilités, et pas seulement de la géothermie. Les critères pertinents sont donc l'accès aux gisements (proximité de la voie d'eau pour le bois-énergie par exemple) et le potentiel d'utilisation (densité élevée d'habitations, présence de gros consommateurs tertiaires ou industriels).

2. APERÇU GENERAL DU PHASAGE

L'équipe de recherche a organisé les travaux de cette expertise comme suit :

- 1 : Inventaire de l'existant (potentiels et besoins)
- 2 : Sizing du réseau de distribution et élaboration d'un logiciel de dimensionnement d'un RC.
- 3 : Application du logiciel sur quatre études de cas selon la source d'énergie (bois, effluents d'élevage (biométhanisation), géothermie et déchets ménagers)
- 4 : Comparaison du réseau de chaleur avec les autres alternatives de chauffage (Investissements et coûts environnementaux)
- 5 : Croisement des résultats et cartographie

3. RESULTATS DE L'EXPERTISE

3.1 INVENTAIRE DE L'EXISTANT

L'objectif de l'inventaire était d'identifier les données *a priori* facilement accessibles et suffisamment pertinentes pour accomplir la mission principale de cette expertise. L'équipe de recherche a donc reconnu six types de données intéressantes :

1. *L'occupation du sol*
2. *La démographie et les types de bâti*
3. *Les entreprises*
4. *Les ressources énergétiques (biomasse, effluents d'élevage et géothermie)*
5. *La logistique de transport (routes et voies d'eau)*
6. *Les futurs projets de rénovation urbaine*

3.1.1 L'occupation du sol

La source de données utilisée est le cadastre vectoriel (CADMap – AGDP), situation au 01/01/2009. Le CADMap est une digitalisation des parcelles et bâtiments (emprise au sol) pour l'ensemble de la Région wallonne. Cette cartographie est reliée à une base de données (la matrice cadastrale) permettant, pour chaque parcelle, d'identifier la nature cadastrale (occupation du sol), la superficie au sol ainsi que l'année de construction de l'éventuel bâtiment présent. L'information de l'année de modification du bâtiment (travaux de rénovation...) est également disponible.

Cette donnée permet de sélectionner les types d'activités les plus intéressants pour la réalisation d'un réseau de chaleur (résidentiel, activités tertiaires, entreprises), la superficie d'un bâtiment ainsi que l'année de construction des bâtiments d'un quartier.

Elle ne fournit cependant pas le volume et la capacité du bâtiment et classe de manière arbitraire les types d'activités. Elle limite donc le champ d'étude aux seuls logements (le résidentiel cadastré sans étage). Pour les activités tertiaires, la difficulté est d'identifier la capacité réelle des bâtiments (nombre d'élèves, nombre de lits, etc.). Pour les entreprises, la difficulté est d'identifier le type d'activités industrielles réelles (sidérurgie, papeterie, etc.).

L'équipe de recherche s'est donc concentrée sur les bâtiments résidentiels en se basant uniquement sur la superficie au sol pour réaliser les cas d'études (voir *supra*).

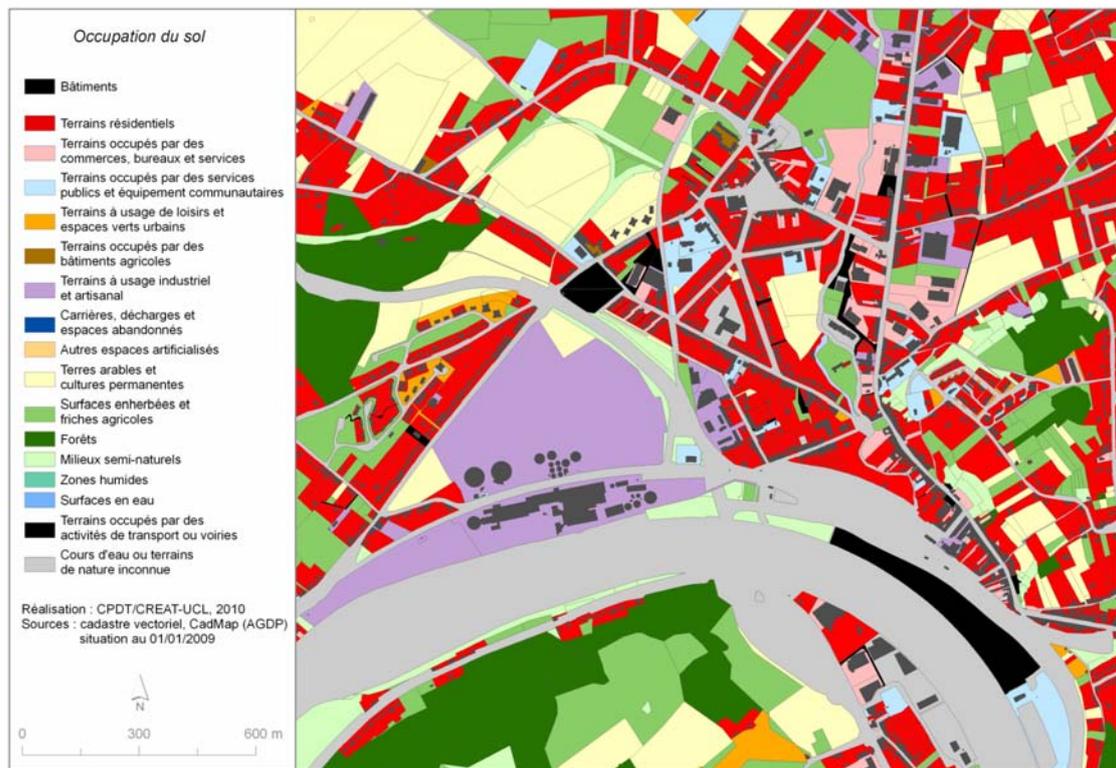
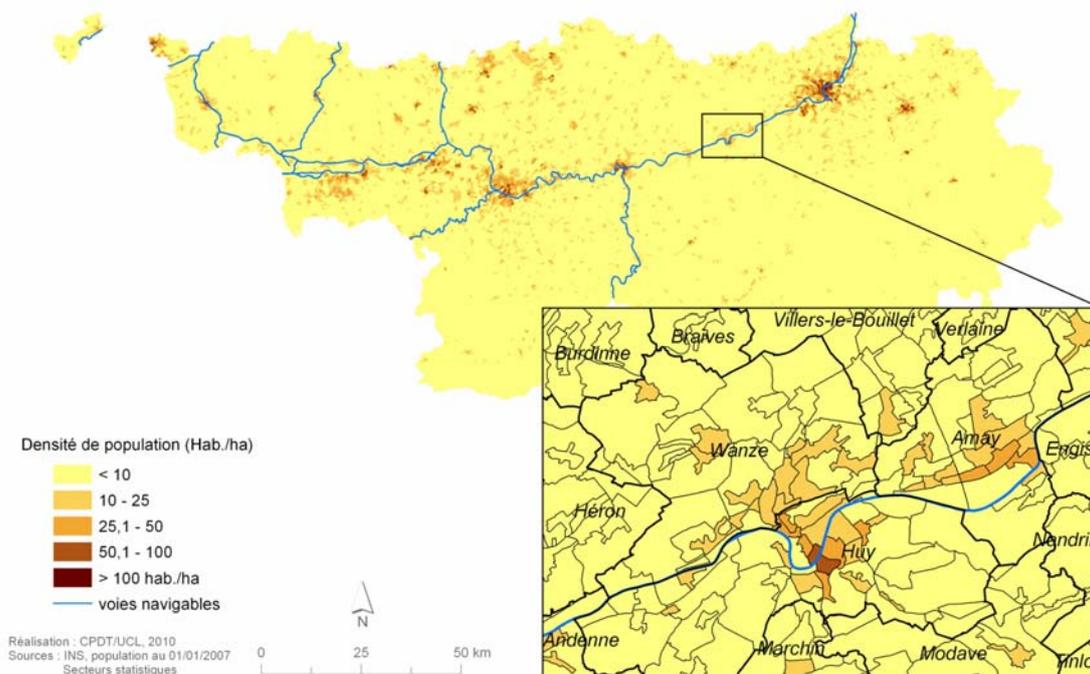


Figure 1 : Extrait cartographique CADMap2009 – Occupation du sol (Wanze)

3.1.2 La démographie et le type de bâti

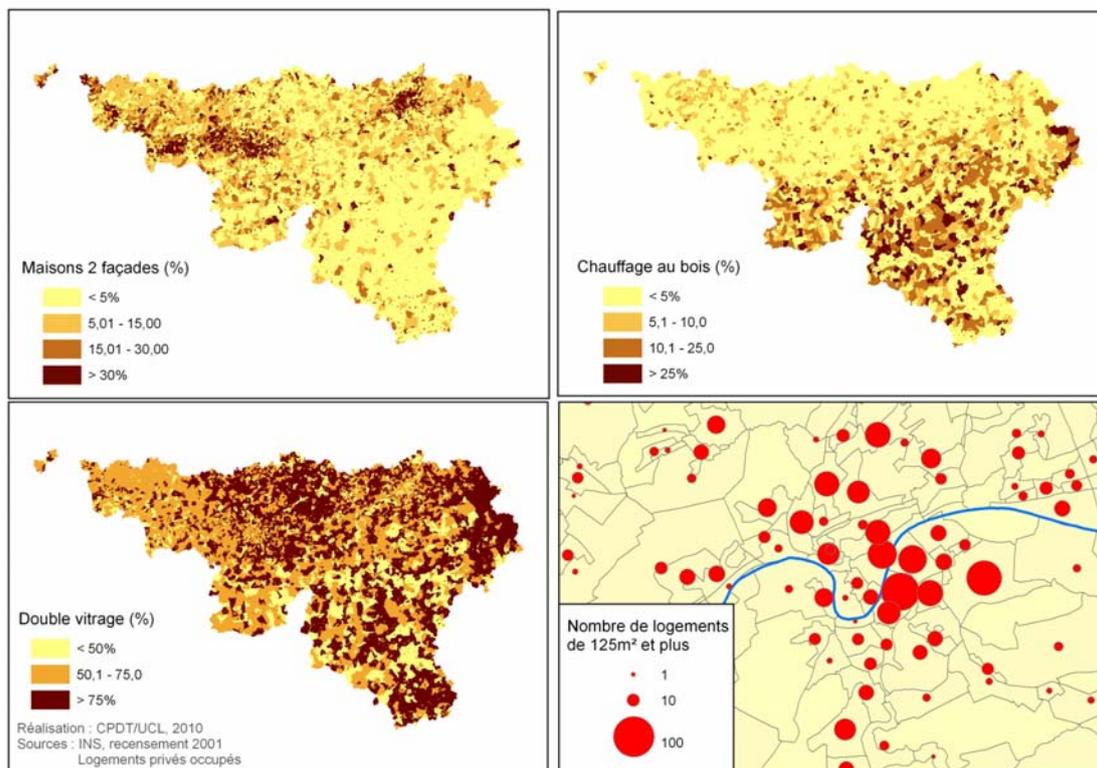
Les informations démographiques retenues dans cette expertise sont le nombre d'habitants par secteur statistique (situation au 01/01/2007). Elles permettent de calculer la densité de population d'un quartier (habitants/ha).



Carte 1 : Densité de population en Région wallonne (habitants/hectare)

Les informations concernant le type de bâti proviennent du recensement d'octobre 2001 réalisé par l'INS portant sur le logement et la démographie par quartier (secteur statistique) :

- Le type de logements : nombre de maisons séparées, jumelées, mitoyennes et nombre d'appartements
- Les logements privés occupés classés selon l'énergie ou le combustible principalement utilisé pour le chauffage : mazout, charbon, bois, pompe à chaleur, électricité, gaz de distribution (gaz naturel), gaz butane ou propane, autres.
- Le type d'isolation des logements privés occupés : double vitrage, toiture isolée, murs extérieurs isolés, tuyaux de chauffage isolés en dehors des pièces d'habitation.
- Les logements privés occupés classés par superficie (m²) : <35 m², 35-54, 55-84, 85-104, 105-124, 125 m² et plus.



Carte 2 : Types de bâti en Région wallonne

Les données démographiques et les types de bâti ont permis, par un croisement avec leurs consommations spécifiques (voir *supra*), d'estimer les besoins en énergie pour le chauffage.

3.1.3 Les entreprises

Les données sur les entreprises proviennent de :

- L'atlas énergétique ICEDD 2006 ;
- La Cobelpa ;
- La Copidec ;
- Communications personnelles sur les CET

470 entreprises ont été répertoriées selon :

- L'état du projet de valorisation ;
- le type d'activités ;
- la technologie (avec ou sans cogénération) ;
- la puissance installée et durée de fonctionnement ;
- le combustible utilisé ;
- la présence d'un réseau de chaleur ;
- le statut établissement public ;
- la capacité ;
- la consommation ;
- la puissance nette développable.

Seules les plateformes bois, sites de transformation du bois en vue de sa valorisation énergétique, ont été utilisées dans cette expertise.

3.1.4 Les ressources énergétiques

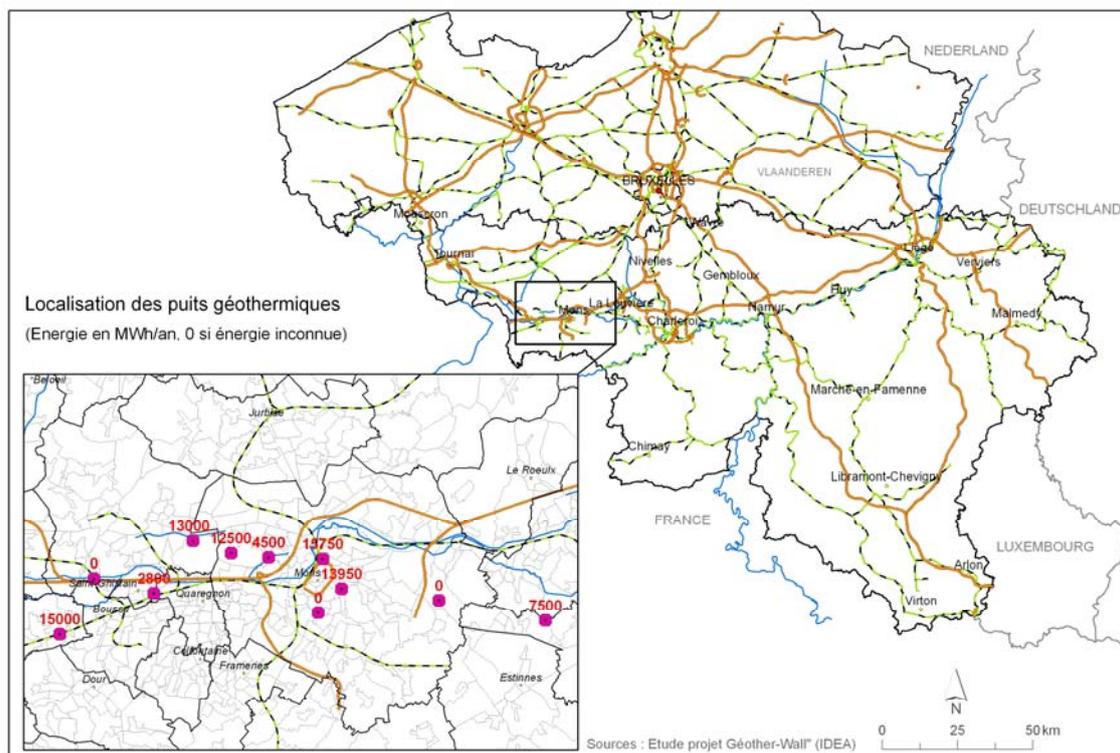
Trois ressources énergétiques ont été identifiées susceptibles d’approvisionner un futur réseau de chaleur :

- La géothermie ;
- Le bois-énergie ;
- Les effluents d’élevage.

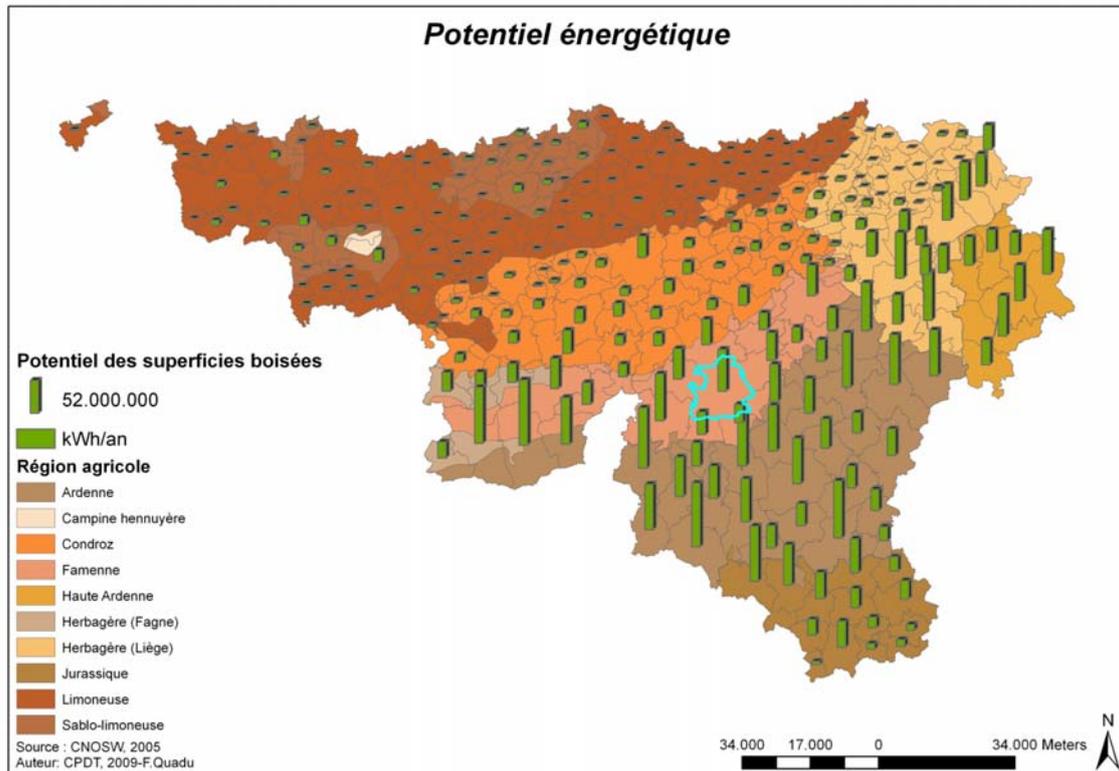
Pour chacune des ressources, le potentiel énergétique a été calculé en tenant compte du potentiel déjà utilisé.

Les données sur la géothermie proviennent du projet Géotherwall réalisé par IDEA dans lequel sont repris les puits existants, en activité et en projet ainsi que leurs capacités potentielles.

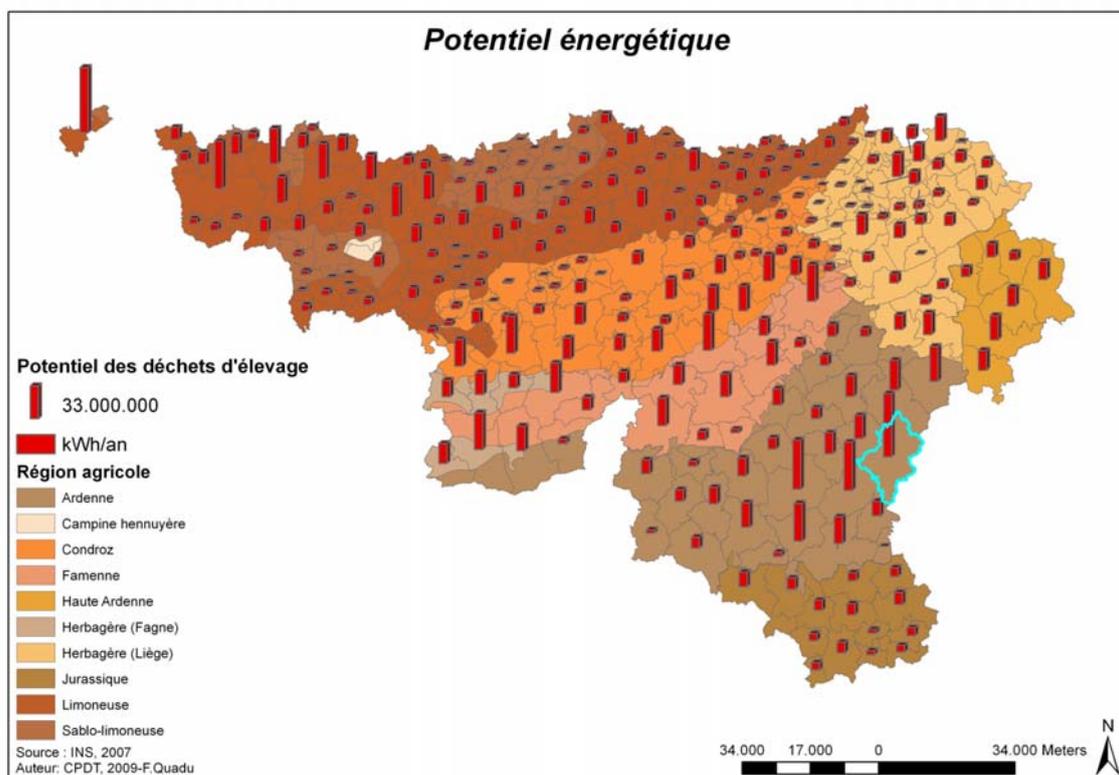
Les données sur le bois-énergie et les effluents d’élevage proviennent d’une étude CPDT réalisée en 2009 sur le potentiel énergétique. Ces données ont été revérifiées pour cette expertise. Les premières sont basées sur la cartographie numérique d’occupation du sol 2005, les secondes sur le recensement agricole INS 2007. Le potentiel a été calculé à l’échelle communale.



Carte 3 : Potentiel énergétique des puits géothermiques en Wallonie



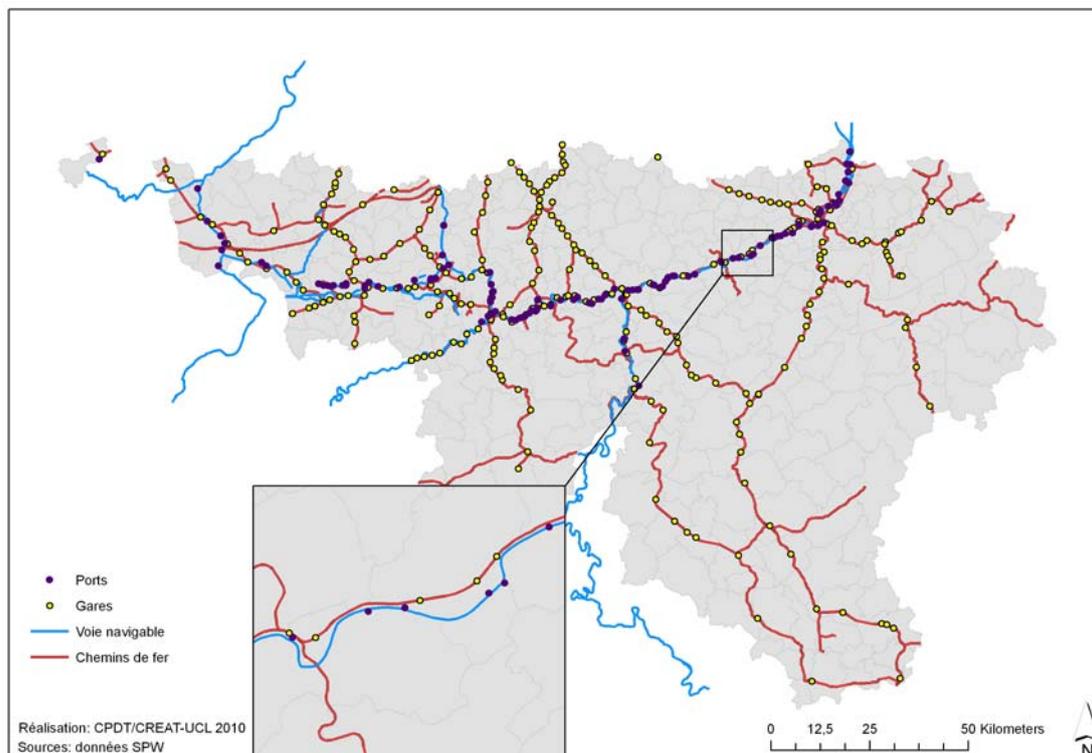
Carte 4 : Potentiel énergétique des superficies boisées en Wallonie



Carte 5 : Potentiel énergétique des effluents d'élevage en Wallonie

3.1.5 La logistique de transport

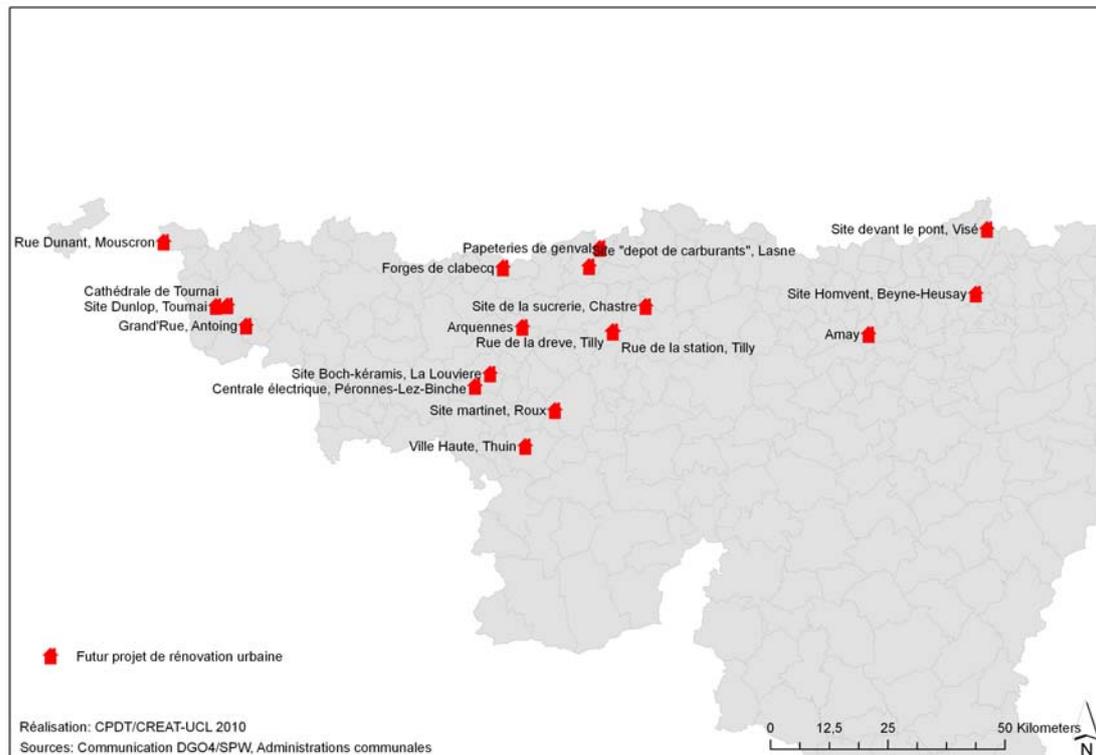
Les données logistiques proviennent du Service Public de Wallonie. Les zones portuaires ont été digitalisées par l'équipe de recherche. Leur cartographie permet à la fois de visualiser les coûts de transport et les émissions de CO2 et de réaliser un croisement avec les densités des besoins en chauffage (voir point 3.6).



Carte 6 : Logistique de transport

3.1.6 Les futurs projets de rénovation urbaine

Cette donnée a été réalisée grâce aux communications du SPW et des administrations communales. Les projets de rénovation urbaine sont considérés comme une priorité en matière d’approvisionnement par un réseau de chaleur dans le cadre de cette expertise.



Carte 7 : Futurs projets de rénovation urbaine

3.2 ESTIMATION DES BESOINS EN ENERGIE POUR LE CHAUFFAGE.

3.2.1 Besoins en chauffage pour le logement

Pour d’estimer les besoins énergétiques en chauffage des logements, l’équipe de recherche s’est basée sur deux sources de données. La première est une étude sur le potentiel micro-cogen (I. Daoud, COGENSUD, 2004 et ESE INS 2001 avec estimation ICEDD), la seconde est la base de données provenant du recensement d’octobre 2001 réalisé par l’INS portant sur le logement et la démographie par quartier (secteur statistique). Grâce au SIG (système d’information géographique), l’équipe a pu cartographier et croiser ces résultats.

En se basant sur l’enquête socio-économique de l’INS menée auprès de chaque ménage belge, l’« étude micro-cogen » a réalisé une typologie globale des logements en région wallonne selon :

1. le nombre de façades ;
2. la superficie des logements
3. le type de logements : appartement ou maison ;
4. le statut de l’occupant : locataires ou propriétaires ;
5. le combustible utilisé pour se chauffer ;
6. le type de chauffage : chauffage central ou décentralisé.

En voici les principaux résultats :

- *Typologie des logements*

Tableau 1 : Estimation du parc de logement en Wallonie

Statut de l'occupant	Superficie	Logements	Maisons		
			2 façades	3 façades	4 façades
Propriétaire	<= 54 m ²	19%	7%	4%	8%
	55 à 104 m ²	35%	12%	8%	15%
	105 à 124 m ²	9%	3%	2%	4%
	>= 125 m ²	6%	2%	1%	3%
	toutes	70%	70%		
Locataire	<= 54 m ²	8%	3%	2%	4%
	55 à 104 m ²	15%	5%	3%	7%
	105 à 124 m ²	4%	1%	1%	2%
	>= 125 m ²	3%	1%	1%	1%
	toutes	30%	30%		
TOTAL		100%	35%	22%	43%
			100%		

Sources : Etude du potentiel micro-cogen (I. Daoud – COGENSUD, 2004) sur base des données ESE INS 2001 et estimation ICEDD

Remarque : Les appartements sont compris dans les logements

Disposant des données du recensement au niveau des secteurs statistiques wallons (découpage par quartiers), l'équipe CPDT a pu reproduire cette typologie des logements (tableau 1) à l'échelle des quartiers.

- *Type de chauffage et combustible utilisé*

Le recensement de l'INS proposait également des informations sur le type de chauffage présent dans chacun des ménages, ce qui a permis de réaliser un tableau récapitulatif de la répartition des logements wallons selon le combustible utilisé (tableau 2).

Tableau 2 : Répartition par type de chauffage et de combustible utilisé

		bois	charbon	Electric.	Mazout	Butane, propane	Gaz naturel	Pompe à chaleur	Vapeur	TOTAL
Appartement	Chauffage central	117	157	8150	74831	1425	89644	251	4700	179275
	Chauffage décentralisé	685	2429	17357	6801	1723	30316	41		59352
Maison	Chauffage central	3222	1340	13002	548506	8977	206875	439	300	782661
	Chauffage décentralisé	23515	48092	41167	126766	13527	109195	209		362471
Tous logements	Chauffage central	3339	1497	21152	623337	10402	296519	690		956936
	Chauffage décentralisé	24200	50521	58524	133567	15250	139511	250		421823
TOTAL		27539	52018	79676	756904	25652	436030	940	5000	1383759

Etude du potentiel micro-cogen (I. Daoud – COGENSUD, 2004) – Sources : ESE INS 2001 + estimation ICEDD

De même qu'avec le tableau 1, l'équipe de recherche a extrapolé ce tableau 2 à l'échelle des secteurs statistiques.

- *Consommation spécifique par type de chauffage*

L'étude COGENSUD propose aussi une consommation spécifique (en kWh/an) selon le type de chauffage (tableau 3). Connaissant les différents types de chauffage par quartier, les chercheurs ont pu estimer la consommation totale de chacun d'eux.

Tableau 3 : Consommation spécifique par type de chauffage

Type de logement	Type d'équipement	Gasoil	Charbon bois	Gaz naturel	Butane propane	Electricité	Vapeur
Appartements	Chauf. Central	18605	26744	19186	19186	14540	19186
	Chauf. Décentral	12791	17442	14535	14535	9300	
Maisons unifamiliales	Chauf. Central	24419	34884	25000	25000	18600	25581
	Chauf. Décentral	16279	20930	17442	17442	11050	

Etude du potentiel micro-cogen (I. Daoud – COGENSUD, 2004) – Sources : ESE INS 2001 + estimation ICEDD

- *Consommation spécifique par type de logement*

Au final, l'étude COGENSUD a réalisé un tableau global reprenant la consommation spécifique par type de logement.

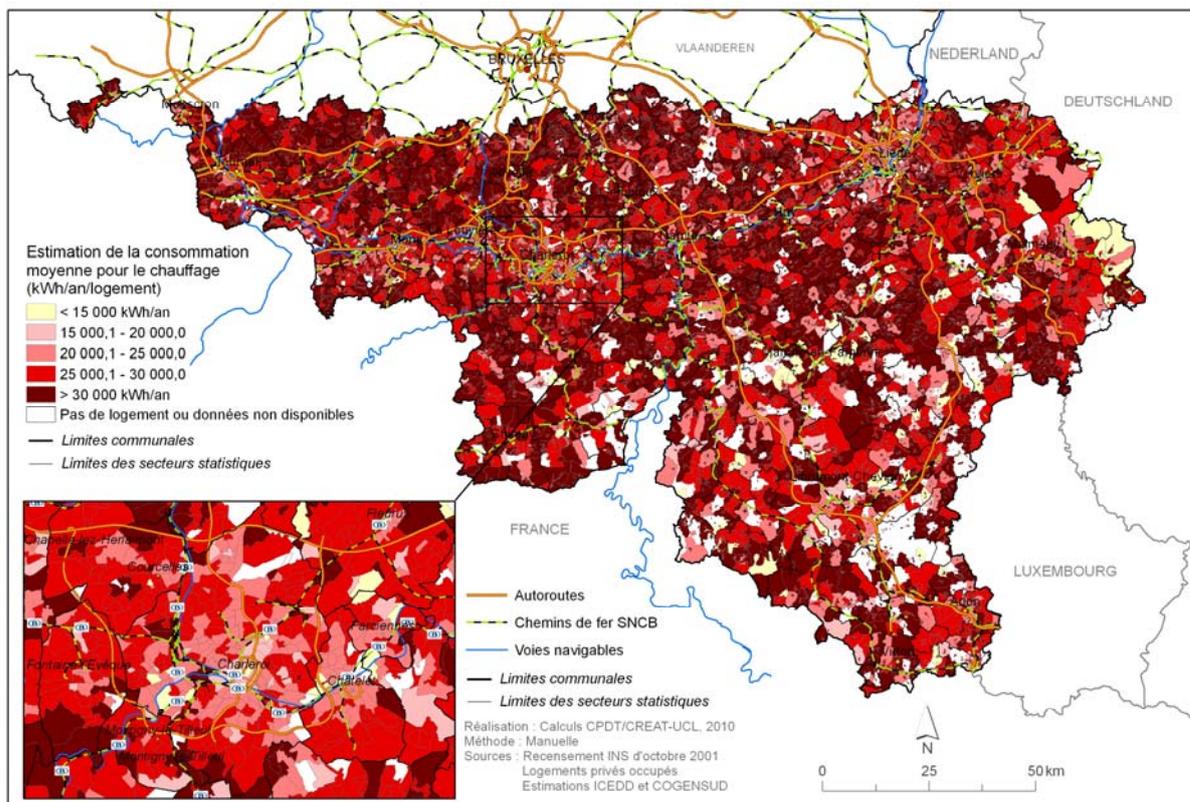
Tableau 4 : consommation spécifique par type de logement

	Chauffage central au Gaz naturel				Chauffage central au Mazout				
	Appartements	Maisons			Appartements	Maisons			
		2 façades	3 façades	4 façades		2 façades	3 façades	4 façades	
Propriétaire	<= 54 m2	9657	11413	12500	13587	13585	16172	17712	19252
	55 à 104 m2	19703	23286	25504	27722	18960	22570	24719	26869
	105 à 124 m2	30293	35801	39210	42620	25679	30569	33480	36391
	>= 125 m2	35136	41525	45480	49434	27692	32964	36104	39243
Locataire	<= 54 m2	8692	10272	11250	12228	12227	14555	15941	17327
	55 à 104 m2	17733	20958	22953	24949	17064	20313	22247	24182
	105 à 124 m2	27263	32221	35289	38358	23111	27512	30132	32752
	>= 125 m2	31622	37372	40932	44491	24923	29668	32494	35319
TOTAL	19186	25000			18605	24419			

Etude du potentiel micro-cogen (I. Daoud – COGENSUD, 2004) – Sources : ESE INS 2001 + estimation ICEDD

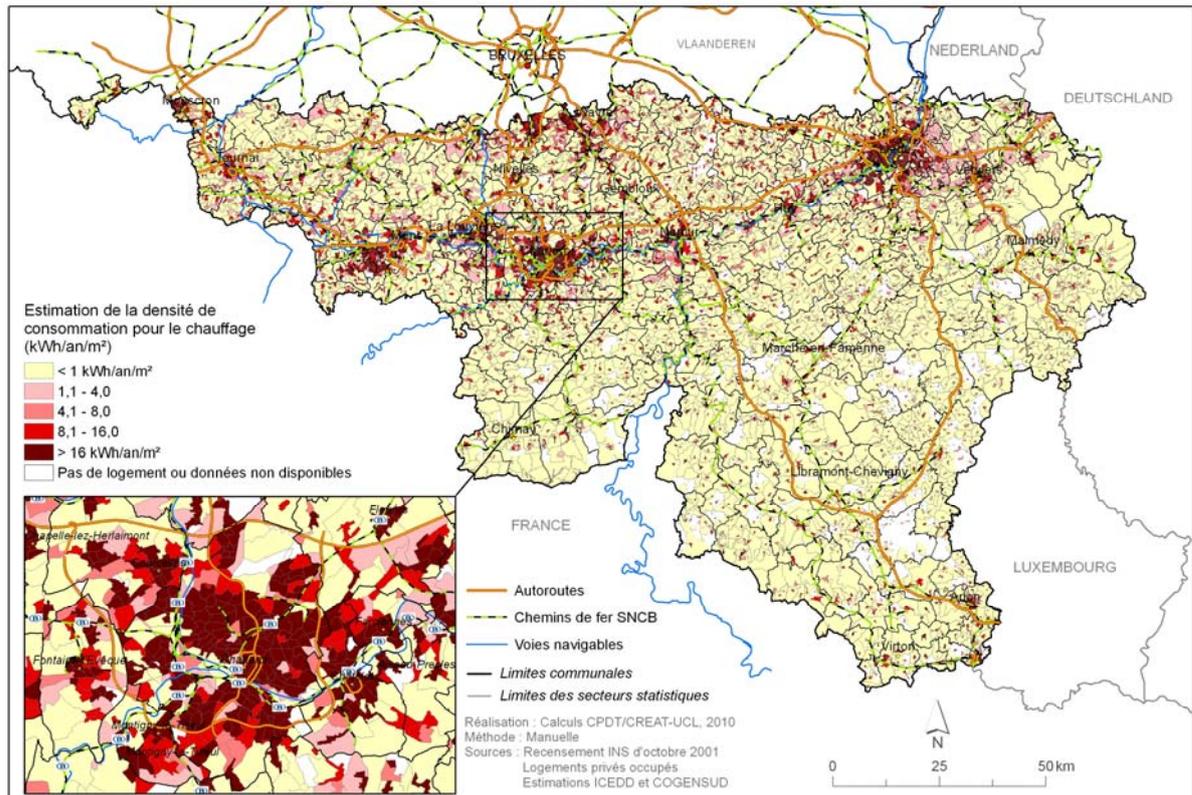
Tout comme les autres, ce tableau a été extrapolé au niveau des quartiers.

Voici donc ci-dessous une première carte (carte 8) illustrant la consommation moyenne des logements pour chacun des secteurs statistiques de Wallonie.



Carte 8 : Estimation de la consommation moyenne pour le chauffage des logements (kWh/an/logement)

Par la suite, la CPDT a réalisé une carte des densités de consommation des logements pour chaque quartier (carte 9). Connaissant la consommation totale par quartier, cette dernière rapportée à la superficie du quartier a permis d'estimer ces densités en besoins énergétiques du secteur résidentiel. Cette carte permettra par la suite de localiser les quartiers où la concentration en besoin de chauffage des logements est la plus importante pour réaliser les études de cas (point 3.4).



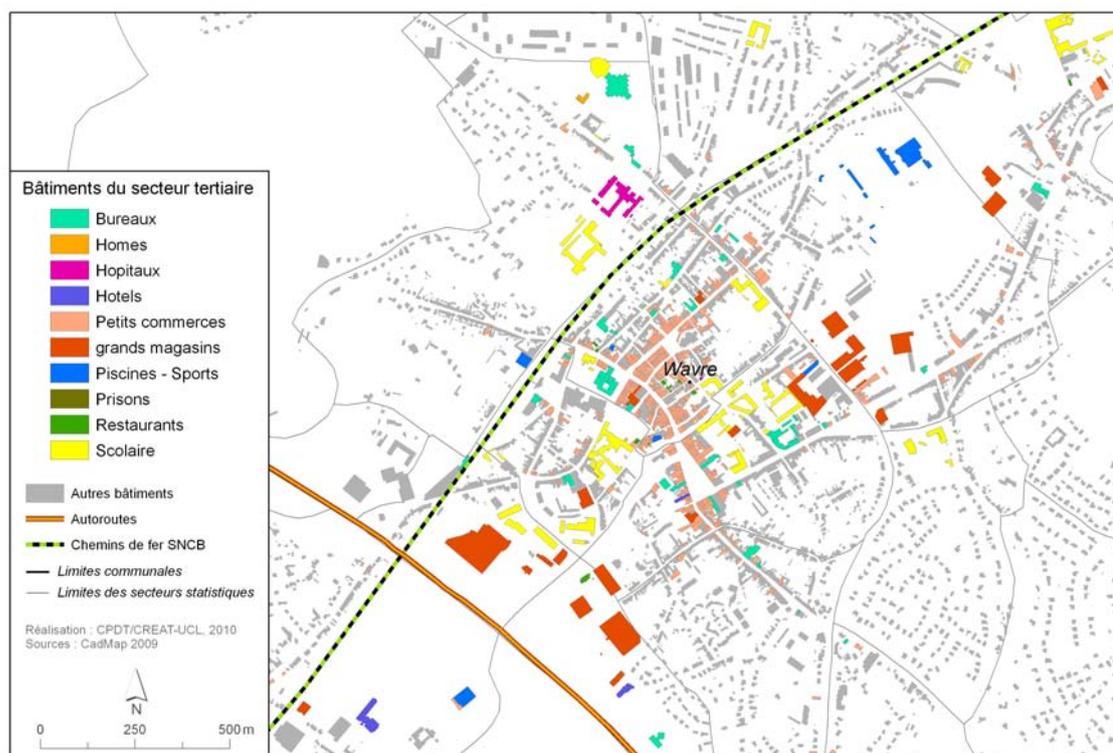
Carte 9 : Estimation de la densité de consommation pour le chauffage des logements (kWh/an/m²)

3.2.2 Besoins en chauffage totaux

Dans cette expertise, les besoins en chauffage totaux comprennent les besoins des logements et les besoins des bâtiments tertiaires.

Les données utilisées pour estimer les besoins en chauffage des activités tertiaires sont :

- Le CadMap 2009 qui fournit sur chaque parcelle une nature cadastrale et la superficie au sol du bâtiment (carte 10). Les natures cadastrales correspondant aux activités tertiaires ont été regroupées en 10 catégories : bureaux, commerces de détail, supermarchés et hypermarchés, enseignement, homes, hôpitaux, piscines, prison, hôtels, restaurants.



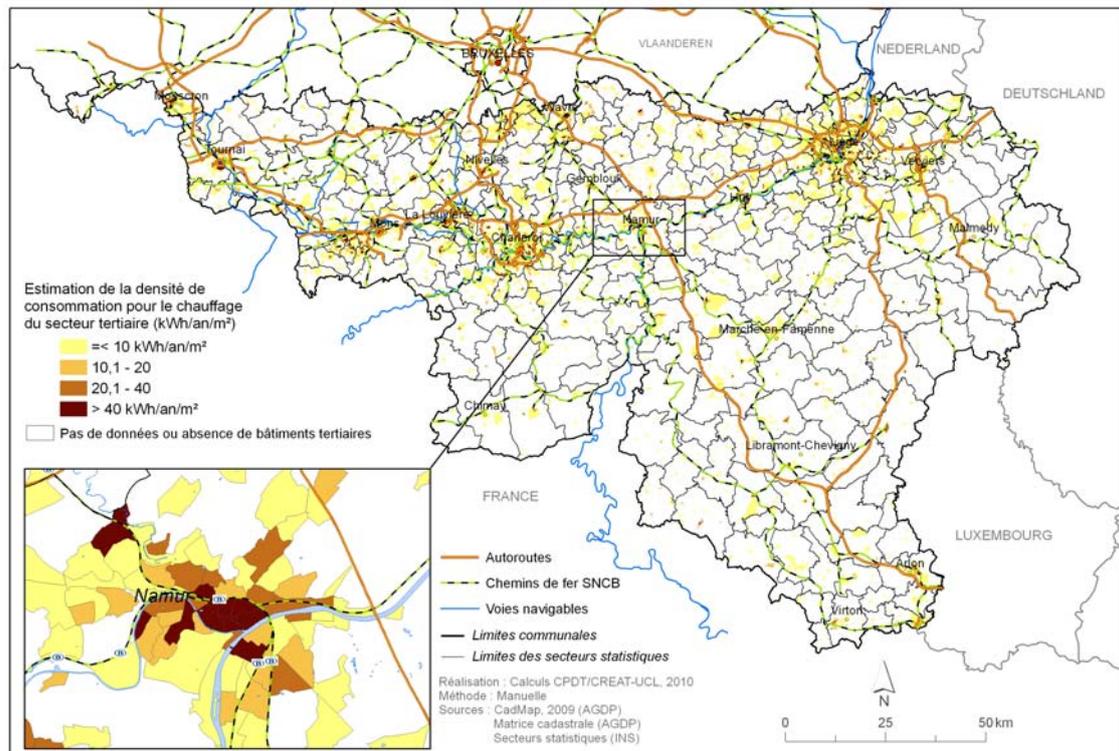
Carte 10 : Identification des bâtiments tertiaires

- L'enquête réalisée par l'ICEDD en 2004 sur les établissements tertiaires qui fournit par catégorie tertiaire une consommation spécifique annuelle moyenne par m² plancher.
- Une estimation du nombre d'étages moyen pour certains bâtiments tertiaires pour obtenir, à partir de la superficie au sol fournie par la matrice cadastrale, une consommation moyenne totale du bâtiment.

Tableau 5 : Classement des activités tertiaires

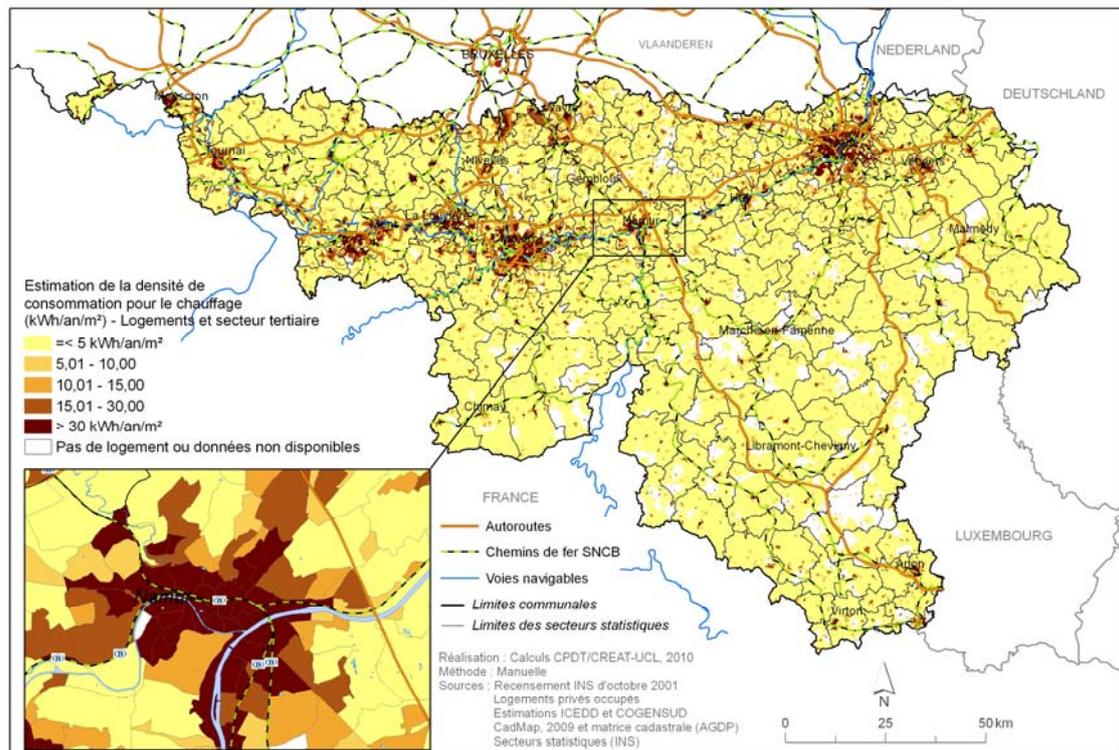
Catégories d'activité tertiaire	Consommation spécifique moyenne (ICEDD 2004) (kWh/m2/an)	Nombre d'étages moyen estimé	Code cadastral	Nature cadastrale
Bureaux	154		400	Banques
			402	Bâtiments de bureaux
			420	Maisons communales
			421	Bâtiments du gouvernement
			423	Bâtiments de justice
			426	Gendarmeries
			427	Bâtiments militaires
			434	Bâtiments administratifs
Commerces de détail	488		281	Boulangeries
			282	Charcuteries
			403	Cafés
			407	Maisons de commerce
Supermarchés et hypermarchés	100		408	Grands magasins
Enseignement	167	2	460	Bâtiments scolaires
			461	Universités
Homes	239		440	Orphelinats
			441	Crèches
			443	Maisons de repos
Hôpitaux	216	7	444	Bâtiments hospitaliers
Piscines	2959		500	Etablissements de bain
			501	Installations sportives
Prison	205	3	424	Bâtiments pénitentiaires
Hôtels	278	4	404	Hôtels
Restaurants	362		405	Restaurants

La carte 11 illustre la densité de consommation moyenne totale des bâtiments tertiaires dans chacun des secteurs statistiques de Wallonie.



Carte 11 : Estimation de la densité de consommation moyenne pour le chauffage des bâtiments tertiaires (kWh/an/m²)

Une carte des densités de consommation pour chaque quartier a ensuite été réalisée en additionnant les consommations spécifiques des logements et des activités tertiaires et en la rapportant à la superficie du quartier (carte 12). Cette carte permettra par la suite de localiser les quartiers où la concentration en besoin total de chauffage est la plus importante pour localiser les réseaux de chaleur les plus pertinents (point 3.6.2).



Carte 12 : Estimation de la densité de consommation totale pour le chauffage du secteur résidentiel et du logement (kWh/an/m²)

3.3 SIZING D'UN RESEAU DE DISTRIBUTION

L'équipe de recherche a réalisé un logiciel de dimensionnement d'un réseau de chaleur.

Le réseau de chauffage urbain est un réseau ramifié, du type double-tubes : un tube d'alimentation en eau chaude et un tube de retour de l'eau froide.

Les points de consommation (logements, bâtiments tertiaires, industries, etc.) sont alimentés en parallèle sur le "double-tubes". L'échange de la chaleur vers les points de consommation s'effectue par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur à plaques.

Un fichier Excel (RC.xls) (en annexe) a été développé pour calculer le réseau de chaleur dans lequel les données sont à introduire dans les cases en vert. Ce fichier Excel fait partie intégrante de ce rapport. Les différentes fonctions de calcul du réseau de chaleur ont été implémentées sous forme de macros dans le fichier.

3.3.1 Les données de base du réseau de chaleur

Les données de base du réseau de chaleur sont :

1. Le nombre de jours de chauffe par an. Si le réseau de chauffage urbain est aussi utilisé pour l'eau chaude sanitaire nécessaire toute l'année, ce nombre de jours est de 365. Dans le cas où le réseau de chaleur est utilisé uniquement pour le chauffage, ce nombre correspond au nombre de jours de chauffe qui dépend des données climatiques annuelles et de l'endroit où le réseau de chaleur est situé. Ce nombre de jour d'utilisation du réseau de chaleur influence sensiblement le rendement de distribution.

2. Le prix du raccordement au réseau de chauffage urbain. Ce prix du raccordement par logement au réseau de chaleur comprend les postes suivants : les travaux de tranchée et de placement du raccordement au réseau de chaleur (conduites d'alimentation et de retour), le coût de l'échangeur de chaleur à plaques, de son placement et son raccordement au chauffage central de l'immeuble, les équipements de régulation, de contrôle, de comptage, etc.
3. Les besoins moyens d'énergie par logement et coefficient de foisonnement. L'énergie moyenne par logement est fonction de sa dimension et de son isolation thermique. Elle dépend fortement de l'âge du bâti. Il y a une relation entre l'énergie annuelle à fournir par logement et la puissance à installer dans le logement. Cette relation est essentiellement fonction de la rudesse du climat en hivers. Le coefficient de foisonnement tient compte de la simultanéité éventuelle des besoins de chauffage. En effet, la puissance à fournir au réseau de chauffage dépend des besoins en chaleur des logements qui ne sont pas nécessairement concomitant.
4. L'isolation thermique des conduites du réseau de chaleur. L'isolation thermique des conduites du réseau de chaleur est caractérisée par deux grandeurs: un terme fixe du coefficient de transfert de chaleur par mètre de conduite en $W/K/m$, un terme fonction du diamètre de la conduite donné en mm en $W/m/K/mm$. Les résistances thermiques de convection de l'écoulement de l'eau et de conduction dans le sol sont négligeables comparées à celle de l'isolation thermique des conduites proprement dites.
5. Les températures d'eau de distribution et du sol. Dans le cas d'un fonctionnement nominal, les températures de distribution sont classiquement de 90 °C pour l'eau d'alimentation et de 70 °C pour l'eau de retour. Il faut remarquer qu'au niveau de l'immeuble proprement dit, le régime de température est légèrement inférieur compte tenu de l'échangeur de chaleur à plaques, par exemple de $85/65$. En période d'intersaison, le régime de température peut être régulé en fonction de la température extérieure. La température du sol est une température moyenne pendant la période de fonctionnement du réseau de chaleur. A Saint-Ghislain, le régime de température est de $70\text{-}50\text{ °C}$. Le rendement sera donc meilleur.
6. Les pertes de charge en conduite. Les pertes de charges dans les conduites du réseau de chaleur sont évaluées à partir du coefficient de perte de charge en conduit droit (égal à environ 0.02), d'un coefficient de majoration forfaitaire qui tient compte des pertes de charge singulières (coudes, élargissement et rétrécissement, vannes, etc.) et de la vitesse maximum admise pour l'eau en conduite (valeurs usuelles de 1 à 2 m/s).
7. Le coût des conduites. Le coût des conduites dépend fortement du coût des travaux en voirie fonction du projet de réseau de chaleur envisagé : ville ou nouveaux lotissements, concomitance possible avec d'autres travaux de voirie, projet de rénovation, complexité du réseau de chaleur, longueur et relief du site (accidenté ou non). Le prix des conduites, de leur placement et des équipements divers (chambres de visite, régulation, robinetterie, etc.) doit également être pris en compte. Les informations reçues concernant le prix des conduites sont très disparates : de l'ordre de 200 €/m à plus de 1000 €/m . C'est une des raisons pour laquelle deux scénarios sont mis à disposition de l'utilisateur dans le fichier Excel. Ceci permet notamment de tenir compte de la variabilité du coût des conduites.
8. La géométrie du réseau de chaleur. Le réseau de chaleur comporte des trames et des noeuds. Une trame est une branche du réseau ramifié comportant le double-tubes, un noeud d'entrée et un noeud de sortie. La première trame est nécessairement reliée au noeud d'entrée 1 qui est le point d'alimentation en eau chaude et le point de retour de l'eau froide du réseau de chauffage urbain. Plusieurs trames peuvent être reliées à un noeud de sortie d'une trame située directement en amont. Une trame est caractérisée par sa longueur en m. Sur chacune des trames sont reliés un certain nombre de consommateurs (maisons, immeubles d'appartements, écoles, bâtiments publics, entreprises, etc.). Chacun de ces consommateurs est assimilé à un nombre équivalent en consommation d'énergie d'un logement type (point 3).

3.3.2 Les résultats du réseau de chaleur

Pour chacune des trames, sont calculées les grandeurs suivantes :

- L'énergie consommée en chauffage en kWh par an.
- La puissance thermique nominale de la trame.
- Le débit nominal d'eau en m³/h
- Le diamètre des conduites d'alimentation et de retour d'eau.
- Les pertes thermiques le long de la trame en kWh par an
- Le coût d'investissement de la trame

Les résultats globaux du réseau de chaleur concernent en particulier les grandeurs suivantes :

- La puissance thermique maximum à fournir au réseau de chaleur.
- La longueur totale du réseau de chaleur (somme des longueurs des trames)
- La densité du réseau en kW thermique par m de réseau. Cette grandeur donne une idée de la concentration de l'habitat en termes des besoins en énergie de chauffage.
- La consommation totale en énergie thermique du réseau de chauffage en kWh par an.
- L'équivalence en consommation en combustibles fossiles (mazout ou gaz naturel) compte tenu du rendement saisonnier donné à la ligne 32.
- Le taux d'utilisation moyen en nombre d'heures par an à puissance maximum des besoins en énergie thermique (compte tenu du foisonnement).
- Les pertes en énergie thermique en kWh/an le long de distribution d'eau chaude dans le réseau.
- La puissance de pompage à installer pour le débit nominal d'eau sans tenir compte du rendement de pompage.
- Le rendement de distribution, rapport entre l'énergie distribuée aux utilisateurs et l'énergie thermique transportée dans le réseau de chaleur.
- Le rendement global du réseau de chaleur compte tenu des rendements de production et de distribution.
- Le coût du réseau de chauffage urbain sans tenir compte des moyens de production.
- Le nombre de logements desservis par le réseau de chauffage urbain.
- Le coût d'investissement du réseau de chaleur par logement desservi.
- La longueur moyenne entre logements successifs.
- Le coût dû à l'investissement du réseau de chaleur en c€ par kWh thermique utile fourni aux logements en considérant une durée de vie de 30 années.
- Le coût de l'investissement du réseau de chaleur en c€ par kg de CO₂ d'émission émis en supposant le mazout comme source d'énergie utile fourni aux logements en considérant une durée de vie de 30 années. Ceci représente l'économie possible de CO₂ émis à l'atmosphère en considérant une source d'énergie à zéro émission de CO₂.
- Les tonnes de CO₂ émis à l'atmosphère en considérant différents moyens de production de chaleur : bois, mazout ou gaz naturel.

