



HAL
open science

Rapport intermédiaire n° 2 : projet de Recherche Écoquartier NEXUS Énergie

Gilles Debizet, Sylvie Blanco, Nicolas Buclet, Antoine Doré, Caroline Gauthier, Stéphane La Branche, Olivier Labussiere, Philippe Menanteau, Patrice Schneuwly, Antoine Tabourdeau

► To cite this version:

Gilles Debizet, Sylvie Blanco, Nicolas Buclet, Antoine Doré, Caroline Gauthier, et al.. Rapport intermédiaire n° 2 : projet de Recherche Écoquartier NEXUS Énergie. 2/3, Université Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble École de management. 2014. hal-04457973

HAL Id: hal-04457973

<https://hal.science/hal-04457973v1>

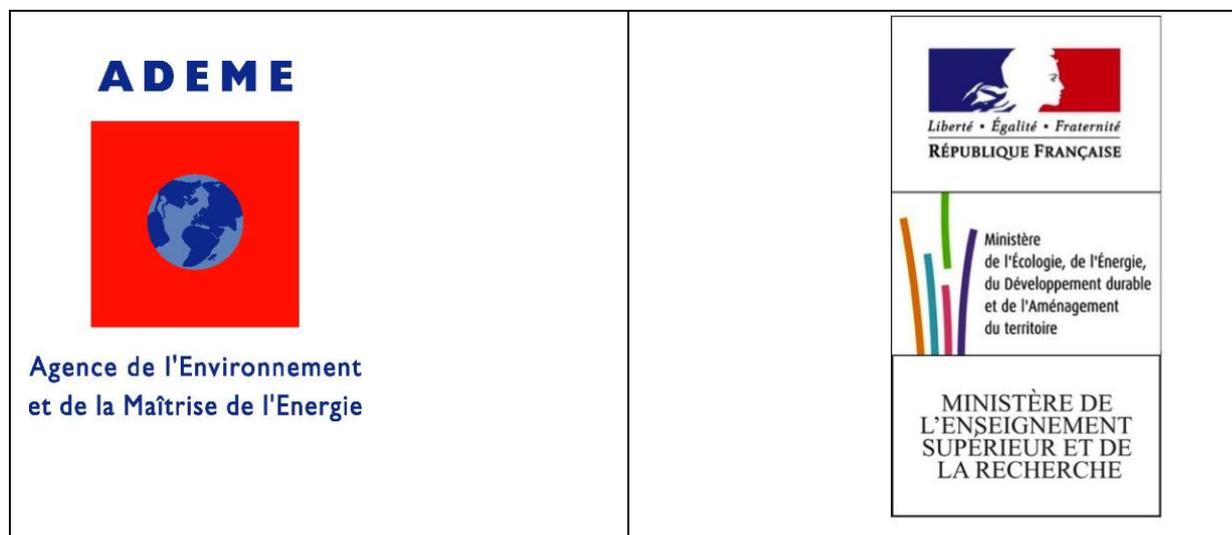
Submitted on 23 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Rapport intermédiaire N° 2

Projet de Recherche

Ecoquartier NEXUS Energie

Gilles Debizet

Université de Grenoble UJF

UMR PACTE 5194 (CNRS, IEP, UPMF, UJF)

Convention financement ADEME N° 1110C0065

30 septembre 2013

COORDINATION TECHNIQUE : Aude Bodiguel, ADEME, Service Economie et Prospective, 27 rue Louis Vicat Paris 15

COORDINATION SCIENTIFIQUE : Gilles Debizet, UMR PACTE, Institut de Géographie Alpine, 14bis avenue Marie Reynoard, 38100 Grenoble

Remerciements

Ce rapport intermédiaire restitue la totalité de la production du deuxième « work package » *Enquête de terrain* coordonné par Stéphane LABRANCHE (PACTE). L'élaboration générale de ce document a été assurée par Gilles DEBIZET (PACTE) avec Stéphane LABRANCHE et Fabrice FOREST (SFR INNOVACS).

Le coordinateur scientifique Gilles DEBIZET et les chercheurs du projet NEXUS remercient l'ADEME pour son soutien financier aux recherches menées dans le projet NEXUS et tout particulièrement le coordinateur technique Aude BODIGUEL (ADEME) pour son support aux actions menées par l'équipe projet.

Les auteurs remercient les membres du Comité d'Orientation Scientifique du projet NEXUS : Patrick CRIQUI (PACTE-Pôle EDDEN) ; Romain LAJARGE (PACTE) ; Daniel LLERENA (UPMF, SFR INNOVACS) ; Vincent MANGEMATIN (GEM) ; Etienne Wurtz (CEA, LITEN).

Ils remercient également Thomas REVERDY (PACTE), Eric BLANCO (GSCOP) et Christophe ABRASSART (Université de Montréal) pour leurs interventions et leurs conseils lors des Journées Scientifiques NEXUS ainsi que Valérie RENAULT pour la préparation du WP3 et l'adaptation de la méthode PAT-Miroir.

Les remerciements des auteurs s'adressent également aux personnels de support technique à la recherche du laboratoire PACTE qui ont contribué à la production de ce document : Stéphanie ABRIAL, Géraldine DIAFERIA, et Gwenaëlle CLEMENT et de l'UPMF Sabrina BARBOSA et aux étudiants de master chargés de la transcription des entretiens, ainsi qu' Antoine DORE, post-doctorant pendant 5 mois, pour sa rigueur et son implication.

Liste des auteurs par ordre alphabétique :

Sylvie BLANCO (GEM), Nicolas BUCLET, Gilles DEBIZET (PACTE), Antoine DORE (PACTE), Caroline GAUTHIER (GEM), Stéphane LA BRANCHE (PACTE), Olivier LABUSSIÈRE (PACTE), Philippe MENANTEAU (PACTE pôle EDDEN), Patrice SCHNEUWLY (CEA-LITEN) ET ANTOINE TABOURDEAU (PACTE),

L'ADEME en bref :

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables, et du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

L'Agence met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public et les aide à financer des projets dans cinq domaines (la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit) et à progresser dans leurs démarches de développement durable.

www.ademe.fr

Copyright

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Résumé

La recherche Ecoquartier NEXUS Energie vise à mettre en lumière les champs du possible en matière de stockage d'énergie et la gestion des intermittences aux échelles de l'îlot et du quartier en se focalisant sur les dimensions urbaines, organisationnelles et politiques et selon deux horizons temporels : 2020 et 2040. La différence entre ces deux échéances réside essentiellement dans le cadre d'action général du secteur de la construction (et de la rénovation) : en 2020, ce cadre sera supposé très proche de celui actuellement en vigueur alors qu'en 2040 des bouquets d'hypothèses en terme de régulations institutionnelle, politique et économique et d'acteur prédominant - constitueront les éléments de scénarios prospectifs.

Cette recherche a aussi l'ambition de caractériser des liens inédits et de tester de nouveaux regards sur la gestion de l'énergie en ville et sur les « mailles » les plus fines des réseaux d'énergie qui, demain, devraient tout à la fois être des lieux de production, de consommation et de stockage. Le concept de noeud socio-énergétique est proposé : *groupe d'éléments assurant le stockage, le regroupement ou la répartition de flux d'énergie et dont la conception a été supervisée par un maître d'ouvrage en interaction avec les mêmes acteurs.*

Ce deuxième rapport intermédiaire restitue le work package 2 (WP2) et deux briques de connaissance du WP3. Il présente la méthode et les résultats de l'enquête auprès d'acteurs de l'urbanisme, de l'immobilier et de l'énergie des quartiers De Bonne à Grenoble, Bastille à Fontaine, Sainte Geneviève à Nanterre et du projet IssyGrid à Issy-les-Moulineaux. Il met en lumière les interactions sociales et les configurations autour des systèmes énergétiques dans les projets urbains. Les deux autres chapitres mobilisent des connaissances technico-économiques pour proposer et interroger des assemblages aux échelles de l'îlot et du quartier.

Ce livrable se compose de huit chapitres et d'une synthèse des résultats.

- Présentation des terrains et des assemblages de NSE
- Méthodologie de construction et d'exploitation du corpus d'entretien
- Mise au point des NSE et conditions de leur généralisation
- Gouvernance : mobilisation politique et coordination des acteurs
- La performance énergétique au prisme du financement européen
- Dynamique des modèles d'affaires
- Technologies de stockage de l'énergie combinées avec la production et la consommation dans les bâtiments et la ville
- Trois schémas de production de chaleur ? Réflexion sur les variables pour des scénarii prospectifs

Pour mémoire, le premier rapport intermédiaire (octobre 2012) présentait les résultats du work package 1 (WP1), précisément un état des lieux en matière d'énergie dans les écoquartiers européens et quatre états de l'art thématiques sur l'énergie dans les écoquartiers (approches géographique, politique, technologique, business model) et proposait une typologie des écoquartiers selon leur gouvernance et leur dimension énergétique. Parallèlement, une base de données sur une douzaine d'écoquartiers français et européens avait été construite et mise à disposition de l'ADEME. Il contenait les chapitres suivants :

Introduction (Odile Blanchard and Gilles Debizet)

1. définitions des objets étudiés (Odile Blanchard and Gilles Debizet)
2. revue de la bibliographie moissonnée (Odile Blanchard)
3. analyse géographique des écoquartiers (Xavier Long)
4. gouvernance et jeux d'acteurs dans les écoquartiers (Stéphane Labranche)
5. fiches d'analyse de technologies énergétiques (Patrice Schneuwly)
6. construction d'une typologie des écoquartiers (Philippe Ménanteau)
7. les modèles d'affaires de l'énergie, du bâtiment au quartier (Sylvie Blanco et Céline Jullien)

Synthèse (Gilles Debizet)

Abstract

The research project Ecoquartier NEXUS Energie aims at highlighting the scope of possibilities in the field of energy storage and intermittency management in urban blocs and districts. It focuses on the urban, organizational and political dimensions of the issue, along two time horizons: 2020 and 2040. The difference between these two dates lies mainly in the general action framework of the building and renovation sector. In 2020, the framework will be assumed to be very similar to the current one, while sets of assumptions about future institutional, political and economic regulations, be they local or national, will allow to build prospective scenarios to 2040.

This research also aims at characterizing unexplored links and testing new ideas on energy management in cities and on the finest pieces of energy networks that, tomorrow, should be simultaneously production, consumption and storage sites. The concept of socio-energetic node (SEN) is proposed: it is *a set of elements that provide the storage, the bundling and the distribution of energy flows, and whose conception, supervised by a project manager, has involved the same actors.*

This second intermediate report mainly provides the work package 2 of the Nexus project. It therefore presents the methodology and results of the survey of actors in urban planning, real estate and energy in four districts at Grenoble, Fontaine, Nanterre and IssyGrid project at Issy-les-Moulineaux. It highlights the social interactions and configurations around energy systems in urban projects. Two other chapters mobilize technical and economic knowledge in order to propose and examine some assemblages at block and districts scales.

This deliverable consists of eight chapters and a summary of results.

- 1. Presentation of surveyed districts and socio-energetic nodes (SEN)
- 2. Methodology of construction and operation of the interviews corpus
- 3. Developpment of SEN and conditions of their generalization
- 4. Governance: political mobilization and coordination of actors
- 5. The energy performance through the prism of european program
- 6. Dynamic of business models
- 7. Storage technologies combined with energy production and consumption in the city
- 8. Three patterns of neighborhood's heat generation? Reflection on the variables for future scenarios

The first intermediate report (october 2012) provided the results of the work package 1, especially a review of energy systems in European sustainable districts; four disciplinary states of the art on the energy issue in sustainable districts: geographical, political, technological, and business model approaches ; a typology of sustainable districts according to their governance and their energy dimension. Meanwhile, a database of a dozen French and European eco-districts had been built. It contains the following chapters:

Introduction (Odile Blanchard and Gilles Debizet)

1. Definitions of the objects under study (Odile Blanchard and Gilles Debizet)
2. Review of the bibliography references collected (Odile Blanchard)
3. Geographical analysis of sustainable districts (Xavier Long)
4. Governance and actors' interactions in sustainable districts (Stéphane Labranche)
5. Analytical sheets of some energy technologies (Patrice Schneuwly)
6. Construction of a typology of sustainable districts (Philippe Ménanteau)
7. Energy business models : from buildings to sustainable districts (Sylvie Blanco et Céline Jullien)

Summary (Gilles Debizet)

Sommaire

Remerciements	2
Résumé.....	3
Abstract.....	4
Sommaire	5
Introduction	6
1 Chapitre 1 – Terrains de recherche et assemblages de NSE.....	11
2 Chapitre 2 – Méthodologie de construction et d’exploitation du corpus d’entretiens 29	
3 Chapitre 3 – Mise au point des NSE innovants et conditions de leur généralisation	46
4 Chapitre 4 – Gouvernance : Mobilisation Politique et Coordination des Acteurs	59
5 Chapitre 5 – La performance énergétique au prisme du financement européen	73
6 Chapitre 6 – Dynamique des modèles d’affaires : émergence de « design dominants » ?	89
7 Chapitre 7 – Combinaisons de technologies de stockage de l’énergie en lien avec la consommation et production dans le bâtiment et la ville	108
8 Chapitre 8 – Trois schémas de production de chaleur ? Réflexion sur les variables pour des scénarios prospectifs.....	119
9 Conclusion.....	134
Table des Figures.....	140
Bibliographie	141
10 Annexes	145
Table des matières détaillée	192

Introduction

Gilles Debizet et Stéphane Labranche

Le travail de recherche Ecoquartier NEXUS Energie vise à mettre en lumière les champs du possible des systèmes énergétiques aux échelles de l'ilot et du quartier d'une ville, en se focalisant sur le stockage de l'énergie et la gestion des intermittences.

Un des objectifs est de formuler des propositions opérationnelles à deux horizons temporels :

- 2020, identification des leviers possibles - faiblement émetteurs de GES - pour un lissage local des intermittences de la production et de la consommation de l'énergie et caractérisation des conditions de déploiement du stockage de l'énergie à partir de technologies déjà en vigueur dans le secteur de la construction en 2012,
- 2040, proposition de scénarios d'(éco)quartier ou d'assemblage en milieu urbain plus ou moins dense, capables de lisser les intermittences et plus ou moins performants en terme de facteur 4.

Ce travail a aussi pour vocation de caractériser des liens inédits entre les différentes dimensions de l'énergie aux échelles susnommées et de tester de nouvelles notions, de nouveaux regards sur la gestion de l'énergie en ville et sur les « mailles » les plus fines des réseaux d'énergie. Mailles qui, demain, devraient tout à la fois être des lieux de production, de consommation et de stockage.

Nous supposons que la consommation va considérablement baisser d'ici 2040 grâce aux politiques de rénovation énergétique. La sobriété énergétique des bâtiments est postulée, elle n'est pas l'objet de notre recherche. Nous creusons l'hypothèse selon laquelle, les bâtiments et les mailles fines des réseaux d'énergie peuvent être des lieux d'atténuation des intermittences entre une production de plus en plus renouvelable (solaire, éolien...) et une consommation dont les fluctuations pourraient être amorties par l'inertie et le stockage de l'énergie.

Un premier rapport intermédiaire a été rendu il y a un an. Il se composait de sept chapitres et d'une synthèse des résultats exposant globalement les résultats du premier work package (WP1) du projet NEXUS.

- Chapitre 1 : définitions des objets étudiés
- Chapitre 2 : revue de la bibliographie moissonnée
- Chapitre 3 : analyse géographique des écoquartiers
- Chapitre 4 : gouvernance et jeux d'acteurs dans les écoquartiers
- Chapitre 5 : fiches d'analyse de technologies énergétiques
- Chapitre 6 : construction d'une typologie des écoquartiers
- Chapitre 7 : les modèles d'affaires de l'énergie du bâtiment au quartier

Globalement, il se focalisait sur trois objectifs : d'une part effectuer un état des lieux des réalisations et de la gouvernance en matière d'énergie dans les écoquartiers européens, à partir d'une base de données bibliographique construite à cet effet ; d'autre part présenter quatre états de l'art thématiques sur l'énergie dans les écoquartiers (approches géographique, politique, technologique, business model). Il explorait une typologie des écoquartiers selon les dimensions énergétiques et de gouvernance.

Le présent rapport relate essentiellement les résultats et l'enquête menée sur quatre terrains particulièrement novateurs en France (chapitres 1 à 6) au cours de la deuxième année du projet. S'ajoutent deux analyses correspondant à des briques de connaissances du WP3 (chapitre 7 et 8). L'ensemble est suivi d'une synthèse des résultats volontairement orientée vers la programmation du 3ème work package (WP3).

- Chapitre 1 : Présentation des terrains et des assemblages de NSE
- Chapitre 2 : Méthodologie de construction et d'exploitation du corpus d'entretien
- Chapitre 3 : Mise au point des NSE et conditions de leur généralisation
- Chapitre 4 : Gouvernance : mobilisation politique et coordination des acteurs
- Chapitre 5 : La performance énergétique au prisme du financement européen
- Chapitre 6 : Dynamique des modèles d'affaires
- Chapitre 7 : Technologies de stockage de l'énergie combinées avec la production et la consommation dans les bâtiments et la ville

- Chapitre 8 Trois schémas de production de chaleur ? Réflexion sur les variables pour des scénarii prospectifs

Pour apporter une vue d'ensemble sur cette production, le résumé de chaque chapitre est introduit ci-dessous.

- **Chapitre 1 Présentation des terrains et des assemblages de NSE (Gilles Debizet, Stéphane Labranche, Antoine Tabourdeau)**

Ce chapitre expose les noeuds socio-énergétiques et les terrains objets de l'enquête. Grand Prix national Ecoquartier 2009, le nouveau quartier De Bonne comprend 850 logements et plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés de commerces, bureaux et de résidences spécialisées à Grenoble (160 000 habitants) ; il constitue un terrain diversifié en terme de modes de production de chaleur : raccordement au réseau de chaleur urbain (rare en France mais fréquent à Grenoble), pompe à chaleur géothermique pour un bâtiment à énergie positive, cogénération à l'échelle du bâtiment et de l'îlot exploitée par le distributeur public municipal. Cette diversité de NSE a été conçue dans un contexte de sobriété des bâtiments puisque leur performance énergétique atteignait avec six ans d'avance celle exigée par la réglementation thermique 2012. Les quatre bâtiments enquêtés sont représentatifs de cette diversité.

Les trois autres terrains sont centrés sur un NSE. A Fontaine, commune de la banlieue grenobloise de 22 000 habitants, l'une des premières chaufferies bois françaises implantées en milieu urbain alimente une dizaine de bâtiments par l'intermédiaire d'un nouveau réseau de chaleur de quartier. A Nanterre (90 000 habitants, Ile-de-France), le premier réseau de chaleur français alimenté par récupération de la chaleur des eaux usées dessert une quinzaine d'immeuble d'habitation et de commerces dans un nouveau quartier. Enfin, dans un quartier d'activité de Issy-les-Moulineaux (65 000 habitants, Ile-de-France), le projet IssyGrid est une démarche expérimentale de développement de solutions SmartGrid notamment en terme de mutualisation d'équipement, d'effacement et de stockage menées par des entreprises technologiques et de la construction qui y sont localisés.

- **Chapitre 2 Méthodologie de construction et d'exploitation du corpus d'entretien (Gilles Debizet, Antoine Doré, Stéphane Labranche)**

Ce chapitre traite des choix méthodologiques de l'enquête (WP2) compte tenu du double objectif de la recherche : d'une part, coproduire des connaissances nouvelles en matière de stockage infra-urbain de l'énergie et les illustrer par des scénarii (WP3) et, d'autre part, développer l'intercompréhension entre chercheurs de disciplines différentes. Les bénéfices de la coproduction des connaissances tiennent autant du produit que du processus.

Le chapitre décrit comment les défis conceptuels et méthodologiques ont été relevés : élaborer et expérimenter une méthode d'analyse qualitative permettant de répondre à la fois à (1) des enjeux d'articulation séquentielle des différentes phases successives du projet, (2) des enjeux d'articulation transversale répondant aux besoins spécifiques de chaque chercheur pour produire des connaissances mono-disciplinaires et (3) des enjeux d'interdépendance et de coordination d'une production de connaissances pluridisciplinaires et transdisciplinaires (notamment les scénarii). Le chapitre est structuré autour des trois activités ci-dessous, les défis, la méthode et les résultats intermédiaires étant à chaque fois explicités :

- Détermination des objets de recherche et processus de sélection des personnes à interviewer. Le choix des NSE et des terrains complémentaires résulte d'une démarche collégiale et progressive où s'est exprimé l'hétérogénéité de l'équipe.
- Élaboration de la grille d'entretien et planification de l'enquête. Il convenait de concilier la laxité de l'entretien semi-directif et le recueil d'informations pour le compte de chercheurs de disciplines différentes. L'élaboration de la grille d'entretien a nécessité plusieurs cycles enchainant discussions collectives, rédaction de note individuelle sur les hypothèses et les attentes, reformulations synthétiques et discussion/validation en équipe. Soumis à des principes de permutations et de recours au chercheur le plus compétence ou le plus intéressé, la planification des entretiens a du faire l'objet de plusieurs ajustements pour éviter un allongement considérable des délais.
- Précodage commun des entretiens. Les catégories d'analyse devaient être compatibles avec les différents concepts mobilisés par les chercheurs : faciliter leur travail d'analyse sans imposer une interprétation ou un concept au détriment d'autres. Assuré par un post-doctorant spécialement recruté (Anoine Doré), le précodage utilise un CAQDAS (en l'occurrence N'Vivo) ; la liste de codes a été élaborée progressivement

: échange d'intentions des chercheurs chargés de l'analyse, recueil de attentes, proposition et discussions d'une trame, définition des codes, expérimentation sur quelques entretiens et debriefing.

- **Chapitre 3 Mise au point des NSE et conditions de leur généralisation (Gilles Debizet et Antoine Tabourdeau pour Fontaine)**

Ce chapitre expose les facteurs présidant au choix de développer des NSE innovants et identifie les conditions de leur généralisation. Il se penche sur les acteurs impliqués et les configurations dans lesquelles ont été développés la cogénération dans les ilots et bâtiments du quartier De Bonne à Grenoble d'une part, et le réseau de chaleur alimenté par une chaufferie bois dans le quartier Bastille à Fontaine d'autre part; ces deux innovations ont été pionnières en France. Le chapitre est structuré en trois parties.

La monographie sur la cogénération à De Bonne décrit brièvement les acteurs de ce système novateur et son cycle : des objectifs de ses initiateurs (publics et locaux) à son relatif abandon pour les derniers immeubles d'habitation construits sur le quartier. Il expose ensuite les efforts de mise au point de la cogénération dans les bâtiments et les ajustements opérés par les acteurs de la construction sous l'accompagnement d'un AMO Energie.

La monographie sur la chaufferie bois et le réseau de quartier à Bastille décrit la genèse du projet et ses acteurs. Là aussi, la Ville a joué un rôle essentiel tout comme l'expertise qu'il est impératif d'impliquer ou d'acquérir. En mobilisant sa connaissance de la filière biomasse, Antoine Tabourdeau explique pourquoi la commune a dû reprendre la maîtrise d'ouvrage et l'exploitation de la chaufferie et du réseau.

La précision de ces deux analyses empiriques permet d'identifier les conditions de généralisation (d'éventuelles variables structurantes pour les scénarii) de NSE à l'échelle de l'ilot ou du quartier : la capacité du pouvoir communal; l'aptitude du NSE à s'inscrire dans des schèmes organisationnels, l'économie du NSE et la disponibilité de ressources physiques et humaines.

- **Chapitre 4 Gouvernance : mobilisation politique et coordination des acteurs (Stéphane Labranche)**

Dans ce chapitre, Stéphane La Branche se penche sur les volets institutionnels et organisationnels des innovations liées au projet De Bonne et d'IssyGrid. L'idée est que les efforts d'innovation en matière d'énergie ne sont pas sans créer des défis d'ordre organisationnel. Dans un contexte d'objectifs énergétiques ambitieux où les compétences et les savoir-faire des acteurs peuvent se révéler insuffisants, comment atteindre les objectifs fixés ? L'argument principal est que c'est la mise en harmonie stratégique des différents acteurs, compétences et réseaux, liée à des assemblages énergétiques nouveaux pour les acteurs qui a été l'objet des innovations les plus significatives.

Même à IssyGrid, où le développement des nouvelles technologies est plus important que pour le quartier De Bonne de Grenoble, c'est au niveau de la gouvernance de projet que les acteurs ont innové. Le défi de l'assemblage technico-énergétique (stockage, mutualisation...) est principalement organisationnel : comment faire travailler ensemble sur un seul et unique projet démonstrateur et expérimental des acteurs qui sont soit traditionnellement en concurrence pour des parts de marché soit sont sur des secteurs différents et n'ont pas d'expérience de partage ? C'est pour les acteurs enquêtés, le défi majeur mais aussi la plus grande valeur ajoutée d'IssyGrid. C'est aussi un des constats majeurs du quartier de Bonne.

L'analyse de la gouvernance met en exergue quatre éléments clés pour le développement de NSE innovants : la gouvernance des projets, les réseaux professionnels des acteurs impliqués, les façons de travailler et l'esprit d'expérimentation.

- **Chapitre 5 La performance énergétique au prisme du financement européen (Olivier Labussière)**

Dans ce chapitre, Olivier Labussière se focalise sur le rôle des politiques européennes dans le « forçage technologique » qui consiste à accélérer le passage d'une option technologique du stade démonstrateur à celui de technologie mûre pouvant se déployer sur le marché. Le programme CONCERTO, dont De Bonne a été un récipiendaire, constituerait une des premières occurrences dans l'histoire des politiques énergétiques en Europe d'application aux enjeux urbains de cette approche. Ce faisant, il ouvrirait une ère d'un mode de

production de l'urbain par « sauts », au travers de processus accélérés d'innovations pour les rendre compétitives et leur ouvrir des marchés de masse.

Cependant, les spécificités du secteur du bâtiment (multiplicité des parties prenantes, singularité des opérations) soulèvent une interrogation centrale sur l'adéquation de dispositifs de *démonstration* vis-à-vis de communautés et de villes où la mise au point des systèmes techniques et leur articulation sont largement conditionnés par des facteurs organisationnels et de gouvernance. Comment un dispositif de démonstration connecte-t-il un grand nombre d'acteurs ? Comment formate-t-il leurs relations ? Quel est « l'effet de sillage » des dispositifs de démonstration sur les politiques locales, nationales, européennes du bâtiment ?

Prenant l'exemple de l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments et notamment de la simulation thermodynamique imposée par l'aménageur du quartier De Bonne et son assistant maître d'ouvrage, l'auteur piste des éléments de préfiguration dans l'appel à projet du programme européen Concerto en 2002 et des suites de l'expérience De Bonne : par l'ICLEI lors de la discussion sur la stratégie énergie-climat de l'Union Europe en 2008 et par le ministère français chargé de la réglementation thermique de 2012. En effet, même s'il ne peut expliquer à lui seul l'émergence de nouveaux cadres d'action relevant de bien d'autres négociations, le projet grenoblois aurait progressivement travaillé les réflexions et les réglementations nationales.

La conclusion invite brièvement à élargir aux thématiques du projet Nexus (plus précisément la cogénération et les énergies renouvelables) la lecture de l'expérience De Bonne comme illustration des effets de la politique européenne de R&D.

• **Chapitre 6 Dynamique des modèles d'affaires (Caroline Gauthier, Sylvie Blanco)**

Dans ce chapitre, Caroline Gautier et Sylvie Blanco se penchent sur les évolutions des modèles d'affaires des acteurs de la construction en exploitant les entretiens menés sur De Bonne et IssyGrid. L'hypothèse générale est que l'innovation est créatrice de valeur pour chacun des acteurs impliqués. La valeur ici est multiforme : économique, utilitaire, sociale, de réputation, électoral, environnementale etc.

La première partie est empirique. Elle liste les acteurs et identifie des tendances : une montée en compétences techniques et managériales, une mesure de la performance balbutiante, une modification marginale de l'organisation du projet de ZAC mais substantielle en matière de collaboration, un faible usage des TICE. Le projet De Bonne a été un laboratoire d'innovations incrémentales.

La deuxième partie mobilise des concepts relatifs aux modèles d'affaires (que les auteurs caractérisent par la combinaison d'un modèle de revenu, d'un réseau de partenaires et d'un ensemble de ressources et de moyens) pour mettre en évidence la façon dont les organisations le font évoluer. Elles se focalisent sur la façon dont les acteurs se sont impliqués dans la performance énergétique des bâtiments en exploitant les entretiens menés sur De Bonne. Quatre profils d'évolution sont identifiés : "business as usual" correspond à des acteurs qui ne perçoivent pas les changements, "adaptation" consiste à s'adapter à l'évolution de son environnement en essayant de capter la création de valeur associée à l'objectif accru de performance, "opportunisme" consiste à mettre l'efficacité énergétique au cœur de création de la valeur en acquérant de nouvelles compétences ou en modifiant le réseau de partenaires, "transformation" modifie substantiellement toutes les composantes du modèle d'affaires.

L'analyse laisse entrevoir l'émergence de trois « design dominants » d'éco-quartiers en termes de business models : i) celui de la "construction" basée sur la continuité avec les pratiques passées ; ii) celui du "territoire et de l'urbanisation" basé sur l'image et l'attractivité ; iii) celui des "défis technologiques" basé sur les technologies et l'innovation avec l'arrivée de nouveaux entrants et imposant, à moyen terme, de nouveaux standards qui vont probablement sortir la plupart des acteurs établis.

• **Chapitre 7 Technologies de stockage de l'énergie combinées avec la production et la consommation dans les bâtiments et la ville**

Ce chapitre, rédigé par Patrice Schneuwly, porte sur les technologies de stockage de l'énergie utilisables dans les bâtiments ou les réseaux énergétiques urbains. Il décrit et caractérise (en terme Facteur 4 et de possibilité de gestion des intermittences) les technologies susceptibles d'être assemblées dans un nœud d'aujourd'hui à 2040. Il comprend deux parties.

La première dresse un panorama du stockage stationnaire en distinguant les formes restituant de la chaleur (sensible, latente et thermochimique) et les formes utilisables dans une chaîne électrique. L'électricité électrique ne se conservant pas, elle est utilisée pour élever un potentiel d'une autre forme d'énergie qui sera ensuite restitué pour fabriquer de l'électricité. Les formes possibles sont électrochimique, hydrogène, cinétique de rotation, gravitaire, pneumatique et magnétique. Pour chaque forme de stockage, l'auteur présente dans un tableau les échelles spatiales et les temporalités, les fonctions remplies vis-à-vis du réseau, les usages (thermique ou électrique) et les possibilités de couplage direct avec les énergies renouvelables. La conclusion de cette partie est consacrée à des éléments de prospective.

La deuxième partie expose les technologies de production thermique et électrique utilisables pour chaque échelle spatiale : bâtiment / îlot / quartier / ville. Pour chacune de ces technologies sont identifiés les acteurs du stockage et de la production (projection dans le futur), les fonctions remplies vis-à-vis du réseau (avec une projection dans le futur), la forme de stockage la plus adaptée et sa temporalité, le couplage avec les EnR et le niveau de maturité du stockage. Des explications sur les liens entre ces variables sont données.

- **Chapitre 8 Trois schémas de production de chaleur ? Réflexion sur les variables pour des scénarii prospectifs.**

Ce chapitre pose des jalons pour identifier des variables clés pour la construction des scénarios d'évolution des écoquartiers à l'horizon 2040 au travers d'une réflexion sur ce que pourraient être les futurs schémas d'approvisionnement énergétique de quartiers performants sur le plan des consommations énergétiques des bâtiments et exploitant largement les ressources énergétiques locales.

Dans la première partie, il présente le champ d'analyse (le quartier ou l'îlot considérés comme élément pertinent entre le bâtiment et la ville dans son ensemble de la gestion de l'énergie) et montre en quoi des systèmes énergétiques (notamment de production de chaleur) commun à plusieurs bâtiments présentent, sur le plan énergétique, un intérêt particulier par rapport à une production interne au bâtiment. Puis, sont proposés trois schémas d'approvisionnement énergétique pour des quartiers en s'appuyant sur la typologie préalablement esquissée dans l'analyse comparative. Le modèle "systèmes individualisés" correspond à celui dominant aujourd'hui avec une production de chaleur par logement ou par bâtiment, le modèle "centralisé" correspond à une production de chaleur concentrée en un lieu et le modèle "dé-centralisé" à une production de chaleur répartie (dans et sur les bâtiments) et interconnectée. Pour chacun de ces modèles, les enjeux du stockage d'énergie sont finement définis et des types de solutions sont esquissés.

Dans une seconde partie, la méthode de construction et les enseignements de ces trois modèles sont mobilisés pour identifier certaines variables clés pour la construction des scénarios prospectifs : efficacité énergétique versus réduction des émissions de CO₂, énergie positive versus autonomie, système d'approvisionnement énergétique fondé sur le vecteur électrique ou limité au vecteur chaleur, construction neuve versus réhabilitation, modes de gouvernance, maîtrise de la demande d'électricité, production d'électricité répartie, nature de la régulation offre/demande. Dans chaque cas, des liens sont explicités avec les régulations selon un point de vue économique.

1 Chapitre 1 – Terrains de recherche et assemblages de NSE

Gilles Debizet (De Bonne-Grenoble et Nanterre), Stéphane La Branche (IssyGrid), Antoine Tabourdeau (Fontaine)

Ce chapitre essentiellement descriptif regroupe les fiches relatives aux quatre terrains étudiés, chaque fiche contient la (ou les) représentations graphiques des assemblages de NSE. A noter que le choix des terrains est développé dans le chapitre consacré à la méthodologie (cf. chapitre 2).

1.1 Le quartier De Bonne à Grenoble

1.1.1 Principales innovations (solutions techniques, échelles, statut juridique,)

Premier Grand Prix Ecoquartier français, le quartier de Bonne a été précurseur en terme de performance énergétique des bâtiments. Six avant que la réglementation thermique ne l'exige pour les bâtiments neufs, tous les immeubles d'habitation ont été conçus pour consommer deux fois moins d'énergie que la réglementation de l'époque ne l'exigeait, c'est à dire 50kwh/m²/an, 20 pour l'eau chaude sanitaire et 15 pour l'électricité. Cela a nécessité de mettre en œuvre des dispositifs techniques relativement novateurs en France : isolation par l'extérieur et ventilation double-flux pour les bâtiments de bureaux et d'habitat. Exception pour l'époque, un bâtiment de bureaux produit plus d'énergie qu'il n'en consomme grâce à des panneaux photovoltaïque et à la géothermie.

Il utilise aussi des modes de production de chaleur particulièrement peu émetteurs de carbone : des panneaux solaires thermiques (1000 m²), 9 unités de cogénérations localisées dans les bâtiments et gérées par le distributeur public d'électricité et de gaz. Une partie des bâtiments sont connectés au réseau de chauffage urbain (le 2ème en France). Le centre commercial est surmonté de 1500 m² de panneau solaire et rafraîchi par la nappe phréatique sans utiliser de système de climatisation.

1.1.2 Localisation du quartier et envergure du projet

Le quartier de Bonne se situe au cœur de l'agglomération grenobloise sur le site d'une ancienne caserne entre le centre historique et les Grands Boulevards (Sages 2011).



Figure 1 - Le quartier De Bonne dans le cœur historique (Source : ville de Grenoble)



Figure 2 - Quartier de Bonne au cœur de l'agglomération (Source : ville de Grenoble)

Sur une surface de 8,5 ha dont 5 ha de parc urbain et de place publique, le quartier De bonne accueille

- 850 logements dont 35% de logements sociaux
- 15000 m² de surface commerciale répartie en une vingtaine de boutiques et restaurants
- 5000 m² de bureaux
- 1 hôtel et des résidences pour séniors dépendants et étudiants
- 1 école primaire et un espace culture-cinéma

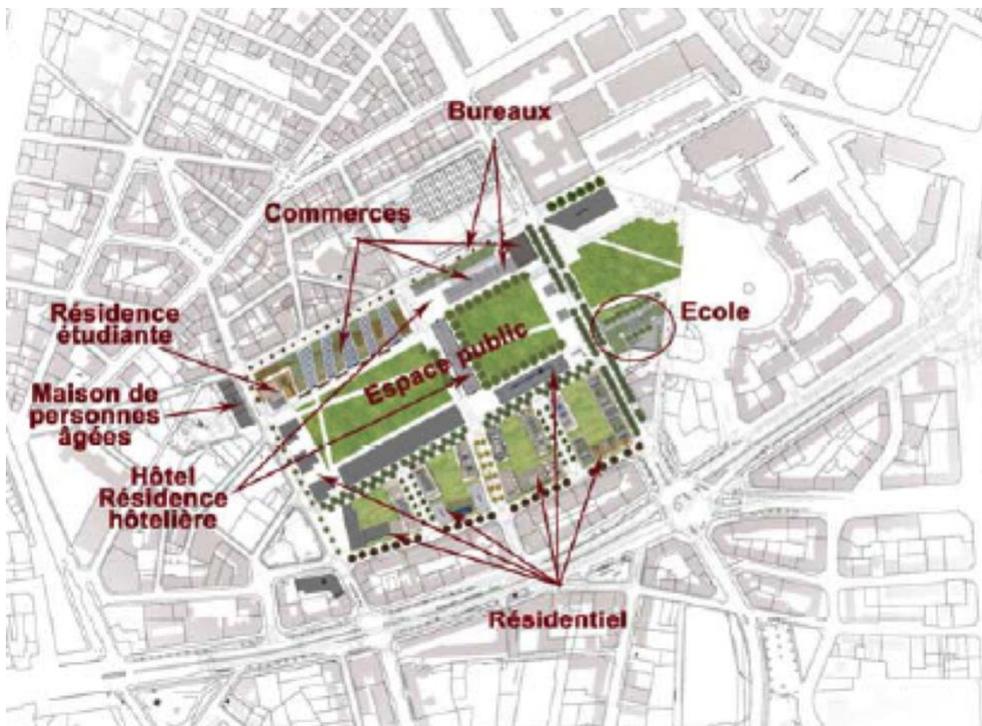


Figure 3 - Diversité des projets immobiliers (Source : ville de Grenoble)

1.1.3 Historique et ajustements du projet

Corolairement au départ des militaires, la ville de Grenoble a élaboré un programme urbain et lancé un concours pour les études de définition urbaine en 2001. Des trois propositions des équipes sélectionnées pour concourir, celle de Christian Devillers organisée autour de deux espaces publics végétalisables de grande ampleur a fait l'objet d'un consensus au cours de la concertation publique et au sein de la municipalité qui le désigne lauréat en juin 2002 (Bobroff 2011).

Les années 2003 et 2004 furent consacrées à la production des documents de cadrage et aux ajustements économiques du projet urbain sous la houlette de la ville avec l'expertise de la SEM-SAGES aménageur contrôlé par la ville de Grenoble. Des objectifs environnementaux extrêmement ambitieux pour l'époque (cf. supra) ont été définis en 2003 dans le cadre d'une réponse au programme européen Concerto (cf. chapitre 5 et Bobroff 2011) porté par le nouveau maire-adjoint à l'urbanisme et président de la SEM-SAGES. La sélection du projet en avril 2004 par le Concerto apporte alors un financement spécifique des innovations et une légitimité à ces objectifs.

Alors que les appels à concours architectural pour la cession des parcelles à des maîtres d'ouvrages immobiliers étaient lancés, la SEM-SAGES a ajouté un cahier des charges environnemental aux pièces du concours :

- sur le périmètre Concerto (ilots A, B et G) les bâtiments étaient tenus de respecter les performances énergétiques sus-nommées et des dispositifs techniques telles que la ventilation double flux, l'isolation par l'extérieur, une production minimale de solaire thermique et l'utilisation de la chaleur produite par cogénération par des unités localisées au sein des bâtiments conformément aux engagements pris par la ville dans le programme Concerto. L'aménageur a aussi imposé un copilotage de la conception des bâtiments et de la cogénération ainsi qu'un monitoring des consommations par le biais d'un AMO spécialisé en énergie financé par la subvention Concerto (Feidt, Moshkanbarians, et Parmentier 2009).
- hors du périmètre Concerto, les bâtiments résidentiels (ilots H et J) étaient tenus de respecter les mêmes performances énergétiques sans que les solutions techniques ne soient imposées.

