

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/303688721>

Outil d'aide à la décision multicritère pour la conception de systèmes énergétiques à l'échelle du quartier

Conference Paper · May 2016

DOI: 10.13140/RG.2.1.4196.3121

CITATION

1

READS

152

4 authors:



Nicolas Perez

Ministère de l'Éducation nationale

7 PUBLICATIONS 5 CITATIONS

SEE PROFILE



Adélaïde Mailhac

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

7 PUBLICATIONS 6 CITATIONS

SEE PROFILE



Christian Inard

Université de La Rochelle

153 PUBLICATIONS 1,173 CITATIONS

SEE PROFILE



Peter Riederer

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

41 PUBLICATIONS 248 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



LCA enhancement at urban scale [View project](#)



VegDUD [View project](#)

Outil d'aide à la décision multicritère pour la conception de systèmes énergétiques à l'échelle du quartier

Nicolas Perez*^{1,2}, Adélaïde Mailhac¹, Christian Inard², Peter Riederer¹

¹ Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Sophia Antipolis et Grenoble, France

² Université de La Rochelle, LaSIE, Faculté des Sciences et Technologies, La Rochelle, France

*nicolas.perez@cstb.fr

RESUME. Dans une logique de transition énergétique durable, la modélisation et la simulation des systèmes énergétiques à l'échelle du quartier tendent à devenir essentiels pour l'élaboration de politiques urbaines efficaces. Cependant, la multitude de critères et de contraintes (financiers, énergétiques, environnementaux,...) complexifient l'analyse et l'optimisation de cet ensemble. L'utilisation d'une méthode d'analyse multicritère devient alors incontournable pour assister le traitement des résultats et pour fournir les informations nécessaires aux problématiques de tri, de sélection et de classement, tout en renseignant sur d'éventuels conflits entre les solutions. La méthode ATLAS (Assistance Tool for decision support to Assess and Sort), issue de l'hybridation des méthodes de surclassement ELECTRE et PROMETHEE, a été développée à cet effet. Cet article introduit une description de cette nouvelle méthodologie qui sera ensuite utilisée dans le cadre d'une étude conceptuelle d'un quartier, modélisé à l'aide de la plateforme de simulation DIMOSIM (District Modeller and Simulator).

MOTS-CLÉS : Analyse multicritère ; Aide à la décision ; Systèmes énergétiques urbains.

ABSTRACT. To aim a sustainable energy transition, modelling and simulation of district energy systems tend to become essential in developing effective urban policies. However, the multitude of criteria and constraints (financial, energetics, environmental ...) makes the analysis and the optimization of the complete urban system much complicated to obtain. The use of a multi-criteria decision analysis method becomes essential to assist the results processing and to provide the necessary information for the sorting, the selection and the ranking of the issues, while providing information on possible conflicts between the solutions. The ATLAS method (Tool Assistance for decision support to Assess and Sort), resulting from the hybridization of outranking methods ELECTRE and PROMETHEE, was developed for this purpose. This article introduces a description of this new methodology which is then applied as part of a district design study, modelled with the simulation platform DIMOSIM (District Modeller and Simulator).

KEYWORDS : Multicriteria analysis ; Decision making ; District energy systems

1. INTRODUCTION

Le domaine du bâtiment représente en France près de 40% de la consommation d'énergie finale et 25% des émissions de gaz à effet de serre (ADEME, 2013). Pour répondre aux enjeux de la transition énergétique, cet important secteur constitue un levier d'action d'envergure. Les exigences de performances et de moyens de la réglementation thermique prouvent que des efforts ont déjà été largement appliqués pour atténuer les divers impacts. Afin d'améliorer globalement l'efficacité énergétique du complexe système urbain, ces efforts doivent désormais se concentrer sur une échelle plus vaste : le quartier.