3.4 APPLICATION DU LOGICIEL

Quatre études de cas ont été appliquées au logiciel :

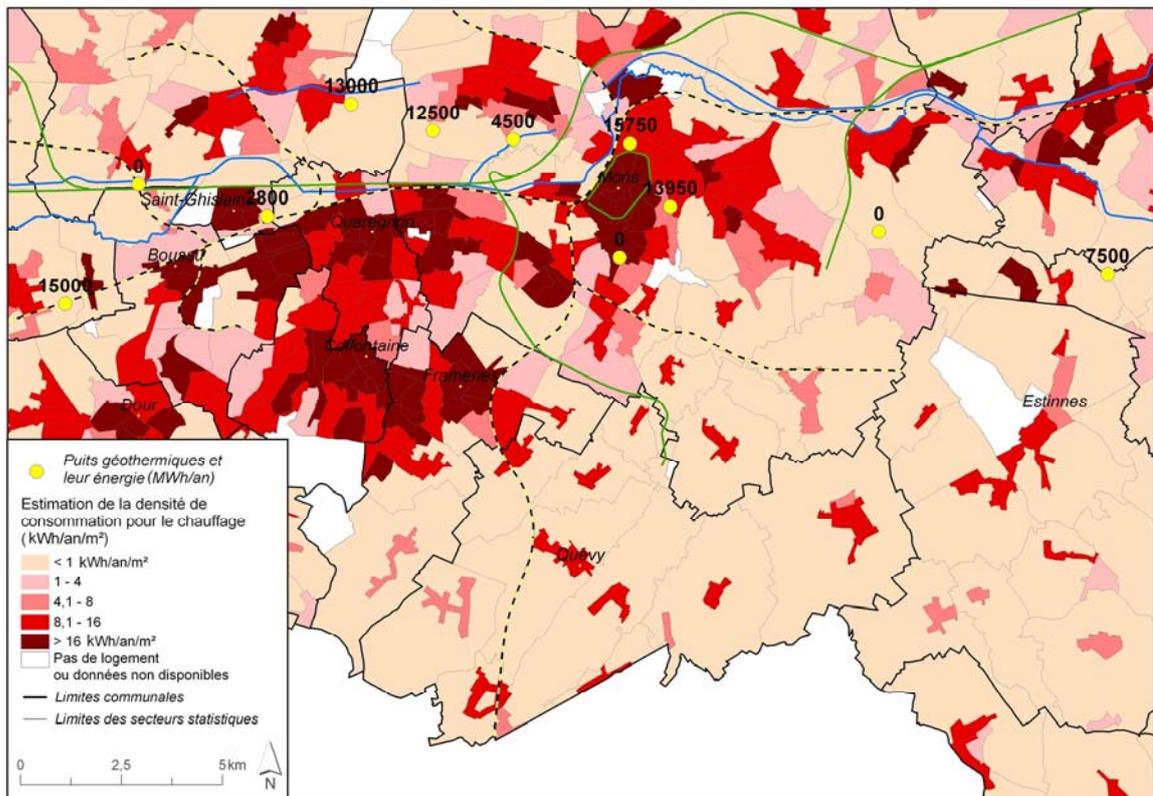
1. La géothermie ;
2. Le bois ;
3. Les effluents d'élevage ;
4. Les déchets ménagers ;
5. Cas périurbain à Amay (cas du bois avec le résidentiel et le tertiaire)

Pour plus de visibilité, un seul cas d'étude pour la géothermie a été détaillé dans cette partie du rapport. Les cas d'étude sur le bois, les effluents d'élevage et les déchets ménagers sont repris en annexe de ce rapport.

Les 4 premiers cas ne concernent que le secteur résidentiel.

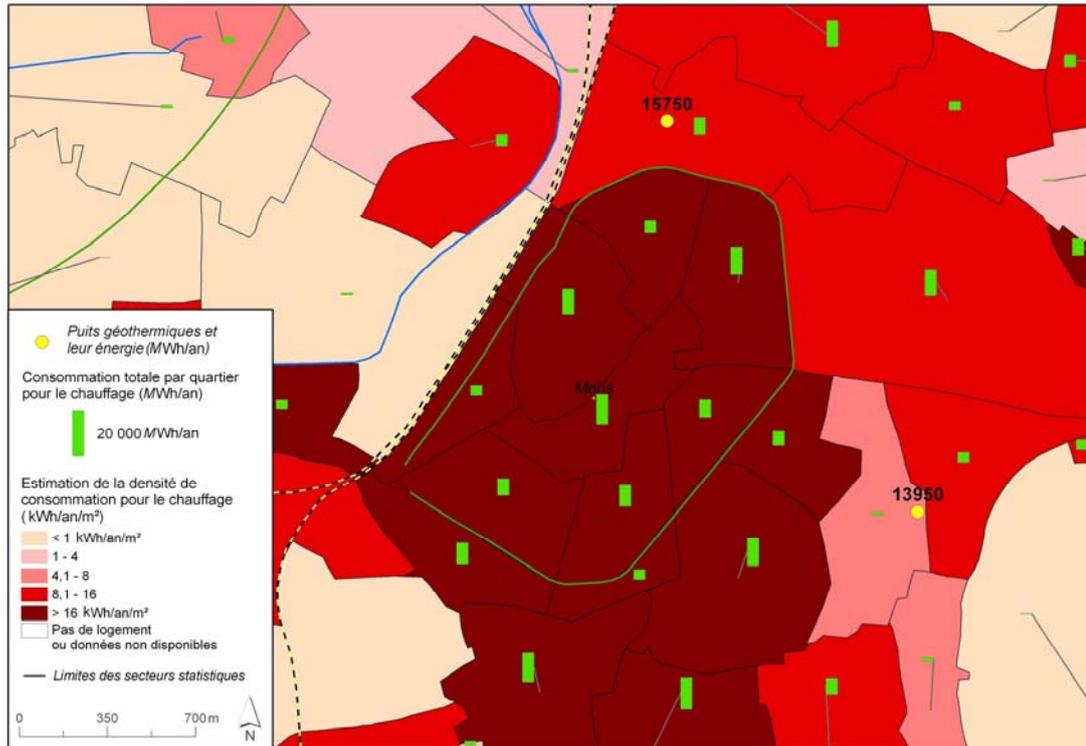
Disposant de la cartographie des puits géothermiques de la région de Mons ainsi que de leur énergie respective (Projet « Géother-Wall », mai 2009), un premier croisement a été opéré entre ces puits et la carte des densités en besoins de chauffage des logements afin d'identifier le cas d'étude le plus adéquat. Notons toutefois que les cas d'études qui suivent sont réalisés de manière théorique.

Voici donc le croisement entre l'offre en énergie géothermique et la demande en chauffage des ménages :



Carte 13 : Croisement entre les puits géothermiques et la densité de consommation pour le chauffage

Après comparaison, le choix du cas d'étude s'est porté sur le puits au nord du centre historique de Mons (cf. carte 14).

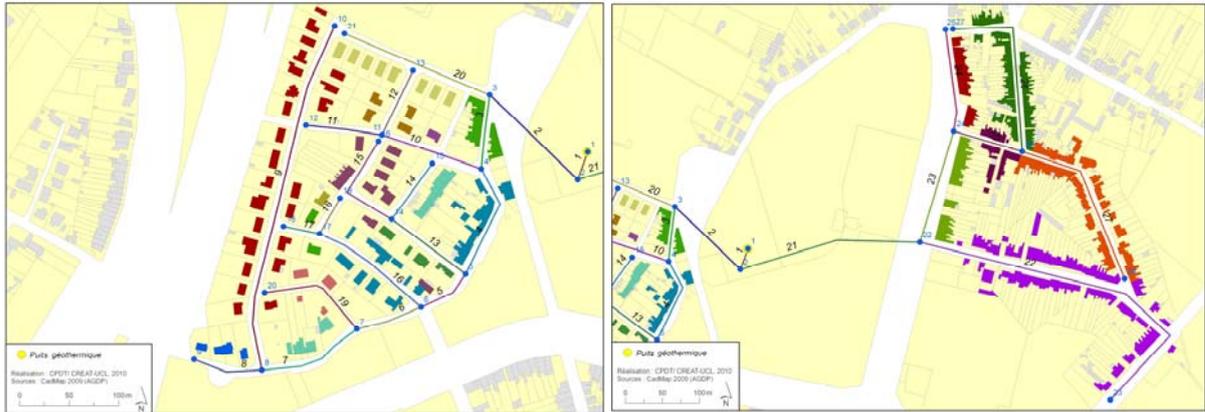


Carte 14 : Puits géothermiques et densité de consommation pour le chauffage

Grâce à la cartographie SIG du cadastre (CadMap 2009, AGDP), nous avons pu identifier les bâtiments dont la fonction principale est la résidence (c.à.d. les ménages).



Carte 15 : Elaboration théorique d'un RC autour du puits géothermique de Mons-Nord



Cartes 16 et 17 : Identification des logements desservis par chacune des branches du réseau

Ci-dessous, les résultats obtenus par le logiciel pour le cas d'étude de la géothermie :

Données du réseau de chaleur		
Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	17283
- Puissance moyenne par logement	kW	12,96
- Coefficient de foisonnement	-	0,8
Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m/K	0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m/K/mm	0,0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	3
Résultats globaux du réseau de chaleur		
- Puissance thermique installée	kW	4469,3838
- Longueur du réseau de chaleur	m	3672
- Densité du réseau	kW/m	1,22
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	7448973
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	1049626
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	841001
- Puissance de pompage	kW	43,50
- Rendement de distribution	%	88,71
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	70,97
- Investissement	€	3.136.527 €
- Nombre de logements	-	431
- Prix par logement	€	7.277 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/kWh/an	0,421

Trame	Nœud in	Nœud out	L (m)	Nbre Log.	E/an (kWh)	Ptherm. (kW)	Qnom. (m3/h)	Diam (mm)	Pertes therm. (kWh)	P pompe (kW)	Invest. (€)
Trame 1	1	2	29,92	0	0	0	192,15	184	14319	0,97	25.519 €
Trame 2	2	3	124,08	0	0	0	58,40	102	37495	2,22	75.055 €
Trame 3	3	4	76,31	13	224679	134,8074	54,84	98	22545	1,32	84.436 €
Trame 4	4	5	120,62	24	414792	248,8752	46,81	91	33709	1,93	141.110 €
Trame 5	5	6	58,08	1	17283	10,3698	24,07	65	13043	0,67	31.794 €
Trame 6	6	7	68,79	0	0	0	17,39	55	14010	0,67	32.082 €
Trame 7	7	8	109,10	5	86415	51,849	15,60	53	21539	1,01	64.923 €
Trame 8	8	9	70,91	4	69132	41,4792	1,78	18	8739	0,22	37.052 €
Trame 9	8	10	365,82	26	449358	269,6148	11,59	45	66558	2,91	237.433 €
Trame 10	4	11	105,80	1	17283	10,3698	2,23	20	13511	0,37	41.041 €
Trame 11	11	12	77,25	0	0	0	0,00	0	6593	0,00	23.175 €
Trame 12	11	13	73,42	4	69132	41,4792	1,78	18	9048	0,23	37.939 €
Trame 13	5	14	93,48	4	69132	41,4792	12,04	46	17180	0,76	52.983 €
Trame 14	14	15	70,28	10	172830	103,698	4,46	28	10208	0,35	57.004 €
Trame 15	14	16	113,67	13	224679	134,8074	5,80	32	17466	0,64	84.020 €
Trame 16	6	17	127,49	11	190113	114,0678	6,24	33	19918	0,75	83.955 €
Trame 17	17	18	37,18	2	34566	20,7396	0,89	13	4169	0,08	18.553 €
Trame 18	17	19	42,51	1	17283	10,3698	0,45	9	4434	0,07	16.886 €
Trame 19	7	20	113,69	4	69132	41,4792	1,78	18	14010	0,36	52.163 €
Trame 20	3	21	159,33	8	138264	82,9584	3,57	25	22136	0,70	83.804 €
Trame 21	2	22	249,05	0	0	0	133,75	154	102973	6,74	189.617 €
Trame 22	22	23	491,35	93	1607319	964,3914	41,46	86	131701	7,40	552.624 €
Trame 23	22	24	159,52	18	311094	186,6564	92,28	128	57094	3,59	162.993 €
Trame 24	24	25	142,01	19	328377	197,0262	8,47	39	23846	0,97	116.091 €
Trame 25	24	26	96,77	24	414792	248,8752	75,79	116	32163	1,97	134.643 €
Trame 26	26	27	252,68	75	1296225	777,735	33,44	77	63021	3,42	359.094 €
Trame 27	26	28	243,19	71	1227093	736,2558	31,65	75	59574	3,20	340.539 €

3.5 COMPARAISON ENTRE DIFFÉRENTES FILIÈRES DE RÉSEAU DE CHALEUR ET POSITIONNEMENT PAR RAPPORT À D'AUTRES FILIÈRES ÉNERGETIQUES

Ce chapitre 3.5 n'a pas été approuvé par le comité d'accompagnement de la CPDT.

Dans le fichier Excel RC.xls qui fait partie de ce rapport, outre la résolution des réseaux de chaleur, sont analysées aussi d'autres filières énergétiques qui permettent de situer les réseaux de chaleur parmi ces filières

En ce qui concerne les réseaux de chaleur proprement dits alimentés par des sources d'énergie renouvelable, trois filières ont été envisagées :

- La géothermie à travers le projet « GEOTHERWALL » dans la région de Mons.
- Des réseaux de chaleur alimentés par un moteur de cogénération au biogaz produit par une installation de bio-méthanisation alimentée notamment par des effluents d'élevage.
- Des réseaux de chaleur alimentés par des chaudières à biomasse.

Chacune des filières analysées a un coût par kWh en termes d'énergie thermique équivalente en supposant une durée de vie identique de 30 ans pour les équipements de production.

Il n'a pas été envisagé dans cette expertise, la filière relative à l'énergie thermique fatale à basse température provenant d'industries ou d'incinérateurs. Cette filière vaudrait certainement la peine d'être analysée aussi.

Ce coût unitaire par kWh comprend trois postes : le coût du réseau de chaleur, le coût de l'unité de production d'eau chaude et le coût d'utilisation qui correspond en grande majorité au prix du combustible.

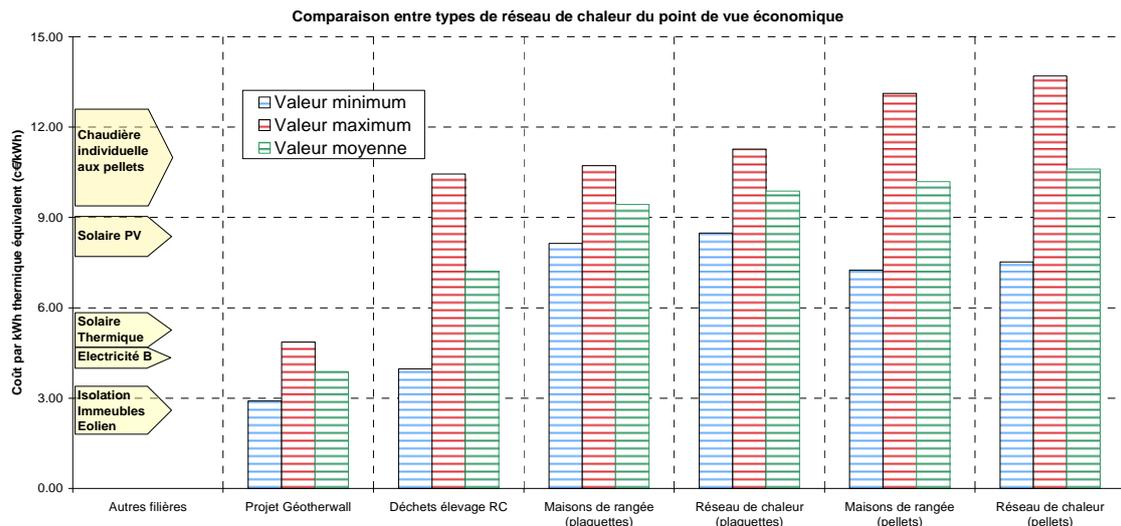
Pour le projet « GEOTHERWALL » qui est un cas particulier, les budgets annoncés ont permis d'évaluer un coût unitaire du kWh correspondant à deux hypothèses : celle « sans risque » (coût minimum) ou « avec risque » (coût maximum). Les risques sont liés notamment à la réussite ou non du forage d'une part, mais aussi à l'épuisement prématuré du gisement d'eau chaude d'autre part. Signalons que le coût d'utilisation relatif à ce projet est négligeable car la source d'énergie thermique (eau chaude) est en quelque sorte « gratuite ».

Pour la filière « bio-méthanisation », les unités de production du biogaz ne sont que partiellement alimentés par les effluents d'élevage, par ailleurs uniquement disponibles pendant la période hivernale. De plus, le coût des matières premières entrantes (maïs énergétique, etc.) autres que les effluents d'élevage est estimé être de l'ordre de 2,5 c€/kWh ce qui désavantage légèrement cette filière par rapport à la géothermie.

En ce qui concerne la filière « biomasse », c'est-à-dire les réseaux de chaleur alimentés par des chaudières à pellets ou à plaquettes de bois, plusieurs options différentes ont été examinées. Plusieurs cas d'étude sont par ailleurs présentés dans ce rapport. Ces différents cas d'étude et les diverses analyses de sensibilité effectuées permettent de formuler les commentaires suivants :

- Le coût unitaire par kWh de cette filière est fortement affecté par le coût d'utilisation, à savoir le prix de la biomasse proprement dit qui représente de l'ordre de 70 % du coût global. Pour le marché des pellets, le prix dépend des quantités commandées et est très fluctuant. Actuellement ce prix est d'environ 5 c€ par kWh en Allemagne pour une commande supérieure à 6 tonnes. Les options minimale et maximale choisies dans la figure donnée ci-après correspondent à 4 c€ à 6.5 c€ par kWh. Pour les plaquettes de bois, le prix dépend notamment du type d'essence de bois, s'il s'agit de la « rémanence de coupe », de l'humidité du bois, etc. Ce prix est actuellement de l'ordre de 3 à 4 c€/kWh selon la quantité livrée lorsque le coût du séchage qu'il soit endogène ou exogène à l'installation est effectivement comptabilisé. De plus, le coût d'utilisation est encore affecté par le rendement de production saisonnier des chaudières et par le rendement de distribution du réseau de chaleur lorsqu'on considère l'énergie thermique nette produite au consommateur.
- Le coût d'investissement du réseau de chaleur n'est pas un poste important compte tenu de la durée d'amortissement et ne représente en fait que 10 à 15 % du coût global du kWh. Il dépend essentiellement de la densité du réseau de chaleur, c'est-à-dire de la quantité d'énergie fournie par le réseau par unité de longueur de conduite. Cette densité est évidemment fonction des besoins de chauffage : le nombre et le type de consommateurs alimentés par le réseau (maisons, immeubles à appartement, tertiaire, etc.), la rudesse du climat, la qualité d'isolation des immeubles, etc. Toutefois ce poste reste faible par rapport au prix global qui est surtout grevé par le prix de la biomasse.
- Le coût d'investissement des chaudières à biomasse et des installations de manutention du combustible est également un poste relativement faible représentant de l'ordre de 10 à 15 % du coût global.
- Etant donné l'évolution future de l'isolation thermique de l'habitat (immeubles « très basse énergie », maisons passives, etc.), la « densité » du réseau de chaleur diminue très fortement ce qui entraîne une diminution importante du rendement saisonnier et de distribution, et donc une augmentation du coût de l'énergie thermique nette fournie aux consommateurs. Par conséquent, la filière « réseau de chaleur » alimentée par des chaudières à biomasse semble de ce fait notamment, très compromise pour l'habitat bien isolé, neuf ou à construire dans les normes qui deviendront de plus en plus strictes à l'avenir.

La figure suivante montre les résultats obtenus pour ces différentes filières de réseau de chaleur. Ces filières sont comparées à d'autres filières en termes de l'énergie thermique équivalente qu'elles peuvent produire ou économiser (URE) : éolien, isolation des bâtiments, solaire thermique ou photovoltaïque, chaudière individuelle à pellets. Dans le cas des filières produisant de l'électricité, il faut tenir compte de sa valeur énergétique par rapport à celle de l'énergie thermique moins noble. Cette valorisation peut se faire soit par une économie d'énergie primaire dans le cadre du parc de production Belge ou éventuellement par une conversion directe possible via une PAC.



Les résultats obtenus dans ce diagramme dépendent fortement des données. La variabilité de ces données est importante. Le choix des valeurs attribuées aux données ainsi que les hypothèses de calcul sont explicitées dans le fichier Excel sous forme de commentaires pour chacune des filières envisagées.

Il est clair qu'étant donné l'incertitude des différentes hypothèses et des données, les résultats présentés ici doivent être pris avec précaution. De plus, ils ne correspondent qu'à une image temporelle fixe (année 2010) qui peut fortement et rapidement évoluer dans le temps.

Cette comparaison met quand même en exergue les filières qui économisent l'énergie (isolation thermique des bâtiments) ainsi que celles qui profitent de la gratuité de l'énergie renouvelable disponible : le soleil, le vent, la géothermie et dans une moindre mesure les effluents d'élevage. La filière « biomasse » est défavorisée du fait de son prix.

Enfin, les différentes filières n'ont pas été comparées en fonction du potentiel de réduction d'émission de la masse de CO₂ à l'atmosphère, ni par rapport à l'impact social et économique en terme d'emplois nouveaux possibles, ni par rapport à la contribution à l'indépendance énergétique, ni par rapport à l'acceptation sociale du placement de nouveaux réseaux de chaleur ou par rapport à d'autres critères encore. Ces divers aspects sont aussi importants à prendre compte dans le choix des filières à promouvoir.

Le fichier Excel RC.xls n'a certainement pas la prétention d'être un outil d'optimisation, ni de design d'un réseau de chaleur urbain. Toutefois, il permet de se forger une certaine opinion sur les filières énergétiques à favoriser en Région Wallonne, notamment relative aux réseaux de chaleur.

3.6 CROISEMENT DES RESULTATS ET CARTOGRAPHIE

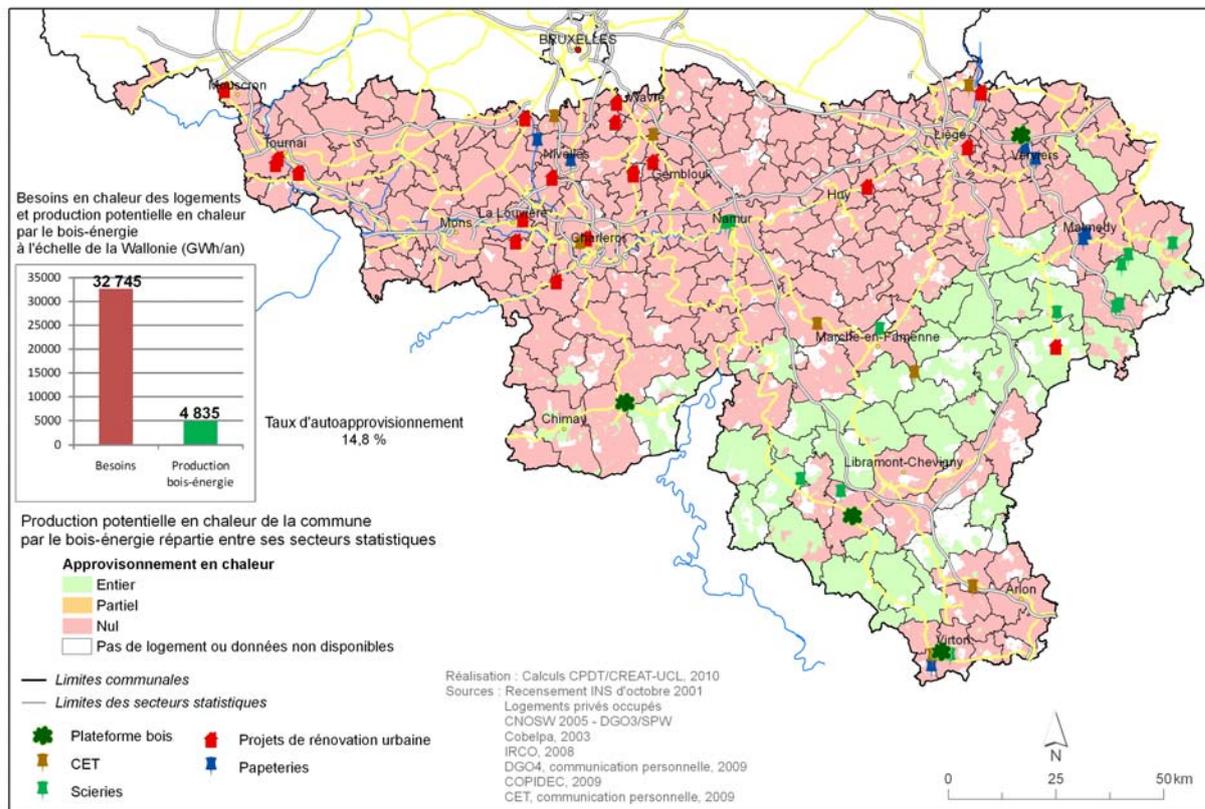
Plusieurs croisements entre l'offre en énergies renouvelables et les besoins en chaleur ont été réalisés.

3.6.1 Croisements du potentiel en énergie et les besoins en chaleur des logements à l'échelle communale

Un premier croisement consistait en une simple confrontation entre l'énergie disponible (en bois-énergie et effluents d'élevage) et les besoins en chauffage des logements localisés au sein de chaque commune. Ce qui permet d'identifier les communes autosuffisantes sur base de l'énergie dont elles disposent sur leur territoire. Ces communes disposeraient également d'un surplus d'énergie qui est estimé en nombre d'équivalent de logements.

Ci-dessous les principaux résultats de ces croisements pour le bois (cartes 18 et 19) et les effluents d'élevage (cartes 20 et 21).

- Croisement entre les besoins et l'énergie en bois

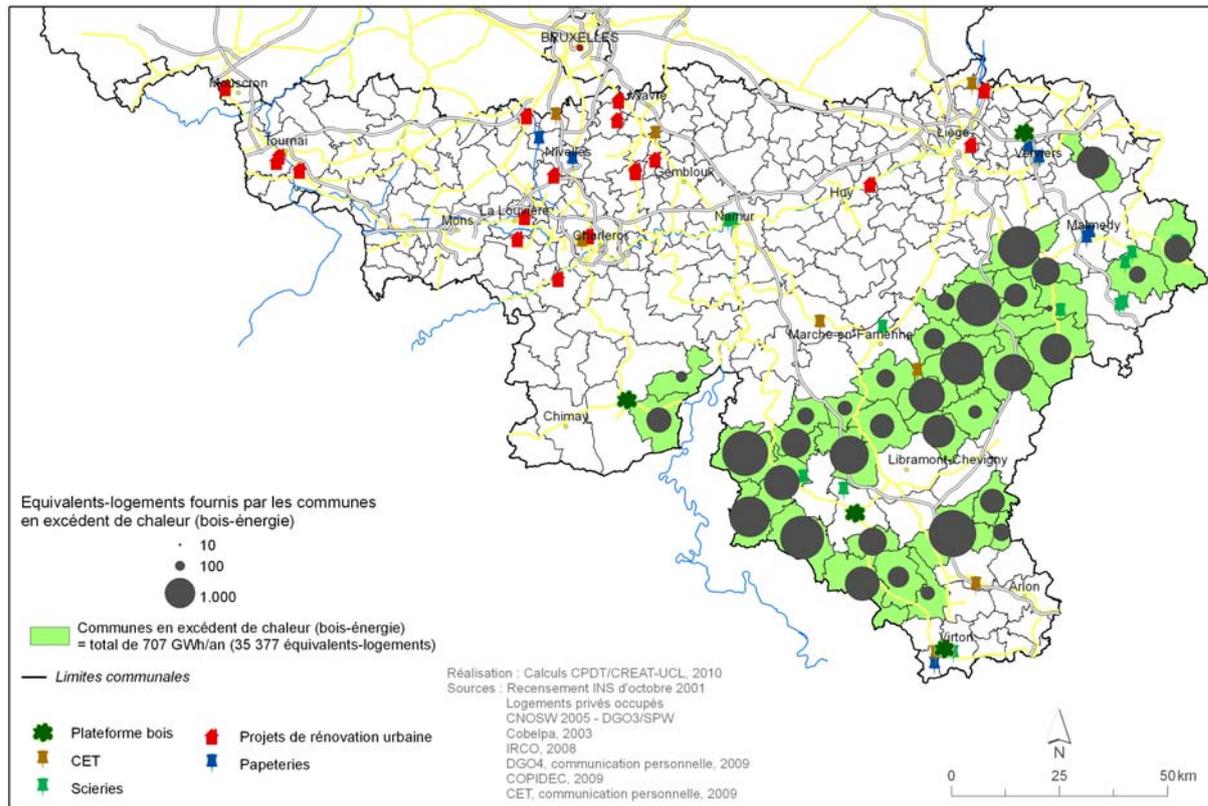


Carte 18 : Confrontation entre les besoins en chaleur des logements et le potentiel bois-énergie à l'échelle communale

Pour réaliser la carte 18, l'équipe a croisé le potentiel en énergie-bois de chaque commune et l'a confronté aux besoins en chaleur calculés au niveau de chaque quartier (ou secteur statistique). Notons tout d'abord qu'à l'échelle de la Région wallonne, le taux d'« autoapprovisionnement » (rapport entre l'offre en énergie potentielle et les besoins) est d'environ 15 %.

Pour chaque commune, les quartiers les plus denses en besoin énergétique (cf. carte 9) ont été alimentés par l'énergie présente sur la commune. Dans la plupart des cas, seuls les premiers quartiers les plus denses ont pu être « approvisionnés » en énergie. Le reste des quartiers ayant un approvisionnement partiel voire nul.

Certaines communes ont néanmoins le potentiel d'approvisionner chacun de leurs quartiers sur base du bois-énergie dont elles disposent localement. Un surplus en énergie s'observe en général et peut être traduit en nombre d'équivalents logements extérieurs que la commune pourrait encore approvisionner (cf. carte 19).



Carte 19 : Nombre d'équivalents logements pouvant être approvisionnés par les communes en surplus d'énergie-bois

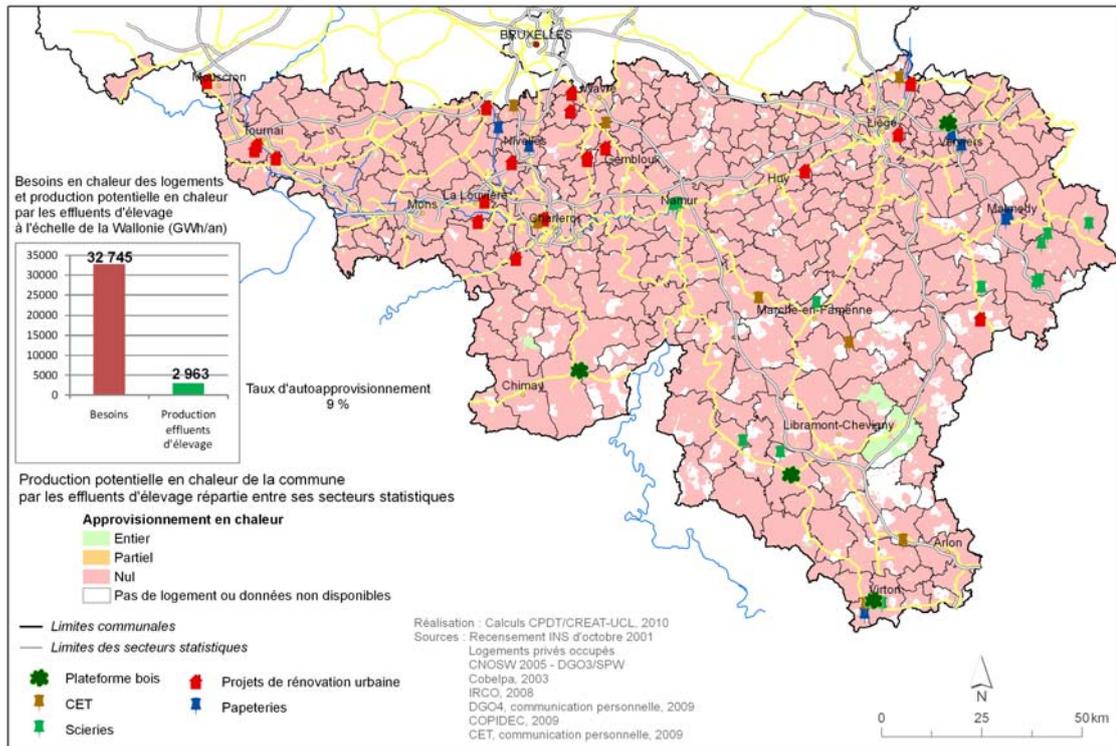
Un surplus énergétique total d'environ 700 GWh/an est observé à l'échelle de la Wallonie, ce qui pourrait encore alimenter quelques 35 377 logements dont la consommation moyenne serait de 20 000 kWh/an.

- *Croisement entre les besoins et l'énergie en effluents d'élevage*

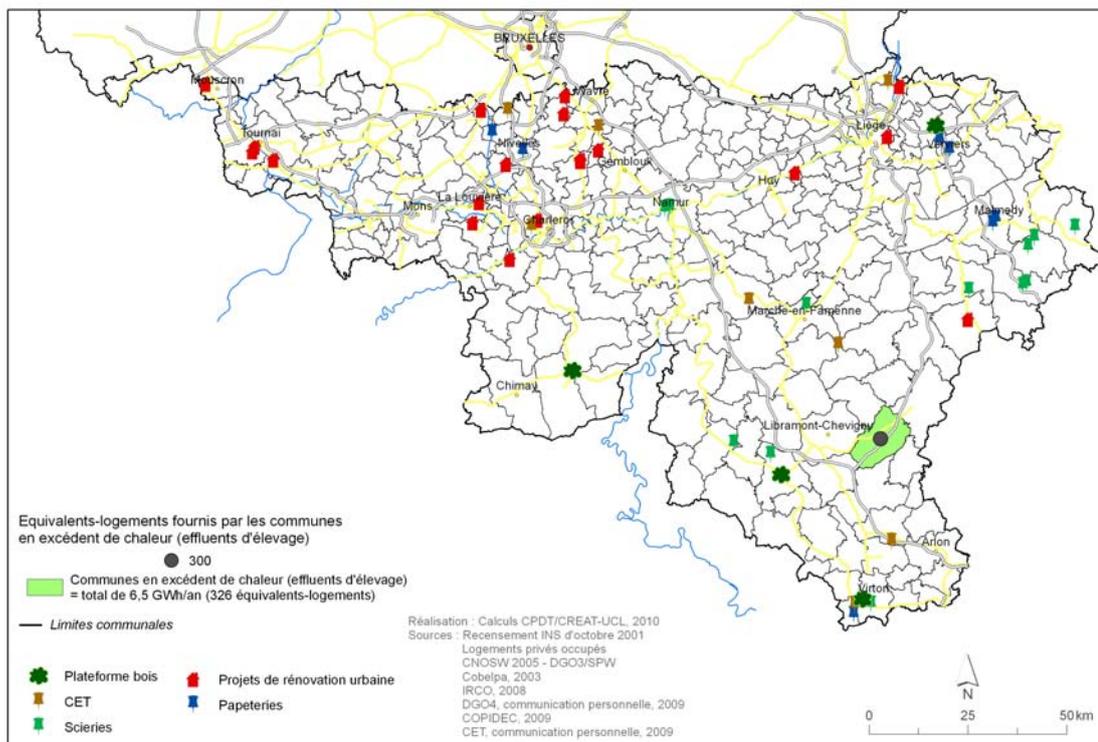
Pour réaliser la carte 20, l'équipe a croisé le potentiel en énergie provenant des effluents d'élevage de chaque commune et l'a confronté aux besoins en chaleur calculés au niveau de chaque quartier (secteur statistique). Notons tout d'abord qu'à l'échelle de la Région wallonne, le taux d'« autoapprovisionnement » (rapport entre l'offre en énergie potentielle et les besoins) est d'environ 10 %.

Pour chaque commune, les quartiers les plus denses en besoin énergétique (cf. carte 9) ont été alimentés par l'énergie présente sur la commune. Dans la plupart des cas, seuls les premiers quartiers les plus denses ont pu être « approvisionnés » en énergie. Le reste des quartiers ayant un approvisionnement partiel voire nul.

Deux communes ont néanmoins le potentiel d'approvisionner chacun de leurs quartiers sur base de l'énergie des effluents d'élevage dont elles disposent localement. Un surplus en énergie s'observe pour la commune de Vaux-sur-Sûre et peut être traduit en nombre d'équivalents logements extérieurs que la commune pourrait encore approvisionner (cf. carte 21).



Carte 20 : Confrontation entre les besoins en chaleur des logements et le potentiel en énergie des effluents d'élevage à l'échelle communale

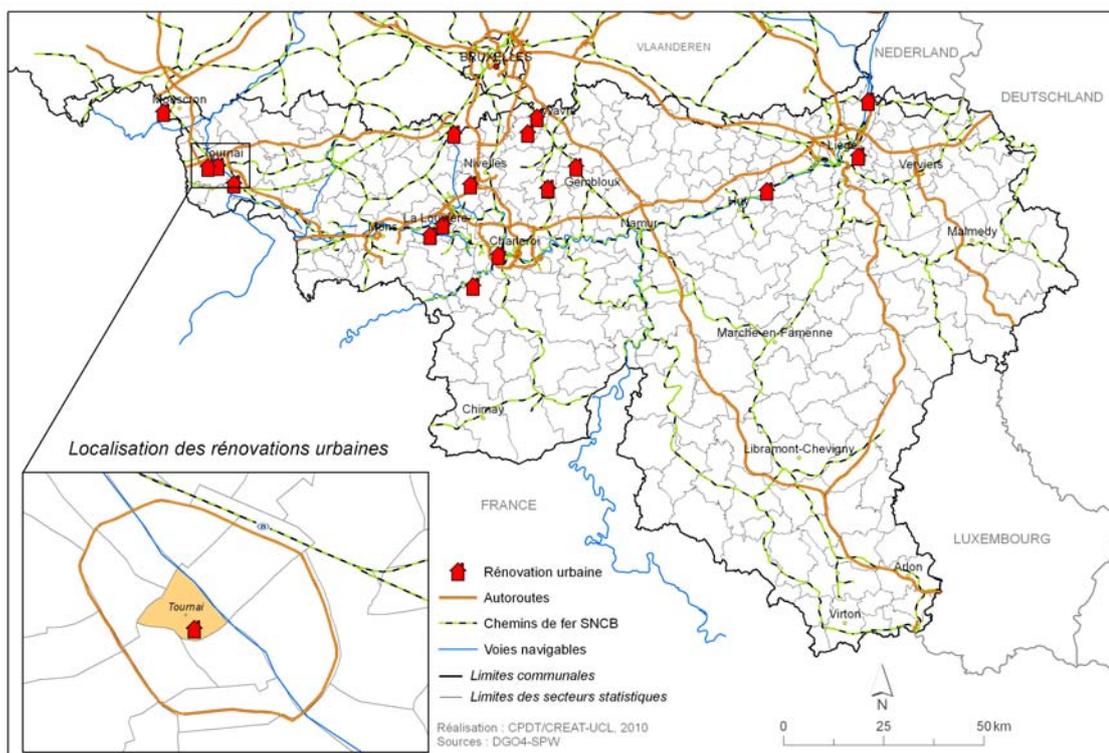


Carte 21 : Nombre d'équivalents logements pouvant être approvisionnés par les communes en surplus d'énergie effluents d'élevage

3.6.2 Critères de localisation d'un réseau de chaleur

Dans un second temps, l'équipe de recherche a identifié une série de critères de localisation optimale d'un réseau de chaleur. Voici ci-dessous et dans l'ordre d'importance ces différents critères.

1. Le critère de niveau 1 est la présence d'une future opération de rénovation urbaine dans le quartier. Ci-dessous une cartographie reprenant l'ensemble des futures opérations de rénovations urbaines.

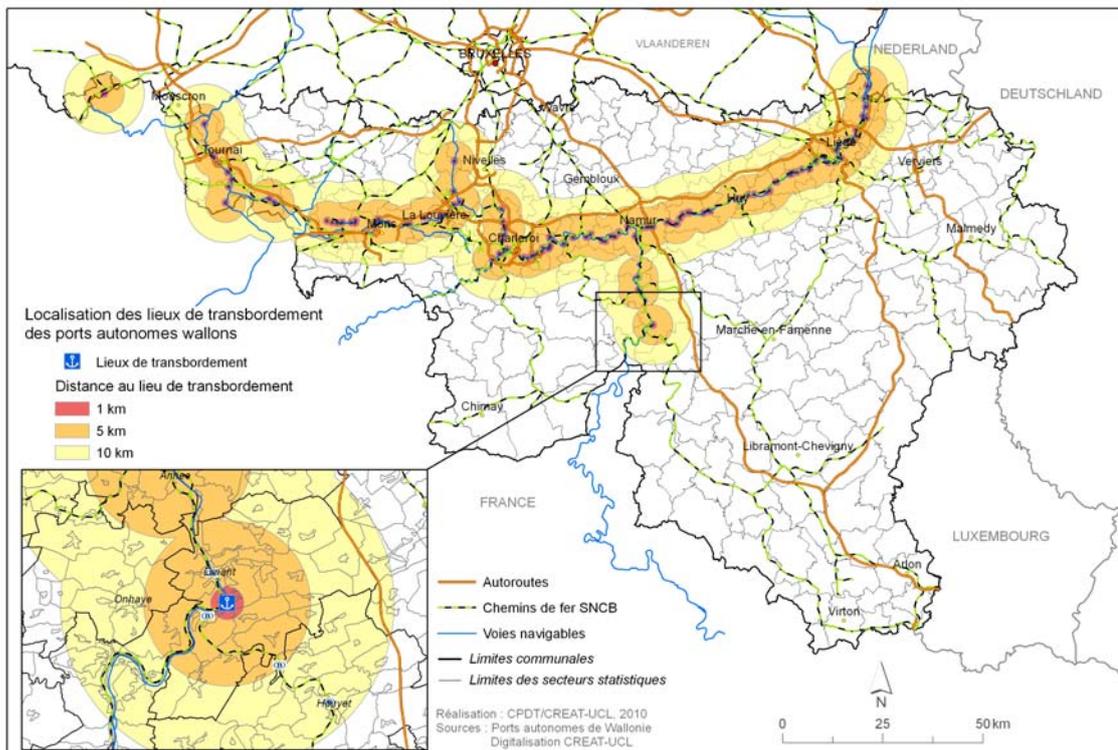


Carte 22 : Localisation des opérations de rénovations urbaines en Wallonie (DGO4/SPW)

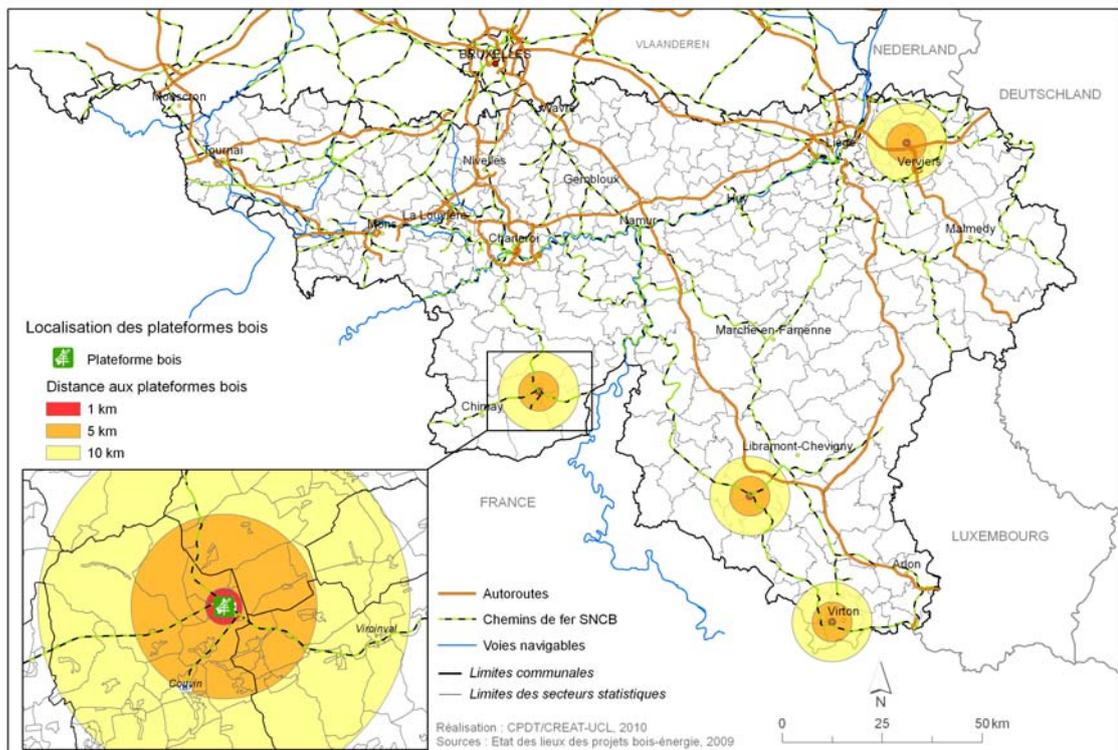
Ayant digitalisé chacune de ces opérations, il sera possible par la suite d'identifier les secteurs statistiques (quartiers) prioritaires pour d'éventuelles installations de réseau de chaleur.

2. Le critère de niveau 2 est :
 1. Soit la proximité aux zones portuaires localisées le long des voies navigables. Ces dernières seront très utiles lors de l'approvisionnement en bois (pellets) des quartiers ;
 2. Soit la proximité aux plateformes bois, lieux de transformation du bois en vue de sa valorisation énergétique.

L'équipe de recherche a identifié les quartiers à proximité de ces lieux pour différentes distances : 1 km, 5 km et 10 km (cf. cartes 23 et 24).

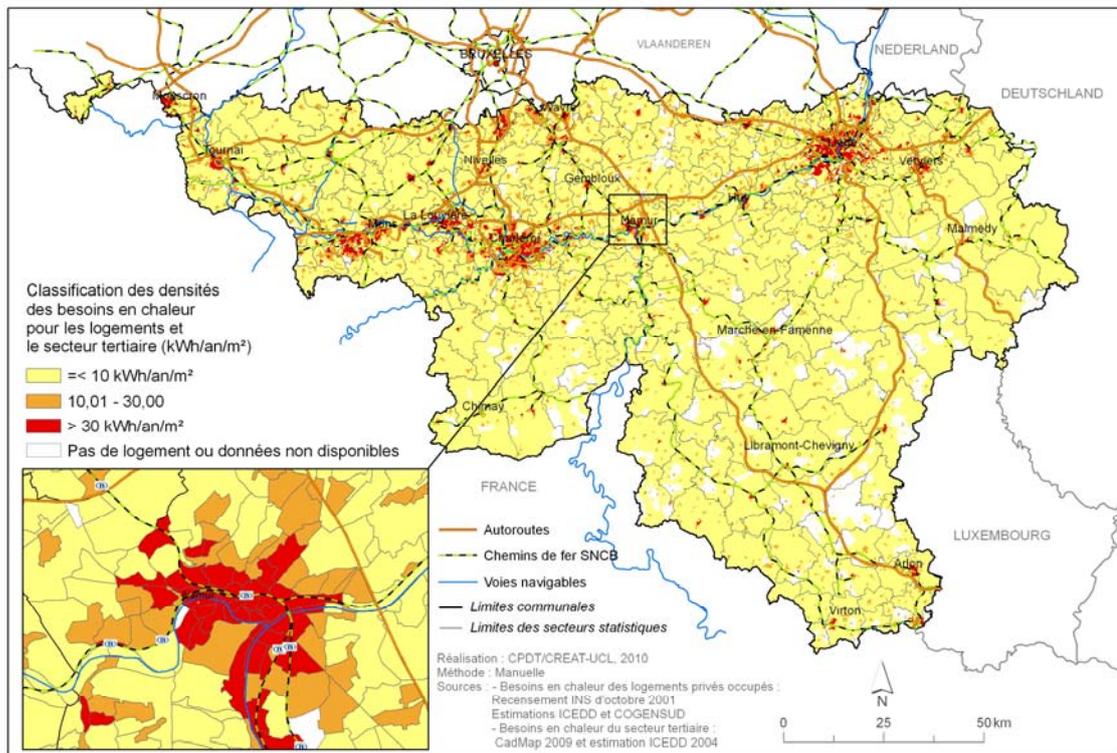


Carte 23 : Localisation des zones portuaires (lieux de transbordement)



Carte 24 : Localisation des plateformes bois

3. Le critère de niveau 3 est la densité de besoins en chaleur du quartier (besoins des logements et des activités tertiaires). Les densités en besoins énergétiques pour le chauffage ont été classées en trois catégories (forte, moyenne et faible densité) selon le profil de distribution statistique à l'échelle de la Wallonie (carte 25).



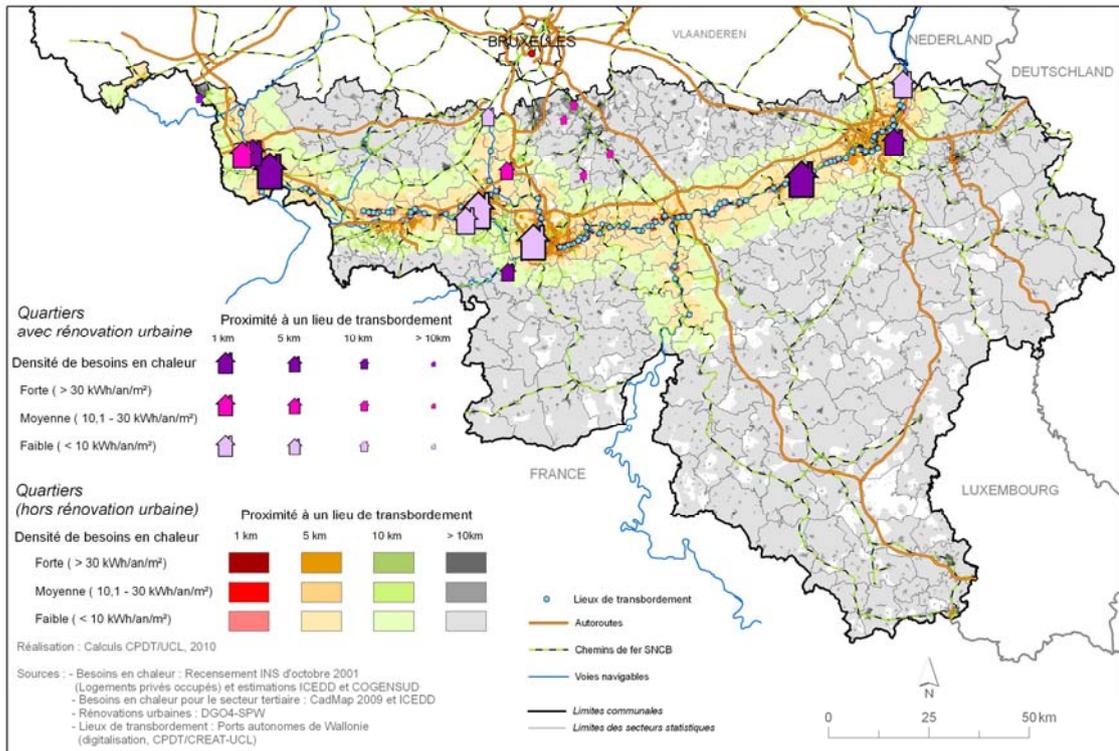
Carte 25 : Classement de la densité de consommation pour le chauffage (kWh/an/m²)

Avec ces différents critères, l'équipe de recherche a pu créer deux cartes globales pour deux scénarii :

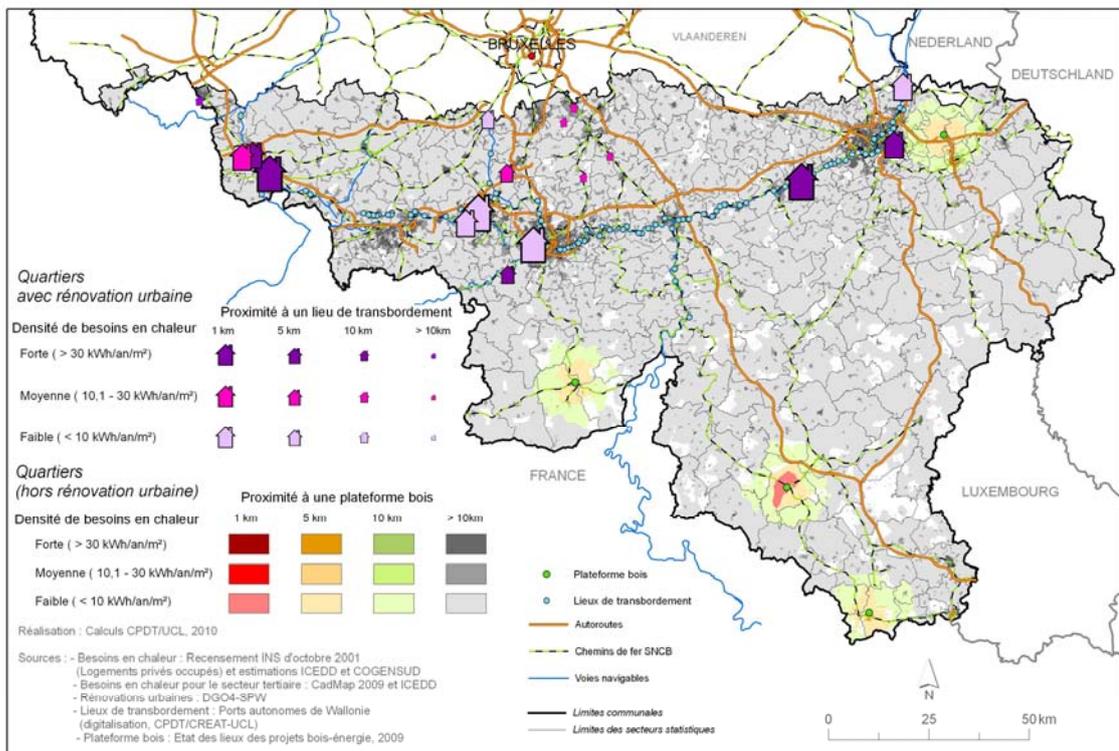
- Le bois n'est pas régional et est transporté par voie navigable jusqu'aux zones portuaires proches des quartiers les plus denses à approvisionner (carte 26) ;
- Le bois est régional et est distribué depuis les plateformes bois aux quartiers les plus proches et les plus denses (carte 27).

Ainsi, il est possible d'identifier :

- Les quartiers avec les futures opérations de rénovation urbaine illustrées par des logos « petites maisons » dont la taille varie en fonction de la proximité aux zones portuaires (1 km, 5 km, 10 km et plus de 10 km) et dont l'intensité de la couleur varie selon la densité de besoins en chaleur observée actuellement ($> 30 \text{ kWh/an/m}^2$, entre 10 et 30 kWh/an/m^2 ou $< 10 \text{ kWh/an/m}^2$) ;
- Les autres quartiers (sans rénovation urbaine) dont la couleur (rouge, orange, vert ou gris) indique la proximité aux zones portuaires (carte 26) ou aux plateformes bois (carte 27) et dont l'intensité de ces couleurs indique la densité de besoins en chaleur observés dans le quartier.



