

Atelier 1 : les nouvelles règles du jeu urbain : option flux

Hervé PIGNON (ADEME)

Energie, logique d'aménagement et d'urbanisme

Etat des pratiques

Les logiques et les pratiques rencontrées dans les domaines de l'aménagement et de l'urbanisme sont jusqu'ici profondément imprégnées du concept de "Ville radieuse", traité par le Corbusier, qui propose une ville-type où les fonctionnalités (commerces, habitations, entreprises, loisirs-détente) sont réparties en 4 zones distinctes, reliées notamment par la route.

Concrètement, cela donne aujourd'hui des zones industrielles, des ZUP, des zones commerciales, des lotissements... et surtout beaucoup de voitures sur les routes reliant ces différentes zones. Et comme ces zones sont plutôt situées en périphérie des centres urbains, cela contribue également à la désertification des centres villes et à l'étalement urbain.

Par ailleurs, les aménageurs et les urbanistes raisonnent et construisent les projets avec la seule notion de coût d'investissement d'une part, et sans trop se préoccuper des impacts énergétiques et environnementaux d'autre part, à moyen terme et long terme. Les cahiers des charges qui leur sont imposés par les maîtres d'ouvrages sont beaucoup plus timorés, et surtout les professionnels de l'aménagement et de l'urbanisme n'ont ni les réflexes, ni la formation, ni les outils et méthodes pour mener de telles investigations.

Concrètement, cela donne aujourd'hui des opérations d'aménagement et d'urbanisme "calculées" avec le court terme (qui correspond aussi aux durées des mandats électoraux) alors que la vision à moyen et long terme est indispensable pour pouvoir parler de durabilité, voire de développement durable. Le chauffage électrique par exemple trouve dans ce contexte un terrain bien favorable !

Evolution actuelle

Par rapport à ces pratiques de "zonage" et de "court terme", on assiste heureusement à une évolution, lente mais réelle, du milieu professionnel, mais aussi des maîtres d'ouvrages eux-mêmes (collectivités locales notamment).

La "mixité", le "mélange" des différentes composantes (commerces, habitations...) de la ville, commencent à faire partie des préoccupations des décideurs, à l'inverse de la théorie de la Ville Radieuse. De même, les notions de coût global et d'étude des impacts environnementaux commencent à voir le jour, même si l'on n'en est qu'au commencement, et ceci à l'inverse des raisonnements en coût d'investissement uniquement, sans prendre en compte les impacts environnementaux. La Communauté Urbaine de Lille, par exemple, travaille sur un concept de "ville renouvelée", c'est-à-dire qui se reconstruit sur elle-même, pour éviter le trop classique "étalement urbain", source de beaucoup de dépenses inutiles (routes, réseaux énergétiques, télécommunications...) et de coûts de fonctionnement ultérieurs alourdis.

Enfin, la loi SRU (dite Gayssot), donne une dimension forte à cette évolution, puisqu'elle propose en particulier de prendre en compte le développement durable dans les démarches d'aménagement et d'urbanisme, avec en sus une refonte du Code de l'Urbanisme.

Concrètement

Si l'on s'accorde à considérer qu'intervenir en amont (préventif) est plus efficace et surtout moins onéreux qu'une intervention en aval (curatif), le positionnement de l'ADEME dans les mécanismes de prises de décision dans l'urbanisme et l'aménagement est donc à rechercher. D'ailleurs, les lois de décentralisation et les codes de l'Urbanisme et des Communes soulignent très explicitement les compétences, droits et devoirs des différentes collectivités en matière d'aménagement du territoire. De plus, un positionnement de l'ADEME à ce niveau permet de traiter à la fois de la consommation finale d'énergie, mais aussi du choix et du dimensionnement des réseaux de distribution d'énergie, ainsi que de la valorisation des potentiels énergétiques locaux – ENR par la même occasion !

Deux déclinaisons opérationnelles sont proposées par l'ADEME et le Conseil Régional en Nord-Pas de Calais :

- **l'Analyse Environnementale sur l'Urbanisme (A.E..U.)** : approche par les outils et démarche d'aménagement : il s'agit en fait d'une simulation des impacts économiques et environnementaux consécutifs aux choix d'aménagement et d'urbanisme, et ceci quelle que soit l'échelle de travail, afin d'infléchir les décisions en faveur notamment de la maîtrise de l'énergie et des déplacements.
 - Coût : 50 à 100 kF/étude
 - Subvention : 70 % à 100 %.

- **l'Etude de Planification Energétique Locale (E.P.E.)** : approche par le territoire : cette étude permet à une collectivité locale de jouer son rôle d'autorité concédante, de coordination des réseaux énergétiques, et de valorisation des ressources énergétiques locales, en élaborant une véritable planification énergétique locale basée sur les besoins actuels et futurs d'énergie.
 - Coût : 150 kF pour 40 000 habitants
 - Subvention : 50 % à 70 %.

