



# CONCEPTION DE SYSTÈMES DE CHAUFFAGE URBAIN POUR LA COGÉNÉRATION

Phase I : Application au quartier des Morasses (Martigny) de la méthode de conception des réseaux de chauffage urbain développé au LENI

## Rapport final

Élaboré par

**Gaëtan Cherix, Centre de compétence en urbistique CREM**

gaetan.cherix@crem.ch, [www.crem.ch](http://www.crem.ch)

**Céline Weber, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, laboratoire d'énergétique industrielle LENI**

celine.weber@epfl.ch, <http://leni.epfl.ch>

Autor und Koautoren:	Gaëtan Cherix Céline Weber
Beauftragte Institution:	Centre de compétence en urbistique, CREM Laboratoire d'énergétique industrielle, EPFL/STI-ISE-LENI
Adresse:	Rue des Morasses 5, 1920 Martigny Bât ME A2, 1015 Lausanne
Telefon, E-mail, Internetadresse:	027/721.25.40, <a href="mailto:gaetan.cherix@crem.ch">gaetan.cherix@crem.ch</a> , <a href="http://www.crem.ch">www.crem.ch</a> 021/693.35.13, <a href="mailto:celine.weber@epfl.ch">celine.weber@epfl.ch</a> , <a href="http://leni.epfl.ch">http://leni.epfl.ch</a>
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer:	101927 / 152377
BFE-Projektleiter:	Dr. Rainer Bacher
Dauer des Projekts (von – bis):	01 novembre 2006 – 31 décembre 2006

## **Impressum**

Date : 22.12.2006

**Sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie**, programme de recherche « Réseaux et systemes »

Mühlestrasse 4, CH - 3063 Ittigen

Adresse postale : CH - 3003 Berne

tél. +41 31 322 56 11, fax +41 31 323 25 00

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

Responsable du domaine à l'OFEN : nom du responsable [Rainer.Bacher@bfe.admin.ch](mailto:Rainer.Bacher@bfe.admin.ch)

Numéro OFEN du projet : 101927

Source d'acquisition de cette publication : [www.recherche-energetique.ch](http://www.recherche-energetique.ch)

Le ou les auteurs sont seuls responsables du contenu et des conclusions de ce rapport.

## Table des matières

Résumé .....	1
1. Situation de départ .....	2
2. But du travail.....	3
3. Méthode utilisée .....	5
4. Résultats.....	9
5. Discussion .....	10
6. Conclusions .....	11
Références .....	11
Annexes.....	12

## Résumé

Les systèmes énergétiques de quartier permettent de diminuer les émissions de gaz à effet de serre et les consommations d'énergie primaire grâce à l'utilisation de technologies de conversion d'énergie plus efficaces que ne le seraient les technologies qui satisfont les besoins énergétiques (chaleur, eau chaude sanitaire, climatisation et électricité) d'une seule maison. L'intégration dans ces systèmes d'équipements du type couplage chaleur-force augmente encore leur efficacité.

Le laboratoire d'énergétique industrielle de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne développe un logiciel dans le but de déterminer des configurations et modes opératoires optimaux pour des systèmes énergétiques de quartiers afin de satisfaire les demandes de chaleur, eau chaude sanitaire, climatisation et électricité.

L'objectif de ce projet est de tester ce logiciel avec des données de terrain, en collaborant avec le centre de compétence en urbistique pour appliquer le logiciel sur le quartier des Morasses de la ville de Martigny.

Les résultats obtenus sont très prometteurs et montrent qu'au vu des conditions actuelles et locales des prix de l'énergie, des systèmes énergétiques intégrés s'appuyant sur l'interopérabilité des réseaux et la diversité des infrastructures urbaines permettent d'optimiser la rentabilité des équipements et de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub>.

## 1. Situation de départ

« Sécurité de l'approvisionnement, efficacité énergétique, protection du climat, énergies renouvelables et compétitivité du pays sur le marché international de l'approvisionnement en énergie, tels sont les thèmes essentiels du débat nourri que la Suisse se doit de mener en vue d'une politique énergétique durable à long terme. » [Office Fédéral de l'Energie, 26.10.2006]

La production électrique suisse (57.3 TWh, en 2005) est basée aujourd'hui sur le nucléaire (40% environ) et l'hydraulique (60% environ), le renouvelable et la cogénération ne représentant que quelques pourcents, avec pour exemple une production de 575 GWh électrique par les petites unités de cogénération en 2005 [1]. En outre, l'alimentation du client final est conçue selon le principe « production, transport, distribution » malgré le fait qu'il existe un bien grand nombre de sociétés de production et de distribution. Qu'en sera-t-il pour les décennies à venir ?