Les études portant sur la conception des systèmes énergétiques à l'échelle du quartier mettent en avant plusieurs problématiques : trouver les meilleures alternatives, effectuer un choix cohérent entre différents systèmes, identifier les points à améliorer,... Pour y répondre et fournir les éléments indispensables d'aide à la décision, il est essentiel d'étudier en détail les phénomènes physiques à l'échelle du quartier. Une plateforme de simulation dynamique, DIMOSIM (District Modeller and Simulator), a été développée au sein du CSTB (Riederer et al. 2015) pour modéliser et simuler l'ensemble du quartier, comprenant : les bâtiments (besoins thermiques et électriques, interactions avec leur environnement), les systèmes de production et de stockage (locaux et décentralisés), les réseaux de distribution (électrique et thermique) et les différentes gestions associées. Les résultats obtenus sont de plus enrichis via ELODIE, logiciel d'analyse de cycle de vie (ACV) bâtiment (CSTB, 2006). In fine, les informations extraites doivent permettre de trier les solutions simulées, notamment pour les études paramétriques, mais aussi d'obtenir un classement afin d'orienter la décision finale. Il est alors essentiel d'avoir un outil efficace et dédié à ce type de problématique faisant intervenir plusieurs critères pouvant être quantitatifs ou qualitatifs et définis par des unités hétérogènes.

La méthodologie destinée à effectuer tri et classement doit être adaptée à ce type de problème d'analyse. Il existe 3 classes méthodologiques d'aide à la décision multicritère :

- Les méthodes à critère unique de synthèse sont simples mais l'agrégation des différents critères en une valeur unique implique une synthétisation et une compensation totale des critères entre eux (e.g. somme pondérée, Analytic Hierarchy Process (Saaty, 1990),...).
- Les méthodes interactives sont utilisées dans les cas de décisions peu structurées et nécessitent l'intervention du décideur lors du processus, souvent à plusieurs reprises.
- Les méthodes de surclassement permettent la comparaison des solutions par paires en évitant les compensations, sans restriction concernant l'homogénéité des critères. Bien que ces méthodes soient plus complexes que celles à critère unique, il en résulte des résultats plus riches.

L'utilisation des méthodes de surclassement a donc été privilégiée. En effet, elles permettent d'obtenir un niveau de détail assez fin sur les relations entre actions, d'éviter les compensations abusives, de conserver l'intégrité de tous les critères, mais aussi d'établir des seuils de préférence et d'indifférence. Deux méthodes de cette classe se démarquent : ELECTRE III et PROMETHEE II.

La méthode ELECTRE III (Roy, 1978) est basée sur deux concepts de base : les indices de concordance et de discordance qui représentent respectivement l'importance du surclassement d'une action par rapport à une autre et l'importance de non comparabilité. Dans le cadre de cette méthode, la notion de surclassement « flou » (gradation progressive pour le passage de l'indifférence à la préférence d'une action par rapport à une autre) est utilisée. Son paramétrage requiert une parfaite connaissance de la méthode et doit être adapté à chaque nouveau set d'actions.

La méthode PROMETHEE II (Brans et al. 1986) est une alternative plus aisée à mettre en œuvre. En effet, elle est basée sur un seul indice proche de celui de concordance : l'indice de préférence, faisant lui aussi appel à la notion de surclassement « flou », et le paramétrage est réduit et indépendant des actions à comparer. Cependant, cette relative simplicité induit une diminution des informations sur les éventuelles singularités du problème.

Les conclusions d'une étude comparative entre les méthodes de surclassement : ELECTRE III, PROMETHEE I et II ainsi que la méthode SMART, se résument au constat qu'aucune n'est parfaite

(Salminen et al. 1998). La nouvelle méthode hybride ATLAS (Assistance Tool for decision support to Assess and Sort) a été développée pour allier les avantages des méthodes PROMETHEE II et ELECTRE III et ainsi obtenir une méthode adaptée à l'optimisation des systèmes énergétiques. Dans cet article, cette méthode d'analyse multicritère est présentée dans le détail pour être ensuite appliquée à un cas d'étude référant à la conception énergétique d'un quartier, simulé à l'aide de l'outil DIMOSIM (District Modeller and Simulator).