Conclusion

Les compétences des collectivités locales, les outils dont elles disposent (droit des sols, contrat de concessions énergétiques...), et l'émergence de structures telles que les Agences Locales de l'Energie, sont autant d'éléments particulièrement importants vis à vis de l'évolution de la maîtrise des consommations d'énergie sur un territoire, et à fortiori dans le secteur de l'habitat.

Hervé Pignon ADEME nord pas-de-calais – 20 rue du Prieuré / 59500 Douai Tel : 03 27 95 89 70 – E-mail : herve.pignon@ademe.fr

Atelier 1 : les nouvelles règles du jeu urbain : option flux

Sécolène CHIGNARD (Lille Métropole Communauté Urbaine)

Nouveau concept d'approvisionnement énergétique en ville renouvelée

Lille Métropole Communauté Urbaine a fait de la ville renouvelée un choix essentiel de développement et de solidarité.

La mise en œuvre de cette stratégie se fonde sur la géographie "Ville Renouvelée" qui compte 21 communes de la Communauté urbaine. Saint-André-lez-Lille est l'une d'entre elles.

Le concept de ville renouvelée est apparu dans la métropole lilloise, à la faveur des débats menés à partir de 1991, autour de la révision du schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme.

Il prend sa source autour d'un constat simple : certaines parties du territoire, aujourd'hui hors marché, subissent une dégradation forte de tous les composants de la vie urbaine qu'ils soient environnementaux, économiques, sociaux ou culturels.

La stratégie de la ville renouvelée est une réponse "puissante et décisive" à cette dégradation qui concerne les territoires les plus dégradés de la métropole, tant sur le plan social et que sur le plan urbain, soit 20 % du territoire urbanisé.

Cette stratégie trouve des applications opérationnelles au travers de programmes d'actions. Ils s'appuient d'une part, sur les compétences de la Communauté en matière d'urbanisme, de foncier, d'aménagement, de développement économique et de plan de déplacements urbains et, d'autre part, sur celles de la ville en matière de gestion sociale, d'économie, d'espace vert.

Cette stratégie se traduit notamment par une volonté d'équilibrage et d'amélioration des conditions de vie des habitants des quartiers concernés.

La question énergétique nous a semblé être un moyen de répondre à cet objectif quand elle est appréhendée à l'amont du projet d'aménagement d'un nouveau quartier : le quartier Saint-Hélène à Saint-André.

En effet, elle permet :

- d'optimiser la réponse entre besoins des habitants et offre de service en matière d'approvisionnement énergétique
- de tenter de maîtriser les coûts des charges énergétiques qui ont tendance à augmenter pour les usagers
- de profiter du contexte d'ouverture des marchés de l'électricité pour renforcer les exigences auprès des fournisseurs dans le sens d'une amélioration du service et du coût payé par l'utilisateur final et la collectivité concédante
- de veiller à respecter les normes réglementaires relatives notamment à la protection de l'environnement, et répondant à des préoccupations de plus en plus citoyennes.

Comment la commune et Imcu tentent d'accompagner et d'intégrer la question énergétique pour le quartier Sainte-Hélène ?

Une volonté d'intégrer les questions environnementales comme des paramètres pouvant guider les options d'aménagement

- *1998 - 1999 : Simulation d'aménagement en ville renouvelée / AEU1/ Etude Cogener*

Eligible à la stratégie Ville Renouvelée, un premier programme d'aménagement est proposé en 1998 par l'ADUL, commandité par LMCU. Il est complété par des recommandations portant sur 7 thématiques environnementales (gestion de l'eau, des déchets, environnement sonore, climat, réseaux énergétiques, les déplacements et la biodiversité) dans le cadre d'une AEU.

Le programme d'aménagement comprend 350 logements en bord de Deûle, quelques commerces et services publics.

Les maîtres d'ouvrage décident de faire étudier plus à fond la faisabilité des recommandations sur deux thèmes : l'approvisionnement énergétique et la valorisation des eaux pluviales. Ce travail est confié à un bureau d'études "Cogener". Tout en s'appuyant sur les grandes lignes du programme, il compare alors les coûts d'investissement et de fonctionnement sur 3 typologies d'habitat avec 3 modes de chauffage différents : tout électrique, gaz chaudière individuelle et mini réseau de chaleur. (La commande portait également sur les systèmes de valorisation des eaux de pluie).

- *Septembre 1999 : Passer à l'opérationnalité*

Elle s'est traduite par la sollicitation de concessionnaires potentiels (Dalkia, EDF, GDF) pour leur demander une offre de services (préfinancement de l'équipement, proposition de nouveaux services, coût pour l'utilisateur) sur la base du schéma d'aménagement de ce nouveau quartier.