Carte 26 : Pertinence de localisation d'un réseau de chaleur avec approvisionnement en bois non indigène



Carte 27 : Pertinence de localisation d'un réseau de chaleur avec approvisionnement en bois indigène

RESSOURCES HUMAINES

Responsables scientifiques : Yann BARTOSIEWICZ, TERM-UCL

Chercheurs : Jean-Marie SEYNHAEVE, TERM-UCL

Fiorella QUADU, CREAT-UCL

Pierre NERI, CREAT-UCL

Président du C.A. : Dominique SIMON, Département de l'énergie – DGO4/SPW

Cabinet du Ministre J.-M. NOLLET : Jehan DECROP

Administration : Sonya CHAOUI, Département de l'énergie – DGO4/SPW

4. TABLE DES CARTES, TABLEAUX ET FIGURES

Figure 1 : Extrait cartographique CADMap2009 – Occupation du sol (Wanze).....	4
Carte 1 : Densité de population en Région wallonne (habitants/hectare).....	5
Carte 2 : Types de bâti en Région wallonne.....	6
Carte 3 : Potentiel énergétique des puits géothermiques en Wallonie.....	7
Carte 4 : Potentiel énergétique des superficies boisées en Wallonie.....	8
Carte 5 : Potentiel énergétique des effluents d'élevage en Wallonie.....	8
Carte 6 : Logistique de transport.....	9
Carte 7 : Futurs projets de rénovation urbaine.....	10
Tableau 1 : Estimation du parc de logement en Wallonie.....	11
Tableau 2 : Répartition par type de chauffage et de combustible utilisé.....	11
Tableau 3 : Consommation spécifique par type de chauffage.....	12
Tableau 4 : consommation spécifique par type de logement.....	12
Carte 8 : Estimation de la consommation moyenne pour le chauffage des logements (kWh/an/logement).....	13
Carte 9 : Estimation de la densité de consommation pour le chauffage des logements (kWh/an/m ²).....	14
Carte 10 : Identification des bâtiments tertiaires.....	15
Tableau 5 : Classement des activités tertiaires.....	16
Carte 11 : Estimation de la densité de consommation moyenne pour le chauffage des bâtiments tertiaires (kWh/an/m ²).....	17
Carte 12 : Estimation de la densité de consommation totale pour le chauffage du secteur résidentiel et du logement (kWh/an/m ²).....	18
Carte 13 : Croisement entre les puits géothermiques et la densité de consommation pour le chauffage.....	21
Carte 14 : Puits géothermiques et densité de consommation pour le chauffage.....	22
Carte 15 : Elaboration théorique d'un RC autour du puits géothermique de Mons-Nord.....	22
Cartes 16 et 17 : Identification des logements desservis par chacune des branches du réseau.....	23
Figure 2 : Comparaison entre types de réseau de chaleur du point de vue économique... Erreur ! Signet non défini.	
Carte 18 : Confrontation entre les besoins en chaleur des logements et le potentiel bois-énergie à l'échelle communale.....	27
Carte 19 : Nombre d'équivalents logements pouvant être approvisionnés par les communes en surplus d'énergie-bois.....	28
Carte 20 : Confrontation entre les besoins en chaleur des logements et le potentiel en énergie des effluents d'élevage à l'échelle communale.....	29
Carte 21 : Nombre d'équivalents logements pouvant être approvisionnés par les communes en surplus d'énergie effluents d'élevage.....	29
Carte 22 : Localisation des opérations de rénovations urbaines en Wallonie (DGO4/SPW).....	30
Carte 23 : Localisation des zones portuaires (lieux de transbordement).....	31
Carte 24 : Localisation des plateformes bois.....	31

Carte 25 : Classement de la densité de consommation pour le chauffage (kWh/an/m²).....	32
Carte 26 : Pertinence de localisation d'un réseau de chaleur avec approvisionnement en bois non indigène	33
Carte 27 : Pertinence de localisation d'un réseau de chaleur avec approvisionnement en bois indigène.....	33

5. ANNEXES

5.1. Cas d'étude pour le bois

5.2. Cas d'étude pour les effluents d'élevage

5.3. Cas d'étude pour les déchets ménagers

5.4. Cas d'étude pour le bois (avec résidentiel et tertiaire)

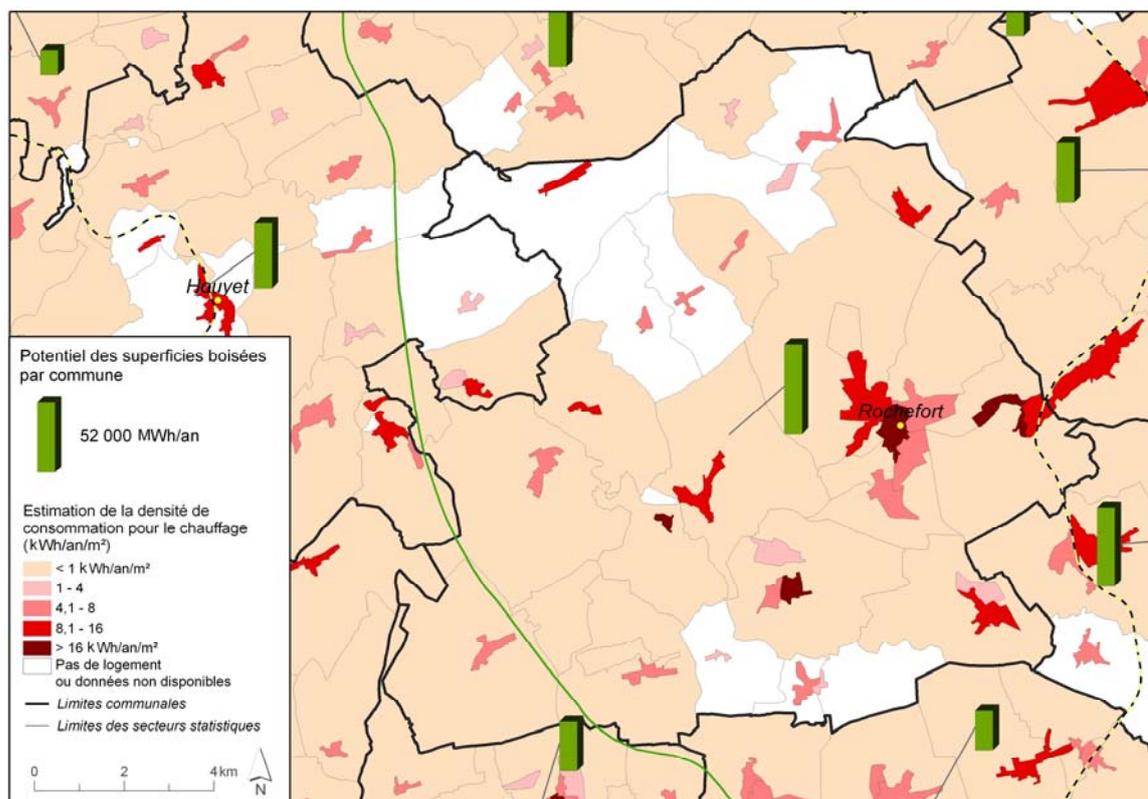
5.5. Logiciel de dimensionnement et comparaison avec les alternatives (fichier Excel)

5.6. Présentations powerpoint aux CA

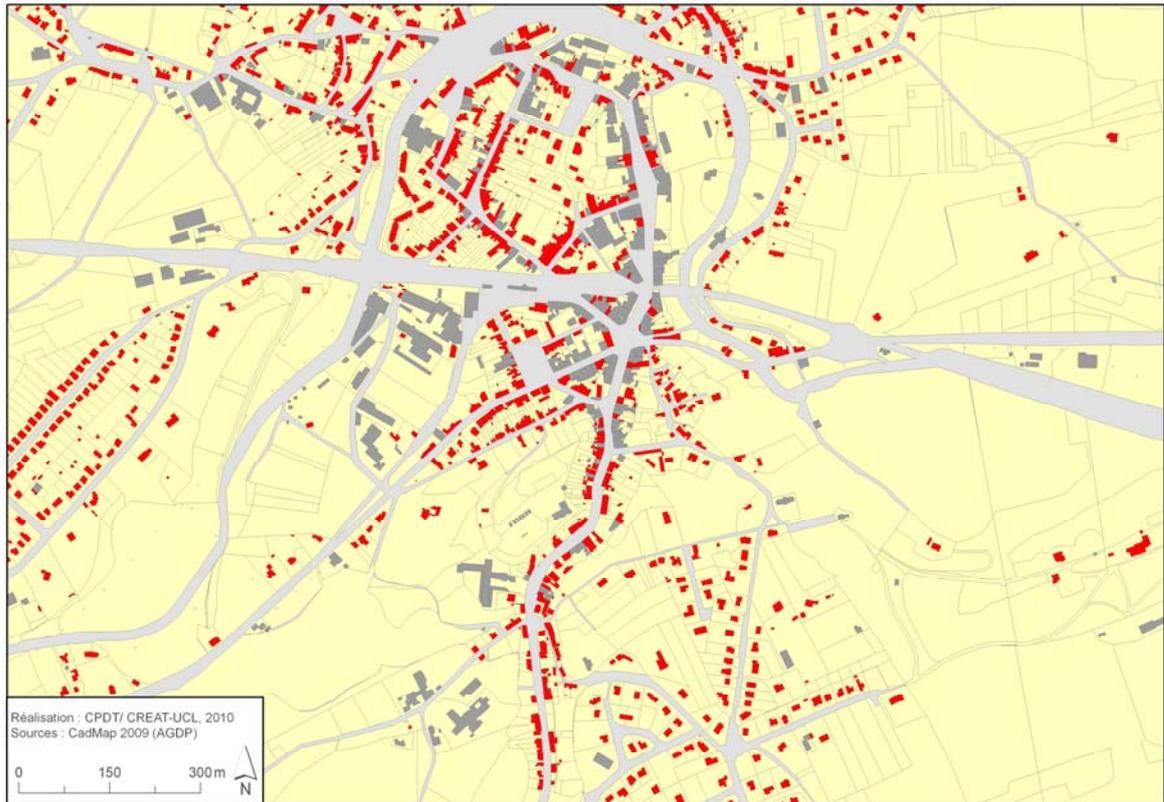
5.7. Procès-verbaux

5.1 CAS D'ETUDE POUR LE BOIS

Grâce à la cartographie du potentiel énergétique des surfaces boisées de Wallonie, nous avons pu croiser l'offre énergétique avec les besoins des ménages pour identifier un cas d'étude. Ce dernier fut réalisé sur la commune de Rochefort.



Carte 5.1.1. : Croisement entre la densité de besoins en chaleur et le potentiel énergétique du bois



Carte 5.1.2. : Localisation des bâtiments résidentiels à Rochefort (CadMap 2009)

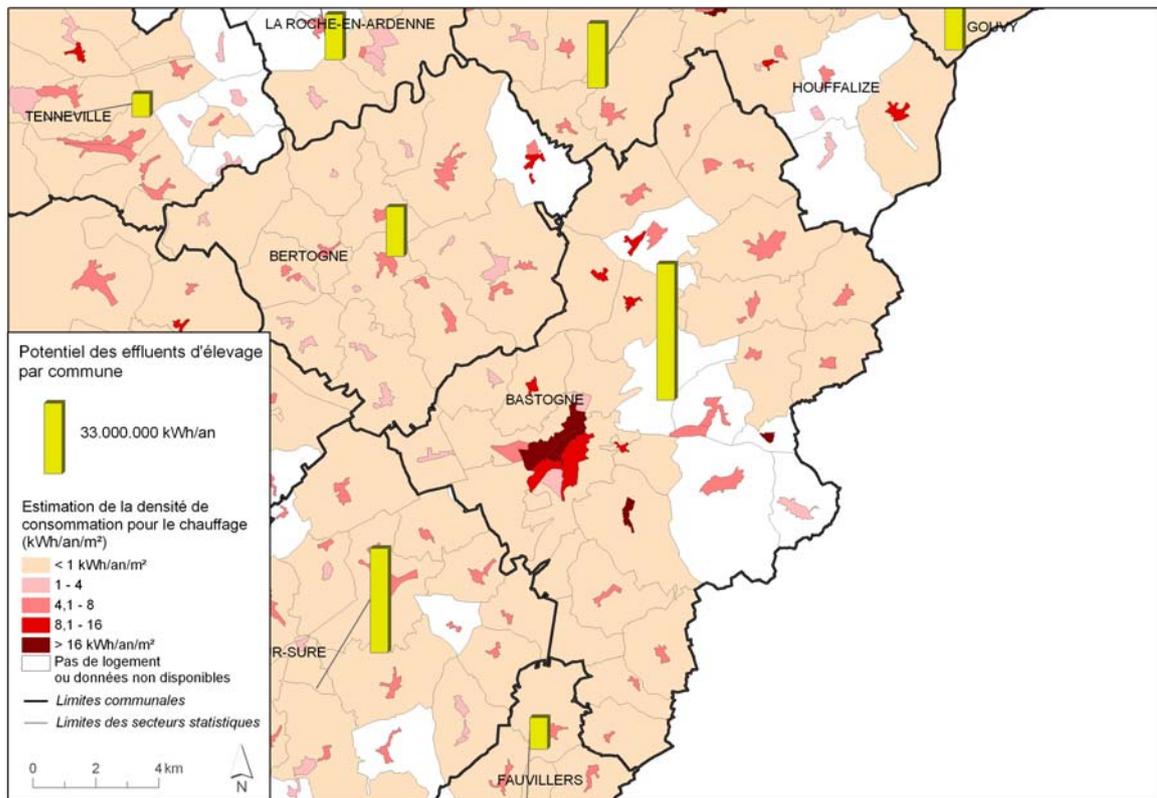


Cartes 5.1.3. et 5.1.4. : Identification des logements desservis par chacune des branches du réseau

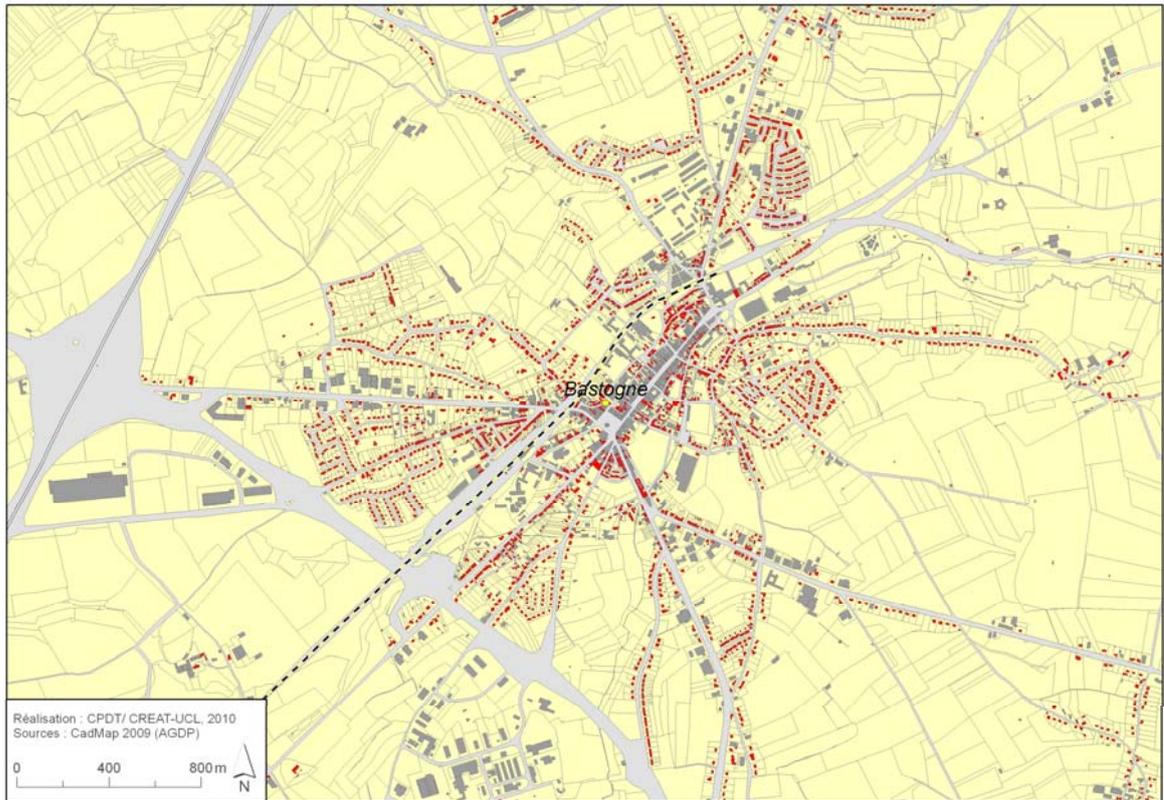
Données du réseau de chaleur		
Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	19894,5
- Puissance moyenne par logement	kW	14,92
- Coefficient de foisonnement	-	0,8
Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m/K	0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m/K/mm	0,0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	3
Résultats globaux du réseau de chaleur		
- Puissance thermique installée	kW	5268
- Longueur du réseau de chaleur	m	3870
- Densité du réseau	kW/m	1,36
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	8780000
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	1223947
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	907068
- Puissance de pompage	kW	23,78
- Rendement de distribution	%	89,67
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	71,74
- Investissement	€	3.289.045 €
- Nombre de logements	-	439
- Prix par logement	€	7.492 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/kWh/an	0,375

5.2 CAS D'ETUDE POUR LES EFFLUENTS D'ELEVAGE

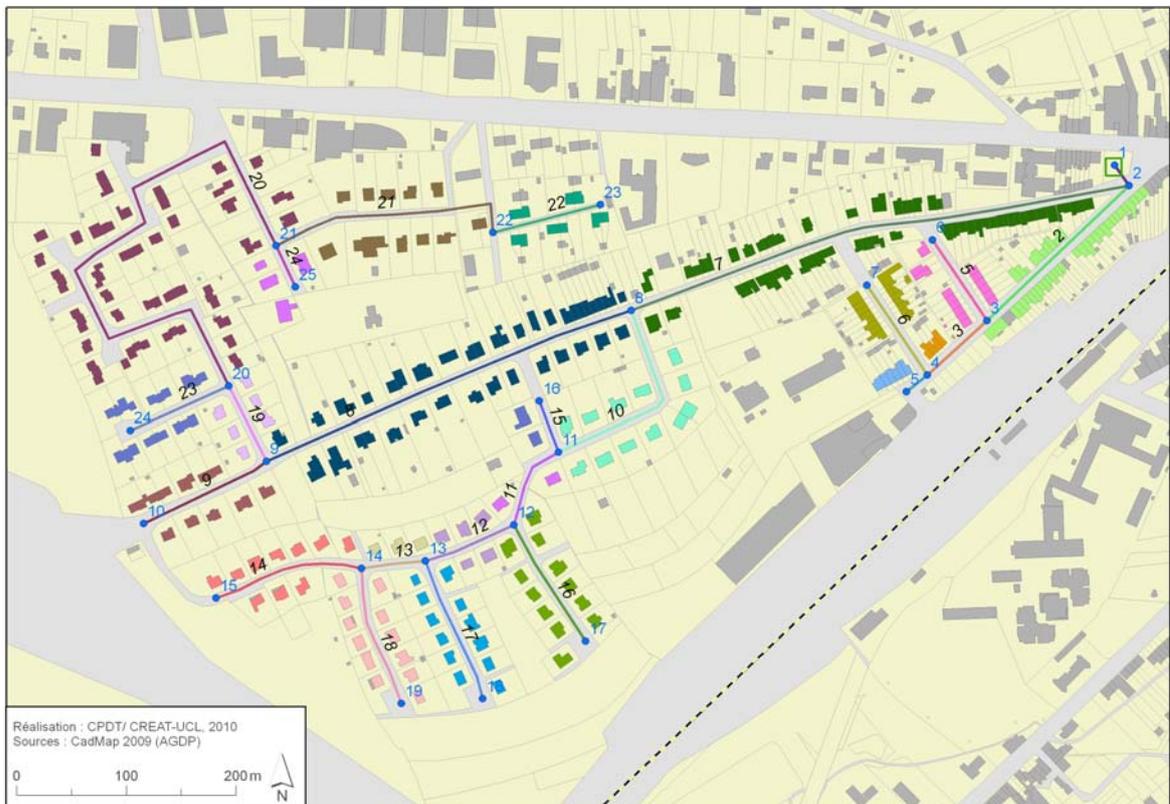
Grâce à la cartographie du potentiel énergétique des effluents d'élevage de Wallonie, nous avons pu croiser l'offre énergétique avec les besoins des ménages pour identifier un cas d'étude. Ce dernier fut réalisé sur la commune de Bastogne.



Carte 5.2.1. : Croisement entre la densité de besoins en chaleur et le potentiel énergétique des effluents d'élevage



Carte 5.2.2. : Localisation des bâtiments résidentiels à Bastogne



Carte 5.2.3. : Identification des logements desservis par chacune des branches du réseau

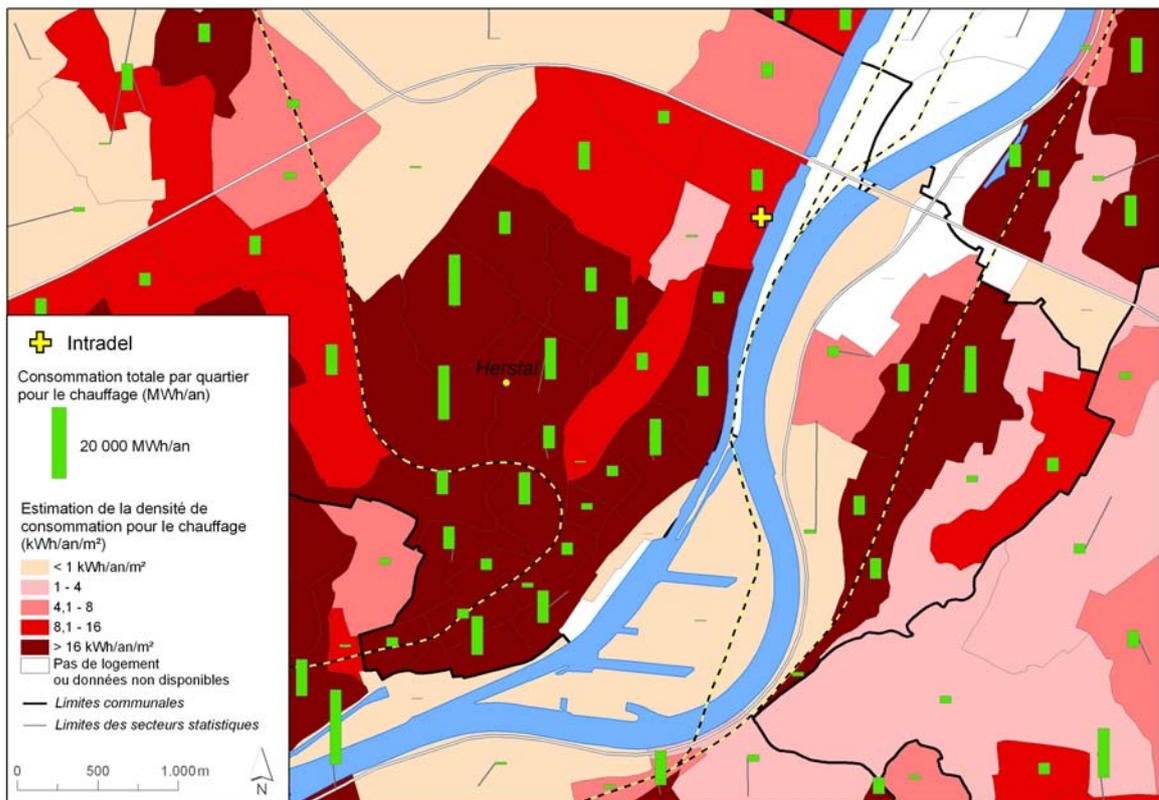
Données du réseau de chaleur		
Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	23978
- Puissance moyenne par logement	kW	17,9835
- Coefficient de foisonnement	-	0,8
Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m/K	0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m/K/mm	0,0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	3
Résultats globaux du réseau de chaleur		
- Puissance thermique installée	kW	5121,7008
- Longueur du réseau de chaleur	m	3543
- Densité du réseau	kW/m	1,45
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	8536168
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	1196467
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	923528
- Puissance de pompage	kW	51,22
- Rendement de distribution	%	89,18
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	71,34
- Investissement	€	3.004.322 €
- Nombre de logements	-	356
- Prix par logement	€	8.439 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/(kWh/an)	0,352
- Coût unitaire de réduction d'émission de cO2	€/(kg CO2/an)	1,23 €

5.3 CAS DES DECHETS MENAGERS (INTRADEL – HERSTAL)

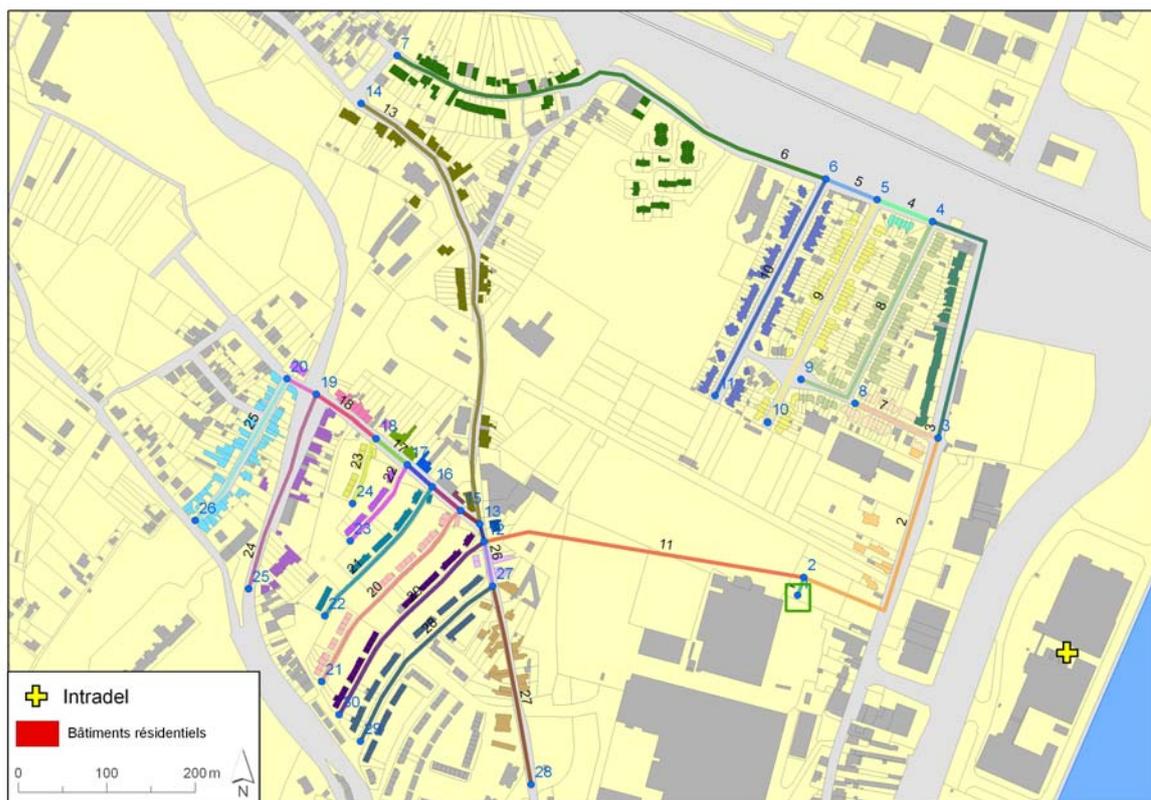
Sur base de données communiquées par l'intercommunale Intradel à Herstal, nous avons croisé l'offre énergétique de l'intercommunale avec les besoins des ménages pour identifier un cas d'étude dans le contexte urbanisé d'Herstal.



Visite d'Intradel à Herstal par l'équipe des chercheurs CPDT



Carte 5.3.1. : Croisement entre la densité de besoins en chaleur et la localisation d'Intradel

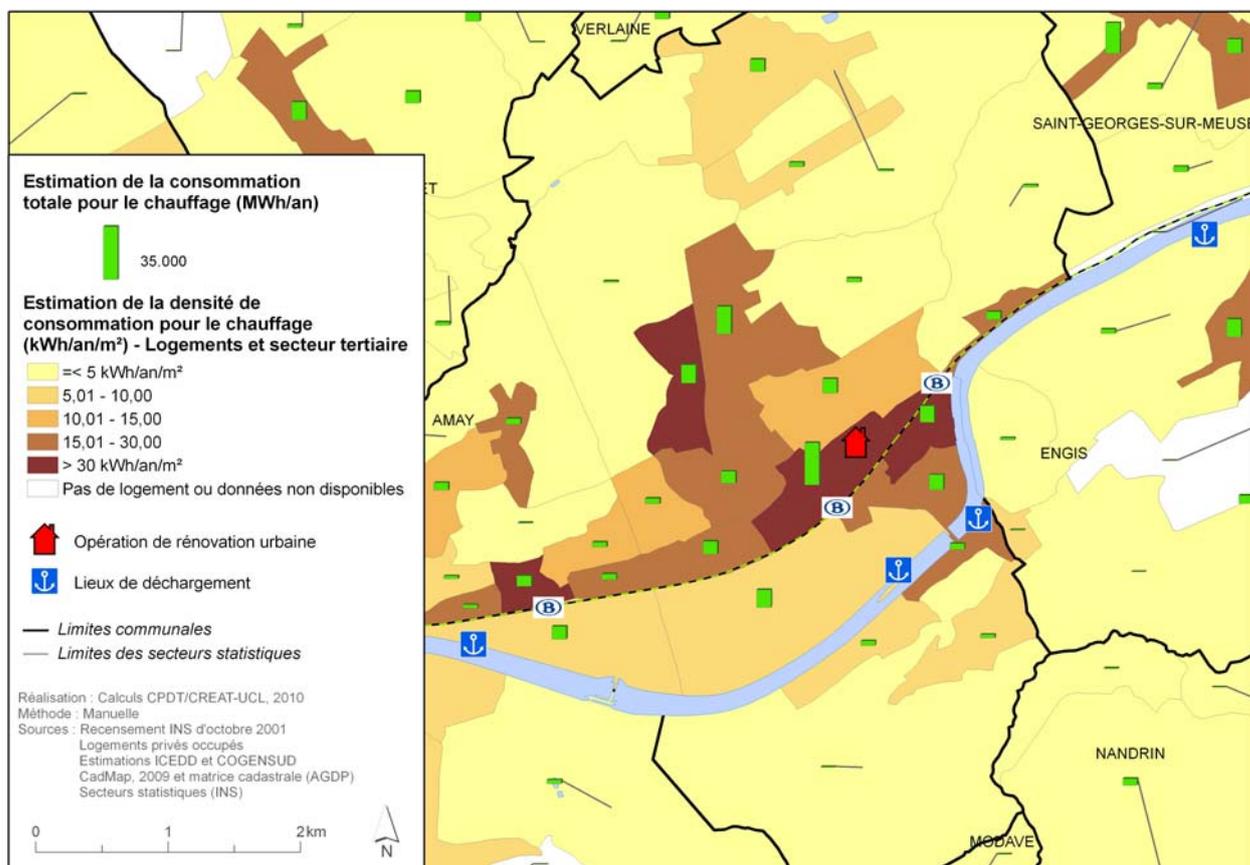


Carte 5.3.2. : Identification des logements desservis par chacune des branches du réseau

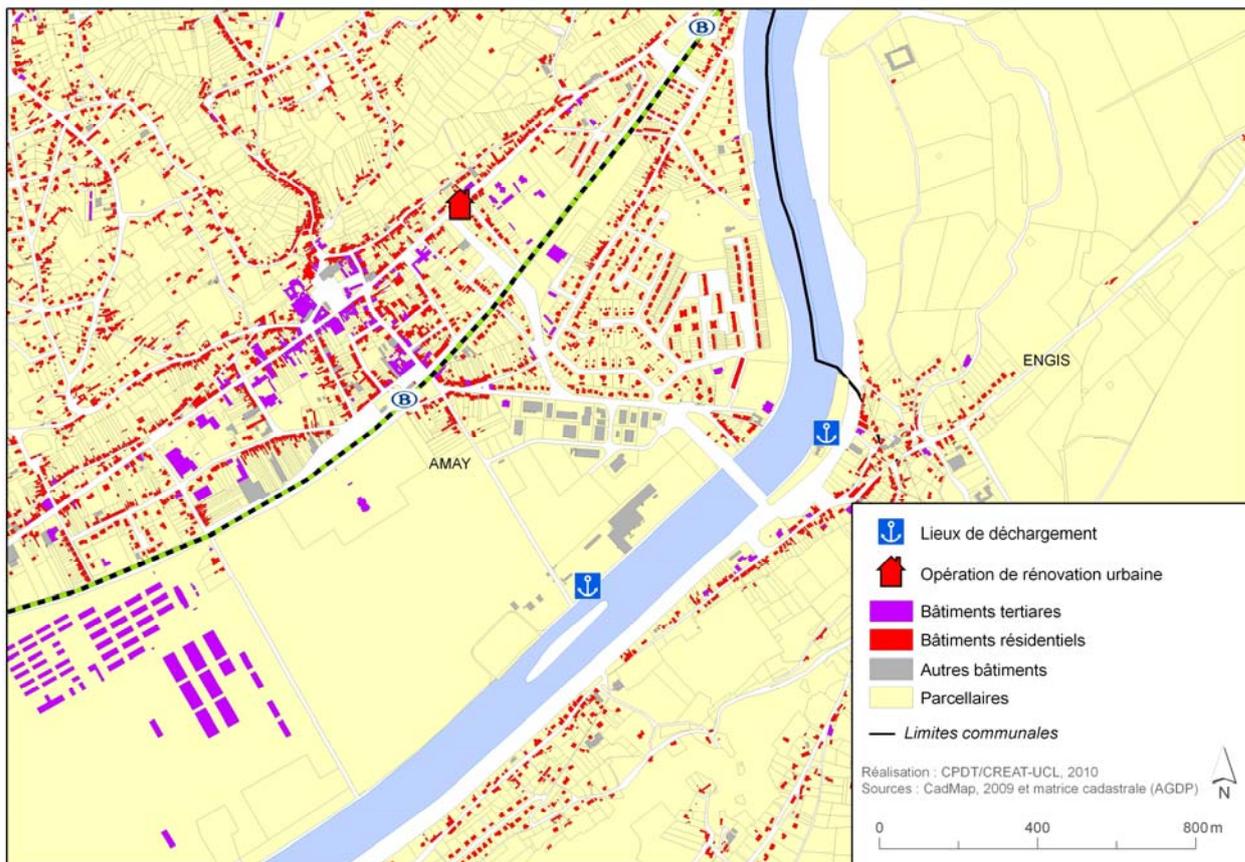
Données du réseau de chaleur		
Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	16336
- Puissance moyenne par logement	kW	12,252
- Coefficient de foisonnement	-	0,8
Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m/K	0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m/K/mm	0,0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	3
Résultats globaux du réseau de chaleur		
- Puissance thermique installée	kW	6037,7856
- Longueur du réseau de chaleur	m	5296
- Densité du réseau	kW/m	1,14
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	10062976
- Equivalent litres de mazout ou m ³ de G.N.	-	1447736
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	1319713
- Puissance de pompage	kW	71,55
- Rendement de distribution	%	86,89
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	69,51
- Investissement	€	4.656.861 €
- Nombre de logements	-	616
- Prix par logement	€	7.560 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/(kWh/an)	0,463
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO ₂	€/(kg CO ₂ /an)	1,62 €

5.4 CAS PERIURBAIN SUR AMAY

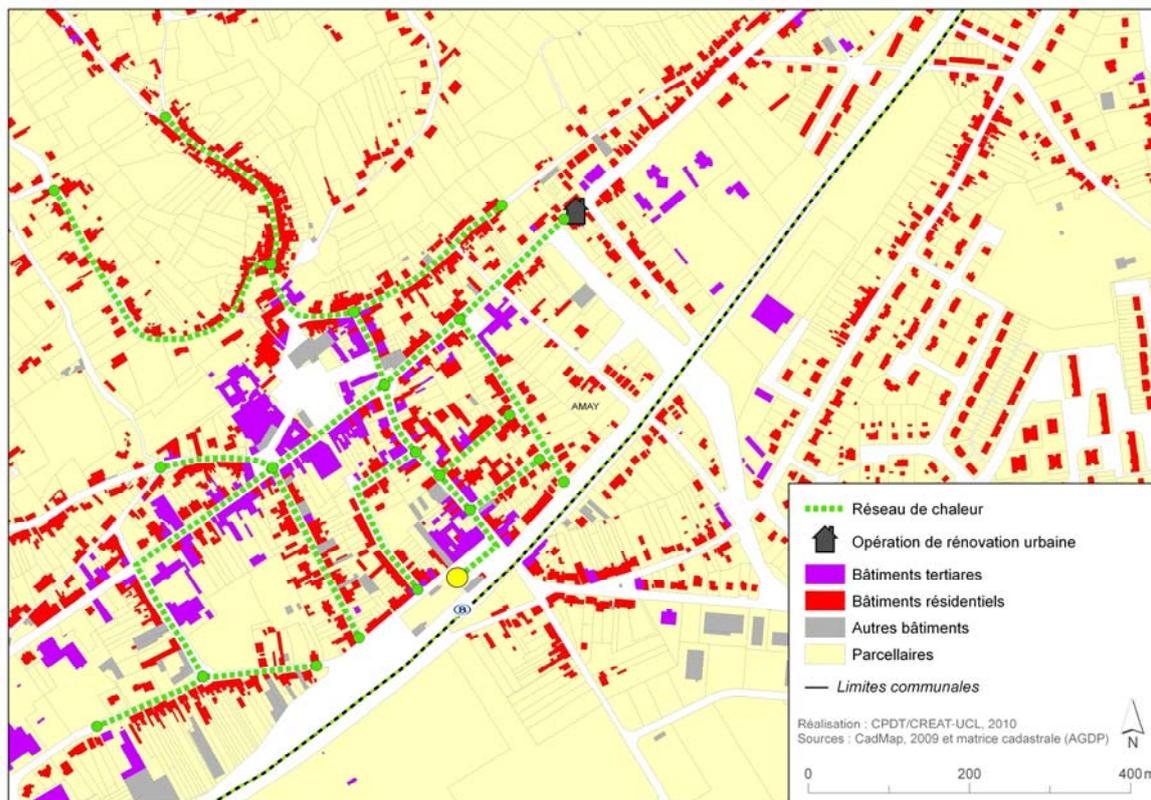
Après avoir identifié une série de critères de localisation, voici un cas d'étude final sur la commune de Amay. Cette dernière comprend une rénovation urbaine et est localisée à proximité du chemin de fer et de lieux de transbordement par voies fluviales. De plus, on y observe une certaine concentration en demande de chauffage (pour le secteur résidentiel et tertiaire). Ce lieu nous semblait donc judicieux pour réaliser notre dernier cas d'étude.



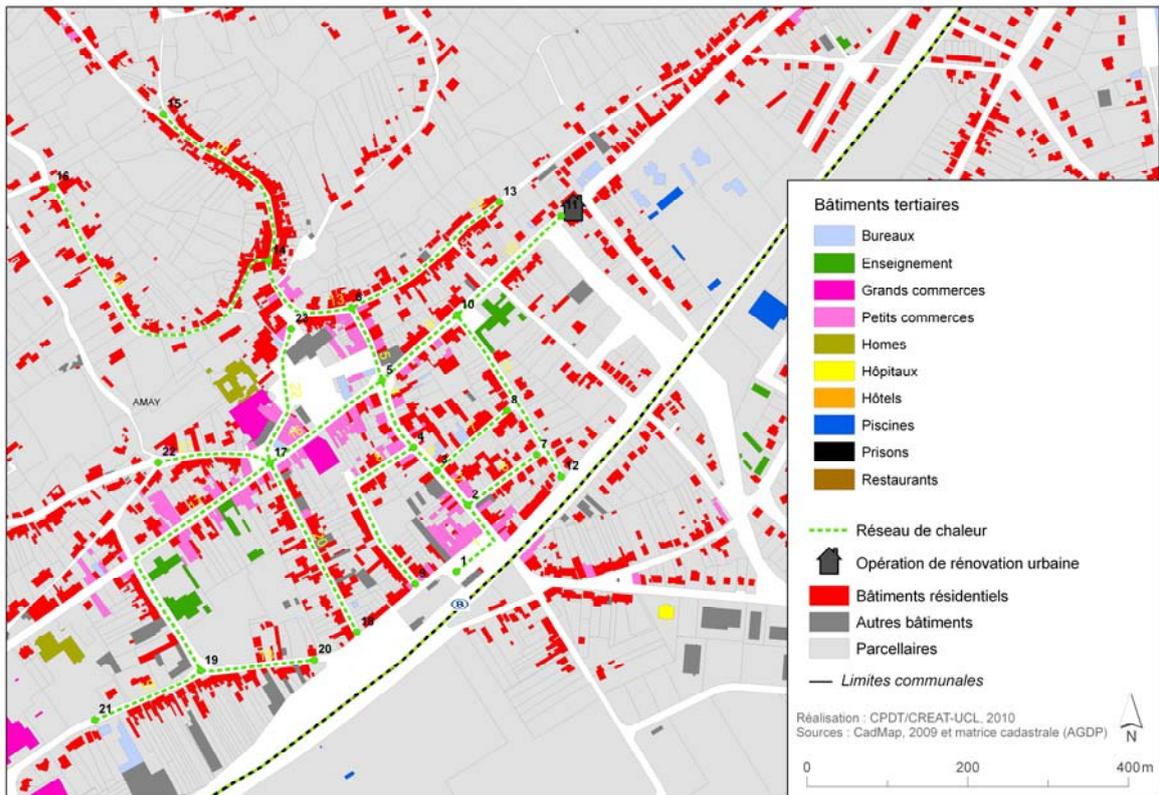
Carte 5.4.1. : Besoins en chauffage et localisation de la rénovation urbaine à Amay



Carte 5.4.2. : Identification des bâtiments résidentiels et tertiaires pouvant être potentiellement desservis par le futur réseau de chaleur



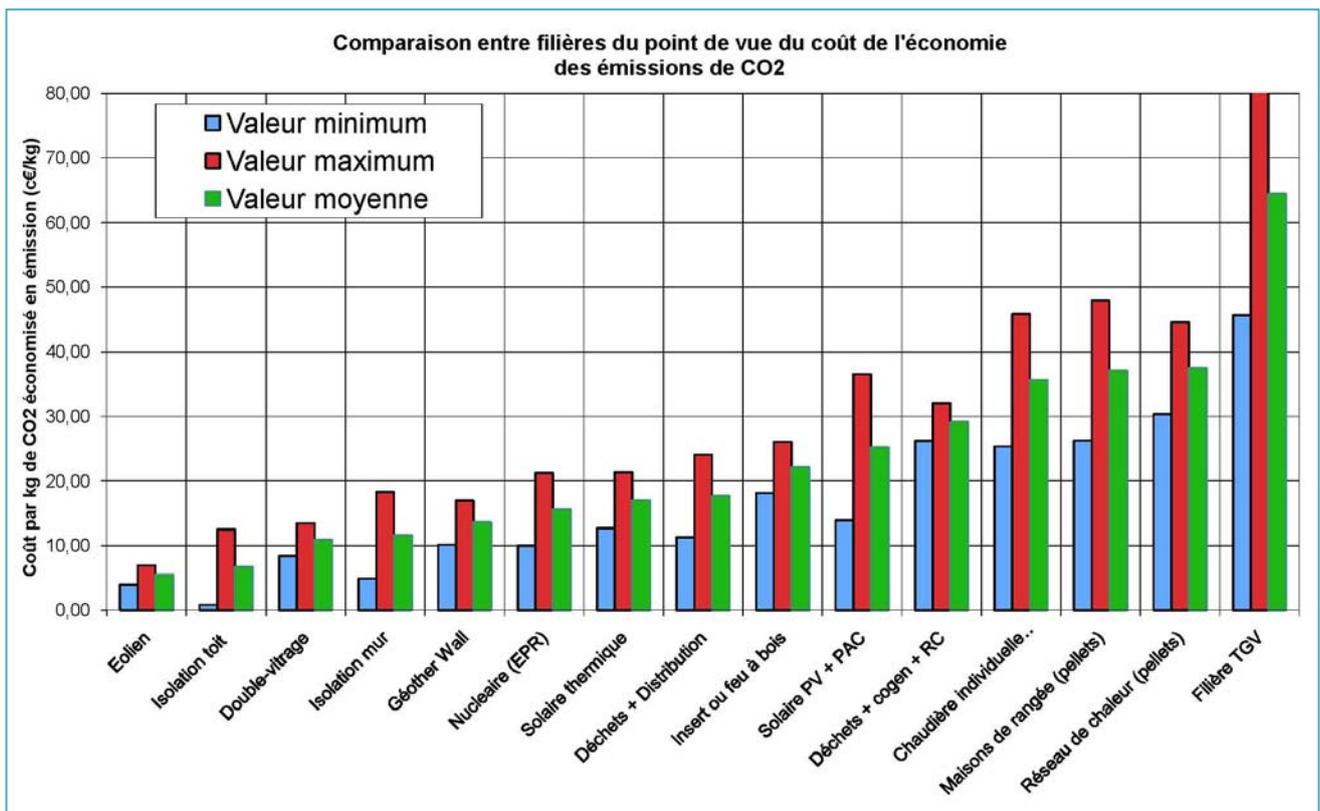
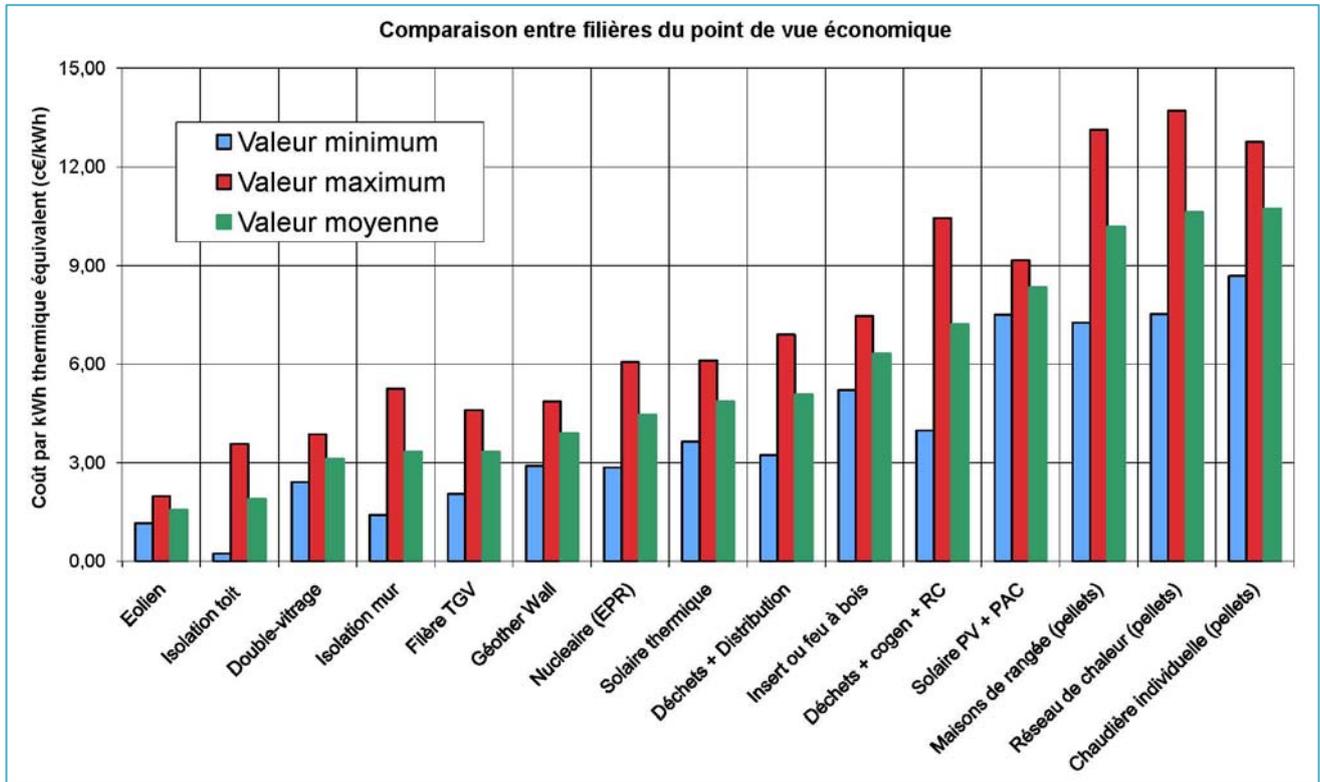
Carte 5.4.3. : Construction théorique du réseau de chaleur (passant notamment par la rénovation urbaine)



Carte 5.4.4. : Identification plus précise des fonctions des bâtiments tertiaire sur la zone

Données du réseau de chaleur			
Données climatiques			
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254	254
Caractéristiques d'un logement moyen			
- Prix par logement : raccordement	€	2000	4000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	24696	24696
- Puissance moyenne par logement	kW	18,522	18,522
- Coefficient de foisonnement	-	0,8	0,8
Caractéristiques du réseau de distribution			
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m/K	0,1	0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m/K/mm	0,0025	0,0025
- Température aller réseau	°C	90	90
- Température retour réseau	°C	70	70
- Température sol	°C	10	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0,02	0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	200	500
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	2	5
		Calcul 1	Calcul 2
Résultats globaux du réseau de chaleur			
- Puissance thermique installée	kW	11542,9104	11542,9104
- Longueur du réseau de chaleur	m	3850	3850
- Densité du réseau	kW/m	3,00	3,00
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	19238184	19238184
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	804921	2557052
- Taux d'utilisation	h/an	1667	1667
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	1145685	1145685
- Puissance de pompage	kW	67,38	67,38
- Rendement de distribution	%	94,04	94,04
- Rendement de production moyen	%	80	80
- Rendement global moyen	%	75,24	75,24
- Investissement	€	3.093.931 €	6.955.827 €
- Nombre de logements	-	779	779
- Prix par logement	€	3.972 €	8.929 €
- Longueur par logement - Densité du réseau	m/log	4,9	4,9
- Coût unitaire par kWh produit sur 30 ans	c€/kWh	0,54	1,21
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans	c€/kg CO2	1,87	4,21
- Emission de CO2 par an au bois	T CO2/an	961,91	961,91
- Emission de CO2 par an au Mazout	T CO2/an	7358,61	7358,61
- Emission de CO2 par an au Gaz Naturel	T CO2/an	5680,92	5680,92
		CO2	Rendement
Bois granulés	kg CO2/MWh	35	0,7
Gazole	kg CO2/MWh	306	0,8
Gaz naturel	kg CO2/MWh	251	0,85

5.5 LOGICIEL DE DIMENSIONNEMENT ET COMPARAISON ENTRE FILIERES (FICHER EXCEL)



Prix du kWh produit ou économisé			
	ct €/kWh		
	MIN	MAX	MOY
Écofen	1,14	1,99	1,56
Isolation toit	0,23	3,58	1,91
Double-vitrage	2,40	3,85	3,13
Isolation mur	1,41	5,25	3,33
Filère TGV	2,05	4,80	3,33
Géother Wall	2,90	4,86	3,88
Nucléaire (EPR)	2,85	6,07	4,46
Solaire thermique	3,64	6,11	4,87
Déchets + Distribution	3,24	6,89	5,06
Insert ou feu à bois	5,20	7,46	6,33
Déchets + cogén + RC	3,97	10,44	7,21
Solaire PV + PAC	7,50	9,17	8,33
Maisons de rangée (pellets)	7,26	13,12	10,19
Réseau de chaleur (pellets)	7,52	13,70	10,61
Chaudière individuelle (pellets)	8,88	12,76	10,72

Prix du kg de CO2 d'émission économisée par rapport au mazout *			
	ct €/kg CO2		
	MIN	MAX	MOY
Écofen	3,99	6,95	5,47
Isolation toit	0,81	12,51	6,66
Double-vitrage	8,39	13,46	10,93
Isolation mur	4,92	18,34	11,63
Géother Wall	10,16	17,00	13,58
Nucléaire (EPR)	9,97	21,23	15,60
Solaire thermique	12,71	21,35	17,03
Déchets + Distribution	11,31	24,09	17,70
Insert ou feu à bois	18,18	26,07	22,13
Solaire PV + PAC	13,89	36,52	25,21
Déchets + cogén + RC	28,22	32,05	29,14
Chaudière individuelle (pellets)	25,37	45,88	35,62
Maisons de rangée (pellets)	26,30	47,90	37,10
Réseau de chaleur (pellets)	30,35	44,60	37,48
Filère TGV	45,67	83,17	64,42

Prix du kg pellets (€/kg)	
0,26666667	
4,16666667	

Prix pellets (ct€/kWh)	
6,66666667	
0,035	
0,306 3,26797386	
0,251 18,1818182	

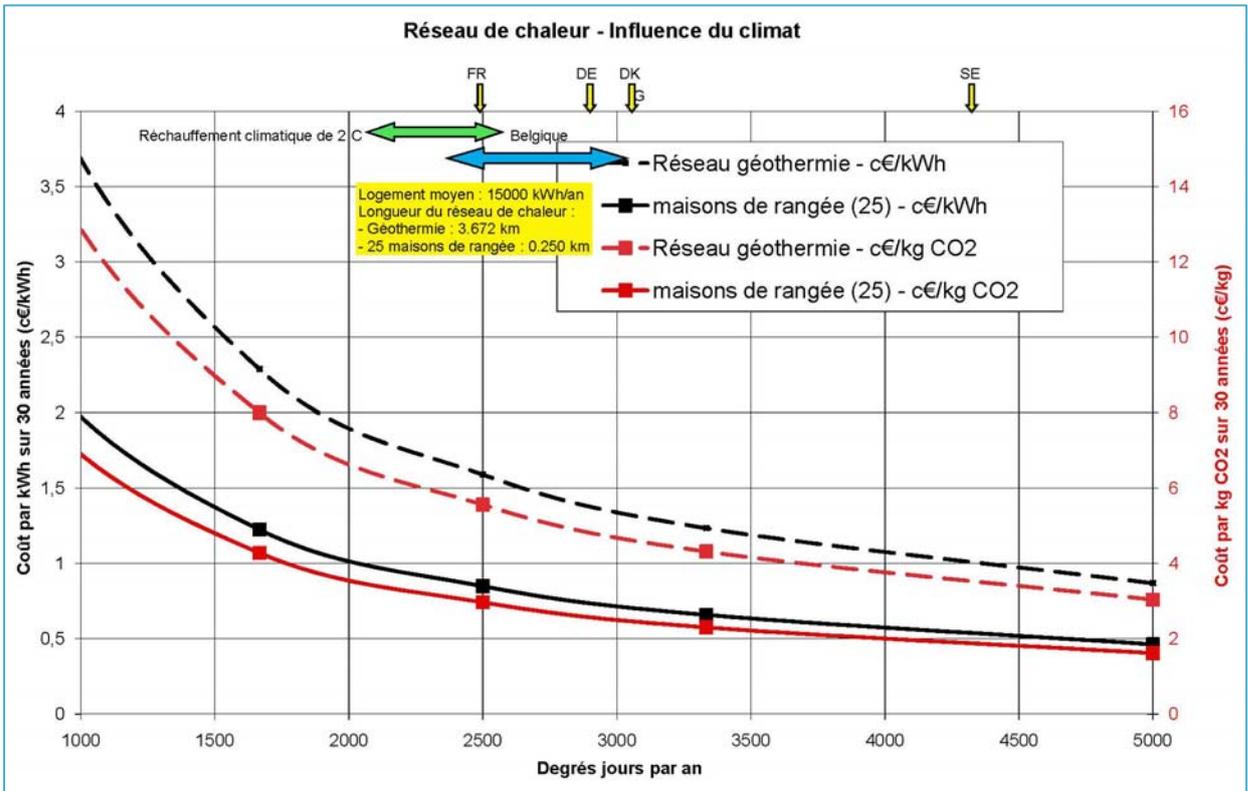
Filère Nucléaire	
Nucléaire (5.7 à 7.85 ct€/kWh)	5,1 12,5
Équivalent énergie électrique - énergie thermique	3,90 2,52
Coefficient coût du transport et de gestion du réseau d'électricité	1,90 7,00
Coût global du nucléaire en ct€/kWh	2,85 6,07

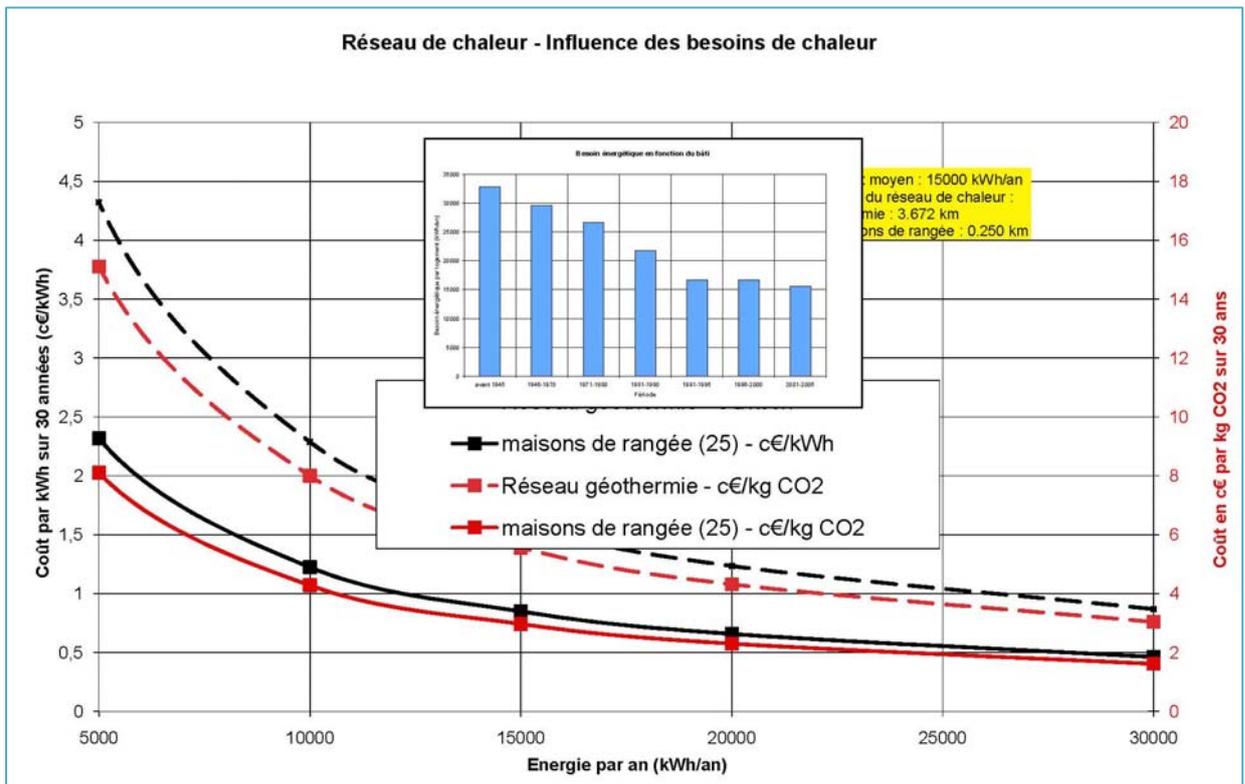
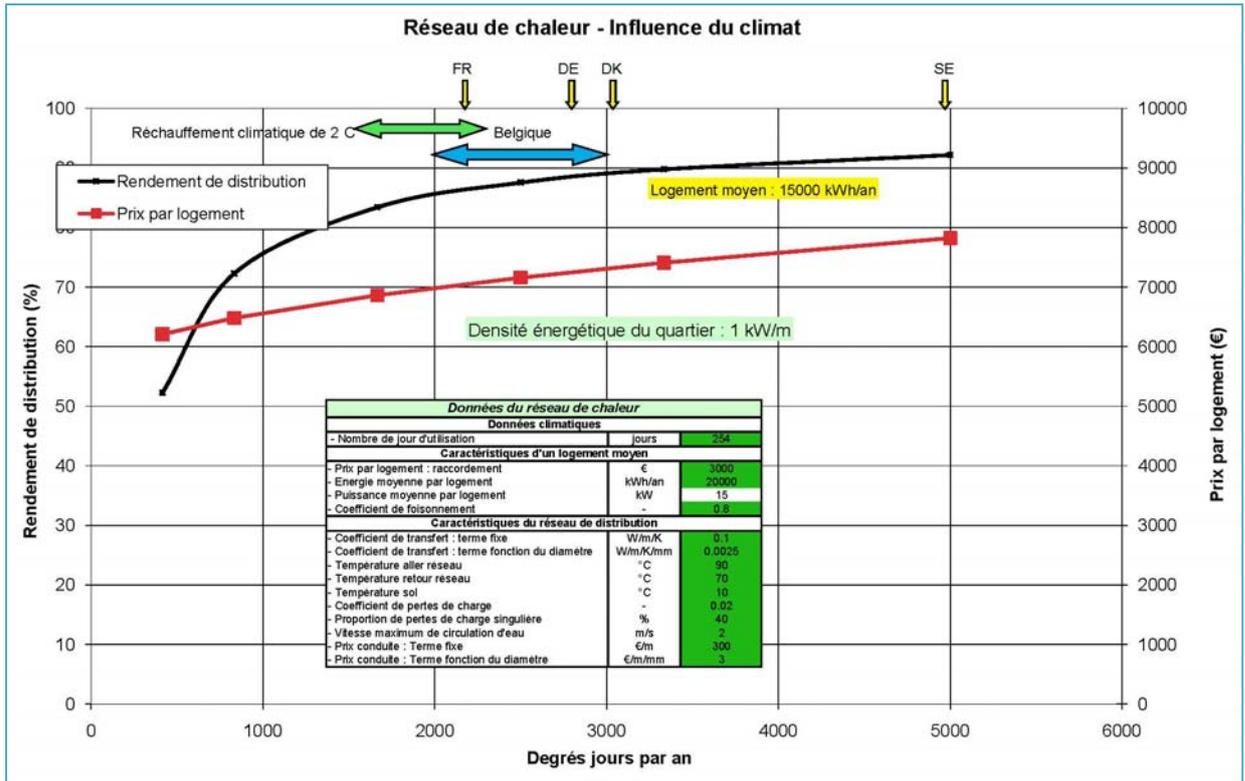
Filère TGV	
TGV (4.1 à 5.8 ct€/kWh)	4,1 5,8
Équivalent énergie électrique - énergie thermique	3,90 2,52
Coefficient coût du transport et de gestion du réseau d'électricité	1,90 7,00
Coût global de la TGV en ct€/kWh	2,05 4,80