L'ouverture du marché énergétique, l'augmentation de prix de l'électricité à la bourse et le déficit provisoire de plus en plus important de la production nationale (il serait nécessaire de construire un aménagement de la taille de Monvoisin chaque année en Suisse pour compenser la hausse de la consommation qui est pourtant modérée) vont obliger les électriciens à imaginer de nouvelles solutions. Dans cette optique, le développement de systèmes de production endogènes (micro hydraulique, vent, solaire, biomasse, etc.) et de la cogénération est à encourager.

La cogénération est en effet une alternative intéressante sur les plans technique, économique et environnemental, ce qui redonne à la ville/ agglomération un rôle important dans une politique d'approvisionnement énergétique nationale.

Les systèmes énergétiques de quartier permettent de diminuer les émissions de gaz à effet de serre grâce à l'utilisation de technologies de conversion d'énergie plus efficaces que ne le seraient les technologies qui satisfont les besoins énergétiques (chaleur, eau chaude sanitaire, climatisation et électricité) d'une seule maison. L'intégration dans ces systèmes d'équipements du type couplage chaleur-force augmente encore leur efficacité. Ces unités de production sont connectées à des groupes d'utilisateurs ou quartiers par l'intermédiaire de réseaux. Si la distribution d'électricité par le réseau électrique est depuis longtemps une évidence pour tout un chacun, les réseaux de chaleur, voire même de climatisation, sont encore relativement peu courants.

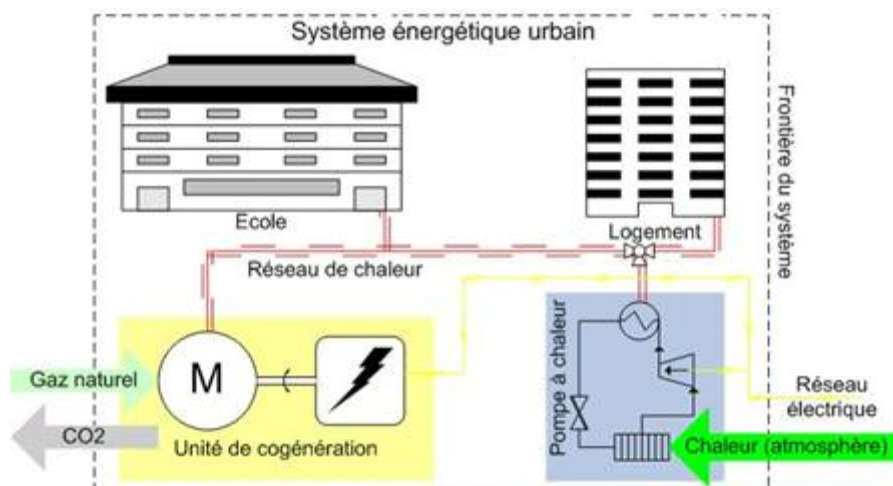


Figure 1 : Exemple de schéma énergétique urbain intégré

Au vu des considérations ci-dessus, le LENI (le Laboratoire d'ENergétique Industrielle de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Prof. D. Favrat) développe un logiciel dans le but de déterminer des configurations et modes opératoires optimaux pour des systèmes énergétiques de quartiers afin de satisfaire les demandes de chaleur, eau chaude sanitaire, climatisation et électricité.

Un des objectifs de la collaboration CREM-LENI est de tester l'application de ce logiciel sur le quartier des Morasses (cf. Figure 2) de la ville de Martigny. Les treize bâtiments de ce quartier sont actuellement alimentés en chaleur via un réseau secondaire de chauffage à distance. Ce sous-réseau est connecté au réseau primaire via un échangeur de chaleur. La consommation de chaleur annuelle du quartier se chiffre à environ 4 GWh et permet de chauffer les bâtiments et l'eau chaude sanitaire de ces derniers. De plus, la patinoire de la ville et la piscine découverte se trouvent à une distance très proche du local de chauffage, une potentielle connexion de ces deux bâtiments au sous réseau de chauffage sera évaluée.



**Figure 2 :** Plan du sous réseau du quartier des Morasses et puissance des immeubles raccordés

## 2. But du travail

Ce projet concerne une pré-étude permettant de définir les contours d'un projet principal visant le **développement d'une méthodologie de conception des systèmes énergétiques de quartiers** dans l'optique de la production décentralisée de chaleur et d'électricité.