2. LA METHODE ATLAS

Les problèmes d'analyse multicritère peuvent être définis comme étant la recherche du meilleur compromis. Soit K l'ensemble fini des k actions à comparer et $f_i : K \rightarrow \mathbb{R}$ avec $i = 1 \dots n$, les fonctions définies pour les n différents critères, la solution de ce type de problème s'exprime :

$$\text{Max}\{f_1(a), \dots, f_n(a)\}, a \in K \quad (1)$$

Cette maximisation doit nécessairement être associée à une priorisation des critères par le décideur. Les méthodes de surclassement permettent alors, en comparant les actions les unes aux autres sur les différents critères et en les analysant, de fournir les informations importantes à la prise de décision.

A l'instar de la méthode CAM (Conflict Analysis Method) (Van Huylenbroeck, 1995), associant les méthodes ELECTRE, PROMETHEE et ORESTE, la méthode ATLAS est une adaptation hybride d'ELECTRE III et de PROMETHEE II. Ce procédé permet d'obtenir une alternative aux méthodes dont elle est issue en conciliant certaines propriétés clefs qui, dans le cas de la méthode ATLAS, sont la simplicité d'utilisation et la détection des incomparabilités universelles (i.e. incomparabilité et indifférence). La structure principale de la procédure de la méthode ATLAS est identique à celle de ses parents (cf. mythologie grecque) et elle est définie par les principales étapes décrites ci-après.

La pondération des critères

L'attribution de la pondération (w_i) des critères, ou classement des priorités, est effectuée par le décideur qui peut être guidé via l'utilisation de fonctions type de pondération : exponentiel, linéaire ou logarithmique. Les égalités peuvent évidemment être prises en considération et ces pondérations doivent vérifier :

$$\sum_i w_i = 1 \quad (2)$$

Les relations de comparaisons

Pour chacun des critères, les comparaisons par paires sont effectuées et sont ensuite traitées dans le but d'obtenir une valeur reflétant les choix du décideur. A l'aide d'une fonction type, dite de surclassement, le décideur infère une relation d'importance relative à chacun des critères. De plus, des limites de seuil peuvent y être intégrées de sorte à prendre en compte des zones d'indifférence. Cette étape est analogue à l'élaboration des indices de préférence dans les méthodes PROMETHEE. Cet indicateur (S_i) est défini par la différence entre les valeurs des actions a et b sur le même critère et par la fonction s_i choisie parmi la liste de fonctions types (échelon, linéaire ou gaussienne) pour chacun des critères, tel que :

$$S_i(a, b) = \begin{cases} 0 & \text{si } f_i(a) \leq f_i(b) \\ S_i(f_i(a) - f_i(b)) & \text{si } f_i(a) > f_i(b) \end{cases} \quad (3)$$

Les valeurs de surclassement obtenues doivent alors être agrégées en vue d'obtenir un unique indice de surclassement (Σ) d'une action a par rapport à une action b. Ces indices de surclassement sont obtenus grâce à la relation suivante :

$$\Sigma(a, b) = \sum_i^k w_i \cdot S_i(a, b) \quad (4)$$

Cette seconde étape est quasiment identique à l'étape des méthodes PROMETHEE permettant l'obtention de la matrice des valeurs de surclassement. La matrice de surclassement obtenue à l'aide d'ATLAS est l'élément de base sur lequel s'appuient ensuite les relations de surclassement.

Les relations de surclassement

Cette étape est composée par deux principaux éléments: le test d'incomparabilité universelle et la définition des flux.