Aussi intense que sur le périmètre Concerto jusqu'à la phase DCE (dossier de consultations des entreprises), le copilotage changea cependant de nature sur les ilots H et J : les maîtres d'ouvrage immobiliers devaient faire la preuve que les dispositifs techniques proposés étaient au moins aussi performants que ceux imposés dans le périmètre Concerto (Delaunay et al. 2010). La simulation thermodynamique joua le rôle de juge de paix à propos de la ventilation double flux. Les dispositifs techniques Concerto ont été adoptés sur les ilots H et J à ceci près :

- quelques bâtiments sont équipés d'une ventilation simple flux hygroréglable (et non une double flux),
- une seule unité de cogénération pour l'ensemble de l'îlot H (et non une par bâtiment),
- les bâtiments de l'îlot J sont alimentés en chaleur par le réseau de chauffage urbain (pas de cogénération).

Ce dernier ajustement ne fut pas sans conséquence sur les délais. Alors que les bâtiments des îlots A, B, G et H furent livrés en 2008 et début 2009, ceux de l'îlot J l'ont été en 2010 avec une année de décalage par rapport au planning initial de l'aménageur du fait des tergiversations sur le mode de production de chaleur au sein de l'appareil municipal et de ses opérateurs et de la proximité des élections municipales. Les promoteurs du réseau de chaleur urbain (la Compagnie de Chauffage et les bailleurs sociaux opérant sur l'îlot J) ont réussi à imposer leur point de vue au détriment de la cogénération.

Pour mémoire, voici la cartographie des réseaux d'acteurs préparée sous la conduite de Odile Blanchard (Chapitre 2 du rapport intermédiaire 1).

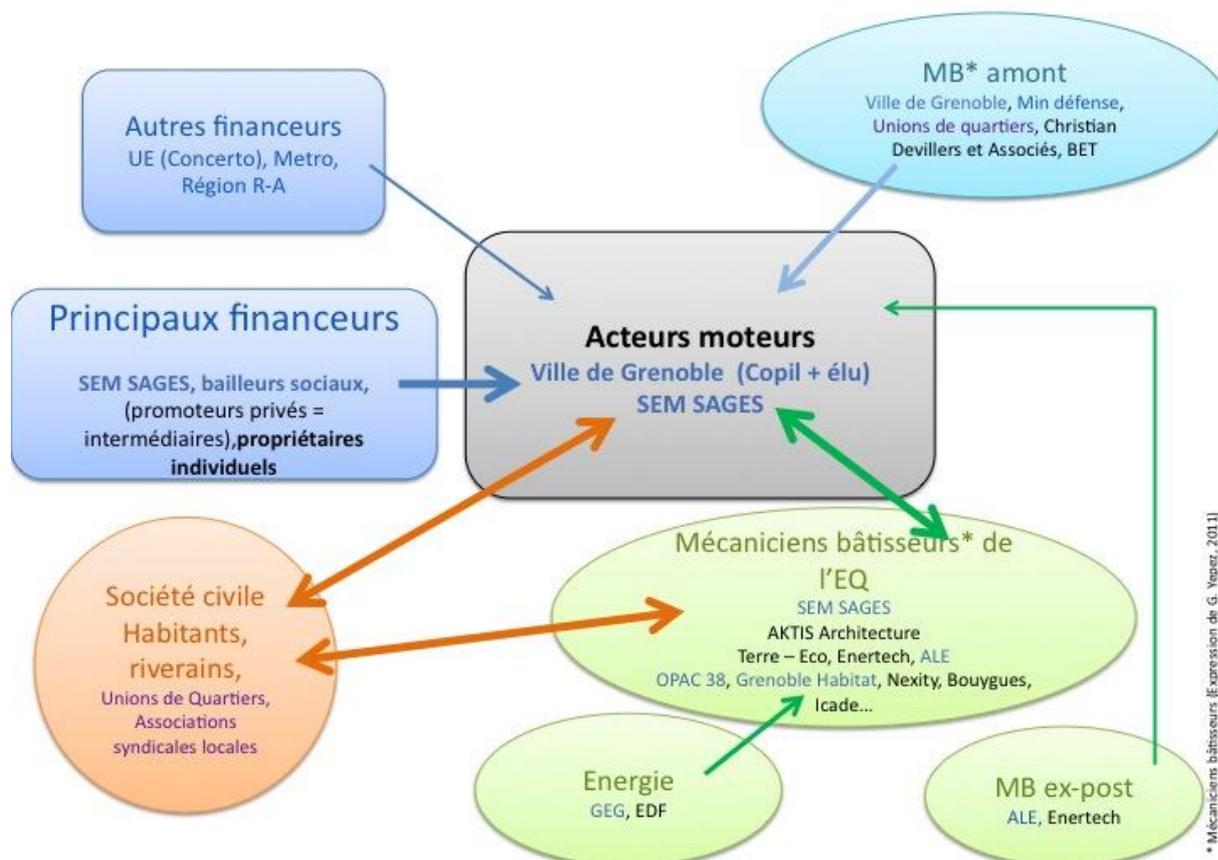


Figure 4- Cartographie des réseaux d'acteurs De Bonne (Blanchard et al.)

1.1.4 Projets immobiliers enquêtés

Quatre opérations immobilières ont été étudiées pour couvrir la variété des cas (sur la méthode de sélection des opérations étudiées voir le chapitre 3).



Figure 5 - Plan des maitres d'ouvrage et des 4 opérations enquêtées (Source : ville de Grenoble)

○ Immeuble C Carré Mansart (rénovation)

Carré Mansart ilot C (hors Concerto)

1. Villes et villages Création
2. Braymand architecte
3. COTIB (BE thermique)

Création d'une vingtaine de logements et de 6 surfaces commerciales en accession à la propriété dans un ancien bâtiment dans trois montées

Consommation : environ 80 kwh/m²/an

Raccordement au réseau de chaleur urbain : 1 sous-station par montée

Rafrachissement par la nappe des logements du dernier étage

Panneaux thermiques solaires pour ECS avec appoint par réseau de chaleur



Figure 6 - Carré Mansart ilot C (photo Gilles Debizet)

L'apport de chaleur par le réseau de chaleur urbain est relativement banal à Grenoble. L'assemblage des NSE est simple comme le montre le dessin ci-dessous et nécessite simplement une articulation avec la Compagnie de Chauffage urbain pour la conception de la sous-station (conception réglée) au sein du bâtiment.

Grenoble De Bonne Ilot C-E-J Assemblage "Connexion réseau urbain"

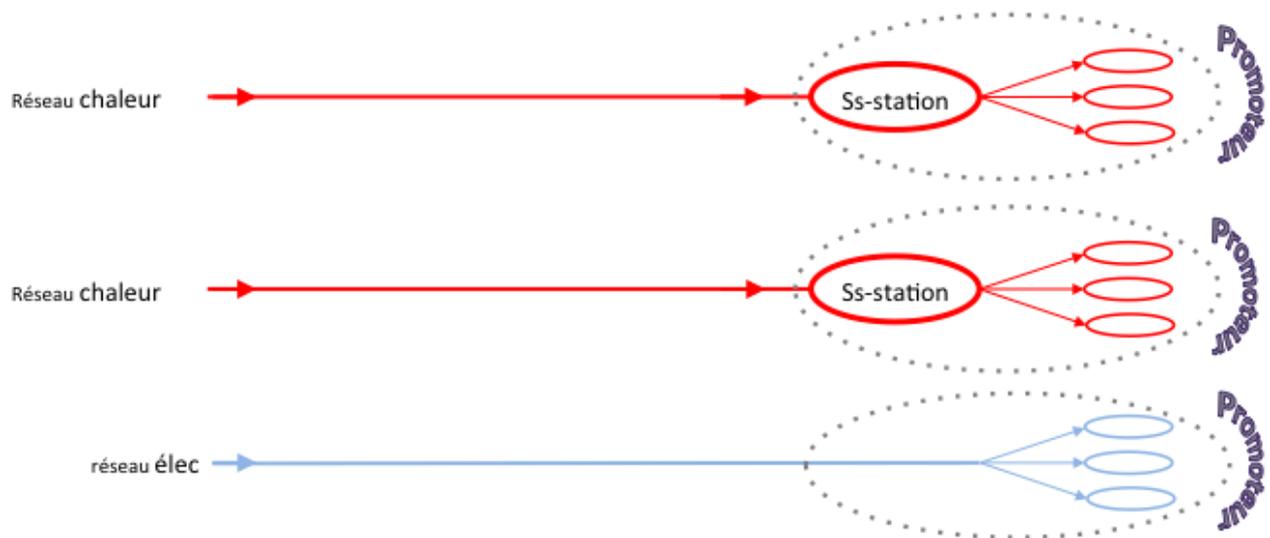


Figure 7 - Assemblage NSE De Bonne bâtiments C et J (Debizet)

- Immeuble G3 Henri IV (résidentiel périmètre Concerto)

Henri IV G3

- Bruno Blain Promotion
- Ateliers Architectes Lion

28 logements en accession

Livraison juillet 2008

Performances et dispositifs Concerto
(Cogénération dans le bâtiment)

+ Rafraîchissement par la nappe



Figure 8 - Immeuble Henri IV (Photo : Ville de Grenoble)

La production de chaleur utilisée pour le chauffage et l'ECS est particulièrement innovante. Gaz et Electricité de Grenoble (GEG), le distributeur public d'énergie contrôlé par la ville, est maître d'ouvrage et exploitant - pendant 12 ans - de l'unité de cogénération située dans le bâtiment et de la chaufferie gaz qui est commune à l'ensemble de l'ilot G. Les locaux correspondant sont construits par le promoteur immobilier et deviennent propriété de la copropriété. GEG récupère l'électricité qu'il injecte dans son réseau en bénéficiant d'une contribution pour service public de l'électricité (CSPE) définie par le Code de l'Energie¹.

Pendant 12 ans, la copropriété est donc engagée à acheter de la chaleur à GEG et à mettre les locaux à disposition.

¹ [articles L.311-10, L.314-1 et L.121-27 du Code de l'énergie](http://www.cre.fr/operateurs/service-public-de-l-electricite-cspe/mecanisme) et explications sur le site de la Commission de Régulation de l'Energie <http://www.cre.fr/operateurs/service-public-de-l-electricite-cspe/mecanisme>

Grenoble De Bonne Ilots A-B-G Assemblage “Cogénération bâtiment + chaufferie ilot”

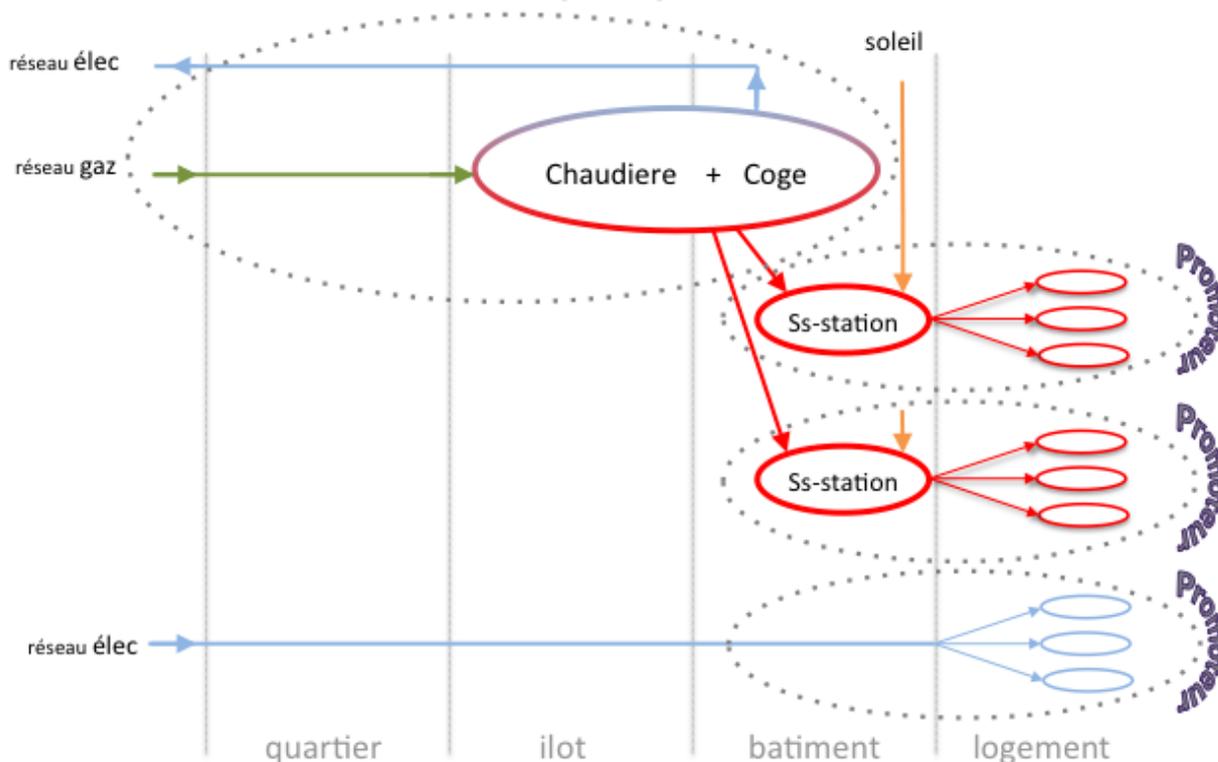


Figure 9 - Assemblage des NSE Cogénération ilots A, B et G (Debizet)

A noter que cet assemblage a différé pour l'ilot H qui se situe hors du périmètre Concerto : une seule unité de cogénération a été installée pour l'ensemble de l'ilot.

Grenoble De Bonne Ilot H Assemblage “Cogénération ilot”

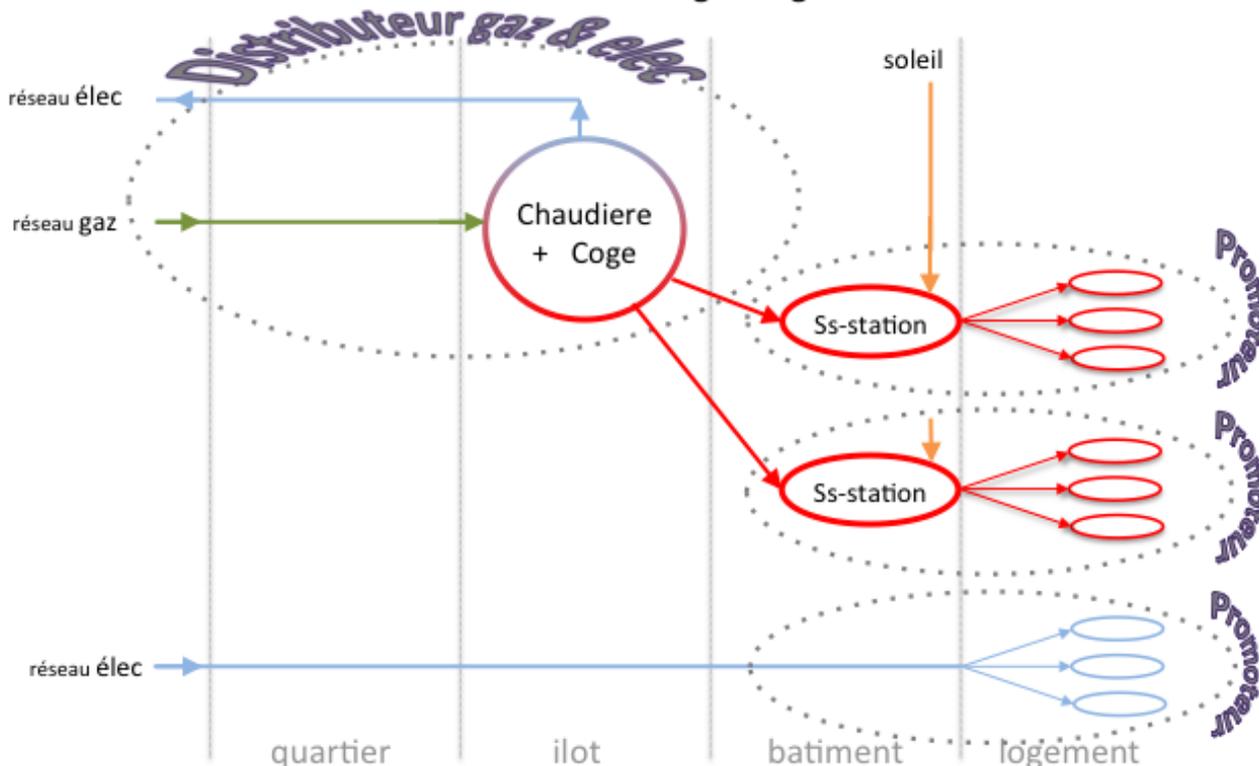


Figure 10 - Assemblage cogénération ilot H (Debizet)

L'articulation avec les équipements assurant les usages de la chaleur est décrite ci-dessous. Le chauffage des logements peut être assuré soit en chauffant l'air insufflé par la ventilation double flux soit par un fluide caloporteur desservant des radiateurs (ALEC 2011).

SCHEMA DE PRINCIPE DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE / ECS / VENTILATION

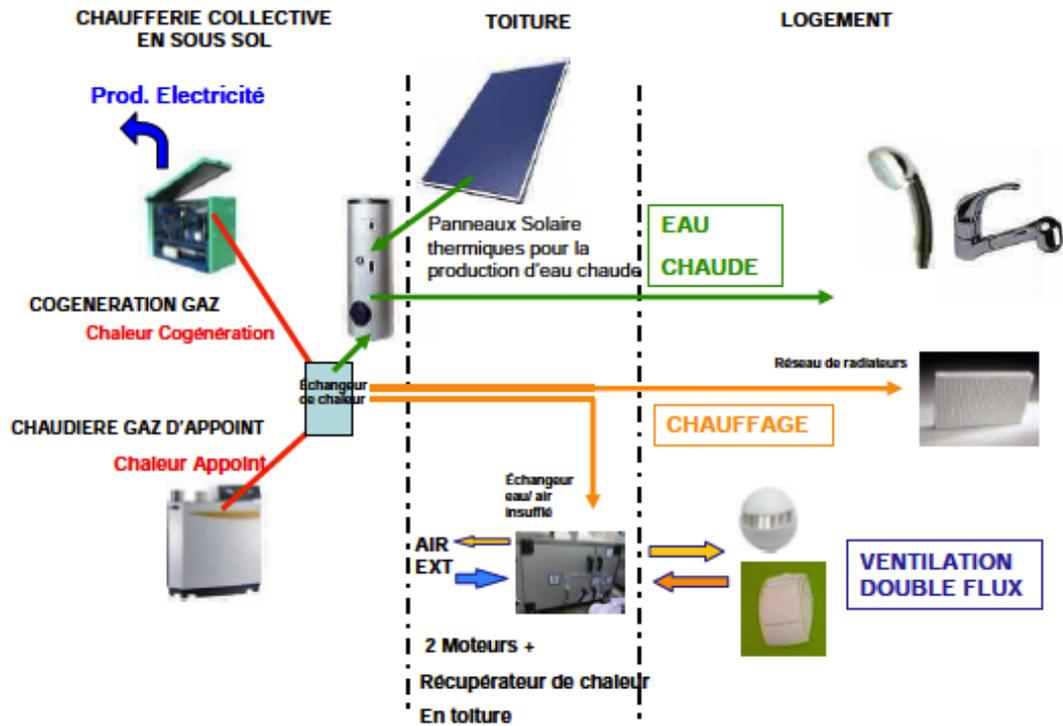


Figure 11 - Equipements en aval de la cogénération (Source : ALEC Agglomération Grenobloise 2011)

- Immeuble J3 Le Partisan (résidentiel hors Concerto)

Le Partisan J3

- Actis (bailleur contrôlé par la Ville)
- Gerbier-Béranger Architectes
- Nicolas (BE Thermique)

32 logements sociaux

Livraison octobre 2010

Performances Concerto

Labellisation BBC

Chauffage urbain



Figure 12 - Le partisan J3 (Photo Ville de Grenoble)

Comme les trois bâtiments de l'îlot J, Le Partisan est raccordé au réseau de chauffage urbain. Banal et simple, l'assemblage est identique à celui du bâtiment C (cf. supra)

- Immeuble J Bonne Energie (bureau)

Bonne Energie I

- PRD Promotion
- Creon architecture
- Choulet BE Fluides
- ADDENDA (AMO Energie)

1900 m2 SHON de bureau (1600 utile)

BEPOS (besoin chauffage 10 kwh/m2/an et tout usage de 60 kWh/m2/an)

- Triple vitrage + bouchon thermique
- 500 m2 panneaux photovoltaïques
- PAC géothermique
- Rafraîchissement par nappe



Figure 13 - Immeuble Bonne énergie (Photo Gilles Debizet)

L'objectif BEPOS a conduit les maîtres d'œuvre et l'AMO à concevoir l'enveloppe du bâtiment et les installations énergétique et de ventilation (double flux) en fonction de la production annuelle des panneaux photovoltaïques. L'ensemble a été assuré sous une maîtrise d'ouvrage unique. Le promoteur-investisseur avait à l'origine l'intention de louer mais a finalement vendu les espaces de bureaux. L'électricité est revendue au tarif d'achat défini par l'Etat au distributeur local d'électricité, en l'occurrence Gaz et Electricité de Grenoble. Comme pour la cogénération, le distributeur d'électricité bénéficie d'une contribution pour service public de l'électricité (CSPE) définie par le Code de l'Energie².

² [articles L.311-10, L.314-1 et L.121-27 du Code de l'énergie](http://www.cre.fr/operateurs/service-public-de-l-electricite-cspe/mecanisme) et explications sur le site de la Commission de Régulation de l'Energie <http://www.cre.fr/operateurs/service-public-de-l-electricite-cspe/mecanisme>

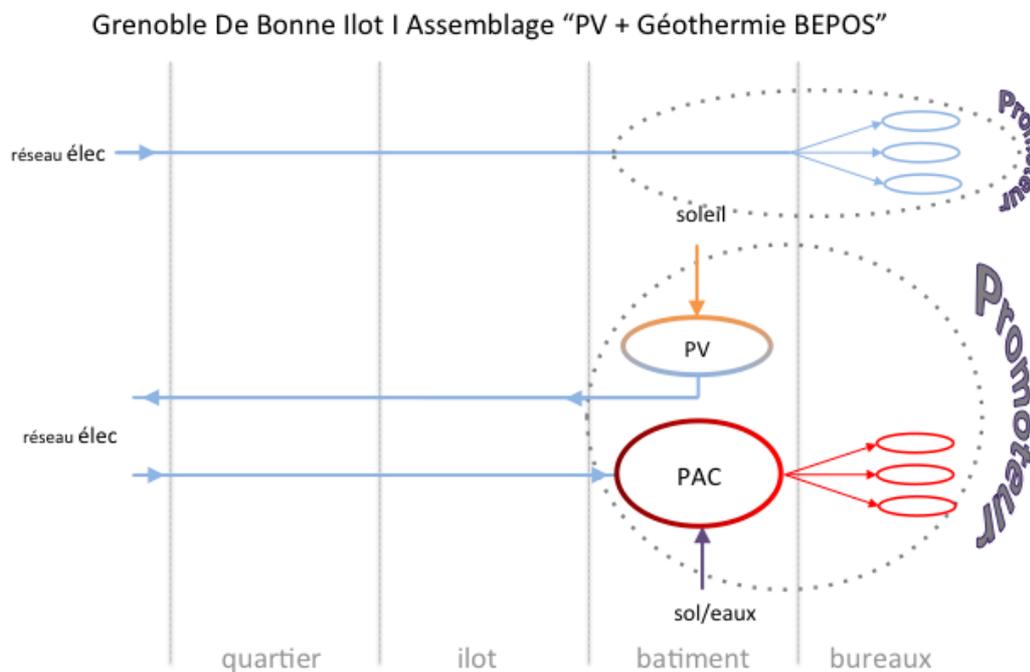


Figure 14 - Assemblage Géothermie + PV Immeuble I Bonne Energie (Debizet)

1.1.5 Bibliographie

ALEC. 2011. « Retours d'expérience sur la Zac de Bonne ».

Bobroff, Jacotte. 2011. « LA CASERNE DE BONNE A GRENOBLE : PROJET EMBLEMATIQUE D'UN DEVELOPPEMENT DURABLE A LA FRANCAISE ».

Delaunay, Julien, Nicolas Ansot, Lyes Benguerah, Chinese Benzeghiba, et Souleyman Diallo. 2010. « CONCEPTION QEB DES IMMEUBLES DE L'ECO-QUARTIER DE BONNE HORS CONCERTO ». Mémoire de master MOBAt. Grenoble: Université Grenoble Alpes (UJF et UPMF).

Feidt, Marion, Edmond Moshkanbarians, et Guillaume Parmentier. 2009. « Co-pilote de la QEB sur le quartier De Bonne à Grenoble Une démarche progressive et très volontariste de la Ville ». Mémoire du master MOBAt. Université Grenoble Alpes (UJF et UPMF).

Sages. 2011. « De Bonne, un écoquartier dans la ville ».

1.2 Réseau de chaleur et chaufferie bois, quartier Bastille à Fontaine (Isère)

1.2.1 Principales innovations (solutions techniques, échelles, statut juridique ...)

Ce réseau est alimenté par une chaufferie bois de 700 kilowatts de puissance, alimentée en plaquettes de bois (bois déchiqueté), fourni par le groupe Lely. Le réseau est long de 800 mètres et assure chauffage et eau chaude sanitaire. Après plusieurs appels à délégations de service public (DSP) infructueuses, le choix d'une régie a été choisi par la ville de Fontaine, entraînant la création d'un Service public à caractère industriel et commercial (SPIC). La gestion est contractualisée avec Dalkia jusqu'en 2014 et la ville envisage d'acquiescer la compétence de gestion une fois ce contrat terminé. La Ville de Fontaine a imposé le raccordement au réseau de chaleur bois aux bailleurs et promoteurs, via le cahier des charges de cession du terrain (ALEC, 2010).

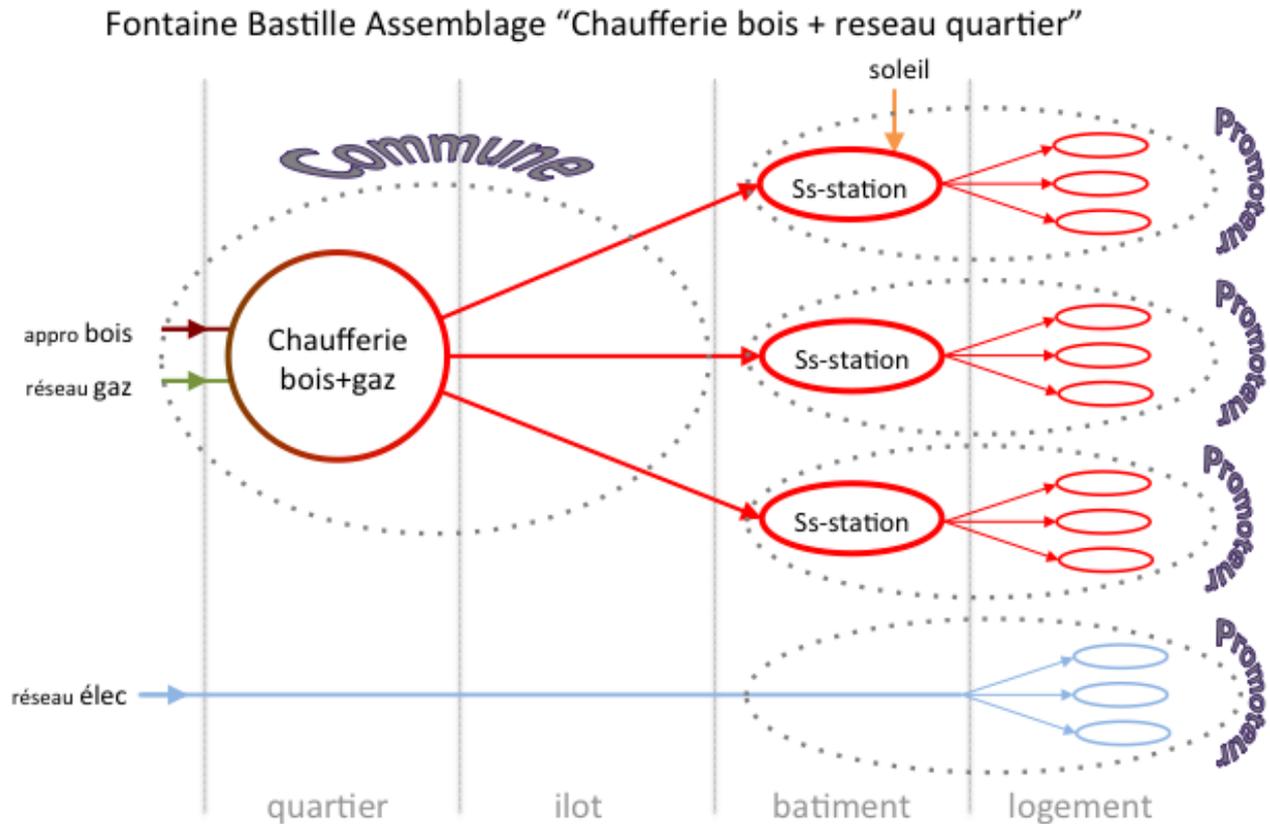
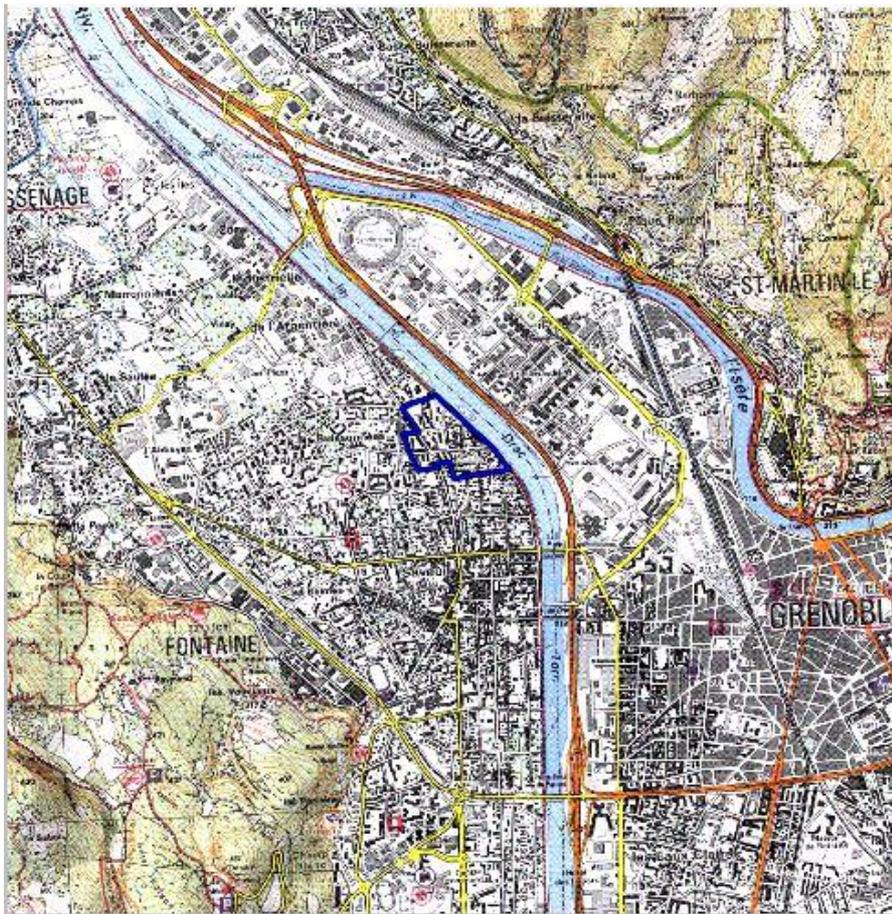


Figure 15 - Assemblage NSE Bastille-Fontaine "Chaufferie bois quartier" (Debizet)

1.2.2 Localisation du quartier et envergure du projet

La Zone d'aménagement concertée (ZAC) de la Bastille est située sur la commune de Fontaine, dans l'agglomération grenobloise, à l'ouest de la commune de Grenoble, dont elle est séparée par le Drac. La commune de Fontaine contient environ 22 000 habitants et appartient à la communauté d'agglomération de Grenoble-Alpes Métropole (environ 400 000 habitants). La ZAC Bastille se situe au bord du Drac, dans le Nord-Ouest de Fontaine.



Les Zones Urbaines Sensibles (ZUS) faisant l'objet de la convention sont délimitées par un trait de couleur rouge.
 Les quartiers de dérogation au titre de l'article 6 de la loi n° 2003-710 du 1er août 2003 faisant l'objet de la convention sont délimités par un trait de couleur bleue.

Cartographie DIV-ANRU / ©IGN SCAN25 Cartes) F086_065.

1 cm correspond à 250 m

Figure 16 - Localisation ZAC Bastille à Fontaine (38) (Source : carte IGN)

Le quartier couvre une superficie de 7 hectares, dont 2,2 hectares pour les logements. La densité est de 102 logements/hectare (comparable à celle du centre-ville et plus de deux fois plus importante que celle d'une zone pavillonnaire), selon une note du Centre d'études techniques de l'équipement (CETE) de l'Ouest sur la ZAC (CETE de l'Ouest, 2012). Le quartier comprend 224 logements neufs, dont 55 reconstruits par l'OPAC 38, et une surface commerciale de 1000 m³. Les bâtiments ont une hauteur entre 2 et 5 étages.

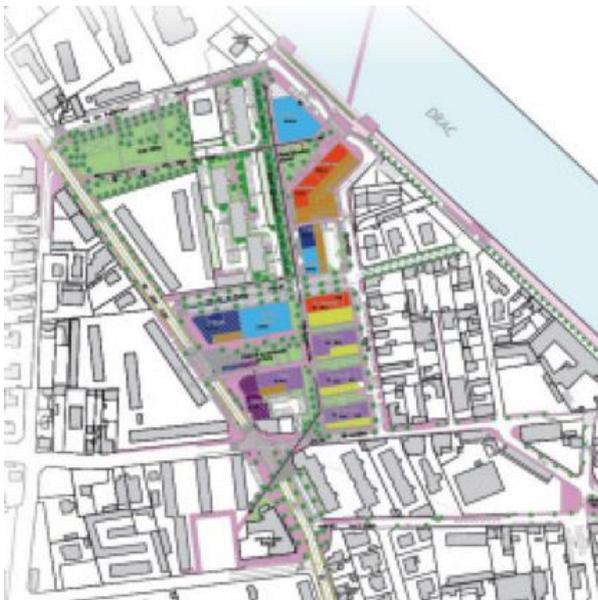


Figure 17 - Plan du quartier Bastille à Fontaine (Source CETE-Ouest)

1.2.3 Historique et ajustements du projet

La Ville de Fontaine a été à l'origine du projet : la démarche s'inscrivait dans son projet urbain, avec la signature d'un contrat de ville en 2000 et d'un Agenda 21 en 2002, Agenda qui a servi de base de réflexion au projet de ZAC. La Ville de Fontaine est l'aménageur de la ZAC et a décidé de la mise en place du réseau de chaleur bois en tant que maître d'ouvrage. La Ville de Fontaine cultive une culture politique de la proximité et de la mixité sociale (Gay, 2011). Une démarche de concertation a été élaborée pour la conception du quartier, conduisant à l'émergence du réseau de chaleur bois qui est l'innovation principale de la ZAC.

Le quartier a fait l'objet d'une convention de rénovation urbaine, telle que prévue par l'article 10 de la loi n°2003-710 du 1er août 2003 d'orientation et de programmation pour la ville et la rénovation urbaine. Les relogements ont concernés 124 familles.

Les premiers logements ont été livrés en 2010, la chaufferie bois mise en service en novembre 2012 et la fin de la rénovation urbaine prévue pour 2013-2015.

1.2.4 Bibliographie

ALEC, 2010, « Création d'un réseau de chaleur bois à Fontaine »,.

CETE de l'Ouest, 2012, « Retour d'expérience : la mise en place du réseau de chaleur bois de l'écoquartier Bastille (Fontaine - Isère) »,. Adresse : <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/retour-d-experience-la-mise-en-a926.html> [Consulté le : 11 août 2013].

Gay Stéphanie, 2011, Eco-quartier: les paradoxes, Mémoire de fin d'études Licence professionnelle, UPMF.

1.3 Réseau de chaleur et récupération de chaleur des eaux usées, quartier Sainte Geneviève à Nanterre (Hauts-de-Seine)

Le nouveau quartier Sainte-Geneviève à Nanterre héberge le premier réseau de chaleur français alimenté par la chaleur émanant des eaux usées. Il a bénéficié du soutien de l'ADEME au titre du Fond Chaleur.

1.3.1 Principales innovations (solutions techniques, échelles, statut juridique ...)

Par des plaques insérées dans le fond de la canalisation d'évacuation des eaux usées (brevet Degré Bleu), un fluide caloporteur récupère sur 200 mètres de long la chaleur et la transporte à quelques centaines de mètres dans une chaufferie. Ensuite, une pompe à chaleur récupère la chaleur de ce fluide et élève la température du circuit primaire du réseau de chauffage urbain du quartier.

Il est prévu que Degré Bleu apporte une puissance de 800 kW permettant de couvrir 39% des besoins annuels de chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire). Une PAC géothermique apporte 14%, afin d'atteindre plus de 50% permettant ainsi de faire bénéficier les habitants d'une TVA à taux réduit (5,5%) sur leur facture énergétique. Le reste des besoins est couvert des chaudières gaz, elles aussi situées dans la chaufferie. Ce dispositif permettra d'éviter 13 500 tonnes de CO₂ au total.

Les bâtiments (neufs) du quartier sont connectés au réseau de chaleur via des sous-stations situées en pied d'immeuble. Les bâtiments sont THPE ou BBC selon la RT2005. L'école en cours de construction en 2013 sera BEPOS.