Par rapport au plan directeur de recherche énergétique de la confédération, les thèmes traités par ce projet s'intègrent parfaitement dans l'axes de recherche : Utilisation rationnelle de l'énergie, URE

Les systèmes énergétiques intégrés à l'échelle urbaine permettent en effet de substituer une partie des énergies fossiles ou de réseau (mazout, électricité, gaz) par des valorisations de rejets locaux (chaleur industrielle, etc.), des ressources renouvelables (chaleur de l'environnement comme source froide d'une pompe à chaleur, etc.) ou par des productions locales à haute efficacité énergétique (co / tri-génération).

L'intégration d'un système énergétique urbain nécessite la mise en place de réseaux de distribution (chaleur, froid, gaz, électricité, etc.), afin de combiner les demandes en énergies des consommateurs et d'optimiser le fonctionnement et le rendement économique des équipements. Les technologies de production ou de conversion bénéficient dès lors d'un facteur d'échelle lié à la conjonction des demandes et permettent de diminuer les consommations d'énergie primaire et de minimiser les émissions de CO<sub>2</sub>.

L'objectif de la phase initiale du projet est de **réaliser un exemple d'application théorique de la méthode de conception des réseaux de chauffage urbain développée par le LENI au cas de l'extension du réseau de chauffage urbain du quartier des Morasses (Martigny)**, en simulant différents scénarios d'approvisionnement.

Les résultats de cette pré-étude serviront à alimenter un workshop, courant 2007, auxquels seront conviés les différents responsables et décideurs concernés. L'objectif de ce séminaire sera de définir l'intérêt de ce type d'approche et l'adéquation des résultats générés avec les attentes des différents participants. La définition de la phase II du projet dont les spécifications seront inspirées des résultats de l'atelier de travail, fera suite à ce workshop.

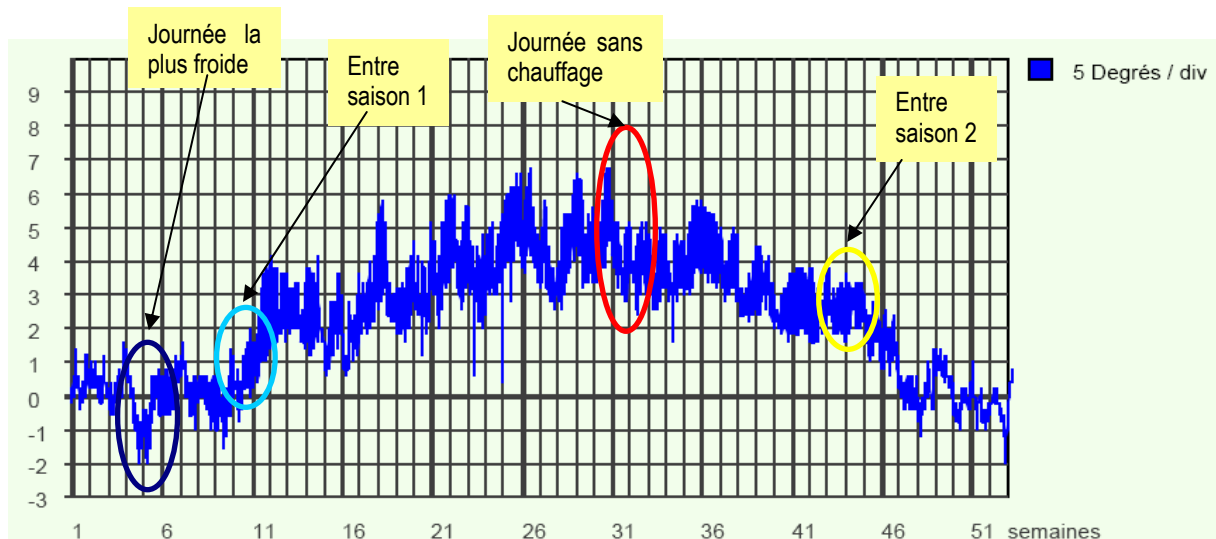
### 3. Méthode utilisée

La première étape du projet consistait à collecter et à traiter les données de consommation des bâtiments, afin de les rendre utilisables par le logiciel du LENI (le Laboratoire d'ENergétique Industrielle de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Prof. D. Favrat).