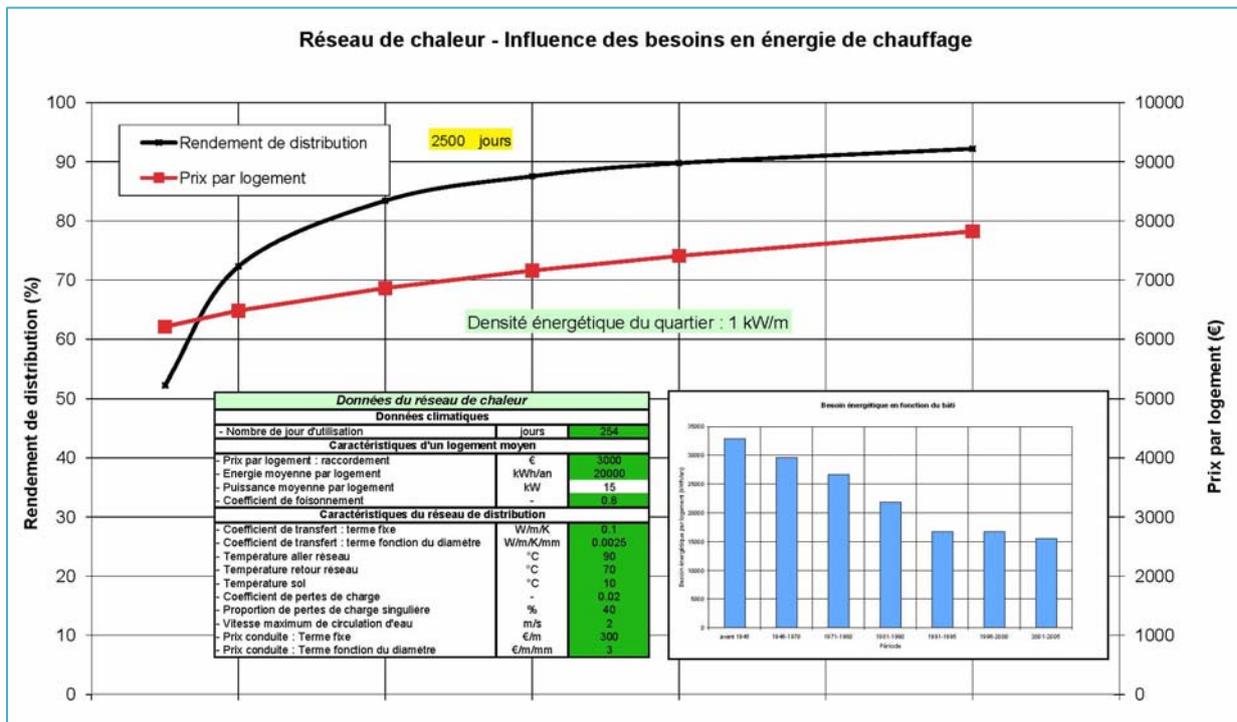
3,4965
3,88558201 8,54700855
2,88919364 6,80032842
9,66 11,65
8,67 7,82

- Réseau de chaleur grande dimension	1,59 5,56
- Réseau de chaleur grande dimension + chaudière pellets	2,99 10,46
- Réseau de chaleur maison de rangée	0,85 2,97
- Réseau de chaleur maison de rangée + chaudière pellets	2,01 7,02

*Zéro émissions de CO2 des filières considérées







Données du réseau de chaleur				Commentaires		Données relatives aux pertes de charge en conduite (lignes 16 à 18)	
Données climatiques							
- Nombre de jour d'utilisation		jours 254		Le réseau de chauffage urbain est un réseau ramifié, du type double-tubes : un tube d'alimentation en eau chaude et un tube de retour de l'eau froide.		Les pertes de charges dans les conduites du réseau de chaleur sont évaluées à partir des données suivantes :	
Caractéristiques d'un logement moyen				Les points de consommation (logements, bâtiments du tertiaire, industries, etc.) sont alimentés en parallèle sur le "double-tube". L'échange de la chaleur vers les points de consommation s'effectue par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur généralement à plaques.		- le coefficient de perte de charge en conduit égal à environ 0,02	
- Prix par logement : raccordement	€	3000	4000	La géométrie du réseau de chaleur est définie dans la feuille suivante "Réseau".		- un coefficient de majoration forfaitaire qui tient compte des pertes de charge singulières (coudes, élargissement et rétrécissement, vannes, etc.)	
- Energie moyenne par logement	kWh/an	20000	10000	Cette feuille reprend les données de base qui s'appliquent globalement au réseau de chaleur. Elles sont indiquées en vert dans deux colonnes distinctes correspondant à deux options différentes de données. L'enchaînement du calcul s'effectue au moyen des boutons "Calcul 1" et "Calcul 2".		- la vitesse maximum admise pour l'eau en conduite (valeurs usuelles de 1 à 2 m/s).	
- Puissance moyenne par logement	kW	11,35	11,25	Données du réseau de chaleur		Coût des conduites (lignes 19 et 20)	
- Coefficient de fossilisation		0,8	0,8	Les données sont introduites dans les cases vertes du tableau.		Le coût des conduites correspond aux postes suivants :	
Caractéristiques du réseau de distribution				Le nombre de jours de chauffe par an (ligne 4)		- le coût des travaux de vaine qui dépend fortement du projet de réseau de chaleur envisagé : ville ou nouveau lotissement, concurrence possible avec d'autres travaux de voirie, projet de rénovation, compléments de réseau de chaleur, longueur et relief du site (accédant ou non),	
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/mK	0,1	0,1	De la somme de ces données, on déduit le nombre de jours de chauffe nécessaire toute l'année, le nombre de jours est de 365. Dans le cas où le réseau de chaleur est utilisé uniquement pour le chauffage, ce nombre correspond au nombre de jours de chauffe qui dépend des données climatiques annuelles et de l'inertie du bâtiment ou le réseau de chaleur est utilisé.		- les prix des conduites et leur placement,	
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/mK/mm	0,0025	0,0025	Le résultat de calcul sont données dans les cases jaunes du tableau :		- équipements divers : chambres de visite, régulation, robinetterie, etc.	
- Température aller réseau	°C	90	90	Le prix des conduites varie donc fortement en fonction du projet. Les informations reçues concernant le prix des conduites sont d'ailleurs très disparates : de l'ordre de 200 €/m à plus de 1000 €/m. C'est une des raisons pour laquelle deux scénarios distincts sont mis à disposition de l'utilisateur. Ceci permet notamment de tenir compte de la variabilité du coût des conduites.			
- Température retour réseau	°C	70	70	Résultats globaux du réseau de chaleur		Résultats globaux du réseau de chaleur	
- Température sol	°C	10	10	Les résultats de calcul sont donnés dans les cases jaunes du tableau :		- Ligne 23 : Puissance thermique maximum à fournir au réseau de chaleur.	
- Coefficient de pertes de charge		0,02	0,02	Le prix de raccordement au réseau de chauffage urbain (ligne 5)		- Ligne 24 : La longueur totale du réseau de chaleur (comme des longueurs des trames)	
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40	40	Ce prix du raccordement par logement au réseau de chaleur correspond aux postes suivants :		- Ligne 25 : la densité du réseau en kW thermique par m de réseau. Cette grandeur donne une idée de la concentration de l'habitat en termes de besoins en énergie de chauffage.	
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2	2	Travaux de tranchée et de placement du raccordement au réseau de chaleur (conduites d'alimentation et de retour)		- Ligne 26 : la consommation totale en énergie thermique du réseau de chauffage en kWh par an.	
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300	300	Le coefficient de fossilisation est composé de la similitude éventuelle des besoins de chauffage. La puissance à fournir au réseau de chauffage dépend des besoins en chaleur des logements qui ne sont pas nécessairement concomitants.		- Ligne 27 : l'équivalence en consommation en conduites fossiles (mazout ou gaz naturel) compte tenu du rendement saisonnier donné à la ligne 32.	
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	1	1	L'énergie moyenne par logement est fonction de la dimension et de l'isolation thermique du logement qui dépend fortement de l'âge du bâti. Sur les graphiques donnant le coût par kWh en fonction de l'énergie thermique à fournir par logement, est également repris l'énergie thermique annuelle demandée par logement en fonction de l'âge du bâti.		- Ligne 28 : l'équivalence en consommation en conduites fossiles (mazout ou gaz naturel) compte tenu du rendement saisonnier donné à la ligne 32.	
Résultats globaux du réseau de chaleur				Données relatives à l'isolation thermique des conduites du réseau de chaleur (lignes 11 et 12)		- Ligne 29 : pertes en énergie thermique en kWh/an dues à la distribution d'eau chaude dans le réseau.	
- Puissance thermique installée	MW	3019	3079	L'isolation thermique des conduites du réseau de chaleur est caractérisée par deux grandeurs :		- Ligne 30 : Puissance de pompage à réaliser pour le débit normal dans une ligne compte du rendement du pompage.	
- Longueur du réseau de chaleur	m	3672	3072	un terme fixe du coefficient de transfert de chaleur par mètre de conduite en W/mK,		- Ligne 31 : Rendement global du réseau de chaleur, compte tenu des rendements de production et de distribution.	
- Densité du réseau	MW/m	1,06	1,06	un terme fonction du diamètre de la conduite donné en mm en W/mK/mm.		- Ligne 32 : coût du réseau de chauffage urbain sans tenir compte des moyens de production.	
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	640000	640000	Les résistances thermiques de convection de l'écoulement de l'eau et de conduction dans le sol sont négligeables comparées celle de l'isolation thermique des conduites de distribution.		- Ligne 33 : l'énergie thermique utile fournie aux logements et en considérant une durée de vie de 30 années. Ceci représente l'économie possible de CO2 émis à l'atmosphère en considérant une source d'énergie à zéro émission de CO2.	
- Equipement fixe de mazout ou m3 de G4		80424	80424	Les valeurs données dans le tableau ont été obtenues à partir d'informations de fournisseurs de conduites de réseau de chaleur.		- Ligne 34 : l'investissement du réseau de chauffage.	
- Taux d'utilisation	t/h/an	1667	1667	Données relatives aux températures de distribution et du sol (lignes 13 à 16)		- Ligne 35 : coût de l'investissement du réseau de chaleur en €/par kW thermique utile fourni aux logements en considérant une durée de vie de 30 années.	
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	80424	80424	Dans le cas d'un fonctionnement nominal, les températures de distribution sont classiquement de 90 °C pour l'eau d'alimentation et de 70 °C pour l'eau de retour. Il faut remarquer qu'au niveau de l'immeuble équipé d'IC, le régime de température est légèrement inférieur compte tenu de l'échangeur de chaleur à plaques, par exemple de 85/85 (incidence de 5 °C). En période d'été, le régime de température peut être régulé en fonction de la température extérieure. La température du sol est une température moyenne pendant la période de fonctionnement du réseau de chaleur.		- Ligne 36 : coût de l'investissement du réseau de chaleur en €/par kW thermique utile fourni aux logements en considérant une durée de vie de 30 années. Ceci représente l'économie possible de CO2 émis à l'atmosphère en considérant une source d'énergie à zéro émission de CO2.	
- Puissance de pompage	MW	48,53	48,53			- Ligne 37 : longueur moyenne entre logements successifs. Cette grandeur donne également une idée de la concentration de l'habitat en termes de besoins en énergie de chauffage.	
- Rendement de distribution	%	87,55	87,55			- Ligne 38 : coût du investissement du réseau de chaleur en €/par kW thermique utile fourni aux logements en considérant une durée de vie de 30 années.	
- Rendement de production moyen	%	70,04	70,04			- Ligne 39 : coût de fossilisation du réseau de chaleur en €/par kg de CO2 d'émission émis en supposant le mazout comme source d'énergie utile fournie aux logements et en considérant une durée de vie de 30 années. Ceci représente l'économie possible de CO2 émis à l'atmosphère en considérant une source d'énergie à zéro émission de CO2.	
- Rendement global moyen	%	2,657.19E+01	4.711.984E+01			- Ligne 40 à 42 : l'émission de CO2 émis à l'atmosphère en considérant différents moyens de production de chaleur : bois, mazout ou gaz naturel.	
- Investissement	€	4.777,4	18.933,4				
- Nombre de logements		431	431				
- Prix par logement	€/m	4.777,4	18.933,4				
- Longueur par logement - Densité du réseau	m/mg	8,5	8,5				
- Coût unitaire par kWh produit sur 30 ans	€/kWh	1,06	2,43				
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans	€/kg CO2	3,71	8,49				
- Emission de CO2 par an au bois	T CO2/an	323,26	323,26				
- Emission de CO2 par an au Mazout	T CO2/an	2472,86	2472,86				
- Emission de CO2 par an au Gaz Naturel	T CO2/an	1909,08	1909,08				
CO2				Rendement			
Bois granulés	kg CO2/MWh	36	0,7				
Bois	kg CO2/MWh	28	0,8				
Granulés	kg CO2/MWh	251	0,65				

Données maison de rangées			
Données climatiques			
- Nombre de jour d'utilisation	jours		254
Caractéristiques d'un logement moyen			
- Prix par logement : raccordement	€		1000
- Energie moyenne par logement	kWh/an		15000
- Puissance moyenne par logement	kW		11,25
- Coefficient de foisonnement	-		0,8
Caractéristiques du réseau de distribution			
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m/K		0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m/K/mm		0,0025
- Température aller réseau	°C		90
- Température retour réseau	°C		70
- Température sol	°C		10
- Coefficient de pertes de charge	-		0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%		40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s		2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m		200
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm		2
Résultats globaux du réseau de chaleur			
- Puissance thermique installée	kW		225
- Longueur du réseau de chaleur	m		250
- Densité du réseau	KW/m		0,90
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh		375000
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-		53010
- Taux d'utilisation	h/an		1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh		43397
- Puissance de pompage	kW		1,82
- Rendement de distribution	%		88,43
- Rendement de production moyen	%		80
- Rendement global moyen	%		70,74
- Investissement	€		95.680 €
- Nombre de logements	-		25
- Prix par logement	€		3.827 €
- Coût unitaire par kWh produit sur 30 ans	c€/kWh		0,850
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans	c€/kg CO2		2,974
- Emission de CO2 par an au bois	T CO2/an		18,75
- Emission de CO2 par an au Mazout	T CO2/an		143,44
- Emission de CO2 par an au Gaz Naturel	T CO2/an		110,74
CO2 Rendement			
Bois granulés	kg CO2/MWh	35	0,7
Gaz oil	kg CO2/MWh	306	0,8
Gaz naturel	kg CO2/MWh	251	0,85

Trame	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
CO2																											
Rendement																											
375000	225	9,87	41	43397	1,82	88,43	80	70,74	95.680 €	25	3.827 €	0,850	2,974	18,75	143,44	110,74											

Commentaires
 Le réseau de chauffage urbain envisagé ici est un réseau de petite dimension comportant une seule trame de 25 maisons de rangée (cf. ligne 47 pour la donnée géométrique). Les avantages d'un réseau de chaleur court sont :

1. La facilité d'exécution. On suppose que le réseau de chaleur passe à travers la moyenneté des maisons qui sont supposées jointives. Les conduites de distribution pourraient passer à travers les caves (ou grenier) contiguës et être raccordées directement au chauffage central sans échangeur intermédiaire à plaques.
2. Le rendement de distribution est plus élevé car la longueur et les déperditions calorifiques sont faibles.
3. Le coût d'investissement est sensiblement plus faible du fait de l'économie des échangeurs à plaques et du prix moins élevé des conduites.

Les données correspondant au cas considéré ici pour la série de maisons de rangée correspondent à la ligne 47

Trame	Nœud in	Nœud out	L (m)	Nbre Log.	E/an (kWh)	Pth (kW)	Qnom. (m3/h)	Diam (mm)	Pertes Th. (kWh)	P pompe (kW)	Invest. (€)	Commentaires
Trame 1	1	2	29,92	0	0	0	166,77	172	13514	0,90	40.645 €	Le réseau de chauffage urbain est un réseau ramifié, du type double-tubes : un tube d'alimentation en eau chaude et un tube de retour de l'eau froide. Les points de consommation (logements, bâtiments tertiaires, industriels, etc.) sont alimentés en parallèle sur le "double-tubes". L'échange de la chaleur vers les points de consommation s'effectue par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur à plaques. Le réseau de chaleur comporte des trames et des nœuds. Une trame est une branche du réseau ramifié comportant le double-tube, un nœud d'entrée (colonne E, nœud in) et un nœud de sortie (colonne C, nœud out). La première trame est nécessairement reliée au nœud d'entrée 1 qui est le point d'alimentation en eau chaude et le point de retour de l'eau froide du réseau de chauffage urbain. Plusieurs trames peuvent être reliées à un nœud de sortie d'une trame située directement en amont (réseau ramifié). Une trame est caractérisée par une longueur en m (colonne D, L). Sur chacune des trames sont reliés un certain nombre de consommateurs (maisons, immeubles d'appartements, écoles, bâtiments publics, entreprises, etc.). Chacun de ces consommateurs est assimilé à un certain nombre équivalent (colonne E, Nbre Log) en consommation d'énergie d'un logement type défini dans la feuille précédente du fichier "Result RC". Les colonnes de A à E en vert constituent des données "géométriques" du réseau de chaleur. Le calcul proprement dit du réseau de chaleur est effectué dans des macros du fichier excel qui sont actionnées par deux boutons situés dans la feuille précédente "Result RC" permettant d'engager deux options de données différentes. Les résultats du calcul de réseau de chaleur sont donnés dans les colonnes F à L en jaune. Ces résultats pour chaque trame correspondent aux grandeurs suivantes : - Colonne F : énergie consommée en chauffage en kWh par an. - Colonne G : puissance thermique nominale de la trame. - Colonne H : débit nominal d'eau en m3/h. - Colonne I : diamètre des conduites d'alimentation et de retour d'eau (vitesse maximum d'eau définie dans "Result RC") - Colonne J : pertes thermiques dans la trame en kWh par an - Colonne L : coût d'investissement de la trame
Trame 2	2	3	124,90	0	0	0	50,69	95	36555	2,07	120.781 €	
Trame 3	3	4	76,31	13	195000	117	47,59	92	21449	1,23	125.157 €	
Trame 4	4	5	120,62	24	360000	216	40,63	85	32108	1,80	207.430 €	
Trame 5	5	6	58,08	1	15000	9	20,89	61	12490	0,62	50.695 €	
Trame 6	6	7	69,79	0	0	0	15,09	52	12453	0,63	52.166 €	
Trame 7	7	8	109,10	5	75000	45	13,54	49	20702	0,94	101.245 €	
Trame 8	8	9	70,91	4	60000	36	1,55	17	8656	0,21	57.322 €	
Trame 9	9	10	365,82	26	390000	234	10,06	42	64141	2,71	364.058 €	
Trame 10	10	11	106,90	1	15000	9	1,93	18	13204	0,34	66.680 €	
Trame 11	11	12	77,26	0	0	0	0,00	0	6993	0,00	39.626 €	
Trame 12	12	13	73,42	4	60000	36	1,55	17	8898	0,21	58.786 €	
Trame 13	13	14	93,48	4	60000	36	10,45	43	16551	0,71	82.030 €	
Trame 14	14	15	70,20	10	150000	90	3,87	26	9920	0,32	94.332 €	
Trame 15	15	16	113,67	13	195000	117	5,03	30	16936	0,60	125.709 €	
Trame 16	16	17	127,49	11	165000	99	5,42	31	19300	0,69	127.477 €	
Trame 17	17	18	37,18	2	30000	18	0,77	12	4101	0,08	29.762 €	
Trame 18	18	19	42,51	1	15000	9	0,33	8	4373	0,06	27.015 €	
Trame 19	19	20	113,69	4	60000	36	1,55	17	13715	0,33	82.247 €	
Trame 20	20	21	169,33	8	120000	72	3,10	23	21552	0,66	130.306 €	
Trame 21	21	22	249,05	0	0	0	116,08	143	97395	6,28	302.931 €	
Trame 22	22	23	491,26	93	1395000	837	35,90	80	125962	6,90	813.654 €	
Trame 23	23	24	169,62	19	270000	182	80,09	119	64121	3,34	246.687 €	
Trame 24	24	25	142,01	19	265000	171	7,36	36	23044	0,90	172.605 €	
Trame 25	24	26	96,77	24	360000	216	66,78	108	30528	1,84	196.574 €	
Trame 26	26	27	252,66	75	1125000	675	29,02	72	60196	3,18	516.947 €	
Trame 27	26	28	245,16	71	1065000	639	27,47	70	56919	2,98	490.344 €	

Référence : CWAPE 2004 - Les coefficients d'émission de CO2 des filières de production d'électricité verte, définis en application de l'article 38, § 2, du décret du 12 avril 2001 relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité*

Bois granulés	kg CO2/MWh	40..50
Gazell	kg CO2/MWh	306
Gaz naturel	kg CO2/MWh	261

	g CO2/Tkm	CAMILON TRAIN BATEAU		
		127 à 451	41 à 102	30 à 40
Emission CO2 due au transport	kgCO2/T	26,9	7,15	3,5
Rayon de 100 km				
PCI bois	kJ/kg	15000	15001	15002
PCI bois	MWh/T	4,17	4,17	4,17
CO2 dû au transport par 100 km	kg CO2/MWh	6,34	1,72	0,84
% émission CO2 dû au transport	%	15,4	3,8	1,9

Commentaires

Cette feuille de calcul donne un ordre de grandeur des émissions de CO2 dues au transport de la biomasse sous forme de pellets. La référence qui a été prise en compte pour l'évaluation des émissions de CO2 provenant de différentes sources (bois, mazout, gaz naturel) est celle de la CWAPE (cf. référence ligne 1). Les valeurs annoncées dans ce rapport corroborent à peu de choses près celles que l'on peut trouver sur internet.

Concernant les émissions de CO2 relatives à différents moyens de transport, les valeurs reprises dans le tableau de cette feuille correspondent à des distances plus ou moins courtes de transport (100 à 200 km). En particulier, les émissions de CO2 dues au transport par bateau gros tonnage sont bien inférieures à celle annoncée dans la colonne E (... 10 fois moins...) qui correspondent au transport par péniche.

Il faut remarquer que les émissions en CO2 dues au transport de la biomasse restent faibles, même pour le transport en camion tout ou moins à l'échelle de la Wallonie.

	Investissement RC		Unité de production*		Prix combustible		TOTAL	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Grand réseau de chaleur	1,06	2,43	0,75	1,75	5,71	9,52	7,52	13,70
Maison de rangée	0,85	1,95	0,75	1,75	5,85	9,42	7,26	13,12
Chaudière individuelle	-	-	1,50	2,50	7,18	10,26	8,88	12,76
Insert à bois**	-	-	0,98	1,73	4,22	5,72	5,20	7,46

* Prix installation : 300 à 700€/kW avec 1333 l/MWh/Wan pour RC - Installation individuelle : 600 à 1000 €/kW
** voir base de calcul

Process map steps	Alternatives	Units	Min Cost (€)	Cost (€)
Installation	Product price	€/unit	2500	4500
	Installation costs product	€/unit	600	1000
	Installation cost chimney	€/unit	0	0
	TOTAL €/MWh	Sum €/MWh	0,010	0,017
Use	Fuel cost	€/GJ	6,83	6,83
		€/MWh	0,025	0,025
	Fuel cost	€/stère	60	60
		€/MWh	0,041	0,054
	Repair and Maintenance costs	€/unit	625	1000
	€/MWh	0,002	0,003	
TOTAL CO2/MWh		0,042	0,057	
Disposal/Recycling		€/kg	-0,13	-0,13
		€/unit	-9,375	-9,375
	TOTAL CO2/kw	Sum €/MWh	-2,953E-05	-2,953E-05
Cher	TOTAL CO2/kw			
TOTAL excl alternative	TOTAL CO2/kw	gCO2/MWh	0,052	0,075
lifetime : 30 ans				

Commentaires

Cette feuille de calcul donne le résultat relatif à la filière biomasse. Quatre cas sont considérés dans le tableau ci-dessus :

1. Réseau de chauffage urbain de grande dimension (3 à 4 km de longueur) situé dans un site urbain. Les valeurs minimales et maximales dues à l'investissement du réseau sont reprises de la feuille "Réseau RC". Le réseau est alimenté par une chaudière aux pellets dont le prix, estimé sur base d'une offre d'un fabricant reconnu, est d'environ 300 à 700 €/kW installé selon la dimension du réseau urbain. Le prix des pellets a été estimé sur base de valeurs annoncées sur internet. La valeur maximale correspond au prix pratique pour le particulier, la valeur minimale est 60 % de ce prix.
2. Réseau de chauffage urbain se limitant à une série de 25 maisons de rangée (cf. feuille "maison+de+rangée"). Les valeurs minimales et maximales dues à l'investissement du réseau sont reprises de la feuille "maison+de+rangée". Le réseau est alimenté par une chaudière aux pellets dont le prix, estimé sur base d'une offre d'un fabricant reconnu, est d'environ 300 à 700 €/kW installé selon la dimension du réseau urbain. Le prix des pellets a été estimé sur base de valeurs annoncées sur internet. La valeur maximale correspond au prix pratique pour le particulier, la valeur minimale est 60 % de ce prix.
3. La chaudière individuelle est une chaudière aux pellets de petite puissance (10 à 15 kW) dont le prix varie fortement selon la sophistication de l'équipement de production et des moyens de stockage et de maintenance des pellets (800 à 1000 €/kW). Le rendement saisonnier de la chaudière est choisi égal à 65%. Le prix maximum des pellets (6,87 €/MWh) est celui annoncé sur internet pour le petit consommateur, le prix minimum est 70% du prix maximum.
4. L'insert à bois correspond à un chauffage du type "feu ouvert" aux bûches. Les valeurs annoncées dans le tableau ci-dessus sont établies à partir des valeurs du tableau de droite. Elles émanent de données réelles d'un producteur wallon d'inserts à bois.

Déchets élevage - Gaz injecté dans le réseau de distribution basse pression

Investissement digesteur (€/kW installé)	3700	4000
Investissement épuration et compresseur (€/kW installé)	1000	2000
Coût de la matière première à ajouter aux déchets d'élevage (c€/kWh)	1,00	2,50
Proportion moyenne de matières premières sur l'année	0,500	0,700
Production sur 30 ans (kWh/kW)	262800	210240
Rendement saisonnier de production chaudière au gaz naturel	0,80	0,65
Coût unitaire de production d'énergie sur 30 ans (c€/kWh)	3,24	6,89
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans (c€/kg CO2)	13,31	24,09

* 30 ans de durée de vie

Déchets élevage - cogénération + RC

Investissement digesteur (€/kW installé)	3700	4000
Investissement épuration + moteur (€/kW installé)	1000	2000
Coût de la matière première à ajouter aux déchets d'élevage (c€/kWh)	1,00	2,50
Proportion moyenne de matières premières sur l'année	0,500	0,700
Production sur 30 ans (kWh/kW)	262800	210240
Rendement électrique moteur à gaz	0,40	0,35
Rendement thermique moteur à gaz	0,50	0,45
Facteur d'utilisation de l'énergie thermique dans le réseau de chaleur	0,30	0,20
Rendement du réseau de chaleur	0,90	0,85
Equivalent énergie électrique - énergie thermique	3,00	2,52
Coefficient coût du transport et de gestion du réseau d'électricité	1,50	2,00
Production équivalente énergie thermique utile	245718	108799
Coût production	1,91	5,51
Coût réseau de chaleur (c€/kWh)	1,06	2,43
Coût unitaire de production d'énergie sur 30 ans (c€/kWh)	3,97	10,44
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans (c€/kg CO2)	13,89	36,52

* 30 ans de durée de vie

Commentaires

Cette feuille de calcul donne le résultat relatif à la filière biométhanisation. Deux sous-filières sont considérées dans le tableau :

1. Production du gaz de biométhanisation, épuration et injection du gaz épuré dans le réseau de distribution de gaz naturel "basse pression" (intercommunales).
2. Production du gaz de biométhanisation, cogénération dans un moteur à gaz et injection de l'énergie thermique dans un réseau de chaleur.

Comme pour toutes les autres filières envisagées, la durée de vie de l'installation est de 30 années.

La matière première de la biométhanisation comporte des déchets d'élevage et des ajouts dont le coût est estimé de 1 à 2,5 €/MWh de gaz produit. L'installation de biométhanisation fonctionne toute l'année avec en moyenne 50% à 70% d'ajouts aux déchets d'élevage.

Le coût d'investissement du digesteur de biométhanisation est estimé à 3700...4000€ par kW installé (information du facilitateur wallon en biométhanisation). L'investissement pour l'épuration du gaz et la machinerie nécessaire (compresseur ou moteur à gaz de cogénération) est supposé égal à 1000...2000€. La fourchette de prix est large car il s'agit d'une technologie peu répandue actuellement.

Dans le cas de la première filière (gaz injecté dans le réseau de distribution), on suppose un rendement saisonnier de la chaudière individuelle au gaz de 65 % à 80 %.

Dans le cas de la deuxième filière de valorisation de la biométhanisation (moteur de cogénération), on tient compte du rendement électrique (0,35 - 0,40) et thermique (0,45 - 0,50) du moteur à gaz. Du point de vue de l'utilisation de l'énergie thermique fournie en tant qu'alimentation d'un réseau urbain de chauffage, on tient compte d'un facteur d'utilisation de 0,2 à 0,3 sur l'année. On suppose aussi que l'équivalent en énergie thermique de l'énergie électrique produite est d'un facteur de 2,52 à 3. De plus, il est aussi tenu compte des frais de transport et de gestion du réseau de distribution électrique par un coefficient multiplicateur de 1,5 à 2 de l'énergie électrique injectée sur le réseau.

PROJET GEOTHER WALL

LOGEMENT MOYEN

Puissance (kW)	15,0
Energie annuelle (kWh)	20000
Rendemen réseau	0,85

		Pmax MW	Energie MWh/an	Coût €	Montant risque €	Montant réseau	Besoins existants	Type de distribution
1	Ghlin - extension	5,20	13000	3000000	1500000	1900000	partiellement	ZAC + cinéma + etc.
2	Saint-Ghislain - extension	1,00	4000	950000	475000	700000	pas encore	160 logements
3	Baudour - extension	1,00	4500	1125000	562500	250000	pas encore	150 logements
4	Mons-Nord	7,00	17500	9600000	6250000	1990000	oui	bâtiments publics (15)
5	Mons-Est	6,20	15500	9675000	6325000	2000000	oui	bâtiments publics (10)
6	Pic et Plat	7,00	12500	4370000	3370000	1000000	pas encore	ZAC
7	Hensies - Dour	6,00	15000	5750000	4325000	1700000	pas encore	ZAC
8	Binche	5,20	7500	3650000	2877500	700000	pas encore	extension ZAC
TOTAL		38,60	89500	38120000	25685000	10240000		

* : sur 30 années d'utilisation

Commentaires

Cette feuille de calcul donne le résultat relatif au projet Géotherwall. Les valeurs annoncées dans le tableau (investissements, puissances, etc.) proviennent du rapport "Geotherwall". Les huit phases du projet sont décrites une par une, on en fait la moyenne dans les cases en vert. Pour obtenir les valeurs qui sont reprises en résumé dans le diagramme des feuilles "Gecono" et "Gecolo", on prend comme référence les grandeurs suivantes :

1. Les puissances de chaque sous-projets (1 à 8) correspondent à un certain nombre de logements caractérisés par une puissance moyenne de 15 kW et par un besoin en énergie thermique de 20000 kWh/an.
2. Le réseau de chauffage urbain a un rendement de distribution égal à 0,85, ce qui correspond à un habitat urbain relativement concentré et à un réseau de chaleur pas trop étendu (< ...3... km).
3. Les coûts minimum et maximum des colonnes K et M prennent en compte ou non les risques financiers annoncés dans le projet (colonne F). Ces risques financiers sont liés à l'échec du forage ou encore à l'épuisement prématuré de la ressource d'eau chaude.

Nombre logements	Coût Min * c€/kWh	Coût * c€/kg CO2	Coût Max * c€/kWh
295	1,697	5,933	2,545
57	2,794	9,770	4,191
57	3,309	11,569	4,963
397	4,034	14,104	6,660
351	4,590	16,048	7,590
397	1,836	6,420	3,252
340	2,819	9,855	4,939
295	2,064	7,218	3,692
2187	2,905	10,156	4,862

Eolien

Investissement (€/kW)	1500	2500
Taux d'utilisation	0,25	0,38
Energie électrique (kWh/kW/an)	2190	3329
Equivalent énergie électrique - énergie thermique	3,00	2,52
Coefficient coût du transport et de gestion du réseau d'électricité	1,50	2,00
Equivalent énergie thermique (kWh/kW/an)	6570	8389
Coût unitaire de production d'énergie c€/kWh sur 30 ans	1,14	1,99
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 (c€/kg CO2) sur 30 ans	3,99	6,95

Commentaires

Cette feuille de calcul donne le résultat relatif à la filière "Eolien".
Les coûts d'investissement annoncés dans le tableau correspondent à de grosses unités de production (2 à 5 MW nominal) soit on-shore (1500 €/kW installé et un taux d'utilisation de 0,25) ou "off-shore" (2500 €/kW installé et un taux d'utilisation de 0,38)

Comme toutes les filières productrices d'électricité, on suppose que l'équivalent en énergie thermique de l'énergie électrique produite est d'un facteur de 2,52 à 3. De plus, il est aussi tenu compte des frais de transport et de gestion du réseau de distribution électrique par un coefficient multiplicateur de 1,5 à 2 de l'énergie électrique injectée sur le réseau.

Photovoltaïque		
Investissement (€/m2)	450	500
Energie électrique (kWh/m2/an)	120	120
Rendement de production (référence PAC...)	0,40	0,33
Coefficient du coût du transport de l'électricité	1,50	2,00
Équivalent énergie thermique (kWh/an)	300	364
Coût unitaire de production d'énergie sur 30 ans (€/kWh)	7,50	9,17
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans (€/kg CO2)	26,22	32,05

Thermique		
Investissement (€) : boiler 200 l Consommation 200 l/j	5000	7000
Température moyenne eau froide (°C)	13	13
Température moyenne eau chaude (°C)	40	40
Utilisation du solaire	60%	50%
Energie thermique totale (kWh/an)	2292	2292
Energie thermique solaire (kWh/an)	1375	1146
Coût unitaire de production d'énergie sur 30 ans (€/kWh)	3,64	6,11
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans (€/kg CO2)	12,71	21,35

Commentaires

Cette feuille de calcul donne le résultat relatif à la filière "solaire". Deux options sont présentées :

1. Filière "solaire photovoltaïque". Le coût d'investissement des panneaux solaire photovoltaïque est d'environ 3,5 à 4,5 €/Wc, c'est-à-dire de 450 à 500 €/m2 pour une production annuelle de 120 kWh/an en Belgique. Comme toutes les filières productrices d'électricité, on suppose que l'équivalent en énergie thermique de l'énergie électrique produite est d'un facteur de 2,52 à 3. De plus, il est aussi tenu compte des frais de transport et de gestion du réseau de distribution électrique par un coefficient multiplicateur de 1,5 à 2 de l'énergie électrique injectée sur le réseau.
2. Filière "solaire thermique". Il s'agit de l'énergie solaire thermique à destination de l'eau chaude sanitaire (ECS). On considère un coût d'investissement de 5000 à 7000 € pour une famille de 4 personnes consommant chacune 50 l/jour d'ECS, ce qui correspond à une énergie thermique d'environ 2300 kWh/an. On suppose aussi que 50 à 60 % de cette énergie est fournie par les panneaux solaires.

3,5 à 4,5 par kWc

Performance énergétique d'une isolation d'un mur intérieur		
Type d'isolation	PIR	PUR
Épaisseur (mm)	80	80
Conductivité thermique (W/mK)	0,023	0,023
Nombre de degré-jours annuel moyen	2400	2400
Prix du kWh thermique (€/kWh)	0,07	0,07
Prix par m2 de l'isolant (€/m2)	40	40
Résistance thermique (m2.K/W)	3,48	3,48
Résistance thermique d'un mur moyen Wallon (m2.K/W)	0,85	2,35
Déperdition énergétique du mur moyen par m2 (kWh/m2/an)	117,88	42,68
Déperdition énergétique du mur isolé par m2 (kWh/m2/an)	23,11	17,16
Gain énergétique par an et par m2 en isolant (kWh/m2/an)	94,77	25,42
Gain en l de mazout ou en m3 de GN (l ou m3/m2/an)	9,48	2,54
Réduction de CO2 émis (kg de CO2/m2/an)	27,10	7,27
Économie annuelle (€/m2/an)	6,63	1,78
Pay back time (années)	6,03	22,48
Coût unitaire d'économie d'énergie sur 30 ans (€/kWh)	1,41	5,25
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans (€/kg CO2)	4,92	18,34

Cas d'une habitation wallonne moyenne		
Surface murs extérieurs d'une habitation moyenne (m2)	126	126
Gain annuel moyen (€)	829,20	224,21
Réduction d'émission de CO2 (kg/an)	3387,86	916,06
Gain énergétique total par an (kWh/an)	11845,67	3203,01
Prix total de l'isolation (€)	5000,00	5040,00

Commentaires

Cette feuille de calcul donne le résultat relatif à la filière "isolation des murs" d'une maison d'habitation. Il faut signaler qu'environ la moitié des maisons d'habitation en Wallonie comporte pas ou peu d'isolation thermique dans les murs.

On considère une maison d'habitation comportant peu d'isolation thermique. L'option "minimale" correspond à une absence d'isolant du type "laine de verre" par exemple, l'option maximale à une isolation de 60 mm de laine de verre.

On propose ici d'isoler les murs de la maison par l'intérieur au moyen de plaques de PUR de 80 mm d'épaisseur au prix de 40 €/m2 installé.

Mur Wallon année 80	Épaisseur mm	Conductivité W/mK	R thermique m2.K/W	R thermique m2.K/W
Convection intérieure	-	-	0,1250	0,1250
Plâtre	2	0,6	0,0033	0,0033
Béton léger	200	0,4	0,5000	0,5000
Isolant laine de verre	80	0,04	0,0000	1,5000
Vide ventillé	-	-	0,0800	0,0800
Brique de parement	100	1	0,1000	0,1000
Convection extérieure	-	-	0,0400	0,0400
Résistance thermique totale (m2.K/W)	-	-	0,9483	2,3483

Performance énergétique d'une isolation d'un toit		
	Laine verre	Laine verre
Type d'isolation	200	200
Épaisseur (mm)	0,04	0,04
Conductivité thermique (W/mK)	2400	2400
Nombre de degré-jours annuel moyen	0,1	0,1
Prix du kWh thermique (€/kWh)	25	25
Prix par m2 de l'isolant (€/m2)	5,00	5,00
Résistance thermique (m2.K/W)	0,27	2,77
Résistance thermique d'un toit moyen Wallon (m2.K/W)	377,36	36,17
Déperdition énergétique du toit moyen par m2 (kWh/m2/an)	18,99	12,88
Déperdition énergétique du toit isolé par m2 (kWh/m2/an)	358,37	23,29
Gain énergétique par an et par m2 du toit isolé (kWh/m2/an)	38,84	2,33
Gain en l de mazout ou en m3 de GN par an par m2	102,49	6,66
Réduction de CO2 émis (kg de CO2/m2/an)	38,84	2,33
Economie annuelle (€/m2/an)	0,70	10,74
Pay back time (années)	0,23	3,58
Coût unitaire d'économie d'énergie sur 30 ans (c€/kWh)	0,81	12,51
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans (c€/kg CO2)		
Cas d'une habitation wallonne moyenne		
Surface murs extérieurs d'une habitation moyenne (m2)	100	100
Gain annuel moyen (€)	3583,65	232,88
Réduction d'émission de CO2 (kg/an)	10249,24	666,04
Gain énergétique total par an (kWh/an)	35836,61	2328,81
Prix total de l'isolation (€)	2500,00	2500,00

Commentaires

Cette feuille de calcul donne le résultat relatif à la filière "isolation des toits" d'une maison d'habitation. L'enquête socio-économique menée par l'INS en 2001 démontre que le toit d'un tiers au moins des logements n'est pas isolé en Wallonie.

L'option "minimale" correspond à une absence d'isolant du type "laine de verre" par exemple, l'option maximale à une isolation de 100 mm de laine de verre.

On propose ici d'isoler le toit au moyen de laine de verre d'une épaisseur de 200 mm au prix de 25 €/m2 placé.

Toit Wallon année 80			
	Épaisseur mm	Conductivité W/mK	R thermique m2.K/W
Convection intérieure	-	-	0,1250
Isolant laine de verre	100	0,04	0,0000
Tuile	-	-	0,0200
Vide ventilé	-	-	0,0800
Convection extérieure	-	-	0,0400
Résistance thermique totale (m2.K/W)			0,2650

Performance énergétique d'une isolation d'un double vitrage		
	douglas vitre	douglas vitre
Type d'isolation	2400	2400
Nombre de degré-jours annuel moyen	0,1	0,1
Prix du kWh thermique (€/kWh)	300	275
Prix par m2 du double vitrage (€/m2)	1,00	0,75
Résistance thermique double vitrage (m2.K/W)	0,20	0,30
Résistance thermique d'une fenêtre simple vitrage	500,00	333,33
Déperdition énergétique du simple vitrage (kWh/m2/an)	83,33	95,24
Déperdition énergétique du double vitrage par m2 (kWh/m2/an)	416,67	238,10
Gain énergétique par an et par m2 en isolant (kWh/m2/an)	41,67	23,81
Gain en l de mazout ou en m3 de GN (l ou m3/m2/an)	119,17	68,10
Réduction de CO2 émis (kg de CO2/m2/an)	41,67	23,81
Economie annuelle (€/m2/an)	7,20	11,55
Pay back time (années)	2,40	3,85
Coût unitaire d'économie d'énergie sur 30 ans (c€/kWh)	8,39	13,46
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans (c€/kg CO2)		
Cas d'une habitation wallonne moyenne		
Surface murs extérieurs d'une habitation moyenne (m2)	20	21
Gain annuel moyen (€)	833,33	500,00
Réduction d'émission de CO2 (kg/an)	2383,33	1430,00
Gain énergétique total par an (kWh/an)	8333,33	5000,00
Prix total (€)	6000,00	5775,00

Commentaires

Cette feuille de calcul donne le résultat relatif à la filière "double-vitrage" d'une maison d'habitation. L'enquête socio-économique menée par l'INS en 2001 démontre qu'il y a encore plus de 10 % de maisons qui ne comportaient pas de double vitrage. On propose ici de remplacer le simple vitrage par un double vitrage (ou triple-vitrage) performant.

Les données sont reprises en vert dans le tableau.

TUYAU

Nom	Société	Prix (€/m)	Diamètre (mm)	Lamda (W/m/K)	Rugosité ε (mm)	Longueur Max (m)	
DN20	Brugg	27	20,4	0,13	0,007		2,64705882
DN25	Brugg	30	26,2	0,135	0,007		2,29007634
DN32	Brugg	42	32,6	0,171	0,007		2,57668712
DN40	Brugg	62	40,8	0,183	0,007		3,03921569
DN50	Brugg	67	51,4	0,187	0,007		2,60700389
DN65	Brugg	82	61,4	0,212	0,007		2,67100977
DN80	Brugg	94	73,6	0,235	0,007		2,55434783
DN100	Brugg	121	90	0,3	0,007		2,68888889
DN110	Brugg	45,425	104	0,129	0,045	60	0,87355769
DN125	Brugg	45,425	118,8	0,129	0,045	65	0,76473064
DN140	Brugg	50,715	133	0,158	0,045	65	0,76263158
DN160	Brugg	77,28	152	0,171	0,045	77	1,01684211
DN180	Brugg	77,28	172	0,192	0,045	77	0,89860465
DN200	Brugg	77,28	192	0,203	0,045	87	0,805
DN225	Brugg	111,435	216,2	0,207	0,045	87	1,03085106
DN250	Brugg	111,435	240,2	0,211	0,045	87	0,92785179
DN280	Brugg	142,83	269	0,236	0,045	87	1,06193309
DN315	Brugg	168,015	302,6	0,261	0,045	87	1,11047588
DN355	Brugg	168,015	341	0,266	0,045	87	0,98542522
DN400	Brugg	209,76	384,4	0,272	0,045	133	1,09136316
DN450	Brugg	218,845	432,4	0,324	0,045	130	1,01223404
DN500	Brugg	0	480,4	0,37	0,045	126	0
DN560	Brugg	0	538	0,356	0,045	126	0
DN630	Brugg	331,8	605,2	0,369	0,045	126	1,09649703
DN720	Brugg	387,1	682	0,368	0,045	126	1,13519062
DN800	Brugg	442,4	768,6	0,359	0,045	126	1,15118397

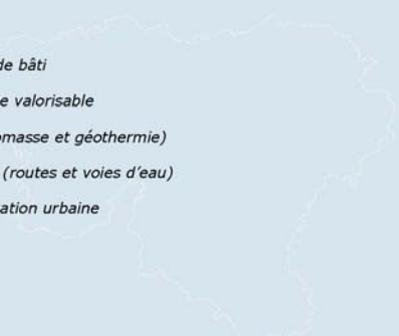
5.6 PRESENTATIONS POWERPOINT AUX CA**5.6.1 CA du 22/01/2010**



Expertise spécifique 3
Réseau de chaleur - Inventaire
Jambes, le 22 janvier 2010

1 Inventaire

1. Occupation du sol
2. Démographie et types de bâti
3. Entreprises avec énergie valorisable
4. Matières premières (biomasse et géothermie)
5. Logistique de transport (routes et voies d'eau)
6. Futurs projets de rénovation urbaine





Expertise spécifique 3
Réseau de chaleur - Inventaire
Jambes, le 22 janvier 2010

2 Inventaire

- 1. Occupation du sol**
2. Démographie et types de bâti
3. Entreprises avec énergie valorisable
4. Matières premières (biomasse et géothermie)
5. Logistique de transport (routes et voies d'eau)
6. Futurs projets de rénovation urbaine



Expertise spécifique 3

Réseau de chaleur - Inventaire

Jambes, le 22 janvier 2010

3

Inventaire

1. Occupation du sol

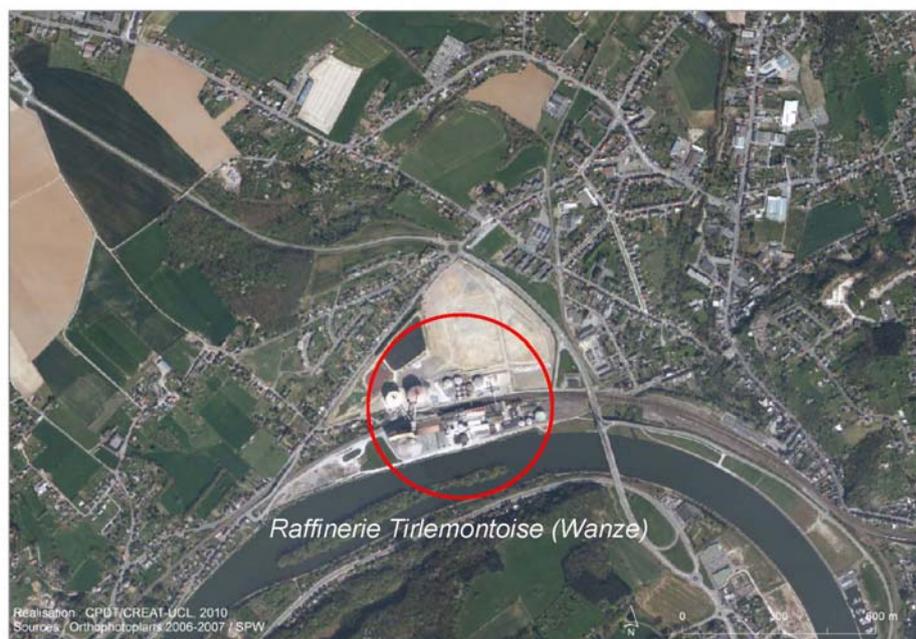
Cadastre vectoriel (CADMap – AGDP), situation au 01/01/2009

Digitalisation des parcelles et bâtiments (emprise au sol) pour toute la région wallonne. Cette cartographie est reliée à une base de donnée (la matrice cadastrale) permettant, pour chaque parcelle, d'identifier la nature cadastrale (occupation du sol) ainsi que l'année de construction de l'éventuel bâtiment présent. Notons également, l'information de l'année de modification du bâtiment (travaux de rénovation...) si modification il y a.

⇒ Le but est de connaître :

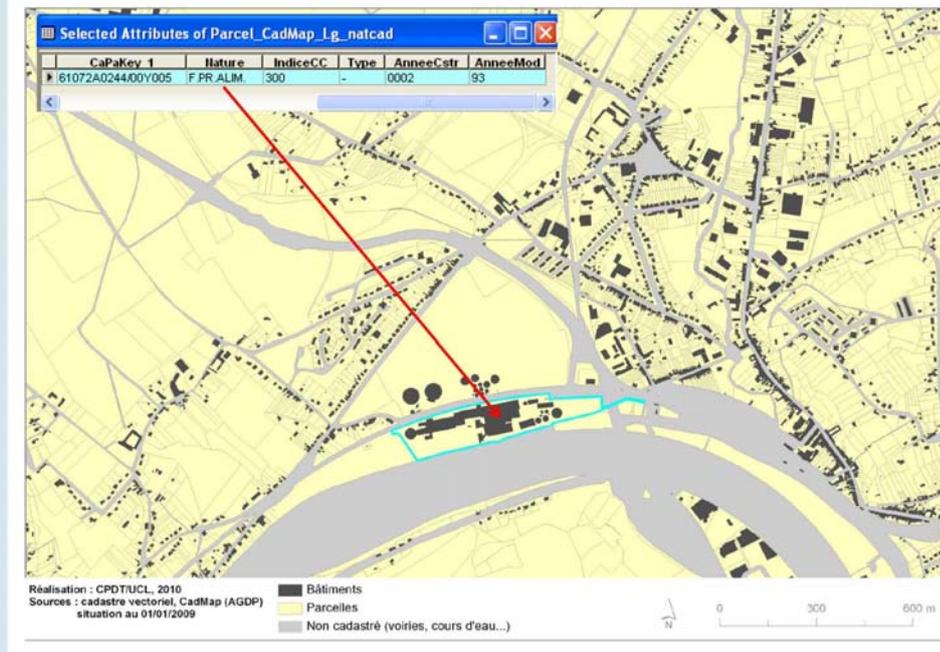
- l'occupation du sol (m^2) à proximité de certains points (entreprises...);
- l'année de construction des bâtiments d'un quartier;

4



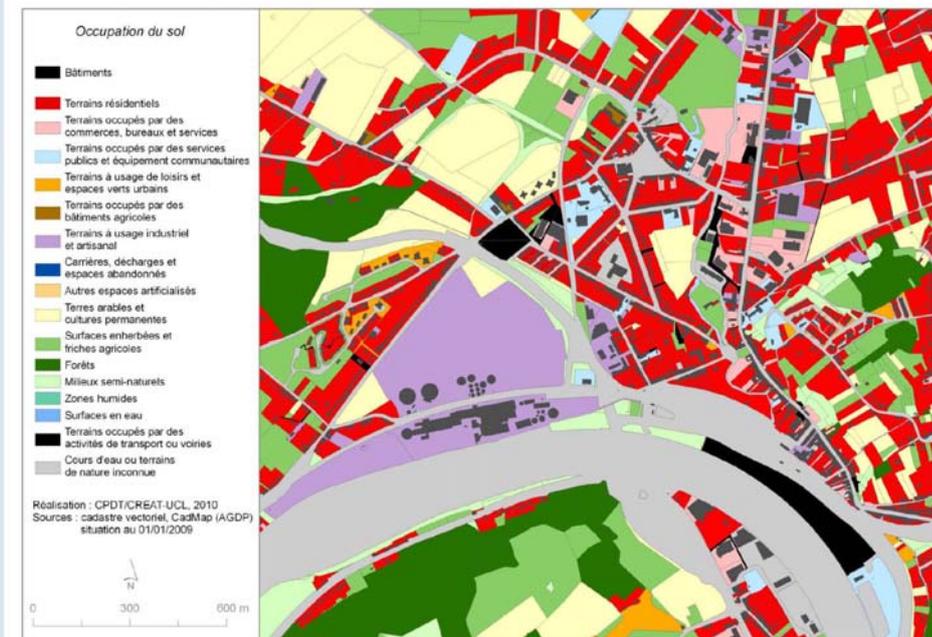
Extrait cartographique Orthophotoplans 2006-2007 (Wanze)

5



Extrait cartographique CADMap2009 (Wanze)

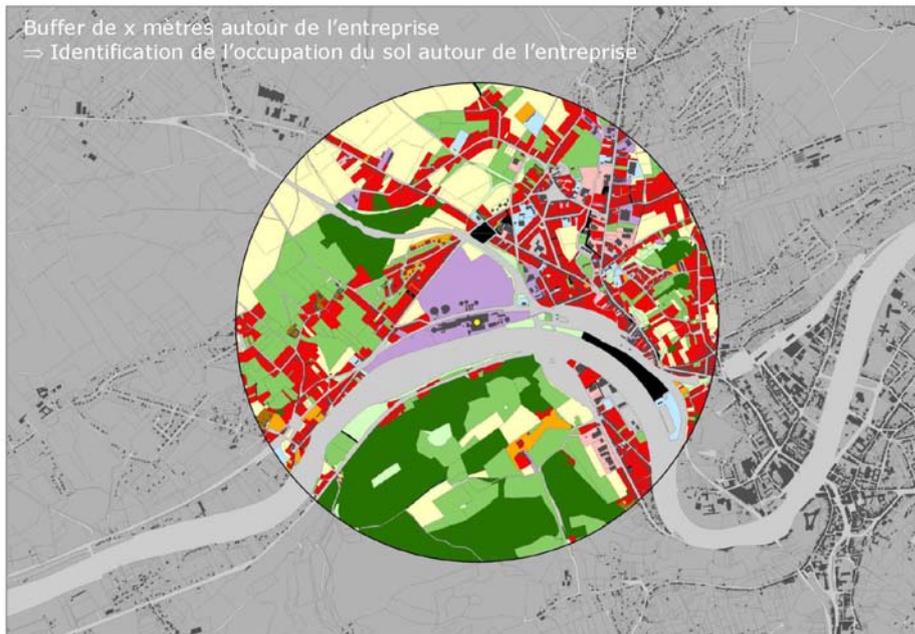
6



Extrait cartographique CADMap2009 – Occupation du sol (Wanze)

7

Buffer de x mètres autour de l'entreprise
⇒ Identification de l'occupation du sol autour de l'entreprise



Extrait cartographique CADMap2009 – Occupation du sol (Wanze)



Expertise spécifique 3

Réseau de chaleur - Inventaire

Jambes, le 22 janvier 2010

8

Inventaire

1. Occupation du sol
- 2. Démographie et types de bâti**
3. Entreprises avec énergie valorisable
4. Matières premières (biomasse et géothermie)
5. Logistique de transport (routes et voies d'eau)
6. Futurs projets de rénovation urbaine

Expertise spécifique 3

Réseau de chaleur - Inventaire

Jambes, le 22 janvier 2010

9

Inventaire

2. Démographie et types de bâti

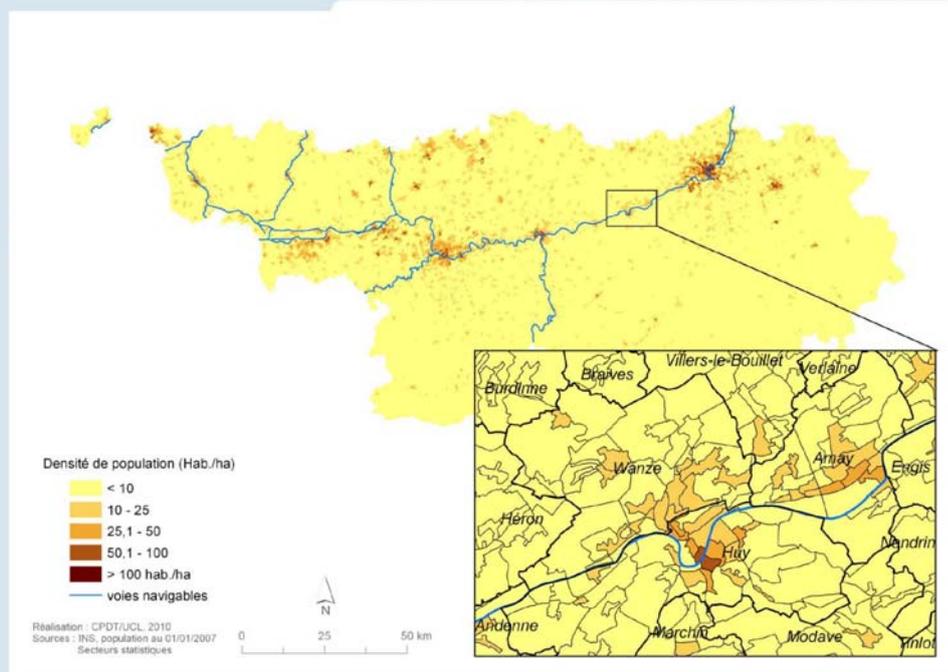
Données par secteurs statistiques (quartiers)

⇒ Démographique

Informations cartographiques par secteurs statistiques (situation au 01/01/2007)

- Nombre d'habitants
- Nombre et composition des ménages
- Classes et groupes d'âge

10



11

Inventaire

2. Démographie et types de bâti

Données par secteurs statistiques (quartiers)

⇒ Types de bâti (recensement 2001)

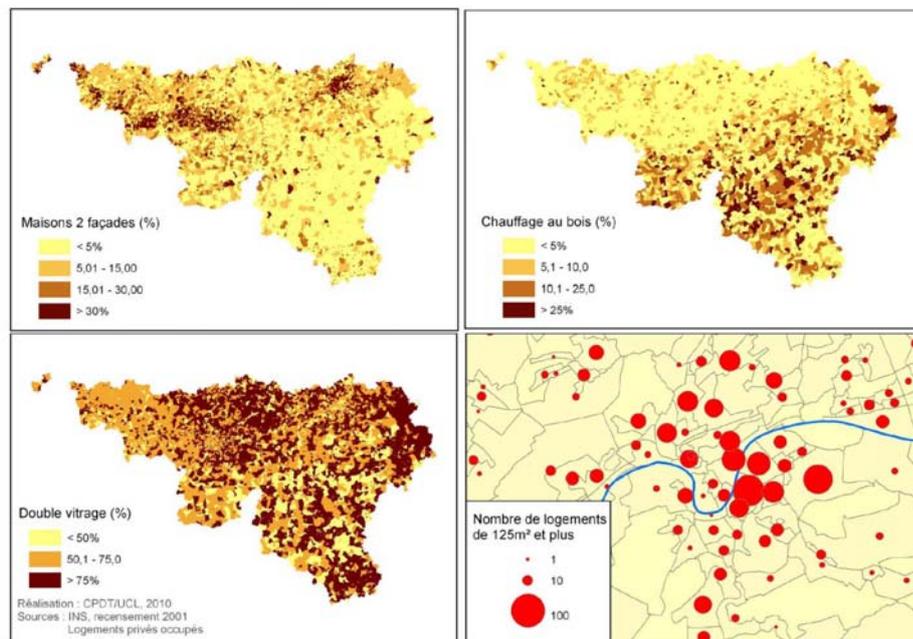
-Type de logements : nombre de maisons séparées, jumelées, mitoyennes et nombre d'appartements

-Logements privés occupés classés selon l'énergie ou le combustible principalement utilisé pour le chauffage : mazout, charbon, bois, pompe à chaleur, électricité, gaz de distribution (gaz naturel), gaz butane ou propane, autres.