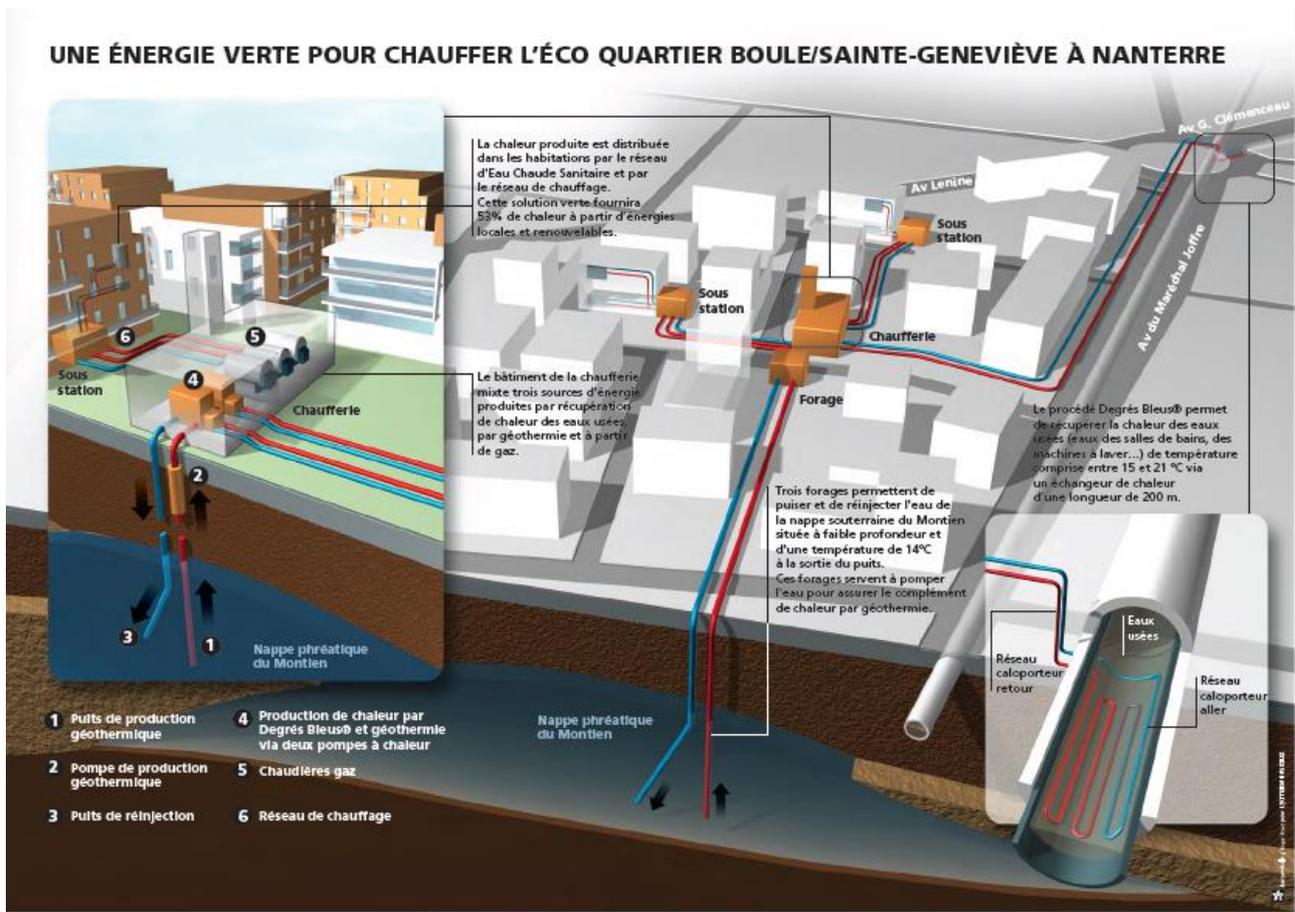


Figure 18 - Réseau de chaleur avec récupération de chaleur des eaux usées (Source Ville de Nanterre)

L'assemblage peut être visualisé comme suit :

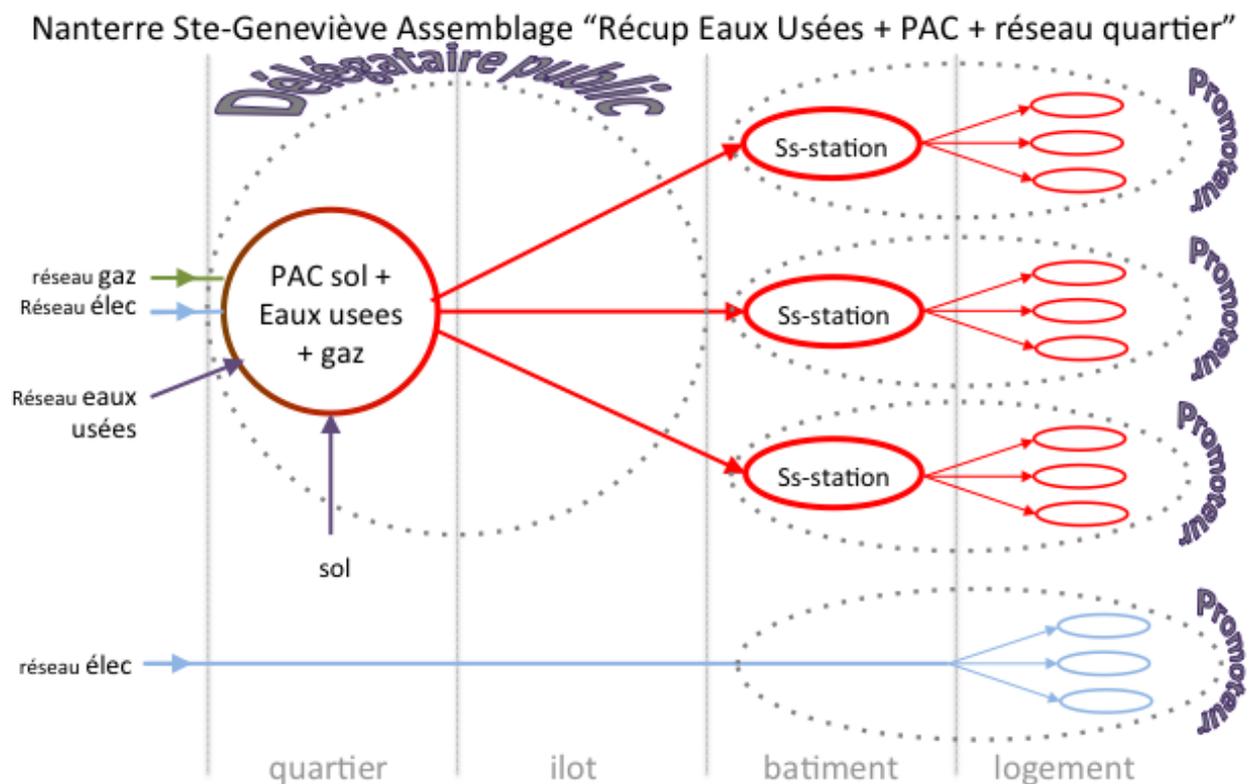


Figure 19 - Assemblage NSE Ste-Geneviève-Nanterre "chaufferie mixte + réseau quartier" (Debizet)

1.3.2 Localisation du quartier et envergure du projet

Sur une surface de 5 ha, le nouveau quartier Sainte-Geneviève comprend 650 logements, une résidence pour jeunes actifs, 1000 m² de surface commerciale et une école de 15 classes. Sur une friche industrielle, trois rues, une place et des jardins de cœur d'îlot ont été réalisés.



Figure 20 - Quartier Sainte Geneviève à Nanterre

1.3.3 Historique et ajustements du projet

Breveté par une société suisse, la licence d'utilisation pour la France du procédé Degré Bleu a été achetée par Bernard Saunier (fondateur et ancien dirigeant du bureau d'études spécialisé dans l'eau Saunier et localisé à Nanterre) et la Lyonnaise des Eaux pour la France. Ce dispositif permet de récupérer la chaleur des fluides s'écoulant dans les collecteurs sans détourner les eaux usées contrairement à la technologie promue par le concurrent de la Lyonnaise des Eaux, Véolia Environnement.

Séduit par cette technologie lors d'une visite à Winterthur (Suisse) à l'invitation de Bernard Saunier et de la Lyonnaise, Patrick Jarry, Maire de Nanterre (et ingénieur du corps des Ponts et Chaussées) a souhaité l'expérimenter sur la commune. Dans la lignée de son Plan Climat, la ville de Nanterre a souhaité inscrire la ZAC Sainte-Geneviève dans une démarche d'écoquartier (cf. supra). La Ville a demandé à l'aménageur de la ZAC (la SEM Nanterre) d'étudier la faisabilité économique et le montage juridique d'un réseau de chaleur en partenariat avec le service Energie de la Ville.

Une convention d'occupation du Domaine Public à titre gracieux a été signée avec la Ville pour l'installation et l'utilisation des plaques de récupération de chaleur dans le collecteur des eaux usées. Le principe de la délégation de service public a ensuite été adopté par la municipalité. Pour respecter le code des marchés publics tout en utilisant le dispositif Degré Bleu, l'appel à concurrence prévoyait l'utilisation de Degré Bleu et que le délégataire rémunère pour ce faire les déposataires de la licence en France. Seul un groupement associant les filiales Cofely et Lyonnaise des Eaux, toutes deux filiales de GdF-Suez a remis une offre et a donc été sélectionné pour construire la cheufferie et le réseau et l'exploiter pendant une durée de 25 ans.

Le délégataire a défini les montants correspondants à l'investissement (part fixe R2) et au fonctionnement (part variable R1). La part fixe est partagée entre tous les bâtiments raccordés au prorata de leur demande de

puissance. La part variable est facturée à chaque bâtiment proportionnellement à sa consommation. Le raccordement des bâtiments au réseau est rendu obligatoire par le contrat de cession des terrains. La chaufferie et le réseau ont été livrés en même temps que les premiers bâtiments à l'été 2011.

Les tarifs fixés en juin 2011 étaient plus élevés que prévus : part variable R1 (hiver) 44,23€/MWH, part variable R1 (été) 20,8€/MWH, part fixe R2 : 115,55€/kW. La livraison et le raccordement de futurs bâtiments en 2013 et 2014 devraient permettre de réduire la part fixe à un prix plus conforme au coût de solutions standard et donc plus acceptable par les habitants.

1.3.4 Bibliographie

CETE de l'ouest, 2012, Retour d'expérience : la création du réseau de chaleur de l'écoquartier Centre Sainte-Geneviève (Nanterre - Hauts-de-Seine), page <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/retour-d-experience-la-creation-du-a935.html> mise en ligne le 25 avril 2012 et consulté le 23 septembre 2013.

Nanterre, SEMNA, COFELY, Suez-Lyonnaise des Eaux, 2011, Dossier de Presse, Une première en France : un écoquartier chauffé grâce à la récupération de la chaleur des eaux usées, vendredi 18 mars 2011, 12p.

1.4 Smart grid, projet IssyGrid, Issy les Moulineaux Hauts-de-Seine

IssyGrid est un projet d'écoquartier fondé sur les nouvelles technologies, lancé en avril 2012, à Issy les Moulineaux. Porté principalement par des acteurs privés et financé à 100% pour eux, il inclut à la fois du tertiaire et du résidentiel. Le projet est classé en 2011 dans le Top 7 des « Intelligent Communities » mondiales par un think tank spécialisé des Etats-Unis. La Ville est plutôt en retrait du projet, sauf sur les questions qui l'a concernent directement (ex. l'éclairage public). Ce projet d'écoquartier vise à terme à être intégré au tissu énergétique global de la ville.

Au niveau environnemental, le projet vise à réduire les émissions de carbone et, au niveau énergétique, à développer une gestion efficace d'assemblages associant production locale d'énergies renouvelables (éolienne, PV), de stockage et de lissage - en associant consommation et production entre tertiaire et résidentiel, grâce à un principe de vases communicants entre les bâtiments tertiaires à énergie positive en veille le week-end et les foyers résidentiels plus demandeurs en énergie à cette période. La méthode des offres tarifaires et des effacements est également appliquée.

Issygrid comprend 6 grandes catégories d'actions intégrées par un smartgrid: « smart water », « smart buildings », « smart streets », « smart energy », « smart mobility » et les services publics associés.

1.4.1 Principales innovations

Des innovations sont développées sur plusieurs domaines, notamment l'agrégation des données et les assemblages pour atteindre des niveaux de performances énergétiques ambitieux :

l'association du résidentiel et du tertiaire comme moyen de lisser les fluctuations de consommation sur des périodes hebdomadaires ;

l'intégration de la voiture électrique dans le paysage urbain à la fois pour la recharge mais aussi comme stockage durant la nuit, par exemple et qui inclut les bornes de recharges dans le domaine public et les voitures électriques comme source d'énergie pour le résidentiel la nuit. Le smart grid pilote également la recharge de batteries de véhicules électriques en fonction de l'état du réseau électrique et du planning de réservation des utilisateurs ;

la modulation de l'éclairage public en fonction de la luminosité, éclairage intégré au smartgrid avec ;

un suivi de la production des énergies renouvelables du quartier et des consommations du tertiaire et du résidentiel (96 logements connectés et dotés d'un système d'alerte et de comparaison des consommations enregistrées avec le voisinage) ;

un microparc éolien en milieu urbain ;

une agrégation des données des consommations (logements, tertiaires, commerces, équipements publics), au stockage d'électricité (batteries,...) et de production locale d'énergie photovoltaïque grâce à un outil de monitoring intelligent en réseau, en temps réel et de manière anonyme ;

En matière de gouvernance de projet, le consortium d'acteurs privés a innové en matière de gestion de projet et de partage des ressources. Il a élaboré des règles explicites de partage de l'information et de résultats entre les partenaires et travaille sous la forme de comités de travail par assemblage (et non pas par opération) ;

Un poste de transformation implanté de technologies de stockage est utilisé pour optimiser les modes de production énergétique dans le quartier : la micro ferme éolienne et les 1000 m² de panneaux photovoltaïques intégrés aux toits des bâtiments tertiaires.

Le poste de distribution électrique de la rue Bara, relié aux panneaux photovoltaïques de la Tour Sequana est également devenu communicant en 2013, et il accueillera des batteries de véhicules électriques recyclées qui stockeront à certains moments l'électricité excédentaire produite sur le site pour la restituer en période de forte consommation.

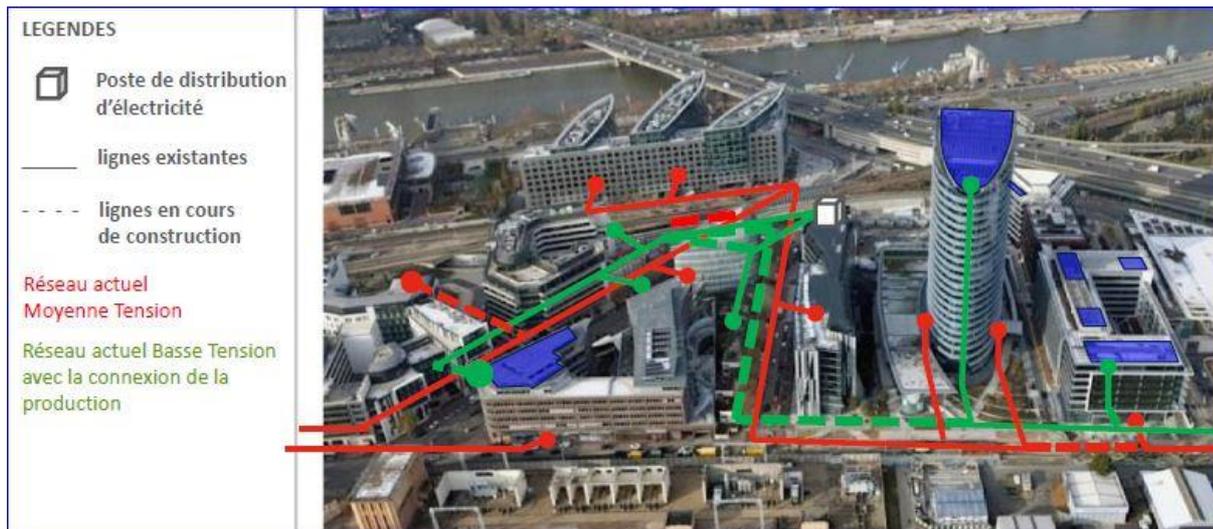


Figure 21 - IsseyGrid (Source Ville d'Issy)

1.4.2 Localisation du quartier et envergure du projet urbain

Située près de la Seine, non loin de Paris, et à proximité d'une voie rapide, le quartier contient à la fois tertiaire et résidentiel. La hauteur des bâtiments varie beaucoup, avec le tertiaire et notamment la Tour Sequana (23 étages, 100m de haut) et le résidentiel. Le projet vise à être intégré au réseau de la ville, en commençant par Fort d'Issy, qui inclut également la géothermie. A terme, le projet comptera : 2 000 logements, 5 000 habitants et 10 000 employés, 160 000m² de tertiaire.

1.4.3 Historique et ajustements du projet

La première phase axée sur le tertiaire fait place depuis 2013 à la phase habitat, intégré au développement de Fort d'Issy. Près d'une centaine de capteurs ont été pour l'instant installés mais devrait l'être après analyse des résultats sur l'ensemble du parc de logements.

Le tertiaire (160 000m²) suit la même évolution, débutant avec un bâtiment test (Galeo, siège de Bouygues Immobilier), pour ensuite être élargi à quatre autres : EOS (siège de Microsoft en France et du groupe Steria), Farman (siège de Systra), la tour Sequana (occupée par Bouygues Telecom et Eqwater).

Le projet s'inscrit en continuation avec le quartier Seine Ouest (quartier de 360 000m² de bureaux, le premier quartier d'affaire HQE* de France). Bouygues Immobilier est l'initiateur du projet et interpelle la ville pour mener une expérimentation dans l'énergie et dans le domaine environnemental. Souhaitant un projet urbain énergétique complet, le consortium est rapidement formé sous l'initiative du groupe Bouygues Immobilier.

Se joignent d'abord Bouygues Energie et Service et Bouygues Telecom, Alstom, ERDF, Schneider, Total, Steria, Microsoft, et peu de temps après, EDF qui a sollicité le groupe pour s'y joindre. Quoique les acteurs aient plusieurs parfois intérêts, on peut les résumer de la manière suivante :

Bouygues Immobilier : gestionnaire global du projet

Bouygues Telecom : interface de données résidentiel

Bouygues Energie et Service : éclairage public et stockage local

Alstom : Agrégateur et optimisation

ERDF : Agrégateur et optimisation

Schneider : voiture électrique et gestion de l'énergie dans le tertiaire

Total : Production photovoltaïque

Steria : Architecture de l'information, pilotage et optimisation de la consommation énergétique dans le tertiaire.

Microsoft : architecture de l'information

EDF : modèles d'affaires.

1.4.4 Bibliographie

Gaudion, Joris, 2013. Schneider Electric France. IssyGrid Project Business District Seine Ouest & Residential district Fort d'Issy. Bring Energy Flexibility Solutions at a district level in the future Smartcity. PPT-PDF.

Sources Internets :

- <http://www.issy.com/grands-projets/innovation-issygrid>
- IssyGrid Virtual Tour : http://www.pvgrid.eu/uploads/media/07-bouygues_martin_kaiser.pdf

2 Chapitre 2 – Méthodologie de construction et d'exploitation du corpus d'entretiens

Gilles Debizet, Antoine Doré, Stéphane La Branche

2.1 Introduction

Le projet NEXUS répond à un double objectif. Il s'agit d'une part de **coproduire des connaissances nouvelles**, en l'occurrence d'explorer les champs des possibles en matière de stockage infra-urbain de l'énergie, et de les illustrer par des scénarii contrastés, et d'autre part, de **développer l'intercompréhension** entre disciplines scientifiques, en l'occurrence dans un bassin de la recherche française qui dispose d'une grande diversité disciplinaire de chercheurs travaillant sur l'énergie et l'environnement. L'objectif de coproduction concerne donc autant le produit final que le processus, sachant que ce processus se poursuivra au-delà du projet NEXUS si l'intercompréhension entre disciplines a progressé.

Cette intercompréhension entre discipline ne va pas de soi. Les concepts et les termes propres à une discipline permettent de réduire les coûts de transactions entre les chercheurs de cette discipline ainsi qu'avec les praticiens mobilisant ces concepts. Dans une collaboration entre chercheurs de disciplines différentes, il est nécessaire de prendre du temps pour expliciter le vocabulaire et les concepts, même de façon simplifiée et réductrice, comme le montre les observations sur les objets-frontières (Star et Griesemer 1989). Collaborer entre disciplines requiert un déplacement cognitif paradoxal : pourtant garant de sa discipline dans l'équipe, le chercheur est conduit par ses efforts cognitifs hors de son champ disciplinaire à accepter des causalités et des relations que sa discipline ignore.

La constitution d'un corpus commun est, de ce point de vue, une épreuve en soi. En effet, dans toute recherche, le chercheur puise des éléments de preuve dans son corpus ; leur validité scientifique dépend des modalités de construction et d'utilisation du corpus et notamment de la cohérence entre la problématique, les modalités de l'enquête, la conduite des entretiens et leur analyse (Brechon 2011; Kaufmann et Singly 2007). Puisque cette cohérence est basée sur des concepts généralement attachés à la discipline scientifique, la construction d'un corpus d'entretiens commun constitue un formidable moyen de forcer l'intercompréhension entre les chercheurs de différentes disciplines. C'est aussi un défi puisque la cohérence entre la constitution du corpus et la rigueur scientifique des analyses ne peut s'appuyer sur une méthodologie fondée sur un concept avéré par une seule tradition disciplinaire.

Le projet NEXUS soulève donc **un défi méthodologique ambitieux** : élaborer et expérimenter une méthode d'analyse qualitative permettant de répondre concomitamment à (1) des **enjeux d'articulation séquentielle** des différentes phases successives du projet (articuler les phases exploratoires, descriptives et explicatives d'une part, et la phase plus opérationnelle de construction des *scénarii* et de mise en œuvre d'ateliers prospectifs d'autre part), (2) des **enjeux d'articulation transversale** des différents chercheurs (faire en sorte que la méthode répondent concomitamment aux besoins particuliers de chercheurs dans le cadre d'une production de *connaissances mono-disciplinaires*), (3) des **enjeux d'interdépendance et de coordination** d'une entreprise collective de production de *connaissances pluridisciplinaires* (faire en sorte que la méthode élaborée favorise la cohésion de l'équipe et l'articulation intégrée des productions scientifiques, notamment dans l'élaboration des *scénarii*).

L'architecture générale du projet de recherche NEXUS proposé à l'ADEME a été conçue afin de placer les chercheurs dans des situations réciproques d'interdépendance ce qui est plutôt innovant dans le monde de la recherche en SHS. Chaque chercheur alterne la production de connaissances pour les autres avec l'utilisation de connaissances produites par d'autres. Dans le WP1 (Etat de l'art et typologie des écoquartiers), des analyses mono-disciplinaires - économique, géographique, politique et technologique - utilisent tout ou partie d'un corpus de littérature scientifique et grise sur les écoquartiers. Dans le WP2, quatre analyses mono-disciplinaires portent sur un corpus d'une cinquantaine d'entretiens construit par les cinq chercheurs contribuant à l'analyse. Mais la démarche est inversée dans le WP3 : les briques de connaissances disciplinaires - et bénéficiant des compréhensions mutuelles précédentes - alimentent des scénarii prospectifs élaborés en commun. Enfin, la rédaction finale du rapport (WP4) concilie deux formes parallèles : un exposé des dissensus entre chercheurs et des préconisations (consensus) à l'ADEME.

Cette organisation visait, d'une part, à partager certaines connaissances sur les terrains, les acteurs et les objets à étudier : la conception de l'écoquartier De Bonne, la conduite de projets immobiliers et les dimensions techniques des systèmes énergétiques auxquelles les chercheurs en SHS sont en général peu familiarisés et, d'autre part, à maintenir l'hétérogénéité disciplinaire tout au long du projet, hétérogénéité recherchée et nécessaire pour esquisser et alimenter des scénarii contrastés. Ceci permettait aussi aux SHS d'investir ce champ. Il était prévu de précoder les entretiens avec un logiciel adapté (cf. section 3) dans l'objectif de faciliter les analyses du millier de pages d'entretiens par les chercheurs et de partager un vocabulaire relatif aux objets de recherche. Nous verrons plus loin que ce précodage a rempli aussi d'autres fonctions.

Cette architecture générale étant définie (dans la proposition de recherche) et après une phase d'interconnaissance et de familiarisation avec les écoquartiers, le travail méthodologique mené pour l'enquête s'est organisé - plus ou moins successivement - autour de trois activités à forte dimension collective et interdisciplinaire : la détermination des objets de recherche, l'élaboration de la grille d'entretien et le précodage des entretiens.

Dans ce chapitre, ces trois activités font successivement l'objet d'une discussion méthodologique en fonction des défis que les dimensions pluridisciplinaire et interdisciplinaire de la recherche ont contribué à exacerber :

- Détermination des objets de recherche : la difficulté consistait à prendre en compte la diversité des vecteurs d'énergie et des échelles tout en définissant ces objets de façon suffisamment floue pour laisser les acteurs (les personnes interviewées) en définir leur contour et les interfaces. Cette section explicite aussi le processus de sélection des personnes à interviewer.
- Élaboration de la grille d'entretien : chaque entretien devait contenir des informations intéressantes sur chacun des thèmes à analyser mais sans dérouler l'entretien en sections thématiques. La grille d'entretien devait être suffisamment lâche pour que l'enquêteur approfondisse des questionnements en fonction de la pertinence des propos de l'enquêté et suffisamment explicite pour que l'enquêteur ne privilégie pas ses propres variables explicatives.
- Précodage des entretiens : confier le codage à un tiers visait à garantir l'homogénéité et une relative impartialité du codage. Il fallait créer des catégories d'analyse compatibles avec les différents concepts mobilisés par les chercheurs : des catégories qui facilitent leur travail d'analyse sans imposer une interprétation ou un concept au détriment d'autres.

2.2 Détermination des objets et sélection des terrains et des personnes

2.2.1 Introduction

Quels objets et quels acteurs observer pour identifier le champ des possibles en matière de stockage de l'énergie aux échelles infra-urbaines ?

La transformation de la ville s'organise, à première vue, selon des limites spatiales telles que le bâtiment ou la commune et/ou selon des réseaux qui, justement, transgressent les limites spatiales. L'îlot et le quartier sont apparus comme de nouvelles échelles de conception des systèmes énergétiques (Souami 2009) et de gestion des flux (Coutard 2010). Si l'on s'intéresse au système énergétique, la question de l'échelle se pose d'emblée : comment isoler le système énergétique des objets et des milieux avec lesquels il échange des flux d'énergie ? Quels critères président à la définition du périmètre de ce système ?

L'équipe de recherche était confrontée à une situation paradoxale. Du fait d'un bagage conceptuel commun limité (car les disciplines scientifiques diffèrent), il était nécessaire d'utiliser un vocabulaire factuel pour désigner des objets de recherche communs et organiser le travail d'enquête à plusieurs voix. Mais inversement, il était souhaitable que les personnes interviewées (les acteurs) définissent elles-mêmes les contours et les interfaces : ceci supposait une définition relativement floue des objets de recherche au stade d'organisation de l'enquête. Mais ce flou pouvait également poser des problèmes d'échanges entre les disciplines.

Une fois ces objets de recherche plus ou moins déterminés, le processus de sélection des terrains et des personnes à interviewer commençait. Il convenait de s'assurer de la diversité des points de vue parmi les acteurs contribuant à la production de ces objets et limiter le nombre des personnes à interviewer pour que le corpus soit raisonnablement digérable par les chercheurs analystes.

2.2.2 Pourquoi et comment ?

• **Résultats attendus**

Afin de définir des scénarii et de formuler des préconisations, l'analyse du corpus d'entretien visent à produire des blocs de connaissances sur les modèles d'affaires de production, stockage et consommation d'énergie, sur la composition des NSE et leur assemblage dans la ville, sur les potentiels de coopération et de mutualisation ainsi que les logiques des acteurs impliqués dans les coordinations autour des NSE et sur l'acceptabilité sociale et politique des NSE. Il s'agit notamment d'identifier des invariants afin de construire des ensembles d'hypothèses cohérents reliés à des régulations et des politiques nationales et locales.

Cet objectif opérationnel du projet de recherche est à articuler avec des objectifs qui dépassent le projet de recherche : celui de l'intercompréhension entre chercheurs du site grenoblois et celui de la valorisation scientifique - essentiellement disciplinaire - des résultats de la recherche :

- sciences du management : modèles d'affaires et stratégies des acteurs de l'énergie et de l'immobilier,
- géographie et urbanisme : jeux d'acteurs et logique d'action dans la fabrique de la ville,
- sciences politiques : mobilisation politique et gouvernance de l'énergie en phase de construction et de transformation de la ville
- géographie et sociologie : élaboration transcalaire de la performance énergétique

• **Connaissances partagées**

Au cours de la première année du projet NEXUS, des connaissances ont été rassemblées, synthétisées et mises à disposition de l'ensemble des chercheurs de l'équipe (cf. rapport intermédiaire 1, septembre 2012) :

- un panorama des écoquartiers en France et en Europe avec une centaine de documents de littérature grise tagués selon des mots clés,
- une typologie des écoquartiers mettant en évidence les liens entre leur gouvernance en phase de conception et la nature des systèmes énergétiques,
- des fiches présentant les technologies de production et de stockage de la chaleur et de l'électricité utilisables dans le tissu urbain,
- des approches géographique et politique de la programmation et la conception des écoquartiers.

Basée sur une recension, une définition polymorphe de l'écoquartier a été donnée. Pour illustrer la notion de noeud socio-énergétique (NSE) et familiariser les chercheurs avec le quartier De Bonne, deux panoramas des principaux NSE du quartier ont été élaborés ; l'un en fonction des périmètres des gestionnaires des systèmes énergétiques (phase fonctionnement), l'autre en fonction des périmètres de maîtrise d'ouvrage et de conception (cf. chapitre 1 rapport 1). In fine, la définition de NSE retenue par le coordonnateur scientifique privilégiait la phase de conception mais ne précisait ni l'échelle, ni le périmètre, ni les types d'acteurs.

Le NSE est un groupe d'éléments assurant le stockage, le regroupement ou la répartition de flux d'énergie et dont la conception a été supervisée par un même maître d'ouvrage interagissant globalement avec les mêmes acteurs.

• **Données à recueillir**

Par complément aux connaissances partagées, les données à recueillir lors des entretiens concernent essentiellement les déterminants des organisations de la production et du stockage de l'énergie :

- les jeux d'acteurs et logiques d'actions des acteurs de l'immobilier, de l'urbanisme et des réseaux d'énergie
- les instruments de coordination -explicites ou implicites, innovants ou réglés- de toute nature : réglementaire, financier, cognitif ...
- l'influence des héritages et ses apprentissages sur les choix des systèmes énergétiques.

2.2.3 Matériels et méthodes

Il était prévu que l'enquête porte sur deux types de terrains. Dans un premier temps, les coordinations des systèmes énergétiques sont explorées sur un écoquartier sans privilégier d'échelle - du logement au quartier- et sans définir précisément les objets étudiés. Le quartier De Bonne à Grenoble présentait deux caractéristiques particulièrement intéressantes : la diversité des modes et des échelles de production de chaleur, son caractère précurseur en terme de performance énergétique sans compter la facilité à identifier les bons interlocuteurs

grâce à la connaissance accumulée sur ce quartier par le coordonnateur³. Puis, les coordinations centrées sur un noeud socio-énergétique innovant sont explorées sur plusieurs terrains (1 terrain par NSE).

Cela permettait de concilier la nécessité de laisser les enquêtés désigner les NSE et celle de définir les objets de recherche avec un vocabulaire factuel (compensant l'hétérogénéité des concepts et des gammes terminologiques maîtrisés par les membres de l'équipe de recherche). La définition d'un NSE ne pouvait être appliquée qu'à titre d'illustration pour l'enquête sur l'écoquartier mais devait être appliquée avec méthode et précision pour les terrains complémentaires. La détermination des objets de recherche et la sélection des personnes à interviewer diffèrent donc selon le type de terrain.

En préambule, rappelons que nous nous sommes engagés à ce que nos futures publications ne contiennent pas d'informations susceptibles d'attribuer des propos extraits des entretiens à son auteur ni à son entreprise. Cela n'a pas été sans effet sur la constitution du panel de personnes à interroger et conséquemment sur le choix des terrains comme nous le verrons plus loin.

• **Pour le terrain Ecoquartier de Bonne**

- Choix des opérations immobilières et des témoins de ces opérations. Une vingtaine de bâtiments ont été construits sur la caserne de Bonne : majoritairement de l'habitat, une résidence hôtelière, un immeuble de bureau et un très grand centre commercial. Par expérience⁴, nous savions que les décisions relatives à la conception dans des bâtiments performants sur le plan énergétique sont prises⁵ par 3 personnes : le responsable du programme ou le directeur de la maîtrise d'ouvrage, l'architecte et l'ingénieur thermicien/fluides. Les critères retenus étaient : la diversité des maîtres d'ouvrage (bailleurs/promoteurs), de la fonction des bâtiments (pur résidentiel/mixte), de la nature neuf ou rénovation et du statut vis-à-vis des obligations imposées par l'aménageur (Concerto ou hors concerto) et variété des systèmes d'apport de chaleur. Disposant d'un budget pour 20 à 25 entretiens au total et sachant qu'une dizaine d'entre eux concerneraient des acteurs à l'échelle du quartier ou de la ville, il fallait sélectionner 3 à 5 opérations immobilières.
- Sélection des acteurs/témoins de l'écoquartier. Compte tenu de notre connaissance préalable du projet, la sélection s'est faite en deux temps : d'abord 2 ou 3 grands témoins (connaisseurs de l'histoire du projet et dégagés des impératifs de représentation), ensuite, par recoupement et réputation, le panel de personnes à interviewer étant défini parmi les personnes ayant participé aux processus de décision relatives aux principales innovations énergétiques en diversifiant les types d'acteurs.

• **Pour les terrains complémentaires**

La sélection conjointe des noeuds et des terrains complémentaires s'appuyait sur les productions de la première année du projet (WP1) et notamment le panorama des écoquartiers en France et en Europe et les fiches présentant les technologies de production et de stockage de la chaleur et de l'électricité utilisables dans le tissu urbain. Il était prévu de :

1. Etablir une liste de NSE (ce qui suppose de les désigner et de définir implicitement un périmètre) potentiels et novateurs présentant des facilités de stockage de l'énergie.
2. Eliminer de cette liste les NSE mise en œuvre dans l'écoquartier De Bonne
3. Identifier, parmi les NSE restants, les terrains français où ils sont mis en œuvre.
4. Sélectionner 3 ou 4 NSE - et terrains - en fonction des critères : possibilité de retour d'expérience sur la livraison voire, le fonctionnement, la diversité des vecteurs énergétiques, la variété des statuts juridiques et du type d'initiateurs, l'échelle spatiale (de l'objet ou de l'action) entre îlot et quartier,
5. Sélection des personnes à interviewer selon les critères : diversité des types d'acteurs en deux phases : chef de projet et témoins de confiance puis identification acteurs clé par réputation et recoupement.

³ Il a dirigé une demi-douzaine de mémoires de master sur les innovations environnementales et urbaines aux échelles des bâtiments et du quartier sur le quartier De Bonne.

⁴ idem

⁵ Dans les grands groupes immobiliers, les décisions d'engagements relèvent de la direction régionale ou nationale, mais c'est le responsable de programme qui a la connaissance la plus développée des choix technico-financier.

2.2.4 Résultats

• **Choix des opérations immobilières sur l'écoquartier De Bonne :**

Quatre opérations immobilières ont été retenues sur l'écoquartier par le coordonnateur du projet et les coresponsables de l'enquête. Une fois éliminé des bâtiments exceptionnels par leur taille ou la nature des activités (centre commercial, résidences hôtelières), il restait une vingtaine de bâtiments possibles.

Le bâtiment à énergie positive (lot I) était intéressant notamment dans la perspective 2020. Deux bâtiments rénovés (lots C et E) parmi les trois mixaient commerces en rez-de-chaussée et logements en étage, et illustraient deux enjeux essentiels tels que la rénovation énergétique des bâtiments existants et la mixité fonctionnelle. Il restait à choisir deux ou trois opérations parmi la quinzaine de bâtiments résidentiels restants. Un immeuble de logements sociaux déjà observé dans le cadre de projets de master MOBat⁶ paraissait particulièrement intéressant du fait des discussions poussées sur le choix du système de chauffage (cogénération, gaz ou chauffage urbain). Pour satisfaire les critères de diversité (cf. supra), il manquait alors une opération en promotion privée dans le périmètre du projet européen Concerto. Les quatre bâtiments livrés satisfaisant ces deux critères étaient tous chauffés par une cogénération exploitée par le distributeur d'électricité historique⁷, nous avons choisi un bâtiment se distinguant – selon les grands témoins - par un système novateur de rafraîchissement par la nappe phréatique.

Le choix des opérations n'a pas fait l'objet de divergence disciplinaire : les critères (cf. supra) intégraient les attentes des différents analystes notamment la diversité des opérateurs énergétiques et immobiliers. L'hétérogénéité de la connaissance des chercheurs, mais aussi leurs intérêts à approfondir leurs questions de recherche propres, a limité les dissensus sur le choix des terrains d'enquête.

• **Choix des NSE et terrains complémentaires**

Les NSE complémentaires devaient être choisis au début de la phase enquête en parallèle avec l'enquête sur l'écoquartier De Bonne (11 à 13ème mois du projet). Un recueil des définitions de NSE données par chaque chercheur et une discussion en équipe lors du 4ème comité de copilotage scientifique (8ème mois) ont fait apparaître une hétérogénéité dans la compréhension de la notion de NSE (cf. section 1.3 sur l'impact sur le processus de construction de la grille d'entretien). Les échanges suite à la présentation du panorama des écoquartiers faisant apparaître le smart grid comme un champ extrêmement porteur en matière de stockage de l'énergie mais difficile à appréhender en terme de périmètre de systèmes énergétiques, il est décidé qu'un des terrains serait spécifiquement consacré au smart grid : Lyon Confluences ou Issy les Moulineaux. La discussion sur le choix des NSE a été reportée après la finalisation du rapport intermédiaire (13ème mois).

La combinaison de critères techniques (vecteurs énergétiques) et organisationnels (statuts juridiques) ou hybrides (échelles spatiales) dans le choix des NSE. En effet, il apparaissait difficile d'établir une liste complète de NSE potentiels et novateurs au vu du panorama des écoquartiers et des fiches technologiques car il aurait fallu opérer des regroupements d'objets techniques ce qui aurait nécessité de définir de façon générique un périmètre de NSE.

Une poignée de NSE (et terrains complémentaires) ont été proposés lors du 5ème comité de pilotage scientifique (13ème mois) et trois NSE et terrains complémentaires ont été sélectionnés :

- **smart grid** : l'expérimentation **IssyGrid** a été préférée à GreenLys (Lyon) dont les acteurs GreenLys nous semblaient relativement réticents à diffuser des informations entre eux et vers l'extérieur ;
- récupération de chaleur des eaux usées : le **quartier de Sainte-Geneviève à Nanterre** a été préférée au complexe projet d'Ecocité de la presqu'île de Grenoble pour sa simplicité (quelques entretiens suffiraient) et pour prendre connaissance d'un autre contexte territorial que celui de la commune de Grenoble ;
- stockage hydroélectrique sur bâtiment par un bailleur social du Pas-de-Calais ou par Bouygues-Immobilier : aucune des deux pistes n'a été retenues du fait que le système stockage est limité au bâtiment (faible dimension urbaine) ;

⁶ Le Master Maîtrise d'ouvrage et management de patrimoine bâti (MOBat) est une spécialité du master Sciences du Territoire de l'université de Grenoble : il forme des chargés d'opérations et des responsables de programme immobilier. L'écoquartier De Bonne a fait l'objet de plusieurs enquêtes relatives au processus de conception et à la réception des bâtiments.

⁷ Depuis l'origine du réseau électrique grenoblois, la Ville de Grenoble est le distributeur d'électricité (et de gaz de ville), la régie a été transformée en SEM au cours des années 90.

- stockage hydrothermique inter-saisonnier : nous n'avons pas identifié d'expérience de ce type en France ;
- **réseau de chaleur et chaufferie-bois** : 5 terrains ont été présélectionnés par un géographe de l'équipe : le réseau et la chaufferie bois du **quartier Bastille de Fontaine** a été retenu car il était le seul à remplir les trois conditions : échelle du quartier, plusieurs maîtres d'ouvrage immobiliers impliqués et installations en fonctionnement.

2.2.5 Conclusion

Définie conjointement par des dimensions technique et sociale (actants), la notion de NSE a permis de mener une discussion collective sur les choix des objets et des terrains par des chercheurs issus de disciplines différentes. A ce stade, l'hétérogénéité des connaissances n'a pas été un handicap, mais elle a placé ceux qui disposaient de compétences dans plusieurs disciplines et/ou plusieurs secteurs d'activités dans une position influentes sur le choix des NSE et des terrains.

2.3 Elaboration de la grille d'entretien et organisation des enquêtes

2.3.1 Introduction

Elaborer la grille d'entretien s'est révélé un défi et un processus plus complexe que prévu. Dès le départ, l'objectif était de mener des analyses monodisciplinaires d'entretiens recueillis en commun. Concrètement, le pool d'enquêteurs était constitué par des rédacteurs des futures analyses monodisciplinaires ; un ou deux enquêteurs interviewaient à tour de rôle les acteurs des terrains. En conséquence, chaque enquêteur (ou chaque duo) était chargé de collecter des informations susceptibles d'être utilisées par les autres chercheurs lors de la phase d'analyse.