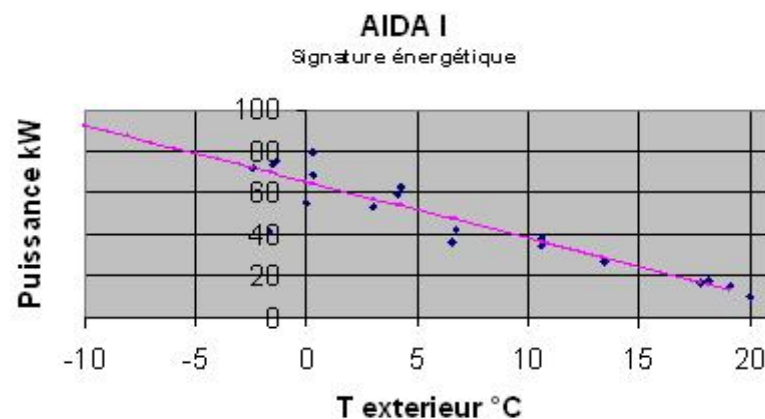
Les principales sources de données de consommation à disposition étaient :

- Les signatures énergétiques journalières de 12 bâtiments [S. Storelli, M. Michellod, Ph. Farquet, 1991]
- Les résultats d'une campagne de mesure [G. Cherix, 2005]
- Les données relatives à la ville laboratoire de Martigny, soit les télémesures de consommation installées dans 2 bâtiments.
- De relevés de terrain

Ayant à disposition la signature énergétique de tous les bâtiments non télémesurés, les consommations moyennes journalières ont été calculées à partir des températures extérieures (cf. Figure 3). Les températures extérieures ont été choisies de manière à caractériser au mieux le climat de Martigny et à garantir un dimensionnement adéquat des installations, dans des conditions de fonctionnement extrêmes.



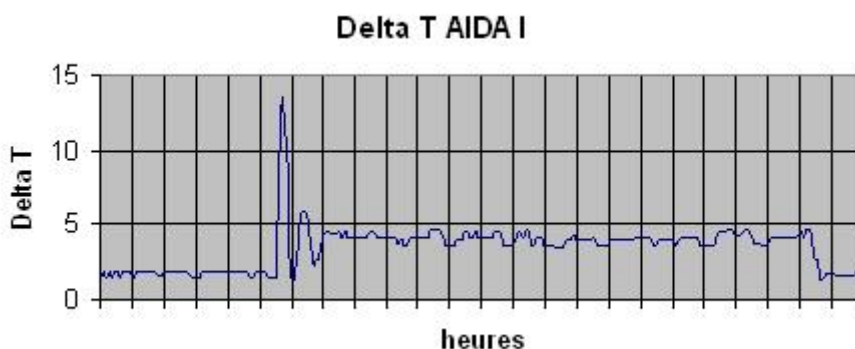
**Figure 3 :** Températures extérieures relevées à Martigny, année 2005



**Figure 4 :** Exemple de signature énergétique d'un des bâtiments des Morasses

La signature énergétique des bâtiments (cf. Figure 4) permet dès lors de calculer la puissance moyenne journalière consommée par chacun des bâtiments. A partir de cette puissance moyenne, les consommations périodiques qui caractérisent les régimes de fonctionnement des installations de chauffage (jour, nuit, relance) ont été calculées en utilisant les résultats d'une campagne de mesure de température effectuée sur les circuits de chauffage des bâtiments

En effet, les circuits de chauffage des bâtiments du quartier des Morasses ne sont actuellement pas équipés de pompes à fréquence variables, le débit de fluide de chauffage est donc constant. La puissance consommée par l'immeuble dépend ainsi directement des différences de température  $\Delta T$  aller / retour. Ce  $\Delta T$  permet de calculer le profil de la courbe de charge et d'en tirer la consommation moyenne de chacune des périodes (jour, nuit, relance), en fonction de la consommation journalière moyenne (cf. Figure 5).



**Figure 5 :** Profil de la différence de température  $\Delta T$  aller / retour du circuit de chauffage d'un des bâtiments

Suite à cette étape de préparation des données, les scénarios d'approvisionnement en énergie du quartier des Morasses ont pu être simulés, à partir de la modélisation du LENI.