-Isolation des logements privés occupés : double vitrage, toiture isolée, murs extérieurs isolés, tuyaux de chauffage isolés en dehors des pièces d'habitation.

-Logements privés occupés classés par superficie (m²) : <35m², 35-54, 55-84, 85-104, 105-124, 125 m² et plus.

12





Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique 3

Réseau de chaleur - Inventaire

Jambes, le 22 janvier 2010

13

Inventaire

1. Occupation du sol
2. Démographie et types de bâti
- 3. Entreprises avec énergie valorisable**
4. Matières premières (biomasse et géothermie)
5. Logistique de transport (routes et voies d'eau)
6. Futurs projets de rénovation urbaine



Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique 3

Réseau de chaleur - Inventaire

Jambes, le 22 janvier 2010

14

3. Entreprises avec énergie valorisable

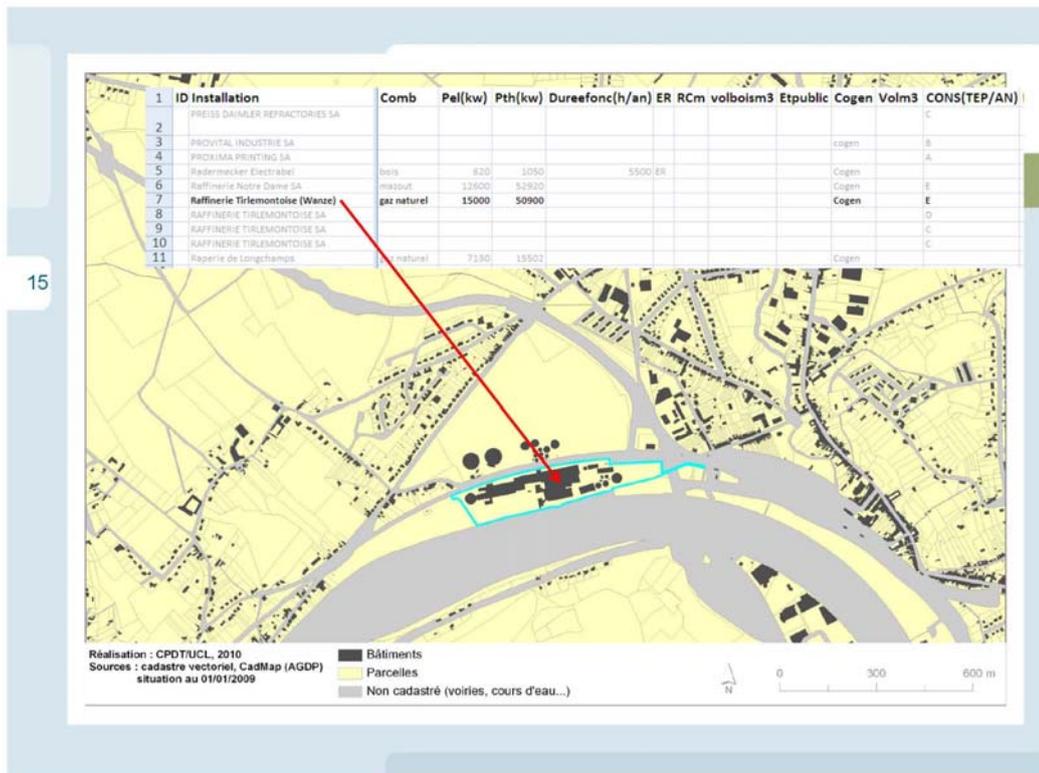
Données Atlas énergétique ICEDD 2006

470 entreprises : grandes consommatrices d'énergie, productrices d'énergie à énergie valorisable valorisée ou non

Répertoriées selon : état du projet de valorisation, type d'activités, technologie (avec ou sans cogénération), puissance installée et durée de fonctionnement, combustible, énergie renouvelable, réseau de chaleur, établissement public, capacité, consommation, puissance nette développable

1	ID Installation	Etat	Debut	Adresse	Localite	ACTIVITE	Techno
2	PREISS DAIMLER REFRACATORIES SA				SAINT-GHISLAIN	AUTRES MINERAUX	
3	PROVITAL INDUSTRIE SA			2002 route fluvial 10	WARCOING	NON METALLIQUES	
4	PROXIMA PRINTING SA				HEPPIGNIES	AUTRE ALIMENTATION	
5	Radermecker Electrabel	op	2009	rue des grillètes 1	batrice	CHÂNE	moteur à biomasse
6	Raffinerie Notre Dame SA	op	1981	rue louis marechal 1	oreux	SUCRERIES	turbine vapeur a contropression
7	Raffinerie Tirlemontoise (Wanze)	op	1963	rue de meuse 9	wanze	SUCRERIES	turbine a contropression
8	RAFFINERIE TIRELIMONTOISE SA				BRUGELETTE	SUCRERIES	
9	RAFFINERIE TIRELIMONTOISE SA				HOLLOGNE-SUR-GEER	SUCRERIES	
10	RAFFINERIE TIRELIMONTOISE SA				LEUZE-LONGCHAMPS	SUCRERIES	
11	Raperie de Longchamps	op	2005	route de la bruyere 3	longchamps	SUCRERIES	turbine a gaz avec recuperation de chaleur

1	ID Installation	Comb	Pel(kw)	Pth(kw)	Dureefonc(h/an)	ER	RCm	volbois3	Etpublic	Cogen	Volm3	CONS(TEP/AN)	Pqnv(kw)	Pend(kw)
2	PREISS DAIMLER REFRACATORIES SA													
3	PROVITAL INDUSTRIE SA									cogen			1249	884
4	PROXIMA PRINTING SA													
5	Radermecker Electrabel	bois		820	1090		5500	ER		Cogen			1030	513
6	Raffinerie Notre Dame SA	mazout		12600	53920					Cogen			70000	9500
7	Raffinerie Tirlemontoise (Wanze)	gaz naturel		15000	50900					Cogen			60000	12475
8	RAFFINERIE TIRELIMONTOISE SA													
9	RAFFINERIE TIRELIMONTOISE SA													
10	RAFFINERIE TIRELIMONTOISE SA													
11	Raperie de Longchamps	gaz naturel		7150	15501					Cogen			15501	6888



Expertise spécifique 3

Réseau de chaleur - Inventaire

Jambes, le 22 janvier 2010

16 Inventaire

1. Occupation du sol
2. Démographie et types de bâti
3. Entreprises avec énergie valorisable
- 4. Matières premières (biomasse et géothermie)**
5. Logistique de transport (routes et voies d'eau)
6. Futurs projets de rénovation urbaine

Expertise spécifique 3

Réseau de chaleur - Inventaire

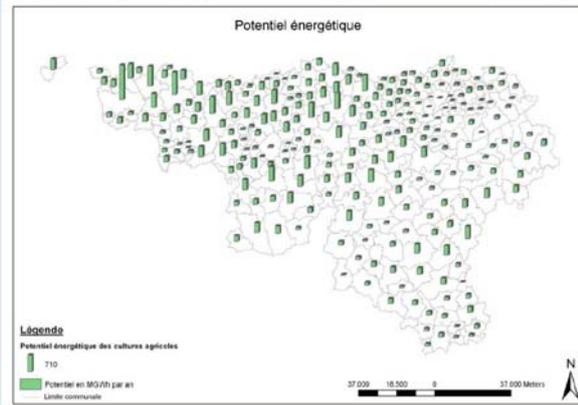
Jambes, le 22 janvier 2010

4. Matières premières

Données étude biomasse CPDT (2009)

17

Potentiel des cultures (données SIGEC 2008), des déchets d'élevage (données INS 2007) et de la forêt (données cadastre 2006) en MWh par commune



Commune	Energie culture (MWh/an)	Energie culture (kWh/m ² /an)
VISE	76,54	2,74
COMINES-WAR	458,00	7,46
BASSENGE	234,89	6,14
BEAUVÉCHAIN	247,21	6,39
GREZ-DOICEAU	228,31	4,11
FLOBECQ	105,90	4,55
ELLEZELLES	286,26	6,34
JODOIGNE	508,66	6,90
PLOMBIERES	211,56	3,97
MOUSCRON	160,39	3,94
HELECINE	108,51	6,39
KELMIS	18,40	1,02
WAVRE	88,39	2,10
DALHEM	169,80	4,70
CELLES	612,29	9,07
OUPEYE	129,57	3,60
LA HULPE	5,14	0,33

Potentiel énergétique des superficies cultivées par commune (Auteur : CPDT. Source : SIGEC, 2008)

Expertise spécifique 3

Réseau de chaleur - Inventaire

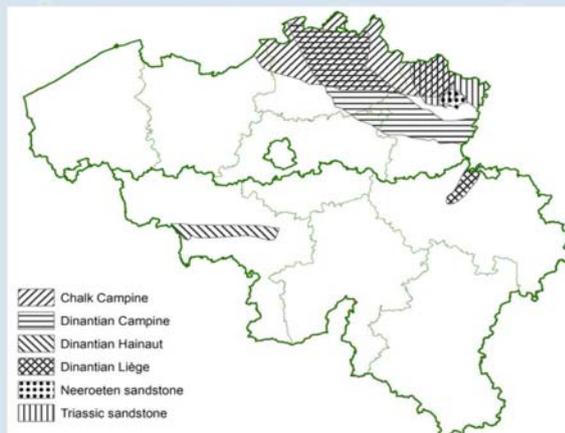
Jambes, le 22 janvier 2010

4. Matières premières

Données étude géothermie Berckemans et Vandenberg (1998)

18

Potentiel des ressources en géothermie. Données disponibles en GJ, GWh

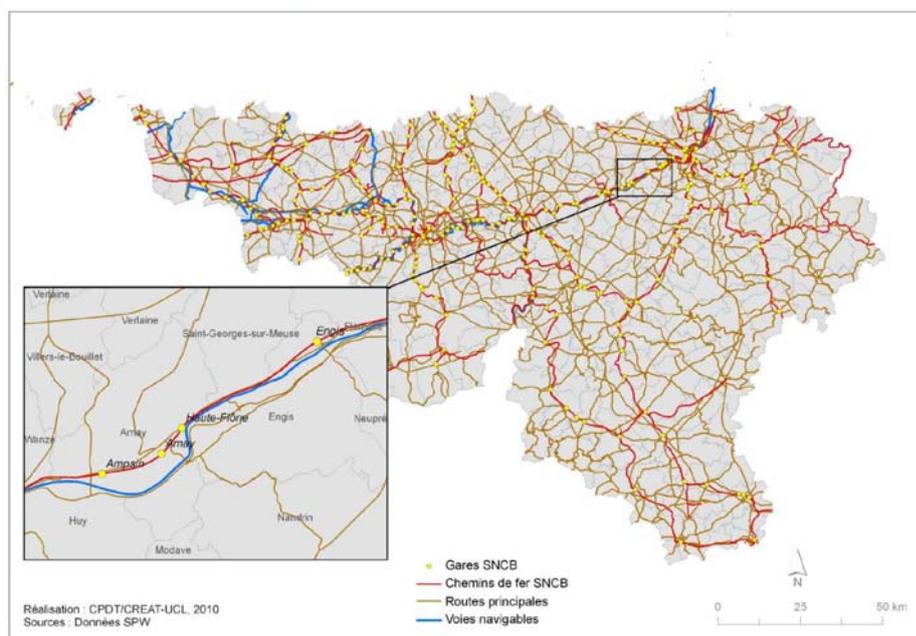


Nom	Gj	GWh	Aire (km ²)
Dinantian Hainaut	29 x 10 ⁸	806.200	373
Dinantian Liège	18,5 x 10 ⁸	5.143	113

19 Inventaire

1. Occupation du sol
2. Démographie et types de bâti
3. Entreprises avec énergie valorisable
4. Matières premières (biomasse et géothermie)
- 5. Logistique de transport (routes et voies d'eau)**
6. Futurs projets de rénovation urbaine

20





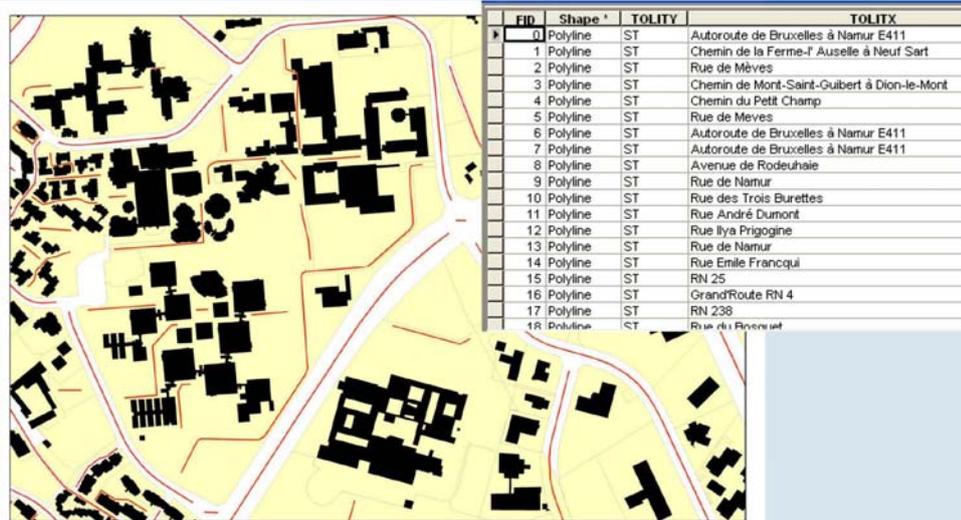
Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique 3

Réseau de chaleur - Inventaire

Jambes, le 22 janvier 2010

21



Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique 3

Réseau de chaleur - Inventaire

Jambes, le 22 janvier 2010

22

Inventaire

1. Occupation du sol
2. Démographie et types de bâti
3. Entreprises avec énergie valorisable
4. Matières premières (biomasse et géothermie)
5. Logistique de transport (routes et voies d'eau)
6. **Futurs projets de rénovation urbaine => en cours**

CPDT
Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique 3
Réseau de chaleur - Inventaire
Jambes, le 22 janvier 2010

Principe du SIG

23

Nombre de logements de 120m² et plus

- 1
- 10
- 100

5.6.2 CA du 1/04/2010

Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Jambes, le 1^{er} avril 2010

1

Phase 1 (15/01/2010) : Inventaire de l'existant

Phase 2 (30/03/2010) :
Inventaire du potentiel et des besoins en chauffage
Sizing du réseau de distribution

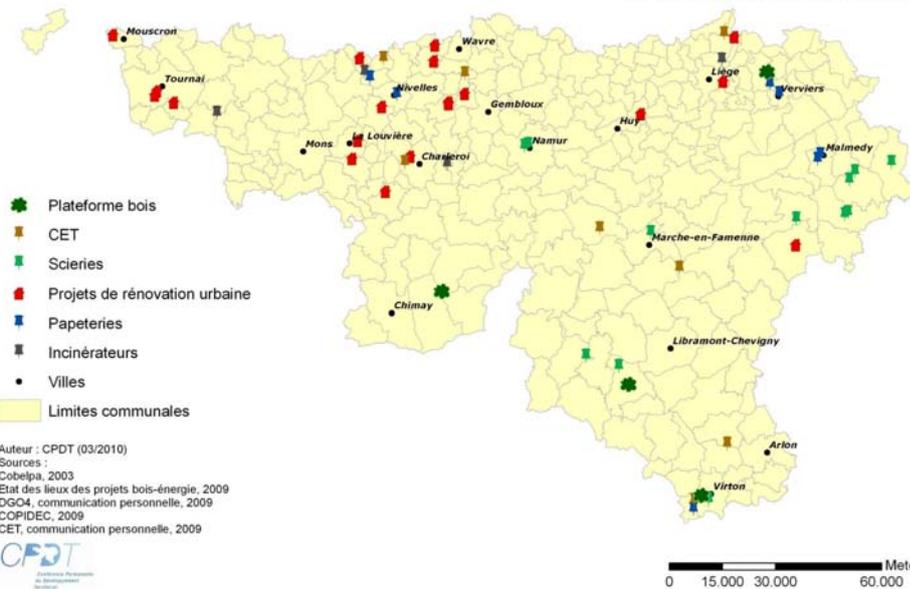
Phase 3 (15/05/2010): Réalisation de 4 études de cas

Phase 4 (15/06/2010): Conclusions

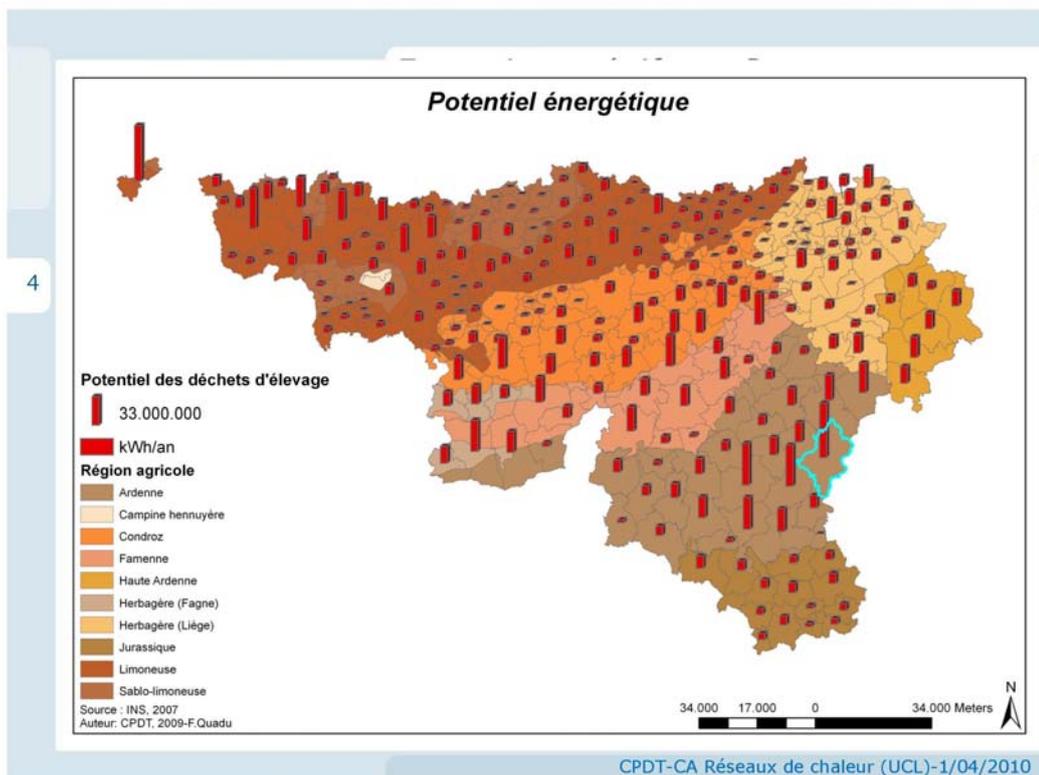
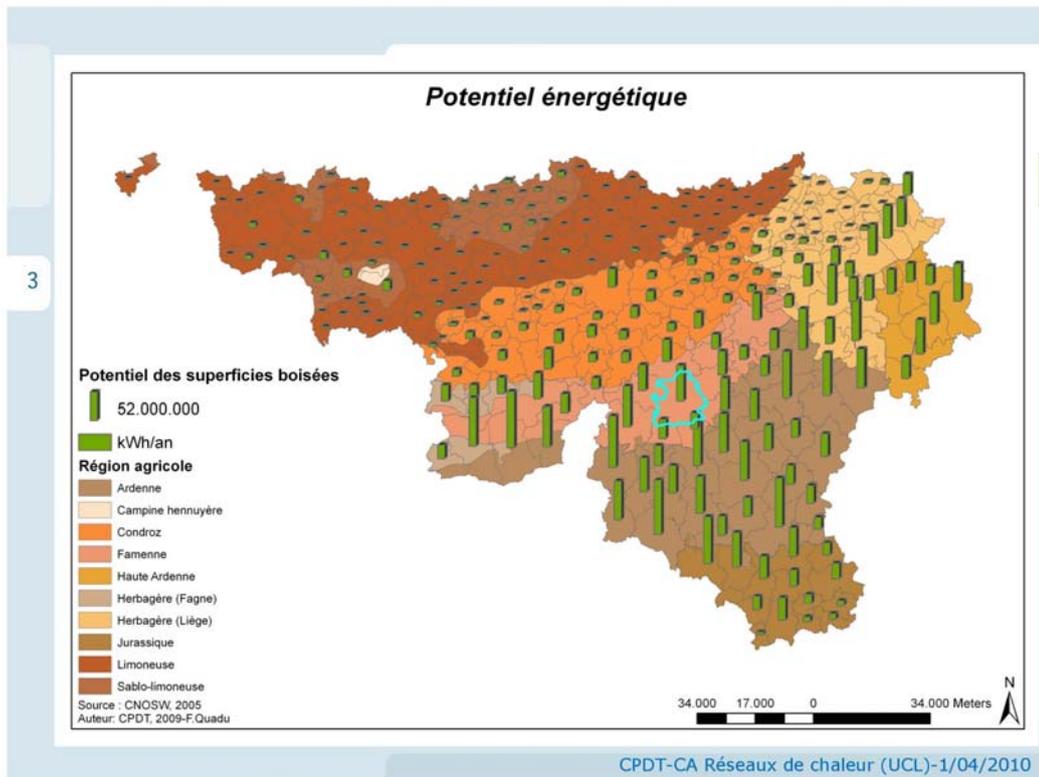
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010

2

Principales installations productrices d'énergie Projets de rénovation urbaine



CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010



Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Namur, le 1^{er} avril 2010

Phase 2 : Inventaire des besoins en chauffage

5 Estimation du parc de logement

Statut de l'occupant	Superficie	Appartements	Maisons		
			2 façades	3 façades	4 façades
Propriétaire	<= 54 m ²	19%	7%	4%	8%
	55 à 104 m ²	35%	12%	8%	15%
	105 à 124 m ²	9%	3%	2%	4%
	>= 125 m ²	6%	2%	1%	3%
	<i>toutes</i>	<i>70%</i>	<i>70%</i>		
Locataire	<= 54 m ²	8%	3%	2%	4%
	55 à 104 m ²	15%	5%	3%	7%
	105 à 124 m ²	4%	1%	1%	2%
	>= 125 m ²	3%	1%	1%	1%
	<i>toutes</i>	<i>30%</i>	<i>30%</i>		
TOTAL		100%	35%	22%	43%
			100%		

Extrapolation au niveau des secteurs statistiques (quartiers) sur base des données du recensement d'octobre 2001

Etude du potentiel micro-cogen (I. Daoud – COGENSUD, 2004) - Sources : ESE INS 2001 + estimation ICEDD

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010

Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Namur, le 1^{er} avril 2010

Phase 2 : Inventaire des besoins en chauffage

6 Répartition par type de chauffage

		bois	charbon	Electric.	Mazout	Butane, propane	Gaz naturel	Pompe à chaleur	Vapeur	TOTAL
Appartement	Chauffage central	117	157	8150	74831	1425	89644	251	4700	179275
	Chauffage décentralisé	685	2429	17357	6801	1723	30316	41		59352
Maison	Chauffage central	3222	1340	13002	548506	8977	206875	439	300	782661
	Chauffage décentralisé	23515	48092	41167	126766	13527	109195	209		362471
Tous logements	Chauffage central	3339	1497	21152	623337	10402	296519	690		956936
	Chauffage décentralisé	24200	50521	58524	133567	15250	139511	250		421823
TOTAL		27539	52018	79676	756904	25652	436030	940	5000	1383759

Etude du potentiel micro-cogen (I. Daoud – COGENSUD, 2004) - Sources : ESE INS 2001 + estimation ICEDD

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010



Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Namur, le 1^{er} avril 2010

Phase 2 : Inventaire des besoins en chauffage

7

Consommation spécifique par type de chauffage

Type de logement	Type d'équipement	Gasoil	Charbon bois	Gaz naturel	Butane propane	Electricité	Vapeur
Appartements	Chauf. Central	18605	26744	19186	19186	14540	19186
	Chauf. Décentral	12791	17442	14535	14535	9300	
Maisons unifamiliales	Chauf. Central	24419	34884	25000	25000	18600	25581
	Chauf. Décentral	16279	20930	17442	17442	11050	

Etude du potentiel micro-cogen (I. Daoud – COGENSUD, 2004) – Sources : Bilan du secteur du logement – 2002 - ICEDD

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010



Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Namur, le 1^{er} avril 2010

Phase 2 : Inventaire des besoins en chauffage

8

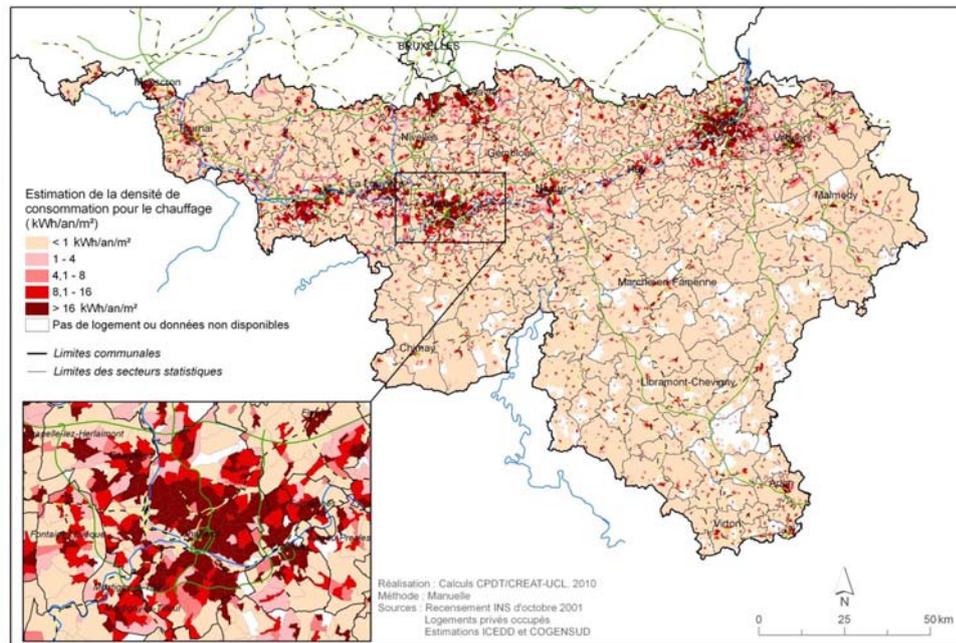
Consommation spécifique par type de logement

		Chauffage central au Gaz naturel				Chauffage central au Mazout			
		Appartements	Maisons 2 façades	Maisons 3 façades	Maisons 4 façades	Appartements	Maisons 2 façades	Maisons 3 façades	Maisons 4 façades
Propriétaire	<= 54 m2	9657	11413	12500	13587	13585	16172	17712	19252
	55 à 104 m2	19703	23286	25504	27722	18960	22570	24719	26869
	105 à 124 m2	30293	35801	39210	42620	25679	30569	33480	36391
	>= 125 m2	35136	41525	45480	49434	27692	32964	36104	39243
Locataire	<= 54 m2	8692	10272	11250	12228	12227	14555	15941	17327
	55 à 104 m2	17733	20958	22953	24949	17064	20313	22247	24182
	105 à 124 m2	27263	32221	35289	38358	23111	27512	30132	32752
	>= 125 m2	31622	37372	40932	44491	24923	29668	32494	35319
TOTAL		19186	25000		18605		24419		

Etude du potentiel micro-cogen (I. Daoud – COGENSUD, 2004) – Sources : Bilan du secteur du logement – 2002 - ICEDD

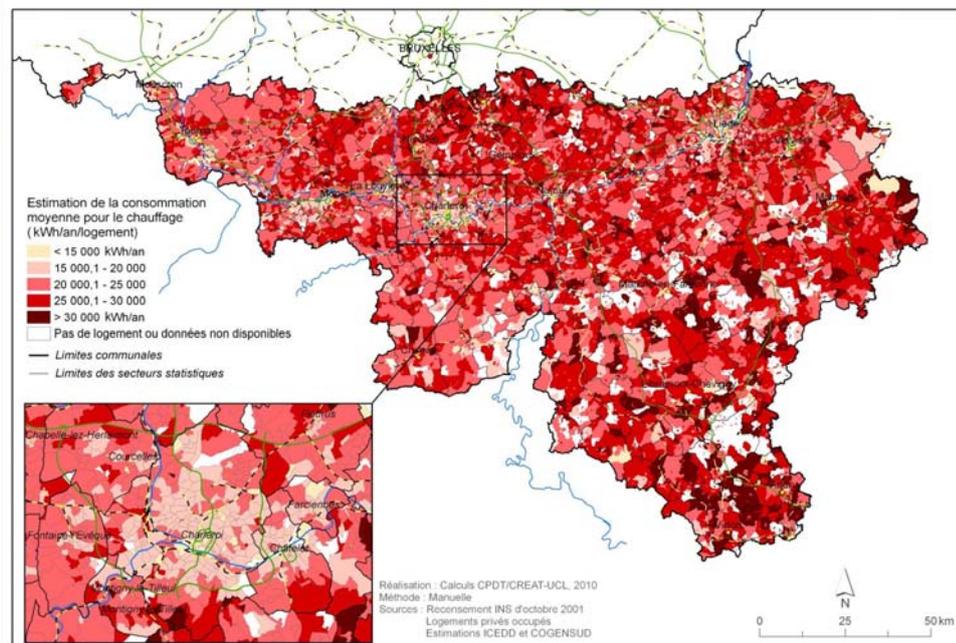
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010

9



CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010

10



CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010

Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Namur, le 1^{er} avril 2010

Phase 3 : Réalisation de 4 études de cas

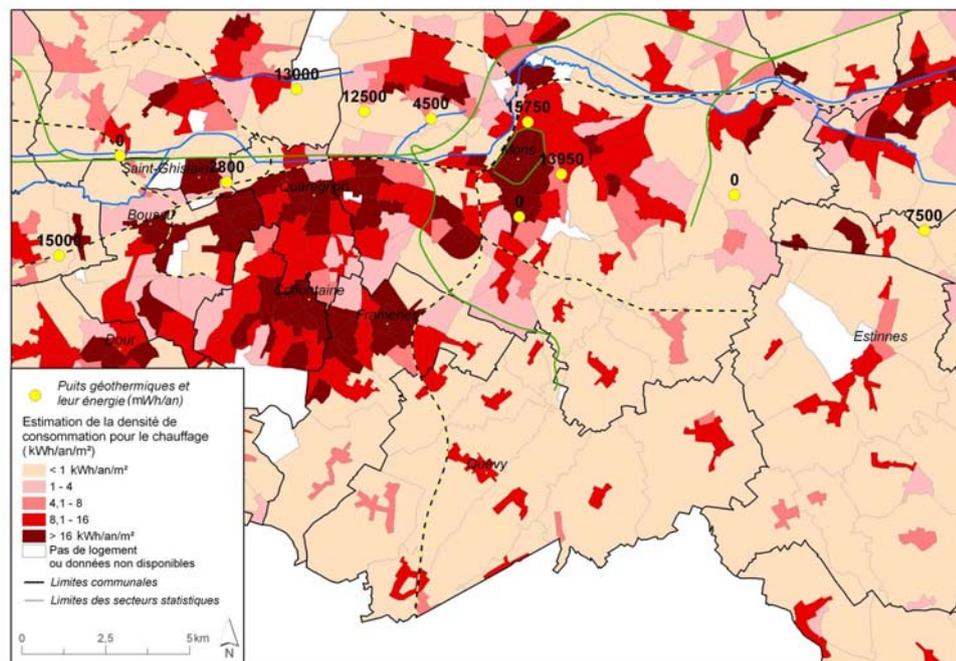
1
1

1. Cas de la géothermie

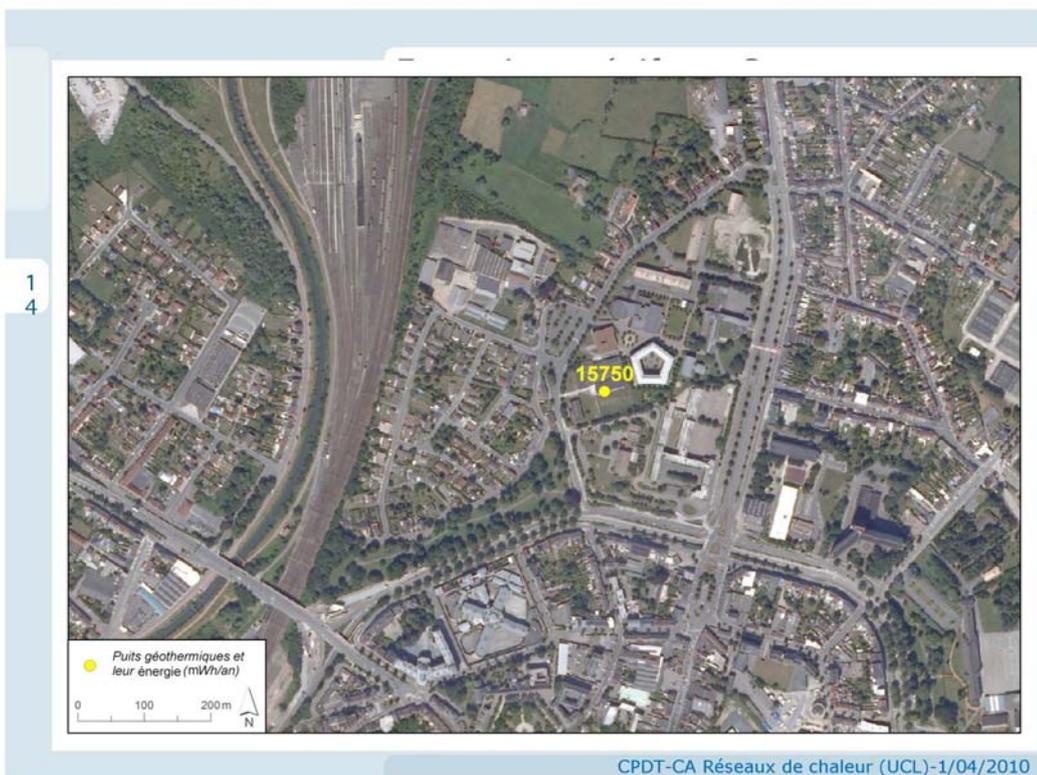
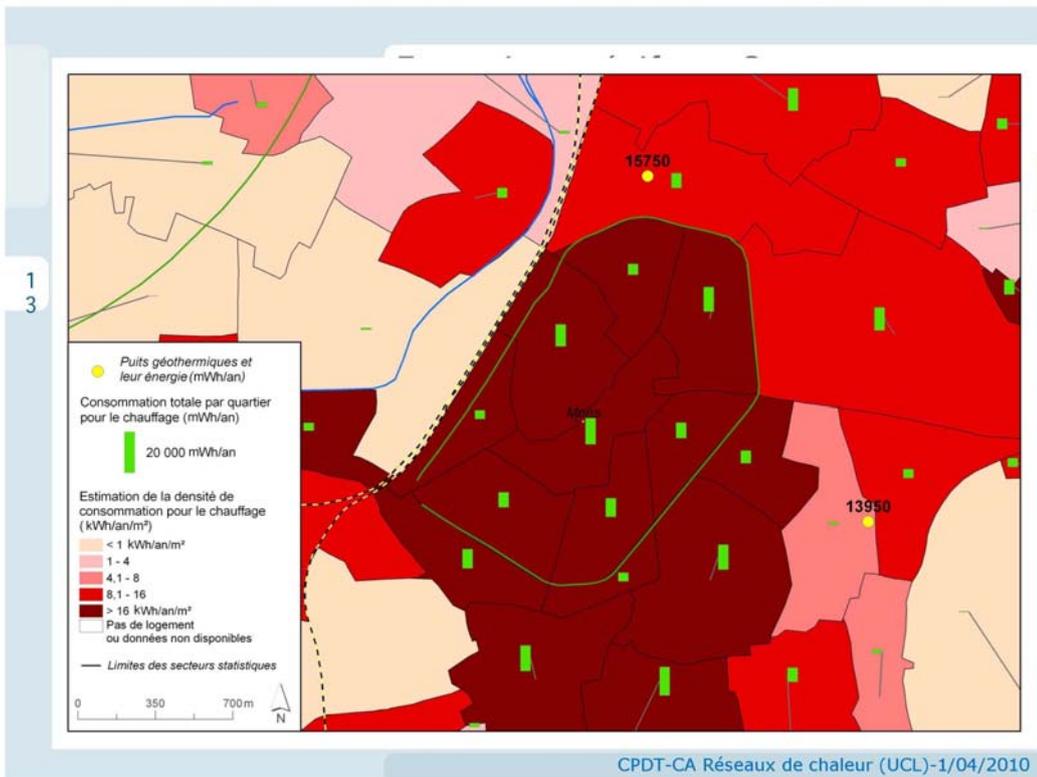
2. Cas du bois
3. Cas des effluents d'élevage
4. Cas urbain - déchets ménagers

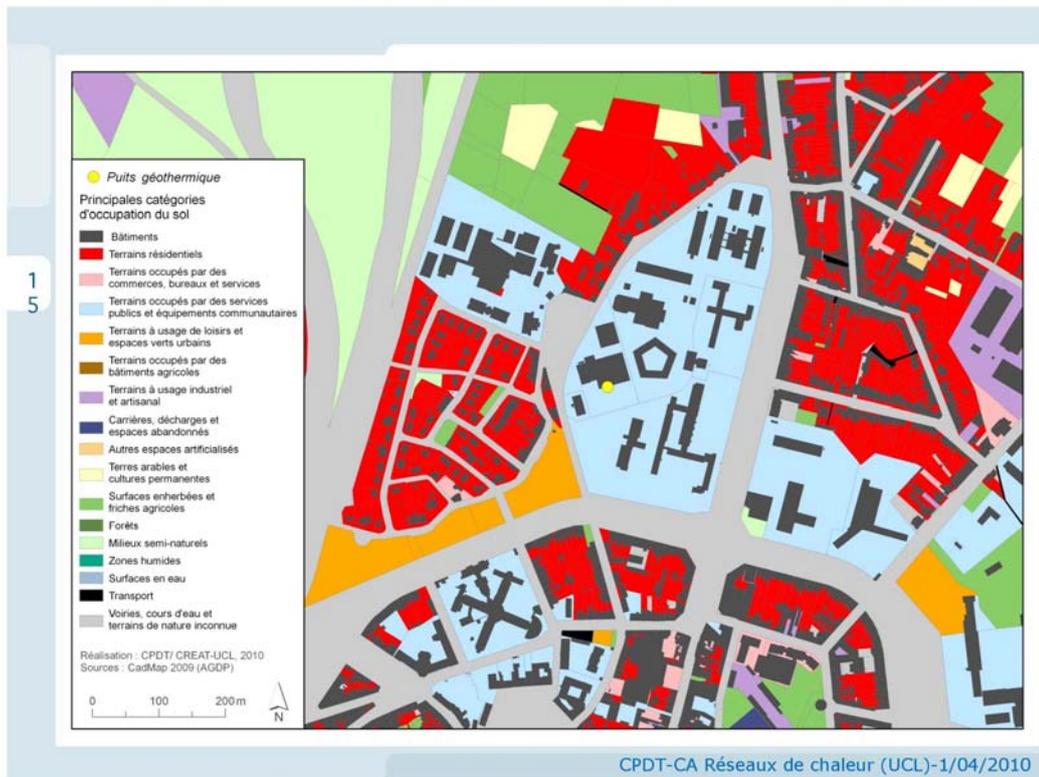
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010

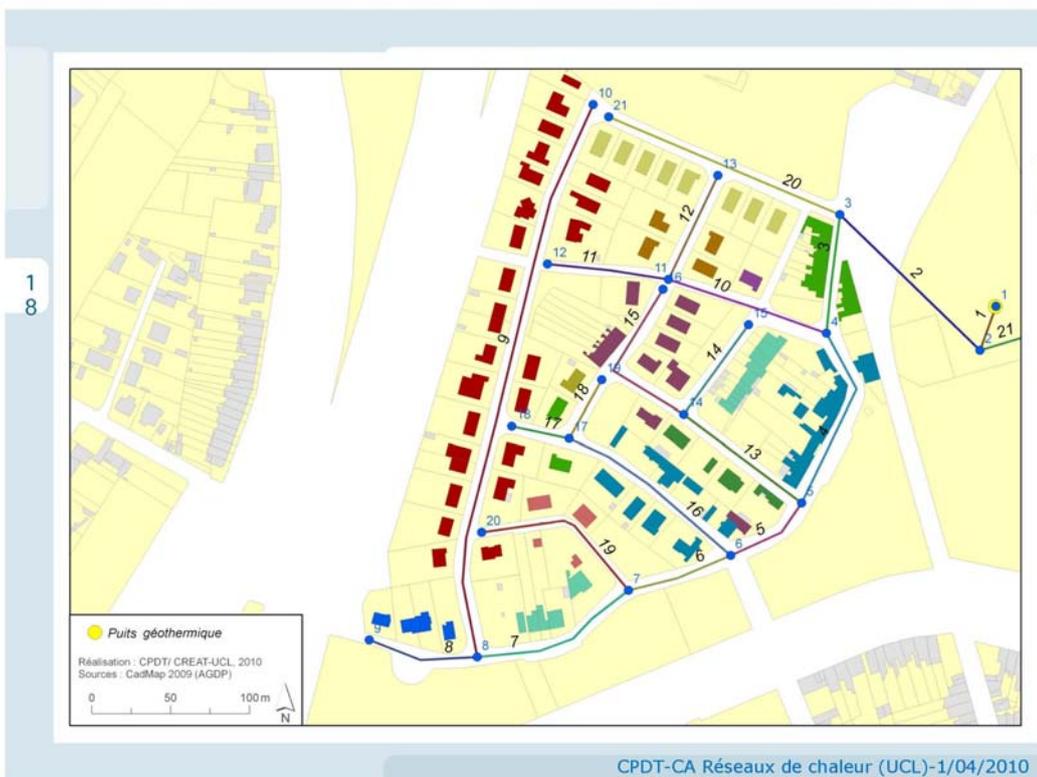
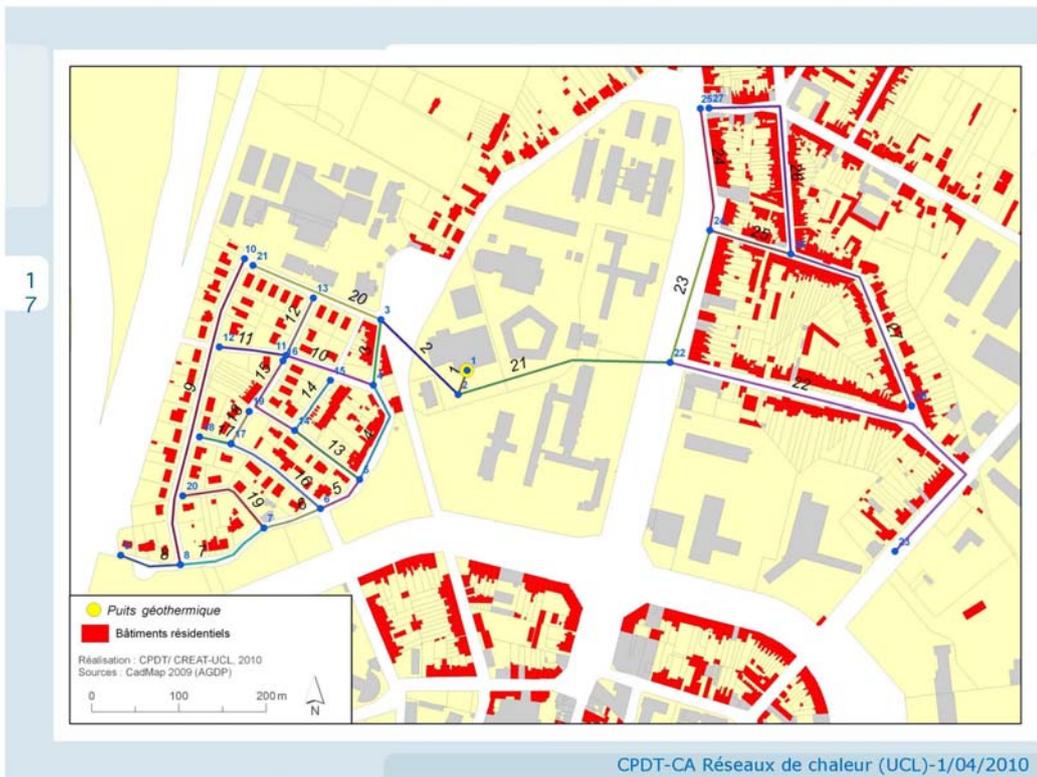
1
2

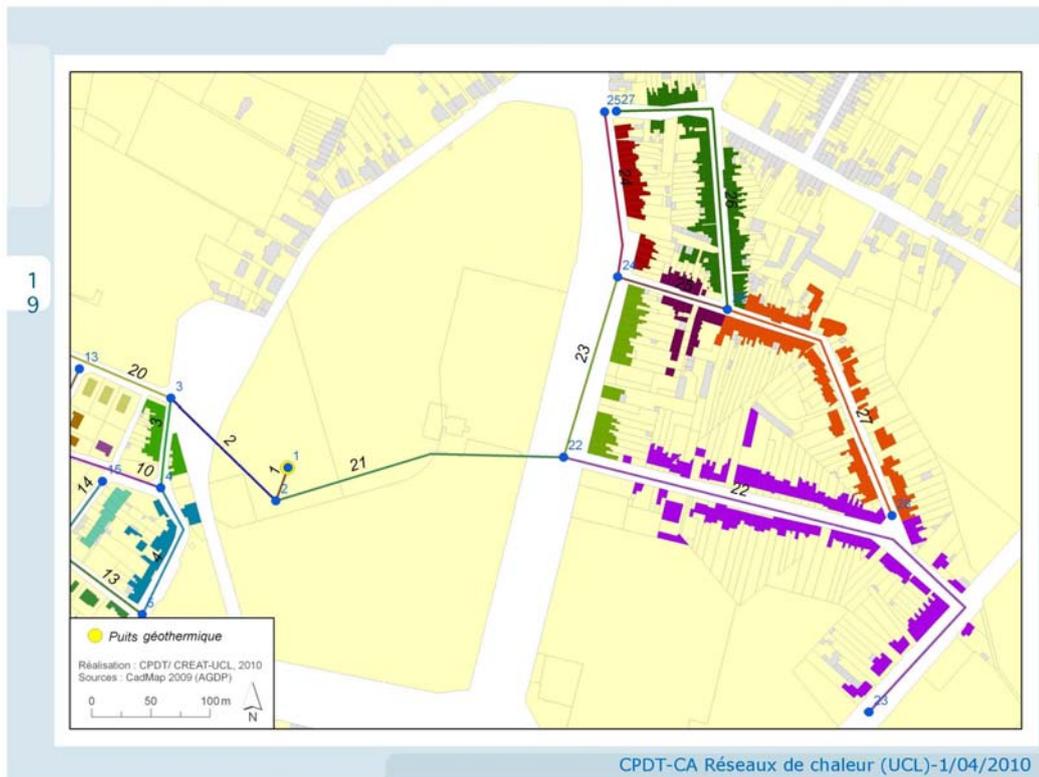


CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010









2
0

Données du réseau de chaleur		
Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	17283
- Puissance moyenne par logement	kW	12,96
- Coefficient de foisonnement	-	0,8
Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/mK	0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/mK/mm	0,0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	3
Résultats globaux du réseau de chaleur		
- Puissance thermique installée	kW	4469,3838
- Longueur du réseau de chaleur	m	3672
- Densité du réseau	kW/m	1,22
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	7448973
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	1049626
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	841001
- Puissance de pompage	kW	43,50
- Rendement de distribution	%	88,71
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	70,97
- Investissement	€	3.136.527 €
- Nombre de logements	-	431
- Prix par logement	€	7.277 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/kWh/an	0,421

Spécifique 3
Reur
/2010

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010



Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Namur, le 1^{er} avril 2010

Phase 3 : Réalisation de 4 études de cas

2
1

1. Cas de la géothermie

Trame	Nœud in	Nœud out	L (m)	Nbre Log.	EJan (kWh)	Pthem.(kW)	Qnom.(m3h)	Diam(mm)	Pertesthem.(kWh)	P pompe(kW)	Invest.(€)
Tame 1	1	2	29,92	0	0	0	192,15	184	14319	0,97	25 519 €
Tame 2	2	3	124,08	0	0	0	58,40	102	37495	2,22	75 055 €
Tame 3	3	4	76,31	13	224679	134,8074	54,84	98	22645	1,32	84 436 €
Tame 4	4	5	120,62	24	414792	248,8752	46,81	91	33709	1,93	141 110 €
Tame 5	5	6	58,08	1	17283	10,3698	24,07	65	13043	0,67	31 794 €
Tame 6	6	7	68,79	0	0	0	17,39	55	14010	0,67	32 082 €
Tame 7	7	8	109,10	5	86415	51,849	15,60	53	21539	1,01	64 923 €
Tame 8	8	9	70,91	4	69132	41,4792	1,78	18	8739	0,22	37 052 €
Tame 9	8	10	365,62	26	449358	269,6148	11,59	45	66558	2,91	237 433 €
Tame 10	4	11	105,80	1	17283	10,3698	2,23	20	13511	0,37	41 041 €
Tame 11	11	12	77,25	0	0	0	0,00	0	6593	0,00	23 175 €
Tame 12	11	13	73,42	4	69132	41,4792	1,78	18	9048	0,23	37 939 €
Tame 13	5	14	93,48	4	69132	41,4792	12,04	46	17180	0,76	52 983 €
Tame 14	14	15	70,28	10	172830	103,698	4,46	28	10208	0,35	57 004 €
Tame 15	14	16	113,67	13	224679	134,8074	5,80	32	17466	0,64	84 020 €
Tame 16	6	17	127,49	11	190113	114,0678	6,24	33	19918	0,75	83 955 €
Tame 17	17	18	37,18	2	34566	20,7396	0,89	13	4169	0,08	18 553 €
Tame 18	17	19	42,51	1	17283	10,3698	0,45	9	4434	0,07	16 886 €
Tame 19	7	20	113,69	4	69132	41,4792	1,78	18	14010	0,36	52 163 €
Tame 20	3	21	159,33	8	138264	82,9584	3,57	25	22136	0,70	83 804 €
Tame 21	2	22	249,05	0	0	0	133,75	154	102973	6,74	189 617 €
Tame 22	22	23	491,35	93	1607319	964,3914	41,46	86	131701	7,40	552 624 €
Tame 23	22	24	159,52	18	311094	186,6564	92,28	128	57094	3,59	162 993 €
Tame 24	24	25	142,01	19	328377	197,0262	8,47	39	23846	0,97	116 091 €
Tame 25	24	26	96,77	24	414792	248,8752	75,79	116	32163	1,97	134 643 €
Tame 26	26	27	252,68	75	1296225	777,735	33,44	77	63021	3,42	359 094 €
Tame 27	26	28	243,19	71	1227093	736,2558	31,65	75	59574	3,20	340 539 €

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010

Présentation du logiciel RC-sizing

Avril 2010

Réunion CPDT - Expertise RC

Jean-Marie Seynhaeve

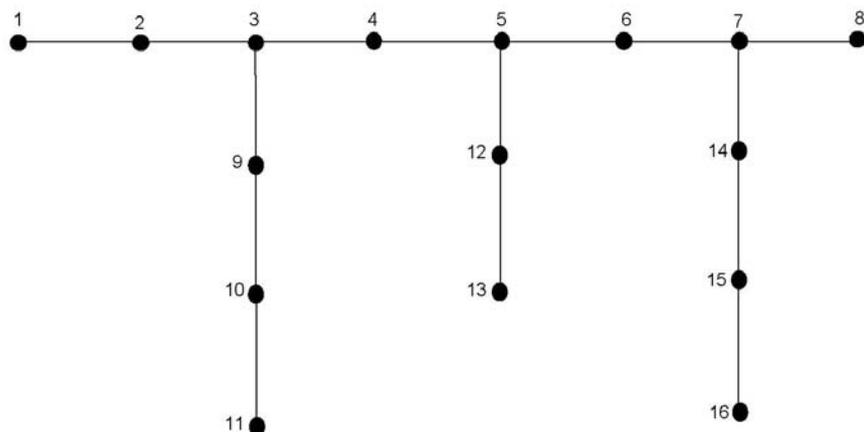
Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

Caractéristiques du réseau de chauffage

Réseau ramifié :

- N branches (trames)
- N+1 noeuds



Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

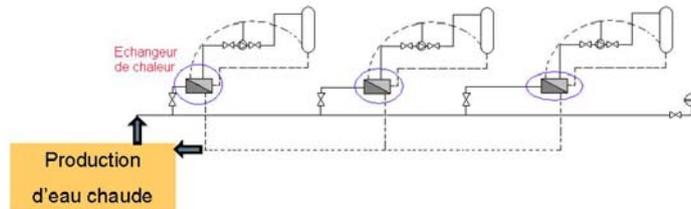
2

Caractéristiques du réseau de chauffage

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Distribution de chauffage bi-tube



Tubes isolés thermiquement



Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

3

Données du réseau de chauffage

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Caractéristiques d'un logement moyen

Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	20000
- Puissance moyenne par logement	kW	15
- Coefficient de foisonnement	-	0.8

Remarques :

- Nombre de jours d'utilisation – localisation - besoin ou non ECS
- Prix du raccordement : échangeur à plaque +/- 20 kW par logement
- Energie moyenne par logement du RC : cf. cartes RW présentées
- Puissance moyenne par logement : isolation, Nbre de degré-jours
- Coefficient de foisonnement : simultanéité des besoins de chauffage

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

4



Données du réseau de chauffage

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Caractéristiques du réseau de distribution

Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m/K	0.1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m/K/mm	0.0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0.02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/mm	3

Remarques :

- Pertes thermiques – diamètre de la conduite
- Températures Aller/Retour, température sol : fonction de t ext.
- Pertes de charge : fonction du diamètre, rugosité, vitesse, etc.
- Prix des conduites ? très variables... fonction du diamètre

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

5



Données du réseau de chauffage

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Caractéristiques des trames

Trame	Nœud in	Nœud out	L (m)	Nbre Log.
Trame 1	1	2	29.92	0
Trame 2	2	3	124.08	0
Trame 3	3	4	76.31	13
Trame 4	4	5	120.62	24
Trame 5	5	6	58.08	1
Trame 6	6	7	68.79	0
Trame 7	7	8	109.10	5
Trame 8	8	9	70.91	4
Trame 9	8	10	365.82	26
Trame 10	4	11	105.80	1
Trame 11	11	12	77.25	0
Trame 12	11	13	73.42	4
Trame 13	5	14	93.48	4
Trame 14	14	15	70.28	10
Trame 15	14	16	113.67	13
Trame 16	6	17	127.49	11
Trame 17	17	18	37.18	2
Trame 18	17	19	42.51	1
Trame 19	7	20	113.69	4
Trame 20	3	21	159.33	8
Trame 21	2	22	249.05	0
Trame 22	22	23	491.35	93
Trame 23	22	24	159.52	18
Trame 24	24	25	142.01	19
Trame 25	24	26	96.77	24
Trame 26	26	27	252.68	75
Trame 27	26	28	243.19	71

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

6



Méthodologie + démonstration

- Détermination des puissances de chauffe par trame
- Calcul du débit de passage Aller/Retour par trame
- Réseaux ramifiés – construction et inversion de la matrice caractéristique
- Calcul des débits nominaux de chaque trame
- Pour chaque trame :
 - Diamètre du bi-tube
 - Pertes de charge dans le bi-tube
 - Puissance de pompage
 - Déperditions calorifiques
 - Prix par trame
- Calcul des caractéristiques globales :

Démo

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

7



Résultats

Résultats par trame :

E/an (kWh)	P _{therm.} (kW)	Q _{nom.} (m ³ /h)	Diam (mm)	Pertes therm. (kWh)	P pompe (kW)	Invest. (€)
0	0	222.36	198	16210	1.04	26 772 €
0	0	67.58	109	39532	2.39	77 921 €
260000	156	63.46	106	23759	1.42	86 143 €
480000	288	54.17	98	36483	2.08	143 603 €
20000	12	27.86	70	13655	0.72	32 656 €
0	0	20.12	60	14626	0.72	32 949 €
100000	60	18.06	57	22465	1.08	66 225 €
80000	48	2.06	19	8942	0.24	37 338 €
520000	312	13.41	49	69234	3.13	241 196 €
20000	12	2.58	21	13850	0.40	41 518 €
0	0	0.00	0	6593	0.00	23 175 €
80000	48	2.06	19	9259	0.25	38 235 €
80000	48	13.93	50	17877	0.82	53 963 €
200000	120	5.16	30	10527	0.37	57 452 €
260000	156	6.71	34	18054	0.69	84 847 €
220000	132	7.22	36	20603	0.80	84 918 €
40000	24	1.03	14	4244	0.09	18 659 €
20000	12	0.52	10	4495	0.07	16 972 €
80000	48	2.06	19	14336	0.38	52 621 €
160000	96	4.13	27	22782	0.76	84 713 €
0	0	154.77	165	109162	7.25	198 319 €
1860000	1116	47.98	92	138499	7.96	562 183 €
360000	216	106.79	137	60387	3.86	167 623 €
380000	228	9.80	42	24734	1.04	117 340 €
480000	288	87.70	125	33973	2.12	137 189 €
1500000	900	38.69	83	66160	3.68	363 509 €
1420000	852	36.63	80	62514	3.44	344 673 €

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

8



Résultats

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Résultats globaux :

<i>Résultats globaux du réseau de chaleur</i>		
- Puissance thermique installée	kW	5172
- Longueur du réseau de chaleur	m	3672
- Densité du réseau	kW/m	1.41
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	8620000
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	1200155
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	880958
- Puissance de pompage	kW	46.80
- Rendement de distribution	%	89.78
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	71.82
- Investissement	€	3 192 710 €
- Nombre de logements	-	431
- Prix par logement	€	7 408 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/kWh/an	0.370

Attention : Prix équipement de production non compris !