Après la manifestation d'un intérêt certain, puisque ce travail pourrait entrer dans leur stratégie de recherche et de développement, plusieurs raisons ont contribué à stopper leur collaboration : un programme insuffisamment précis, une non maîtrise de l'évolution du prix des énergies, la crainte de déroger aux règles de concurrence, le coût à supporter pour une telle étude.

- *1^{er} trimestre 2000 : Recherche d'une solution juridique, d'aides publiques, de partenaires techniques pour que la collectivité locale puisse guider l'offre énergétique en fonction d'exigences non seulement de coût pour l'utilisateur mais aussi environnementales, économiques et sociales*

La spécificité de la distribution de la chaleur, la possibilité pour le maître d'ouvrage concédant de fixer ses propres critères de choix, constituent deux des principales raisons du choix de la DSP, associée à une Assistance à Maîtrise d'Ouvrage préalable. L'opportunité de la DSP devra être vérifiée par le comité de pilotage de l'AMO, conseillé par le Bureau d'Etudes).

La mission d'AMO comprend 2 volets :

- élaboration d'une grille d'analyse des offres pour l'approvisionnement énergétique d'un quartier. Il peut s'apparenter à de la recherche, elle aura vocation à être appliquée sur d'autres quartiers en Ville Renouvelée et sur les secteurs d'urbanisation nouvelle
- rédaction du Cahier des charges de la DSP intégrant les critères de la grille / Assistance dans l'analyse des dossiers / Proposition d'outils d'évaluation pour suivre l'efficacité des choix énergétiques / travaux préalables (priorités locales, potentialités des filières énergétiques locales)

1 AEU : Analyse Environnementale sur l'Urbanisme, outil créé, financé et subventionné par l'ADEME et la Région Nord-Pas-de-Calais

Le second concerne une mise en œuvre expérimentale de la grille pour la sélection du Délégué, sur le quartier de Sainte-Hélène à Saint-André à l'occasion du lancement d'une Délégation de Service Public pour l'approvisionnement en chaleur de ce quartier.

LA GRILLE et ses critères :

- **économiques** : coût des consommations pour l'utilisateur - évaluation du coût global - effets induits par le choix énergétique sur l'économie locale : recyclage & réemploi de matériaux valorisables; création d'emplois et de services
- **sociaux** : qualité des services offerts - risque d'endettement des ménages en fonction du choix énergétique (aux vues d'études statistiques, de monographies existantes sur le sujet)
- **techniques** : performance énergétique - performance énergétique du chauffage
- **environnementaux et sanitaires** : bilan global des émissions - qualité du confort thermique ...
- **réglementaires** : réponse aux orientations nationales, européennes et internationales en matière de diversification des ressources énergétiques, d'émissions atmosphériques.

Une pondération des différents critères de cette grille sera proposée par le Bureau d'études, en fonction des exigences réglementaires et orientations européennes en matière de Développement Durable; elle sera validée par le Comité de Pilotage (Commune, LMCU, Région, Ademe, ADUL)

La conception d'une telle grille d'analyse consiste en une méthode d'évaluation appliquée aux offres des délégataires d'énergie.

Au vu du caractère expérimental de cette étude et de la convergence avec les préoccupations de l'ADEME et la Région, nous avons réussi à obtenir pour l'AMO une subvention de 80 %.

L'expérience de Saint-André-lez-Lille est une tentative d'anticipation de l'offre énergétique pour un quartier nouveau. Cette anticipation menée par la collectivité locale permettra, nous l'espérons, d'orienter la qualité des services offerts, de retenir l'offre la moins "pesante" pour le reste-à-charge des occupants, la solution la plus dynamique en terme de création d'emplois locaux et enfin celle qui induira les effets les moins négatifs sur l'environnement naturel, la santé publique, envisagés non pas seulement à une échelle de court terme.

Sécolène Chignard Lille Métropole Communauté Urbaine - MIRE, 1 rue du Ballon- BP 749 / 59034 Lille Cédex Tel : 03 20 21 22 23 – E-mail : Schignard@cudl-lille.fr
--

Atelier 1 : Les nouvelles règles du jeu urbain : option flux

Jean-Luc BOYER (Ville de Besançon)

Une galerie technique pour l'ensemble des réseaux
L'exemple du quartier de Planoise

Introduction

- Présentation de Besançon
- Présentation du quartier de Planoise

Une conjonction d'opportunités techniques et financières

- La structure décisionnelle
- Le contexte opérationnel
- L'économie du projet
- Les techniques étudiées et retenues

La galerie technique

- Description sommaire
- Ouvrages annexes
- Exécution des travaux
- Coût des travaux
- Gestion de la galerie technique

Le réseau de chauffage urbain

- Les raisons du choix énergétique
- Dossiers techniques et économiques
- Gestion de la production et de la distribution du chauffage urbain
- Bilan du chauffage urbain

Les enseignements après 25 ans d'exploitation

- Pour les exploitants
- Pour la gestion de l'espace public

Une solution réaliste pour demain ?