Dérivé de la méthode ELECTRE III, un prétraitement est tout d'abord effectué grâce à la matrice de surclassement. Ce test permet de mettre en évidence les indifférences et les incomparabilités, mais aussi de les prendre en considération dans les relations de surclassement. L'indice de surclassement de a par rapport à b doit être supérieur à une valeur limite L_1 et celui de b par rapport à a, qui correspondrait à un indicateur global de discordance dans la méthode ELECTRE III, doit être inférieur à une autre valeur limite L_2 . On obtient ainsi les Equations (5) et (6).

$$\Sigma(a, b) \geq L_1 \quad (5)$$

$$\Sigma(b, a) \leq L_2 = L_1 - l \quad (6)$$

Il est aussi possible d'exprimer plus simplement ces relations en considérant la différence des deux indices de surclassement pour finalement obtenir la zone d'incomparabilité universelle caractérisée par deux conditions indépendantes, fournies par les équations suivant :

$$\Sigma(a, b) \leq L_1 \quad (7)$$

$$|\Sigma(a, b) - \Sigma(b, a)| \leq l \quad (8)$$

L'Equation (7) représente l'exclusion de la zone d'indifférence, c'est-à-dire qu'une action a doit être significativement meilleure qu'une action b sur certains critères, et couplée à l'Equation (8) cela représente l'incomparabilité, c'est-à-dire que les actions sont très différentes sur plusieurs critères mais possèdent des valeurs d'indice de surclassement relativement proches. Les valeurs recommandées de L_1 et de l sont en relation directe avec n (le nombre de critères) : $L_1 = \frac{1}{n}$ et $l = \frac{0,1}{n}$.

Une fois les tests d'incomparabilité universelle effectués, les relations de surclassement provenant de la méthode PROMETHEE II sont intégrées à la méthode ATLAS. Ces relations sont caractérisées par le calcul de différents flux qui excluent les comparaisons d'actions considérées comme

universellement incomparables. On obtient alors les flux entrants, noté Φ^+ , et les flux sortants, noté Φ^- , à l'aide des Equations (9) et (10).

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{\text{card}(K_a)} \sum_{x \in K_a} \Sigma(a, x) \quad (9)$$

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{\text{card}(K_a)} \sum_{x \in K_a} \Sigma(x, a) \quad (10)$$

Enfin, ces flux entrants et sortants sont agrégés pour obtenir le flux net, noté $\Phi(a)$ qui permet de classer les actions.

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (11)$$

Un indice supplémentaire est requis pour pouvoir invalider les résultats obtenus si un nombre trop important d'incomparabilités universelles rend l'utilisation de cette méthode inappropriée. La somme des flux nets étant nulle si aucune n'est détectée, l'indice d'incomparabilité est simplement égal à cette somme. Il représente la part des incomparabilités et doit être inférieur à une valeur seuil (T) pour ne pas introduire un biais trop important dans les résultats. Cet indice, noté I, est défini par l'Equation (12). La valeur conseillée de T, obtenue expérimentalement, est de 0,10.

$$I = \left| \sum_{a \in K} \Phi(a) \right| \leq T \quad (12)$$

L'exploitation des résultats

Les résultats sont présentés exhaustivement dans le but de conserver la totalité des renseignements fournis par la méthode ATLAS. La matrice de surclassement est représentée dans un tableau auquel est adjoint un tableau rassemblant tous les différents flux et les incomparabilités universelles doivent bien évidemment être affichées avec l'indice d'incomparabilité associé. Des simplifications concernant la lisibilité des informations peuvent être simplement effectuées, mais sont cependant à la charge de l'analyste (e.g. graphe orienté, histogramme, radar, nuage de points,...).

La méthode ATLAS se positionne comme une alternative aux méthodes classiques de surclassement ELECTRE III et PROMETHEE II dont elle dérive. Spécifiquement développée pour être intégrée à la plateforme de modélisation et de simulation énergétique de quartier, DIMOSIM, cette évolution est néanmoins universelle. Tout comme la méthode PROMETHEE II a permis, par exemple, d'effectuer le choix d'un système de chauffage urbain (Ghafghazi et al. 2010), la méthode ATLAS est utilisée pour accompagner les décideurs dans la conception d'un nouveau quartier.