Une grille d'entretien semi-directif (Bréchon 2011) sert à guider les enquêteurs. Elle précise des questions appelant un récit pour la première phase de l'entretien et des indications plus directives afin de recueillir, au cours de la deuxième phase de l'entretien, des informations manquantes. Il convient aussi de prévoir des questions alternatives pour relancer la personne enquêtée au cas où ses récits soient trop brefs. Ensuite, au cours de l'entretien, l'art de l'enquêteur consiste à approfondir le questionnement sur les points soulevés par l'enquêté les plus pertinents par rapport à ces futures analyses.

Le fait que les entretiens seront utilisés par plusieurs chercheurs, et qui plus est, de disciplines différentes posait un défi à l'équipe d'enquêteurs : la grille d'entretien devait être suffisamment lâche pour que l'enquêteur approfondisse des questionnements en fonction des propos de l'enquêté mais suffisamment explicite pour qu'il ne privilégie pas ses propres variables explicatives et néglige celles des autres. Cette section expose les enjeux de la grille d'entretien, la méthode adoptée et les résultats obtenus.

2.3.2 Pourquoi et comment ?

Chaque chercheur a ses questionnements et sa problématique propres, sur les business models, les réseaux, la gouvernance, les freins et les moteurs. Il n'est pas nécessaire de les énumérer plus précisément ici car ils font l'objet des chapitres individuels de ce rapport. De façon transversale, les données à recueillir lors des entretiens concernent essentiellement les déterminants des organisations de la production et du stockage de l'énergie aux échelles du bâtiment de l'îlot ou du quartier :

- les jeux d'acteurs et logiques d'actions des acteurs de l'immobilier, de l'urbanisme et des réseaux d'énergie : rationalités, tensions et conflits, coordination, business models
- les instruments de coordination - explicites ou implicites, innovants ou réglés- de toute nature : réglementaire, financier, cognitif ...
- l'influence des héritages et des apprentissages sur les choix des systèmes énergétiques.

La grille d'entretien devait aussi permettre de situer le rôle de l'enquêté : introduction de l'enquêté et de son organisation dans le projet, leurs objectifs dans le contexte et leur sortie du projet. Elle devait aussi être adaptée à chaque site et en particulier à chaque NSE pour les terrains complémentaires. Il était donc nécessaire de définir assez précisément les NSE à étudier afin de comprendre grâce à l'enquête comment ils ont été constitués sur les terrains analysés.

Cependant, compte-tenu de la nouveauté du sujet et de la pluralité disciplinaire, il était convenu de ne pas détailler trop tôt la grille d'entretien et de se donner la possibilité de l'adapter en fonction de la conduite des entretiens par les enquêteurs. La discussion sur la grille d'entretien constituerait alors un moyen d'harmoniser les pratiques de conduite des entretiens. Pour faciliter cette harmonisation et réduire les biais disciplinaires, il était prévu de mener chaque entretien en duo bi-disciplinaire d'enquêteurs, duos permutant d'un entretien à l'autre.

2.3.3 Matériels et méthodes

• **Intégration des notions d'écoquartier et de nœud socio-énergétique**

Pour commencer à construire la grille, le responsable du WP2 (Stéphane La Branche) disposait de deux notions clés de la recherche : les écoquartiers (EQ) et le nœud socio-énergétique. Basée sur une expression abondamment utilisée dans la presse grand public, la première notion avait fait l'objet d'une riche recension par O. Blanchard et P. Menanteau (cf. chapitre 1 du premier rapport intermédiaire) et des discussions communes.

Complètement nouvelle, la deuxième notion était définie de façon relativement ambiguë et transdisciplinaire (groupe d'éléments liés à l'énergie dont la conception est supervisée par un même maître d'ouvrage...). Au cours de la troisième réunion du comité de pilotage scientifique du projet, il est apparu une grande disparité dans la compréhension de la notion et la capacité à l'appliquer sur le terrain par les chercheurs. Une réelle stratégie d'apprentissage interne au groupe a donc dû être élaborée. Un recueil des définitions par le responsable de l'enquête a largement confirmé cette disparité d'interprétation. Le responsable du projet NEXUS a donc affiné la définition et l'a illustrée par la description ad hoc des systèmes énergétiques utilisés sur l'écoquartier De Bonne à Grenoble (cf. chapitre 1 du premier rapport intermédiaire). Recueil des attentes de chercheurs, reformulation et validation

• **Recueil des attentes de chercheurs, reformulation et validation**

Après un tour de table oral lors du troisième comité de pilotage, et afin de poursuivre le processus d'intégration de la notion par l'équipe, les chercheurs impliqués dans l'analyse des entretiens ont formulé des réponses aux questions suivantes : comment décliner leurs interrogations de chercheurs à la problématique d'assemblage et de mise au point des NSE sur l'écoquartier de Bonne et les terrains complémentaires (en cours de sélection) ?

Cependant, ces textes rédigés par les chercheurs de l'équipe se sont avérés peu compréhensibles en raison de la méconnaissance des enjeux, des objets techniques et du rôle des différents acteurs dans les projets immobiliers et urbains ainsi que des langages propres à chaque discipline. Le responsable de l'enquête ne maîtrisait pas suffisamment ces langages et ces questionnements, ni les notions qui le sous-tendent (qu'est-ce qu'un « *business model* » ? Que signifient « logique d'actions » ou « rationalités » pour les chercheurs qui les utilisent ?), pour pouvoir construire une grille. Des entretiens en face à face d'environ une heure avec les chercheurs ont donc été menés afin d'éclaircir les notions, les questions de recherches, les hypothèses et les objectifs de chacun.

• **Elaboration de questions transversales (communes aux chercheurs enquêteurs)**

Une fois recueillies ces éléments, les questions à poser ont été élaborées en plusieurs phases :

- regroupement des questionnements des chercheurs sur un même document que chaque chercheur a validé ou amendé par écrit,
- reformulation des questions transversales : par itération (échange courriels individuels et réunion de l'équipe d'enquêteurs-analystes) un document de sept pages a été produit (Grille martyre cf. annexe IV)
- simplification des questions transversales (les questions spécifiques à une discipline ayant vocation à être intégrées dans une check-list à utiliser en fin de l'entretien) : les chercheurs ont été invités à élaguer les questions non essentielles du document précédent, le responsable a ensuite synthétisé les réponses dans un document de trois pages.

Pour ne pas accroître démesurément le retard déjà pris par rapport au calendrier initial, la phase exploratoire de l'enquête (cf. infra) a été menée avec ce document. La transformation de ce document en grille d'entretien a ainsi pu prendre en compte le retour d'expérience des premiers entretiens.

• **Elaboration de la grille d'entretien**

- Mise au point du format de la grille d'entretien : lors d'un debriefing avec Stéphanie Abrial, ingénieure de recherche de l'UMR PACTE⁸ spécialiste des techniques d'enquêtes, un format précis de la grille d'entretien a été défini : 1) annonce de l'objet de l'entretien par les enquêteurs 2) questions appelant la présentation de l'enquêté et de son organisation 3) questions appelant des longs récits du projet et de relances si nécessaire 4) liste de points à éclaircir de façon complémentaire aux récits 5) éventuellement questions prospectives. Organisés en succession de séquences thématiques, les points 3 et 4 sont respectivement présentés dans deux colonnes parallèles.
- Intégration/transformation des questions transversales : les questions transversales ont été structurées en séquences : une ou deux questions génériques par séquence d'éventuelles questions de relance dans la première colonne et des mots-clés illustrant des informations à recueillir dans la colonne de droite (cf. annexe IV) ; il s'agit de susciter un récit de façon peu directive en repositionnant l'enquêté dans le contexte du projet (plusieurs années auparavant), mais aussi de limiter les interprétations trop disciplinaires et exclusives et de distinguer grâce à la colonne de droite les points traités de ceux qu'il restait à traiter par des questions plus directives après les récits.
- Retour d'expérience des premiers entretiens : les transcriptions des premiers entretiens menés sur De Bonne ont mis en évidence les difficultés de compréhension par les enquêtés des concepts énoncés dans les questions (*modèles d'affaires, nœud socio-énergétique...*), ils ont été remplacés par des expressions utilisant le vocabulaire courant : création de valeur, offre de service/produit, système énergétique ... L'annonce en début d'entretien a été rédigée.

La grille d'entretien a pris sa forme définitive (cf. annexe V) et a été adressée aux enquêteurs. Parallèlement, les enquêteurs ont confronté leur pratique de conduite des entretiens lors d'une réunion.

• **Planification des entretiens**

Les modalités de prise de contact avec les enquêtés et la composition des duos d'enquêteurs initialement prévues ont engendré des retards importants dans la planification des entretiens. Elles ont été profondément remaniées.

La première enquête portait sur l'écoquartier De Bonne (cf. supra). Elle était organisée en trois campagnes d'entretiens d'une durée respective d'un mois, deux mois et un mois : 1) trois acteurs pivots du projet d'écoquartier⁹, 2) les trois principaux acteurs de quatre projets immobiliers (maître d'ouvrage, architecte et bureau d'études thermique) 3) la demi-douzaine d'acteurs les plus influents sur la performance et le choix des systèmes énergétiques du quartier.

Initialement, le responsable de l'enquête était seul chargé de la prise de contact, de l'établissement d'un planning de rendez-vous et de validation/ajustement des duos d'enquêteurs dans une optique d'interdisciplinarité (cf. supra), de pertinence de l'enquêteur (ex., pour les élus, un politologue ; pour un promoteur, un chercheur de management...) et de stabilité (présence systématique d'au moins un des trois enquêteurs principaux G. Debizet, O. Labussière et S. La Branche). La sollicitation des enquêteurs par le responsable de l'enquête s'est révélée particulièrement complexe, fastidieuse et lente essentiellement pour des raisons de compatibilité d'emploi du temps entre les enquêtés et les enquêteurs. La solution d'un agenda électronique partagé a été explorée mais s'est heurtée aux difficultés de paramétrage et d'utilisation.

Après une dizaine d'entretiens menés en quatre mois (d'octobre 2012 à janvier 2013), il a été décidé de répartir la planification des entretiens pour le terrain de Bonne : S. La Branche pour les acteurs généraux au quartier et le bâtiment I (Bonne Energie) ; pour G. Debizet, le bâtiment C (Carré Mansart) et ; O. Labussière pour les bâtiments J3 (Le Partisan) et G3 (Henri IV). La campagne d'entretiens a été achevée en mai 2013, seuls deux entretiens ont manqué à l'appel (bâtiment G3, le bâtiment de l'échantillon concerné par les exigences Concerto cf. chapitres 2 et 3).

Dans la même logique, les terrains complémentaires ont été distribués selon les spécialités et les disponibilités respectives. Ainsi, A. Tabourdeau a pris la responsabilité du cas du chauffage collectif au bois de Fontaine

⁸ Que nous remercions vivement pour ses conseils.

⁹ La personne qui fut directeur de la société municipale d'aménagement (SEM-SAGES) puis directeur des services techniques de la ville de Grenoble en phase programmation de l'écoquartier, l'architecte en chef de la ZAC chargé par la SEM-SAGES de l'interface entre les projets immobiliers et la conception des voiries et des espaces publics, le chargé de développement et commercialisation de la SEM-SAGES.

(sujet de sa thèse de doctorat) ; O. Labussière et S. La Branche se sont chargés d'IssyGrid et G. Debizet a mené les entretiens liés aux eaux usées à Nanterre. Les entretiens pour les terrains complémentaires ont débuté en avril et se sont terminés en juin 2013.

2.3.4 Résultats

De manière globale, nous avons réussi à traduire les attentes scientifiques des chercheurs en questions pouvant être utilisées pour leur analyse. Les questionnements ont été formulés de telle sorte que différents chercheurs de différentes disciplines peuvent utiliser le même matériau récolté par les entretiens pour leurs propres questions de recherches et leur discipline. L'enquête a cependant été beaucoup plus longue que prévue. L'analyse du contenu des entretiens fait apparaître des hétérogénéités substantielles notamment en terme d'informations recueillies sur le choix des systèmes énergétiques. Nous les décrivons ci-dessous avant de discuter de la méthode d'enquête.

- **Un corpus d'entretien riche et diversifié permettant des analyses disciplinaires variées**

Les analyses disciplinaires proposées dans ce rapport illustrent la richesse et la variété des informations et des questions abordées au cours des entretiens : mise au point des innovations énergétiques, gouvernance des projets, évolution des modèles d'affaires et performance énergétique des bâtiments. Les renseignements recueillis sur les dispositifs techniques, les thématiques, les acteurs impliqués et les moteurs et contraintes de l'innovation sont nombreux et diversifiés (cf. section suivante relative au précodage). Il s'avère donc possible d'exploiter un corpus co-construit par des chercheurs de plusieurs disciplines.

Cependant, le fait que des analyses individuelles traitent peu de l'objet de recherche du projet NEXUS (les systèmes de production et de distribution d'énergie à l'échelle des bâtiments et des quartiers) nous interroge sur la compréhension de la notion de NSE au sein de l'équipe et sur l'éventualité de biais dans la constitution du corpus commun. Il est vrai que les chercheurs utilisent aussi les projets de recherche pour enrichir leur propre programme de recherche.

- **Des objets techniques inégalement abordés dans les entretiens**

L'intérêt des chercheurs pour des thématiques spécifiques a-t-elle eu des effets sur le contenu des discours recueillis ?

Excluons les entretiens des terrains secondaires qui sont évidemment focalisés sur le NSE qui les caractérisent (chaleur des eaux usées et réseau de chaleur à Nanterre, systèmes intelligents à Issy). L'écoquartier De Bonne hébergent plusieurs types de production de chaleur ; cogénération (bâtiment G3), solaire thermique (G3 et C), géothermie (I) et réseau de chauffage urbain (J3). Le premier constat (cf. graphique suivant) révélé par le précodage révèle des disparités importantes en terme de poids de ces dispositifs techniques et de certains enjeux dans les entretiens :

- une focalisation des entretiens relatifs aux bâtiments I, J et G sur un sujet accessoire au projet NEXUS à savoir la performance énergétique des bâtiments,
- inversement, les entretiens avec des acteurs de l'ensemble du quartier portant essentiellement sur la cogénération.

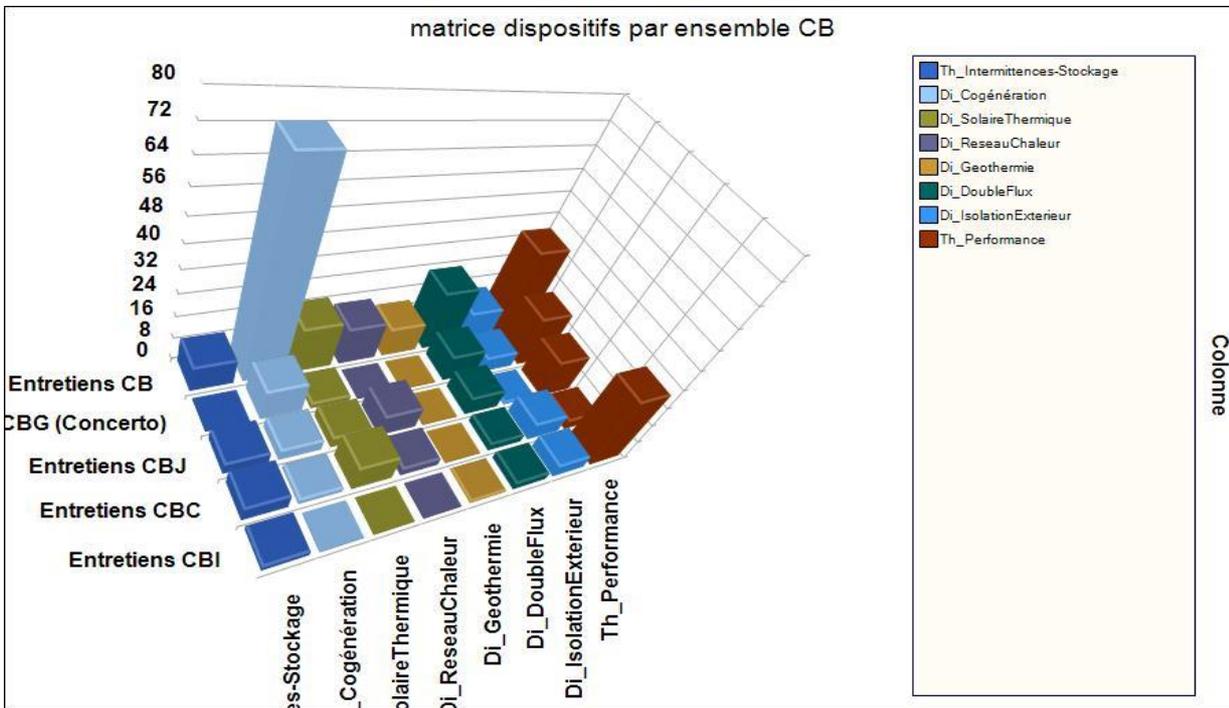


Figure 22 - Nombre de références codées selon leur périmètre d'actions des enquêtés et selon le dispositif technique ou l'enjeu

Des écarts similaires s'expliquent par la personnalité de l'enquêteur référent : les entretiens dont l'enquêteur référent était le responsable du projet NEXUS (GD) ont porté essentiellement sur la cogénération et le solaire thermique et sur l'enjeu stockage (qui préoccupait à cette époque très peu les acteurs de l'immobilier et de la ville). Inversement, les entretiens menés par les deux autres enquêteurs référents portent davantage sur la performance énergétique ou un dispositif qui lui est associé.

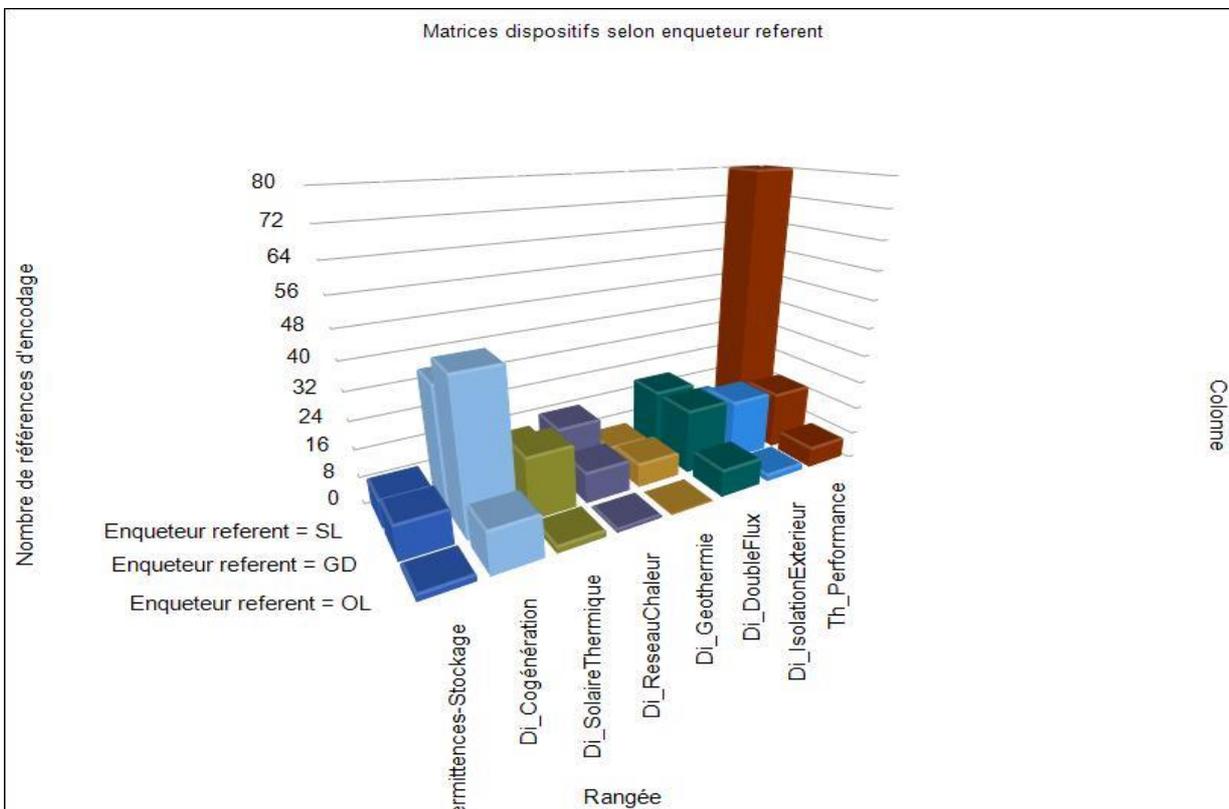


Figure 23 - Nombre d'entretiens traitant du dispositif technique (et de l'enjeu) selon l'enquêteur référent

L'on peut supposer que les enquêtés étaient principalement préoccupés par l'exigence de performance énergétique imposée par la ville et l'aménageur. Il était donc nécessaire d'orienter les questions vers les

systèmes de production et de distribution de l'énergie. Ce que le responsable du projet NEXUS faisait systématiquement car il avait assurément intérêt à ce que les entretiens portent bien sur les systèmes énergétiques et il disposait des connaissances en matière de technologie énergétique¹⁰ permettant d'identifier des incohérences ou des pistes à approfondir dans les réponses les plus techniques des enquêtés.

Cela pose la question de l'assimilation des connaissances technologiques, en particulier des fiches développées par le CEA (cf. chapitre 6 du rapport n°1) et de la description des NSE déployées sur De Bonne (cf. chapitre 1 du rapport 1).

- **Assimilation des connaissances technologiques et appropriation de la notion de NSE**

Polysémique par définition, la notion de NSE a été comprise de façon différente par les chercheurs de l'équipe. Elle combine des dimensions énergétiques pures (techniques, types d'énergies, leur association, etc...) et les actants qui leurs sont associés (les maîtres d'ouvrage, leurs prestataires et les dispositifs de prescription et d'agencement). C'est sa force et sa difficulté : elle permet des questionnements selon différents points de vue mais ne rend pas incontournable la confrontation de ces points de vue.

Ainsi ni l'alerte sur les disparités de compréhension, ni les fiches développées par le CEA ni le texte décrivant les NSE du quartier De Bonne n'ont permis de mettre les chercheurs en sciences humaines et sociales (géographe, politiste et gestionnaire) en position de poser des questions précises sur les systèmes énergétiques. Ce n'est pas tant la complexité de la notion de NSE qui est en cause que la technicité des objets étudiés.

2.3.5 Conclusion

Le défi souligné en introduction « prendre en compte la diversité des vecteurs d'énergie et des échelles tout en définissant ces objets de façon suffisamment floue pour laisser les acteurs (les personnes interviewées) en définir leur contour et les interfaces » ne s'est pas vraiment posé pour deux raisons : d'une part, les enquêteurs ont utilisé des termes courants plutôt que des concepts, d'autre part, les questions précises relatives à ces objets étaient peu fréquentes.

Des efforts importants et un travail collectif interactif ont été réalisés afin que la grille d'entretien intègre les préoccupations disciplinaires des chercheurs impliqués dans les futures analyses. Cependant, une partie non négligeable des entretiens traitent d'objets accessoires par rapport au sujet de la recherche NEXUS.

Plus que des difficultés d'appropriation de la notion du NSE, c'est la conjugaison de la focalisation des acteurs immobiliers sur la performance énergétique et les écarts de compréhension sur certains objets techniques entre les enquêteurs qui explique ce décalage et peut-être aussi les préoccupations originelles des enquêteurs.

Ceci étant dit, ces écarts de matière récoltée selon les enquêteurs ne réduisent pas la qualité globale du corpus. Tous les systèmes énergétiques utilisés sur De Bonne apparaissent au minimum dans deux entretiens. L'analyse des dispositifs par catégories d'acteurs (cf. section suivante) montre des disparités très importantes : la performance énergétique occupe une place importante pour les maîtres d'ouvrage, les architectes et les services de la ville, la cogénération pour les opérateurs d'énergie et les AMO de l'aménageur. L'affectation des enquêteurs en fonction des accointances cognitives de l'enquêté a permis d'intensifier le recueil de matière sur les différents thèmes. Cela accroît effectivement les disparités selon les enquêteurs mais n'altère pas la globalité de la matière récoltée.

De ce point de vue l'enquête s'apparente à un objet-frontière : les difficultés d'intercompréhension entre des acteurs de mondes sociaux différents peuvent être contournées –mais jamais totalement levées– par la perspective d'aboutissement du projet commun (Star et Griesemer 1989).

¹⁰ Gilles Debizet est agrégé de génie civil et énergétique, il a enseigné ses deux disciplines pendant une quinzaine d'années au lycée et à l'université.

2.4 LA GRILLE DE PRECODAGE COMMUN

2.4.1 Introduction

Le projet NEXUS s'inscrit délibérément dans une tradition d'**analyse qualitative** qui se caractérise notamment par l'importance du travail d'enquête. Toute analyse qualitative suppose l'élaboration et la mise en œuvre de méthodes spécifiquement adaptées au traitement de données de terrain, des données multidimensionnelles et contextuelles dont l'analyse peut répondre à différentes finalités scientifiques (Marshall et Rossmann, 1995) :

- Une *finalité exploratoire*, dans le cadre de l'étude de nouveaux phénomènes et/ou dans le cadre de la préparation d'une autre recherche dont la finalité est l'une des finalités suivantes,
- Une *finalité explicative*, dans le cadre de la recherche d'une explication des causes d'un phénomène,
- Une *finalité descriptive*, visant à documenter un phénomène et à en comprendre les caractéristiques,
- Une *finalité prédictive*, visant à prédire des événements ou des comportements,
- Une *finalité opérationnelle* (ingénierie et intervention), dans le cadre d'une recherche visant à aboutir à des propositions, à établir des lignes directrices d'action.

Le projet NEXUS, de par son architecture, est concerné peu ou prou par l'ensemble de ce panel de finalités : tout d'abord, ce projet porte sur un objet d'étude innovant et comporte donc en cela une dimension exploratoire relativement importante ; ensuite, à travers la dimension prospective qu'il développe (notamment avec la construction de *scénarii*) ce projet comporte une dimension opérationnelle ; enfin, ce projet fédère des chercheurs de disciplines et d'approches différentes, plutôt explicatives pour les uns et descriptives pour les autres.

Conformément à la proposition initiale du projet NEXUS, cette pré-analyse qualitative s'est concrétisée par la construction d'une grille de pré-codage commun de l'ensemble des entretiens.

2.4.2 Le codage des entretiens semi-directifs : pourquoi et comment ?

D'une manière générale, il est possible de définir le codage d'entretiens semi-directifs comme une opération de catégorisation et d'interprétation des données qualitatives. Il s'agit d'une réduction (provisoire) du matériau qui s'opère via un processus de sélection, de simplification, d'abstraction et de transformation des données discursives préalablement retranscrites (Miles et Huberman, 1994). Le codage consiste à découper les données en unités d'analyse classées par catégories (Allard-Poesi, 2003).

On distingue habituellement deux grandes manières d'envisager le codage des données qualitatives :

- D'une part, une *approche déductive* : cette approche s'inscrit plus ou moins directement dans la tradition hypothético-déductive de la « *Content Analysis* » de Berelson et Lazarsfeld (1948). Elle vise à partir d'un jeu de catégories analytiques et conceptuelles prédéfinies grâce à une revue de littérature ou grâce à l'expérience que les chercheurs ont du sujet. L'approche déductive est étroitement guidée par des hypothèses préalables.
- D'autre part, une *approche inductive* : cette approche s'inscrit notamment dans la lignée de la « *grounded theory* » de Glaser et Strauss (1967) qui se concentre sur les données empiriques plutôt que sur des théorisations préalables. Le chercheur construit progressivement ses catégories d'analyse au cours du codage des données recueillies. Les codes émergent à la lecture du corpus et sont progressivement consolidés en catégories conceptuelles et théoriques à mesure que le chercheur s'imprègne de son corpus.

Dans le cadre du projet NEXUS, il était impossible d'adopter pleinement l'une ou l'autre de ces approches :

- D'une part, le caractère exploratoire de ce projet ne permettait pas d'adopter une approche déductive au sens stricte. Pour aborder le codage sous un angle hypothético-déductif, il aurait été nécessaire d'avoir consolidé préalablement un cadre théorique et conceptuel robuste et formuler des hypothèses claires et stabilisées avant d'engager l'analyse.
- D'autre part, le pré-codage commun des données suppose de déléguer la pré-analyse à une seule personne qui doit répondre de manière relativement équitable aux attentes diverses et hétérogènes des différents chercheurs de l'équipe. Pour aborder le codage sous un angle véritablement inductif, la

personne chargée de l'analyse doit pouvoir développer sa propre progression interprétative. La tâche du codage est alors étroitement combinée à un ensemble de réflexions relativement personnelles et liées au domaine d'expertise propre de la personne qui la met en œuvre (découvrir les données, leur donner du sens, les réorganiser, faire émerger des questions et trouver des réponses provisoires, etc.). Une telle démarche ne répond donc pas aux enjeux de pré-codage commun fixés dans le cadre du programme NEXUS.

Au vu de ces éléments, la décision a finalement été prise de s'orienter vers une forme intermédiaire d'analyse qualitative – ni complètement déductive, ni complètement inductive – combinant *un codage de type « thématique »* (avec une fonction de repérage et de documentation d'un certain nombre de thèmes présélectionnés) et *un codage de type « sélectif »* (consistant à se concentrer sur certaines catégories clés d'analyse faisant l'objet d'une étude particulièrement approfondie dans le cadre spécifique du projet).

2.4.3 Matériel et méthode

Dès l'élaboration du projet, il a été décidé que le pré-codage des entretiens se ferait au moyen d'un logiciel d'analyse des données qualitatives, connu sous le nom anglo-saxon de **CAQDAS** (pour *Computer-Aided Qualitative Data Analysis Software*). Le choix s'est porté plus spécifiquement sur le logiciel NVivo.

Si l'utilisation des CAQDAS est généralement liée à des approches inductives de type « *grounded theory* », ces outils peuvent également être utilisés pour mettre en œuvre des analyses plus systématisées.

Ces logiciels ont été conçus pour *accompagner* la lecture fine de corpus de données de dimension relativement restreinte (ils ne permettent pas au chercheur de se dispenser de la lecture approfondie du corpus). Le chercheur interprète les données (l'interprétation n'est pas déléguée à des algorithmes) en lisant les textes, en codant manuellement des segments de textes.

Le choix de l'utilisation d'un CAQDAS est éminemment épistémologique : « *il s'agit, pour le chercheur, de se donner une contrainte de travail participant à garantir la rigueur de sa production* » (Lejeune, 2010). Les CAQDAS permettent l'organisation, la formalisation et la structuration du corpus et du système de codes. Ils permettent d'extraire rapidement l'ensemble des segments auxquels le chercheur a attribué un et/ou plusieurs codes particuliers. Ces outils facilitent également la navigation dans le corpus (à travers des outils de recherche de mots, etc.) et améliorent les capacités de fouille au sein des matériaux et au sein des codes et des catégories construites par le chercheur.

Le choix de l'utilisation d'un CAQDAS est également méthodologique. Ces outils permettent notamment des codages collectifs et un partage interactif et transparent des analyses. Passer par un CAQDAS contraint oblige à un certain degré de formalisation et d'explicitation des étapes de l'analyse. L'architecture du système d'analyse adopté rend en effet visible et explicite un certain nombre de choix opérés par le chercheur.

Les CAQDAS ne permettent donc aucune automatisation de l'analyse. Ces outils informatiques laissent toute latitude au chercheur dans la définition de ce qu'il importe de documenter, d'extraire, de catégoriser, etc. dans le corpus. Ainsi, la grille de codage, les choix théoriques, méthodologiques et empiriques d'analyse des données, etc. ont dû être négociés et consolidés à l'échelle de l'équipe NEXUS. Il s'agissait d'élaborer une grille de pré-codage répondant de manière relativement équitable aux attentes diverses et hétérogènes des différents chercheurs de l'équipe.

Pour cela, nous avons établi **un protocole d'élaboration d'une grille de pré-codage** en 6 étapes que nous décrirons ici succinctement. L'ensemble de cette phase du projet, de l'élaboration de la grille jusqu'au pré-codage effectif de l'ensemble du corpus, a été élaborée et mise en œuvre par une personne, dans le cadre d'un contrat de post-doctorat de 5 mois consacrés à cette tâche à temps plein :

- Etape 1 – exercice individuel de codage de deux entretiens : l'objectif de cette première étape était d'identifier et de comprendre les habitudes personnelles de chaque chercheurs en matière de traitement des entretiens semi-directifs et d'appréhender ainsi la diversité des pratiques et des attentes à l'échelle du projet NEXUS. En concertation avec les responsables du projet, deux entretiens ont été sélectionnés. Ces deux entretiens ont été envoyés en format Word par courriel à chaque futur utilisateur des résultats de la pré-analyse. Chaque chercheur était alors invité à coder, annoter, commenter, etc. très librement les deux entretiens retranscrits et à les renvoyer au coordinateur chargé d'analyser les résultats de l'exercice afin d'identifier les pratiques d'analyse de chacun, de les comparer et d'en apprécier la diversité.

- Etape 2 – entretien individuel avec chacun des chercheurs futurs utilisateurs des résultats de la pré-analyse : l’objectif de cette deuxième étape était d’appréhender plus finement la problématique spécifique développée par chacun des chercheurs dans le cadre du projet NEXUS ainsi que le cadre conceptuel mobilisé et le modèle d’analyse déployé. Les résultats de ces entretiens visaient à identifier et à caractériser des catégories d’analyse transversales à l’ensemble des chercheurs de NEXUS ainsi qu’à anticiper d’éventuelles dissonances sémantiques et épistémologiques au sein de l’équipe (par exemple un concept comme celui d’innovation n’a pas forcément la même signification d’un chercheur à l’autre).
- Etape 3 – élaboration d’une première proposition de grille par le coordinateur : l’objectif de cette troisième étape était d’établir une grille de pré-codage martyre, prenant la forme d’une cartographie de codes discutable et négociable par les chercheurs. La construction de cette grille reposait sur trois types de données : les résultats de l’exercice individuel de codage de deux entretiens issus de l’enquête de terrain NEXUS ; les résultats des entretiens individuelles avec les chercheurs ; le rapport intermédiaire du projet NEXUS qui rend compte de l’état d’avancement de la consolidation théorique des concepts structurants du projet tels que « Nœud Socio-Energétique » et « Eco-quartiers ».
- Etape 4 – séance de travail collectif autour d’une première proposition de grille d’analyse : l’objectif de cette quatrième étape était de mettre en discussion la version martyre de la grille au sein d’un groupe de travail restreint afin de recueillir les commentaires, remarques, propositions de modification du système de pré-codage.
- Etape 5 – processus itératif et collectif d’ajustement de la grille « définitive » au fil de l’eau : l’objectif de cette cinquième étape était de rendre possible, d’une part, l’adaptation progressive de la grille au fur et à mesure du pré-codage, d’autre part, une assistance à l’analyse permettant à la personne chargée du codage de se référer à une ou deux personnes ressources en cas de doute lors de l’attribution d’un code.
- Etape 6 – évaluation des contraintes et opportunités du pré-codage dans le cadre des analyses des chercheurs : l’objectif de cette sixième étape était d’évaluer les résultats du pré-codage livrés aux chercheurs afin d’analyser, à travers des entretiens semi-directifs individuels avec les chercheurs du projet, les contraintes et les opportunités engendrées par ce travail de pré-codage commun et pluridisciplinaire dans l’exercice de leur recherche individuelle et mono-disciplinaire.

2.4.4 Résultats

Les 6 étapes du protocole d’élaboration de la grille de pré-codage présentées ci-dessus ont abouti à quatre grands types de résultats.

- **Premièrement une version martyre de la grille de pré-codage (cf. Annexe I).**

Cette version martyre de la grille de pré-codage a été élaborée au moyen d’un logiciel de Mind Mapping afin qu’elle soit présentable et appréhendable facilement et de manière interactive par les participants à la séance collective d’élaboration de la grille définitive.

Cette version martyre de la grille de pré-codage se divise en 4 grandes parties.

Une première partie concerne les *codes séquentiels* visant à identifier les grandes étapes qui structurent le récit des personnes enquêtées. Reprenant l’architecture du guide d’entretien (cf. Annexe V), 7 codes séquentiels ont été identifiés et proposés aux chercheurs du projet.

Une deuxième partie concerne les *codes thématiques* du projet visant à documenter quelques-uns des objets structurants du projet NEXUS. Les codes qui composent cette deuxième partie sont, en quelque-sort, les mots clés du projet. En cela, ils font donc l’objet d’une appropriation collective et d’une définition relativement partagée par l’ensemble de l’équipe de chercheurs. Dans la construction de cette version martyre de la grille de pré-codage, le choix a été fait d’affiner le codage de deux notions présentées comme centrales dans la proposition initiale du projet NEXUS et dans le rapport intermédiaire n°1 (XXX Ref. biblio) : la notion d’Eco-Quartier et la notion de « Nœud Socio-Energétique ». S’agissant de la notion d’Eco-Quartier, la définition retenue pour le projet NEXUS est la suivante (XXX Ref. : p. 12) : « un projet urbain de réhabilitation – ou de création – intégrant des infrastructures économes en énergie et respectueuses de l’environnement, mais aussi des préoccupations économiques, sociales, culturelles et esthétiques » (Décider ensemble, 2011). Nous

avons retenu cette première définition pour le code général Eco-Quartier. Les auteurs du rapport intermédiaire précisent ensuite leur définition de la notion d'Eco-Quartier en énonçant quelques principes supplémentaires permettant de qualifier un quartier de « durable »¹¹. Les quatre principes retenus ont été identifiés comme des codes spécifiques du code « Eco-Quartier ». S'agissant de la notion de Noeud Socio-Energétique, les auteurs du rapport intermédiaire (XXX Ref. : p. 14) proposent d'esquisser les périmètres des NSE selon deux entrées : les NSE comme groupe d'objets physiques constituant un sous-ensemble cohérent d'une chaîne énergétique ; les NSE délimités selon le processus de conception sous maîtrise d'ouvrage unique. Pour la première entrée, nous avons fait le choix de lister, sur la base des entretiens individuels menés avec les chercheurs de l'équipe NEXUS, les principaux dispositifs techniques que nous avons regroupé sous un code général « NSE_Physique ». Pour la seconde entrée, nous avons distingué trois grandes phases regroupées sous le code général « NSE_Processus ».

Une troisième partie concerne les *codes analytiques* transversaux à l'ensemble des chercheurs de l'équipe NEXUS. Cette partie a été élaborée principalement sur la base des exercices individuels de codage de deux entretiens issus de l'enquête en cours et sur la base des entretiens individuels menés avec les chercheurs de NEXUS. Les résultats de ces deux étapes ont permis de souligner deux points importants : d'un côté, des pratiques hétérogènes de codage des entretiens ; d'un autre côté, la diversité des cadres théoriques (allant de l'analyse économique des modèles d'affaire à l'étude politique des formes de gouvernance) dans lesquels des concepts identiques (tel que le concept d'innovation) prennent des significations conceptuelles parfois très différentes. La construction de cette partie concernant les codes analytiques est guidée par deux principes : d'une part, identifier les catégories analytiques transversales à l'équipe de chercheurs (il ne s'agit pas de répondre de manière exhaustive aux attentes de chacun des chercheurs mais bien de mettre en valeurs les variables d'analyse partagée par une majorité) ; d'autre part, élaborer un métalangage « neutre » permettant de s'affranchir des enjeux proprement épistémologiques et sémantiques liés aux différentes significations conceptuelles attribuées à certaines notions à l'échelle de l'équipe.