Jean-Luc Boyer
Mairie de Besançon – 2 rue Mégevand / 25000 Besançon
Tel : 03 81 61 51 20 – E-mail : jean-luc.boyer@besancon.com

Atelier 1 : les nouvelles règles du jeu urbain : option flux

Olivier OUZILOU (Ville de Genève)

Aide à la décision pour la planification énergétique de quartier

Historique et descriptif du projet

Depuis de nombreuses années, le développement des villes et l'extension de zones à bâtir s'effectuent avec le plus de réflexions possibles. Des schémas directeurs cantonaux et communaux sont élaborés et les plans localisés de quartier (PLQ) qui en sont issus ont comme objectif principal la protection et la sauvegarde de l'intérêt général.

Pour analyser toutes les conséquences de la construction de tels ouvrages, des études d'impacts sur l'environnement et de planification énergétique peuvent être élaborées. Sur la base de ces expertises, les responsables communaux (ou autres décideurs) devront choisir une variante de construction où tous les impacts (environnementaux, sociaux, économiques, etc.) soient les plus faibles possibles et où le scénario d'approvisionnement en énergie soit le "meilleur possible au regard de l'intérêt général". Dans les deux cas, la multitude et la complexité des aspects à prendre en compte rendent ce choix difficile à réaliser.

Au stade d'un PLQ, un concept énergétique doit mettre en place les éléments permettant à tous les intervenants dans le processus de décision, de disposer d'un point de repère commun en matière d'énergie.

Il doit servir de base de discussion évolutive avec les décideurs au fur et à mesure que les réflexions menant du PLQ au projet définitif de construction et finalement à la réalisation, se développent.

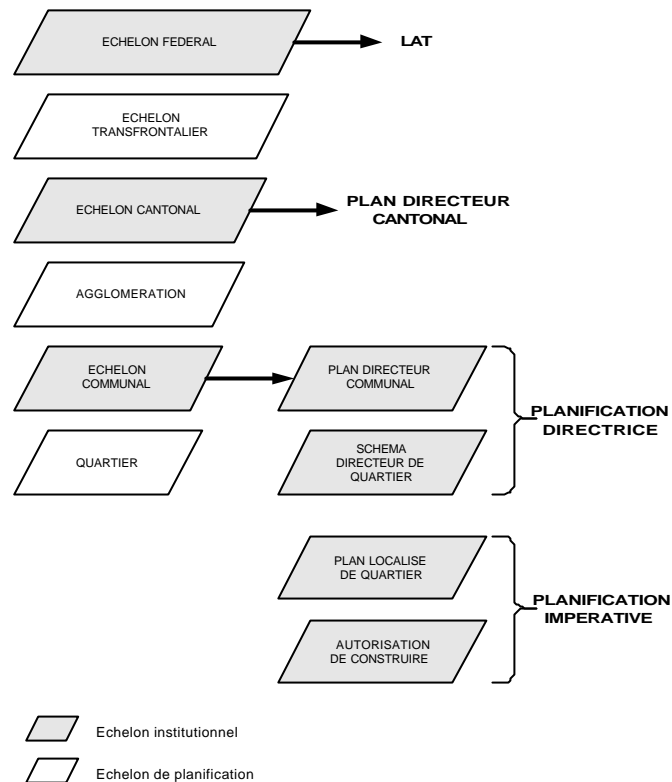
Le concept énergétique d'un plan localisé de quartier est l'évaluation des caractéristiques de ce plan, des possibilités d'équipement techniques et de leur mode d'utilisation au service de ses futurs utilisateurs avec pour but final l'atteinte d'objectifs énergétiques efficaces et réalistes.

Il doit tenir compte des spécificités du site et des interactions du projet avec son environnement et veiller à ce que les solutions retenues se complètent de façon cohérente.

Pour évaluer l'étendue du concept énergétique sur le territoire, on définit des périmètres qui peuvent être plus ou moins nombreux et extensibles afin d'avoir la meilleure vision des aspects que l'on veut étudier (émissions, nuisance, densité urbaine, etc.)

En partant du périmètre restreint qui correspond à la surface réelle du PLQ, on étend notre champ d'investigation (vision de proche en proche) au périmètre élargi intérieur, puis élargi extérieur afin d'analyser les opportunités (énergies) ou les contraintes relatives à l'environnement du projet.

Un tel concept doit tracer les différentes pistes possibles par rapport à un état de flou initial. La prise en compte des incertitudes des étapes de développement et de réalisation est un facteur primordial au niveau de son élaboration.



L'évaluation des besoins en énergie du quartier sont estimés, d'une part, en fonction des affectations des futurs bâtiments et, d'autre part, sur la base d'indices énergétiques. Ces indices doivent être négociés en fonction des objectifs (plus ou moins ambitieux) de performances énergétiques attendues par le (ou les) maître d'ouvrage (MO).