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

9



Etude de cas

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

4 cas d'étude:

- Géothermie (Mons)
- Energie bois
- Bio-méthanisation : RC
- Energie fatale : Indradel Herstal

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

10



Conclusions préliminaires

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Visites effectuées dans le cadre de cette expertise depuis janvier 2010

- Réunion Cluster Tweed 26/1 :
- Projet Minguet, Projet Visé
- UMons 18/2: Prof Quinif, géothermie
- Intradel 23/2 : projet RC Herstal

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

11



Conclusions préliminaires Comparaison : Isoler les murs ?

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Performance énergétique d'une isolation d'un mur intérieur	
Type d'isolation	PUR
Epaisseur (mm)	80
Conductibilité thermique (W/m/K)	0.023
Nombre de degré-jours annuel moyen	2400
Prix du kWh thermique (€/kWh)	0.07
Prix par m2 de l'isolant (€/m2)	40
Résistance thermique (m2.K/W)	3.48
Résistance thermique d'un mur moyen Wallon (m2.K/W)	1.50
Déperdition énergétique du mur moyen par m2 (kWh/m2/an)	66.74
Déperdition énergétique du mur solé par m2 (kWh/m2/an)	20.09
Gain énergétique par an et par m2 en isolant (kWh/m2/an)	46.65
Gain en l de mazout ou en m3 de GN (l ou m3/m2/an)	4.66
Réduction de CO2 émis (kg de CO2/m2/an)	13.34
Economie annuelle (€/m2/an)	3.27
Pay back time (années)	12.25
Coût unitaire d'économie d'énergie €/kWh/an	0.86
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 (€/kg CO2/an)	3.00
Cas d'une habitation wallonne moyenne	
Surface murs extérieurs d'une habitation moyenne (m2)	125
Gain annuel moyen (€)	408.16
Réduction d'émission de CO2 (kg/an)	1667.62
Gain énergétique total par an (kWh/an)	5830.84
Prix total de l'isolation (€)	5000.00

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

12



Conclusions préliminaires Comparaison : Isoler le toit

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Performance énergétique d'une isolation d'un toit	
Type d'isolation	Laine verre
Épaisseur (mm)	200
Conductibilité thermique (W/m/K)	0.04
Nombre de degré-jours annuel moyen	2400
Prix du kWh thermique (€/kWh)	0.1
Prix par m2 de l'isolant (€/m2)	20
Résistance thermique (m2.K/W)	5.00
Résistance thermique d'un toit moyen Wallon (m2.K/W)	2.27
Déperdition énergétique du toit moyen par m2 (kWh/m2/an)	44.15
Déperdition énergétique du toit solé par m2 (kWh/m2/an)	13.76
Gain énergétique par an et par m2 du toit isolé (kWh/m2/an)	30.39
Gain en l de mazout ou en m3 de GN par an par m2	3.04
Réduction de CO2 émis (kg de CO2/m2/an)	8.69
Economie annuelle (€/m2/an)	3.04
Pay back time (années)	6.58
Coût unitaire d'économie d'énergie €/kWh/an	0.66
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 (€/kg CO2/an)	2.30
Cas d'une habitation wallonne moyenne	
Surface toits extérieurs d'une habitation moyenne (m2)	100
Gain annuel moyen (€)	303.85
Réduction d'émission de CO2 (kg/an)	869.02
Gain énergétique total par an (kWh/an)	3038.55
Prix total de l'isolation (€)	2000.00

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

13



Conclusions préliminaires Comparaison : Remplacer le vitrage

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Performance énergétique d'une isolation d'un double vitrage	
Type d'isolation	double vitre
Nombre de degré-jours annuel moyen	2400
Prix du kWh thermique (€/kWh)	0.1
Prix par m2 du double vitrage (€/m2)	275
Résistance thermique double vitrage (m2.K/W)	0.75
Résistance thermique d'une fenêtre simple vitrage	0.30
Déperdition énergétique du mur moyen par m2 (kWh/m2/an)	333.33
Déperdition énergétique du mur solé par m2 (kWh/m2/an)	95.24
Gain énergétique par an et par m2 en isolant (kWh/m2/an)	238.10
Gain en l de mazout ou en m3 de GN (l ou m3/m2/an)	23.81
Réduction de CO2 émis (kg de CO2/m2/an)	68.10
Economie annuelle (€/m2/an)	23.81
Pay back time (années)	11.55
Coût unitaire d'économie d'énergie €/kWh/an	1.16
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 (€/kg CO2/an)	4.04
Cas d'une habitation wallonne moyenne	
Surface vitrage d'une habitation moyenne (m2)	20
Gain annuel moyen (€)	476.19
Réduction d'émission de CO2 (kg/an)	1361.90
Gain énergétique total par an (kWh/an)	4761.90
Prix total de l'isolation (€)	5500.00

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

14



Conclusions préliminaires Comparaison : Remplacer le vitrage

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Performance énergétique d'une isolation d'un triple vitrage

Type d'isolation	triple vitrage
Nombre de degré-jours annuel moyen	2400
Prix du kWh thermique (€/kWh)	0.1
Prix par m2 du triple vitrage (€/m2)	400
Résistance thermique triple vitrage (m2.K/W)	1.10
Résistance thermique d'une fenêtre simple vitrage	0.30
Déperdition énergétique du mur moyen par m2 (kWh/m2/an)	333.33
Déperdition énergétique du mur solé par m2 (kWh/m2/an)	71.43
Gain énergétique par an et par m2 en isolant (kWh/m2/an)	261.90
Gain en l de mazout ou en m3 de GN (l ou m3/m2/an)	26.19
Réduction de CO2 émis (kg de CO2/m2/an)	74.90
Economie annuelle (€/m2/an)	26.19
Pay back time (années)	15.27
Coût unitaire d'économie d'énergie €/kWh/an	1.53
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 (€/kg CO2/an)	5.34

Cas d'une habitation wallonne moyenne

Surface vitrage d'une habitation moyenne (m2)	20
Gain annuel moyen (€)	523.81
Réduction d'émission de CO2 (kg/an)	1498.10
Gain énergétique total par an (kWh/an)	5238.10
Prix total de l'isolation (€)	8000.00

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

15



Conclusions préliminaires Comparaison : et la géothermie ?

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Géothermie

Puissance du puits (MW)	15.00
Puissance par logement (kW)	25.00
Energie consommée par logement kWh/an	20000.00
Nombre de logement	600.00
Total MWh/an économisé	12000.00
Réduction d'émission de CO2 (t/an)	3432.00
Investissement (€)	3.70E+07
Coût unitaire d'économie d'énergie €/kWh/an	3.08
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 (€/kg CO2/an)	10.78

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

16

 UCL Université catholique de Louvain	<h2 style="margin: 0;">Conclusions préliminaires</h2> <h3 style="margin: 0;">Validité des résultats et incertitudes</h3>
iMMC <small>Institute of Mechanics, Material and Civil engineering</small>	<ul style="list-style-type: none"> • Hypothèses du modèle ... • Le logiciel a été vérifié. • Ordre de grandeur des données... • Incertitudes sur les données. • La comparaison relative entre les RC reste valable... <div style="text-align: center; background-color: #FFD700; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="margin: 0;">A méditer... et à ne pas prendre à la lettre !</p> </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain</p>
Jean-Marie Seynhaeve	17

 UCL Université catholique de Louvain	<h2 style="margin: 0;">Conclusions préliminaires</h2> <h3 style="margin: 0;">Grandeurs importantes à analyser</h3>
iMMC <small>Institute of Mechanics, Material and Civil engineering</small>	<ul style="list-style-type: none"> • Puissance (kW) • Densité du RC (kWh/m ou kWh/m²) • Consommation annuelle • Rendement global : distribution, production • Investissement total par habitation • Coût unitaire : Euro/kWh/an ... • Type d'urbanisme... <p style="text-align: center; font-size: small;">Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain</p>
Jean-Marie Seynhaeve	18



Conclusions préliminaires

Les moyens de production ?

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

- Coût supplémentaire
- Energie renouvelable gratuite ou non
 - géothermie (prix du forage...)
 - bio-méthanisation
 - bois, pellets
- Et l'énergie fatale industrielle (Intradel)
 - Coût des transformations...
 - Impact sur la production électrique
 - Flexibilité
 - Foisonnement des besoins Th. et El.
- Et la recherche de la bonne symbiose...

Réunion du 1er avril 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

5.6.3 CA du 3/05/2010

 <p>UCL Université catholique de Louvain</p>	<h2>Réseau de chauffage urbain - Sizing</h2>
<p>IMMC Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering</p> <p>Jean-Marie Seynhaeve</p>	<p>3 mai 2010</p> <p>Réunion CPDT - Expertise RC</p> <p>Jean-Marie Seynhaeve</p> <p>Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain</p> <p>1</p>

 <p>UCL Université catholique de Louvain</p>	<h2>Préambule – Suite et fin de l'expertise RC</h2>
<p>IMMC Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering</p> <p>Jean-Marie Seynhaeve</p>	<h3>Définition initiale de l'expertise:</h3> <p><i>"La CPDT pourrait croiser les cartes de potentiel géothermique avec les cartes de densité d'habitat, d'industries etc., pour identifier les zones les plus appropriées pour implanter des réseaux de chaleur. Il s'agit d'étudier le potentiel des réseaux de chaleur alimentés par du bois-énergie, soit par la géothermie, soit par les effluents d'élevage (biométhanisation), soit par la fraction verte des déchets. La définition de zones les plus appropriées doit tenir compte de l'ensemble de ces possibilités, et pas seulement la géothermie. Les "critères pertinents" sont donc l'accès aux gisements (proximité de la voie d'eau pour le bois-énergie par exemple) et le potentiel d'utilisation (densité élevée d'habitations, présence de gros consommateurs tertiaire ou industriel)."</i></p> <h3>Critères pertinents des RC ? :</h3> <ol style="list-style-type: none"> 1. Symbiose locale (et temporelle !) entre la demande en énergie de chauffage (ou autres) et l'énergie renouvelable disponible... 2. Comparaison avec les autres options technologiques possibles ainsi que par rapport aux perspectives futures... Classement des technologies... 3. Options technologiques : URE, autres sources d'ER, autres filières de valorisation des ER. 4. Rendement des RC compte tenu des évolutions futures ? <h3>Malaise de UCL dans cette expertise :</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Répondre uniquement au point 1 ne veut pas dire que le placement d'un RC est PERTINENT... • L'approche scientifique objective est de répondre d'abord au point 2, 3 et 4 avant (ou simultanément) de répondre au point 1. <p>Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain</p> <p>2</p>



UCL
Université
catholique
de Louvain

Résumé URE – sources ER

€/kWh/an produite ou économisé

IMMC
Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering

- Isolation toit : 0.48
- Isolation murs : 0.93
- SV en DV : 1.16
- Eolien : 0.38
- Solaire photovoltaïque : 1.24 (en évolution)
- Solaire thermique : 4.36

	Prix MWh	Energie MWh/an	Coût €	Montant risque €	Montant réseau €	Besoins existants	Type de distribution	Nombre logements	Coût €/MWh/an
1 Gilie - extension	5.20	13000	3000000	1500000	1900000	partiellement pas e score	ZAC + cinéma + etc.	295	0.57
2 Saint-Gisbain - extension	1.00	4000	950000	475000	700000	pas e score	160 logements	57	0.84
3 Bardoir - extension	1.00	4500	1120000	562000	290000	pas e score	150 logements	57	0.99
4 Bois-Nord	7.00	17500	9000000	6250000	1900000	oui	Logements publics (15)	397	1.21
5 Bois-Est	6.20	15500	9970000	6325000	2000000	oui	Logements publics (10)	351	1.30
6 Po et Plat	7.00	12000	4370000	3370000	1000000	pas e score	ZAC	397	0.55
7 Heisis - Douz	6.00	15000	5750000	4325000	1700000	pas e score	ZAC	340	0.85
8 Bielle	5.20	7500	3650000	2875000	700000	pas e score	extension ZAC	295	0.82
TOTAL	38.80	88600	38120000	25885000	10240000			2187	0.87

Remarques :

Attention! Ordre de grandeur, mais qui permet de situer relativement les filières entre elles.

Autres filières...

- Filière d'utilisation de la bio-méthanisation : cogénération avec moteur à gaz ...
- Filière d'utilisation de la biomasse : cogénération par gazéification ou par centrale
- PAC et électricité pour le chauffage domestique...
- Etc.

Jean-Marie Seynhaeve

3



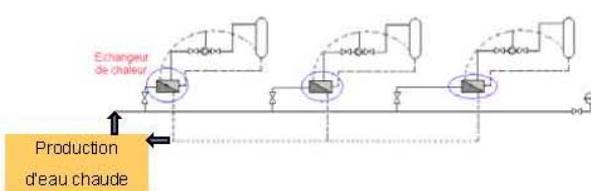
UCL
Université
catholique
de Louvain

Réseaux de chauffage

Etude de sensibilité – Perspectives d'avenir

IMMC
Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering

Rappel : Distribution de chauffage bi-tube



Tubes isolés thermiquement



Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

4

UCL
Université
catholique
de Louvain

Réseaux de chauffage
Etude de sensibilité – Perspectives d'avenir

IMMC
Institute of Mechanics, Aeronautics and Civil Engineering

Caractéristiques d'un logement moyen

Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	20000
- Puissance moyenne par logement	kW	15
- Coefficient de foisonnement	-	0.8

Remarques :

- Nombre de jours d'utilisation – localisation - besoin ou non ECS
- Prix du raccordement : échangeur à plaque +/- 20 kW par logement
- Energie moyenne par logement du RC : cf. cartes RW présentées
- Puissance moyenne par logement : isolation, Nbre de degré-jours
- Coefficient de foisonnement : simultanéité des besoins de chauffage

Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

5

UCL
Université
catholique
de Louvain

Réseaux de chauffage
Etude de sensibilité – Perspectives d'avenir

IMMC
Institute of Mechanics, Aeronautics and Civil Engineering

Caractéristiques du réseau de distribution

Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/mK	0.1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/mK/mm	0.0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0.02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	3

Remarques :

- Pertes thermiques – diamètre de la conduite
- Températures Aller/Retour, température sol : fonction de t ext.
- Pertes de charge : fonction du diamètre, rugosité, vitesse, etc.
- Prix des conduites ? très variables... fonction du diamètre

Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

6



UCL
Université
catholique
de Louvain

Réseaux de chauffage

Etude de sensibilité – Perspectives d'avenir



IMMC
Institute of Mechanics, Materials and Engineering

Caractéristiques des trames

Trame	Nœud in	Nœud out	L (m)	Nbre Log.
Trame 1	1	2	29.82	0
Trame 2	2	3	124.08	0
Trame 3	3	4	76.31	13
Trame 4	4	5	120.62	24
Trame 5	5	6	58.08	1
Trame 6	6	7	88.79	0
Trame 7	7	8	109.10	5
Trame 8	8	9	70.91	4
Trame 9	8	10	366.82	26
Trame 10	4	11	106.80	1
Trame 11	11	12	77.25	0
Trame 12	11	13	73.42	4
Trame 13	5	14	93.48	4
Trame 14	14	15	70.28	10
Trame 15	14	16	113.67	13
Trame 16	6	17	127.40	11
Trame 17	17	18	37.18	2
Trame 18	17	19	42.51	1
Trame 19	7	20	113.69	4
Trame 20	3	21	159.23	8
Trame 21	2	22	249.05	0
Trame 22	22	23	401.35	93
Trame 23	22	24	159.62	18
Trame 24	24	25	142.01	19
Trame 25	24	26	96.77	24
Trame 26	26	27	252.68	76
Trame 27	26	28	243.19	71

Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

7



UCL
Université
catholique
de Louvain

Réseaux de chauffage

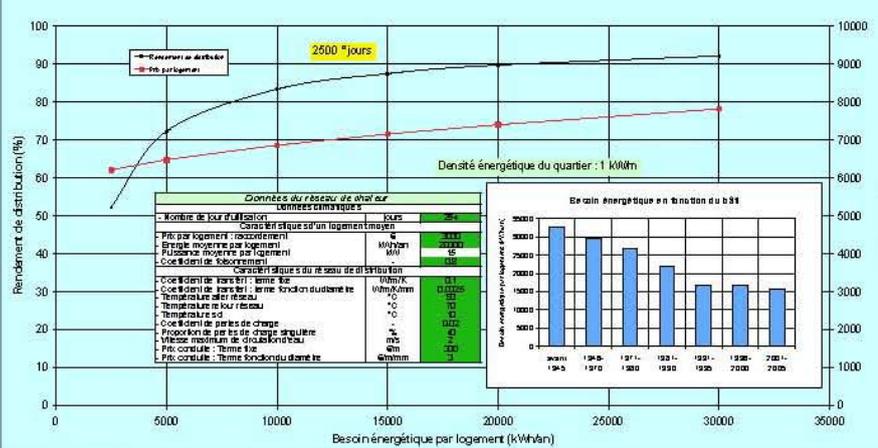
Etude de sensibilité – Perspectives d'avenir



IMMC
Institute of Mechanics, Materials and Engineering

Réseau de chaleur - Influence des besoins en énergie de chauffage

Densité énergétique du quartier : 1 kWh/m

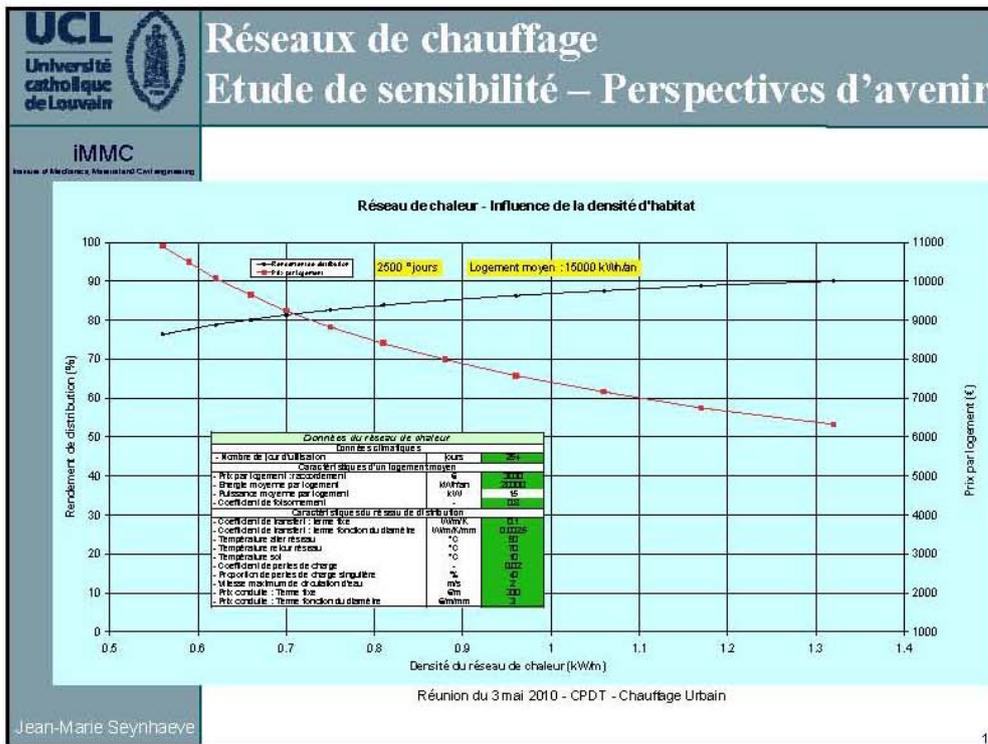
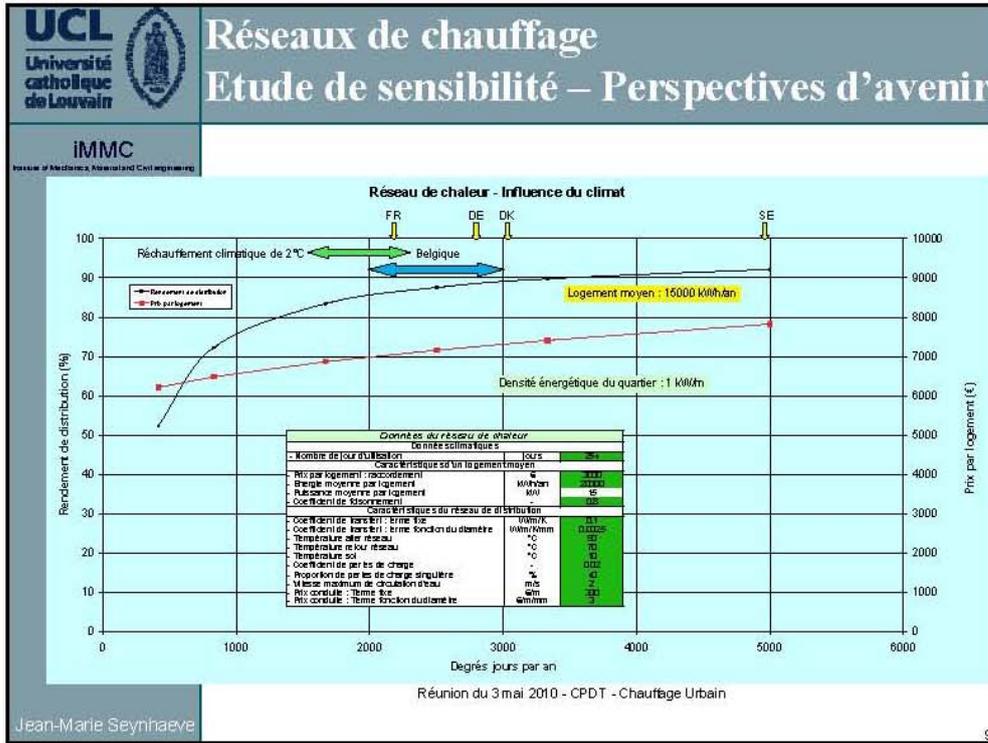


Données du réseau de chaleur		Unités caractéristiques	
- Nombre de jours d'utilisation	Jours	250	
- Coefficient caractéristique de l'apartemen t moyen		4	
- Prix par logement (abonnement)	€/logement	3000	
- Energie moyenne par logement	MWh/logement	2000	
- Plus-value moyenne par logement	€/logement	15	
- Coefficient de dépréciation		100	
Caractéristiques du réseau de distribution			
- Coefficient de transfert - Terme 1a	Unité/kWh	0.11	
- Coefficient de transfert - Terme 1b	Unité/kWh	0.0025	
- Température ambiante	°C	20	
- Température ambiante	°C	10	
- Température de l'eau	°C	10	
- Température d'air	°C	10	
- Coefficient de pertes de charge		0.02	
- Proportion de pertes de charge angulaire	%	40	
- Vitesse maximum de circulation	m/s	2	
- Prix conduite - Terme 1a	€/m	100	
- Prix conduite - Terme 1b	€/m	10	
- Prix conduite - Terme 1b	€/m	10	

Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

8





UCL
Université
catholique
de Louvain

Réseaux de chauffage Et la géothermie – « Géother-Wall »

IMMC
Institute of Mechanical, Aeronautical and Civil Engineering

	Prix par MWh	Energie MWh/an	Coût €	Montant risque €	Montant à seat	Besoins existants	Type de distribution	Nombre logements	Coût €/kWh/an
1 Glin - extension	5,20	13000	300000	160000	190000	partiellement	ZAC + chemin+etc.	295	0,57
2 Saint-Gilès - extension	1,00	4000	960000	475000	700000	pas encore	160 logements	57	0,84
3 Bardou - extension	1,00	4500	1125000	582500	250000	pas encore	150 logements	57	0,99
4 Mois-Noir	7,00	17500	960000	625000	1900000	oui	bâtiments publics (10)	397	1,21
5 Mois-Est	6,20	16500	967500	632000	2000000	oui	bâtiments publics (10)	351	1,38
6 Flot et Plat	7,00	12500	471000	331000	1000000	pas encore	ZAC	397	0,55
7 Heisis - Dorre	6,00	16000	576000	432000	1100000	pas encore	ZAC	340	0,85
8 Binche	5,20	15000	396000	2817500	700000	pas encore	extension ZAC	295	0,82
TOTAL	38,60	89600	3812000	2568000	1024000			2187	0,87

Questions :

- Risques financiers ...
- Frais de raccordement ?
- Facturation ?
- Frais d'utilisation ?
- Etc.

Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

11



UCL
Université
catholique
de Louvain

Etude de cas : Géothermie ...

IMMC
Institute of Mechanical, Aeronautical and Civil Engineering

Données du réseau de chaleur		
Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	17285
- Puissance moyenne par logement	kW	12,98225
- Coefficient de fusionnement		1,5
Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/mK	0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/mK/mm	0,0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge		0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	3
Résultats globaux du réseau de chaleur		
- Puissance thermique installée	kW	51217,008
- Longueur du réseau de chaleur	m	3543
- Densité du réseau	kW/m	1,45
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	8536168
- Equivalent litres de mazout ou m ³ de G.N.		1196467
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	323528
- Puissance de pompage	kW	51,22
- Rendement de distribution	%	89,18
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	71,34
- Investissement	€	3 004 322 €
- Nombre de logements		356
- Prix par logement	€	8 439 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/kWh/an	0,352
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO ₂	€/kg CO ₂ /an	1,23 €

Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

12



UCL
Université
catholique
de Louvain

Etude de cas : Bois ...



IMMC
Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering

Données du réseau de chaleur		
Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	19894
- Puissance moyenne par logement	kW	14.9205
- Coefficient de foisonnement	-	0.8
Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m.K	0.1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m.K/mm	0.0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0.02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	2
Résultats globaux du réseau de chaleur		
- Puissance thermique installée	kW	5240.0796
- Longueur du réseau de chaleur	m	3870
- Densité du réseau	kW/m	1.35
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	8733486
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	1217970
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	905538
- Puissance de pompage	kW	47.43
- Rendement de distribution	%	89.63
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	71.71
- Investissement	€	3 286 893 €
- Nombre de logements	-	439
- Prix par logement	€	7 487 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/(kWh/an)	0.378
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO2	€/(kg CO2/an)	1.32 €

Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

13



UCL
Université
catholique
de Louvain

Etude de cas : Déchets ...



IMMC
Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering

Données du réseau de chaleur		
Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	18308
- Puissance moyenne par logement	kW	12.252
- Coefficient de foisonnement	-	0.8
Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m.K	0.1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m.K/mm	0.0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0.02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	2
Résultats globaux du réseau de chaleur		
- Puissance thermique installée	kW	6037.7856
- Longueur du réseau de chaleur	m	5296
- Densité du réseau	kW/m	1.14
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	10062976
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	1447736
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	1319713
- Puissance de pompage	kW	71.55
- Rendement de distribution	%	86.89
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	69.51
- Investissement	€	4 656 861 €
- Nombre de logements	-	616
- Prix par logement	€	7 560 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/(kWh/an)	0.463
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO2	€/(kg CO2/an)	1.62 €

Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

14



UCL
Université
catholique
de Louvain

Etude de cas : Elevage ...



IMMC
Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering

Données du réseau de chaleur		
Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	264
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	23978
- Puissance moyenne par logement	kW	17 9836
- Coefficient de foisonnement	-	0.8
Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m/K	0.1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m/K/m	0.0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0.02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/m	>

Résultats globaux du réseau de chaleur		
- Puissance thermique installée	kW	5121.7008
- Longueur du réseau de chaleur	m	3543
- Densité du réseau	kW/m	1.45
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	835616.8
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	119548.7
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	923528
- Puissance de pompage	kW	51.22
- Rendement de distribution	%	89.18
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	71.34
- Investissement	€	3 004 322 €
- Nombre de logements	-	356
- Prix par logement	€	8 439 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/(kWh.an)	0.352
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO2	€/(kg CO2/an)	1.23 €

Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

15



UCL
Université
catholique
de Louvain

Remarques



IMMC
Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering

Investissement du RC

- Même ordre de grandeur des €/kWh/an) : 0.4
- Différencier les réseaux existants de ceux à construire..

Investissement équipement de production

- Fonction de la filière
 - exemple : 110 000 €/kW pour 300 kW aux pellets
- Installation de bio-méthanisation : prix (4000 €/kW !...)
- Géothermie : risque financier du forage ?
- Surcoût de la valorisation des déchets (cogen intradel)

Frais d'utilisation : énergie gratuite ou non ?

- Géothermie, solaire, éolien : OK
- Bio-méthanisation : frais de transport... et d'utilisation
- Biomasse : prix de revient des pellets, transport, etc.
- et l'énergie fatale exploitable (cogénération) ...

Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

16

 <p>UCL Université catholique de Louvain</p>	<h2>Conclusions préliminaires</h2> <h3>Validité des résultats et incertitudes</h3>
<p>IMMC <small>Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering</small></p> <p>Jean-Marie Seynhaeve</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hypothèses du modèle ... • Le logiciel a été vérifié. • Ordre de grandeur des données... • Incertitudes sur les données. • La comparaison relative entre les RC reste valable... <div style="background-color: #FFD700; padding: 10px; text-align: center; margin: 10px 0;"> <p>A méditer... et à ne pas prendre à la lettre !</p> </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain</p> <p style="text-align: right; font-size: x-small;">17</p>

 <p>UCL Université catholique de Louvain</p>	<h2>Conclusions préliminaires</h2> <h3>Les moyens de production ?</h3>
<p>IMMC <small>Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering</small></p> <p>Jean-Marie Seynhaeve</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Coût supplémentaire • Energie renouvelable gratuite ou non <ul style="list-style-type: none"> - géothermie (prix du forage...) - bio-méthanisation - bois, pellets • Et l'énergie fatale industrielle (Intradel) <ul style="list-style-type: none"> - Coût des transformations... - Impact sur la production électrique - Flexibilité - Foisonnement des besoins Th. et El. • Et la recherche de la bonne symbiose... <p style="text-align: center; font-size: small;">Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain</p> <p style="text-align: right; font-size: x-small;">18</p>

 <p>UCL Université catholique de Louvain</p>	<h2>Conclusions préliminaires</h2> <h3>L'acceptation sociale</h3>
<p>IMMC Institute of Materials, Mechanical and Civil Engineering</p> <p>Jean-Marie Seynhaeve</p>	<ul style="list-style-type: none">• Quid de l'ECS ?• Quid de la fiabilité de la RC ?• Production de remplacement... <p style="text-align: center;">Last but not least L'acceptation sociale des RC</p> <p style="text-align: center;">Merci de votre attention</p> <p style="text-align: center;">Réunion du 3 mai 2010 - CPDT - Chauffage Urbain</p> <p style="text-align: right;">19</p>



Expertise spécifique 3
Réseaux de chaleur
Namur, le 3 mai 2010

1

Phase 1 (15/01/2010) : Inventaire de l'existant

Phase 2 (30/03/2010) :
Inventaire du potentiel et des besoins en chauffage
Sizing du réseau de distribution

Phase 3 (15/05/2010): Réalisation de 4 études de cas
Phase 3 suite (03/05/2010) : ??

Phase 4 (15/06/2010): Conclusions

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010



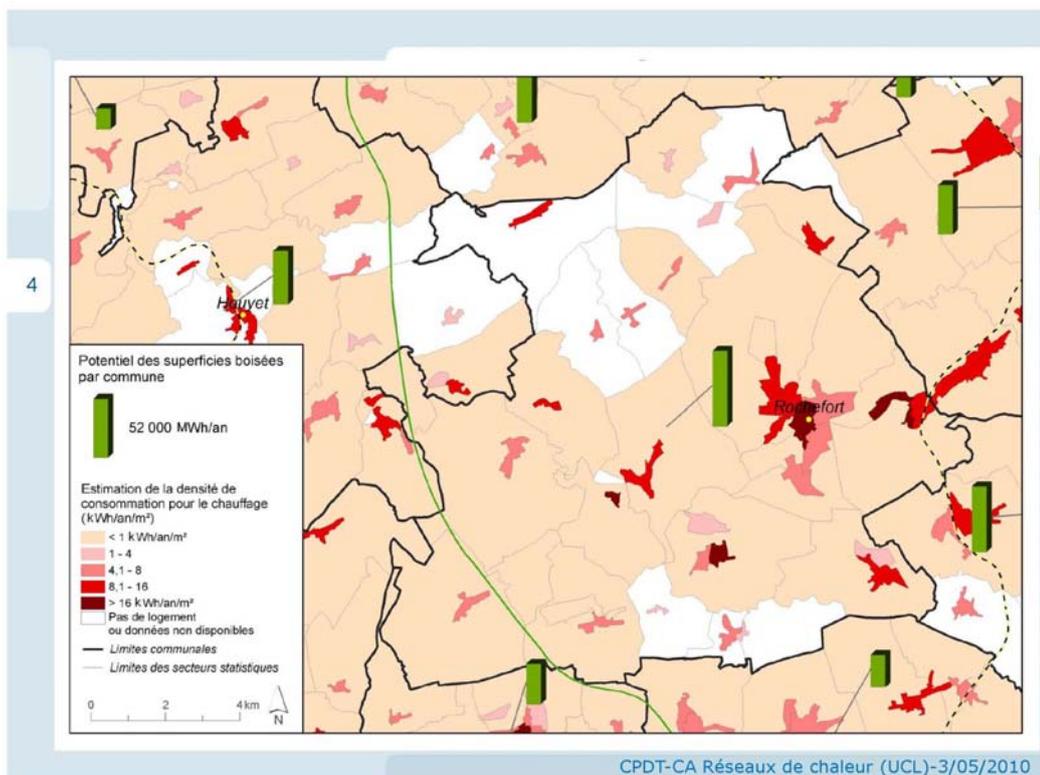
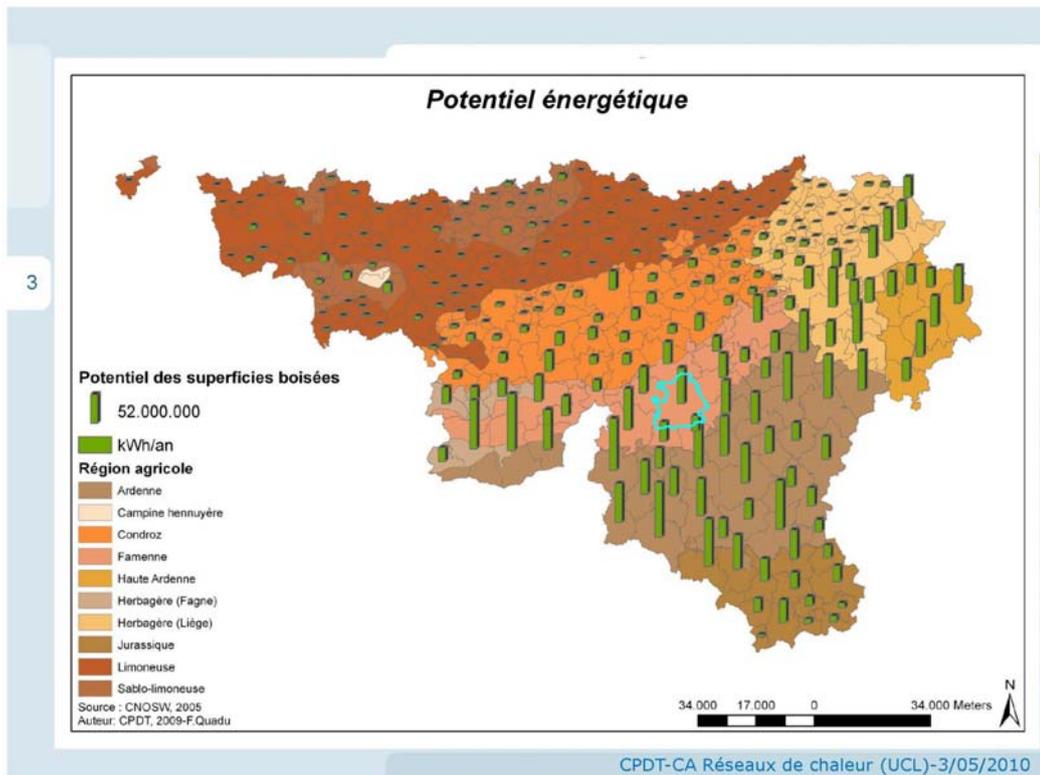
Expertise spécifique 3
Réseaux de chaleur
Namur, le 3 mai 2010

2

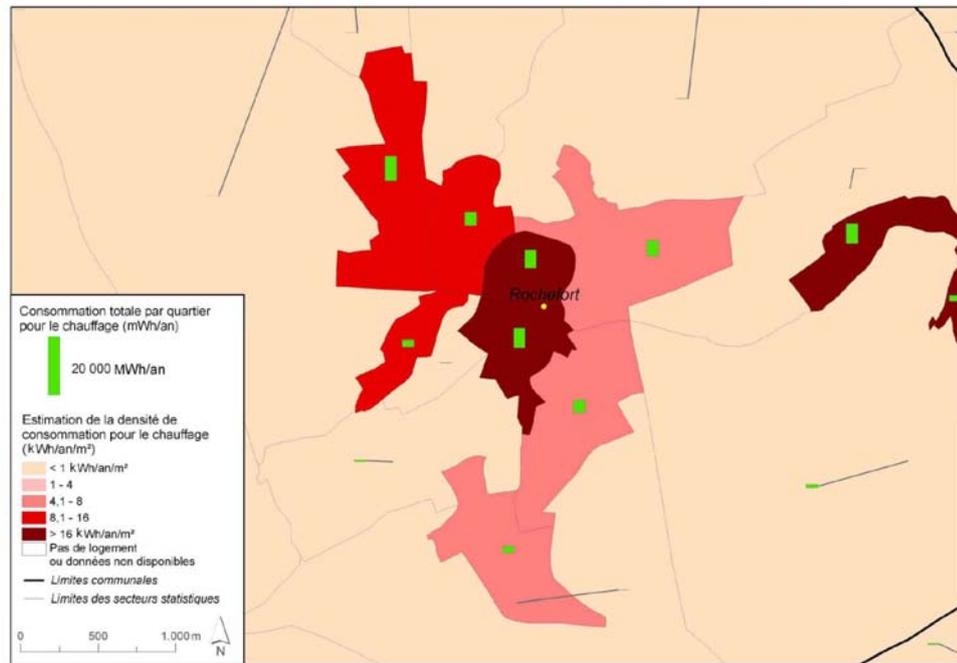
Phase 3 : Réalisation de 4 études de cas

1. Cas de la géothermie
- 2. Cas du bois**
3. Cas des effluents d'élevage
4. Cas urbain - déchets ménagers

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010



5



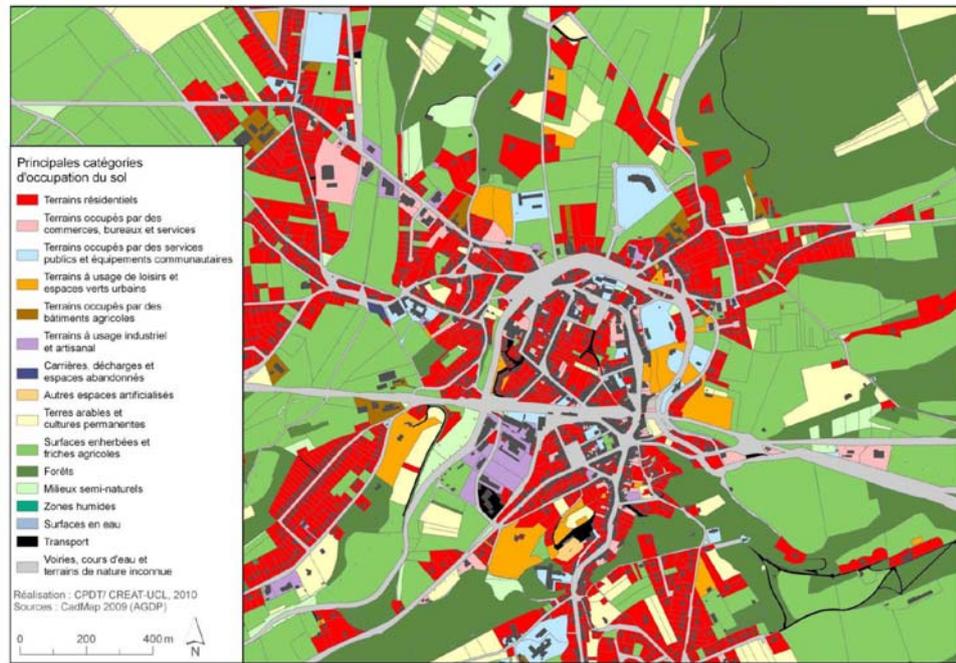
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

6



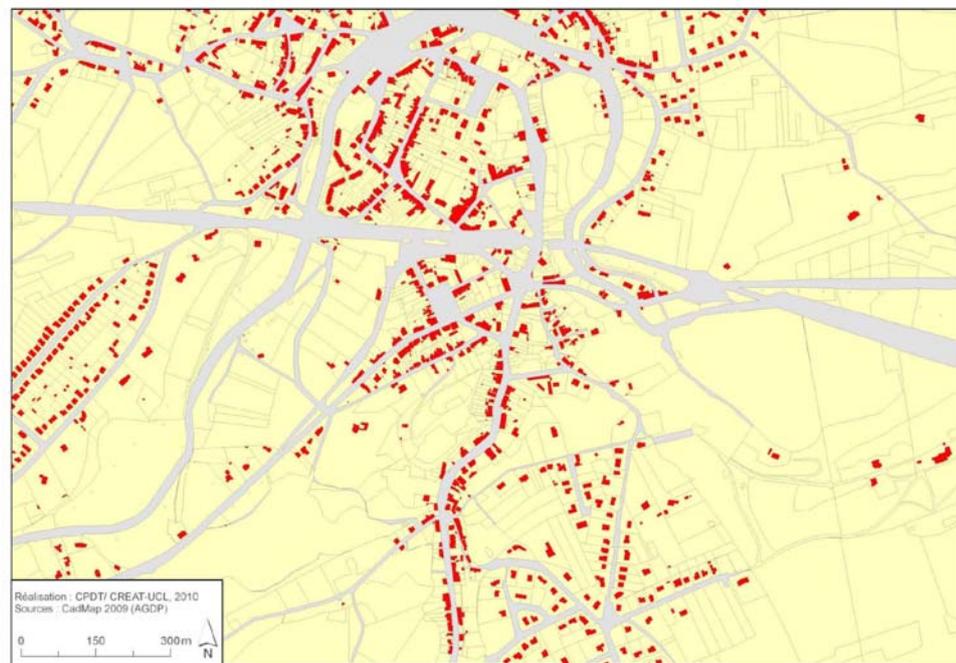
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

7



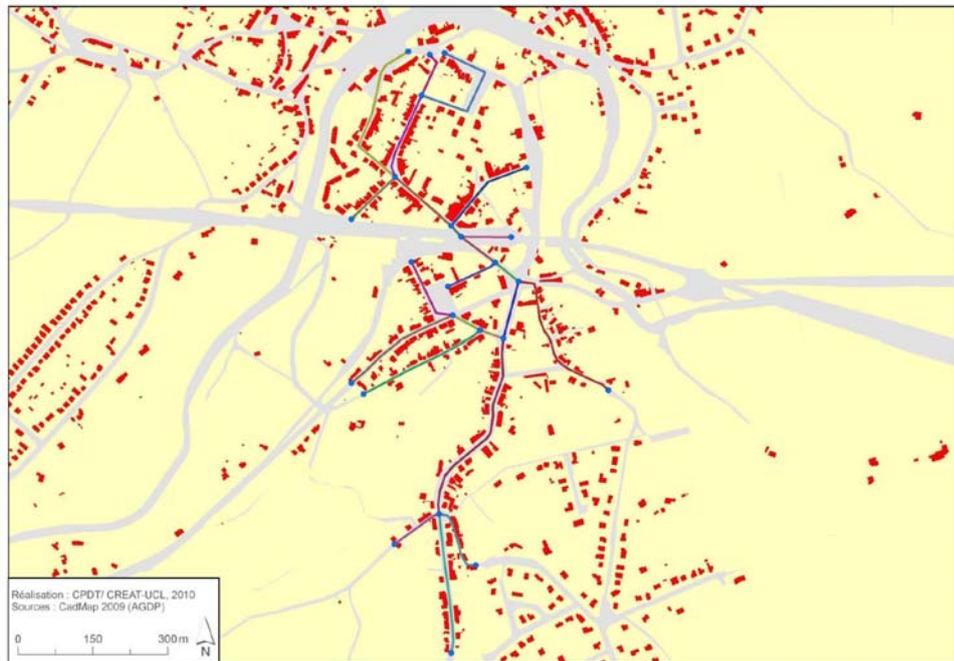
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

8



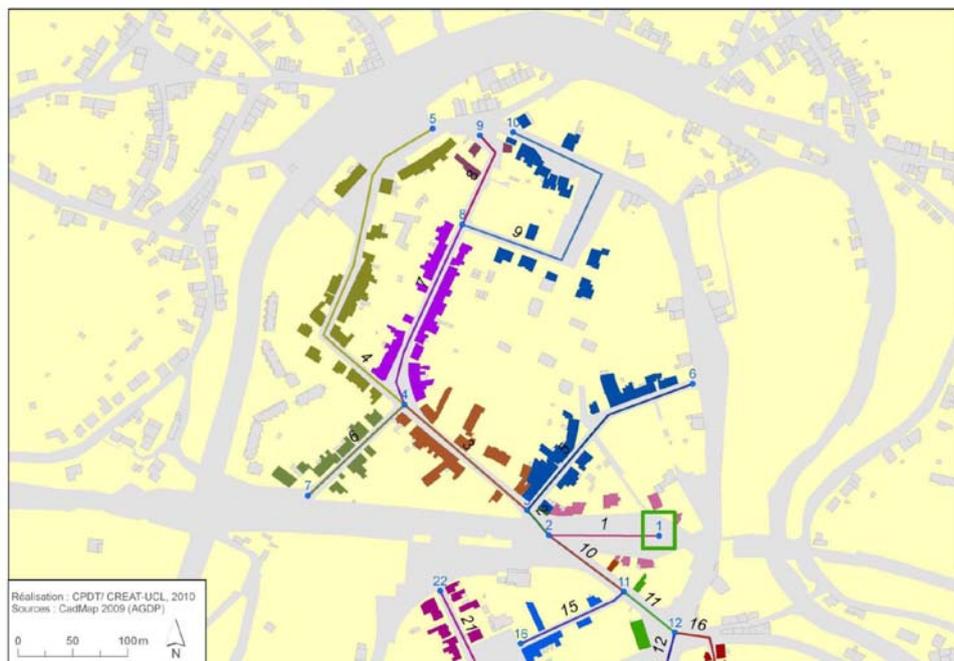
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

9

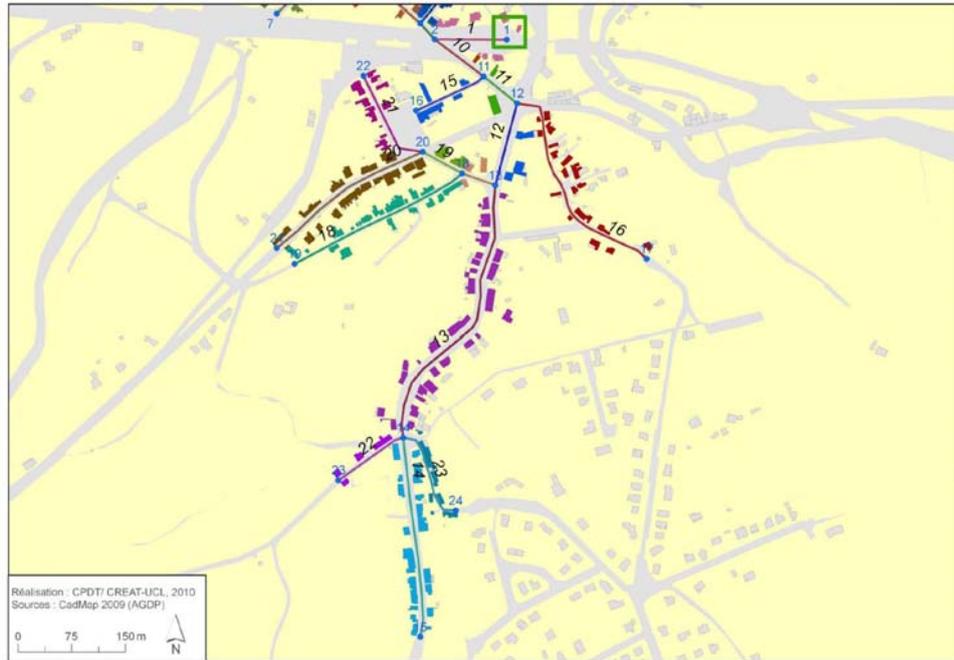


CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

10



CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010



Réalisation : CPDT/CREAT-UCL, 2010
Sources : CadMap 2009 (AGDP)

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

11

Données du réseau de chaleur		
Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	264
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	19994,5
- Puissance moyenne par logement	kW	14,92
- Coefficient de foisonnement	-	0,8
Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m/K	0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m/K/mm	0,0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	3
Résultats globaux du réseau de chaleur		
- Puissance thermique installée	kW	5268
- Longueur du réseau de chaleur	m	3870
- Densité du réseau	kW/m	1,36
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	8780000
- Equivalent litres de mazout ou m ³ de G.N.	-	1223947
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	907068
- Puissance de pompage	kW	23,78
- Rendement de distribution	%	89,67
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	71,74
- Investissement	€	3.289.045 €
- Nombre de logements	-	439
- Prix par logement	€	7.492 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/kWh/an	0,375

Figure 3

ur

010

12

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010



Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Namur, le 3 mai 2010

Phase 3 : Réalisation de 4 études de cas

13

2. Cas du bois

Trame	Nœud in	Nœud out	L (m)	Nbre Log.	E/an (kWh)	Ptherm. (kW)	Qnom. (m3/h)	Diam (mm)	Pertes therm. (kWh)	P pompe (kW)	Invest. (€)
Trame 1	1	2	100.96	10	200000	120	226.48	200	51723	1.78	120.899 €
Trame 2	2	3	30.18	1	20000	12	94.41	129	10894	0.34	23.750 €
Trame 3	3	4	148.95	26	520000	312	81.51	120	50866	1.57	176.332 €
Trame 4	4	5	324.10	51	1020000	612	26.31	68	74829	1.94	316.555 €
Trame 5	3	6	197.90	24	480000	288	12.38	47	36647	0.81	159.150 €
Trame 6	4	7	121.90	21	420000	252	10.83	44	21788	0.47	115.578 €
Trame 7	4	8	179.90	31	620000	372	30.95	74	43751	1.17	186.898 €
Trame 8	8	9	94.14	4	80000	48	2.06	19	11871	0.16	45.636 €
Trame 9	8	10	273.69	25	500000	300	12.90	48	51245	1.15	196.318 €
Trame 10	2	11	86.42	1	20000	12	126.91	150	34998	1.14	67.766 €
Trame 11	11	12	60.16	2	40000	24	120.21	146	23847	0.77	50.359 €
Trame 12	12	13	119.55	4	80000	48	105.25	136	44999	1.43	96.791 €
Trame 13	13	14	400.95	58	1160000	696	57.78	101	120694	3.57	415.876 €
Trame 14	14	15	283.54	37	740000	444	19.09	58	59347	1.45	245.483 €
Trame 15	11	16	106.60	12	240000	144	6.19	33	16622	0.31	78.560 €
Trame 16	12	17	315.77	27	540000	324	13.93	50	60387	1.38	222.747 €
Trame 17	13	18	49.50	4	80000	48	45.40	90	13689	0.39	40.158 €
Trame 18	18	19	267.61	35	700000	420	18.06	57	55104	1.33	230.650 €
Trame 19	18	20	62.93	4	80000	48	25.28	67	14347	0.37	43.499 €
Trame 20	20	21	247.42	31	620000	372	15.99	53	49189	1.16	206.699 €
Trame 21	20	22	147.39	14	280000	168	7.22	36	23818	0.46	102.021 €
Trame 22	14	23	109.07	6	120000	72	3.10	23	14754	0.22	58.378 €
Trame 23	14	24	141.62	11	220000	132	5.67	32	21658	0.39	88.943 €

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010



Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Namur, le 3 mai 2010

Phase 3 : Réalisation de 4 études de cas

14

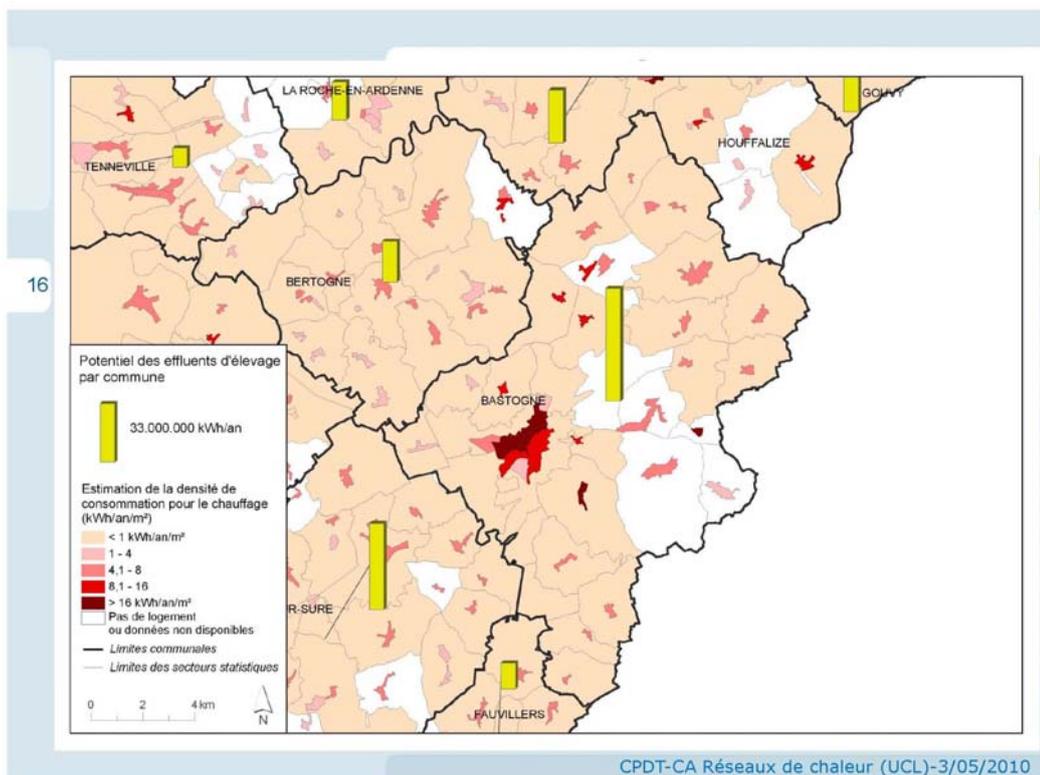
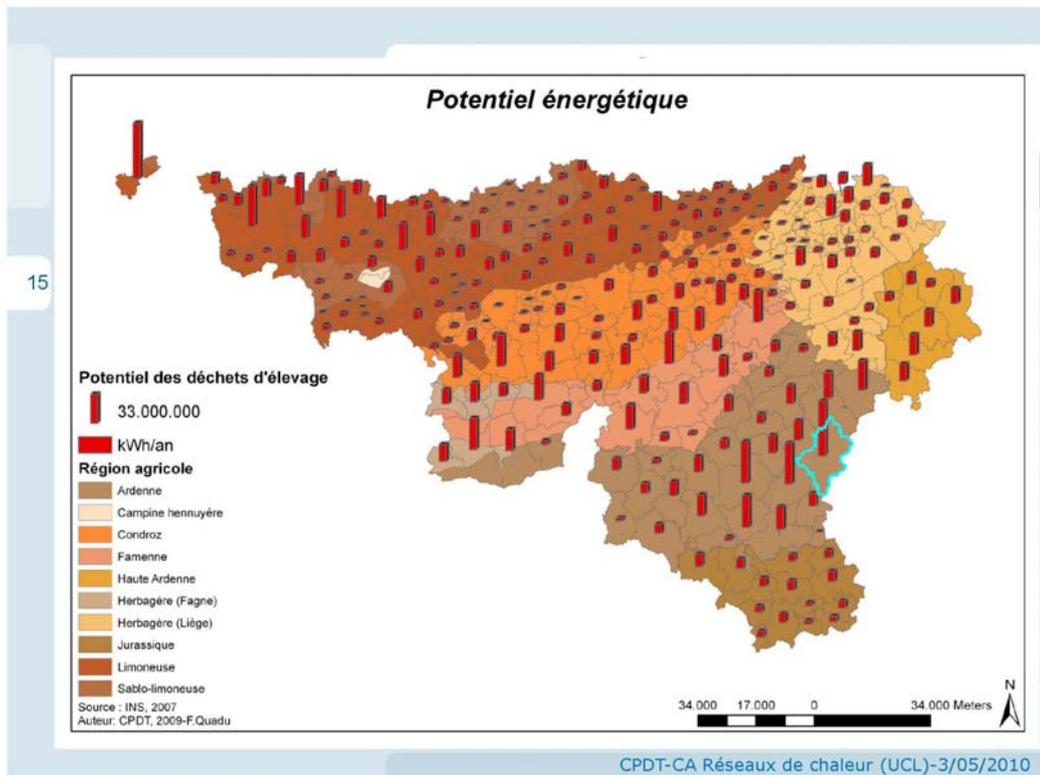
1. Cas de la géothermie