Le but du logiciel développé au LENI est de déterminer des configurations et modes opératoires optimaux pour des systèmes énergétiques de quartiers afin de satisfaire les demandes de chaleur, eau chaude sanitaire, climatisation et électricité. Un système énergétique de quartier est composé d'une ou plusieurs technologie(s) de conversion d'énergie (p.ex. turbine à gaz, pompe à chaleur,...), de réseaux de distribution (eau chaude pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, eau froide pour la climatisation, câbles pour l'électricité), et d'un certain nombre de consommateurs raccordés aux différents réseaux. La détermination d'un système énergétique de quartier est complexe, notamment pour les raisons suivantes :

- Le choix du nombre, du type et de la taille des technologies est quasiment illimité et introduit des variables entières dans le problème.
- Le choix de l'emplacement des technologies dans le quartier, surtout lorsqu'il s'agit d'un nouveau quartier, peut également être conséquent et introduit lui aussi des variables entières. Dans le cas d'une rénovation d'un quartier existant, comme c'est le cas dans la présente pré étude, le nombre de variables entières liées à l'emplacement des technologies est réduit à la définition de paramètres fixés à l'avance.
- Les équations décrivant les technologies (rendements, débits massiques, émissions,...) ne sont pas linéaires.
- Le diamètre des conduites ne peut pas être considéré comme un paramètre continu, mais au contraire discret.