Il sera envisagé ensuite d'utiliser les énergies indigènes ou renouvelables. Elles auront d'autant plus d'intérêt et d'efficacité si en premier lieu les besoins en énergies sont réduits. L'énergie la meilleure marché et la plus respectueuse de l'environnement, même avant toute énergie renouvelable, restera toujours celle qui n'est pas utilisée.

Le rôle des acteurs, MO, planificateurs et constructeurs est d'anticiper les évolutions en matière d'énergie déjà au stade de l'avant-projet et de trouver des solutions qui améliorent de façon remarquable les performances des bâtiments sur toute leur durée d'utilisation.

Les aménagements, les constructions, l'intégration et le choix des techniques étendues au quartier doivent être étudiés avec les mêmes objectifs d'efficacité économique, énergétique et environnementale.

Etude de cas

Dans notre cas d'application nous avons appliqué cette méthode de planification énergétique sur un quartier à bâtir de 150 000m² dans la Ville de Nyon (proche de Genève). Nous l'avons réalisé, en collaboration avec les décideurs communaux.

Pour la Ville de Nyon c'est le département de l'aménagement des constructions, et en particulier son service d'urbanisme, qui gère le développement urbain.

Celui-ci définit les principes en matière d'aménagement du territoire. Il élabore le plan directeur communal, les plans d'utilisation du sol et donne des préavis sur les demandes d'autorisations de construire.

Dans le cas particulier qui nous intéresse, il procède à des études d'aménagement et élabore l'image directrice de quartiers. Il réalise des projets de PLQ, qui sont soumis au Conseil municipal pour préavis, sous forme de résolution.

Les conceptions et planifications énergétiques font partie des missions du service de l'énergie. Celui-ci, sur la base de l'évolution des connaissances et des techniques (physique du bâtiment, chauffage, ventilation, sanitaire, électricité), est à même de fixer les enjeux et les recommandations en matière d'énergie.

Il est donc tout naturel que ces deux services, de l'urbanisme et de l'énergie, associent leurs compétences dans le cadre d'une problématique "connexe" comme la planification énergétique de PLQ.

Il est important de signaler que la pertinence d'une telle démarche relève autant de la logique de créer des synergies entre les métiers de l'urbanisme, de l'architecture et de l'énergie, que d'une volonté stratégique et politique de prendre en compte les principes de développement durable dans les programmes d'actions de services publics.

Par décision du syndic (maire de la ville), un groupe de travail s'est donc constitué avec des représentants des services concernés.

Au début de l'étude, un certain nombre de questions ont permis de mieux appréhender le problème:

- Quelle est la limite du système à considérer (quartier, îlots ou parcelle) pour avoir la plus grande efficacité d'action ?
- Jusqu'où devons nous aller ? Un catalogue d'informations à l'intention des futurs constructeurs ou un règlement de plan de quartier en matière d'énergie ?

En essayant de répondre à ces questions et en prenant appui sur la démarche de planification énergétique conventionnelle, le groupe de travail a défini quatre phases distinctes et complémentaires, à savoir :

1. Analyse du site du terrain et de son environnement. Avec la compilation d'informations comme les données hydrologiques, les énergies disponibles et exportables, le bruit, les risques de pollution, les données climatiques générales et locales, etc
2. L'analyse des besoins en énergie basée sur des estimations et des projections. Avec la compilation de données comme les règles de constructions, les affectations, les bâtiments existants et prévisibles, les indices de demande d'énergie, les hypothèses de développement et de réalisation, etc..
3. Fixer des standards d'enjeux et d'objectifs énergétiques. Avec la compilation d'informations du type : état de la technique et technologie efficaces en énergie, indices objectifs du type SIA ou Minergie (indices de performance énergétique normés et performants), recommandations sur les constructions performantes, etc..
4. Etablir un règlement de plan de quartier. Après avoir analysé les différents scénarios d'approvisionnement en énergie des bâtiments et après avoir réalisé une analyse multicritère de ceux-ci, établir un règlement (incitatif plutôt que coercitif) de systèmes énergétiques communs au quartier.

C'est toute cette démarche combinée à l'aide à la décision multicritère qui a fait l'objet d'un travail présenté dans notre référence [1]. Nous exposons les principaux résultats de cette expérience, et en particulier sur l'approche multicritère utilisée ainsi que les principales conclusions exposées à l'époque.

L'approche multicritère

Adopter une approche multicritère consiste à construire un modèle appréhendant le problème de décision en prenant explicitement appui sur plusieurs critères. Chacun de ces critères modélise une "catégorie

homogène de conséquences". Cette approche traduit, en la formalisant, un mode de raisonnement intuitif et naturel face à un problème de décision qui consiste à analyser séparément chaque conséquence. Néanmoins, la prise en compte explicite de plusieurs critères introduit une difficulté qui n'existe pas dans le cas où un seul critère intervient. Du fait que les critères se trouvent le plus souvent en conflit, il n'existe pas une solution unique qui s'impose d'elle-même, de plus l'élaboration d'une prescription en devient plus complexe.