3. CAS D'APPLICATION : LE PROJET « RU DE NESLES »

Le cas d'étude concerne le projet d'aménagement du boulevard du RU de Nesles à Champs-sur-Marne, en France. En lien avec le projet du Grand Paris et donc les développements de la banlieue parisienne, la conception de ce quartier est prévue pour l'horizon 2030. Cette étude ne concerne qu'une partie du projet complet, délimitée en rouge sur la Figure 1. Elle est composée de bâtiments destinés au logement (en jaune), aux activités de bureaux (en bleu) et de commerces (en violet). Afin de pouvoir effectuer les choix technologiques les plus opportuns pour la création de ce quartier,

différents scénarii (Tableau 1) ont été envisagés et simulés à l'aide de la plateforme de simulation DIMOSIM. Ils ont ensuite été comparés et analysés à l'aide de la méthode ATLAS.

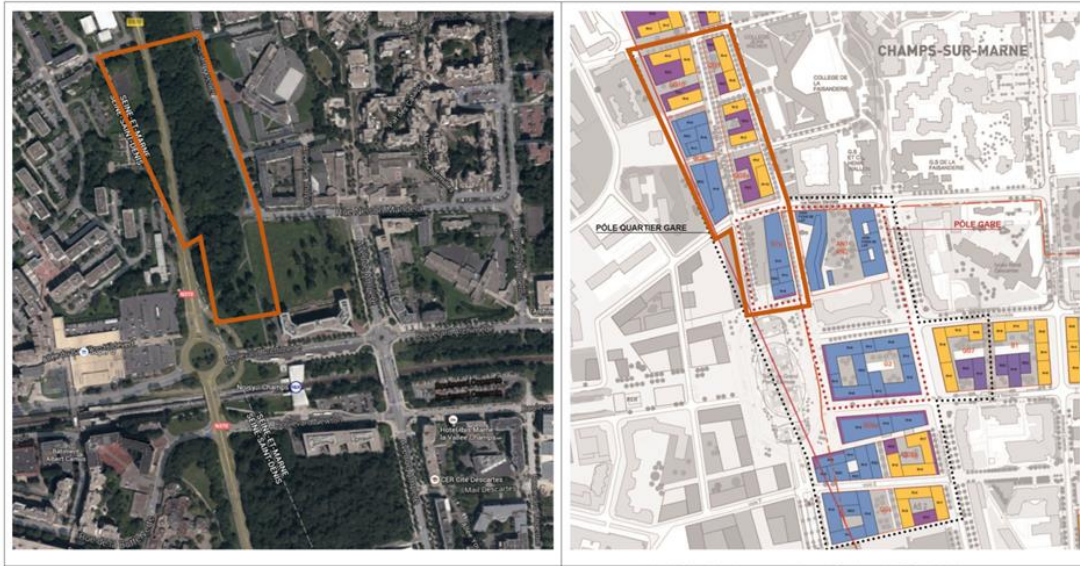


Figure 1 : Projet d'aménagement du boulevard du RU de Nesles (à gauche : vue satellitaire de la zone d'étude à l'état actuel via Google Maps, à droite : plan masse du projet).

Plusieurs critères ont été choisis pour permettre une comparaison objective des différents scénarii : le coût global sur 20 ans (investissements, charges opérationnelles et maintenance), la couverture des besoins avec les EnR² (Energies Renouvelables et de Récupération) en énergie finale, l'impact environnemental, les consommations annuelles totales d'énergie finale et la maturité technologique des systèmes. Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 2.

D'autre part, une ACV de ce quartier a été effectuée à l'aide du logiciel ELODIE, conjointement à cette étude (Mailhac et al. 2016). L'utilisation de la méthode ATLAS a ainsi permis l'obtention d'un classement environnemental des différentes solutions à partir de plusieurs critères importants. Les flux totaux obtenus grâce à cette étude connexe sont alors utilisés comme scores environnementaux.