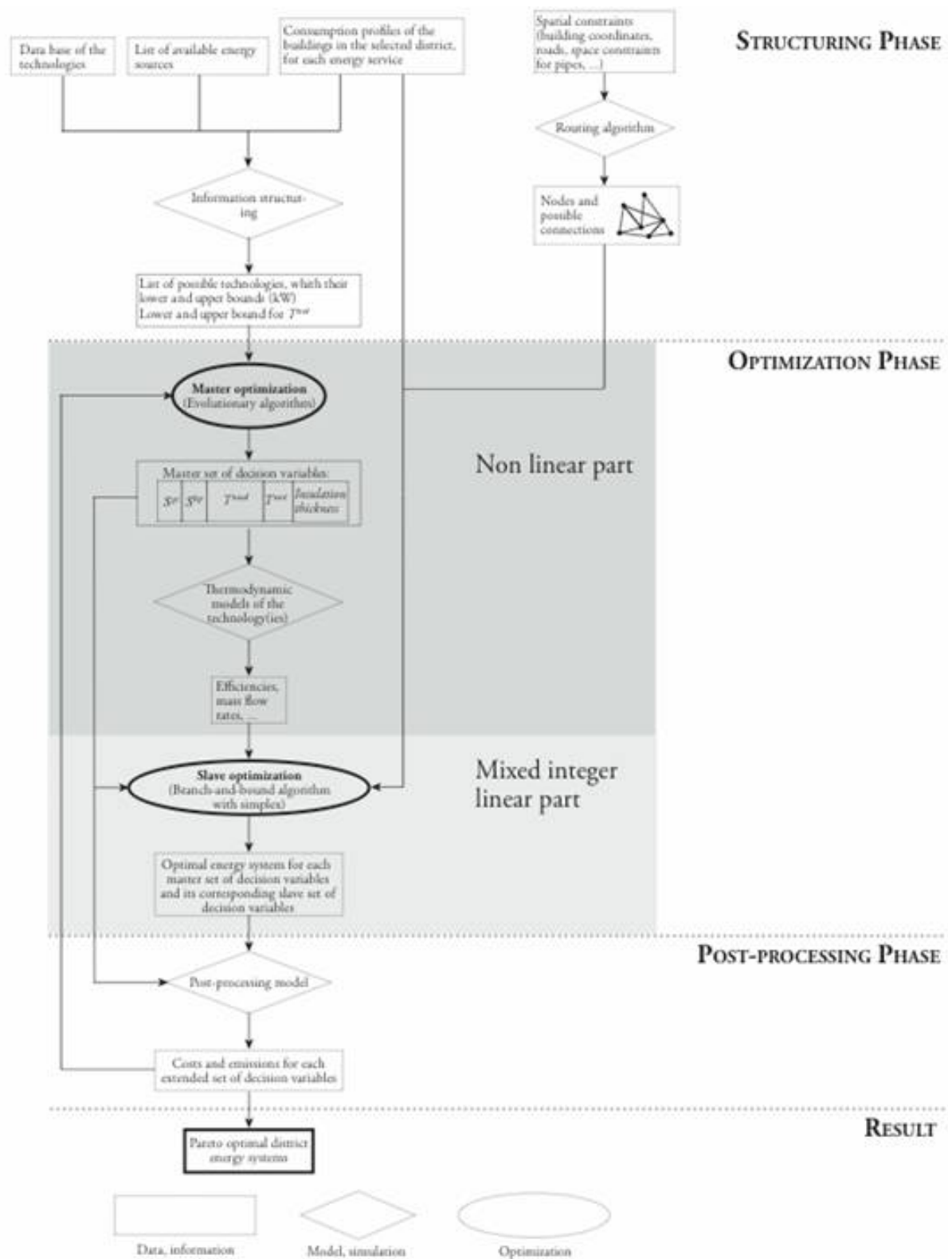


Figure 6 : Méthode de résolution

Au vu de ce qui précède, une méthode de résolution a dû être développée qui permette de traiter des problèmes non linéaires en nombre entier (Mixed Integer Non Linear Problem, ou MINLP). La méthode de résolution, représentée par la figure 6, comprend les phases suivantes:

- La phase de structuration permet de structurer l'information disponible pour le quartier à analyser (profils de consommation, tracé des routes pour les conduites, éléments déjà existant, lois,...)
- La phase d'optimisation est le noyau de la méthode. C'est ici que le système énergétique de quartier est conçu et optimisé selon deux objectifs : les émissions de CO<sub>2</sub> et les coûts annuels. La partie non linéaire est traitée par un algorithme évolutif. Cette partie est appelée optimisation maître de la méthode, et sert à optimiser notamment la température aller du réseau et les technologies de conversion d'énergie. La partie linéaire en nombre entier est résolue par la méthode dite branches-et-feuilles combinée avec la méthode du simplex. Cette partie de l'optimisation est appelée optimisation esclave et traite les variables liées à la configuration du réseau et au mode opératoire des technologies. L'optimisation esclave est appelée par l'optimisation maître, qui elle-même fait un certain nombre d'itérations (jusqu'à 10000 selon la taille du problème) afin d'obtenir une bonne convergence.
- La phase de post-processing sert essentiellement à mettre en forme les résultats obtenus et à les renvoyer à l'optimisation maître pour être évalués et, de là, définir le set de variables pour la prochaine itération, selon la procédure usuelle pour les algorithmes évolutifs.

Le résultat d'une telle méthode d'optimisation est présenté sous la forme d'un graphique appelé Courbe de Pareto, dans lequel les différents systèmes énergétiques calculés au cours des itérations sont représentés par un point, placé en fonction des émissions et des coûts annuels du système. Chacun des deux axes du graphique représentant un des deux objectifs.

## 4. Résultats

### Travaux effectués et résultats

L'étude de cas présentée dans le présent rapport concerne le quartier des Morasses à Martigny. Ce quartier a été caractérisé par les éléments suivants :

- Réseau existant,
- Profils de consommation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (mais pas de demande de climatisation, et demandes d'électricité pas connues).

Etant donnée que le réseau existe déjà, le but de cette pré-étude était principalement de définir des technologies et des modes opératoires pour satisfaire au mieux les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire. Les technologies à choix étaient : une pompe à chaleur, une turbine ou un moteur à gaz, ou une combinaison de la pompe à chaleur avec la turbine ou le moteur. D'autre part, le niveau de température du réseau de distribution pouvait également être optimisé. Si le niveau de température choisi était trop bas pour satisfaire toutes les demandes (notamment les demandes d'eau chaude sanitaire), des pompes à chaleur pouvaient être installées dans les bâtiments afin de localement hausser le niveau de température. Ceci a l'avantage de maintenir un niveau de température du réseau relativement bas, et ainsi non seulement rendre l'utilisation d'une pompe à chaleur à la centrale possible, mais encore limiter les pertes de chaleur dans le réseau, tout en bénéficiant des avantages liés à l'utilisation de réseaux.

Les hypothèses suivantes ont été posées :

- Le fluide caloporteur est de l'eau.
- Les pertes de charges sont linéaires et se montent à 300 Pa/m.