2. Cas du bois

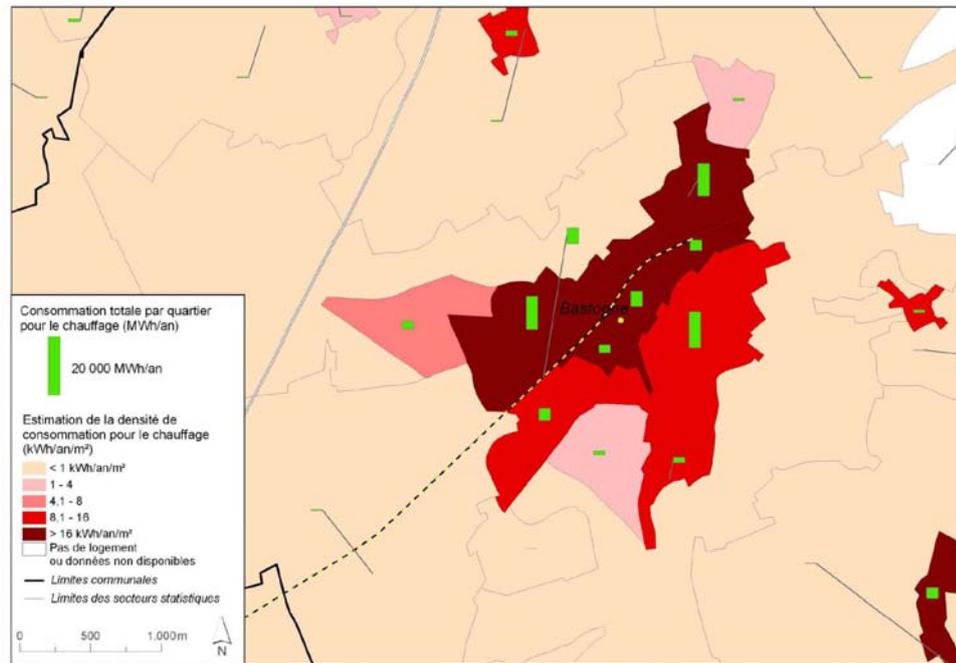
3. Cas des effluents d'élevage

4. Cas urbain - déchets ménagers

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010



17



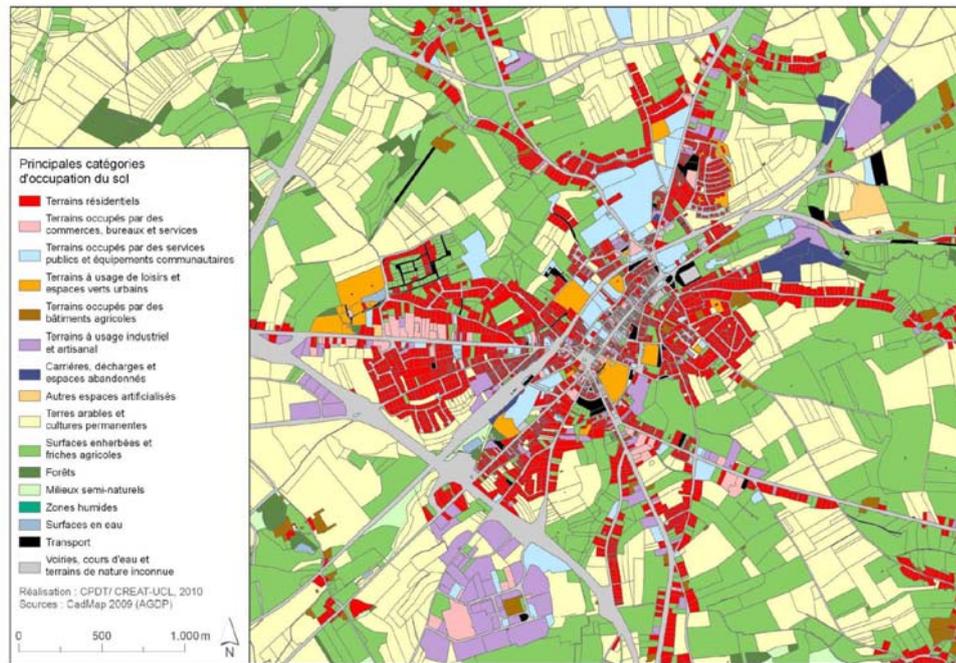
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

18



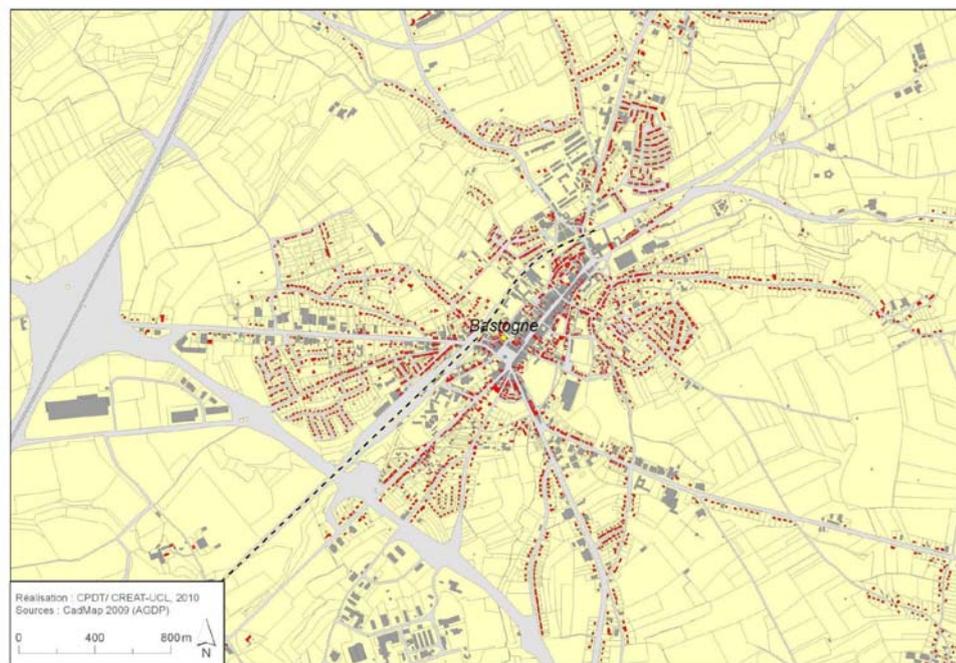
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

19



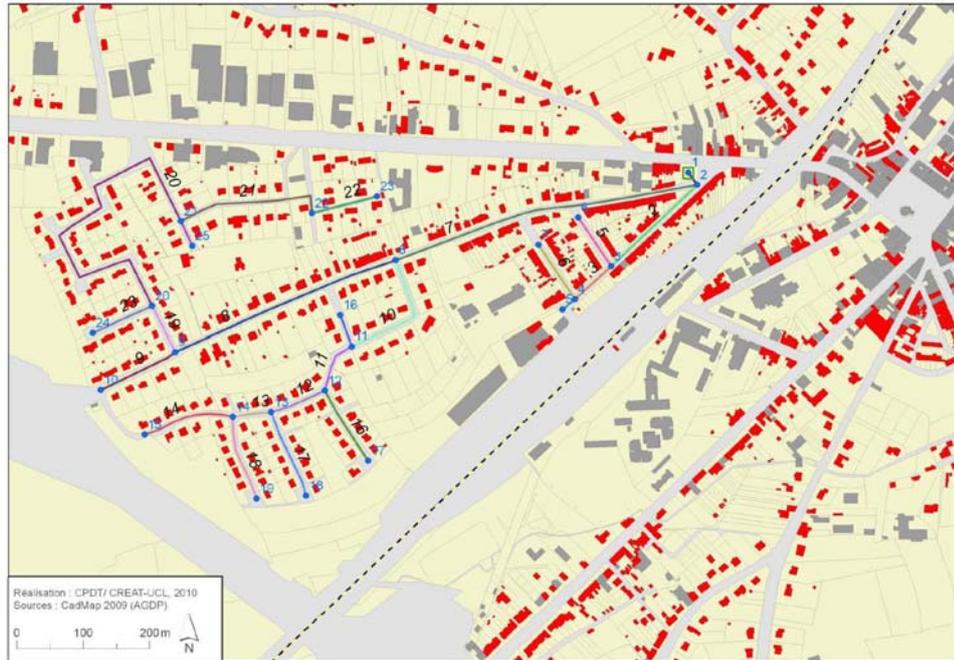
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

20



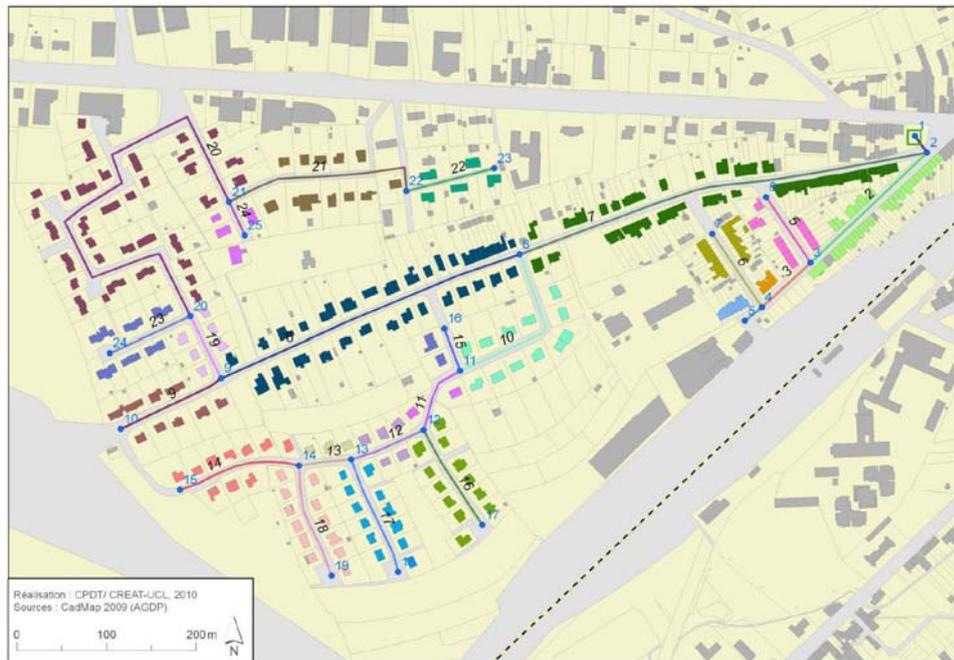
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

21



CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

22



CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

Données du réseau de chaleur		
Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	23978
- Puissance moyenne par logement	kW	17.9835
- Coefficient de foisonnement	-	0.8
Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m/K	0.1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m/K/mm	0.0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0.02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	3
Résultats globaux du réseau de chaleur		
- Puissance thermique installée	kW	5121,7008
- Longueur du réseau de chaleur	m	3543
- Densité du réseau	kW/m	1,45
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	8536168
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	1196467
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	923528
- Puissance de pompage	kW	51,22
- Rendement de distribution	%	89,18
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	71,34
- Investissement	€	3.004.322 €
- Nombre de logements	-	356
- Prix par logement	€	8.439 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/(kWh/an)	0,352
- Coût unitaire de réduction d'émission de cO2	€/kg CO2/an	1,23 €

Expertise spécifique 3

Namur, le 3 mai 2010

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010



Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Namur, le 3 mai 2010

Phase 3 : Réalisation de 4 études de cas

24

3. Cas des effluents d'élevage

Trame	Nœud in	Nœud out	L (m)	Nbre Log.	E/an (kWh)	Ptherm. (kW)	Qnom. (m3/h)	Diam (mm)	Pertes therm. (kWh)	P pompe (kW)	Invest. (€)
Trame 1	1	2	23,11	0	0	0	220,19	197	11701	0,80	20.612 €
Trame 2	2	3	179,86	41	983098	599.9588	52,57	96	52352	3,05	229.995 €
Trame 3	3	4	74,03	4	95912	57.5472	17,32	55	15059	0,72	46.498 €
Trame 4	4	5	24,31	6	143868	86.3208	3,71	26	3403	0,11	27.161 €
Trame 5	3	5	89,37	16	363648	230.1888	9,90	42	15603	0,65	86.025 €
Trame 6	4	7	99,40	18	431604	258.9624	11,13	44	17894	0,78	97.053 €
Trame 7	2	8	471,19	62	1489536	891.9916	167,52	172	213298	14,27	570.727 €
Trame 8	6	9	360,45	39	935142	561.0852	85,97	123	125588	7,82	358.466 €
Trame 9	9	10	126,14	11	263758	158.2548	6,80	35	20100	0,77	83.997 €
Trame 10	8	11	194,85	12	287736	172.5416	43,30	88	53006	3,00	145.603 €
Trame 11	11	12	83,32	2	47956	28.7736	34,64	78	21023	1,15	50.556 €
Trame 12	12	13	87,51	5	119890	71.924	25,98	69	20123	1,04	59.047 €
Trame 13	13	14	56,44	3	71934	43.1604	15,46	52	11507	0,54	35.598 €
Trame 14	14	15	139,35	10	239780	143.868	6,19	33	21725	0,81	85.529 €
Trame 15	11	15	49,72	2	47956	28.7736	1,24	15	5813	0,13	23.123 €
Trame 16	12	17	125,58	12	287736	172.5416	7,42	36	20425	0,80	87.323 €
Trame 17	13	18	137,66	12	287736	172.5416	7,42	36	22389	0,88	92.290 €
Trame 18	14	19	131,24	12	287736	172.5416	7,42	36	21345	0,84	89.636 €
Trame 19	9	20	77,00	6	143868	86.3208	55,05	99	22780	1,34	63.891 €
Trame 20	20	21	540,00	45	1079010	647.406	43,91	88	147618	8,37	439.763 €
Trame 21	21	22	229,17	12	287736	172.5416	13,51	49	43545	1,98	138.478 €
Trame 22	22	23	101,41	10	239780	143.868	6,19	33	15811	0,59	70.486 €
Trame 23	20	24	98,34	12	287736	172.5416	7,42	36	15994	0,63	76.189 €
Trame 24	21	25	41,75	4	95912	57.5472	2,47	21	5427	0,15	27.146 €

Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Namur, le 3 mai 2010

Phase 3 : Réalisation de 4 études de cas

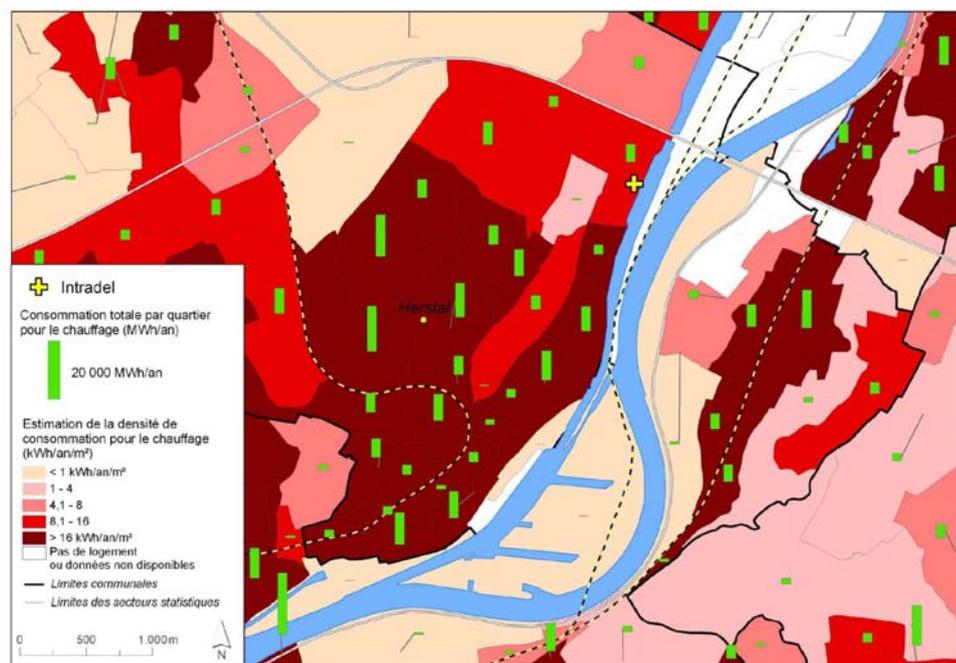
25

1. Cas de la géothermie
2. Cas du bois
3. Cas des effluents d'élevage

4. Cas urbain - déchets ménagers

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

26



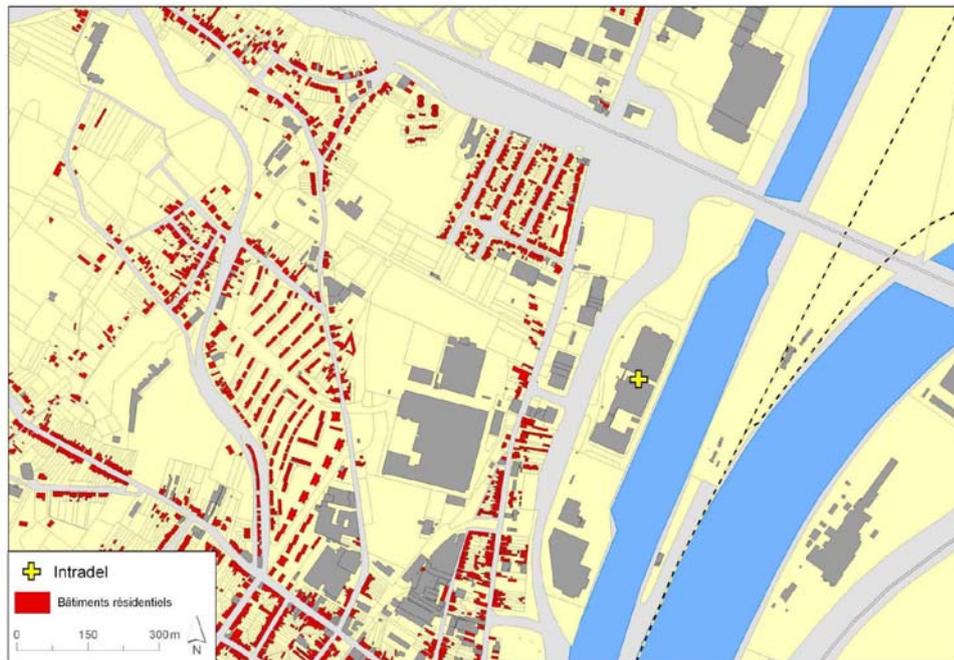
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

27



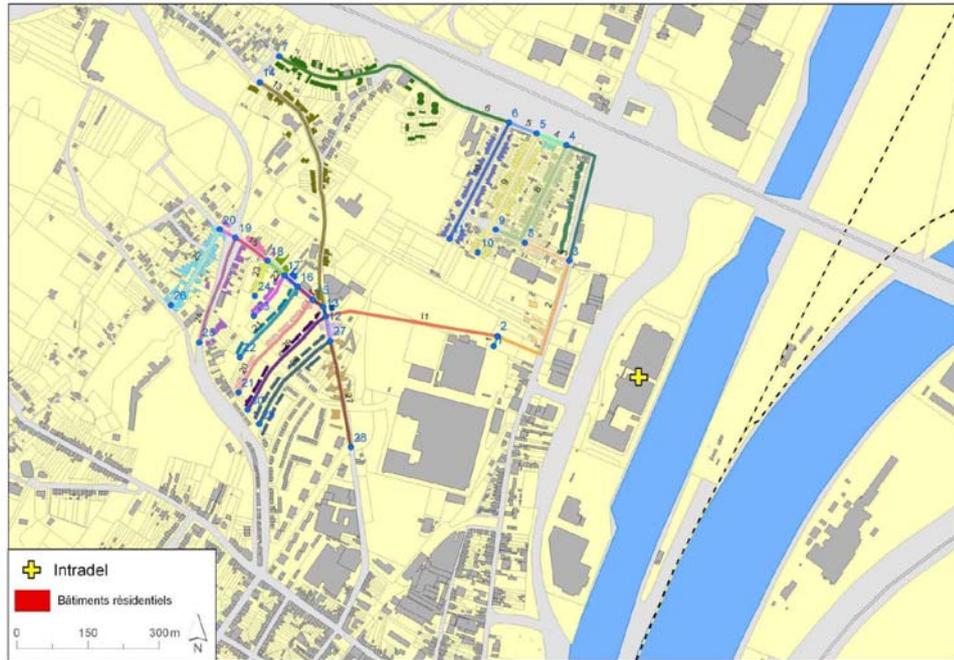
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

28



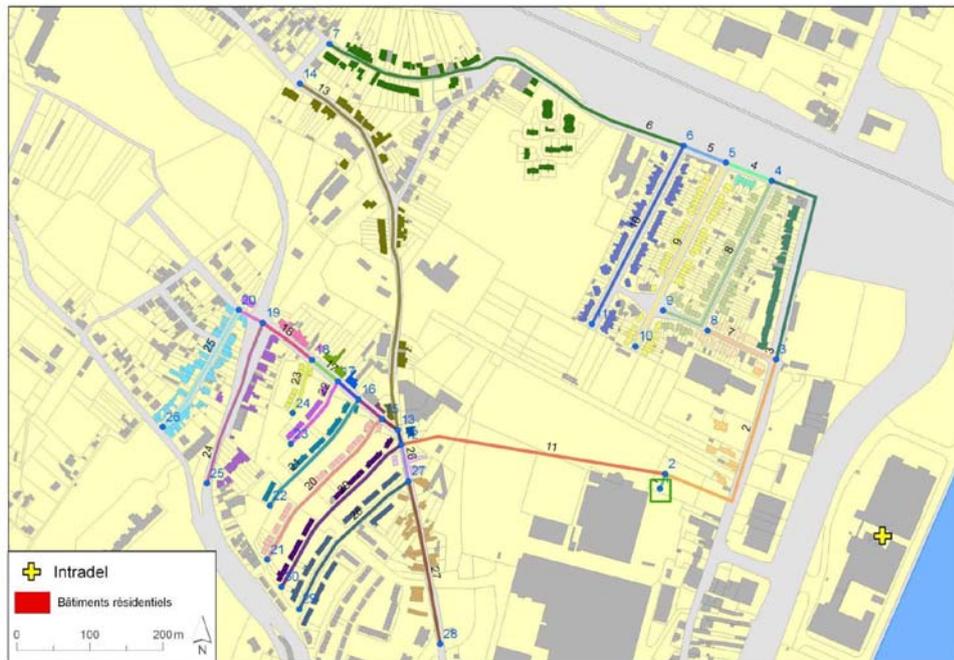
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

29



CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

30



CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

Données du réseau de chaleur		
Données climatiques		
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254
Caractéristiques d'un logement moyen		
- Prix par logement : raccordement	€	3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	16336
- Puissance moyenne par logement	kW	12,252
- Coefficient de foisonnement	-	0,8
Caractéristiques du réseau de distribution		
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m/K	0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m/K/mm	0,0025
- Température aller réseau	°C	90
- Température retour réseau	°C	70
- Température sol	°C	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/m/mm	3
Résultats globaux du réseau de chaleur		
- Puissance thermique installée	kW	6037,7856
- Longueur du réseau de chaleur	m	5296
- Densité du réseau	kW/m	1,14
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	10062976
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	1447736
- Taux d'utilisation	h/an	1333
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	1319713
- Puissance de pompage	kW	71,55
- Rendement de distribution	%	86,89
- Rendement de production moyen	%	80
- Rendement global moyen	%	69,51
- Investissement	€	4.656.861 €
- Nombre de logements	-	616
- Prix par logement	€	7.560 €
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/(kWh/an)	0,463
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO2	€/(kg CO2/an)	1,62 €

Figure 3

ur
10

31

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010



Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Namur, le 3 mai 2010

Phase 3 : Réalisation de 4 études de cas

32

4. Cas urbain – déchets ménagers

Trame	Nœud in	Nœud out	L (m)	Nbre Log	E/an (kWh)	Ptherm. (kW)	Qnom. (m3/h)	Diam (mm)	Pertes therm. (kWh)	P pompe (kW)	Invest. (€)
Trame 1	1	2	211	0	0	0	259,58	214	11754	0,82	20 427 €
Trame 2	2	3	304,7	7	114352	68,6112	139,90	157	128272	8,43	256 211 €
Trame 3	3	4	294,7	20	326720	196,032	126,52	151	119926	7,82	281 662 €
Trame 4	4	5	67,6	6	98016	58,8096	89,76	126	23935	1,50	63 820 €
Trame 5	5	6	62,7	0	0	0	61,52	104	19318	1,15	38 456 €
Trame 6	6	7	532,7	76	1241536	744,9216	32,03	75	130989	7,05	508 061 €
Trame 7	3	8	101,6	20	326720	196,032	8,43	39	17042	0,69	102 252 €
Trame 8	4	9	279,6	72	1178192	705,7152	30,34	73	67550	3,60	361 301 €
Trame 9	5	10	262,2	81	996496	597,8976	25,70	67	64670	3,35	324 720 €
Trame 10	6	11	277,4	70	1143520	686,112	29,50	72	66417	3,52	353 315 €
Trame 11	2	12	307,9	0	0	0	119,68	145	145574	9,41	270 903 €
Trame 12	12	13	20,7	2	32672	19,6032	80,91	120	7052	0,44	19 842 €
Trame 13	13	14	532,2	43	702448	421,4688	18,12	57	109707	5,30	379 060 €
Trame 14	13	15	26,6	0	0	0	61,94	105	8207	0,49	16 326 €
Trame 15	15	16	42,3	2	32672	19,6032	50,99	95	12175	0,71	30 729 €
Trame 16	16	17	37,7	2	32672	19,6032	42,14	86	10149	0,57	27 949 €
Trame 17	17	18	46,3	4	65344	39,2064	37,08	81	11951	0,66	37 139 €
Trame 18	18	19	84,2	7	114352	68,6112	31,60	75	20609	1,11	65 129 €
Trame 19	19	20	37,5	3	49008	29,4048	18,54	57	7777	0,38	26 880 €
Trame 20	15	21	253,9	26	424736	254,8416	10,96	44	45415	1,96	187 459 €
Trame 21	16	22	192,3	19	310984	185,2304	8,01	39	31849	1,27	136 399 €
Trame 22	17	23	109,4	10	183360	98,016	4,21	27	15709	0,53	71 782 €
Trame 23	18	24	79,6	9	147024	88,2144	3,79	26	11195	0,36	57 073 €
Trame 24	19	25	234,7	24	392064	235,2384	10,11	42	41208	1,75	172 189 €
Trame 25	20	26	192,9	41	669776	401,8656	17,28	55	39212	1,88	212 857 €
Trame 26	12	27	51,7	6	98016,00	59	28	70,66	12 195 €	0,84	44 445 €
Trame 27	27	28	230,5	19	310384,00	186	8	37,63	38 180 €	1,53	152 176 €
Trame 28	27	29	271,5	42	686112,00	412	18	55,94	55 584 €	2,67	253 031 €
Trame 29	12	30	259,8	26	408400,00	245	11	43,16	46 093 €	1,97	186 571 €

CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

Expertise spécifique 3

Réseaux de chaleur

Namur, le 3 mai 2010

33

Phase 1 (15/01/2010) : Inventaire de l'existant

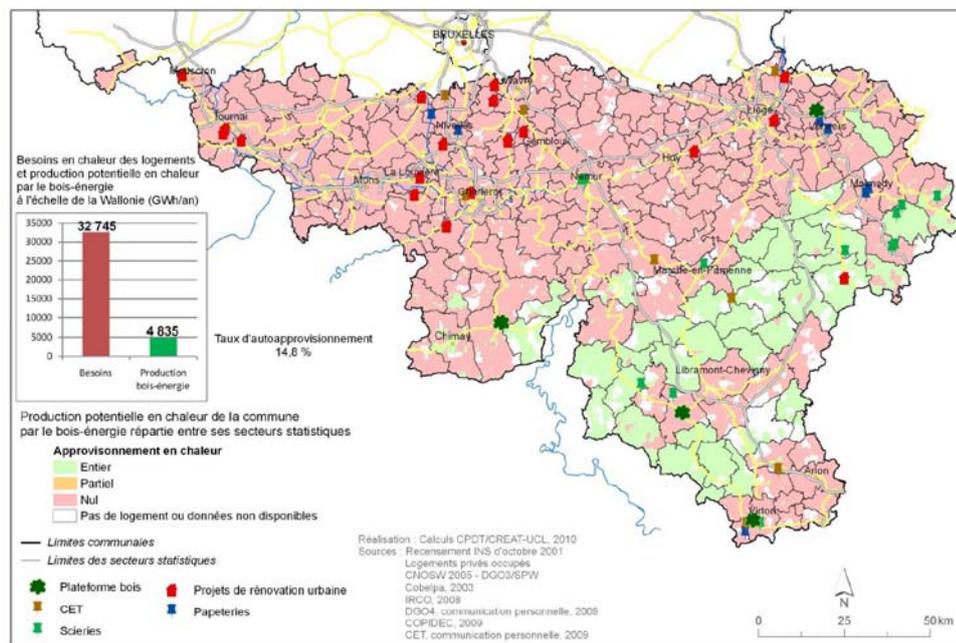
Phase 2 (30/03/2010) :
Inventaire du potentiel et des besoins en chauffage
Sizing du réseau de distribution

Phase 3 (15/05/2010): Réalisation de 4 études de cas
Phase 3 suite (03/05/2010) : ??

Phase 4 (15/06/2010): Conclusions

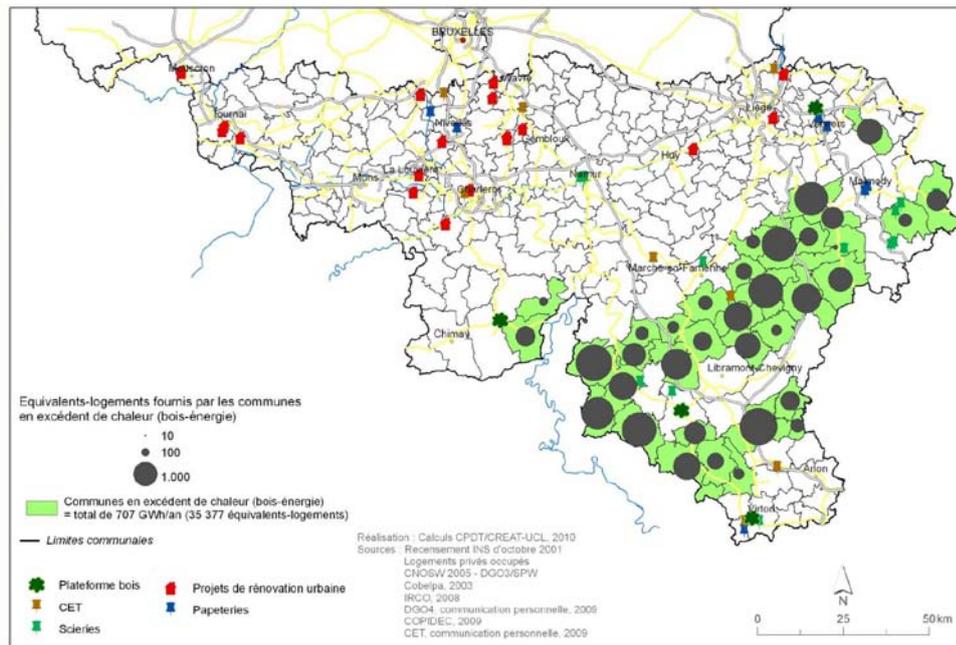
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-1/04/2010

34



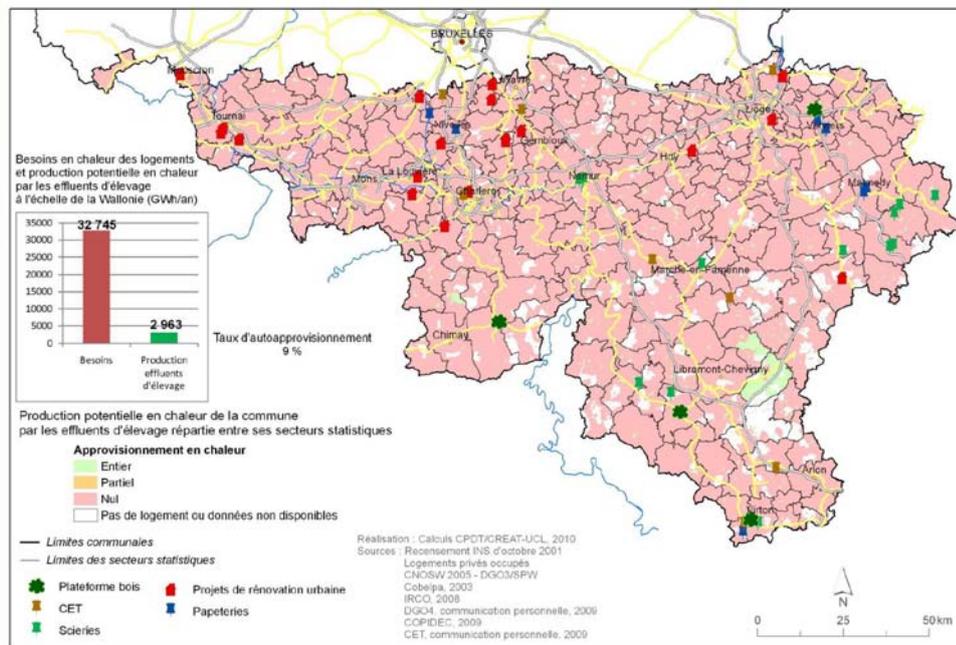
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

35



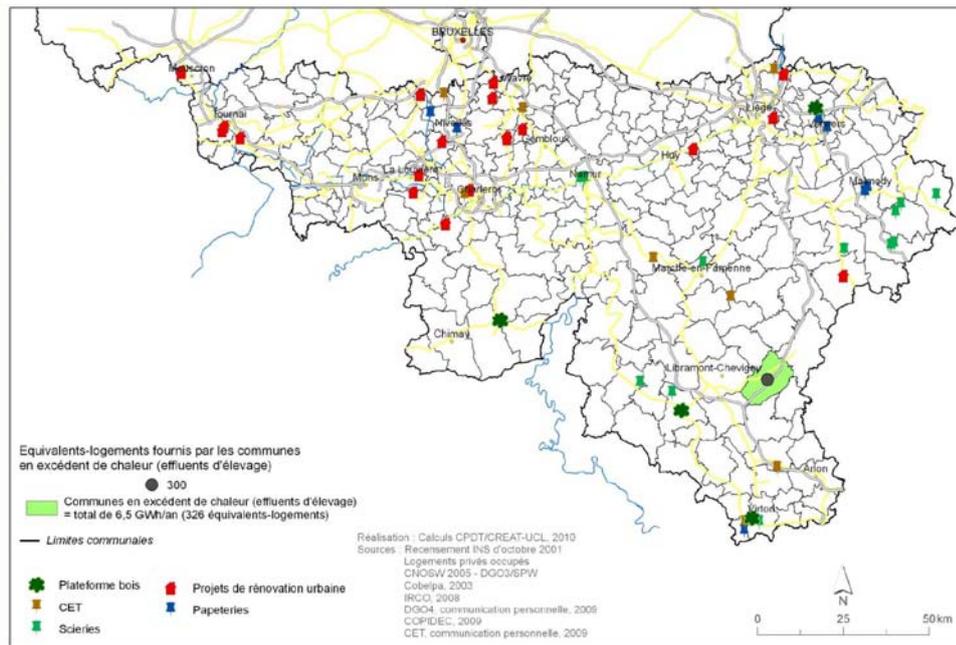
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

36



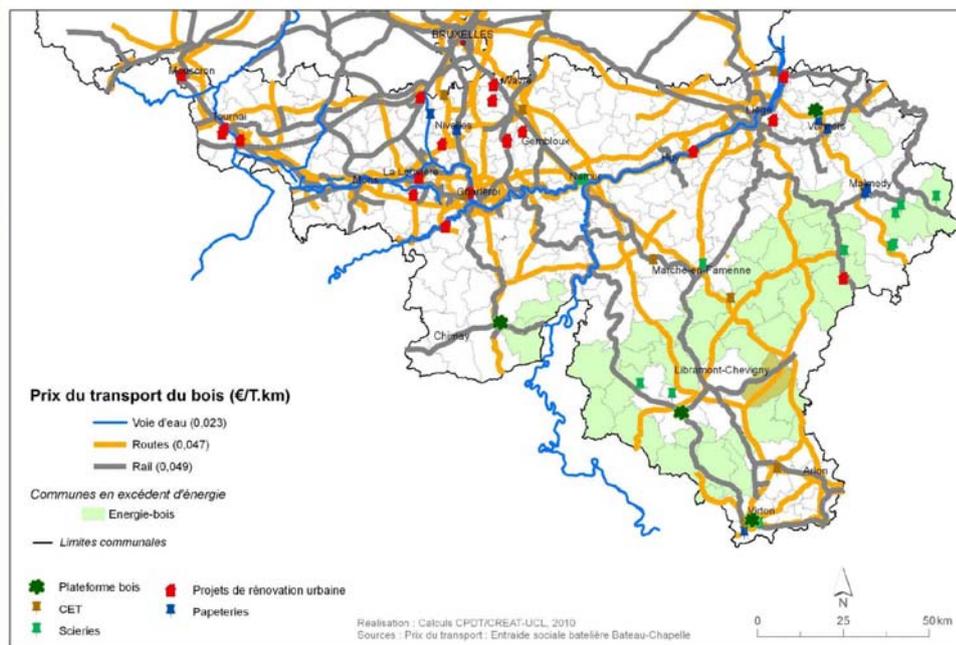
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

37



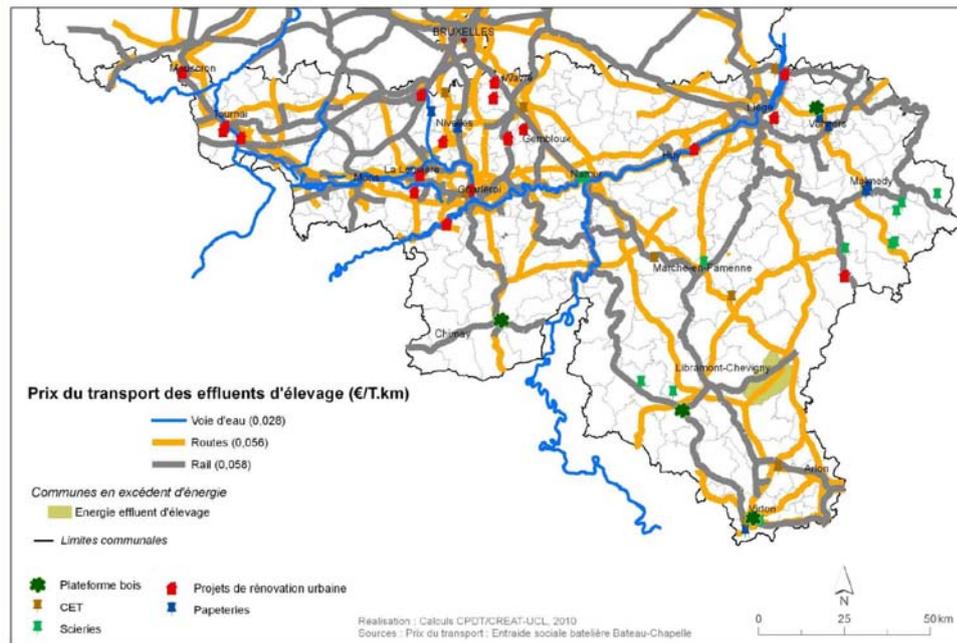
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

38



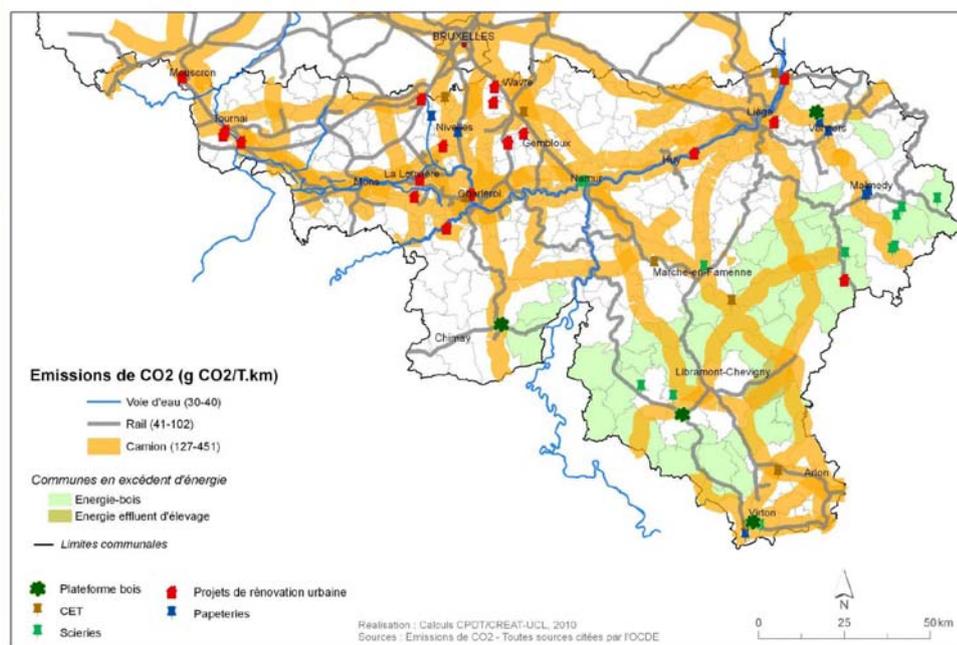
CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

39



CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

40



CPDT-CA Réseaux de chaleur (UCL)-3/05/2010

5.6.4 Journée des chercheurs du 19/05/2010



Expertise spécifique
Réseau de chaleur
Journée des chercheurs, le 17 mai 2010

1

Expertise réseau de chaleur

Pilote CPDT-Exp. RC : Pr. Yann Bartosiewicz, unité TERM- UCL

Chercheurs CPDT : Fiorella QUADU, CREAT-UCL
Pierre NERI, CREAT - UCL
Jean-Marie SEYNHAEVE, unité TERM- UCL

Administration : Sonya CHAOUJ, Département Energie/DGO4-SPW

Président du CA CPDT-Exp. RC: Dominique SIMON, Département Energie/DGO4-SPW

Cabinet du Ministre J.-M. NOLLET : Jehan DECROP



Expertise spécifique
Réseau de chaleur
Journée des chercheurs, le 17 mai 2010

2

Objectif de l'expertise réseau de chaleur :

Identifier les zones les plus appropriées pour implanter des réseaux de chaleur

⇒ *Croisements des cartes de potentiel ER avec des cartes de densité d'habitat, d'industries et de consommation énergétique.*

⇒ *ER = bois-énergie, géothermie, effluents d'élevage.*



Expertise spécifique

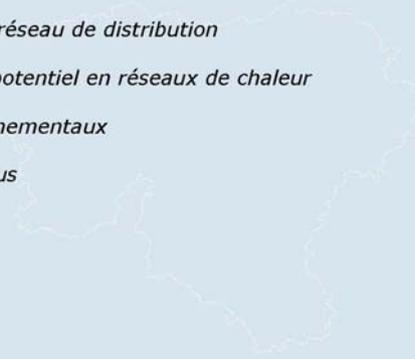
Réseau de chaleur

Journée des chercheurs, le 17 mai 2010

Phasage de l'expertise :

3

1. Inventaire
2. Le « sizing » du réseau de distribution
3. L'évaluation du potentiel en réseaux de chaleur
4. Impacts environnementaux
5. Résultats attendus



Expertise spécifique

Réseau de chaleur

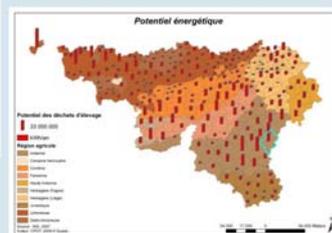
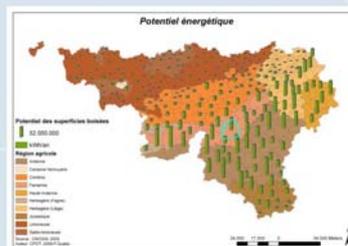
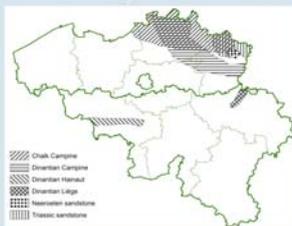
Journée des chercheurs, le 17 mai 2010

Phasage de l'expertise :

4

1. Inventaire

Sources ER

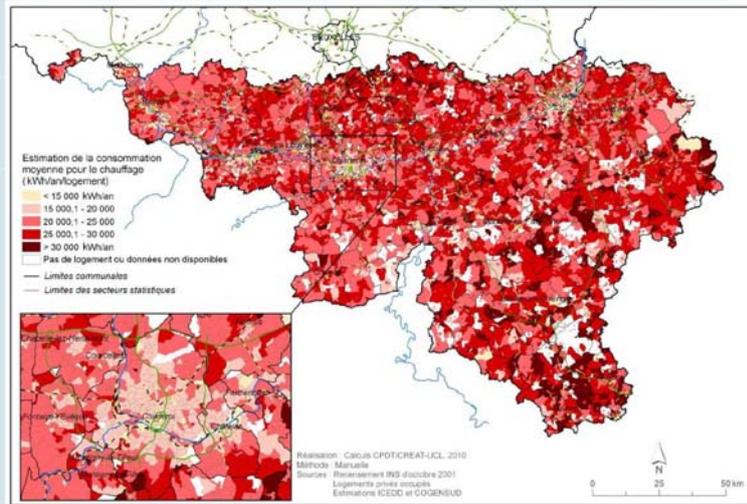


Phasage de l'expertise :

5

1. Inventaire

Besoins en énergie

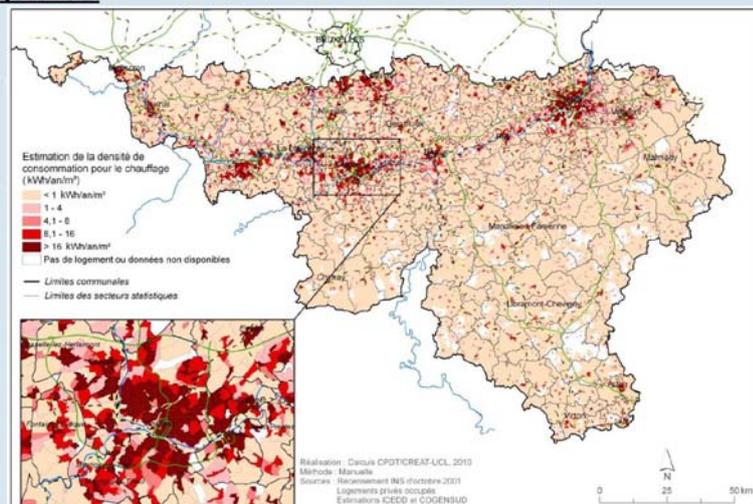


Phasage de l'expertise :

6

1. Inventaire

Densité en besoins
énergétique





Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Expertise spécifique

Réseau de chaleur

Journée des chercheurs, le 17 mai 2010

Phasage de l'expertise :

7 2. Le « sizing » du réseau de distribution

Données du réseau de chaleur	
Données climatiques	
- Nombre de jour d'utilisation	jours 354
Caractéristiques d'un logement moyen	
- Prix par logement : raccordement	€ 3000
- Energie moyenne par logement	kWh/an 17263
- Puissance moyenne par logement	kW 12,96
- Coefficient de foyonnement	0,9
Caractéristiques du réseau de distribution	
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m.K 0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m.K.m 0,0025
- Température aller réseau	°C 95
- Température retour réseau	°C 70
- Température sol	°C 10
- Coefficient de pertes de charge	0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	% 40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s 2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m 300
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/mm 3
Résultats globaux du réseau de chaleur	
- Puissance thermique installée	kW 4469,3838
- Longueur du réseau de chaleur	m 3672
- Densité du réseau	kW/m 1,22
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh 7448973
- Équivalent litres de mazout ou m ³ de G.N.	- 1049626
- Taux d'utilisation	% 1323
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh 841661
- Puissance de pompage	kW 43,50
- Rendement de distribution	% 88,71
- Rendement de production moyen	% 78,57
- Rendement global moyen	% 3,136.527 €
- Investissement	€ 431
- Nombre de logements	€ 7,277 €
- Prix par logement	€/m 0,421
- Coût unitaire par kWh produit par an	€/m 0,421

Trame	Naud in	Naud out	L (m)	Nbre Log	Ean (kWh)	Pthem. (kW)	Qnom. (m3/h)	Diam (mm)	Pertes therm. (kWh)	P pompe (kW)	Invest. (€)
Trame 1	1	3	28,32	0	0	0	182,55	184	14319	0,87	25 519 €
Trame 2	2	3	124,38	0	0	0	59,40	102	27485	2,22	75 055 €
Trame 3	3	4	76,31	13	224679	134,8074	54,64	90	22545	1,22	84 436 €
Trame 4	4	6	120,82	24	414782	248,8792	48,81	81	33709	1,93	141 110 €
Trame 5	5	6	59,08	1	17263	10,3688	24,07	65	13043	0,87	31 764 €
Trame 6	6	7	48,70	0	0	0	17,99	55	14010	0,67	22 082 €
Trame 7	7	8	188,26	5	88415	53,2483	15,80	53	21539	1,01	64 323 €
Trame 8	8	9	70,31	0	0	0	41,4782	179	8739	0,22	37 052 €
Trame 9	9	10	365,82	26	489318	288,6140	11,59	45	86558	2,91	237 423 €
Trame 10	4	11	105,66	1	17263	10,3688	2,23	20	13911	0,37	41 041 €
Trame 11	11	12	77,20	0	0	0	0,00	0	6593	0,00	23 175 €
Trame 12	11	13	73,42	4	89132	41,4782	1,70	18	9840	0,23	37 399 €
Trame 13	5	14	50,40	4	89132	41,4782	12,04	48	17180	0,78	52 383 €
Trame 14	14	15	10,20	10	172630	103,899	4,48	28	10209	0,26	57 024 €
Trame 15	14	16	113,97	13	224679	134,8074	9,80	32	17866	0,84	94 025 €
Trame 16	8	17	127,48	11	190113	114,0870	6,24	33	19919	0,75	83 855 €
Trame 17	17	18	37,18	2	34568	20,2988	0,89	13	4168	0,08	18 553 €
Trame 18	17	19	42,81	1	17263	10,3688	0,45	9	4434	0,07	18 886 €
Trame 19	7	20	113,89	4	89132	41,4782	1,78	18	14010	0,26	52 183 €
Trame 20	3	21	189,28	6	130204	82,2684	3,57	25	22136	0,72	83 804 €
Trame 21	2	22	248,00	0	0	0	133,75	154	102973	6,74	188 811 €
Trame 22	22	23	49,28	0,9	1607318	984,2044	41,48	86	131701	7,40	562 624 €
Trame 23	22	24	188,52	18	311094	186,8564	82,28	128	57094	3,59	182 993 €
Trame 24	24	25	142,01	18	238277	187,0282	8,47	38	23848	0,87	118 001 €
Trame 25	24	26	36,71	24	414782	248,8792	75,78	118	32163	1,87	134 943 €
Trame 26	26	27	292,88	75	1286225	777,725	33,44	77	83021	3,42	350 094 €
Trame 27	26	28	249,18	71	1227080	736,3568	31,65	76	69574	3,20	340 538 €

Logiciel de « sizing »



Conférence Permanente
du Développement
Territorial

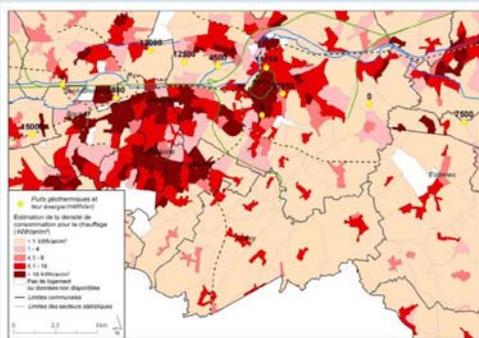
Expertise spécifique

Réseau de chaleur

Journée des chercheurs, le 17 mai 2010

Phasage de l'expertise :

8 2. Le « sizing » du réseau de distribution



Cas d'étude pour la géothermie

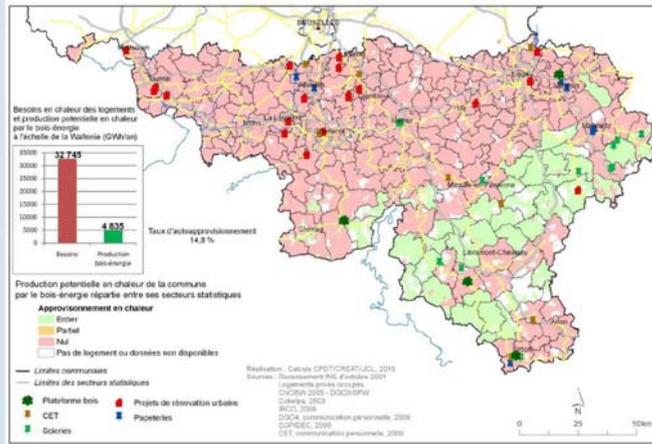
Phasage de l'expertise :

9

3. L'évaluation du potentiel en réseaux de chaleur

Croisement :

Potentiel Bois-énergie
Vs
Besoins par quartiers

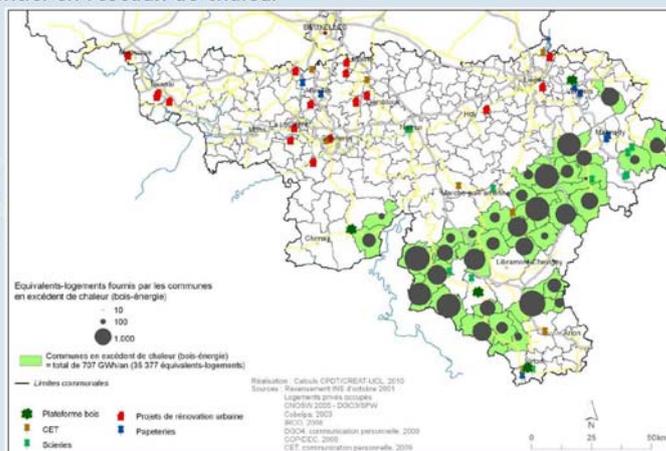


Phasage de l'expertise :

10

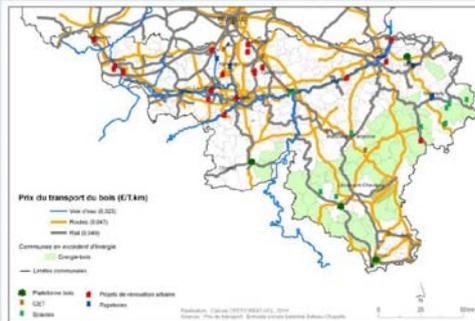
3. L'évaluation du potentiel en réseaux de chaleur

Communes en
excédent énergétique
pour le bois-énergie

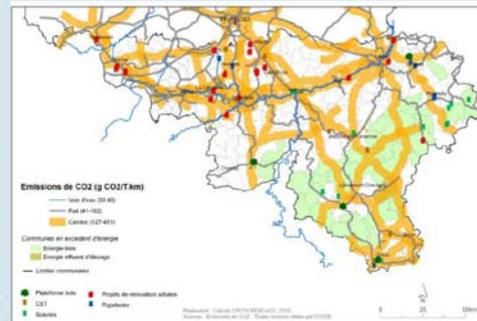


Phasage de l'expertise :

11

4. Impacts environnementaux

Prix du transport du bois (€/T.km)



Emissions de CO2 (g CO2/T.km)

Phasage de l'expertise :

12

5. Résultats attendus

- Etablissement des critères de faisabilité
- Outil d'aide à la décision pour l'implantation d'un réseau de chaleur
- Outils de gestion et de cartographie (logiciel et cartes)

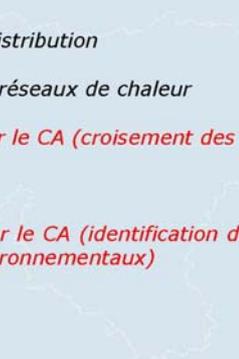


Expertise spécifique
Réseau de chaleur
Journée des chercheurs, le 17 mai 2010

Phasage de l'expertise :

13

1. Inventaire
2. Le « sizing » du réseau de distribution
3. L'évaluation du potentiel en réseaux de chaleur
=> Compléments souhaités par le CA (croisement des ER avec les besoins du 3aire)
4. Impacts environnementaux
=> Compléments souhaités par le CA (identification des cheminements du transport de l'ER, de leurs prix et coûts environnementaux)





Expertise spécifique
Réseau de chaleur
Journée des chercheurs, le 17 mai 2010

Délivrables attendus de l'expertise :

14

1. Un rapport complet octobre 2010
2. Article dans Territoire(s) wallon(s)



5.6.5 CA du 2/06/2010

 <p>UCL Université catholique de Louvain</p>	<h2>Réseau de chauffage urbain</h2>
<p>iMMC Institute of Mechanics, Material and Civil engineering</p> <p>Jean-Marie Seynhaeve</p>	<p>2 juin 2010</p> <p>Réunion CPDT - Expertise RC</p> <p>Jean-Marie Seynhaeve</p> <p>Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain</p>



Actions définies par le CA le 3 mai 2010:

1. Comparer un « petit » RC et un « grand » RC.
2. Inclure le tertiaire dans les cas d'études (données de l'ICEDD)
3. Comparer le cas d'études bois avec un RC bois existant
4. Prix économique et écologique du transport de la biomasse
Critère de la proximité d'un lieu de déchargement sur une voie navigable
5. Réaliser un cas d'étude avec un projet de rénovation
6. Ajouter la durée d'amortissement (30 ans) ainsi que des valeurs min-max dans le coût unitaire
7. Transformer les kW/m en logements/m
8. Gain en émission de CO₂ par rapport à l'utilisation des combustibles fossiles
9. Comparaison entre un RC et une installation individuelle

Une proposition sur les priorités de ces travaux sera faite par l'équipe UCL au prochain CA.

Critères pertinents des RC ? :

1. Symbiose locale (et temporelle !) entre la demande en énergie de chauffage (ou autres) et l'énergie renouvelable disponible...
2. Comparaison avec les autres options technologiques possibles ainsi que par rapport aux perspectives futures... Classement des technologies...
3. Options technologiques : URE, autres sources d'ER, autres filières de valorisation des ER.
4. Rendement des RC compte tenu des évolutions futures ?