Action	Paramètre de configuration			
	Production	Couverture PV	Isolation	Fenêtres
1	Chaudière sans condensation	10 %	Intérieure U=0,4 W/m ² K	Triple vitrage (U=1 W/ m ² K)
2	Chaudière sans condensation	10 %	Extérieure U=0,2 W/m ² K	Triple vitrage (U=1 W/ m ² K)
3	Chaudière à condensation	20 %	Intérieure U=0,2 W/m ² K	Double vitrage (U=2 W/ m ² K)
4	Chaudière à condensation	10 %	Extérieure U=0,4 W/ m ² K	Double vitrage (U=2 W/ m ² K)
5	Pompe à chaleur (air/eau)	20 %	Intérieure U=0,4 W/m ² K	Triple vitrage (U=1 W/ m ² K)
6	Pompe à chaleur (air/eau)	40 %	Extérieure U=0,2 W/m ² K	Double vitrage (U=2 W/ m ² K)
7	Cogénération (moteur Stirling)	20 %	Extérieure U=0,4 W/ m ² K	Double vitrage (U=2 W/ m ² K)
8	Géothermie (aquifère)	10 %	Intérieure U=0,2 W/m ² K	Double vitrage (U=2 W/ m ² K)

Tableau 1 : Paramètres des différents scénarii simulés

Critère	Action							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Coût global (M€)	17,5	17,6	17,2	17,6	17,6	16,7	15,7	21,7
Couverture des EnR ² (%)	12,5	17,5	21,2	17,5	65,3	78,5	21,4	69,8
Score environnemental (10 ⁻² -)	-9,1	8,9	-2,4	-9,9	-11,1	-1,9	29,9	-10,8
Consommations (kWh/m ² /an)	90,4	74,9	90,1	89,9	59,5	58,0	89,1	63,6
Maturité des systèmes (-)	+++	+++	++	++	++	++	~	+

Tableau 2 : Valeurs des actions sur chacun des critères

La pondération des critères est présentée dans le Tableau 3. Les valeurs de ces poids ont été obtenues en appliquant la fonction type linéaire aux 5 critères.

	Critère				
	Coût global	Couverture des EnR ²	Impact environnemental	Consommations	Maturité des systèmes
Pondération	0,33	0,27	0,2	0,13	0,07

Tableau 3 : Pondération des critères

Pour chacun de ces critères, il est nécessaire de définir les fonctions de surclassement utilisées pour les relations de comparaison. Dans l'intention de pénaliser les projets les plus onéreux, la gaussienne est utilisée pour le critère financier. Pour les autres, seule la fonction linéaire a été choisie pour effectuer les comparaisons et aucune zone d'indifférence n'a été prise en compte pour cette étude. Ces relations permettent finalement l'obtention de la matrice de surclassement, donnée dans le Tableau 4.

Action	Action							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0,022	0,027	0,032	0,022	0,067	0,357
2	0,172	0	0,140	0,176	0,120	0,075	0,125	0,442
3	0,073	0,022	0	0,059	0,050	0	0,044	0,377
4	0,022	0	0,001	0	0,006	0	0,044	0,328
5	0,340	0,257	0,304	0,318	0	0	0,344	0,340
6	0,463	0,351	0,377	0,452	0,140	0	0,403	0,447
7	0,352	0,250	0,252	0,345	0,331	0,198	0	0,530
8	0,342	0,258	0,305	0,320	0,020	0	0,323	0

Tableau 4 : Matrice de surclassement

Grâce aux relations de surclassement, les différents flux sont calculés et présentés dans le Tableau 5. Les valeurs des limites utilisées ont été choisies conformément aux recommandations, c'est-à-dire : $L_1 = 0,2$ et $l = 0,02$. Les incomparabilités détectées concernent les couples d'actions : 1/8, 4/8 et 5/7. L'indice d'incomparabilité reste inférieur à la valeur seuil conseillée de 0,1.