Une quatrième partie concerne les attributs pouvant être affectés à chacun des entretiens du corpus. Ici les attentes de chercheurs de NEXUS étaient faibles et les caractéristiques sociologiques et professionnelles des personnes enquêtées n'ont pas été recueillies systématiquement dans la conduite de l'enquête.

• **Deuxièmement, la version « définitive » de la grille de pré-codage (cf. Annexe II.)**

La version « définitive » de la grille de pré-codage est le fruit de deux étapes : une séance collective de travail autour de la version martyre ; quelques réajustements effectués au cours du codage du corpus d'entretiens.

Tout d'abord, la version « définitive » de la grille de pré-codage est le fruit d'un *travail de réorganisation*. Le choix a été fait de réorganiser les codes selon quatre grandes catégories. Une catégorie « Dispositifs Techniques » (1) composée de codes-dispositifs identifiés par les chercheurs de l'équipe : avec ces codes, les chercheurs peuvent extraire du corpus tous les passages où les personnes enquêtées parlent de tel et/ou tel dispositif(s) technique(s) (cogénération, récupération de chaleur, ventilation double-flux, etc.). Une catégorie « Acteurs » (2) composée de codes-acteurs identifiés par les chercheurs de l'équipe comme importants pour l'analyse : avec ces codes, les chercheurs peuvent extraire du corpus tous les passages où les personnes enquêtées parlent de tel et/ou type(s) d'acteur (qu'il s'agisse d'un acteur individuel cité nominativement, ou d'un acteur collectif telle une organisation ou une institution). Une catégorie « Thématique » (3) et « Analytique » déjà présentée dans la version martyre de la grille de pré-codage.

Ensuite, la version « définitive » de la grille de pré-codage est le fruit d'un *travail de réduction*. Le caractère foisonnant de la version martyre de la grille de pré-codage appelait à une réduction du nombre de code. En discutant et en négociant les le choix des codes à conserver et des codes supprimer, les chercheurs étaient amenés à définir ainsi ce qui importe vraiment pour eux et à prendre connaissance en même temps de ce qui importe vraiment pour leurs collègues. Les codes relatifs à la notion d'Eco-Quartier se sont par exemple avérés secondaires au vu de l'avancée de l'enquête et ces derniers ont finalement été supprimés de la grille.

La version « définitive » de la grille de pré-codage est également le fruit d'un *travail de définition et d'identification du périmètre de chacun des codes*. Cette étape a été particulièrement importante pour la catégorie des codes analytiques. Les codes « Levier » et « Frein » ont par exemple été définie de manière à intégrer la diversité des concepts et des approches mobilisés par les chercheurs : le code levier englobe à la

¹¹ Ces principes sont les principes retenus par Energy Cities : Source : <http://energy-cities.eu/Qu-est-ce-qu-un-quartier-durable>

fois les notions de ressource, d'opportunité, d'appui, etc. ; le code frein englobe à la fois les notions de contrainte, de difficulté, d'obstacle, de limite, etc.

Enfin, le travail collectif d'élaboration de la version « définitive » de la grille de pré-codage a été également l'occasion de clarifier quelques enjeux méthodologiques liés notamment au caractère « délégué » du pré-codage et à sa portée collective. Ainsi, afin que la personne chargée du codage ne « capture » pas le travail interprétatif en imposant, à travers son travail, une traduction analytique spécifique du matériau au détriment d'un autre type de traduction, il s'agissait d'envisager de mise en œuvre du codage de la manière la plus descriptive et la moins analytique possible. Parmi les codes thématiques, le code « Performance » par exemple ne peut être appliqué qu'à des séquences où l'acteur enquêté évoque et thématise explicitement la question de la performance.

- **Troisièmement, la mise en œuvre concrète de la grille de pré-codage. (cf. Annexe III).**

La mise en œuvre concrète de la phase de pré-codage a donné lieu à l'élaboration d'un outil de capitalisation et de partage de la connaissance et de l'expérience que les chercheurs de l'équipe – et en particulier Gilles Debizet, coordinateur scientifique du projet – ont du terrain. Cet outil consiste en une feuille de calcul partagée sous GoogleDrive. Il vise à faire l'inventaire quasiment exhaustif de l'ensemble des acteurs cités dans le corpus d'entretien (colonne A). Pour chacune des mentions répertoriées, la personne chargée du codage indique le code-acteur qu'il a attribué (colonne B). Lorsque l'acteur n'est pas connu, celle-ci attribue par défaut le code « Acteur-Vrac ». Le coordinateur scientifique du projet peut consulter librement la feuille de calcul, valider ou corriger le code acteur (colonne C) et ajouter un commentaire (colonne D). L'ensemble des séquences « Acteur-Vrac » peuvent ainsi être reprise afin de recoder les acteurs qui étaient inconnus pour la personne chargée du codage. Cet outil permet également de régler les problèmes de transcription, les orthographes parfois approximative des noms propres, les différentes manières de désigner une même personne (nom, prénom, surnom, etc.).

La mise en œuvre concrète de la phase de pré-codage a également conduit à abandonner (ou à laisser de côté) certains codes, en particulier les codes thématiques. Le nombre important de code n'a pas été une contrainte en tant que telle dans la mise en œuvre du codage. En effet, la structuration en grandes catégories permettait une appréhension relativement aisée du système d'analyse. Pour chaque séquence de texte, la personne chargée du codage devait simplement identifier de quel(s) dispositif(s) technique(s) et de quel(s) acteur(s) parle la personne puis, elle devait parcourir les codes analytiques. La difficulté principale a été de mener de front un codage de ce genre (avec une fonction de repérage et de documentation d'un certain nombre de thèmes présélectionnés) et un codage « sélectif » consistant à se concentrer sur certaines catégories clés d'analyse faisant l'objet d'une étude particulièrement approfondie dans le cadre spécifique du projet (codes thématiques).

Enfin, quatrièmement, les retours d'expérience des chercheurs en matière d'utilisation des résultats du pré-codage dans l'exercice de leur recherche. La démarche entreprise est ambitieuse et suppose une articulation relativement contraignante entre les phases d'enquête, de transcription, de codage et d'analyse. Au moment de l'écriture de ce rapport, l'ensemble des transcriptions n'était pas achevée et la livraison de l'intégralité des résultats de la pré-analyse aux chercheurs non effectuée. De sorte que, la sixième étape du protocole d'élaboration de grille de pré-codage n'a pas pu être menée comme prévue.

2.4.5 Conclusion : le pré-codage commun des entretiens dans l'organisation de la collaboration interdisciplinaire

En conclusion, ce chapitre montre comment les écueils de la mise en commun d'entretiens pré-codés ont été évités par une méthodologie innovante alternant temps collectifs, rencontres en tête à tête et développement d'outils communs tels que la notion de NSE (outils conceptuel malléable se constituant comme « concept intermédiaire »), un système de codes et de catégories de pré-analyse des entretiens, ou encore un vocabulaire interdisciplinaire partagé.

2.5 Conclusion générale

Ce chapitre montre les défis soulevés par la constitution (nécessairement interdisciplinaire) d'un corpus d'entretiens utilisable par différentes disciplines scientifiques. Il propose une méthode innovante alternant des productions intermédiaires individuelles et des moments collectifs pluridisciplinaires dans la mise au point de l'enquête. La tenue conjointe des objectifs de production et d'intercompréhension tout au long du projet -avec

des variations selon les phases- a été une condition de l'avancement du projet de recherche : la participation de la quasi-totalité des chercheurs aux séminaires de l'équipe, y compris ceux qui n'étaient pas chargé de l'analyse des entretiens, n'est pas la moindre des preuves de l'adhésion des chercheurs.

Des outils méthodologiques (et nécessairement conceptuels) ont contribué à éviter les écueils de l'incompréhension entre disciplines et d'une juxtaposition sans cohérence des connaissances produites. Primo un concept malléable, qui a réussi son passage d'objet-valise (adhésion initiale des chercheurs à la proposition de recherche) à celui d'objet-frontière (production de connaissances communes sans aliénation des connaissances spécifiques) : le noeud socio-énergétique (NSE) a permis d'identifier explicitement des objets de recherche qui présentent autant une réalité sociale que physique. Secundo, des objets intermédiaires au sens donné par Vinck (Vinck 2009) : la grille d'entretien et le système de codage en sont les plus travaillés collectivement, ils s'appuient sur des intermédiaires plus éphémères ou moins visibles : un regroupement de termes disciplinaires sous un nom générique, des présentations de résultats provisoires, un planning général sans oublier les comptes-rendus des séminaires de l'équipe. Tertio, un système d'interdépendance réciproque entre chercheurs intégrant les intérêts individuels et les enjeux collectifs : ce système semble bien fonctionner pour la phase amont de la recherche (en l'occurrence, la sélection des terrains) mais peut s'étioler dans les phases aboutissant à des productions individuelles.

2.6 Bibliographie

Allard-Poesi, F. (2003), « Coder les données », in Y. Giordano (Dir.), Conduire un projet de recherche, une perspective qualitative, Caen : EMS, pp. 245-290

Berelson B. et Lazarsfeld P., 1948. The analysis of communication content. University of Chicago and Columbia University.

Décider ensemble. (2011). Ecoquartiers: la concertation au service de l'action; pratiques françaises et européennes pour l'élaboration de projets partagés (p. 104).

Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research. Chicago, IL: Aldine Publishin

Lejeune C., 2010, « Montrer, calculer, explorer, analyser. Ce que l'informatique fiat (faire) à l'analyse qualitative », *Recherches Qualitatives*, n°9, pp. 15-32

Marshall, Catherine & Rossman, Gretchen B. (1995). *Designing Qualitative Research* (2nd edition). Thousand Oaks, London and New Delhi: Sage Publications.

Miles, M.B., Huberman, A.M. (1994) *Qualitative Data Analysis: An expanded sourcebook* (2nd edn.), Sage:London & Thousand Oaks, California

Brechon, Pierre. 2011. *Enquêtes qualitatives, enquêtes quantitatives*. Politique en + - août 2011. PUG (Presses Universitaires de Grenoble).

Coutard, Olivier. 2010. « Services urbains : la fin des grands réseaux ». In *Ecologies urbaines*, édité par LEVY J.-P. (dirs) COUTARD O., 102-109. Coll. Villes. Economica/Anthropos.

Souami, Taoufik. 2009. *Ecoquartiers secrets de fabrication, analyse critique d'exemples* -. Modes De Ville. Carnets de l'info.

Kaufmann, Jean-Claude, et François de Singly. 2007. *L'entretien compréhensif*. Paris: Armand Colin.

Star, Susan Leigh, et James R. Griesemer. 1989. « Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39 ». *Social Studies of Science* 19 (3) (janvier 8): 387-420. doi:10.1177/030631289019003001.

Vinck, Dominique. 2009. « De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière ». *Revue d'anthropologie des connaissances* Vol. 3, n° 1 (1) (juin 22): 51-72.

3 Chapitre 3 – Mise au point des NSE innovants et conditions de leur généralisation

Gilles Debizet

Antoine Tabourdeau (cas Fontaine)

3.1 Introduction

Les objectifs de sobriété énergétique et de décarbonisation de l'énergie ont suscité de très nombreuses initiatives dans les domaines de l'urbanisme et de la construction. Les maîtres d'ouvrage et les architectes se sont préparés à un renforcement sensible des exigences de performance énergétique ; des collectivités pionnières ont imposé aux constructeurs l'utilisation des énergies renouvelables et des performances énergétiques sensiblement plus élevées que la réglementation. Les écoquartiers ont été le terrain d'innovations importantes en matière d'énergie. A l'objectif de performance énergétique des bâtiments généralement adopté, s'ajoute parfois la production d'électricité photovoltaïque et le déploiement d'équipements énergétiques à l'échelle de l'ilot (ou du quartier): centrale de cogénération, chaufferie bois, ou photovoltaïque intégration des panneaux thermiques dans un réseau de chaleur, mutualisation de chaudières à l'échelle d'un ilot en sont des illustrations (cf. chapitres 2 et 6 du rapport intermédiaire 1). La question de l'énergie est posée dès la stade de la programmation urbaine c'est à dire beaucoup plus en amont qu'elle ne l'est habituellement (Verhage, Roelof et al. 2012) (Souami 2009). D'une part, dans les écoquartiers cela nécessite de recourir à des expertises énergétiques en amont de l'allotissement des terrains aux maîtres d'ouvrage immobilier (Souami 2009). D'autre part, les collaborations entre le bureau d'études et l'architecte doivent être plus précoces afin de redéfinir l'enveloppe du bâtiment et les systèmes techniques en fonction des flux d'énergie visés.

D'où deux hypothèses à l'origine du projet de recherche NEXUS : primo, la conception des systèmes énergétiques transgresse la frontière entre bâtiment et réseau public; secundo les systèmes énergétiques du bâtiment au quartier doivent être considérés comme un assemblage de noeuds socio-énergétique (NSE). Le NSE est un groupe d'éléments assurant le stockage, le regroupement ou la répartition de flux d'énergie et dont la conception a été supervisé par un même maître d'ouvrage interagissant avec les mêmes acteurs (cf. chapitre 1 du rapport intermédiaire 1).

La notion de noeud socio-énergétique (NSE) ne présume pas d'une échelle spécifique et ne se restreint ni au projet urbain ni au projet immobilier. Elle permet de considérer l'ensemble des systèmes concourant à la production, au transport et à la consommation (et au stockage) d'énergie d'un territoire (un morceau de ville). La laxité de la notion nous a permis d'identifier les NSE innovants sur le quartier De Bonne (cf. chapitre 1 et 2) et de choisir es NSE innovants sur 3 autres terrains : le chapitre 2 décrit ce choix ainsi que la façon dont le corpus d'entretien a été construit.

Dans l'optique d'identifier les variables à prendre en compte pour l'élaboration des scénarii à l'horizon 2040, nous analysons dans le présent chapitre, d'une part, les raisons qui ont incité les porteurs de NSE innovants et la configuration dans laquelle ils se situaient et, d'autre part, les ajustements qui ont été mis en œuvre afin de révéler des logiques d'actions de tous les acteurs impliqués dans la conception et des éléments de cadrage locaux ou nationaux auxquels ces innovateurs -volontaires ou embarqués- ont été confrontés. Nous avons privilégié une analyse détaillée des initiatives et des ajustements, c'est pourquoi seuls deux NSE innovants ont été étudiés :

- l'implantation de la cogénération au sein de bâtiment dans le quartier De Bonne à Grenoble,
- la réalisation d'une chaufferie bois et d'un réseau de chaleur dans le quartier Bastille à Fontaine.

En synthèse, la troisième et dernière section de ce chapitre est consacrée à proposer des variables structurantes pour une généralisation de NSE aux échelles de l'ilot ou du quartier.

3.2 Cogénération ilot+bâtiment à De Bonne Grenoble

Une dizaine de bâtiments du quartier de Bonne à Grenoble sont alimentés en chaleur par une unité de cogénération localisée en pied d'immeuble. Ces unités ont été construites et sont exploitées par *Gaz et Electricité de Grenoble* (GEG)¹². Dès la candidature au programme européen Concerto, il était convenu que

¹² Spécificité de la commune de Grenoble, le service public de distribution de gaz et d'électricité est assurée, non par ERDF mais par une société d'économie mixte contrôlée par la ville *Gaz et Electricité de Grenoble*.

le distributeur d'électricité municipal réaliserait - dans tous les bâtiments du "périmètre Concerto"- une unité de cogénération et des équipements complémentaires afin de fournir la chaleur nécessaire à chaque bâtiment (chauffage et ECS) et injecterait parallèlement l'électricité produite dans son réseau d'électricité.

Les équipements de cogénération et de production de gaz sont installés dans des locaux construits par les maîtres d'ouvrages de bâtiments. Les flux (alimentation gaz, circulation d'électricité, circulation de chaleur évacuation des fumées, entrée d'air ...) traversent les bâtiments, parfois plusieurs pour rejoindre l'extérieur (cf. chapitre 1 pour la description détaillée). Les chaufferies où sont situées les chaudières gaz et les unités de cogénération ont donc été construites par une double maîtrise d'ouvrage : GEG pour les équipements techniques et le maître d'ouvrage du bâtiment pour le local (l'enveloppe de la chaufferie) et les gaines par lequel transitent les différents flux. Ces derniers étaient en outre les maîtres d'ouvrage des sous-stations spécifiques à chaque bâtiment. Ainsi la cogénération s'inscrit dans un assemblage de NSE couvrant plusieurs échelles.

Grenoble De Bonne Ilots A-B-G Assemblage "Cogénération bâtiment + chaufferie ilot"

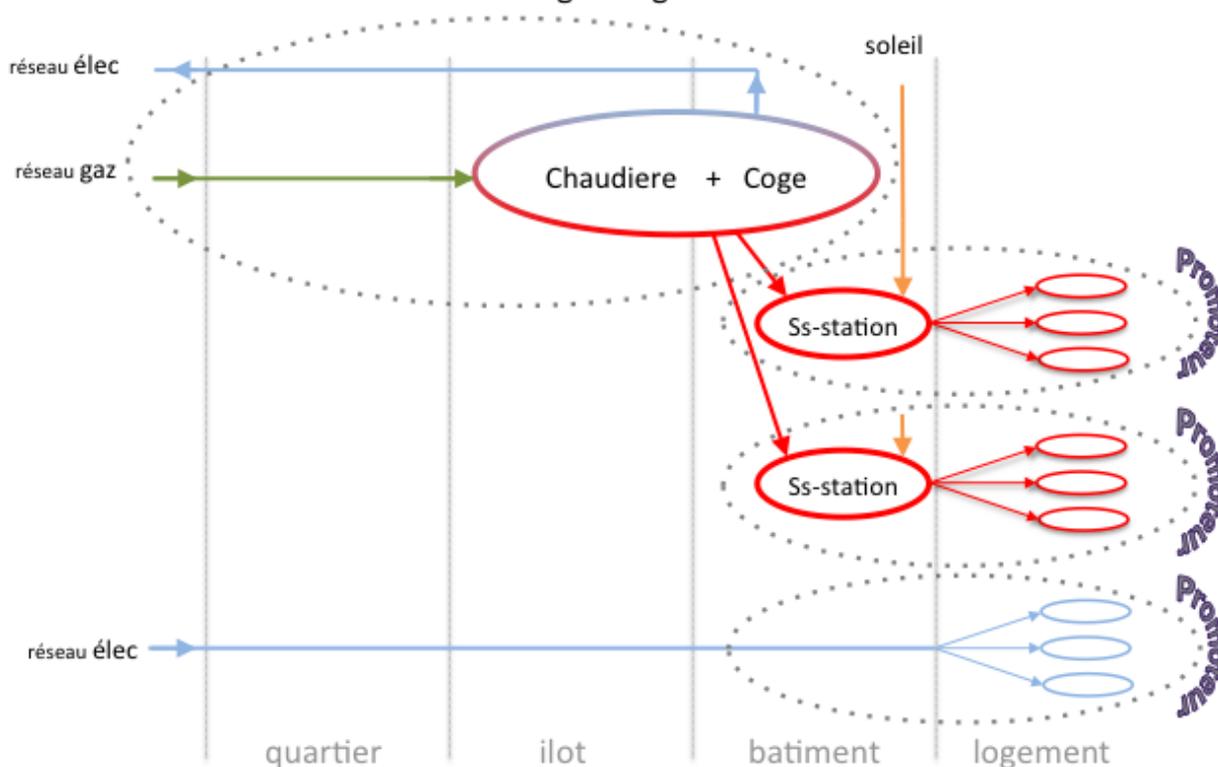


Figure 24 Assemblage de NSE Cogénération ilots A-B-G DE Bonne Grenoble

La première sous-section porte sur le choix de la cogénération à l'échelle du bâtiment par ses porteurs et ses limites. La deuxième tire plusieurs enseignements de la mise au point de la cogénération.

3.2.1 Le choix de la cogénération à l'échelle du bâtiment et ses limites

Cette décision avait été prise en 2003 lors de la préparation de la candidature de la ville de Grenoble à l'appel à projet du programme européen Concerto qui proposait un financement de l'innovation aux projets les plus ambitieux en terme de sobriété et d'efficacité énergétiques et d'émission de gaz à effet de serre. Quelques semaines avant l'échéance de l'appel, le maire-adjoint (Verts) en charge de l'urbanisme et président de la SEM-SAGES, société d'aménagement municipale en charge de la ZAC De Bonne (cf. chapitre 1) mis en place un groupe de travail composé d'experts et de partenaires potentiels du logement social et de l'énergie. Il demanda aux opérateurs d'énergie locaux¹³ de proposer des solutions énergétiques innovantes et durables. Alors que la *Compagnie de chauffage* proposait la poursuite de son modèle d'affaire (quelques grosses centrales thermiques multi-énergie alimentant un réseau de chaleur urbain), GEG a proposé deux actions pour le quartier De Bonne

¹³ GEG et *La Compagnie de Chauffage*. Outre GEG, la ville contrôle la société d'économie mixte *La Compagnie de Chauffage de Grenoble* qui produit et distribue de la chaleur dans sept communes de l'agglomération grenobloise (835 MW de puissance, 90 000 équivalent-logements soit 1/3 de la population de l'agglomération).

: expérimenter la cogénération à l'échelle de l'immeuble résidentiel et implanter des panneaux photovoltaïques sur le toit du futur centre commercial.

- **Diversification des modes de production pour la ville et solution commercialement porteuse pour l'opérateur d'énergie**

Cette proposition correspondait à l'objectif politique de l'élu : diversification des sources d'énergie et des échelles de production de l'électricité. *"L'objectif de la caserne de Bonne c'est aussi consommer moins et produire autre chose. C'est pour ça qu'il y a du thermique. Et c'est pour ça qu'il y a un peu de photovoltaïque."* (un membre du groupe-projet de candidature Concerto).

Il s'agissait aussi de se distinguer. Au niveau national, la cogénération à l'échelle du bâtiment n'avait jamais été réalisée en France. Cela augmentait les chances de succès au concours et pourrait apporter de la notoriété à l'opérateur d'énergie et à la ville. Au niveau local, même si le maire-adjoint à l'urbanisme a toujours souligné l'héritage environnemental de son prédécesseur, il souhaitait franchir un nouveau palier. *"Le solaire thermique sur les bâtiments commençait déjà à rentrer dans les mœurs depuis la fin de l'étape de Vigny-Musset (...). La performance énergétique du bâtiment et l'association avec du solaire thermique étaient proposés par (les services de) la ville, ce n'était pas hyper compliqué."* (un membre du groupe-projet de candidature Concerto).

Pour GEG, il s'agissait aussi d'expérimenter des technologies pour conquérir de nouveaux marchés. Non seulement, la cogénération brûle le gaz qu'elle distribue mais elle lui permet de mettre un pied sur le marché de la chaleur jusqu'alors réservé à la *Compagnie de Chauffage*, sa société soeur et néanmoins concurrente. C'est dans cette perspective que l'échelle du bâtiment -plutôt que l'ilot ou le quartier- est privilégiée car les choix de système énergétique se font à l'échelle du bâtiment par les maîtres d'ouvrages (promoteurs et bailleurs sociaux). *"Et donc GEG se dit : "très bien la compagnie de chauffage n'y va pas, nous GEG on va se faire notre beurre, on va faire notre com' là-dessus, on va essayer d'aller vers une nouvelle technologie." Il y avait aussi peut-être en arrière-plan de la part de GEG (...) un marché de la petite cogénération, enfin de la micro cogénération. Enfin je veux dire cette solution immeuble par immeuble on peut l'implanter partout."* (un membre du groupe-projet de candidature Concerto).

La perspective de se distinguer et de disposer des ressources financières du programme Concerto a conduit GEG à proposer des solutions de production de chaleur inédites à Grenoble et pionnière en France¹⁴. Le choix de la cogénération à l'échelle du bâtiment concilie l'objectif commercial de GEG et l'objectif de diversification porté par le maire-adjoint.

- **L'efficacité énergétique et la réduction des émissions carbone comme argument**

L'élu pilotant le dossier la candidature fut rapidement convaincu de l'intérêt de la cogénération et il n'y eut pas de débat au sein de l'équipe-projet de candidature. *"Il ne me semble pas qu'il y ait eu des grandes bagarres, des grandes bagarres de chiffres."* (un membre de l'équipe-projet de candidature).

Il fallait cependant convaincre les évaluateurs du programme Concerto. Outre le caractère novateur¹⁵ de la cogénération au sein de bâtiment, son déploiement massif montrait l'ambition du projet : *"Nous voulions apporter un apport significatif en chaleur mais aussi en électricité. Le photovoltaïque n'apportait, de toute façon, que l'épaisseur du trait, alors qu'avec la micro cogénération on amenait dans chaque bâtiment une quantité très très significative d'électricité."* rapporte un ingénieur de GEG.

Il était aussi nécessaire de prouver l'avantage de la mini-cogénération sur le chauffage urbain notamment dans la perspective d'un passage de la candidature au programme Concerto devant la municipalité : *"On faisait des études les uns les autres, on a mis tout ça dans le consortium et dans le comité de pilotage et il est apparu que justement la solution cogénération pour les logements permettait d'avoir un meilleur bilan global que la solution chauffage urbain."* (un ingénieur de GEG)

¹⁴ La cogénération à l'échelle d'un bâtiment menée sur le quartier De Bonne était une première française. L'ingénieur de GEG chargé du développement des énergies renouvelables et des solutions innovantes de maîtrise de l'énergie avait au moment de la candidature Concerto simplement connaissance de quelques opérations de ce type en Allemagne.

¹⁵ idem

- **L'imposition de la cogénération aux maîtres d'ouvrage immobiliers (ilot A,B et G)**

La ville de Grenoble et ses partenaires avaient pris des engagements en terme de dispositions constructives et de performance énergétique des bâtiments pour les ilots A, B et G de la ZAC De Bonne dès la candidature au programme Concerto. Une fois la candidature retenue, ces engagements pouvaient difficilement être remis en cause. Par ailleurs, la rentabilité de l'opération pour GEG supposait un nombre élevé d'unités de cogénération afin d'amortissement les coûts de développement et de minimiser les coûts unitaires de maintenance.

Le fait d'imposer la cogénération aux maîtres d'ouvrage immobilier a été décidé dès la candidature au programme Concerto. *"Il y a eu un choix, une décision politique de dire (...) ce n'est pas du chauffage urbain. Voilà donc, ça sera des solutions décentralisées. Par contre, on impose au promoteur une solution qui est des chaufferies collectives mutualisées (...) Les promoteurs devaient accepter de prendre un lot avec un bâtiment qui serait chauffé éventuellement par un autre bâtiment ou alors, dans leur bâtiment, il y aurait une chaufferie collective qui alimenterait les autres bâtiments."* (un membre du groupe-projet de candidature Concerto)

Imposer un mode de production de chaleur est peu fréquent dans l'immobilier en France car la loi n'autorise pas les communes à prescrire un mode de chauffage dans le règlement d'urbanisme (PLU)¹⁶. Cependant, un propriétaire foncier peut conditionner la vente d'un terrain au respect de performances environnementales et de prescriptions techniques. Concrètement, l'aménageur (SEM SAGES) de la ZAC de Bonne a prescrit l'obligation d'héberger une unité de cogénération pilotée par GEG et l'engagement d'achat de chaleur à GEG dans les contrats de cession du foncier.

Cette imposition n'a pas dissuadé les promoteurs immobiliers. La localisation, la qualité des espaces publics et le haut niveau de performance énergétique rendaient le site très attractif. Non seulement, les promoteurs étaient assurés de vendre les logements au prix le plus élevé de la fourchette de l'agglomération, mais ils bénéficiaient, avec leur architecte, de la crédibilité en matière de haute qualité environnementale par le seul fait d'avoir été sélectionnés.

D'autre part, la solution cogénération n'effrayait pas les promoteurs. En effet, les promoteurs n'ont en général pas d'a priori relatifs aux modalités de production de la chaleur : *"Chaque fois qu'on se pose la question avec un promoteur est ce qu'on met du chauffage urbain ou est ce qu'on met du gaz, on s'en fout complètement du chauffage urbain ou du gaz, on ne raisonne qu'en fonction des considérations économiques, de confort pour les habitants et commerciaux aussi."* explique un architecte.

Le fait que les besoins de chaleur des bâtiments soient intégralement assurés par GEG (par la cogénération et la chaudière gaz) rendait a priori cette solution aussi intéressante que le chauffage urbain : *"Finalement on était sur la même solution en terme de service entre le chauffage urbain et la micro cogénération dès lors que c'était GEG qui faisait le tiers financement et la livraison de chaleur. C'est à dire que dans les deux cas l'utilisateur bâtiment achetait de la chaleur à l'entrée de son bâtiment."* souligne un ingénieur de GEG. Et dans la même lignée, les bureaux d'études Fluides la considéraient compatible avec leurs routines de travail : *"Nous n'étions pas en charge de la cogénération, c'était GEG qui était en charge de la cogénération. Il nous livrait des calories, du fluide. C'est comme si on avait du chauffage urbain finalement."*

- **Le refus de la cogénération par les bailleurs sociaux sur le dernier ilot à construire (J)**

Pour les ilots résidentiels de la ZAC situés hors du périmètre Concerto (H et J), la capacité de l'aménageur à imposer la cogénération était limitée sur les plans financier et politique, comme le précise un prestataire de l'aménageur : *«Les maîtres d'ouvrage ne recevaient pas de subventions, il était aussi plus difficile d'imposer certaines solutions, et nous avions moins de pouvoir sur les équipes que dans le projet Concerto»* (Delaunay et al.).

In fine, une cogénération à l'échelle de l'ilot a été réalisée sur l'ilot H (cf. infra). Rendu tardivement disponibles pour cause d'organisation du chantier, le dernier ilot (J) a été raccordé au réseau chauffage urbain. En effet, après plusieurs mois de discussion¹⁷ et une suspension du projet à l'approche des élections municipales, les trois bailleurs de l'ilot J (100% de logements locatifs sociaux) ont obtenu l'autorisation de se raccorder au réseau de chauffage urbain.

¹⁶ Depuis la loi Grenelle 2, un PLU peut imposer le raccordement au réseau de chauffage urbain selon des conditions et des modalités relativement restrictives.

¹⁷ Plusieurs mois

En charge du bâtiment en fonctionnement contrairement aux promoteurs, les bailleurs sociaux se sont montrés les plus réticents vis-à-vis de la cogénération. Le bailleur social de la ville, Actis, a plaidé pour le raccordement au réseau de chauffage urbain : *"(Le chauffage urbain propose) un mixte qui est quand même très favorable puisqu'il utilise beaucoup de déchet et de bois. Le chauffage urbain passe dans la rue, devant le bâtiment"*.

La Compagnie de Chauffage avait tout intérêt à ce que les bâtiments riverains, notamment les trois de l'îlot J, se connectent au réseau urbain et lui achètent de l'énergie thermique. Le fait que la Compagnie de Chauffage assure l'entretien et la gestion technique des équipements de chauffage de tous les bâtiments du bailleur n'est peut-être pas étranger à cette position. *"La compagnie de chauffage faisait aussi un petit peu pression sur ACTIS pour qu'il choisisse le réseau de chaleur"* rapporte un bureau d'étude Fluides. Et, de façon générale, le chauffage urbain semble avoir le soutien de la Ville qui invite les maîtres d'ouvrage immobilier au raccordement.

Non seulement le chauffage urbain a fait ses preuves et séduit la plupart des prestataires pas sa simplicité : *"Le chauffage urbain, c'est franchement (...) une affaire qui roule, il n'y a pas de souci. C'est exactement comme un transformateur EDF."* (un architecte), mais les tatonnements de GEG sur les îlots précédents (cf. infra) confortaient l'avantage de la maîtrise du chauffage urbain : *"(Le bailleur) a décidé de rester sur le réseau de chaleur parce qu'on n'avait pas assez d'informations techniques, on a préféré partir sur quelque chose de sûr plutôt que de partir dans l'incertitude"* rapporte un prestataire du bailleur. L'interdépendance des trois maîtres d'ouvrage de l'îlot J accroît la probabilité de choisir la solution la moins risquée : *"Si on choisissait un autre système (que le réseau de chaleur) c'était un peu compliqué donc ça imposait aux deux autres bâtiments de l'îlot de changer de système, c'était un petit peu compliqué."*

3.2.2 Les enseignements de la mise au point de la cogénération

Une fois le projet porté par la ville de Grenoble lauréat du programme Concerto et les lots attribués, le travail de conception a véritablement commencé. Les ajustements relatifs aux systèmes énergétiques¹⁸ ont révélé :

- l'intégration complexe des équipements de cogénération dans les locaux du bâtiment,
- les effets de volume dans la conception et l'exploitation des unités de cogénération (îlot vs bâtiment)
- la nécessité d'une définition multi-échelle des hypothèses de consommation.

- ***L'intégration complexe des équipements de cogénération à l'intérieur des bâtiments***

L'imbrication innovante de la cogénération dans des bâtiments par plusieurs maîtrises d'ouvrage a nécessité des efforts de coordination importants jusqu'à un stade avancé de la conception voire en phase travaux.

La nécessité de respecter simultanément des réglementations correspondant à des champs de compétences professionnelles différents a été le principal défi de la conception des chaufferies (chaudière gaz et unités de cogénération). La conception s'est de fait poursuivie pendant la phase travaux. Les entreprises de réalisation (chauffagiste, électricien) travaillant pour l'opérateur d'énergie et celles travaillant pour le maître d'ouvrage bâtiment (les mêmes plus les maçons) se sont confrontées à des problèmes d'interface non seulement entre corps de métier différents mais aussi entre les entreprises (et les ouvriers) du même corps de métier travaillant pour des maîtres d'ouvrages différents. *"C'est à dire qu'il y a des choses qu'on découvrait pendant la réalisation. Là, on a vraiment essuyé les plâtres. Les entreprises ne savaient pas non plus. Parce que les entreprises qui réalisaient les choses apprenaient aussi sur le tas."* constate un des AMO de l'aménageur.

Ces difficultés résultent de la répartition de la conception. Peu compétent en terme de chaufferie et d'équipements thermiques, GEG a confié leur conception à un bureau d'études spécialisé. Pour des raisons de responsabilité administrative, les documents techniques produits par un BE doivent être validés par le maître d'ouvrage avant d'être transmis à des partenaires. Dans la mesure où il n'y a pas de relations contractuelles entre eux, l'interface entre GEG et les maîtres d'ouvrage de bâtiment étaient assurés par la SEM-SAGES qui la déléguait pour les aspects techniques à l'AMO Energie. Voici donc la chaîne de transmission officielle.

BE cogénération <==> GEG <==> Aménageur + AMO Energie <==> MOA bât <==> BE sous-station

Evidemment, cette chaîne engendrait des pertes de documents et était peu compatible avec les délais de conception imposés par chacun des maîtres d'ouvrage. Chacun exécutait ses tâches en suivant ses routines de

¹⁸ La ventilation double flux a fait l'objet de controverse avec l'AMO Energie, mais nous ne la traitons pas ici car elle a peu de rapport avec le mode ou l'échelle de production de chaleur.

travail et des procédures d'échange d'informations supposées collaboratives : *"Nous on n'était pas en charge de la cogénération, c'était GEG qui était en charge de la cogénération. C'était un comme un raccordement au chauffage urbain. (...) Il y a eu très peu de dialogue entre GEG et les différents bureaux d'études des différents promoteurs."* témoigne un bureau d'études de bâtiment. *"Il a fallu être très proactif (...) (avec) des bureaux d'études (...) Et en fait, on a été stupéfait parce que ces gens-là ne venaient jamais vers nous pour nous poser des questions. Il y a des choses qui ont été écrites (...) ça n'avait pas circulé"* rapporte un ingénieur du distributeur d'électricité.

Comme ailleurs, la question (essentielle en cas de contentieux suite à un dysfonctionnement) des limites de responsabilité entre un maître d'ouvrage et les maîtres d'oeuvre restait un obstacle à la collaboration sur ce projet. Chacun se préoccupe de son domaine de responsabilité *"Donc et on n'avait que les contraintes acoustiques dans le bâtiment à gérer quoi."* expliquait le bureau d'études de bâtiment ci-dessus. *"On avait un document qui était un document de prescription (à l'intention des maîtres d'ouvrage bâtiment et de leur maître d'oeuvre). En même temps, notre objectif, ce n'était pas de nous substituer non plus aux bureaux d'études qui devait réaliser des chaufferies."* affirme un ingénieur impliqué dans la cogénération.

Effectivement, à la répartition des responsabilités entre maître d'oeuvre et maître d'ouvrage s'ajoutait la répartition entre maître d'ouvrage : *"c'est qu'on ne voulait pas se substituer, on ne voulait pas qu'on nous dise « la chaufferie, c'est vous qui l'avez conçu, s'il y a un problème, c'est de votre faute »"* rapporte-t-il. La conception collaborative est déjà difficile à mettre en place à l'échelle du bâtiment (Debizet et Henry 2009), elle est encore plus hardue dans le cas d'une double maîtrise d'ouvrage.

Des problèmes similaires d'interface se sont posés à propos des gaines techniques et des enveloppes des locaux avec les architectes. *"Il fallait faire des cheminées qui montent 7-8 étages au-dessus, des cheminées assez importantes parce qu'il fallait que cela soit des cheminées visitables (...) parce que cela traverse l'habitat. (...) Au niveau du local au sous-sol, c'était aussi très contraignant."* (un AMO de l'aménageur) *"Donc ça, ça veut dire qu'il y a de la réserve de place à prévoir. Des chaufferies qui sont peut-être un petit peu plus grosses que s'ils mettent que des radiateurs électriques individuels ou des chaudières individuelles. Ça veut dire des gaines techniques aussi, des choses comme ça, l'accessibilité, des aspects de sécurité, des points acoustiques, etc."* (ingénieur impliqué dans la cogénération)

Assez étonnamment, les maîtres d'ouvrage de bâtiment étaient peu impliqués dans ses ajustements, aucun n'a cité spontanément ce genre de problèmes au cours de notre enquête. Un AMO de l'aménageur l'explique ainsi : *"Bah, ils subissaient parce que ça se faisait en phase de chantier. Donc, ils subissaient. Ça avait pas d'incidence financière énorme parce qu'encore une fois, eux, ils faisaient que le génie civil. Ils n'étaient pas du tout en charge de tous les équipements des chaufferies."* (un AMO de l'aménageur). Autrement dit, les maîtres d'ouvrage ne se préoccupent des détails techniques que s'ils ont une incidence financière sur les travaux.

Au vu de ses difficultés, nous pouvons nous demander comment le projet de cogénération dans les bâtiments a-t-il pu être mené à bien hors quelques anomalies constatées par le cabinet Enertech (Enertech 2011). La réponse se trouve dans l'enthousiasme partagé par les acteurs de construction et de l'énergie à travailler sur un projet exemplaire dans un quartier non moins exemplaire comme le souligne Stéphane Labranche dans le chapitre suivant. Cet enthousiasme n'est cependant pas reproductible lorsque le NSE ne représente plus une innovation pour les acteurs, lorsque participer à sa mise au point apporte peu de stimulation ou de distinction.

La cogénération dans un bâtiment se banalisera-t-elle ? Demandons-nous si la gestion des interfaces peut être suffisamment améliorée pour rendre reproductible le système de cogénération dans les bâtiments. Même si cette question n'a pas été posée de façon abrupte dans les entretiens, deux points de vue différents émergent. Pour un cadre d'un distributeur d'électricité, les façons de travailler et les qualifications des ouvriers du secteur du bâtiment laissent peu d'espoir d'amélioration. Même des cahiers des charges plus détaillés (précisant les interfaces entre les corps de métier) auraient peu d'effet sur la qualité de réalisation globale des entreprises. *"Et même si c'est marqué dans les cahiers des charges, bon il n'est peut-être pas (disponible) dans le chantier, mais je vous assure vous pouvez écrire tout ce que vous voulez dans un cahier des charges..."*. En revanche pour un acteur -aguerri- de la construction, l'apprentissage a été suffisant pour lever les difficultés : *Maintenant, on saurait faire, mais on a, je ne sais pas, un peu tâtonné, ce n'était pas très très bien maîtrisé."* ... L'intensité de l'expérience commune des projets-frontières (Star et Griesemer 1989) remet peu en cause les différences de cultures professionnelles.