L'aide à la décision et son formalisme jouent ici un rôle structurant, qui permet de mieux appréhender le problème et de faciliter le processus de décision.

Il se décompose comme suit :

1. Identification du problème
2. Elaboration de scénarios possibles pour répondre au problème
3. Comparaison des scénarios
4. Choix d'un scénario.

Pour ce faire, il faut :

1. Définir les acteurs réels ou impliqués qui ont un pouvoir de décision face au problème posé
2. Exprimer clairement le système de valeur des décideurs par rapport auquel sera construite la famille de critères d'évaluation des scénarios
3. Construire une famille de critères
4. Analyser les préférences des décideurs par l'évaluation de l'importance relative des critères
5. Evaluer les scénarios
6. Classer les scénarios afin de prescrire une solution.

En suivant ce fil conducteur nous avons, dans un premier temps, construit une famille de critères représentative de toutes les conséquences relatives aux développements de scénarios d'approvisionnement en énergie pour le quartier. Puis, nous avons réalisé une analyse des jugements de valeurs des décideurs face à ces critères, à l'aide d'un outil informatique appelé DIVAPIME (Détermination d'Intervalles de Variation des Paramètres d'importance des Méthodes ELECTRE). Parallèlement, nous avons étudié un certain nombre de scénarios et avons quantifié les performances de ceux-ci, pour chacun des critères. Ensuite, nous avons réalisé la combinaison des préférences des décideurs et des performances des scénarios, à l'aide de l'application informatique d'ELECTRE III. Enfin, nous avons présenté les résultats de ces combinaisons, sous forme de classement des scénarios étudiés, ce qui a permis d'éclairer suffisamment les décideurs pour qu'ils fassent un choix.

Les scénarios

Le tableau suivant montre les différents scénarios qui ont été étudiés en fonction de leur mode d'approvisionnement en énergie :

Mode d'approvisionnement	Mode de chauffage
Approvisionnement individuel (par bâtiment)	1. Chauffage à gaz sans utilisation d'énergie renouvelable (ADsR) 2. Chauffage à gaz avec utilisation de 10% d'énergie renouvelable (solaire) (ADàR)
Approvisionnement centralisé	3. Chaudières à gaz/mazout (AC-GF) 4. Cogénération (couplage Chaleur-Force) (ACCCF) 5. Pompe à chaleur avec géothermie ou avec eaux traitées (ACPAC) 6. et 7. Chaudière à copeaux de bois sans/ avec subventions (ACBsS & ACBàS)

Récapitulatif des axes et des critères

La liste suivante montre les axes et les critères qui ont été utilisés pour comparer les différents scénarios.

1. Efficacité énergétique
2. Economie
3. Environnement
4. Politique énergétique
5. Image du système

1. Efficacité énergétique

-
- C1** : efficacité exergétique [%]
 - C2** : indice de dépense d'énergie globale [MJ/m².a]

2. Axe économie

-
- C3** : coût de production de l'énergie [Fr/MWh]
 - C4** : montant des investissements [Fr/kW]
 - C5** : coût supplémentaire d'équilibrage [Δ %]

3. Axe environnement

-
- C6** : différentiel d'éco-points d'émissions de CO₂ [Δ %]
 - C7** : différentiel d'éco-points d'émissions de SO₂, CO, NOx [Δ %]
 - C8** : impacts de voisinage [points]

4. Axe politique énergétique

-
- C9** : différentiel de consommation d'énergie gaz [Δ %]
 - C10** : différentiel de consommation d'énergie mazout [Δ %]
 - C11** : différentiel de consommation d'énergie électrique [Δ %]

5. Axe image du système

-
- C12** : taux d'énergie renouvelable ou indigène [Δ %]
 - C13** : sécurité d'approvisionnement [points]
 - C14** : flexibilité, facilité d'implantation et d'utilisation [points]

Analyse des préférences des décideurs

Le but de la méthode ELECTRE III est de classer les scénarios depuis les meilleurs jusqu'aux moins bons. La particularité de cette méthode est de faire intervenir des pseudo-critères. Le modèle du pseudo-critère permet, en utilisant des seuils, de prendre en compte l'imprécision et l'incertitude qui affectent les performances.

Ces informations, à l'intérieur d'un critère, ne sont pas suffisantes pour appréhender totalement le jugement de valeurs. S'il y a plusieurs critères, il faut aussi déterminer quelles sont les préférences entre les critères (poids relatifs et seuils de veto). Le logiciel que nous avons utilisé permet de déterminer l'ensemble de ces informations.