Etant donné que le réseau est existant dans le quartier des Morasses, on s'est limité dans cette pré-étude à déterminer les technologies et leur mode opératoire. Les 3 configurations de technologies suivantes ont été analysées :

- Aucune technologie centrale et abandon du réseau. Les besoins de chaleur sont satisfaits par des petites pompes à chaleur air/eau individuelles ou des petites chaudières.
- Pompe à chaleur à la centrale
- Moteur à gaz combiné avec une pompe à chaleur à la centrale

Scénario	Technologies	Emissions annuelles [kg-CO2/an]	Coûts annuelles [CHF/an]
1a	Pompes à chaleur individuelles	1256500	380800
1b	Chaudières individuelles	2435600	387700
2	Pompe à chaleur centrale (électricité prise au réseau)	965500	322000
3	Pompe à chaleur centrale combinée avec un moteur à gaz	776120	293902

**Tableau 01** : Résultats des simulations des quatre scénarios d'approvisionnement du quartier des Morasses

Pour tous les cas de figure, à l'exception du scénario 1b, les coûts actuels en vigueur à Martigny ont été utilisés pour les calculs, à savoir :

- Mazout : 0.0654 CHF/kWh
- Gaz naturel : 0.04 CHF/kWh
- Electricité : 0.11 CHF/kWh
- Pour le cas 1b, les coûts valables il y a environ 15 ans ont été utilisés, à savoir :
- Mazout : 0.038 CHF/kWh
- Electricité : 0.13 CHF/kWh

On constate qu'avec les coûts actuels, le résultat de l'optimisation lorsque aucune technologie centrale n'est disponible (scénario 1a), est d'implémenter des pompes à chaleur locales dans chaque bâtiment. Si on calcule le même scénario, mais avec les coûts d'il y a 15 ans et en n'ayant pour seul but la minimisation des coûts annuels, on constate que les chaudières l'emportent. Ce résultat permet une validation partielle du modèle, en effet ces situations (implémentation de chaudières il y a 15 ans et de pompe à chaleur maintenant) correspond bien à ce qui se passe en réalité.

Les scénarios 2 (pompe à chaleur centrale) et 3 (pompe à chaleur et moteur à gaz à la centrale) montrent bien l'avantage qu'on peut tirer de l'implémentation d'un réseau, aussi bien au niveau des émissions de CO<sub>2</sub> que des coûts.

- 

## Collaboration nationale

Le présent projet a été réalisé conjointement par le Centre de compétence en urbistique (CREM) de Martigny et le laboratoire d'énergétique industriel (LENI) de l'Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL).

## 5. Discussion

### Évaluation

Le présent projet a été réalisé dans un laps de temps extrêmement court. Sa réalisation a permis de simuler, à partir de caractéristiques de consommations, des scénarios d'approvisionnement d'un quartier selon une approche « retrofit ».

Les simulations effectuées ont permis de valider un comportement cohérent du modèle et de produire un premier jeu de solutions intéressantes.

Suite à l'analyse de ces solutions, diverses erreurs dans les hypothèses et dans la modélisation des profils de consommation ont été identifiées (pour exemple, un décalage d'appel de puissance lors des relances matinales du chauffage qui n'a pas été retranscrit dans les données). Mais malgré ces quelques imprécisions, l'application du modèle du LENI au quartier des Morasses est une réussite. Les solutions obtenues montrent qu'une conception différente du système d'approvisionnement du quartier des Morasses permettrait non seulement d'optimiser la rentabilité du système, mais aussi de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la fourniture d'énergie. De plus, les résultats obtenus laissent présager d'un important potentiel d'économie d'énergie primaire à l'échelle du quartier, en faisant recours à des technologies et infrastructure qui permettent d'utiliser plus rationnellement l'énergie !

## 6. Conclusions

Les résultats des travaux issus de la réalisation d'un exemple d'application de la méthode de conception des réseaux de chauffage urbain développée par le LENI conduit aux conclusion suivantes :

Premièrement, dans les conditions du marché des années 1980-90, le modèle identifie comme solution optimale (économiquement) les systèmes énergétiques urbains qui ont été mis en place. Cette première solution valide la cohérence du modèle, et justifie les solutions que les urbanistes ont réalisées par le passé.

Deuxièmement, dans les conditions actuelles de prix de l'énergie et de problèmes climatiques, de nouvelles solutions deviennent concurrentielles, autant du point de vue économique qu'environnemental. Ces solutions montrent bien les avantages qui peuvent être tirés de l'implémentation d'un réseau, aussi bien au niveau des émissions de CO<sub>2</sub> que des coûts.

Ces solutions « réseau » montrent de plus que la conjonction de plusieurs profils de demandes complémentaires permet d'optimiser les conditions de fonctionnement de couplage chaleur force, qui dans le futur pourraient prendre une place importante dans le mix de production électrique nationale. Ces groupes de cogénération bénéficient d'une part d'excellents rendements énergétique et exergétiques et d'autre part d'une flexibilité idéale pour les sociétés de distribution d'électricité, afin de minimiser les coûts d'achat d'énergie de régulation sur le marché.