- **Les effets de volume des unités de cogénération (ilot ou bâtiment)**

Maitre d'ouvrage et exploitant, le distributeur d'énergie disposait des coudées franches pour optimiser la cogénération sous réserve de respecter le principe d'unité de cogénération par bâtiment défini dans le dossier de candidature au programme Concerto. En complément de ces cogénérateurs, GEG avait choisi pour des raisons économiques de mettre en commun au niveau de l'ilot la production de chaleur complémentaire à la cogénération. Dans chaque ilot, une chaudière alimentée au gaz dessert les sous-stations situées en pied de chaque bâtiment : placées sous la responsabilité du gestionnaire du bâtiment (le bailleur social ou le syndic de copropriété), ces sous-stations sont donc alimentées par la chaleur que produit GEG avec la chaudière gaz de l'ilot ou bien par le cogénérateur du bâtiment placé dans le local de la sous-station.

La mise au point de cette solution a été longue du fait de l'inexpérience de GEG en matière d'installation thermique : *"Il y a aussi la difficulté de trouver, bon le matériel on savait qu'il en existait, pour autant il n'y avait pas de distributeurs en France ... C'était un sacré pari de la part de GEG de partir sur cette option-là."* (un ingénieur). GEG a dû recourir à un bureau d'études spécialisé en thermique. *"GEG a beaucoup beaucoup tâtonné (...) Ils ont sous-traité la maîtrise d'œuvre à l'extérieur, ils ont mis un peu de temps pour être au point."* (un prestataire de l'aménageur)

Après les ilots du périmètre Concerto (A, B et G), GEG a revu la conception de la cogénération fort d'une meilleure connaissance des coûts d'installation et de maintenance des équipements. Les cogénérateurs et des chaudières gaz ont été rassemblés dans une chaufferie unique pour l'ilot H. *"Et c'est vrai qu'en 2007, la solution optimale n'était pas forcément au pied de chaque bâtiment, notamment parce que les petites cogés coutent très chères au kilowatt/heure cette année. Et puis après, des aspects de foisonnement qui sont plus intéressants à gérer au niveau d'un îlot que d'un bâtiment. (...) Pour l'exploitant, (... la) préférence va clairement à la solution de l'ilot H plutôt qu'aux ilots A, B et G. (...) on a qu'une seule chaufferie, à visiter, on a tous nos équipements qui sont regroupés (...) Et puis bon en terme de maintenance, enfin, c'est vrai qu'on va dans trois sous-stations plutôt qu'une."* (un ingénieur de GEG).

La logique de rentabilité -en l'occurrence de minimisation des coûts d'installation et de maintenance- l'emporte sur l'objectif commercial de proposer un système de cogénération à l'échelle de bâtiment. Il est probable que GEG ait renoncé à déployer la solution cogénération dans la fabrique courante de la ville.

- **La nécessité d'une définition multi-échelle des hypothèses de consommation/comportement.**

Mandaté par l'aménageur, un assistant-maître d'ouvrage (AMO) spécialisé en Energie (Olivier Sidler de Enertech) a contrôlé, aux différentes phases du projet, la conception des bâtiments ainsi que celle des unités de cogénération et des chaudières gaz de GEG..

Le tableau ci-dessous récapitule les prescriptions et le rôle de l'aménageur -et son AMO Energie- dans le processus de construction des bâtiments résidentiels selon qu'ils se situent dans ou hors du périmètre Concerto.

Etapes	Périmètre Concerto : ilots A, B, G	Périmètre Hors Concerto : ilots H,J
Lors de la vente des parcelle	<i>Respect des performances énergétiques Imposition de dispositifs techniques</i>	<i>Respect des performances énergétiques Libre choix des moyens techniques</i>
En phase conception	<i>Accompagnement des équipes de conception, contrôle des simulations STD et des CCTP</i>	<i>Contrôle des résultats des simulations STD fournis par les bureaux d'études</i>
En phase travaux	<i>Suivi de la mise en oeuvre (2 à 3 visites par opération)</i>	<i>Pas de suivi de chantier</i>
En phase fonctionnement	<i>L'AMO Energie monitore les bâtiments et relève les consommations énergétiques pendant deux ans</i>	<i>Le maître d'ouvrage mesure lui-même puis fournit les consommations à l'aménageur</i>

Figure 25 Rôle de l'aménageur entre CONCERTO et HORS CONCERTO, d'après Nicolas Ansoit, Mémoire de master MOBAt 2009-10 sous la dir. Debizet G. et Leullier M. (Delaunay et al. 2010)

Ce suivi au plus près par un expert-conseil a suscité des controverses et des ajustements :

Mandaté par l'aménageur, l'AMO-Energie a contrôlé les simulations thermodynamiques et vérifié les cahiers des charges techniques rédigés par les bureaux d'études thermique à l'intention des installateurs (Delaunay et

al. 2010). *"Quand on a fini la rédaction de notre cahier des charges, notre CCTP pour la consultation d'entreprise on l'envoyait à Sidler qui faisait ces remarques, qui disait tiens faut améliorer ça, le calorifuge faut renforcer le calorifuge, il faut mettre un calorifuge plus performant sur les canalisations, ça on en tenait compte, ce genre de chose."* (ingénieur thermicien d'un bâtiment).

L'AMO-Energie menait séparément les discussions avec les prestataires des bâtiments et avec GEG et *"Il y a eu très peu de dialogue entre GEG et les différents bureaux d'études des différents promoteurs."* (ingénieur thermicien d'un bâtiment). Les discussions étaient tendues avec GEG : *"Il y a eu des discussions après entre GEG et Enertech. (...) Il y a eu des discussions très pointues, très fines et ils n'étaient pas d'accord sur pas mal de choses."* (un membre du groupe projet Candidature Concerto).

A fin de limiter les consommations, l'AMO HQE voulait que le chauffage soit coupé la nuit. GEG ne le souhaitait pas car en l'absence de chauffage nocturne, la puissance de chauffage appelée en début de matinée aurait été très élevée et GEG, il aurait alors été nécessaire de surdimensionner ses installations ce qui aurait compromis la rentabilité de l'opération. *"Sidler (...) voulait réduire la température la nuit à la source mais GEG ne voulait pas. (...) C'était vraiment, c'était un ajustement pas facile à faire."* (Idem).

Inversement, les bureaux d'études Fluides des bâtiments ne sont pas engagés financièrement dans l'investissement, ils ont intérêt à surdimensionner les équipements afin que le système apporte suffisamment de chaleur même en cas de léger dysfonctionnement. Il y a donc de nombreux points à préciser pour que le dimensionnement de la cogénération soit cohérent avec la demande de chauffage des bâtiments.

Ce type de discussions était difficile à boucler du fait des incertitudes sur la performance énergétique des bâtiments. *"Et après, vous avez en fait des systèmes de distribution et des émetteurs qui sont tous très différents. Donc, on va avoir du radiateur, du plancher chauffant, de la ventilation double flux, et tout ça en fait, c'est des modes de régulation qui n'ont rien à voir."* (ingénieur de GEG) *"L'incertitude de fonctionnement de ces bâtiments. Et ça ça a été un gros sujet en 2007, vraiment un très gros sujet d'inquiétude. (...) je voyais je dirais de... en analyse un peu extérieur, c'était qu'on avait des bureaux d'études qui travaillaient souvent sur du calcul réglementaire (et pas forcément sur les hypothèses réelles de fonctionnement -ndlr)." (idem)*

Leur dimension très technique limitait la participation des non thermiciens. *"Techniques ouais, essentiellement. Donc on ne comprenait pas forcément beaucoup grand-chose, mais c'était des débats techniques oui."* (un membre du groupe projet Candidature Concerto). Dans ces conditions, il était difficile de faire trancher le conflit d'expert par un arbitrage politique.

Il n'en restait pas moins nécessaire de fixer des hypothèses sur les équipements sur les régulations et sur le comportement des habitants similaires aux différentes échelles.

3.3 Chaufferie biomasse et réseau de quartier à Fontaine

3.3.1 Genèse du projet

La chaufferie bois étudiée se situe dans l'écoquartier Bastille à Fontaine, en cours de livraison. Sa genèse a commencé lors de la deuxième moitié des années 2000.

Cet écoquartier s'inscrit dans un projet général d'urbanisme de la Ville de Fontaine. En effet, cette dernière a porté un projet urbain à forte dimension sociale et environnementale, caractérisé par la signature d'un contrat de ville en 2000 et d'un Agenda 21 en 2002. Cet Agenda a servi de base de réflexion au projet de ZAC et d'écoquartier. La Ville est donc l'aménageur d'une ZAC sur le site de l'écoquartier et c'est elle qui a porté de bout en bout l'installation du réseau de chaleur bois, en tant que maître d'ouvrage. Le réseau de chaleur est alimenté par une chaufferie bois de 700 kilowatts de puissance, alimentée en plaquettes de bois (bois déchiqueté), fourni par le groupe Lely. D'une longueur de 800 mètres et la chaufferie bois ont été mis en service en novembre 2012.

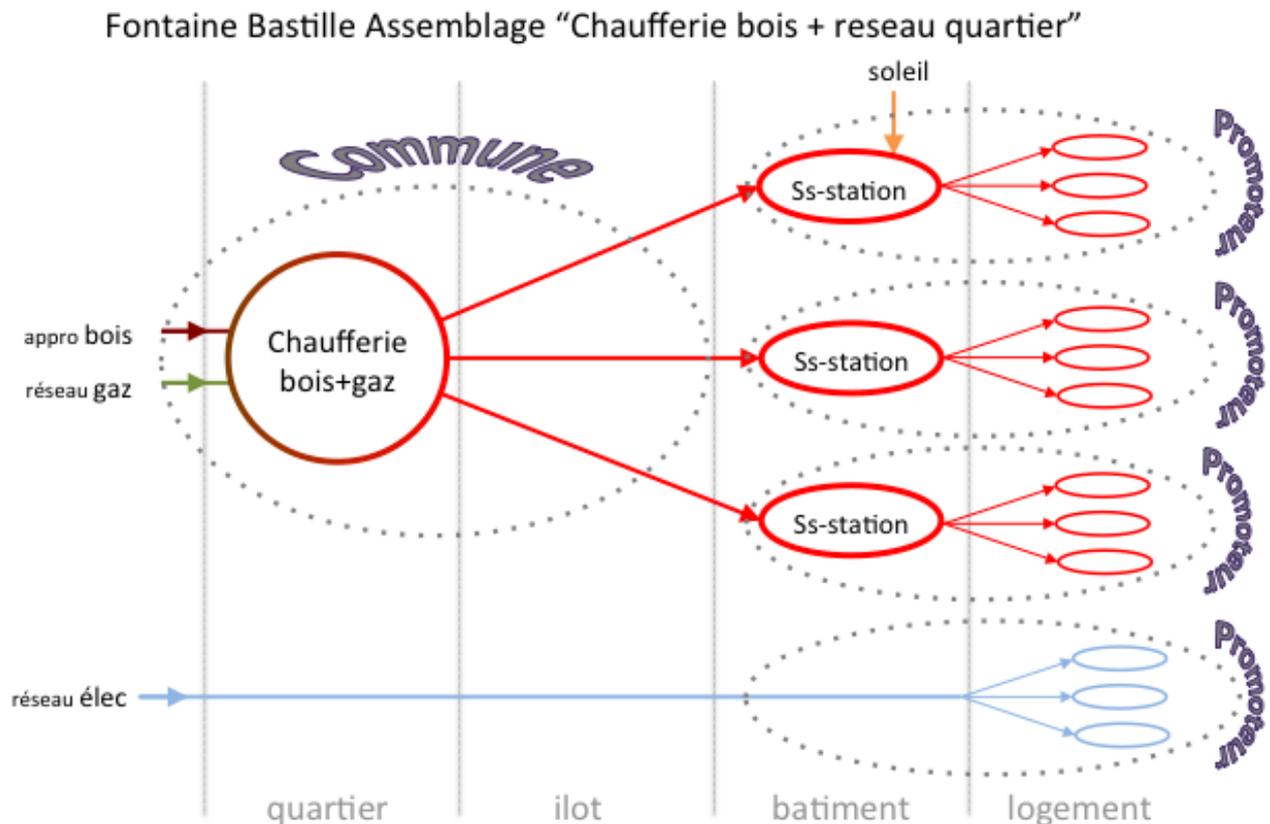


Figure 26 Assemblage de NSE Bastille-Fontaine "chaufferie bois quartier" (Debizet)

La Ville de Fontaine cultive une culture politique de la proximité et de la mixité sociale (Gay 2011). Une démarche de concertation a été élaborée pour la conception du quartier, conduisant à l'émergence du réseau de chaleur bois qui est l'innovation principale de la ZAC. Le quartier Bastille a été « fléché » comme quartier prioritaire d'intervention. Cette intervention se décline en deux domaines : un domaine d'intervention sociale et un domaine d'intervention urbaine.

Le quartier Bastille était en effet marqué par la présence de zones difficiles à gérer pour la mairie et les services publics malgré la présence d'un bâtiment de l'OPAC 38. Le quartier représentait donc un espace marginalisé à l'intérieur de l'espace urbain selon un représentant de la ville : *"Il y avait énormément de squats, de délinquants, qui ne fonctionnait pas, tourné vers les berges avec l'axe (inaudible), là aussi frontière physique qui a été replié sur lui-même, enfin bref, plein de dysfonctionnements qui faisaient que... et puis pas d'intervention depuis des années, la ville n'était pas intervenue sur ce secteur, il y avait des interventions sur d'autres secteurs prioritaires mais pas sur celui-là."*

La Ville de Fontaine a donc saisi une occasion lorsque la SCIC Rhône-Alpes a entamé un projet de démolition du quartier en 2002, alors même que le besoin en logements de la ville était important. Le projet a donc été l'objet d'une controverse, controverse que les élus de la Ville ont saisi comme occasion pour aménager et modifier cet espace urbain.

La préparation du projet s'est faite avec l'OPAC 38, en profitant du contexte de la loi Borloo19. Néanmoins, les projets de rénovation visés par la loi ne s'appliquant qu'aux Zones urbaines sensibles (ZUS) et le quartier n'étant pas classé comme l'une d'entre elles, un travail en 2003 et 2004 a été réalisé afin de justifier le bienfondé d'une démarche de rénovation urbaine au lieu d'une démolition. Le quartier n'a pas été classé officiellement en ZUS mais « assimilé ZUS », ce qui a permis à la Ville de travailler au montage du projet avec des bailleurs sociaux à partir de 2005. Le quartier a donc fait l'objet d'une convention de rénovation urbaine, telle que prévue par l'article 10 de la loi d'orientation et de programmation pour la ville et la rénovation urbaine. Les relogements ont concernés 124 familles.

Le projet initial de quartier relevait donc avant d'un projet de réhabilitation urbaine : le terme d'écoquartier, comme celui de chauffage au bois, ne sont arrivés que dans un second temps dans la chronologie.

¹⁹ Loi 2003-710 du 1er août 2003 d'orientation et de programmation pour la ville et la rénovation urbaine,

En effet, le début de la réflexion sur l'écoquartier a été marqué par une réflexion sur le bien-être des habitants et la durabilité. En termes énergétiques, cela s'est traduit par des réflexions sur les déplacements autour du quartier, la gestion de l'eau, etc. Le mode de chauffage envisagé initialement n'était pas renouvelable puisqu'il s'agissait de gaz. La réhabilitation thermique des bâtiments a fait l'objet d'un axe de réflexion des ateliers de concertation initiés par la Ville avec les habitants sur le projet de rénovation du quartier. Ces ateliers ont permis de faire ressortir qu'un mode de chauffage renouvelable pourrait être profitable. La Ville a alors suivi la piste générée lors de cette concertation, assistée par l'Agence locale de l'énergie et du climat (ALEC), qui est l'Espace info-énergie (EIE) de l'agglomération grenobloise, pour le choix d'une énergie renouvelable appropriée à l'écoquartier. La Ville ne portait aucune compétence spécifique sur le bois-énergie à ce moment.

3.3.2 Une volonté politique municipale issue de concertations

En effet, le projet n'aurait pu voir le jour sans une forte volonté politique, reconnue par l'ensemble des acteurs rencontrés dans le cadre de ce travail. Cette volonté politique s'est exercée principalement sur deux aspects : la concertation et le passage en régie. Le rôle de la concertation a permis de modifier le projet initial de la Ville de Fontaine. Certes, la dimension environnementale y était déjà affirmée, mais elle ne comportait pas d'énergie renouvelable.

« Alors, maîtriser les charges énergétiques ça c'était une volonté politique, (...) la ville souhaitait vraiment qu'elles puissent être relogées sur site, donc ça c'était un des axes forts du projet. Contrairement à ce que souhaitait l'ANRU (...) Notre volonté c'était vraiment que les personnes qui habitaient à Bastille et qui souhaitent rester à Bastille puissent le faire, et c'est vrai que les charges c'est souvent un des leviers importants là-dessus. » (Services de la Ville)

« Et puis du coup, le type de chaufferie, enfin de chauffage, auquel on n'avait même pas réfléchi. Du coup, les habitants nous ont dit : "Mais pourquoi? Regardez, nous, notre maison, on a fait de la géothermie. Pourquoi vous n'avez jamais travaillé là-dessus ?" »

« Si, là les gens nous ont dit : "Mais pourquoi on ne fait pas une chaufferie bois, de la géothermie, on agrandit?". Globalement, il faut regarder pourquoi on a dit le gaz. Par facilité, on a dit le gaz, (...) On avait mis les panneaux solaires pour l'eau chaude sanitaire, mais c'est tout. Du coup, on s'est dit : "Oui c'est vrai on est allés au plus facile donc en fait on peut aller creuser cette question". Nos élus ont dit : "Ok on creuse cette question", les maîtres d'ouvrage (immobilier) ont dit : "Oui, on va creuser aussi". » Services de la Ville

« Donc c'est vrai que la rénovation urbaine de Bastille quand elle s'est enclenché il y avait cette volonté politique très affirmée d'avoir apporté et de contribuer à faire en sorte qu'on puisse développer les énergies renouvelables sur la commune de Fontaine. » Élu.

La deuxième difficulté qui n'aurait pu être franchie sans un portage politique fort est le passage en régie : le fait que les appels à délégation de service public aient été infructueux aurait pu mettre un terme au projet de chaufferie bois, puisque cette dernière requerrait des compétences dont les Services techniques ne disposaient pas. Cependant, soutenus par ces derniers, les élus ont accepté que la commune puisse acquérir progressivement ces compétences.

3.3.3 De la spatialité des réseaux de chaleur

Deux solutions techniques ont été envisagées pour le réseau de chaleur. La première, la ville appartenant à la communauté d'agglomération Grenoble Alpes-Métropole, aurait été le raccordement au réseau de chaleur géré par la Compagnie de chauffage intercommunale de l'agglomération grenobloise (CCIAG). Ce réseau de grande taille, le deuxième de France, est déjà en partie alimenté par une chaufferie au bois. Il est de plus géré par une Société anonyme d'économie mixte locale, actionnée à plus de 50% par la Ville de Grenoble et 5% par la communauté d'agglomération, et déjà délégataire d'un service public local de l'énergie. La CCIAG présentait donc l'avantage de déjà disposer des compétences en matière d'énergie qui manquaient à la Ville de Fontaine. Toutefois, la séparation des communes de Fontaine et de Grenoble par une large rivière, le Drac, rendait très coûteuse cette solution (environ 2 millions d'euros). La seconde solution était la création d'un réseau de chaleur propre au quartier, alimenté par sa propre chaufferie. C'est donc cette solution qui a été retenue, pour un coût bien inférieur au rattachement au réseau grenoblois (environ 1,3 millions d'euros). En contrepartie, l'implication de la Ville de Fontaine a été bien supérieure puisque les compétences techniques pour la mise en place et la gestion de la chaufferie bois n'étaient alors pas maîtrisées.

3.3.4 Contournement des barrières et compétences à acquérir

Le chauffage au bois présente en effet des caractéristiques propres qui demande un haut niveau de technicité : gestion de l'approvisionnement, contrôle de la qualité du combustible en termes de qualité (absence de produits polluants dans le bois de récupération) et de degré d'humidité (une humidité trop importante réduit considérablement l'efficacité de la combustion), respect des normes d'émissions de particules fines dans l'atmosphère, fonctionnement de la chaufferie en réponse au besoin de chauffage des bâtiments.

Le bois-énergie représente la première énergie renouvelable thermique en France (CGDD 2013) et de loin, puisqu'elle constitue 64% de ces énergies renouvelables thermiques. Depuis une quinzaine d'années, le bois est de plus en plus utilisé dans les réseaux de chaleur de communes urbaines comme rurales. De nombreuses incitations économiques ont été mises en place par l'État qui souhaite encourager une utilisation à large échelle du bois, autant pour des particuliers, des industriels et des collectivités. Cette volonté s'inscrit dans un processus de reprise en main par l'État depuis le milieu des années 2000 de la filière bois-énergie (Tabourdeau 2013) afin de remplir les objectifs du Grenelle de l'environnement et du paquet énergie-climat. Cette importance du bois a suscité l'intérêt croissant des grands opérateurs de l'énergie pour des projets bois-énergie, alors que les communes de petite taille ne sont souvent pas en mesure de porter les compétences nécessaires pour gérer une chaudière.

Ces opérateurs ont donc répondu aux appels d'offres pour des délégations de service public dans de nombreuses communes, urbaines comme rurales, partout en France. Néanmoins, la marge de rentabilité sur la ressource étant très mal connue, du fait de la grande imprécision des statistiques nationales et du manque de données locales, après plusieurs années d'expérimentations, ces opérateurs ont restreint leurs activités aux plus grosses chaufferies, c'est-à-dire d'une puissance supérieure en générale à 10 MW et permettant des économies d'échelle, et refusent de s'impliquer dans des projets plus petits comme à Fontaine.

C'est ainsi que les appels à délégations de service public (DSP) de la Ville de Fontaine ont été infructueuses, par manque de candidats ou à cause de réponses jugées trop onéreuses. Fontaine a alors choisi de passer sur un système de régie, entraînant la création d'un Service public à caractère industriel et commercial (SPIC).

En termes de compétence, la gestion est contractualisée avec Dalkia jusqu'en 2014 et la ville envisage d'acquérir la compétence de gestion par elle-même une fois ce contrat terminé. La Ville de Fontaine a imposé le raccordement au réseau de chaleur bois aux bailleurs et promoteurs, via le cahier des charges de cession du terrain (ALEC 2010).

L'écoquartier Bastille ne représente qu'une étape dans la stratégie de la Ville de Fontaine, puisqu'un autre écoquartier est en projet sur le territoire communal et que la Ville compte capitaliser sur les compétences génériques acquises pour le premier écoquartier.

« Donc nous on a développé ce réseau, sachant très bien que Bastille ne serait qu'une première partie de projet, et qu'on en aurait une deuxième partie Néron qui est train de changer un petit peu de texture. Et surtout qu'on a un nouveau éco quartier qui a été décidé durant ce mandat-là, c'est le quartier Robespierre où là on est sur 250 logements supplémentaires que l'on souhaite réaliser. » Élu.

« Voilà parce que l'on a eu une période de transition avec des groupes électrogènes, des chaufferies, ah oui ça a été très compliqué (...) Alors on était relativement fier parce que c'est la première chaufferie en milieu urbain si vous voulez qui a été réalisé dans ce cadre-là. Même si elle n'est pas non plus... une chaufferie extraordinaire en taille dans tous les cas c'est une des premières. Alors là aussi on était limité en taille pour des raisons je dirais de prise en compte par les habitants. Alors là par contre je peux vous en parler parce que j'étais un des élus qui étaient en première ligne, on a eu du mal à faire passer notre projet de chaufferie bois au niveau des habitants. » Élu

À ce titre, le réseau de chaleur, et l'écoquartier de manière générale, offre à la ville la possibilité de développer une compétence qui lui appartienne en propre. En effet, si elle s'était rattachée au réseau de Grenoble ou avait opté pour une DSP, elle n'aurait été qu'un maillon d'un réseau, soit physique pour le réseau de chaleur de Grenoble, soit d'acteurs et de compétences dans le cas d'une DSP. La question de la régie est donc à rattacher à celle de l'échelle : la régie représente une forme d'autonomisation du mode de fonctionnement. Dans le cas d'une régie, l'échelle de planification et de gestion de la chaleur, bien qu'imposant un engagement supérieur, permet de développer une véritable intelligence locale du réseau de chaleur.

« C'est vrai que Fontaine est un peu particulier, c'est un des premiers projets qu'on fait aussi proche d'une zone urbaine. Parce qu'en général en zone urbaine, il y a souvent des gros réseaux urbains qui existent et beaucoup de projets biomasse, où ils sont greffés, comme le réseau de Grenoble » (un ingénieur conseil)

3.4 Synthèse : quelles variables structurantes ?

Les noeuds socio-énergétiques étudiés ont été mis en oeuvre à des échelles différentes : le quartier à Fontaine, le bâtiment et l'îlot à Grenoble mais ils ont en commun de résulter d'une volonté politique forte et d'avoir suscité l'enthousiasme des personnes impliquées dans leur conception. Le fait d'avoir réalisé une première française, de se sentir précurseur d'un vaste mouvement est assurément un gage de fierté et constitue une référence qu'une entreprise saura utiliser pour conforter sa notoriété et prouver son savoir-faire.

On peut imaginer que le succès d'un NSE innovant (l'adoption généralisée d'une nouvelle technologie ou le déploiement répété d'un système énergétique) réduit l'avantage qu'il y a à l'utiliser. Passée la phase d'émergence de l'innovation et celle des précurseurs, la distinction ne constitue pas un moteur de la généralisation. De la même façon, l'on peut s'interroger sur la nécessité de méthodes créatives, collaboratives et transversales : lorsqu'un NSE est massivement déployé, il est vraisemblablement associé à de nouvelles routines de la part des acteurs qui contribuent à sa réalisation. A l'horizon 2040, les routines de travail auront vraisemblablement changé et certaines professions : ce qui est transversal aujourd'hui sera peut-être routinier et inversement. Par contre certains éléments perdureront.

A l'aune de l'analyse des deux NSE, nous pouvons identifier quatre types de variables qui pourraient être durablement structurantes dans le déploiement de NSE de production, de distribution et de stockage d'énergie.

La **capacité du pouvoir communal** est le premier enseignement de deux cas étudiés (ainsi que du projet réseau de chaleur sur eaux usées que nous n'avons pas traité ici). La Ville est en mesure de porter ou de faire porter des projets de production de chaleur à l'échelle de l'îlot ou du quartier. Les élus municipaux sont **en mesure de construire et d'incarner un bien commun multiscale et multisectoriel** : outre l'agenda climatique global, Fontaine articule la maîtrise de la facture énergétique avec des objectifs sociaux tandis que Grenoble le concilie avec l'héritage de l'innovation écosystémique et la demande sociale de ville verte. Il s'appuie sur **la compétence de leurs services** (notamment la maîtrise des projets à l'échelle de quartier type DSU ou ANRU puis le service technique à Fontaine) ou leur satellite (notamment Gaz et Electricité de Grenoble). Enfin, **ils disposent de dispositifs de projet à l'échelle de l'îlot ou de quartier** tels que la ZAC qui permet d'imposer modes et échelles de production de chaleur ou de type ANRU ou ZUS permettant un relatif leadership communal sur les bailleurs sociaux et les copropriétés fragiles via l'accès à des financements d'Etat. En revanche, la Ville est relativement démunie pour imposer une mode ou raccordement à un équipement sur le reste de son territoire par le **règlement d'urbanisme** et n'a quasiment aucune prise sur la distribution/production d'électricité (sauf dans le cas particulier de Grenoble) régie par le **code de l'énergie**.

L'aptitude du **nœud socio-énergétique à s'inscrire dans les schèmes organisationnels** conditionne son adoption. La **compatibilité du NSE avec les pratiques** des acteurs de la construction et de l'immobilier en renforce l'attrait, notamment auprès des maîtres d'ouvrage, des gestionnaires et de leurs prestataires, les familiarisés avec les sous-stations interfaces urbain/bâtiment dans le bassin urbain dont un tiers des logements sont raccordés au chauffage urbain. La **simplicité du NSE** facilite le renouvellement de son adoption : de ce point de vue, la réalisation de la chaufferie dans un bâtiment séparé des habitations réduit la complexité et les réticences comparativement à une chaufferie intégrée dans un immeuble d'habitation. **L'inscription dans les logiques d'action** des partenaires est indispensable lorsque le déploiement du NSE nécessite leur contribution. Ceci étant dit, les logiques d'actions sont multiples et une nouvelle connaissance (par exemple des coûts d'investissement ou de fonctionnement de la cogénération par bâtiment) peut modifier leur poids dans la décision et rendre rédhibitoire une solution.

Ensuite, **l'économie du NSE** est déterminante, a fortiori lorsque l'investissement est opéré par des acteurs économiques. Le **volume et des synergies** permettent de réduire les coûts de développement et d'exploitation. Des **incitations financières accroissent la rentabilité** : la subvention européenne et la CSPE ont été déterminante dans l'engagement de GEG, la subvention de l'ADEME et la perspective du taux réduit de TVA ne sont pas négligeable dans le choix opéré par la ville Nanterre et la SEMNa (cf. chapitre 1). **L'évaluation du risque est capitale** dans la prise de décision : elle est aussi le plus difficile à objectiver.

La **disponibilité des ressources** n'est pas la moins importante. Il ne s'agit pas des ressources financières déjà traitées ci-dessus mais des ressources physiques et humaines. Dans la première catégorie, il faut citer les

ressources énergétiques (le soleil, les réseaux d'énergie, le bois ...) qui peuvent varier selon le site. Dans la seconde, il n'est pas seulement tenu des **compétences individuelles**, c'est aussi leur adéquation aux besoins particuliers, la capacité à collaborer et notamment à contourner ou lever les cloisonnements (entre professions, entre organisations ...) par des **méthodes collaboration et des dynamiques d'adaptation** plus ou moins partagées dans le bassin d'emploi. En outre, la mobilisation de ces ressources dépend des **régulations établies par les autorités publiques** dans leurs champs respectifs.

3.5 Bibliographie du chapitre

ALEC. 2010. « Création d'un réseau de chaleur bois à Fontaine ».

CGDD. 2013. « Bilan énergétique de la France pour 2012 ». CGDD.

Debizet, Gilles, et Eric Henry. 2009. « Qualité en conception, concurrence et management de la qualité ». In *La qualité architecturale Acteurs et enjeux*, pp 143-162. Cahiers RAMAU n°5. Biau V. & Lautier F.

Delaunay, Julien, Nicolas Ansot, Lyes Benguerrah, Chinese Benzeghiba, et Souleyman Diallo. 2010. « CONCEPTION QEB DES IMMEUBLES DE L'ECO-QUARTIER DE BONNE HORS CONCERTO ». Mémoire de master MOBat. Grenoble: UJF et UPMF.

Enertech. 2011. « ZAC de Bonne - Evaluation par mesure des performances énergétiques des 8 bâtiments construits dans le cadre du programme européen Concerto - Rapport de synthèse ».

Gay, Stéphanie. 2011. « Eco-quartier: les paradoxes ». Mémoire de fin d'études Licence professionnelle, UPMF.

Souami, Taoufik. 2009. *Ecoquartiers secrets de fabrication, analyse critique d'exemples - Modes De Ville. Carnets de l'info*. <http://livre.fnac.com/a2639526/Safer-Taoufik-Ecoquartiers-secrets-de-fabrication-analyse-critique-d-exemples>.

Star, Susan Leigh, et James R. Griesemer. 1989. « Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39 ». *Social Studies of Science* 19 (3) (janvier 8): 387-420..

Tabourdeau, Antoine. 2013. « Fuelwood as an indicator of inconsistencies in a national forest policy: a case study in two French regions ». In *Socio-economic Analyses of Sustainable Forest Management*, édité par Ludek Sisak, Roman Dudik, et Michal Hrib. Czech University of Life Sciences Prague Department of Forestry Economics and Management.

Verhage, Roelof, Menez, Florence, Lorenzi, Emmanuelle, Devisme, Laurent, Geppert, Anna, Bourdin, Virginie, et Leroy, Marie. 2012. « Apprentissage du développement urbain durable et changement des pratiques professionnelles : Expériences à Lyon, Nantes, Reims, ». *PIR Ville et Environnement*.

4 Chapitre 4 – Gouvernance : Mobilisation Politique et Coordination des Acteurs

Stéphane La Branche

4.1 Introduction

Le Manuel d'Oslo de l'OCDE définit l'innovation comme « la mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation **ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures** » (OCDE 2005, emphase ajoutée). Pour leur part, dans un travail collaboratif réalisé en 2010, le CAE, la DATAR et l'Académie des technologies intègrent une dimension territoriale à leur définition de l'innovation (DATAR 2010). Cet ancrage territorial appelle des mises en association entre divers acteurs et compétences, dans un nouveau cadre d'actions. Ce phénomène est parfois appuyé par l'Europe (cf. chapitre d'O. Labussière) même si l'innovation n'attend pas l'Europe pour avoir lieu.

Mais l'innovation en matière d'énergie dans l'urbanisme, que ce soit à l'échelle de l'ilot ou du quartier, n'est pas sans créer des défis organisationnels et institutionnels. En effet, dans un cadre d'objectifs énergétiques ambitieux où les compétences et les savoir-faires des acteurs peuvent se révéler absents ou insuffisants, comment atteindre les objectifs fixés ? Quels types de freins à l'innovation peuvent émerger ? Les plus souvent cités sont économiques (les coûts de l'innovation et du développement soit de nouvelles technologies par exemple, ou de nouvelles applications) ; l'absence de demande (le *pull*), l'absence de régulation (le *push*) et l'absence de technologie. On peut aussi citer l'absence de volonté politique ou des freins organisationnels²⁰.

Ces interrogations s'inscrivent dans des réflexions sur le rôle des institutions dans la poursuite d'objectifs environnementaux. Selon Young, une institution peut voir ses efforts à protéger l'environnement ralenti par le problème d'adéquation entre ses objectifs environnementaux et sa structure interne (ce qu'il appelle *institutional fit*) (Young 2002/1). En d'autres termes, les efforts de gouvernances climatique et énergétique peuvent être niés par *la structure même des institutions impliquées*, en raison des lourdeurs, habitudes et cultures institutionnelles et ce, quelles que soient les intentions 'écologiques' de l'organisation. Young met de l'avant que l'inertie ("*stickiness*") naturelle des institutions peut nécessiter un changement de fonctionnement et d'identité (Young 2002/2) pour qu'elles puissent contribuer à la préservation de l'environnement (Young 2002/1). Mais face à ces obstacles, quels types de leviers d'actions développer pour atteindre les objectifs ? Quels types de gouvernance adopter pour surmonter ces freins ? L'analyse des terrains de la recherche Nexus offre des éléments de réponse à ces questionnements.

L'argument principal de ce chapitre est que l'innovation la plus significative a lieu dans le domaine de la gouvernance de projet et plus précisément, dans la mise en harmonie des différents acteurs, compétences et réseaux, liée à des assemblages énergétiques nouveaux pour les acteurs (les NSE spécifiques au projet de Bonne et à IssyGrid). Ainsi, à Grenoble, les obstacles principaux n'étaient pas d'ordre technologique – les techniques d'efficacité énergétique existaient. Ils n'étaient pas non plus d'ordre économiques, car le quartier de Bonne était situé dans un lieu rare pour le développement d'un nouveau quartier : près du centre-ville. Les investisseurs savaient qu'ils allaient pouvoir vendre et, par ailleurs, des concessions incitatives en matière de foncières ont été faites par la ville. La seule réelle innovation technologique (pour laquelle un brevet a été déposé) a été les bouchons thermiques apposés à l'intérieur des fenêtres du BEPOS. Quant à la cogénération, elle représentait plutôt une innovation dans son application à cette échelle, avec un risque sur le prix de production et de rachat. L'obstacle principal à ce projet était, de fait, organisationnel lié au développement des assemblages énergétiques nouveaux.

Si à IssyGrid, le développement des nouvelles technologies est plus important qu'à de Bonne, c'est aussi en matière de gestion de projet qu'ils ont du innover. Le défi de la gestion y est également lié en grande partie à la complexité des assemblages développés sur le quartier. En effet, le projet innove en matière d'innovations dans les assemblages entre différents volets énergétiques : éclairage public, voitures électriques, panneaux photovoltaïques, stockage et technologies de maîtrise de l'énergie à domicile sont conçus comme devant faire un tout cohérent et harmonieux, ce qui nécessite des innovations dans leur assemblage. Le problème est que ces éléments sont gérés ou développés par des acteurs industriels différents. L'objectif d'innovation se situe davantage au niveau de l'association des différentes composantes que dans chacune d'elle prise individuellement. Le défi de l'assemblage technico-énergétique s'accompagne donc par le défi organisationnel : comment faire travailler ensemble sur un seul et unique projet démonstrateur et expérimental

²⁰ A l'inverse, la présence de ces facteurs contribue à l'innovation.

des acteurs qui sont soit traditionnellement en concurrence pour des parts du marché soit qui sont sur des secteurs différents et n'ont pas d'expérience de partage ? C'est pour les acteurs enquêtés, à la fois le défi majeur et la plus grande valeur ajoutée d'Issygrid.

Ainsi, que ce soit à de Bonne ou à IssyGrid, ce qui est plus étonnant compte tenu de la grande place occupée par les technologies, la majorité des enquêtés s'accordent à dire que c'est au niveau de la gouvernance que l'innovation est la plus importante, au même niveau que les innovations en matière d'assemblages à Issygrid. Nous analyserons donc dans ce chapitre la gouvernance de ces projets, entendue comme le processus de mise en harmonie des différents acteurs, leurs logiques (alors que le chapitre précédent, se concentre sur les rationalités propres aux acteurs), en lien avec leurs 'systèmes énergétiques'.

Nous posons ainsi quelques balises d'une analyse organisationnelle des NSE : comment et dans quelle phase des projets ont été mobilisés les acteurs privés et publics dans les terrains analysés ? Quelles leçons peut-on en tirer en matière d'innovations urbaines énergétiques ? Existe-il des tendances communes aux cas analysés et leurs caractéristiques spécifiques ? Pour explorer l'enjeu de l'innovation, de ses impacts et des réponses trouvées, nous nous sommes posés les questions suivantes :

- A quel degré les EQ sont-ils des lieux d'expérimentations et d'innovations institutionnelles et organisationnelles, et si oui, de quels types ?
- Des nouveaux réseaux d'acteurs se sont-ils constitués pour répondre aux défis posés par les projets ? Si oui, comment et quelles stratégies de partenariat ont-ils adopté ?
- Comment se sont articulées les différentes motivations et intérêts – conflits, harmonie, synergie ?
- Quels ont été les moteurs et les freins à la coordination du projet ? Comment ont-ils été résolus ?

L'essentiel de notre analyse porte sur de Bonne et IssyGrid mais nous relevons quelques points communs et des différences avec les autres terrains. Nous insistons sur quatre éléments : les innovations dans la gouvernance des projets ; les innovations dans les réseaux professionnels des acteurs impliqués ; les innovations dans les façons de travailler et ; l'esprit d'expérimentation.