Le logiciel DIVAPIME est basé sur des questions indirectes dont les réponses permettent d'induire de l'information sur l'importance relative des critères. Le mode d'interaction retenu procède par comparaison par paires d'actions fictives.

Il est à noter que cette méthode est issue de recherches en sociologie, en particulier sur les modes de questionnement. Le nombre de questions, l'ordre des questions, la formulation de celles-ci, etc., peuvent influencer les réponses. La procédure de questionnement utilisée ici tente de limiter ces effets.

Nous vous présentons ici les résultats obtenus dans notre cas :

	sens de var	Moy	Atr	Perf		Equations	Poids	Veto
C1	Croissant	17	32	80	seuil d'indifférence	$a(a) = 0.1333*a(a) - 2.016$	0.9	
Eff. exerçétique (%)					seuil de préférence	$p(a) = 0.1367*a(a) - 1.374$		
C2	Décroissant	550	300	200	seuil d'indifférence	$a(a) = 0.12*a(a) - 7.25$	0.9	> 630
IDEa (MJ/m2a)					seuil de préférence	$p(a) = 0.1232*a(a) - 6.16$		
C3	Décroissant	115	90	60	seuil d'indifférence	$a(a) = 0.008*a(a) + 2.58$	1	> 120
Coût de produc (Fr/kWh)					seuil de préférence	$p(a) = 0.008*a(a) + 2.93$		
C4	Décroissant	100	630	450	seuil d'indifférence	$a(a) = -0.01*a(a) + 27.35$	1	> 1030
Investissement (Fr/kW)					seuil de préférence	$p(a) = 0.0019*a(a) + 21$		
C5	Décroissant	30	15	10	seuil d'indifférence	$a(a) = -0.0333*a(a) +$	0.9	> 35
Coût supp. (Delta%)					seuil de préférence	$p(a) = -0.0267*a(a) +$		
C6	Décroissant	0	-10	-30	seuil d'indifférence	$a(a) = 0.01*a(a) + 4.05$	0.2	
Dif.CO2 (Delta%)					seuil de préférence	$p(a) = 0*a(a) + 5.55$		
C7	Décroissant	0	-10	-30	seuil d'indifférence	$a(a) = 0.0365*a(a) + 5.15$	0.4	
Dif.SO2.CO (Delta%)					seuil de préférence	$p(a) = 0.0365*a(a) + 5.15$		
C8	Décroissant	1	0	0	seuil d'indifférence	$a(a) = 0.99999*a(a) + 0$	0.4	
Imp.vois (pts)					seuil de préférence	$p(a) = 0.99999*a(a) + 0$		
C9	Croissant	0	40	200	seuil d'indifférence	$a(a) = -0.0229*a(a) + 7.7$	0.8	
Dif.Gaz (Delta%)					seuil de préférence	$p(a) = -0.0071*a(a) + 8.6$		
C10	Décroissant	0	-40	-85	seuil d'indifférence	$a(a) = 0.02*a(a) + 5.65$	0.1	
Dif.Fioul (Delta%)					seuil de préférence	$p(a) = 0.0062*a(a) + 5.85$		
C11	Décroissant	0	-10	-100	seuil d'indifférence	$a(a) = 0*a(a) + 1.41$	0.8	
Dif.Elec (Delta%)					seuil de préférence	$p(a) = -0.125*a(a) + 1.54$		
C12	Croissant	0	25	75	seuil d'indifférence	$a(a) = -0.05*a(a) + 5.1$	0.7	
Energie reno (Delta%)					seuil de préférence	$p(a) = -0.034*a(a) + 5.4$		
C13	Croissant	0	1	3	seuil d'indifférence	$a(a) = 0*a(a) + 1$	0.7	
Secu.app (pts)					seuil de préférence	$p(a) = 1*a(a) + 1$		
C14	Croissant	0	1	1	seuil d'indifférence	$a(a) = -0.99999*a(a) + 1$	0.8	
Flexibilité (pts)					seuil de préférence	$p(a) = -0.99999*a(a) + 1$		

Calcul des performances des scénarios

Il s'agit ici de quantifier les performances (notes) des scénarios pour chacun des critères. Les méthodes de calculs sont directement issues de la définition même des critères. Il y a une transparence absolue entre la modélisation des conséquences prises en compte, la définition des critères, l'analyse des jugements de valeurs et les calculs de performances.