Pour terminer, les études concernant l'optimisation des systèmes énergétiques intégrés urbains permettent d'imaginer de nouveaux scénarios de production de chaleur et d'électricité, avec des améliorations possibles telles que des baisses de production de CO<sub>2</sub>, ainsi que des rendements énergétiques et exergétiques meilleurs. La majorité de ces scénarios nécessite la mise en place de réseaux de distribution d'énergie (électricité, gaz, chaleur, froid, etc.) et l'analyse de l'interopérabilité de ces réseaux, en tenant compte des infrastructures existantes. Toutes ces implications font partie des préoccupations majeurs de notre époque, dans l'optique de diminuer autant que possible notre impacte sur l'environnement.

## Références

- [1] U. Kaufmann, S. Gutzwiller: **Thermische Stromproduktion inklusive Wärmekraftkopplung (WKK) in der Schweiz, Ausgabe 2005** – BBL/Vertrieb Publikationen; Bestellnr.: 805.281.7d
- [2] C. Webber, F. Maréchal, D. Favrat : **Network synthesis for district heating with multiple heat plants**, Conférence CIEM 2005, Bucarest
- [3] V. Curti : Modélisation et optimisation environnementales de systèmes de chauffage urbain alimentés par pompe chaleur, Ph.D Thesis n 1776, Swiss Federal Institute of Technology
- [4] D. Favrat, F. Maréchal: **Modelling, optimisation, design and analysis of integrated energy systems**, lecture notes, Swiss Federal Institute of Technology Lausanne, 2004
- [5] A.M Strouvalis, L. Heckl, F. Friedler, A.C Kokossis: **An accelerated branch-and-bound algorithm for assignment problems of utility systems**, Computers & Chemical Engineering, Vol.26, pp. 617-630, 2002

## Annexes 1: Consommations des immeubles du quartier

Bâtiment	T ext moyenne °C	P moyenne kW	P Jour kW	P nuit kW	P relance kW
AIDA I	-10	92	106.7	50.324	303.6
	2	60	69.6	32.82	198
	12.1	32.7	37.93	17.8869	107.91
	20	15	15	15	15
AIDA II	-10	77	87.78	44.044	112.42
	2	45	51.3	25.74	65.7
	12.1	19.2	21.89	10.9824	28.032
	20	7	7	7	7
AIDA III	-10	55	69.3	27.5	69.3
	2	32	40.32	16	40.32
	12.1	13.6	17.14	6.8	17.136
	20	4	4	4	4
Martignière	-10	57	69.54	1.71	228.855
	2	36	43.92	1.08	144.54
	12.1	17.6	21.47	0.528	70.664
	20	11.8	11.8	11.8	11.8
Plein Ciel A	-10	132	155.8	79.2	264
	2	87	102.7	52.2	174
	12.1	48.2	56.88	28.92	96.4
	20	13.5	13.5	15.5	13.5
Plein Ciel B	-10	105	120.8	55.65	252
	2	66	75.9	34.98	158.4
	12.1	33	37.95	17.49	79.2
	20	22	22	22	22
Plein Ciel C	-10	120	122.9	86.88	480
	2	77	78.85	55.748	308
	12.1	40	40.96	28.96	160
	20	22	22	22	22
Forum	-10	154	178.6	83.16	266.42
	7.3	98	113.7	52.92	169.54
	12.1	51	59.16	27.54	88.23
	20	14	14	14	14
La Romaine	-10	62	71.92	31	148.8
	2	39	45.24	19.5	93.6
	12.1	19.3	22.39	9.65	46.32
	20	8	8	8	8
Temple	-10	33	38.28	16.5	79.2
	2	17	19.72	8.5	40.8
	12.1	3.6	4.176	1.8	8.64
	20	0.4	0.4	0.4	0.4
Villa Emonet	-10	22	24.5	17	26
	2	17	19	11	22
	12.1	2.1	2.8	0.6	4
	20	0.6	0.8	0	4
Villa Veuthey	-10	23.5	26.17	18.16	27.77
	2	12	13.41	7.76	15.53
	12.1	2.4	3.20	0.69	4.57
	20	0.5	0.67	0.00	3.33
Presbythère	-10	17	18.93	13.14	20.09
	2	9.6	10.73	6.21	12.42
	12.1	3.14	4.19	0.90	5.98
	20	1.5	2.00	0.00	10.00