4.2 Corpus et objectifs de l'analyse

L'analyse présentée dans ce chapitre est résolument empirique et fondée sur les entretiens (cf. chapitre 1). Nous avons d'abord questionné ce corpus d'entretiens (par le biais de notes personnelles durant les entretiens menés, la lecture, la correction des transcriptions et le logiciel Nvivo), afin de saisir les grandes tendances, mais aussi les moteurs et les freins (techniques, financiers, institutionnels, organisationnels) aux efforts des acteurs pour atteindre leurs objectifs. C'est en analysant ce corpus pour identifier les freins principaux au déroulement de la mise en œuvre du projet qu'a émergé de manière très forte la problématique de la coordination des acteurs. Selon les mots mêmes de certains des enquêtés, nous mettons en avant l'idée suivante : une équipe jouant le rôle de chefs d'orchestre, c'est-à-dire qui agissent de concert mais chacun avec son rôle propre et bien défini pour atteindre un objectif commun : faire en sorte que les objectifs d'efficacité énergétique (mais aussi d'expérimentation de diversité énergétique la plus propre possible) soit atteinte. Cette équipe orchestrante assure la mise en harmonie des différents joueurs des projets pour obtenir une mélodie cohérente - c'est-à-dire, atteindre les objectifs fixés. A de Bonne, l'équipe était composée de deux acteurs clés mais à IssyGrid, il s'agit de groupes de pilotage définis par type d'assemblages énergétiques. Nous développerons leurs rôles plus loin.

Les cas de Nanterre et de Fontaine, au moment où ces expériences sont menées, ne présentent pas de difficultés particulières : les modes de gouvernance sont assez simples, car liés à des projets ciblés sur un aspect spécifique de nœuds socioénergétiques (eaux usées dans le premier cas, et chauffage au bois collectif dans le second) et elles sont assez aisément reproductibles ailleurs, sous condition d'un accès à l'énergie (accès au bois). Les cas d'IssyGrid et de la Caserne de Bonne peuvent être regroupés car ils sont plus complexes mais ils ne présentent pas le même enjeu de reproductibilité, question à laquelle nous revenons dans la conclusion. Comme à IssyGrid, des expériences d'intégration de « high tech » énergétiques sont en cours ailleurs (par exemple, Greenlys, avec Linkys), menés par des acteurs privés. Mais la reproductibilité potentielle de l'expérimentation de l'écoquartier de Bonne, elle, nécessite davantage de réflexions, même si le contexte social et réglementaire a changé depuis. En effet, les mesures mises en œuvre lors de la conception et la construction de cet écoquartier n'étaient pas encadrées par la RT2012. De fait, les moyens et les méthodes mis en œuvre dans l'EQ étaient à cette époque innovants, et les objectifs, très ambitieux, et ils ont offert un terrain d'expérimentation à la future RT 2012. La réglementation aurait-elle alors remplacé les facteurs ayant rendus possibles la mise en œuvre d'innovations dans la construction de cet EQ ? Une telle expérimentation est peut-être difficile à reproduire en

l'état, mais les leçons qui y ont été apprises peuvent potentiellement, être plus facilement appliquées à d'autres quartiers. Nous reprenons cette réflexion dans la conclusion.

4.3 Principaux résultats

4.3.1 Des modes de gouvernance non classiques

De manière globale, pour les acteurs interrogés, la question du type de gouvernance ne s'est pas posée en des termes classiques, et surtout à l'échelle du projet global (de Bonne à Grenoble et Issygrid). Tout d'abord, les questions de gouvernance et d'innovation (voire, d'expérimentation, plus risquée, moins connue) sont omniprésentes et intimement associées dans la compréhension des acteurs. Ensuite, ceux-ci ne parlent pas de la gouvernance de leur projet en termes classiques « *top-down* », « *bottom-up* », « participatives » ou non.

Ceci rejoint, mais d'une manière différente, l'argument développé dans notre chapitre du précédent rapport²¹, que le mode de décision (bottom-up ou top-down, complexe, interactif, centralisé ou décentralisé, participatif ou non), n'est pas associé à un niveau d'ambition environnementale, confirmant l'analyse de Souami (Souami 2009). Dans certains cas, l'implication des citoyens contribue à la prise en compte de certains enjeux environnementaux ; dans d'autres, cette implication diminue les objectifs mis de l'avant par les promoteurs ou la ville, alors que ; dans d'autres cas encore, cela n'a pas d'impacts, les préoccupations étant ailleurs (esthétique, vie collective...). Nous avons alors émis une autre hypothèse : les objectifs climato-énergétiques nécessitent une diversité d'acteurs plus importante et donc, soulèvent des défis de gouvernance plus grands. L'analyse des entretiens confirme cette hypothèse : plus un assemblage socioénergétique est complexe, plus grande est la complexité de la coordination et de la gouvernance des interactions entre les acteurs impliqués. Et ce, d'autant plus lorsqu'il y a des efforts à intégrer différentes échelles d'actions urbanistiques²², des 'transgressions' d'échelle : bâtiments, îlots jusqu'au quartier²³. C'est d'autant plus critique que la complexité des assemblages et la transgression d'échelles peuvent être sources d'inefficacité, d'instabilité du réseau, de pertes de retours sur investissements, d'incertitudes, de risques financiers ou techniques mais aussi de dissensus et de conflits de visions et de business models... Le constat en ce qui concerne le mode de gouvernance dans trois des cas analysés (de Bonne, Fontaine, Nanterre), la décision est essentiellement top-down même si un accompagnement technique des acteurs existe : offre de solutions, séances de suivi et de discussions, formations... Une décision top-down, donc, mais stratégique, veillant à fournir les moyens qui existent par ailleurs mais ne sont pas bien maîtrisés par les acteurs, pour atteindre les objectifs imposés. Dans le cas d'Issygrid, la décision politique est moins importante et c'est un accord explicite et contractuel entre les acteurs privés qui joue le rôle clé, accord accompagné de comités de travail et de suivi.

La question de la coordination des acteurs et plus généralement, de la gouvernance de projet, est dans les cas analysés étroitement associée à la problématique de l'innovation : celle d'acteurs aux intérêts variés, aux compétences diverses, avec des *business models* différents qui s'associent néanmoins pour réussir un projet commun et atteindre des objectifs énergétiques nouveaux ou ambitieux (soit d'efficacité soit de MDE). Les solutions techniques répondant à des nouvelles ambitions énergétiques et environnementales complexes utilisées dans les terrains analysés sont parfois innovantes et parfois, non. L'innovation apparaît complexe et sujette autant à des représentations qu'à des changements techniques ou technologiques qu'à des nouveaux agencements de techniques pré existantes ou qu'à leur mise en œuvre. Dans le cas d'Issygrid, il y a effectivement quelques innovations techniques, mais surtout **dans la façon de tenter d'assembler différents systèmes énergétiques**. A Fontaine, le montage du projet a posé problème et a conduit la Ville à créer une Régie (cf. chapitre Tabourdeau). A Nanterre, il s'agissait plutôt de concevoir de manière différente une source d'énergie existante mais qui non conçue comme telle : les eaux usées. A Grenoble, les techniques et les technologies utilisées étaient déjà utilisées dans d'autres pays, mais elles ont été mises en œuvre pour la première fois par des acteurs qui ne les avaient pas utilisées auparavant. Pas d'innovations techniques en soi, donc mais comme nous le verrons, certainement des innovations dans le travail.

L'innovation dans les cas étudiés correspond donc bien aux deux volets des NSE, techniques et sociaux (dans le sens large du terme, incluant les représentations des acteurs). Même à technique constante, il ne faut pas négliger les facteurs que sont le volet organisationnel, les compétences et les réseaux qu'impliquent le

²¹ Cf. Gouvernance et jeux d'acteurs dans les EQ », premier Rapport du projet ADEME Nexus

²² La question de l'innovation scalaire est traitée par G. Debizet et A. Tabourdeau dans leur chapitre.

²³ A noter que nous en pourrions plus parler de 'transgressions' lorsque cela sera devenu une manière normale, intégrée par les acteurs, de faire des EQ... L'innovation se diffuse, se normalise et cesse d'être une innovation.

déploiement, l'exploitation et l'assemblage d'énergies variées qui peuvent être nouvelles pour les acteurs sans être pour autant à la fine pointe ou innovante en soi. Comme le dit un maître d'ouvrage : « *C'est vrai que ce qui peut être des solutions éculées pour certains ou dans d'autres pays, eh bien quand même quand on le fait chez nous, on peut se dire quand même c'est innovant. Et en tout cas, on a des maîtrises d'ouvrage qui ne sont pas habituées, des gestionnaires qui ne sont pas habitués, des habitants pas habitués, des entreprises pas habituées, ça fait beaucoup, des bureaux d'études pas habitués, ça fait beaucoup de gens qui apprennent quand même. Donc moi je pense qu'à partir de ce moment-là on peut appeler ça innovant* ».

Les acteurs peuvent donc avoir une **perception** d'innovation, les techniques qu'ils mettent en œuvre étant déjà développées et connues ailleurs mais pas par eux. Ces innovations (techniques, de compétences, d'assemblage...) ont toutes comme point commun la complexité de leur mise en harmonie. Le travail des chefs d'orchestre à l'échelle du quartier de Bonne a dans ce cadre surtout consisté à rendre applicable ou opérationnelle des techniques qui n'étaient pas nouvelles en soi mais qui posaient problème au niveau des connaissances et des compétences professionnelles des acteurs impliqués notamment dans leur rencontre et leur assemblage. Qui leur demandaient donc d'innover dans leur métier. Dit un promoteur : « *on a essayé de regarder tout ce que l'on pouvait faire pour rendre ces bâtiments performants par rapport au cahier des charges que nous avions. Alors c'est vrai que là dedans on était très innovant parce qu'on avait que des études techniques mais rien de concret, rien de construit. Donc ça n'a pas été toujours très facile déjà pour trouver les bureaux d'études et les techniciens, pour savoir qu'elle était la meilleure solution, pour essayer d'obtenir ses fameuses performances qui à l'époque étaient déjà relativement draconiennes par rapport à ce qui se faisait parce qu'avant il ne se faisait rien.* »

Dans les cas analysés, l'innovation réside donc, pour i) les enquêtés responsables du projet, avant tout dans la méthode de coordination d'une grande diversité d'acteurs dans un même projet, dans la gouvernance de projet, et ce, quel que soit le niveau d'innovation technique (et il y en a à IssyGrid). ii) Pour les autres acteurs, élus mais aussi maîtres d'ouvrage à Grenoble, c'était dans le niveau de partenariat et de travail en commun dans des nouvelles phases amont du projet. La transversalité leur a posé un problème particulier, un défi à relever. Ceci est accompagné dans les deux cas, d'un esprit d'expérimentation et de prise de risque, dans un contexte d'absence de cadres réglementaires, sur lequel nous revenons plus loin. En absence de règles et de normes imposées, les acteurs doivent donc faire davantage preuve d'innovation ?

Sur cette question, précisons qu'à la Caserne de Bonne, un cadre 'réglementaire' existait sur une partie du quartier - Concerto avec ses fonds européens et ses obligations de moyens. Mais le projet de l'écoquartier a été initié bien avant Concerto qui ne concerne qu'une partie du quartier. Donc, pour la plus grande partie du quartier, en l'absence de cadre réglementaire, c'est la mise en harmonie par un duo de chefs d'orchestre qui a donné le tempo, la mélodie et la direction au projet. Cette orchestration a été accompagnée techniquement par des séances de formation dédiées aux professionnels. Offertes par l'Agence Locale de l'Energie, le but était de développer les compétences techniques des équipes de chantier, afin qu'elles répondent aux exigences de performance énergétique demandée par les cahiers des charges. Cette mise en harmonie a été orchestrée par une volonté et un leadership politiques (incarné par l'élu P. Kermen) et techniques (incarné par O. Sidler d'Enertech, Assistant au Maître d'Ouvrage de l'aménageur) dans le cadre d'une *expérimentation*, affichée comme telle, dans laquelle la plupart des acteurs ont dû innover au niveau de : i) de leur organisation ; ii) de leurs compétences techniques et ; iii) dans leur façon de travailler les uns avec les autres. Cet argument peut paraître secondaire face aux grandes questions d'innovations liées à l'énergie ou au facteur 4, mais pourtant : les acteurs de la caserne de Bonne interrogés insistent tous sur l'innovation en matière de gouvernance comme étant la clé du projet. Même les acteurs d'IssyGrid insistent sur ce dernier aspect comme clé essentielle au processus. Par « innovant », ces mêmes enquêtés signifient que cela n'avait pas été fait avant ou qu'ils ne l'avaient jamais fait et qu'ils ont du faire *autrement*, trouver des nouvelles solutions à de nouveaux problèmes, travailler avec d'autres équipes de nouvelles façons ou pour la première fois. La montée du travail en transversalité a été souvent désignée comme importante.

4.3.2 La question de l'innovation dans les terrains analysés.

La notion d' « innovation » est omniprésente dans la littérature recensée pour qualifier le mode de gouvernance « participative » de l'écoquartier de Bonne ou et affichée fortement dans le cas des nouvelles offres technologiques en matière de gestion d'énergie à domicile à IssyGrid. Pourtant, nos entretiens montrent bien que là n'est pas le point essentiel.

Certes, l'isolation par l'extérieur à de Bonne représentait une nouveauté mais liée à sa pose (et donc, un enjeu de compétences) plutôt qu'au produit en soi. Comme l'a si bien expliqué l'architecte d'un bâtiment, ce qui a posé problème, c'est l'attention particulière portée aux ponts thermiques lors de la pose de l'isolation ou dans la pause des balcons. La petite cogénération installée n'était pas non plus une révolution technique en soi (il s'agit d'un moteur de voiture au gaz) mais elle représentait une innovation à cette échelle, celle du bâtiment, et un risque technico-économique lié à sa rentabilité (tarif de rachat) et à la stabilité du réseau énergétique dans lequel elle s'insère. Notons à cet égard que l'objectif de 50 kWh a un effet direct sur l'enveloppe, mais peu sur le mode de production de chaleur. La cogénération fait plutôt partie du désir d'expérimenter une diversité de modes d'énergie sur un même site.

A IssyGrid, l'obstacle majeur potentiel à la réussite du projet n'est pas la nouveauté des technologies utilisées autant que la coordination des acteurs traditionnellement en concurrence mais devant néanmoins travailler ensemble en raison de leurs compétences respectives. Nous dirions que c'est la complexité des assemblages qui a fait émerger le défi de la transversalité et donc, de la coopération. Un élu le décrit bien : « *parce que déjà il y a des sujets aujourd'hui où on a, par manque de transversalités dans les modèles, il y a vraiment des externalités aujourd'hui à mon avis qu'on ne peut plus se permettre* ». Pour celui-ci, une des solutions est le développement de nouvelles formes de management de projet. « *Donc simplement, hier, on pilotait des compétences au niveau du bâtiment, maintenant on agrège des compétences au niveau de la ville. Donc ça veut dire pour nous que c'est notre nouveau domaine d'activité, donc il faut se former sur les sujets de l'énergie, le numérique, un certain nombre de choses qui n'étaient pas forcément, si on revient 5 ans en arrière, dans notre cœur de métier. Et puis, il y a un nouveau mode de pilotage de projet où on est sur beaucoup plus de collaboratif et de co-création que ce qu'on a pu être avant, donc c'est des projets qui ne se gèrent pas tout à fait de la même manière que des projets classiques. Donc c'est plutôt des compétences de management qui évoluent j'ai envie de dire, et puis par contre pour bien manager un domaine, il faut quand même avoir deux ou trois clés de lecture et c'est ça aujourd'hui qu'on est en train de bâtir* ». ²⁴

La mise en œuvre des techniques d'efficacité énergétique et des assemblages a représenté un réel défi pour beaucoup des acteurs, leur demandant des nouvelles compétences mais **surtout, des nouvelles façons de travailler et de s'organiser**. Les problèmes techniques rencontrés à de Bonne pendant l'opération ont été résolus de trois manières : i) soit par le 'haut', c'est-à-dire grâce aux inputs de l'AMO expert technique (O. Sidler) soit ; ii) par les séances de formation offertes par l'Agence Locale de l'Energie soit ; iii) 'sur le tas', in situ par les équipes de construction - ce fut le cas notamment de la pose de l'isolation par l'extérieure et la coupure des ponts thermiques entre les balcons de béton et l'intérieur. Dans le cas d'Issygrid, les problèmes techniques sont résolus par les équipes des différents partenaires et les start ups embauchées pour ce faire.

4.3.3 Innovation et gouvernance dans les EQ analysés.

Les cas d'IssyGrid et de De Bonne offrent des parallèles. Des projets d'écoquartiers complets avec, sur leur site une diversité d'énergies – avec leurs acteurs associés, et donc leurs nœuds socioénergétiques - devant être mises en harmonie afin d'atteindre des objectifs ambitieux - 50kWh/m² pour de Bonne. Pour atteindre ces objectifs, il n'y a eu ni obligations de moyens ni de développement de nouvelles technologies, mais plutôt des innovations en matière d'assemblages.

Pour que cela forme un tout cohérent qui fonctionne de manière efficace, de Bonne a été l'objet d'une gouvernance en duo qui a permis d'atteindre les objectifs en imposant la mise en concert des différents acteurs qui se sont joints au projet en répondant aux appels d'offre : maîtres d'ouvrages, promoteurs, architectes, équipes de construction... P. Kermen a défini l'ambition énergétique et le leadership politique et

²⁴ Ces enjeux ne sont pas apparus dans les autres terrains analysés. A Fontaine, l'innovation consistait à utiliser à grande échelle la première forme d'énergie jamais utilisés par l'humain, le bois, par le biais du chauffage collectif. Les eaux usées existent depuis de très nombreuses années mais ce qui est nouveau à Nanterre, c'est de les utiliser comme une source d'énergie pour un réseau de chaleur.

O. Sidler, quant à lui, a fourni la direction technique, en fournissant des données, des méthodes et des techniques²⁵. Le rôle de chef d'orchestre a donc été joué par un duo d'acteurs, ayant un même objectif, mais chacun leur rôle spécifique. A de Bonne, le travail interne, entre les individus de ce duo de chefs, n'a pas été l'objet d'enjeux particuliers. Ils étaient d'accords et convaincus sur les objectifs, la possibilité de les réaliser et sur la méthode. Pour un des maîtres d'ouvrage (aménagement de De Bonne), l'innovation a résidé « *dans la méthodologie. De pilotage, de chef d'orchestre quoi, carrément* ». Ce qui a rendu possible l'imposition des objectifs ambitieux, c'est une injonction politique accompagnée techniquement (au sein des équipes de conception et ensuite, pour les entreprises de réalisation par le biais de séances de formation par l'Agence Locale de l'Energie).

On retrouve cette approche collective à IssyGrid, mais en plus ambitieuse car, si Bougues Immobilier joue le rôle de grand coordonnateur, ce sont les comités de pilotage qui offrent des solutions et résolvent les dissensus et participe à l'harmonisation et à la coordination des acteurs : Groupe Bouygues (Bouygues Energie et Service, Bouygues Telecom), Alstom, EDF, ERDF, Schneider Electric, Total, Steria, Microsoft, et des start-ups locales. Il n'y a pas eu d'appels d'offres et les acteurs impliqués y sont par choix industriels stratégiques. La gestion de projet se fait par « groupe de pilotage » thématiques. Des règles de fonctionnement internes spécifiques y ont été développées, notamment en ce qui concerne le partage (ou non) des données, des résultats et des technologies, afin à la fois de réduire les conflits potentiels mais aussi créer un cadre de confiance et de repères explicites permettant aux acteurs de savoir comment travailler ensemble. Nous y revenons plus loin. Une autre différence entre les deux terrains existe : le duo de chefs d'orchestre à de Bonne dirigeait des équipes qui lui étaient externes : promoteurs, bailleurs de fonds, constructeurs... A IssyGrid, les compagnies ont toutes leurs objectifs spécifiques pour participer au projet mais doivent travailler ensemble pour atteindre des objectifs plus larges. Les antagonismes potentiels, liés à la concurrence du marché, ont donc dû être gérés dès le départ, dans l'organisation et les règles de fonctionnement même des groupes de pilotages.

Mais un autre élément doit être mentionné à ce point, plus subtil, de l'ordre des représentations : beaucoup d'enquêtés parlent « *d'esprit d'expérimentation* », « *d'engouement pour un défi à relever* » et ce, à IssyGrid et à Grenoble. Un architecte dit : « *Voilà, il fallait prendre les choses à bras le corps, il fallait modifier, il fallait adapter, il fallait faire, mais toujours dans un esprit plutôt consultatif, d'enthousiasme, parce qu'on avait tous plus ou moins conscience qu'on était en train de réaliser quelque chose d'exceptionnel* ». Même si cela ne semble pas avoir été une intention consciente des chefs d'orchestre grenoblois, le projet de de Bonne a bien vu, au dire de beaucoup d'interrogés, l'émergence d'un esprit palpable de *plaisir* à relever un défi. C'est peut-être là le meilleur indice du succès des efforts des coordinateurs qui ont transmis leur enthousiasme pour le projet aux différentes équipes... tout en sachant choisir les acteurs les plus aptes à participer au projet. Il est indéniable que la localisation du quartier a participé l'enthousiasme mais une fois dans la démarche, les acteurs se sont pris au jeu de l'innovation énergétique, malgré les risques de surcoûts²⁶.

Le mode de gouvernance était innovant à de Bonne en grande partie en raison des efforts de coordination des NSE. Penchons-nous maintenant plus en détail sur le fonctionnement et les étapes de cette gouvernance. Comment a pris place cette mise en harmonie ?

4.3.4 L'innovation de la gouvernance à la Caserne de Bonne.

Première phase de l'expérimentation : un leader politique assisté d'un leader technique impose un cahier des charges ambitieux mais qu'ils savent possible techniquement. L'intention en est aussi d'une d'expérimentation, car si la technique existe, les compétences et les savoirs faire, les acquis professionnels, des joueurs de l'orchestre posent problème. Dès le départ, la complexité et la transversalité posent problèmes aux acteurs impliqués.

Le projet de cet écoquartier est en effet la scène de nouveaux nœuds socioénergétiques plus complexes que ce qui était connu et pratiqué jusqu'alors par les acteurs qui ont dû être organisés (avec leurs systèmes énergétiques correspondant) afin de produire l'harmonie de l'efficacité énergétique. L'atmosphère d'expérimentation émergente est accompagnée par des conditions de faisabilité (dont le management du projet) et de rentabilité qui rendait la prise de risque inhérente à toute expérimentation, acceptable. Si le projet apparaît réalisable techniquement, il ne demeure pas moins un réel défi. Quels types d'énergie et quelles

²⁵ P. Martin a vu son rôle évoluer vers une assistance à maître d'ouvrage aménageur avec une responsabilité économique, son rôle étant de fournir des réponses financières et rassurer les futurs partenaires quant à la faisabilité économique.

²⁶ Les chapitres de G. Debizet et de C. Gauthier approfondissent différents facteurs de « push et pull » qui ont agi sur les acteurs

techniques associer (nous dirions assembler) pour atteindre l'objectif de 50kWh/m² ? Ceci fait émerger l'enjeu technique dans toute sa puissance. Assez rapidement, l'accompagnement technique par le BE initial s'avère insuffisant – le projet est très complexe - et la main est passée à O. Sidler, d'Enertech, spécialiste des questions techniques de l'énergie. A ce moment, le leadership politique fait place à une délégation partielle à un AMO énergétique mandaté par l'aménageur (O. Sidler). Un élu utilise d'ailleurs le terme de « *bras armé* » pour qualifier le rôle du cabinet Enertech.

C'est ainsi que le leadership politique a pu *imposer* des objectifs ambitieux : en mettant en harmonie des objectifs individuels et des catégories d'acteurs, d'actants et d'objets hétéroclites (la structure béton, l'installation de la pompe à chaleur, l'électricien, le plombier, l'architecte, le promoteur, le PV, le maître d'ouvrage...). La recette de l'expérience de De Bonne fut celle d'une gouvernance en équipe mais avec un relai entre les deux acteurs principaux : un cadre et des objectifs *imposés* (et en ce qui concerne les îlots Concerto, imposition de moyens également) par i) un élu 'convaincu', écologiste et au fait des questions énergétique en milieu urbain (P. Kermen), qui fait appel et ensuite, passe le relai du leadership à ; ii) un conseiller technique (Sidler).

On retrouve une situation similaire de rencontres d'intérêts devant être harmonisés à IssyGrid, avec des acteurs privés, chacun intéressé à la fois par ses objectifs spécifiques (par exemple, le développement de la voiture électrique) mais qui verront leur potentiel réalisé que s'ils sont insérés dans une démarche globale et multipartenariale. La différence avec De Bonne réside surtout dans le monde concurrentiel dans lequel ils évoluent. La mise en cohérence de leurs intérêts et compétences propres les a amenés à innover avec des nouveaux business models et des nouvelles manières de partager la plus-value de cette expérimentation.

Dans le cas de De Bonne, les différentes pressions et les nouvelles demandes en matière d'énergie en milieu urbain n'ont pas amené que des innovations en matière de gestion globale d'un chantier. Les efforts d'assemblages des nouveaux réseaux énergétiques (techniques et sociaux) ont amené certains des joueurs à modifier leur manière de travailler en interne. A IssyGrid, ce sont les modèles d'affaires qui ont du évoluer.

4.3.5 Des nouvelles façons d'organiser le travail

La nécessaire innovation en matière de coordination des NSE à l'échelle du quartier semble avoir eu un impact au niveau du fonctionnement interne des institutions y participant. L'implication dans ce projet d'EQ a amené certains des acteurs, durant le projet ou après, à développer des nouvelles manières de gérer leurs propres équipes soit par projet soit de manière pérenne. L'idée de chef d'orchestre a également été exprimée par quelques enquêtés de manière spontanée comme un nouveau rôle qu'ils ont dû adopter dans *leur fonctionnement interne, que ce soit des acteurs agissant au niveau d'un îlot ou d'un bâtiment*.

Certains voient cela comme une réponse 'normale' au nouveau défi énergétique (diversité et énergies renouvelables)²⁷. Mais pour ce promoteur, cette nouvelle fonction de chef d'orchestre, un terme qu'il utilise lui-même, passe mal : « *Etre chef d'orchestre de tout ça et contrôler (les équipes) pour que ça se passe bien. Tu te rends compte du boulot que j'ai moi, de promoteur ? (...) Plus on rajoutera des couches et plus on devra contrôler le boulot des autres qui en ont plus rien à foutre de rien (...). Notre métier, c'est d'être chef d'orchestre, d'un orchestre qui grossi de plus en plus, qu'on n'arrive plus à contrôler ceux qui n'ont pas envie de jouer et qui ne veulent pas jouer avec le mec qui est à côté, c'est un truc de dingue ! Donc plus on a des couches et plus on va dans le mur* ». Cette obligation 'structurelle' (associée à des changements globaux) de jouer au chef d'orchestre représente un danger pour cet enquêté. Mais cette attitude est peu représentative des acteurs interrogés même si la plupart pense que les nouvelles contraintes et les nouveaux objectifs de diversité énergétique nécessitent l'acquisition de nouvelles compétences et de nouvelles façons de travailler. A De Bonne, ce fut pour eux l'innovation principale à la fois du projet de quartier et de leur réponse propre aux défis que le projet présentait au niveau de leur opération, leur implication.

Un élu d'IssyGrid dit : « *Et puis il y a un nouveau mode de pilotage de projet où on est sur beaucoup plus de collaboratif et de co-création que ce qu'on a pu être avant, donc c'est des projets qui ne se managent pas tout à fait de la même manière que des projets classiques. Donc c'est plutôt des compétences de management qui évoluent j'ai envie de dire, et puis par contre pour bien manager un domaine, il faut quand même avoir deux ou trois clés de lecture et c'est ça aujourd'hui qu'on est en train de bâtir* ».

²⁷ Notons que très peu de nos interlocuteurs ont parlé de changement climatique même si dans les discours publics, les sites Internets et les plaquettes, c'est un argument fréquemment mis de l'avant.

Un maître d'ouvrage à de Bonnz ne mentionne pas le terme de chef d'orchestre, mais l'écoquartier a été pour lui le premier projet où la mise en harmonie de ses propres équipes a représenté un vrai défi, une rupture dans les façons habituelles de travailler. Suite à cette expérience, et à d'autres projets subséquents qui tous ont nécessité ce même type de rôle, il a fini par internaliser de manière pérenne cette fonction, pour s'assurer de la prise en compte des nouvelles contraintes et ambitions énergétiques dès l'amont de la conception des projets en embauchant une personne chargée de faire ce travail pour ses propres équipes, *en interne*, donc. Plus précisément, un thermicien a été embauché pour intégrer les connaissances d'exploitation dans les phases amont de la conception. Pour cet aménageur, la nécessité de créer ce poste n'était pas liée au projet de Bonne, mais c'est avec ce projet que cela est devenu nécessaire. Pour lui, cela fait partie intrinsèque des nouveaux projets d'aménagement (en raison des NSEs plus complexes) qui obligent à coordonner différentes équipes internes qui travaillaient auparavant de manière indépendante. « *Parce que voilà, j'en portais beaucoup tout seul et j'ai essayé d'en faire porter par mes équipes. Et puis il y a un moment, il faut une compétence supplémentaire quoi. Mes gars ne l'avaient pas. Avec cette obligation de travailler en transversalité. Donc ça c'est fait, elle est là depuis trois mois. Alors du coup, ça sécurise un peu tout ce qu'on a fait. Mes collègues ils savent que, du coup, ils ont quand même quelqu'un en interne qu'ils peuvent questionner* ». Pour en revenir au cadre de Young, on voit ici comment une solution interne a été trouvée pour résoudre un problème organisationnel face à de nouveaux objectifs, énergétiques.

Pour un architecte, les nouvelles formes d'actions et d'interactions entre les joueurs ont dû être adoptées pour ce projet. A un point tel que celui-ci a pris un rôle double, à la fois architecte et « *un peu assistant à maitre d'ouvrage* » d'ouvrage. Pour celui-ci, ce changement ne se limite pas à de Bonne mais se retrouve dans les nouveaux projets plus complexes en raison des nouvelles normes environnementales et énergétiques. A tout le moins, ils doivent acquérir suffisamment de nouvelles connaissances et de nouvelles compétences pour pouvoir dialoguer et négocier sur le projet avec ces autres corps de métiers. Pour ces acteurs, les innovations organisationnelles ont été une réponse au projet de De Bonne spécifiquement mais elles les dépassent et sont devenues des changements plus pérennes associés aux conditions demandées par les nouveaux projets. Si une innovation est par définition transitoire, ses leçons et ses impacts peuvent devenir pérennes : les acteurs ont appris puis les nouvelles formes d'organisations sont devenues pour eux routinières. Cela est bien entendu lié à des nouvelles façons de travailler, à l'acquisition de nouvelles compétences, voire à des déplacements de frontières entre les professions.

4.3.6 Des nouvelles façons de travailler

Associée aux innovations organisationnelles, le travail lui-même a quelque peu évolué, en lien aux nouveaux objectifs et aux nouvelles méthodes, dont la Caserne de Bonne n'est en fait que le précurseur d'une tendance en émergence. Si à l'époque, de Bonne était unique avec son approche d'une diversité énergétique efficace liée à des assemblages plus complexes que par le passé, cela fait partie d'une tendance émergente.

M. Rampillon un des architectes de Bonne Energie explique dans une conférence (Rampillon 2013) qu'il lui faut maintenant travailler « *en parallèle plutôt qu'en séquence linéaire* » – ce qui accroît selon nous l'importance de la fonction de chef d'orchestre : il doit dorénavant tenir compte en même temps des dispositifs, des objectifs et des arbitrages entre efficacité écologique et rentabilité économique, possibilités techniques, compétences disponibles, demandes du maître d'ouvrage ou du promoteur, attentes des futurs habitants (mais aussi, du futur habitant en tant que consommateur d'énergie). Tout ceci demande de partager des compétences et de mieux intégrer expertises et décisions en simultané. Des nouveaux outils de simulation thermique et architecturaux permettent de voir ce que le bâtiment va être et de planifier dès le départ ce qui doit être intégré pour la construction et qui ne sera peut-être pas utile en bout de course mais qui aura tout de même des conséquences sur son efficacité énergétique. Il s'agit, donc, pour lui de *concevoir en simultané* et de manière transversale ce qui était conçu auparavant de manière séquentielle et séparée. Ceci rappelle l'idée avancée par certains que l'implication des acteurs dans le projet devait se faire davantage en amont.

Le bâtiment à énergie positive de Bonne Energie est un bon exemple de ces nouvelles conditions : plutôt que de concevoir le bâtiment et ensuite, d'ajouter sur son toit des panneaux photovoltaïques, pour obtenir un bâtiment à énergie positive, les concepteurs ont estimé l'énergie produite en fonction de la surface maximale de PV possible sur le toit (déterminée par la surface maximale au sol) et ensuite, descendre et concevoir le reste du bâtiment : compacité, matériaux, niveau d'isolation thermique, utilisation de la nappe phréatique, surface des fenêtres, prévision de l'énergie consommée (par simulation) par les usagers une fois installés dans les locaux (lumières, chauffage, informatique). C'est donc l'énergie qui a donné direction et forme à l'architecture et non l'inverse. Notons que le débat sur la dimension des fenêtres a donné lieu à la seule

innovation technique brevetée de l'écoquartier de Bonne : les bouchons thermiques sur les fenêtres qui permettent de réduire la perte calorique durant la nuit.

Un enquêté va même plus loin : « *Et je pense que l'innovation de la caserne de Bonne, c'est aussi cette stratégie, c'est à dire de définir des objectifs d'innovation mais d'avoir des méthodologies, des outils qui en fin de compte permettent de sortir des positions des différents acteurs et de modifier la posture des acteurs* ». On rejoint ici l'argument de Young sur les changements d'identité institutionnelle liés aux efforts à atteindre des objectifs environnementaux.

4.3.7 Réduction des risques liés à l'innovation

Pour certains joueurs de l'orchestre, les efforts d'innovation en matière d'assemblages énergétiques était une source d'un risque technico-économique. Modifier la manière de travailler et de concevoir l'implication dans le projet ou un business model devenait alors une manière de réduire ce risque. C'est le cas de la cogénération, expérimentée à cette (petite) échelle en France pour la première fois à de Bonne²⁸ et qui a soulevé la question du surdimensionnement de la production :

« Je vais dire n'importe quoi, mais le bâtiment, il va couter quelques millions, la chaufferie va couter quelques dizaines ou centaines de milliers d'euros. Donc, que ça soit surdimensionné de 20-30-40%, (le maitre d'ouvrage du bâtiment) s'en fout... C'est quasiment pour lui du 0,5%. Nous, notre marché, c'est 100% de la chaufferie. Notre business plan, il est amorti sur 100% de la chaufferie. Si on a 20 ou 30% de surcout, c'est directement dans le cout de chaleur. Donc, on ne peut pas se permettre cette approche-là parce qu'on ne va pas être compétitif. Et si on surdimensionne une cogénération en fait, elle va très mal fonctionner, voire elle ne va pas fonctionner.... On avait cette problématique de se dire mais c'est quoi le bon dimensionnement ? Et les bureaux d'études nous disaient, moi, il me faut 500 kw, 300 kw ici. Quand on regardait déjà en faisant le calcul de comptable, sans parler de simulation thermodynamique, on se disait, 'mais attends ça ce n'est pas cohérent avec les objectifs Concerto, sur la base de ratio basique... ».

Traditionnellement, le BE énergie surdimensionnait les installations thermiques financées par le maitre d'ouvrage du bâtiment afin d'être certain d'arriver à ses objectifs de fournir de l'énergie à ses clients. Dans un mix énergétique intégré, trop produire peut avoir des effets sur la stabilité du réseau mais surtout, cela est couteux et autorise des surconsommations, diminuant donc l'efficacité énergétique à l'usage. C'est pour prévenir ce problème que Enertech souhaitait bridait les puissances installées. La logique de sur dimensionnement est donc remplacée par celle d'un dimensionnement correspondant à des enveloppes plus efficaces.

A IssyGird, les enquêtés insistent sur la plus value de ces expérimentations en matière de gouvernance et de travail collaboratif.

4.3.8 Dis/continuités dans les réseaux professionnels...

En matière de réseaux professionnels, un projet expérimental comme de Bonne a-t-il, selon l'avis des enquêtés, nécessité de la part des parties impliquées de faire appel à des nouveaux partenaires ? Sur ce sujet, on constate une assez grande diversité chez les acteurs.

Si certains ont fait appel à des nouvelles équipes, on constate surtout une certaine continuité. Ainsi, un des promoteurs possédait un carnet d'adresses très complet, issu de plusieurs années de pratique. Il avait pour habitude de choisir parmi ce carnet l'équipe qui lui semblait la plus efficace et la plus pertinente, selon l'opération. Il a procédé de sa manière habituelle sur de Bonne. Il fait néanmoins un constat : les équipes qu'il a sollicitées étaient plus jeunes, plus innovantes et plus au fait des nouvelles méthodes d'efficacité énergétique. Son modèle d'affaire et sa méthode travaille n'ont pas du être changés avec ce projet.

Pour beaucoup d'autres acteurs, notamment les maitres d'ouvrages et certains architectes, si de Bonne représentait un défi par sa complexité et ses objectifs énergétiques, il ne s'agissait pas d'une coupure radicale, même s'il a fallu innover. Un architecte de la Caserne avait auparavant travaillé sur la mairie d'Echirolles, et beaucoup avaient été impliqués dans une autre opération avec des objectifs environnementaux : le quartier

²⁸ La ventilation double flux a aussi posé des difficultés, qui se sont traduites par des gros problèmes d'utilisation par la suite, une des ventilations ayant été posée à l'envers et causant un très haut inconfort pour les habitants. A noter que la plupart des difficultés ont été réglées durant la première année.

Vigny-Musset. Ces acteurs avaient donc été impliqués dans d'autres projets ou ils avaient des réseaux grâce à leurs expériences et ils savaient à qui faire appel pour leur opération à de Bonne.

4.3.9 Culture de l'expérimentation et de l'évaluation

Pour la grande majorité des acteurs impliqués, de Bonne fut une expérience « risquée » mais calculée, dans des limites raisonnables, dans le sens où ils étaient plutôt convaincus de la rentabilité du projet, de leur capacité à vendre des logements. Après tout, de Bonne est un quartier complet avec des services, à deux pas du centre-ville, soutenu par des aides financières, une réputation (prix national des EQ), un soutien européen (Concerto) et des conditions locales qui ont équilibré les risques dus aux surcoûts associés aux dimensions énergétiques du quartier.

Mais à un niveau plus subtil, de l'ordre du ressenti, de Bonne a été pour les acteurs interrogés une expérience unique, très prenante et motivante, d'expérimentations, de réflexions et de recherche de solutions. Pour un opérateur d'énergie, « *en termes de retour d'expériences c'est extrêmement intéressant, on valide des hypothèses de dimensionnement...* ». Un architecte dit : « *j'avais tout un passé expérimental là-dessus. Si vous voulez, j'avais gagné beaucoup, enfin pratiquement, presque tous les concours, ce que l'on appelait les réalisations expérimentales que lançait l'état depuis 1985. Donc j'avais expérimenté, expérimenté, expérimenté à tout va, et j'ai fait partie des premières équipes aussi au niveau du ministère qui s'occupaient de l'environnement en particulier sur le thème chantier vert* ». Une culture de l'expérimentation donc, une culture institutionnelle pré existante favorisant l'entrée de l'acteur dans le projet mais aussi facilitant la mise en œuvre de moyens pour attendre les objectifs.

L'attitude générale face aux problèmes à résoudre et au projet lui-même en était une d'engouement, d'opportunité unique de tenter de nouvelles choses, d'avancer avec un soutien technique et politique très fort de réaliser un projet exceptionnel. Le sentiment que cela allait créer de multiples bénéfices à court, moyen et long termes est également partagé : nouvelles connaissances, nouvelles compétences, des retours d'expériences significatifs, présence sur un nouveau marché, réputation. Et le sentiment d'avoir accompli quelque chose de spécial a été renforcé par le prix, les nombreuses visites de quartier, les conférences...