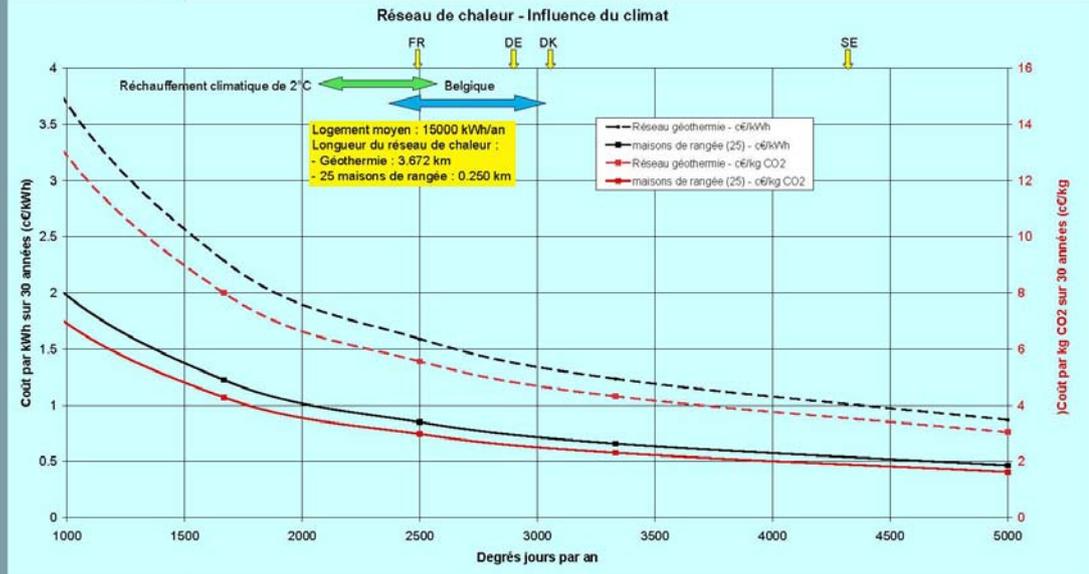
Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain



Points 1 : Comparaison petit RC à un grand RC : degrés-jours

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering



Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

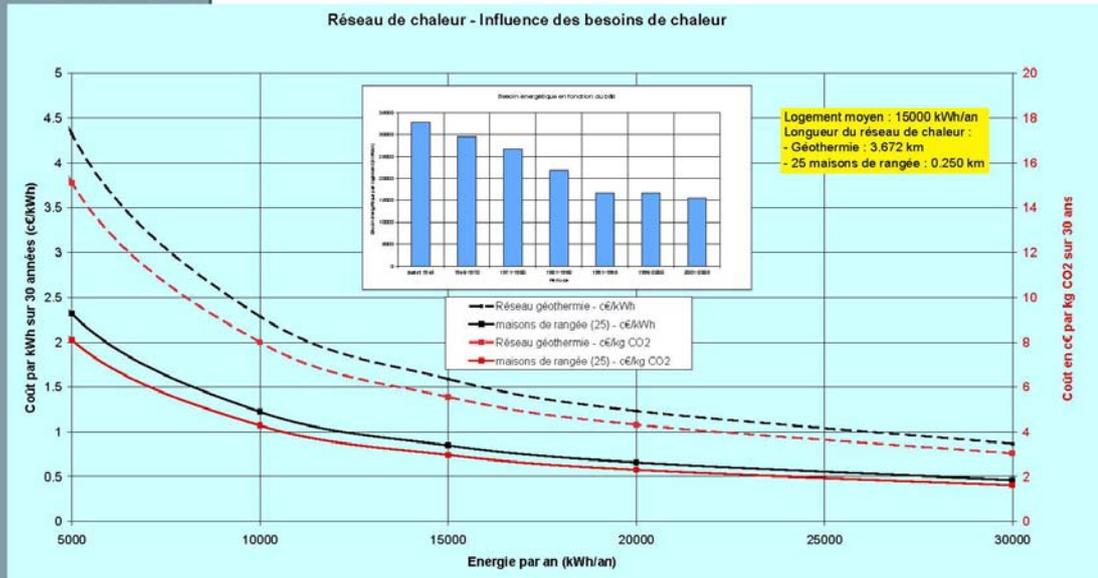
3



Points 1 : Comparaison petit RC à un grand RC : besoins thermiques

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering



Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

4



Points 4 : Coût « écologique » du transport de la biomasse

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Référence : CWAPE 2004 - Les coefficients d'émission de CO2 des filières de production d'électricité verte, définis en application de l'article 38, § 2, du décret du 12 avril 2001 relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité'

Bois granulés	kg CO2/MWh	40... 50
Gazoil	kg CO2/MWh	306
Gaz naturel	kg CO2/MWh	251

		CAMION	TRAIN	BATEAU
Emission CO2 due au transport	g CO2/T/km	127 à 451	41 à 102	30 à 40
Rayon de 100 km	kgCO2/T	28.9	7.15	3.5
PCI bois	kJ/kg	15000	15001	15002
PCI bois	MWh/T	4.17	4.17	4.17
CO2 dû au transport par 100 km	kg CO2/MWh	6.94	1.72	0.84
% émission CO2 dû au transport	%	15.4	3.8	1.9

Remarques :

- Coût écologique du transport faible par rapport aux autres postes
- Attention aux distances pour le transport en bateau...

Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve



Points 6, 7 et 8 : modifications et améliorations du calcul des RC

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Rappel des points 6, 7 et 8

6. Ajouter la durée d'amortissement (30 ans) ainsi que des valeurs min-max dans le coût unitaire
7. Transformer les kW/m en logements/m
8. Gain en émission de CO2 par rapport à l'utilisation des combustibles fossiles

Données du réseau de chaleur			
Données climatiques			
- Nombre de jour d'utilisation	jours	365	365
Caractéristiques d'un logement moyen			
- Prix par logement - factonnement	€	2000	4000
- Energie moyenne par logement	MWh/an	10000	10000
- Puissance moyenne par logement	KW	11.25	11.25
- Coefficient de factonnement	-	2.0	2.0
Caractéristiques du réseau de distribution			
- Coefficient de transfert - terme fixe	W/mK	0.1	0.1
- Coefficient de transfert - terme fonction du diamètre	W/m ² /K	0.0025	0.0025
- Température aller réseau	°C	90	90
- Température retour réseau	°C	70	70
- Température sol	°C	10	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0.02	0.02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2	2
- Prix conduite - Terme fixe	€/m	200	200
- Prix conduite - Terme fonction du diamètre	€/m.km	-	-
		Calcul 1	Calcul 2
Résultats globaux du réseau de chaleur			
- Puissance thermique installée	kW	3879	3879
- Longueur du réseau de chaleur	m	3672	3672
- Densité du réseau	KW/m	1.06	1.06
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	MWh	6460000	6460000
- Equivalents litres de mazout ou m3 de G.N.	-	804921	822049
- Taux d'utilisation	%/an	41	100
- Dispersion thermique annuelle due au transport	MWh	804921	804921
- Puissance de pompage	kW	40.53	40.53
- Rendement de distribution	%	87.55	87.55
- Rendement de production moyen	%	-	-
- Rendement global moyen	%	70.04	70.04
- Investissement	€	2 057 196 €	4 711 594 €
- Nombre de logements	-	431	431
- Prix par logement	€	4 773 €	10 933 €
- Longueur par logement - Densité du réseau	m/Log	8.5	8.5
- Coût unitaire par kWh produit sur 30 ans	€/MWh	1.96	2.40
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans	€/t CO2	3.71	8.40
- Emission de CO2 par an au bois	T CO2/an	323.25	323.25
- Emission de CO2 par an au Mazout	T CO2/an	2472.86	2472.86
- Emission de CO2 par an au Gaz Naturel	T CO2/an	1909.06	1909.06

Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

Points 9 : Comparaison entre RC et production individuelle (biomasse)

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Référence :

- Base de calcul : 30 années
- Prix max des pellets de 6.66 €/kWh
- Prix min des pellets 60% du prix max pour les RC
- Rendement de transformation en énergie thermique
 - Pour les RC : rendement total (distribution + production)
 - Rendement saisonnier pour l'installation individuelle (0.65 à 0.70)
- Prix unité de production : cf. offre de prix
- Prix des bûches : 60 à 80 € la stère

	Investissement RC		Unité de production *		Prix combustible		TOTAL	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Grand réseau de chaleur	1.08	2.43	0.75	1.75	5.71	9.52	7.52	13.70
Maison de rangée	0.85	1.95	0.75	1.75	5.65	9.42	7.26	13.12
Chaudière individuelle	-	-	1.50	2.50	7.18	10.26	8.68	12.76
Insert à bois **	-	-	0.98	1.73	4.22	5.72	5.20	7.46

* Prix installation : 300 à 700 €/kW avec 1333 kWh/kW/an pour RC - Installation individuelle : 600 à 1000 €/kW

Remarques :

- Coût du RC et de l'unité de production relativement faible
- Le coût des pellets est très élevé
- Insert à bois mérite d'être envisagé...

Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

7

Et la bio-méthanisation...

iMMC

Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Déchets élevage - Gaz injecté sur le réseau de distribution basse pression

Investissement digesteur (€/kW installé)	3700	4000
Investissement épuration et compresseur (€/kW installé)	1000	2000
Production sur 30 ans d'octobre à mars 5 à 7 mois (kWh/kW)	151200	108000
Rendement saisonnier de production chaudière au gaz naturel	0.80	0.65
Coût unitaire de production d'énergie sur 30 ans (c€/kWh)	3.89	8.55
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans (c€/kg CO2)	13.59	29.88

* 30 ans de durée de vie

Déchets élevage - cogénération + RC

Investissement digesteur (€/kW installé)	3700	4000
Investissement épuration + moteur (€/kW installé)	1000	2000
Production sur 30 ans d'octobre à mars 5 à 7 mois (kWh/kW)	151200	108000
Rendement électrique moteur à gaz	0.40	0.35
Rendement thermique moteur à gaz	0.50	0.45
Equivalent énergie électrique - énergie thermique	3.00	2.52
Coefficient coût du transport de l'électricité	1.50	2.00
Production équivalent énergie thermique utile	196560	96228
Coût production	2.39	6.24
Coût réseau de chaleur (c€/kWh)	1.06	2.43
Coût unitaire de production d'énergie sur 30 ans (c€/kWh)	3.45	8.66
Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans (c€/kg CO2)	12.07	30.30

* 30 ans de durée de vie

Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

8

UCL
Université catholique de Louvain



Et le projet géother wall

iMMC
Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

LOGEMENT MOYEN
 Puissance (kW) 15.0
 Energie annuelle (kWh) 20000
 Rendemen réseau 0.85

	Pmax MW	Energie MWh/ann	Coût €	Montant risque €	Montant réseau €	Besoins existants	Type de distribution	Nombre logements	Coût Min de kWh	Coût * de kWh CO2	Coût Max * de kWh
1	5.20	13000	3000000	1500000	1900000	partiellement	ZAC + cinéma + etc.	295	1.697	6.933	2.545
2	1.00	4000	950000	475000	700000	pas encore	160 logements	57	2.794	9.770	4.191
3	1.00	4500	1125000	562500	250000	pas encore	150 logements	57	3.309	11.569	4.963
4	7.00	17500	9600000	6250000	1990000	oui	bâtiments publics (15)	397	4.034	14.104	6.660
5	6.20	15500	9675000	6325000	2000000	oui	bâtiments publics (10)	351	4.590	16.048	7.590
6	7.00	12500	4370000	3370000	1000000	pas encore	ZAC	397	1.836	6.420	3.252
7	6.00	15000	5750000	4225000	1700000	pas encore	ZAC	340	2.819	9.856	4.939
8	5.20	7500	3650000	2877500	700000	pas encore	extension ZAC	295	2.064	7.218	3.692
TOTAL	38.60	89500	38120000	25885000	10280000			2187	2.905	10.156	4.882

* : sur 30 années d'utilisation

Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

9

UCL
Université catholique de Louvain



Et les autres filières possibles...

iMMC
Institute of Mechanics, Material and Civil engineering

Voir le fichier Excel

Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

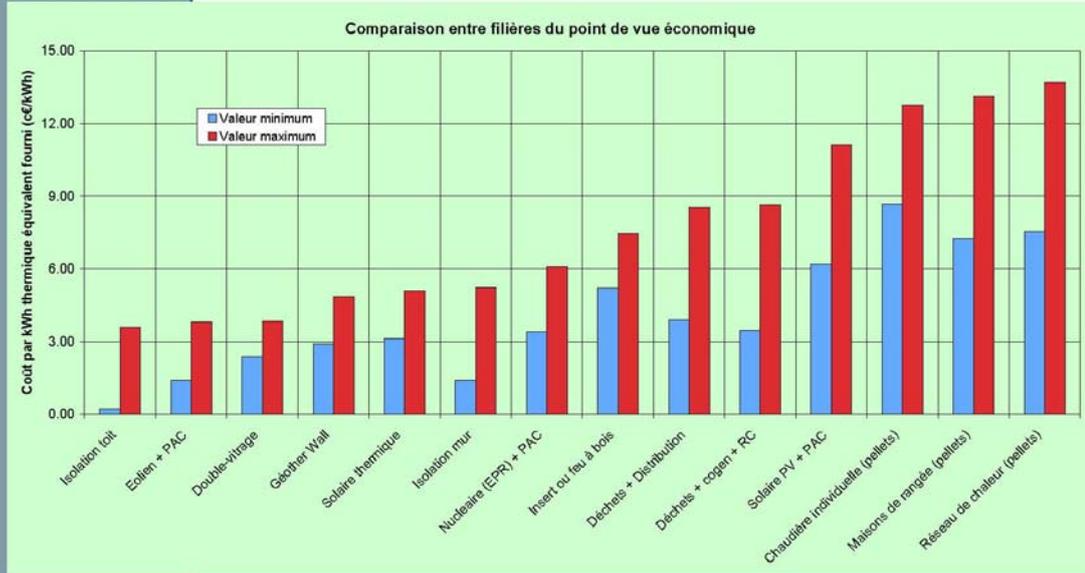
Jean-Marie Seynhaeve

10

UCL
 Université catholique de Louvain

Comparaison entre différentes filières Point de vue économique

iMMC
 Institute of Mechanics, Material and Civil engineering



Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

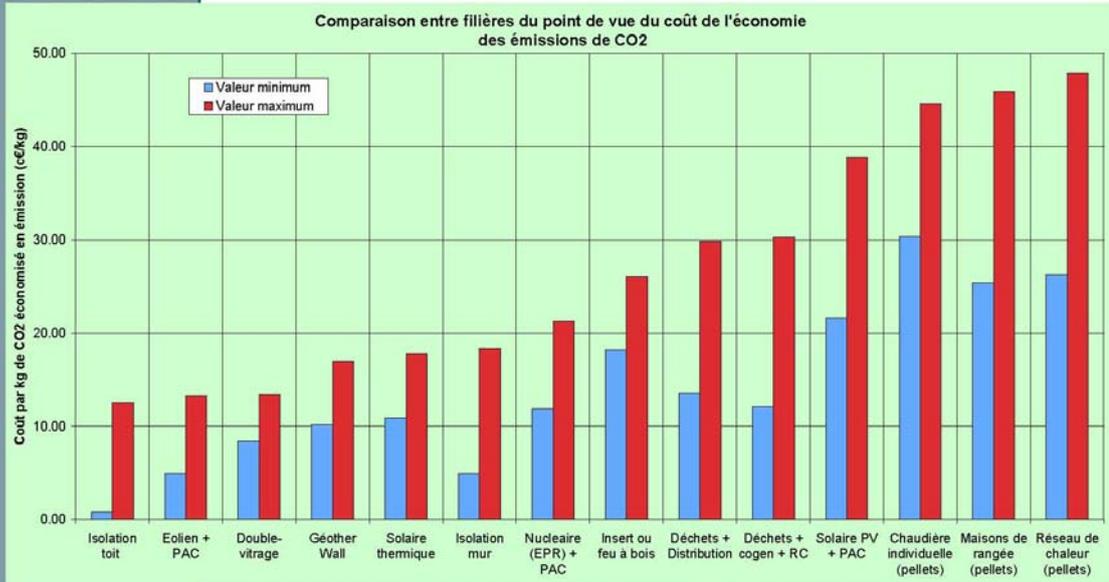
Jean-Marie Seynhaeve

11

UCL
 Université catholique de Louvain

Comparaison entre différentes filières Point de vue écologique - référence mazout

iMMC
 Institute of Mechanics, Material and Civil engineering



Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain

Jean-Marie Seynhaeve

12

 UCL Université catholique de Louvain	<h2>Les autres points : 2, 3, 4 et 5</h2>
iMMC <small>Institute of Mechanics, Material and Civil engineering</small>	<p>Rappel des points 2, 3 et 5</p> <ol style="list-style-type: none">2. Inclure le tertiaire dans les cas d'études (données de l'ICEDD)3. Comparer le cas d'études bois avec un RC bois existant4. Prix économique et écologique du transport de la biomasse Critère de la proximité d'un lieu de déchargement sur une voie navigable5. Réaliser un cas d'étude avec un projet de rénovation <p>Point 2 : données du « ICEDD » difficilement exploitables de façon suffisamment fiable à l'échelle de la Wallonie pour les RC ... Chaque entité du tertiaire est un cas particulier</p> <p>Point 3 : Comment comparer un RC de bois existant : accès aux données du RC existant...</p> <p>Point 4 : pertinence d'inscrire des périmètres de distribution de la biomasse à partir des lieux de déchargement... (cf. coût environnemental faible du transport de la biomasse à l'échelle de la Wallonie...)</p> <p>Autre cas d'étude : projet de rénovation...</p> <p>Réunion du 1 juin 2010 - CPDT - Chauffage Urbain</p>

Jean-Marie Seynhaeve

13

5.6.6 CA du 19/07/2010

Expertise spécifique 3

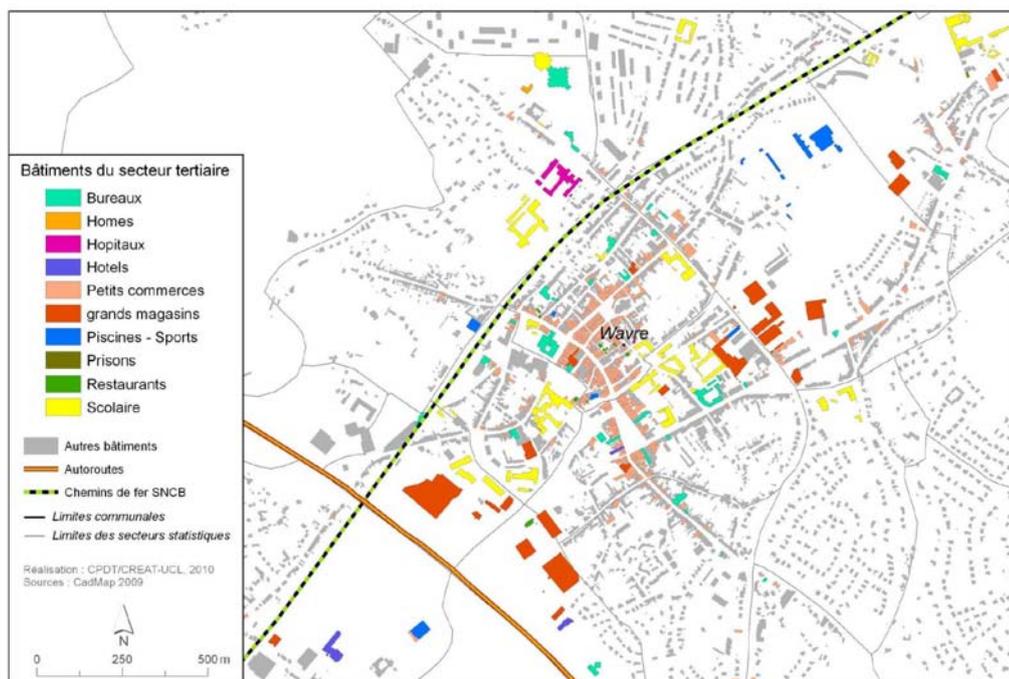
Réseau de chaleur - Inventaire

Estimation des besoins en chauffage totaux

Calcul des besoins du tertiaire

1. Cadmap 2009: nature cadastrale et superficie au sol
2. Enquête ICEDD 2004: consommations spécifiques annuelles moyennes du tertiaire par m² plancher
3. Estimation nombre d'étages: consommation moyenne totale par bâtiment

Expertise RC-CA 19/07/2010



Expertise RC-CA 19/07/2010

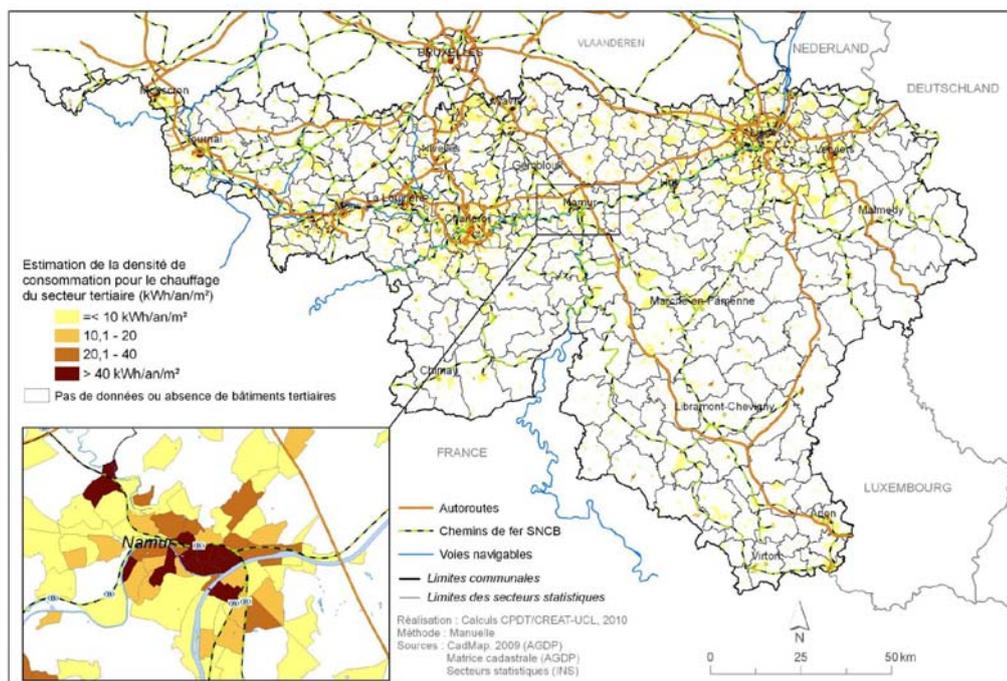


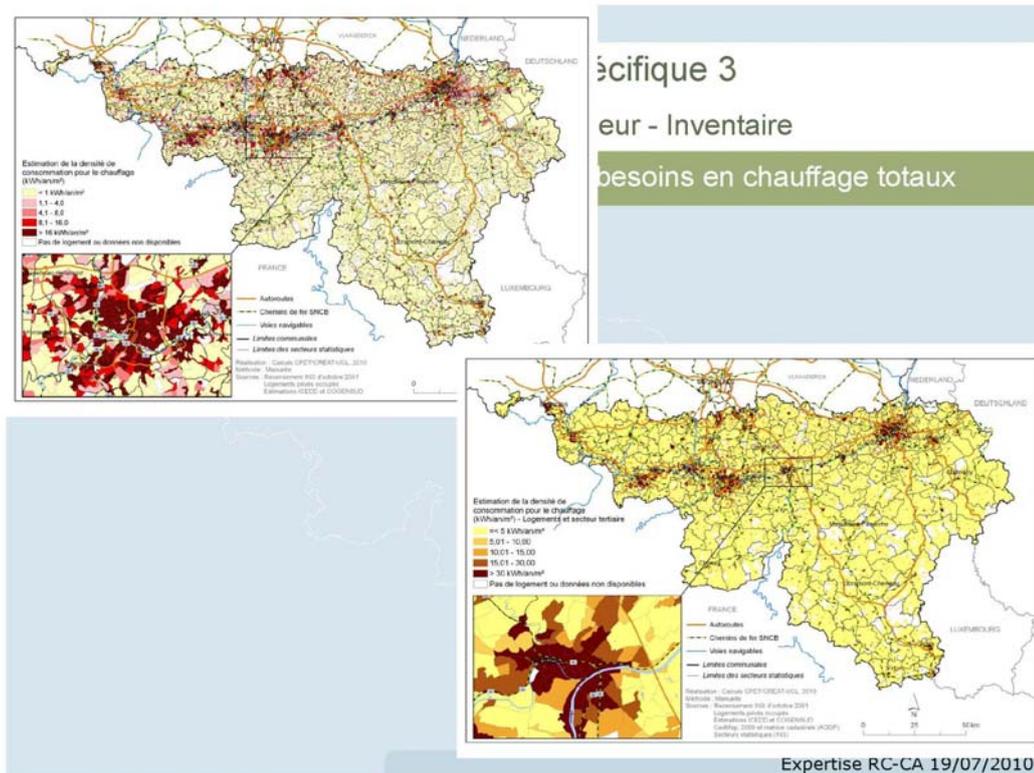
Expertise spécifique 3

Réseau de chaleur - Inventaire

Estimation des besoins en chauffage totaux

Catégories d'activité tertiaire	Consommation spécifique moyenne (ICEDD 2004) (kWh/m ² /an)	Nombre d'étages moyen estimé	Code cadastral	Nature cadastrale
Bureaux	154		400	Banques
			402	Bâtiments de bureaux
			420	Maisons communales
			421	Bâtiments du gouvernement
			423	Bâtiments de justice
			426	Gendarmeries
			427	Bâtiments militaires
Commerces de détail	488		434	Bâtiments administratifs
			281	Boulangeries
			282	Charcuteries
			403	Cafés
Supermarchés et hypermarchés	100		407	Maisons de commerce
			408	Grands magasins
Enseignement	167	2	460	Bâtiments scolaires
			461	Universités
Homes	239		440	Orphelinats
			441	Crèches
			443	Maisons de repos
Hôpitaux	216	7	444	Bâtiments hospitaliers
Piscines	2959		500	Etablissements de bain
			501	Installations sportives
Prison	205	3	424	Bâtiments pénitentiaires
Hôtels	278	4	404	Hôtels
Restaurants	362		405	Restaurants





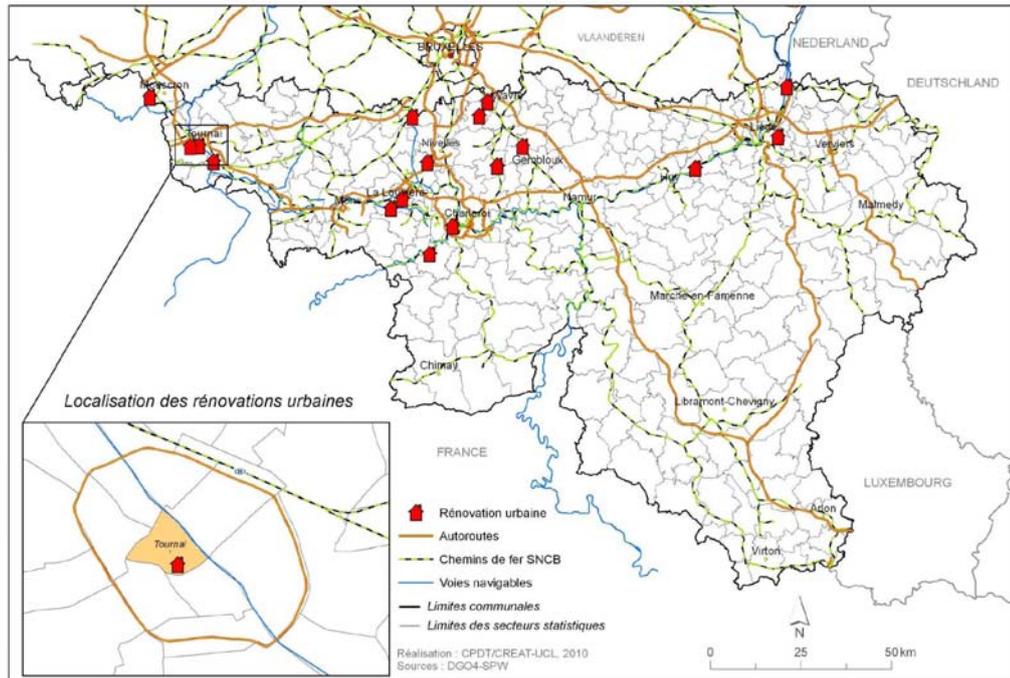
Expertise spécifique 3

Réseau de chaleur - Inventaire

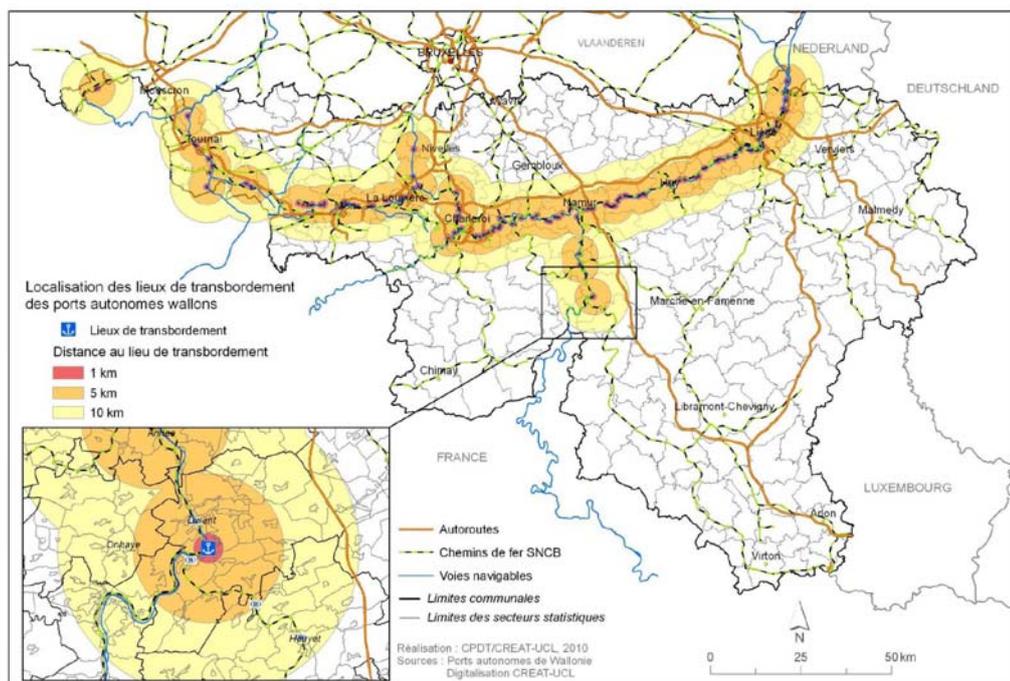
Critères de localisation optimale d'un RC

Croisement de plusieurs données Ordre de priorité

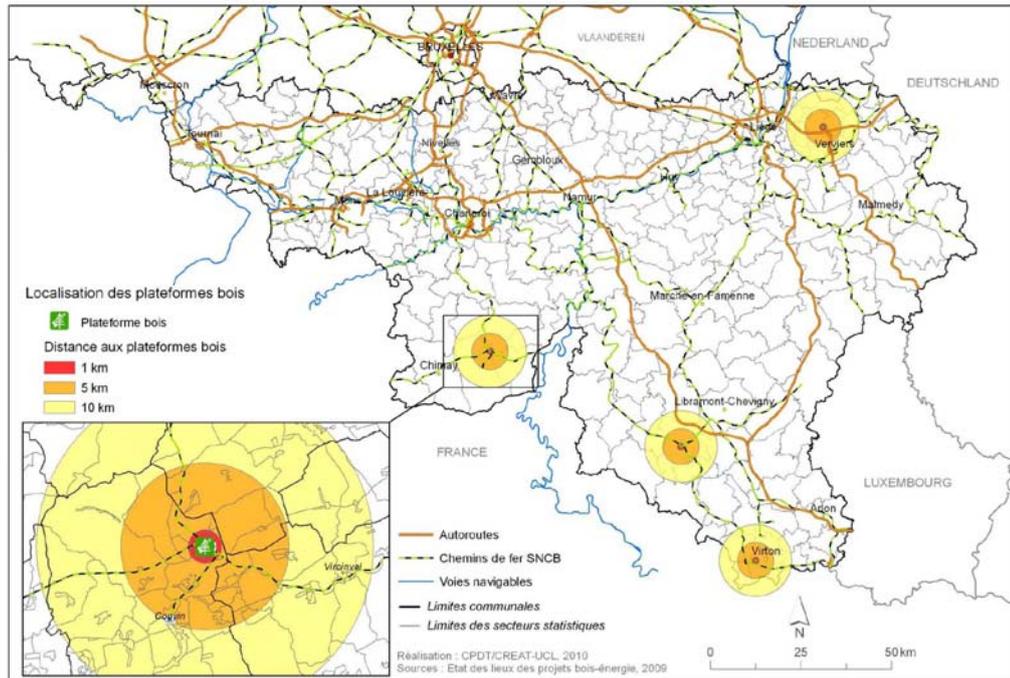
1. Présence d'un futur projet de rénovation urbaine
2. Soit proximité aux zones portuaires (1, 5, 10 km)
Soit proximité aux plateformes bois (1, 5, 10 km)
3. Densité en besoins de chaleur
(logements et activités tertiaires)



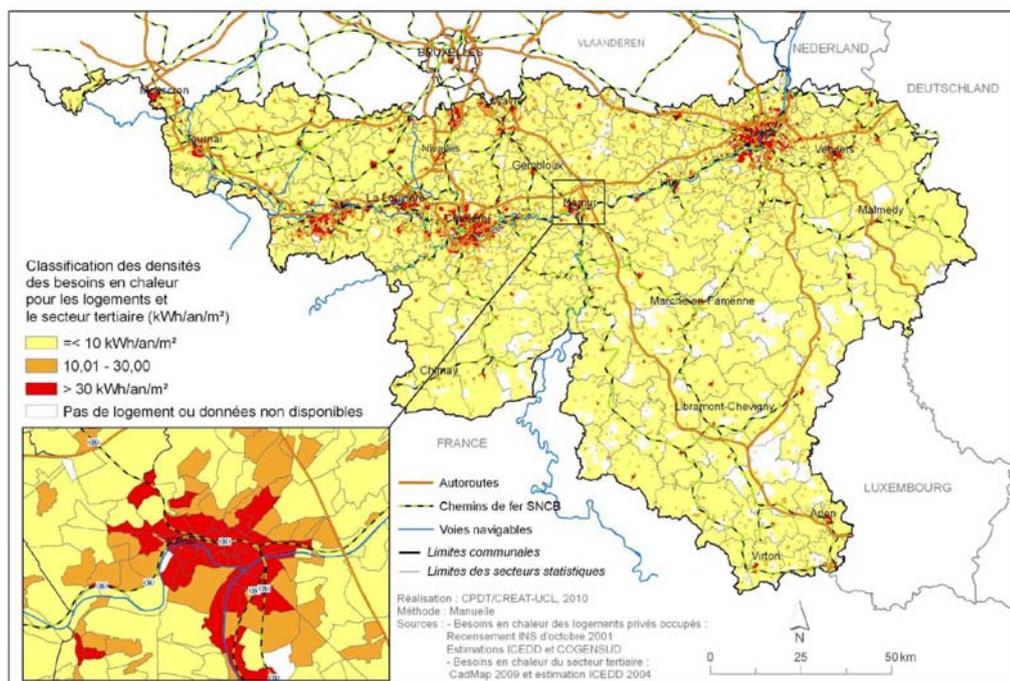
Expertise RC-CA 19/07/2010



Expertise RC-CA 19/07/2010



Expertise RC-CA 19/07/2010



Expertise RC-CA 19/07/2010

Expertise spécifique 3

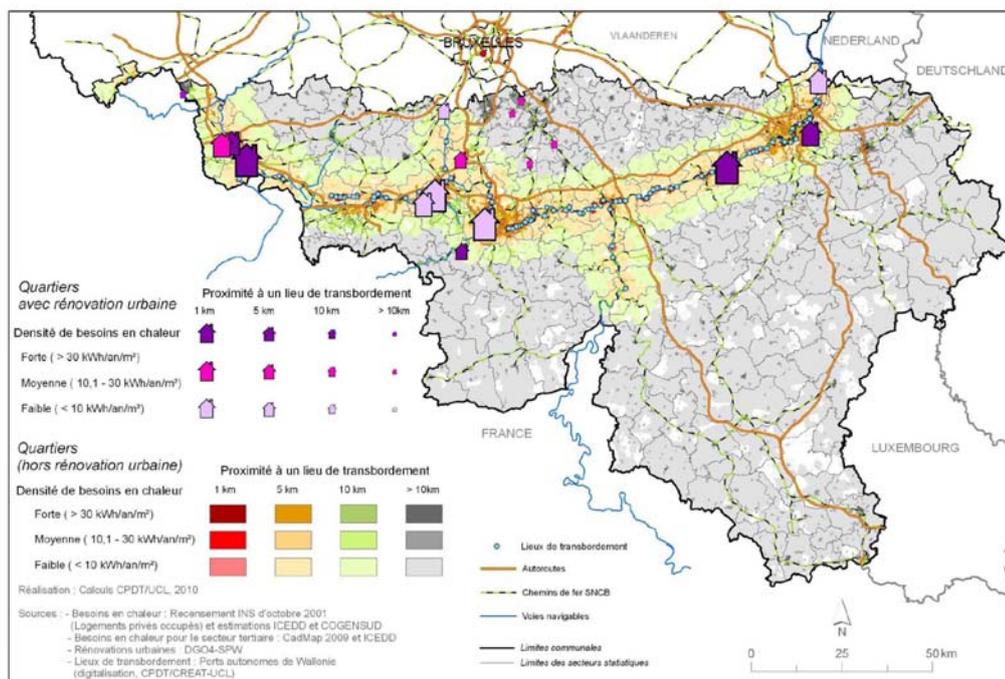
Réseau de chaleur - Inventaire

Critères de localisation optimale d'un RC

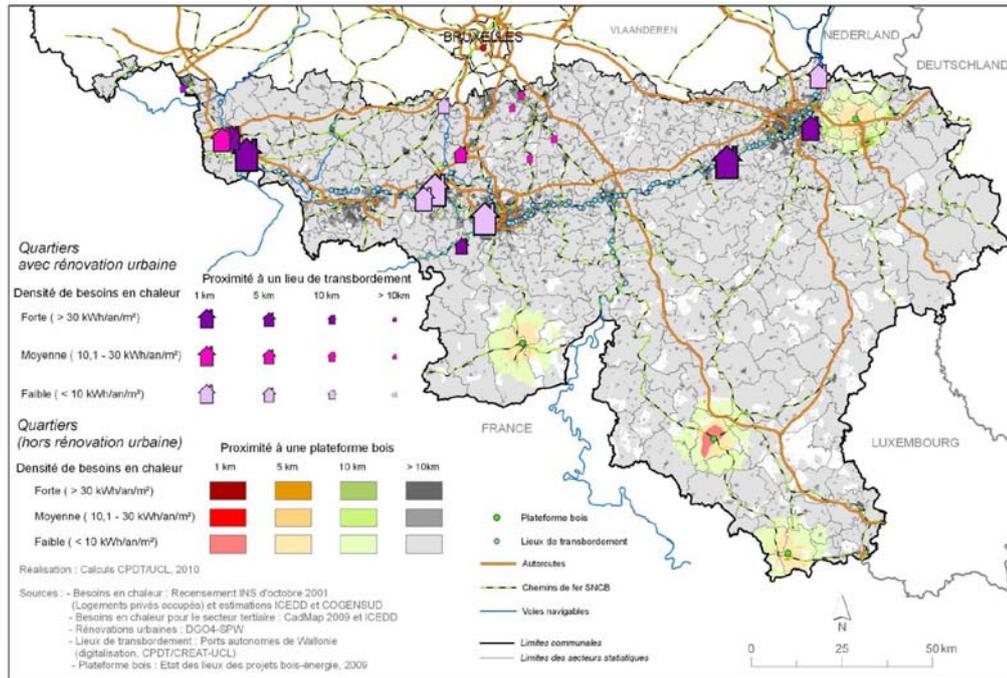
Deux scénarii :

1. Le bois n'est pas régional: analyse de la proximité des zones portuaires
2. Le bois est régional: analyse de la proximité des plateformes bois

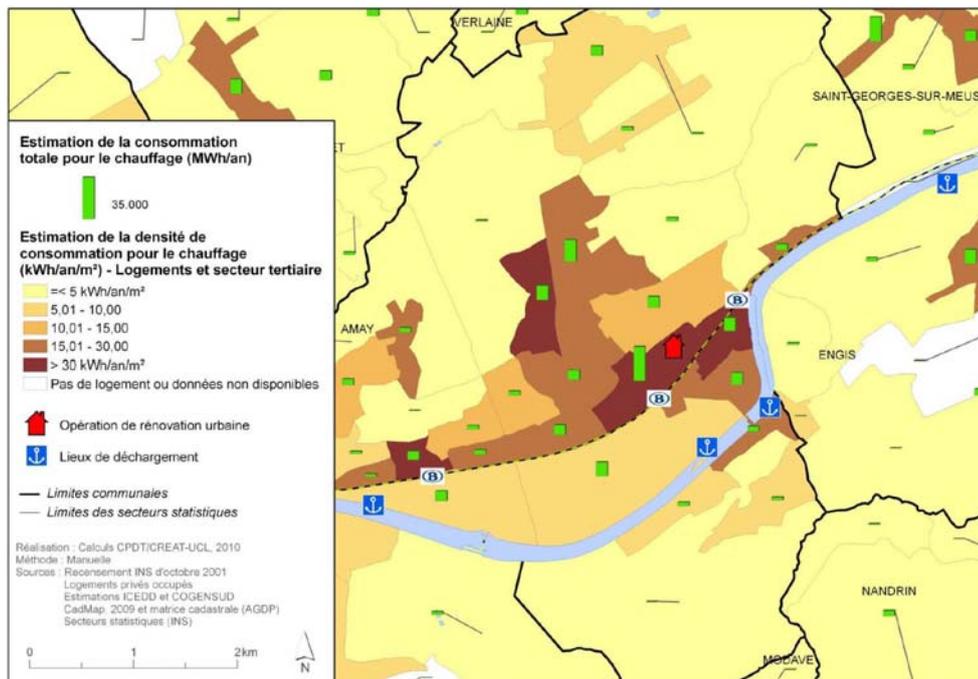
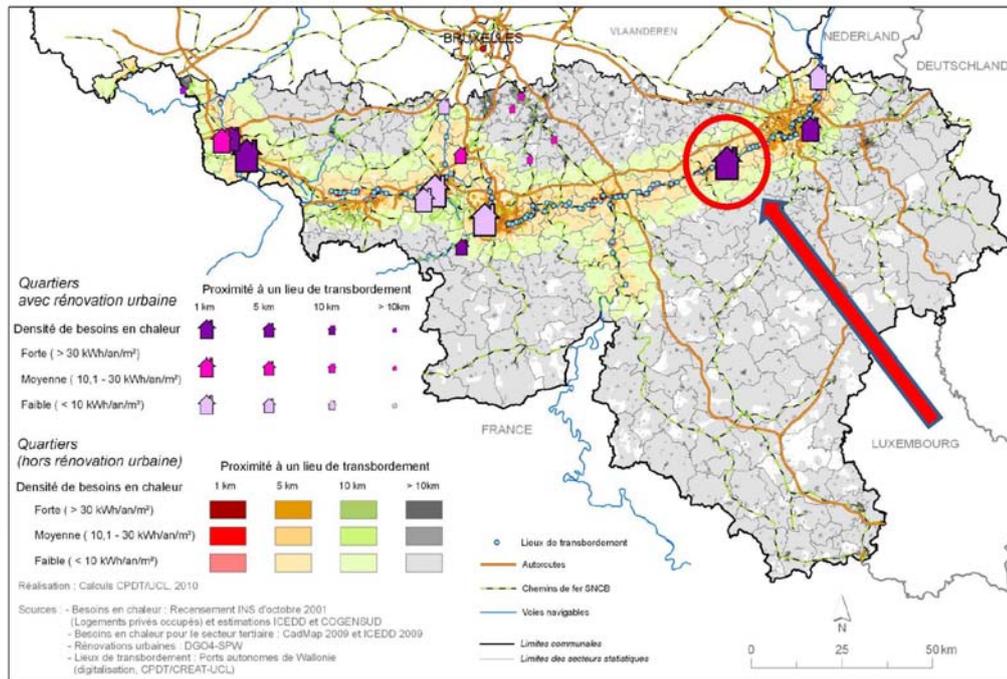
Expertise RC-CA 19/07/2010

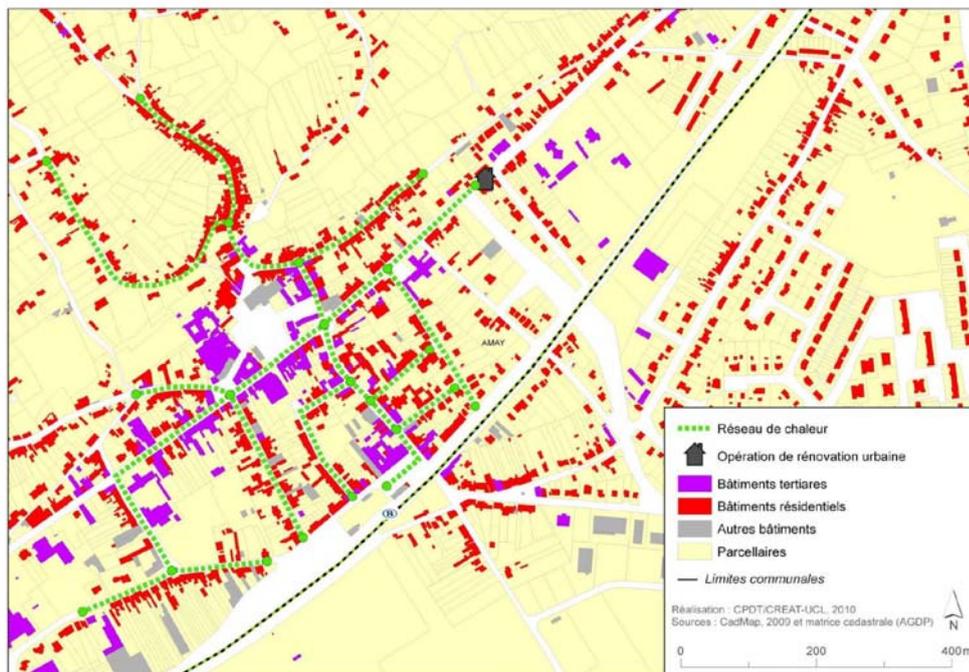
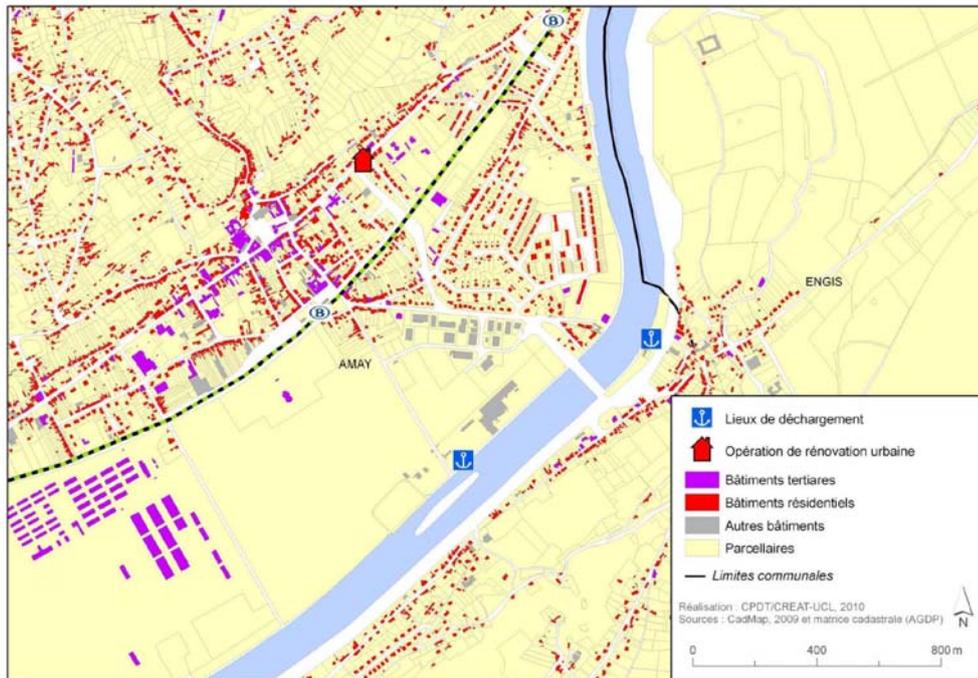


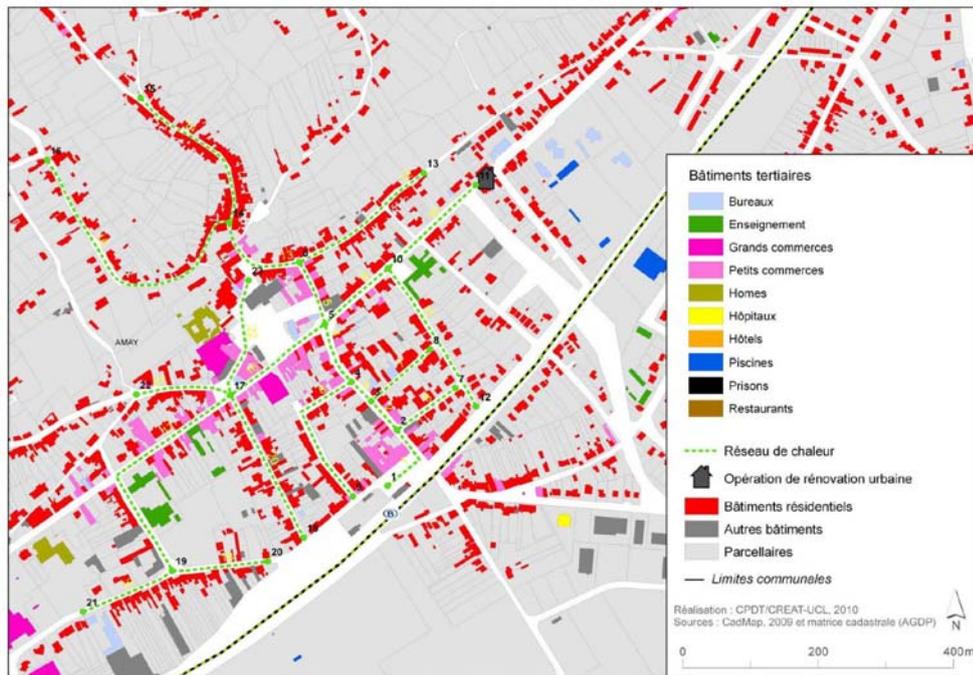
Expertise RC-CA 19/07/2010



5.6.7 CA du 23/09/2010







Trame	Nœud in	Nœud out	L (m)	Nbre Log.
Trame 1	1	2	116,74	4
Trame 2	2	3	57,24	5
Trame 3	3	4	41,03	4
Trame 4	4	5	95,22	8
Trame 5	5	6	99,69	4
Trame 6	2	7	106,38	17
Trame 7	3	8	115,16	12
Trame 8	4	9	235,95	36
Trame 9	5	10	124,32	16
Trame 10	10	11	179,62	19
Trame 11	10	12	241,96	18
Trame 12	6	13	228,06	47
Trame 13	6	14	144,28	17
Trame 14	14	15	249,60	59
Trame 15	14	16	422,01	42
Trame 16	5	17	174,15	4
Trame 17	17	19	371,30	29
Trame 18	19	20	141,81	19
Trame 19	19	21	145,73	19
Trame 20	17	18	238,42	40
Trame 21	17	22	142,22	17
Trame 22	17	23	178,82	4

Logements uniquement

Données du réseau de chaleur			
Données climatiques			
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254	254
Caractéristiques d'un logement moyen			
- Prix par logement : raccordement	€	2006	4006
- Energie moyenne par logement	kWh/an	24696	24696
- Puissance moyenne par logement	kW	18,522	18,522
- Coefficient de foisonnement	-	0,8	0,8
Caractéristiques du réseau de distribution			
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/m²K	0,1	0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/m²/mm	0,0025	0,0025
- Température aller réseau	°C	90	90
- Température retour réseau	°C	70	70
- Température sol	°C	10	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0,02	0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	200	500
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/mm	2	5
		Calcul 1	Calcul 2
Résultats globaux du réseau de chaleur			
- Puissance thermique installée	kW	6519,744	6519,744
- Longueur du réseau de chaleur	m	3850	3850
- Densité du réseau	kW/m	1,69	1,69
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	10866240	10866240
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	804921	1493895
- Taux d'utilisation	h/an	1667	1667
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	986364	986364
- Puissance de pompage	kW	54,24	54,24
- Rendement de distribution	%	90,92	90,92
- Rendement de production moyen	%	90	90
- Rendement global moyen	%	72,74	72,74
- Investissement	€	2,266,586	5,226,466
- Nombre de logements	-	440	440
- Prix par logement	€	5,151	11,878
- Longueur par logement - Densité du réseau	m/log	8,7	8,7
- Coût unitaire par kWh produit sur 30 ans	c€/kWh	0,70	1,60
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans	c€/kg CO2	2,43	5,61
- Emission de CO2 par an au bois	T CO2/an	543,31	543,31
- Emission de CO2 par an au Mazout	T CO2/an	4156,34	4156,34
- Emission de CO2 par an au Gaz Naturel	T CO2/an	3208,74	3208,74
		CO2	Rendement
Bois granulés	kg CO2/MWh	35	0,7
Gazoil	kg CO2/MWh	206	0,8
Gaz naturel	kg CO2/MWh	251	0,85

Trame	Nœud in	Nœud out	L (m)	Nbre Log.
Trame 1	1	2	116,74	37
Trame 2	2	3	57,24	13
Trame 3	3	4	41,03	4
Trame 4	4	5	95,22	11
Trame 5	5	6	99,69	23
Trame 6	2	7	106,38	0
Trame 7	3	8	115,16	2
Trame 8	4	9	235,95	10
Trame 9	5	10	124,32	7
Trame 10	10	11	179,82	3
Trame 11	10	12	241,96	16
Trame 12	6	13	228,06	0
Trame 13	6	14	144,28	12
Trame 14	14	15	249,60	0
Trame 15	14	16	422,01	0
Trame 16	5	17	174,15	56
Trame 17	17	19	371,30	91
Trame 18	19	20	141,61	0
Trame 19	19	21	145,73	6
Trame 20	17	18	238,42	3
Trame 21	17	22	142,22	6
Trame 22	17	23	178,82	39

Tertiaire uniquement

Données du réseau de chaleur			
Données climatiques			
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254	254
Caractéristiques d'un logement moyen			
- Prix par logement : raccordement	€	2000	4000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	24696	24696
- Puissance moyenne par logement	kW	18,522	18,522
- Coefficient de foisonnement	-	0,8	0,8
Caractéristiques du réseau de distribution			
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/mK	0,1	0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/mK/mm	0,0025	0,0025
- Température aller réseau	°C	90	90
- Température retour réseau	°C	70	70
- Température sol	°C	10	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0,02	0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	200	500
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/mm	2	5
		Calcul 1	Calcul 2
Résultats globaux du réseau de chaleur			
- Puissance thermique installée	kW	5023,1664	5023,1664
- Longueur du réseau de chaleur	m	3850	3850
- Densité du réseau	kW/m	1,30	1,30
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	8371944	8371944
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	804921	1146318
- Taux d'utilisation	h/an	1667	1667
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	729054	729054
- Puissance de pompage	kW	33,02	33,02
- Rendement de distribution	%	91,29	91,29
- Rendement de production moyen	%	80	80
- Rendement global moyen	%	73,03	73,03
- Investissement	€	1.823.388 €	4.219.471 €
- Nombre de logements	-	339	339
- Prix par logement	€	5.379 €	12.447 €
- Longueur par logement - Densité du réseau	m/log	11,4	11,4
- Coût unitaire par kWh produit sur 30 ans	c€/kWh	0,73	1,68
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans	c€/kg CO2	2,54	5,87
- Emission de CO2 par an au bois	T CO2/an	418,60	418,60
- Emission de CO2 par an au Mazout	T CO2/an	3202,27	3202,27
- Emission de CO2 par an au Gaz Naturel	T CO2/an	2472,19	2472,19
		CO2	Rendement
Bois granulé	kg CO2/MWh	35	0,7
Gazoil	kg CO2/MWh	306	0,8
Gaz naturel	kg CO2/MWh	251	0,85

Trame	Nœud in	Nœud out	L (m)	Nbre Log.
Trame 1	1	2	116,74	41
Trame 2	2	3	57,24	18
Trame 3	3	4	41,03	8
Trame 4	4	5	95,22	19
Trame 5	5	6	99,69	27
Trame 6	2	7	106,38	17
Trame 7	3	8	115,16	14
Trame 8	4	9	235,95	46
Trame 9	5	10	124,32	23
Trame 10	10	11	179,82	22
Trame 11	10	12	241,96	34
Trame 12	6	13	228,06	47
Trame 13	6	14	144,28	29
Trame 14	14	15	249,60	59
Trame 15	14	16	422,01	42
Trame 16	5	17	174,15	60
Trame 17	17	19	371,30	120
Trame 18	19	20	141,61	19
Trame 19	19	21	145,73	25
Trame 20	17	18	238,42	43
Trame 21	17	22	142,22	23
Trame 22	17	23	178,82	43

Logements + Tertiaire

Données du réseau de chaleur			
Données climatiques			
- Nombre de jour d'utilisation	jours	254	254
Caractéristiques d'un logement moyen			
- Prix par logement : raccordement	€	2000	4000
- Energie moyenne par logement	kWh/an	24696	24696
- Puissance moyenne par logement	kW	18,522	18,522
- Coefficient de foisonnement	-	0,8	0,8
Caractéristiques du réseau de distribution			
- Coefficient de transfert : terme fixe	W/mK	0,1	0,1
- Coefficient de transfert : terme fonction du diamètre	W/mK/mm	0,0025	0,0025
- Température aller réseau	°C	90	90
- Température retour réseau	°C	70	70
- Température sol	°C	10	10
- Coefficient de pertes de charge	-	0,02	0,02
- Proportion de pertes de charge singulière	%	40	40
- Vitesse maximum de circulation d'eau	m/s	2	2
- Prix conduite : Terme fixe	€/m	200	500
- Prix conduite : Terme fonction du diamètre	€/mm	2	5
		Calcul 1	Calcul 2
Résultats globaux du réseau de chaleur			
- Puissance thermique installée	kW	11542,9104	11542,9104
- Longueur du réseau de chaleur	m	3850	3850
- Densité du réseau	kW/m	3,00	3,00
- Consommation annuelle totale des utilisateurs	kWh	19238184	19238184
- Equivalent litres de mazout ou m3 de G.N.	-	804921	2557052
- Taux d'utilisation	h/an	1667	1667
- Déperdition thermique annuelle due au transport	kWh	1145685	1145685
- Puissance de pompage	kW	67,38	67,38
- Rendement de distribution	%	94,04	94,04
- Rendement de production moyen	%	80	80
- Rendement global moyen	%	75,24	75,24
- Investissement	€	3.093.931 €	6.955.827 €
- Nombre de logements	-	779	779
- Prix par logement	€	3.972 €	8.929 €
- Longueur par logement - Densité du réseau	m/log	4,9	4,9
- Coût unitaire par kWh produit sur 30 ans	c€/kWh	0,54	1,21
- Coût unitaire de réduction d'émission de CO2 sur 30 ans	c€/kg CO2	1,87	4,21
- Emission de CO2 par an au bois	T CO2/an	961,91	961,91
- Emission de CO2 par an au Mazout	T CO2/an	7358,61	7358,61
- Emission de CO2 par an au Gaz Naturel	T CO2/an	5680,92	5680,92
		CO2	Rendement
Bois granulé	kg CO2/MWh	35	0,7
Gazoil	kg CO2/MWh	306	0,8
Gaz naturel	kg CO2/MWh	251	0,85