Nous vous présentons ici les résultats obtenus dans notre cas :

	Exera	IDEa	Cpro	Inve	Csub	CO2	SO2	Iloc	Dgaz	Dfio	Déle	SecA	Flex
ADsR	17	335	91	630	0	0	0	0	200	-85	0	0	0
ADaR	19	308	107	1030	10.88	-10	-10	0	200	-85	0	0	0
AC.GF	18	335	147	875	6.66	0	0	1	195	-83.5	0	1	1
ACCCF	35	352	149	1406	21.11	52.9	7.6	1	182	-78.28	-100	2	1
ACPAC	24.8	322	336	2633	54.15	-29.3	-42.4	1	70	-81	0	2	1
ACBsS	16.5	363	259	1094	12.62	-86	442	1	0	-82.8	0	1	1
ACBaS	16.5	363	245	940	8.43	-86	442	1	0	-82.8	0	1	1

Classement des scénarios

ELECTRE III est basée sur la construction de relations de sur-classement. L'algorithme de rangement construit deux classements selon des procédés dits de distillation descendante et de distillation ascendante: la distillation descendante sélectionne au fur et à mesure les meilleurs scénarios pour terminer avec les plus mauvais, alors que la distillation ascendante sélectionne au fur et à mesure les plus mauvais pour terminer avec les meilleurs. On obtient ainsi deux pré-ordres complets sur l'ensemble des scénarios.

Le scénario "a" sera considéré comme meilleur à "b" si, dans l'un au moins des deux classements, "a" est classé avant "b" et si, dans l'autre, "a" est au moins aussi bien classée que "b".

Le scénario "a" sera jugée équivalent à "b" si les deux scénarios appartiennent à la même classe d'équivalence dans les deux pré-ordres.

Les scénarios "a" et "b" seront incomparables si "a" est mieux classé que "b" dans la distillation ascendante et "b" mieux classée que "a" dans la distillation descendante ou vice-versa.

En conclusion, dans le pré-ordre final, la comparaison de deux scénarios "a" et "b" fait apparaître 4 cas:

- "a" peut être meilleur que "b",
- "b" peut être meilleur que "a",
- "a" et "b" peuvent être équivalents,
- "a" et "b" peuvent être incomparables.

Le pré-ordre final est visualisé sous forme d'un graphe. Il suffit qu'il existe une suite d'arcs consécutifs qui relie un scénario "a" vers un scénario "b" pour pouvoir affirmer que le scénario "a" est meilleur que le scénario "b" dans le pré-ordre obtenu. Plusieurs scénarios équivalents sont représentés dans une même "boîte". Deux scénarios non reliés par une succession d'arcs consécutifs sont incomparables.

Pour la comparaison des scénarios, nous nous sommes servis d'un logiciel qui mécanise les procédures d'agrégations d'ELECTRE III. Les paramètres déterminés lors de la modélisation des jugements de valeurs n'étant pas figés, il nous a fallu analyser la robustesse du graphe de pré-ordre final. L'analyse de sensibilité consiste à faire varier certains paramètres et à analyser les changements dans le graphe de pré-ordre final.

Dans notre cas quinze simulations ont été réalisées. Notre pré-ordre final était très robuste, le scénario "AdsR" arrivait toujours en tête.

Conclusion

Dans notre cas, le choix s'est porté sur le scénario qui avait les meilleures performances dans les critères économiques. Bien que ce résultat paraisse prévisible pour certains décideurs, il a été obtenu de manière objective, après avoir pris en compte (et intégré) toutes les conséquences, économiques, écologiques, énergétiques, politiques énergétiques et en termes d'images, de la construction d'un tel ouvrage.

Au-delà du fait d'inciter les décideurs à faire une analyse multicritère, cette procédure a l'avantage d'être applicable à n'importe quel autre quartier ou construction nécessitant une planification énergétique. Elle

incite les experts en énergie à travailler de façon continue avec les décideurs, depuis la définition des exigences du programme (cahier des charges), jusqu'à la formulation d'un choix de scénario. Elle permet un contrôle des performances des scénarios, en raison de la transparence des méthodes de calcul employées.

Il est à noter que les directives SIA (Société d'Ingénieurs et d'Architectes), données pour ce genre d'étude, stipulent que l'expertise doit fournir toutes les informations nécessaires à la formulation d'un choix, mais elles n'indiquent pas qu'une méthode d'aide à la décision doit être utilisée. L'emploi de notre procédure garantit donc une prestation totale de l'expert (de l'expertise au choix de scénario) comme le préconise la SIA.

Des outils informatiques performants et conviviaux, comme ceux qui ont été utilisés ici, vont faciliter la généralisation de l'activité "d'aide à la décision". Mais comme pour tout emploi d'outils informatiques, et afin de rendre les résultats crédibles, les experts devront faire preuve d'une grande transparence sur les méthodes de calculs et sur les procédures employées (pour éviter l'effet de "boîte noire").

Nous espérons qu'à l'avenir, sans avoir la prétention de révolutionner un métier, des démarches similaires (peut-être simplifiées ou différentes) seront réalisées. Les choix de scénarios ne devront plus être réalisés sur la base d'un critère unique (généralement économique) ou d'une façon purement subjective. La solution, si solution il y a, devra être trouvée sur la base d'une analyse multicritère, d'autant plus si cette activité (y compris l'aide à la décision) n'engendre pas de coûts supplémentaires d'étude.