Flux	Action							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Φ^+ (-)	0,028	0,178	0,089	0,012	0,260	0,376	0,321	0,181
Φ^- (-)	0,237	0,163	0,200	0,229	0,061	0,042	0,168	0,427
Φ (-)	-0,209	0,016	-0,111	-0,217	0,199	0,334	0,153	-0,246
							I	0,08

Tableau 5 : Valeurs de flux

Les valeurs obtenues à l'aide de ce type de méthode sont nécessairement dépendantes des pondérations et des fonctions de surclassement utilisées. Dans le cas particulier de cette étude, le fait de produire localement de l'électricité est l'élément clef pour occuper la tête du classement, les investissements étant rapidement amortis. La faible densité énergétique de ce quartier ne permet pas à

la géothermie sur nappe d'obtenir un bon score. Finalement, la méthode ATLAS fournit un classement qui est éclairé par des informations détaillées sur les relations entre actions et les incomparabilités.

4. REMARQUES ET CONCLUSION

Simplement configurable, cette nouvelle méthodologie d'analyse multicritère permet l'obtention de résultats relativement exhaustifs et adaptés pour la prise de décision (i.e. classement, sélection, tri, affectation de scores, traitement des incomparabilités,...). Initialement conçue pour répondre aux problématiques liées aux études énergétiques à l'échelle du quartier, la méthode ATLAS est néanmoins universelle et se positionne comme une alternative intéressante au croisement des méthodes PROMETHEE II et ELECTRE III. Afin d'étayer ces développements, des études comparatives et des analyses de sensibilité devront être effectuées.

5. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Efficacity - Institut pour la Transition Energétique dans les villes (www.efficacity.com) ainsi que l'EPA-Marne-la-Vallée qui a fourni l'essentiel des données utilisées pour l'étude de cas : projet d'Aménagement du Boulevard du Ru de Nesles à Champs-sur-Marne.

6. BIBLIOGRAPHIE

- ADEME. 2013. « Les chiffres clés du bâtiment ». Sophia Antipolis, France, ISBN 978-2-35838-601-2.
- Brans, Jean-Pierre, Vincke, Philippe, Mareschal, Bertrand. 1986. « How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method ». *European Journal of Operational Research* 24: 228-238.
- CSTB. 2006. « ELODIE ». www.elodie-cstb.fr.
- Ghafghazi, Saeed, Sowlati, Taraneh, Sokhansanj, Shahabaddine, Melin, Staffan. 2010. « A multicriteria approach to evaluate district heating system ». *Applied Energy* 87: 1134-1140.
- Mailhac, Adélaïde, Perez, Nicolas, Tournaire, Olivier, Schiopu, Nicoleta, Sibiude, Galdric, Adolphe, Luc, Bonhomme, Marion. 2016. « Articulation d'un logiciel de simulation énergétique et d'un logiciel d'ACV à l'échelle quartier, illustration à travers une étude de cas ». *Conférence IBPSA France 2016*.
- Riederer, Peter, Partenay, Vincent, Perez, Nicolas, Nocito, Christophe, Trigance, Romain, Guiot, Thierry. 2015. « Development of a Simulation Platform for the Evaluation of District Energy System Performances ». *Fourteenth International IBPSA Conference*: 2499-2506.
- Roy, Bernard. 1978. « ELECTRE III : un algorithme de classements fondé sur une représentation floue des préférences en présence de critères multiples ». *Cahiers du Centre d'Etudes et de Recherche Opérationnelle (Belgique)* 20: 3-24.
- Saaty, Thomas L. 1990. « How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process ». *European Journal of Operational Research* 48: 9-26.
- Salminen, Pekka, Hokkanen, Joonas, Lahdelma, Risto. 1998. « Comparing multicriteria methods in the context of environmental problems ». *European Journal of Operational Research* 104: 485-496.
- Van Huylenbroeck, Guido. 1995. « The Conflict Analysis Method: bridging the gap between ELECTRE, PROMETHEE and ORESTE ». *European Journal of Operational Research* 82: 490-502.