Mais l'esprit d'expérimentation semble s'être essoufflé : un architecte a constaté une baisse des contrats obtenus après de Bonne, qu'il pense être dû à une trop forte emphase sur l'innovation dans ses dossiers de candidature. Depuis que son cabinet insiste sur ses compétences acquises plutôt que sur sa capacité à être innovant, ses affaires vont mieux. D'autres acteurs ont également mentionné cette baisse de l'engouement pour l'expérimentation : « *L'enthousiasme a créé une énergie phénoménale ! Mais où est l'énergie phénoménale ?* » Pour ces interrogés, cela serait dû à plusieurs facteurs. Il était plus facile d'être expérimentateurs à de Bonne car c'était l'esprit du projet et que cet esprit était à la fois animé par une volonté politique forte et un encadrement technique solide. Puis, il y avait l'atout majeur de la sécurité économique de ce projet, en centre-ville, une opportunité quasi unique. Finalement, aujourd'hui, les acteurs mettent en avant que des nouvelles innovations techniques ne seraient pas rentables dans un horizon acceptable aux investisseurs. Pour eux, l'innovation n'est pas nécessaire lorsque les moyens existants suffisent pour atteindre les normes fixées dans la RT2012, qui, elle-même, est suffisamment ambitieuse. Nulle besoin d'expérimenter pour atteindre des nouveaux objectifs. Il semblerait que nous soyons ainsi dans une phase de diffusion et d'internalisation d'innovations qui ont vu le jour il y a quelques années.

Mais ce qui apparaît clairement comme un gain est l'émergence de nouvelles méthodes et une nouvelle culture du suivi et de l'évaluation des performances, un enjeu au cœur du projet d'IssyGrid.

4.3.10 Leçons issues des terrains complémentaires

A de Bonne, le travail interne de coordination entre les individus du duo de chefs d'orchestre n'a pas été l'objet d'enjeux particuliers. La veille financière se faisait d'elle-même, et une fois les objectifs définis et affichés, le leadership politique présent lors de la conception du projet de quartier et de Concerto, a cédé la place à l'AMO technique. On ne retrouve pas ces phases dans les autres terrains analysés. A Fontaine et Nanterre, les deux assemblages étudiés sont assez simples et n'ont pas nécessité d'innovations organisationnelles majeures (cf. chapitre 3).

A IssyGrid, cependant, nous retrouvons une complexité technique et organisationnelle importantes. Non seulement des nouvelles technologies de maîtrise de l'énergie à domicile sont développées mais des expérimentations (à la fois technique et organisationnelle – qui fait quoi ? Qui rentabilise et comment ?) avec

l'éclairage public et les voitures électriques sont mises en œuvre. A IssyGrid, ce sont des acteurs privés de l'énergie, du bâtiment et des nouvelles technologies qui se sont associés pour participer à ce terrain d'expérimentations, avec un objectif d'apprentissage et d'essais et d'erreurs proche de cet esprit si vivant à de Bonne. Mais la concurrence entre ces acteurs les ont amenés à établir des règles innovantes et explicites de fonctionnement collectif, notamment en ce qui concerne le partage (ou non !) des données, de confidentialité, des résultats, des technologies. On n'assiste pas donc à des phases où la maîtrise est déléguée mais plutôt à une délégation par volet énergétique, organisé en groupe de pilotages thématiques qui permet la coordination d'acteurs avec leurs objectifs spécifiques mais devant travailler ensemble pour atteindre des objectifs plus larges et individuellement davantage créateur de valeur. Nous retrouvons dans nos entretiens cette même idée d'orchestration. Les enquêtés d'IssyGrid insistent aussi sur la difficulté posée par la coordination des différents volets du projet, chacun associé à des acteurs qui parfois se recoupent sur d'autres thèmes et parfois non.

Quant à la résolution des problèmes, un opérateur d'énergie d'IssyGrid l'explique ainsi : « *Les problèmes techniques sont réglés en groupe de travail ou dans des réunions, des micro réunions entre quelques partenaires ciblés, intéressés par le sujet. Les problèmes organisationnels sont plutôt traités en comité de suivi et la remontée d'éventuels problèmes techniques peut se faire dans le comité de suivi qui va éventuellement apaiser certaines tensions ou donner un timing à tout le monde pour que tout le monde mette un peu d'eau dans son vin pour avancer* ». C'est une nouveauté mais qui est vue de manière positive, riche de retours d'expériences. Les enquêtés d'IssyGrid ont insisté sur l'idée que leur mode de gouvernance de leur projet constitue la vraie innovation et une des plus grandes plus-values du projet, au même titre que les développements techniques qu'ils en tireront.

Un autre parallèle entre la Caserne de Bonne et IssyGrid doit être mentionné : ce n'est pas autant la technologie en soi qui est innovante que les assemblages. Par exemple, comment intégrer une voiture électrique dans le réseau à la fois en tant que consommateur d'énergie mais aussi comme stockage ? Un opérateur d'énergie décrit cette complexité : « *une offre de stockage d'énergie avec services à la ville pour l'éclairage urbain, mailles d'éclairage qui font du contrôle point à point des luminaires, qui font du courant porteur en ligne sur le réseau d'éclairage public et qui permettent d'amener de l'information sur des panneaux à messages variables, de la sonorisation, de la vidéosurveillance* », et même des prévisions météo. Nous notons également que c'est à IssyGrid que la question du stockage est la plus fréquemment évoquée dans notre recherche. De plus, l'application des technologies déjà existantes à la consommation énergétique dans une construction pose problème, car dans le volet habitat (le tertiaire est également présent dans ce terrain), le consommateur est pris en compte dans les simulations et les prévisions (appropriation et acceptabilité des nouvelles technologies de MDE).

Cette complexité était considérée comme un obstacle potentiel et a demandé une innovation dans l'organisation du partage des connaissances accumulées et des résultats des expérimentations. Les enquêtés s'accordent sur le fait qu'ils ne peuvent plus « *faire seuls mais on ne veut pas perdre notre part du marché non plus* ». Ils ne peuvent plus faire seuls pour la même raison que le duo de chef d'orchestre était nécessaire à de Bonne : la complexité des assemblages et leurs rencontres nécessitent différents acteurs travaillant de concert. Les enquêtés du secteur privé d'IssyGrid véhiculent un message non porté par les acteurs de la Caserne : le mode de gouvernance, la méthode d'harmonisation des différents efforts, expérimentations et intérêts est considérée en soi et de manière explicite, comme une **valeur ajoutée**, en partie pour les nouveaux business models qui seront développés suite à l'expérimentation d'IssyGrid. Un opérateur dit : « *nous avons une filiale qui a vocation à développer différents business models pas très clairs mais certainement, à la fois une mission qui serait d'agrégateur commercial et être une mission de systèmes d'information pour les villes durables, qui pourrait avoir plusieurs angles. Et puis ils nous disent: "On n'a pas assez de briques et tout seuls on ne va pas être crédibles", donc ils ont appelé à leur tour de table leurs voisins immédiat dans le quartier* ».

4.4 Conclusion

Quelles leçons peut-on tirer de notre analyse sur l'innovation en matière de gouvernance des NSE ? En ce qui concerne les freins institutionnels analysés par Young, notre analyse montre en filigrane comment une institution peut s'adapter à des nouvelles contraintes et s'attaquer à ses propres freins aux efforts à attendre des nouveaux objectifs énergétiques, en modifiant sa structure interne - même si ce n'est qu'à la marge - en revoyant ses manières de fonctionner et de collaborer ou en renouvelant ses réseaux.

Mais plus étroitement en lien avec cette recherche, les entretiens et notre analyse des cas de de Bonne et d'Issy nous amènent à conclure que ***l'innovation énergétique en milieu urbain apparaît au moins autant comme une question d'innovations technologiques qu'un enjeu d'organisation, de décision et de gouvernance*** même si ces enjeux sont moins fréquemment étudiés et mis de l'avant par la littérature. Cette même littérature tend également à mettre de l'avant qu'en matière de gouvernance, le mode est souvent participatif, avec une implication importante des citoyens qui contribueraient à atteindre les objectifs énergétiques et environnementaux des projets. Mais cela n'a pas été le cas des terrains analysés, où l'innovation en matière de gouvernance se situe ailleurs, liée aux efforts de transition énergétique.

Ces efforts incluent une diversification des énergies mais surtout, un accroissement et une diversification des assemblages énergétiques qui posent à la fois des problèmes techniques et économiques, mais aussi de gouvernance et de management de projet. Ainsi, à de Bonne et à IssyGrid, les deux cas les plus complexes, une nouvelle forme de gouvernance de projet voit le jour, avec une équipe de chefs d'orchestre mue par l'envie d'obtenir un résultat ambitieux et nouveau. Ceci est accompagné d'un désir d'expérimentation et de droit à l'erreur durant la mise en œuvre du projet. Mais aussi dans ces deux cas, d'une absence de réglementation. Dans le cas de de Bonne, la RT2012 a suivi le projet et même, pour certains interlocuteurs, le quartier a servi de terrain d'expérimentation pour le RT 2012. Mais, par définition, une expérimentation n'est pas permanente. Qu'est-il devenu de ces innovations ?

Deux éléments sur ce point : le premier, législatif et le second, au niveau des pratiques. Une des grandes leçons de De Bonne est qu'atteindre les objectifs est techniquement, et au niveau de l'organisation, faisable. La RT 2012 a ensuite, au niveau national, donné des directions réglementaires, intégrant les leçons de ce qui a été fait dans l'expérimentation de la Caserne et qui les ont généralisées : l'isolation par l'extérieur et le photovoltaïque, par exemple, sont beaucoup plus communs qu'à l'époque de la construction du quartier. Mais l'expérimentation a aussi enseigné que certains assemblages techniquement faisables, étaient économiquement trop risqués : c'est le cas de la petite cogénération, trop dépendant du prix de rachat de l'énergie. En revanche, la STD se diffuse et se normalise dans la conception des projets. On voit, finalement, et c'est plus subtil, se généraliser l'utilisation de sources d'énergies préexistantes mais qui n'étaient pas considérées comme telles par les aménageurs ou les constructeurs : les eaux usées sont un bon exemple tandis que le chauffage au bois collectif connaît un intérêt accru un peu partout. Ensuite, l'expérience menée à de Bonne sur le suivi des consommations grâce à des capteurs devrait se retrouver inscrite dans la RT 2012, mais la pratique tarde encore. C'est pourtant un des éléments du projet hautement reproductible d'autant plus que la domotique et les smart grids se diffusent et que les expérimentations comme GreenLys ou IssyGrid se développent. Mais c'est certainement un point fort commun entre de Bonne et IssyGrid, et une réelle innovation dans la méthode : le suivi des consommations énergétiques post-construction. Dans un certain sens, ces deux projets, même une fois construits, installés, demeurent des projets en cours : ils sont constamment évalués et durant les deux premières années, le suivi a beaucoup contribué à comprendre comment se comportait les bâtiments de de Bonne et à améliorer leur performance, tout en contribuant à déterminer ce qui est du ressort de la construction et ce qui l'est des habitants.

Au-delà de types spécifiques d'énergie, et plus important pour Nexus, même si cela est moins évident, ce qui a été appris à la Caserne, c'est que différents assemblages énergétiques à plusieurs échelles sont possibles, réalisables et qu'ils contribuent de fait à atteindre des objectifs d'efficacité énergétique ambitieuse. Voire, à construire un bâtiment à énergie positive qui a été rendu possible non pas grâce à des nouvelles technologies de l'énergie mais à un assemblage particulier, 'serré' et efficace.

Le second point concerne les pratiques innovantes, et leur perception. Il apparaît clair dans nos entretiens que la recherche de l'innovation est devenue moins attractive. Ce qui est dorénavant recherché, ce sont des risques financiers minimums. Cette diminution de l'intérêt pour l'innovation est toutefois accompagnée d'une intégration des leçons apprises sur les projets innovants, pour les diffuser et les normaliser (c'est ce qui est recherché à IssyGrid, un cas d'expérimentation en cours) dans les routines et les techniques de construction. L'innovation était associée à l'enthousiasme mais il semble que pour un moment du moins, on soit sorti de

l'envie d'innover pour plutôt consolider et généraliser ce qui a été innové. Dorénavant, les objectifs inscrits dans la RT 2012 suffisent aux commanditaires et aux collectivités territoriales et ils ne semblent pas souhaiter la devancer pour le moment du moins.

En ce qui concerne le volet organisationnel des NSE, la transversalité nécessaire à la conception et à la mise en œuvre d'assemblages énergétiques complexes semble s'institutionnaliser graduellement, par nécessité à répondre aux défis des nouveaux assemblages, jugés comme étant plus aptes à atteindre des objectifs énergétiques. L'innovation cesse d'être, lorsqu'elle devient routine dans les réseaux et les manières de fonctionner. L'enthousiasme lié au plaisir d'innover, même de prendre des risques un peu plus grands mais qui auront des effets positifs sur l'apprentissage, la position sur un marché émergent, etc, serait alors remplacé par l'institutionnalisation. Aux dire de plusieurs interrogés, il reste encore des choses à apprendre mais les fondements ont été appris. Il est désormais facile de trouver les compétences requises pour mener un projet ambitieux : les bureaux d'études savent comment faire ; la plupart utilise des outils de STD ; les promoteurs et les architectes se sont mis au pas et au rythme des nouvelles contraintes et ambitions énergétiques.

Pour conclure, nous aimerions terminer comme nous l'avons fait dans nos entretiens, en posant la question de la prospective. Quelles sont les tendances lourdes identifiées par les acteurs ? En premier lieu, les enquêtés disent que le problème majeur n'est pas l'innovation dans les nouveaux bâtiments (« *on sait faire maintenant* ») et les écoquartiers, mais bien dans la rénovation, ce qui est logique, au vu du taux de renouvellement urbain d'environ 1%/an. Ne pouvons-nous alors pas poser l'hypothèse d'assemblages énergétiques liant nouveaux bâtiments ou quartiers (voire, à énergie positive) avec les anciens, comme une nouvelle manière d'agir sur l'existant ? Certains le suggèrent et cela pourrait offrir un nouveau contexte d'innovation, car l'association entre nouveaux et anciens pourrait être un moyen d'équilibrer les systèmes énergétiques à l'échelle d'un quartier... D'autant plus que les acteurs d'IssyGrid voient un « *push* » de la part de l'Union Européenne au niveau transnational et une hypothèse d'un nombre croissant d'écoquartiers à énergie positive ou avec des sites de stockage qui pourraient fournir en énergie les quartiers avoisinants.

Il est fort à parier également que les nouvelles technologies de la gestion et de la maîtrise de l'énergie deviennent monnaie courante : monitoring mais aussi technologies de MDE de type domotique par les habitants, effacement, offres tarifaires... Les nouvelles technologies vont aussi rendre plus faciles et plus sûres, des nouveaux assemblages, plus complexes et plus dynamiques, comme la voiture électrique fonctionnant comme stockage la nuit. Mais quel sera l'état de régulation, quelles seront les nouvelles constantes ? De Bonne n'était pas 'régulé' législativement mais une direction politique et technique existait néanmoins, accompagné d'une culture de projet innovante et d'une atmosphère d'expérimentation motivante. Les acteurs d'IssyGrid pour leur part évoquent la nécessité de changements réglementaires dont : la création d'un statut de producteur local d'électricité pouvant revendre localement sa production excédentaire ; l'évolution de la définition des heures creuses pour les ENR ou encore ; la création d'un tarif d'acheminement de l'électricité différencié en fonction de la présence ou non d'ENR au niveau local. Mais dans quelle direction la législation ira-t-elle ? C'est l'objet du WP3.

4.5 Bibliographie

- ALEC. 2010. « Création d'un réseau de chaleur bois à Fontaine ». Présentation 8 septembre 2011, 29 diapos
- CAE, DATAR, Académie des technologies, Créativité et innovation dans les territoires, rapport, 17 mai 2010, p.8.
- CGDD. 2013. « Bilan énergétique de la France pour 2012 ». Conseil Général du Développement Durable,
- Delaunay, Julien, Nicolas Ansot, Lyes Benguerrah, Chinese Benzeghiba, et Souleyman Diallo. 2010. « CONCEPTION QEB DES IMMEUBLES DE L'ECO-QUARTIER DE BONNE HORS CONCERTO ». Mémoire de master MOBAt. Grenoble: UJF et UPMF.
- Gay, Stéphanie. 2011. « Eco-quartier: les paradoxes ». Mémoire de fin d'études Licence professionnelle, UPMF.
- Souami, Taoufik. 2009. Ecoquartiers secrets de fabrication, analyse critique d'exemples -. Modes De Ville. Carnets de l'info.
- Emphase ajoutée. OCDE, Manuel d'Oslo : principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation, Editions OCDE, 3ème édition, 2005, p.54.

Young, O.R. The Institutional Dimensions of Environmental Change: Fit, Interplay, and Scale, Cambridge and Massachusetts: MIT Press. 2002, xiv-xv.

Young, O.R. 'Why Is There No Unified Theory of Environmental Governance?', PDF document: dlc.dlib.indiana.edu/archive/00000943/00/young020402.pdf. 2002, p.23-24.

Touafik Souami. Ecoquartiers. Secrets de fabrication. Analyse critique d'exemples européens. Ed. Les carnets de l'information. 2009. Pp.52-57.

Rampillon, 27/03/13 journée PEHCT, coordonnée par G. Debizet.

5 Chapitre 5 – La performance énergétique au prisme du financement européen

Olivier Labussière

Le projet de la ZAC de Bonne revisité au Travers des politiques européennes de démonstration technologique: enquête sur les collectifs promoteurs du lien entre efficacité énergétique et énergies renouvelables

5.1 INTRODUCTION : ACCELERER L'INNOVATION DANS LE BATIMENT

Parmi les travaux sur la ZAC de Bonnes, seuls quelques uns ont souligné le rôle d' « accélérateur » des programmes européens, tels que CONCERTO, sur l'émergence de quartiers durables et l'évolution des pratiques professionnelles qui sous-tendent leur production (Verhage et al., 2012).

Si cette observation intéresse la sociologie des pratiques professionnelles, elle appelle aussi à faire retour sur le rôle des politiques européennes dans la mise en place dispositifs financier, de mise en réseau, de comparaison, de recommandations visant une accélération de l'innovation dans le secteur du bâtiment.

Cette analyse des politiques européennes mérite d'être remise en perspective avec une tendance de fond qui consiste depuis le début des années 2000 en Europe, dans le domaine de l'énergie en particulier, à promouvoir des politiques de « forçage technologique ». Cela consiste à accélérer le passage d'une option technologique du stade démonstrateur à celui de technologie mûre pouvant se déployer sur le marché.

Les politiques européennes technologiques procédant par démonstration en vue d'accélérer l'émergence d'options innovantes ont déjà fait l'objet de travaux qui jetteront les bases de notre réflexion. Ceux-ci ont porté sur les réseaux de communication à très haut débit en Europe (Rosental, 2009, 2010) et la politique européenne de capture et de stockage du CO2 (Neri O'Neil & Nadaï, 2012).

Ce papier propose d'explorer l'articulation au secteur du bâtiment de cette approche par la démonstration issue de politiques européennes d'innovation technologique, en prenant pour cela le cas du programme européen CONCERTO, et en particulier du projet CONCERTO-SESAC et de l'expérience française de la ZAC de Bonne à Grenoble. L'originalité du programme CONCERTO est qu'il rompt avec l'approche traditionnelle des politiques technologiques qui procèdent par financements sectoriels (UE, 2005). Initié par la DG-Energie il a notamment pour objectif d'explorer l'articulation entre les politiques d'efficacité énergétique (écobâtiments, polygénération) et celles des énergies renouvelables (bois-énergie, géothermie, photovoltaïque, solaire thermique, éolien) – interrogation au cœur du projet NEXUS. Pour cela, il ne soutient plus des projets technologiques individuels mais des expériences de « communautés locales », ce qui tend à déplacer l'abord de la technologie et à réinterroger les modes de production de l'urbain.

Cette approche de l'innovation urbaine serait ainsi connectée à des cadrages technologique et économique puissants. Il s'agit d'accélérer l'émergence de solutions innovantes pour éprouver les systèmes techniques, évaluer leurs coûts, lever les barrières à leur développement, les rendre compétitifs et in fine leur ouvrir des marchés de masse.

Les spécificités du secteur du bâtiment (multiplicité des parties prenantes, singularité des opérations) soulèvent une interrogation centrale sur l'adéquation de dispositifs de démonstration vis-à-vis de communautés et de villes où la mise au point des systèmes techniques et leur articulation sont largement conditionnés par des facteurs organisationnels et de gouvernance. Comment un dispositif de démonstration connecte-t-il un grand nombre d'acteurs ? Comment formate-t-il leurs relations ? Quel est « l'effet de sillage » des dispositifs de démonstration sur les politiques locales, nationales, européennes du bâtiment ?

5.2 UNE 'POLITIQUE DE DEMONSTRATION' APPLIQUEE AU BATIMENT ?

5.2.1 L'Europe et les politiques d'innovation technologique

Lors du conseil européen de Lisbonne de mars 2000, les pays de l'Union se sont engagés à mettre en œuvre les politiques et réformes nécessaires pour faire de l'économie européenne une économie compétitive, dynamique, basée sur la connaissance et l'innovation : la *Stratégie de Lisbonne* (2000 – 2010). La réalisation de cet objectif passe notamment par une articulation du marché communautaire à la mise en place d'un Espace européen de la recherche (*European research area* - ERA) favorisant des contributions scientifiques et technologiques conjointes. Le déploiement de l'ERA est assuré par un instrument de programmation financière, le FP6 - *European Research Framework Programme*.

Adopté en juin 2002, le FP6 est dans l'intitulé même de la décision communautaire associé à « *des actions de recherche, de développement technologique et de démonstration* » (UE, 2002b). En 2004, le Traité de la Constitution pour l'Europe (UE, 2004b) réaffirme ce principe d'une étroite proximité entre la recherche et le développement technologique, et l'adosse à la notion d'« *actions de démonstration* »²⁹. Parmi les thématiques prioritaires privilégiés par le FP6, la sixième intitulée « Développement durable, changement planétaire et écosystèmes »³⁰ est resituée dans un corpus de textes européens parmi lesquels le Livre Vert « Vers une stratégie européenne de sécurité d'approvisionnement énergétique », le Livre Blanc « La politique européenne des transports à l'horizon 2010 », et le protocole de Kyoto. C'est dans cette perspective que le programme-cadre FP6 ouvre un axe « *Systèmes énergétiques durables* »³¹ qui abritera le programme CONCERTO.

L'axe « *Systèmes énergétiques durables* »³² (SED) est animé par la Direction Générale Transport Energie (DG-TREN) de la Commission Européenne. Il se déploie de 2002 à 2006 au travers de quatre appels à projets³³. Le programme de travail qui le sous-tend retient pour objectif à court terme « *d'ouvrir la voie à la mise sur le marché, le plus rapidement possible, de technologies innovantes et rentables utilisant les sources renouvelables et améliorant l'efficacité énergétique, par des actions de démonstration et d'autres travaux de recherche orientés sur le marché, dans la perspective du développement et de la mise en œuvre futures des directives communautaires sur l'électricité issue des sources d'énergie renouvelables et sur les performances énergétiques des bâtiments, ainsi que de directives proposées sur la cogénération [...]* » (UE, 2005 :3).

La notion de démonstration est explicitée dans le sens d'organiser des épreuves permettant d'apprendre du déploiement des technologies à l'échelle 1 / 1 : « *l'objectif, du point de vue de la mise en œuvre du programme, est de présenter et de faire la démonstration en vraie grandeur d'une nouvelle génération de technologies rentables. Les projets de démonstration devraient permettre une évaluation complète du cycle de vie dans les conditions réelles. De nouveaux projets intégrés mobiliseront les acteurs et ressources nécessaires pour créer des laboratoires travaillant en vraie grandeur afin d'étudier les meilleures voies de pénétration des marchés et les options les plus durables* » (UE, 2005 :3).

De ce point de vu, le FP6 vise le financement à grande échelle d'expériences collectives d'exploration des coûts liés au déploiement et à l'exploitation de nouvelles technologies et d'expérimentation de solutions pour les optimiser. L'idée de faire émerger des *laboratoire[s] en vraie grandeur* marque un tournant en ce qu'il ne s'agit plus de se cantonner à l'expertise scientifique produite sur un objet mais d'aller au-devant des conditions économiques, politiques, sociales réelles. Ainsi, un nouveau plan d'épreuve émerge où la science, la technologie et le politique sont appelés à se co-constituer et ce dans une temporalité brève et bien définie, le temps de la durée d'un programme financé pour quelques années.

Les détails du programme de travail sont sans ambiguïté quant aux raisons de cette contraction du temps : il s'agit d'accélérer le développement des technologies dans le but d'assurer au plus vite leur rentabilité sur le marché, et par ce moyen d'atteindre les objectifs fixés par les directives communautaires en particulier sur les énergies renouvelables et le bâtiment.

5.2.2 Une perspective systémique sous-tendue par la notion de « projet intégré »

Le programme-cadre FP6 diffère des précédents en ce qu'il est un levier pour la mise en place de l'Espace européen de la recherche (ERA). « *L'objectif est d'assembler une masse critique de ressources, d'intégrer les efforts de recherche en les regroupant et en assurant une plus grande cohérence des travaux à l'échelle européenne* » (UE, 2005 :5). La notion d'intégration répond à une économie nouvelle dans la façon d'articuler les politiques technologiques et énergétiques, la recherche et le marché. Elle confère à la notion d'intégration la dimension d'un principe transversal qui contribue à l'articulation et au règlement de ces enjeux.

²⁹ Souligné par Rosental (2010), voir « Traité établissant une constitution pour l'Europe », Journal officiel de l'Union Européenne, 2004, Partie III, Chapitre III, section ç, articles 248-250, 252, 253, pp. C310/109-111.

³⁰ Elle vise à « renforcer les capacités scientifiques et technologiques nécessaires à l'Europe pour mettre en œuvre un modèle de développement durable à court et à long terme, intégrant ses dimensions environnementales, économiques et sociales ; contribuer aux efforts engagés au niveau international pour atténuer les effets des tendances du changement planétaire » (UE, 2002 : 9).

³¹ Il est organisé autour des effets de ces systèmes énergétiques : « à court terme (sources d'énergie propre, économies et efficacité énergétiques, carburants de substitution) » et « à long terme (piles à combustibles, vecteurs/transport et stockage de l'énergie, technologies utilisant des source renouvelables, captage et rétention du CO2) » (UE, 2002 : 10)

³² Il est structuré par des activités de recherche ayant une incidence à court / moyen termes (biomasse, photovoltaïque, éolien, efficacité énergétique, éco-bâtiments, polygénération, carburants de substitution), puis à moyen / long termes (piles à combustible, hydrogène, nouvelles architectures du réseau électrique).

³³ Ces appels à projet sont jalonnés des dates de clôture suivantes : mars 2003, décembre 2003, décembre 2004, décembre 2005. Le projet de la ZAC de Bonnes est soumis à l'appel de décembre 2003.

Pris dans son détail, le programme-cadre FP6 présente neuf instruments pour accroître le développement des interactions entre la science et la technologie (réseau d'excellence, projet intégré, projet spécifique, projet de recherche spécifique pour les PME, ...).

Ces différents instruments désignent des modes de coordination plus ou moins élevés. La DG-TREN privilégie l'un ou l'autre de ces modes en fonction des enjeux de développement technologique de l'axe *Systèmes énergétiques durables* qu'elle juge prioritaires. La coordination par « projet intégré » permet de soutenir des technologies déjà abouties vis-à-vis desquelles sont à développer « [...] des activités de recherche et, le cas échéant, de développement technologique et/ou de démonstration, des activités de gestion et d'utilisation des connaissances afin de promouvoir l'innovation » (UE, 2002b :29).

La notion d'intégration recouvre de nombreuses dimensions³⁴. Le trait valorisé dans le cas des « projets intégrés » est celui de la mise en cohérence d'actions afin d'appréhender comme un tout des développements technologiques qui relèvent usuellement d'expertises séparées. La perspective est clairement systémique. Elle suscite des attentes dans les modalités de gestion des connaissances qui sont étroitement liées à la mise en œuvre des technologies (production, diffusion, transfert de données).

Cette perspective *intégrative* visant à favoriser l'étude de développements technologiques au travers de leurs interactions semble trouver un terrain de prédilection dans le secteur du bâtiment en raison de la diversité des parties prenantes, de la mobilisation d'un nombre croissant de technologies, et de l'association souvent délicate des unes et des autres compte-tenu de la forte singularité des opérations immobilières. Quels modes de coordination un « projet intégré » introduit-il dans le secteur du bâtiment ? Comment y déploie-t-il les approches dites de *démonstration* ? Fait-il advenir de nouveaux modes de production de l'urbain organisés autour de processus accélérés d'innovation technologique ?

Le programme CONCERTO, et le projet CONCERTO-SESAC au sein duquel figure la ZAC de Bonnes³⁵, constituera un terrain d'investigation pour éclairer ces questions.

5.2.3 Le programme CONCERTO, les communautés locales comme creuset d'innovation

Initié en 2005 par la DG-TREN, le programme CONCERTO a rassemblé 58 villes et communautés au travers de 22 projets dans 23 pays pour un budget total de 175 millions d'euros.

Le programme CONCERTO occupe une place particulière au sein du programme de travail de l'axe « Systèmes énergétiques durables » (cf. infra Figure 27). A court et moyen termes, ce dernier est structuré autour de cinq thématiques : une « offre rentable », une « intégration à grande échelle », les « écobâtiments », la « polygénération » et les « carburants de substitution ».

DATE DE LANCEMENT PRÉVUE	17 déc. 2002	17 juin 2003	10 oct. 2003	8 juin 2004	8 sept. 2004	Juin 2005	Sept. 2005
DATE DE CLÔTURE PRÉVUE	18 mars 2003		17 décembre 2003		8 décembre 2004		Décembre 2005
ACTIVITÉS DE RECHERCHE AYANT UNE INCIDENCE A COURT ET A MOYEN TERMES							
6.1.3.1.1.1 OFFRE RENTABLE	IP, STREP, CA, SSA	-	-	-	IP, STREP, CA, SSA	-	IP, STREP, CA, SSA
6.1.3.1.1.2 INTÉGRATION À GRANDE ÉCHELLE	CA, SSA	-	IP (CONCERTO), STREP, CA,, SSA	-	-	-	IP (CONCERTO)
6.1.3.1.2.1 ÉCOBÂTIMENTS	IP, STREP	-	IP seulement (CONCERTO)	-	-	-	IP (CONCERTO), STREP, SSA
6.1.3.1.2.2 POLYGÉNÉRATION	-	-	IP seulement (CONCERTO)	-	IP, STREP, CA, SSA	-	IP, STREP, SSA
6.1.3.1.3 CARBURANTS DE SUBSTITUTION	IP, STREP, CA, SSA	-	IP, SSA	-	IP, STREP, CA, SSA	-	SSA

Légende : projets intégrés (IP), réseaux d'excellence (NoE), projets de recherche spécifiques ciblés (STREP), actions de coordination (CA) et actions de soutien spécifique (SSA)

Figure 27 - FP6, axe « Systèmes énergétiques durables », calendrier indicatif des activités de recherche (source : UE, 2002b :74)

³⁴ A titre d'exemple la DG-TREN distingue : i. intégration verticale (le long de la « chaîne de valeur »), ii. Intégration horizontale (pluridisciplinarité), iii. Intégration d'activités (mêler recherche fondamentale, appliquée, actions de formation,...), iv. Intégration sectorielle (entre partenaires publics et privés), v. intégration financière (financements publics et privés, nationaux et européens) (UE, 2002 : 17).

³⁵ Voir la fiche du projet SESAC sur le CORDIS, Community research and development information service : http://cordis.europa.eu/projects/rcn/87914_en.html

Le programme CONCERTO figure à deux appels (juin 2003 et juin 2005). Il se déploie de façon transversale à trois enjeux de développement technologique : l'intégration des énergies renouvelables à grande échelle, les écobâtiments et la polygénération (cogénération, trigénération). Le « projet intégré » est l'instrument privilégié, voire unique dès lors qu'une candidature au programme CONCERTO associe deux ou trois enjeux technologiques.

L'observation majeure est que la DG-TREN passe de l'approche traditionnelle, sectorielle, par financements de projets technologiques individuels (énergies renouvelables, efficacité énergétique) à des financements de « paquets » technologiques, ce qui revient à financer des initiatives de « communautés locales » (*local communities*).

Dans cette perspective, une approche très industrielle du développement technologique et une approche par les « communautés locales » apparaissent compatibles. Ces deux versants s'articulent même de façon cohérente en ce qu'ils partagent une rationalité économique commune consistant à changer l'échelle spatiale de référence (du bâtiment au quartier, voire à la ville) dans l'appréhension des enjeux énergétiques. CONCERTO « vise à démontrer que l'optimisation des bâtiments d'une communauté appréhendés dans leur ensemble est une stratégie plus efficace et moins coûteuse que l'optimisation de chaque bâtiment pris individuellement »³⁶.

Ce faisant, la DG-TREN développe une stratégie nouvelle consistant à repenser le passage des technologies depuis leur phase précompétitive jusqu'au marché, au travers d'expériences de communautés locales.

« CONCERTO est une initiative européenne majeure qui facilitera la démonstration de solutions techniques nouvelles et innovantes permettant une gestion plus durable et extrêmement rationnelle de l'énergie par les communautés locales. Ces dernières doivent être établies dans des zones géographiques bien définies (villes, zones rurales ou îles) au sein desquelles tous les flux énergétiques (centralisés ou décentralisés) peuvent être mis en évidence à des fins de mesure et de recherche/évaluation. Dans chaque collectivité, les responsables politiques, les urbanistes, les architectes, les industriels et les citoyens devront activement coopérer pour optimiser le caractère durable de leurs flux énergétiques. » (UE, 2005 :30).

Le propos articule de façon explicite le procédé de la *démonstration* à une dimension d'appropriation par des autorités locales, d'articulation à un territoire de référence et de coopération élargie entre les acteurs traditionnels d'un projet urbain. Ce cadrage au cœur du programme CONCERTO est à resituer avec la volonté exprimée dans le même document de disposer de *laboratoires en vraie grandeur*. « Les projets sont censés constituer des expériences sur le terrain, avec un suivi adéquat, concernant les flux énergétiques (schémas de l'offre et de la demande) de communautés locales » (UE,2005 : 32). La dimension locale, la délimitation spatiale, l'action coordonnée dessinent un dispositif appelé à mettre en évidence la maîtrise des flux énergétiques, leurs modes d'articulation et leur quantification.

Il s'agit de faire émerger des communautés d'innovateurs aussi appelées « communautés Concerto ». Une « communauté Concerto typique » est une notion balisée par des critères peu discriminants. Elle doit être d'une taille représentative, viser des objectifs ambitieux, produire des impacts visibles et reconnus, bénéficier d'un fort appui politique et déjà être engagée dans des actions de développement durable³⁷. Ce vocable de « communauté » suggère une unité de lieu et d'action parfois en décalage avec des initiatives distribuées dans un espace urbain et relevant de porteurs de projet différents, comme cela fut le cas pour le partenariat français du projet CONCERTO-SESAC³⁸.

La structure financière d'un « projet Concerto typique » (UE, 2005) révèle toute l'importance accordée aux activités de démonstration (efficacité, enr) soutenues à 70 %, suivies de 20 % pour les activités de recherche (analyse des systèmes, analyse socio-économique, le suivi et l'optimisation des flux énergétiques), les 10 % restant étant consacrés à la diffusion des résultats, la formation (facultatif) et la gestion du projet. Tout projet Concerto doit contenir : i. une augmentation de la part des énergies renouvelables dans l'énergie consommée par la communauté Concerto, ii. Les écobâtiments sous-tendus par une approche globale de la conception et de l'exploitation de bâtiments nouveaux ou rénovés, iii. Une gestion intelligente, le contrôle et la mesure de l'approvisionnement énergétique (polygénération).

En résumé, le procédé de *démonstration* tel qu'il est qualifié au travers du programme Concerto consiste à « mettre en évidence le potentiel considérable d'amélioration, par des méthodes rentables, du caractère

³⁶ The Concerto Initiative, site internet : <http://concerto.eu>

³⁷ Source : DG-TREN, « Concerto: technical aspects and specific requirements of Concerto projects », juin 2007 (ppt presentation).

³⁸ Ce partenariat comprend 9 projets pilotes distribués sur Grenoble et Echirolle.

durable des systèmes énergétiques des communautés locales, lié à une action sur la demande et sur l'offre dans le cadre d'une approche totalement intégrée. » (UE, 2005 : 32).

5.3 LA FABRIQUE D'UN CAS DEMONSTRATEUR

La politique européenne d'innovation scientifique et technologique recourt à la notion de *démonstration* pour soutenir des initiatives de *communautés locales* ambitieuses en matière d'énergies renouvelables, d'écobâtiments et de polygénération.

Le projet SESAC - *Sustainable Energy Systems in Advanced Cities* (Växjö coord., Delft, Grenoble) fait partie de la première vague de projets retenus au titre du programme CONCERTO en 2004. L'analyse vise à étudier le déploiement de la notion de démonstration au travers de ce cas local afin de suivre les modes d'organisation collective et le cadrage des enjeux énergétiques qui en résultent dans le secteur du bâtiment.

La perspective adoptée consiste à saisir le projet CONCERTO-SESAC comme un processus transcalaire, constitué d'une pluralité de niveaux, de l'Europe jusqu'au local. Ce faisant, il s'agit de caractériser la notion de démonstration comme un dispositif multiple, ramifié, toujours relié au local, mais qui convoque les expériences locales au travers de formes d'évidence différentes destinées à des arènes relevant d'enjeux, de publics et de niveaux très différents. Ceci permettra en retour d'interroger la notion de communauté dans ses liens avec la notion de démonstration. Nous procédons ici selon une succession chronologique où s'intercalent et interagissent les processus européens, nationaux et locaux.

5.3.1 MODELLING / MONITORING

- **Une première communauté d'innovateurs : La ZAC Vigny-Musset**

Les processus d'innovation concernant les enjeux d'énergie du bâtiment ne sont pas nouveaux. Dans les années 1980, des dispositifs nationaux soutiennent des actions en faveur de l'efficacité énergétique des bâtiments en réponse aux chocs pétroliers (e.g. programme HOT), ainsi que des expérimentations nationales sur les enjeux environnementaux (e.g. « chantiers verts »). L'Isère est un territoire « particulièrement dynamique »³⁹ et investit dans ces dispositifs à cette époque.

Après une période de baisse des prix du pétrole dans les années 1990, les enjeux énergétiques regagnent de l'importance dans le secteur du bâtiment dans les années 2000. La SEM SAGES, un des deux syndicats auxquels recourt la ville de Grenoble pour opérationnaliser ces politiques d'aménagement, menait alors des actions avancées sur les enjeux d'environnement. Dans ce cadre, le bureau d'étude BETREC⁴⁰ avait obtenu des missions successives pour introduire des cibles environnementales dans les cahiers des charges des opérateurs immobiliers.

L'expérience de la ZAC Vigny-Musset, située au sud de l'agglomération de Grenoble, est à resituer dans processus d'innovation. En mars 2001, Michel Destot est réélu maire de Grenoble⁴¹ grâce au soutien de l'Union de la Gauche et de la liste Ades-Verts-Go-Citoyenneté. Pierre Kermen, président du groupe écologiste, profite de ce succès pour accéder à la responsabilité de deuxième adjoint de la ville de Grenoble, en charge de l'urbanisme et de l'environnement, et présider la SEM SAGES. Ceci confère à son mandat une portée opérationnelle décisive pour la ZAC Vigny-Musset, puis la ZAC De Bonne.

Ces nouvelles ambitions s'accompagnent d'un renouvellement de la méthode de travail avec les opérateurs immobiliers. « *Plutôt que de travailler de façon autoritaire avec le cahier des charges de 300 pages que personne ne lit, on va plutôt travailler avec les promoteurs et les bailleurs sociaux [connus de la SEM], en se donnant des objectifs de moyens* »⁴². Il s'agit de tisser des relations de confiance avec les opérateurs. Pour cela, la SEM ménage plusieurs formes d'ouverture pour rendre les exigences énergétiques et environnementales négociables et les doter d'un caractère partagé.

La première de nature incitative consiste à « *baissier un peu nos charges foncières en contre partie de ce qu'on leur demandait* »⁴³. Il s'agit d'amortir le surcoût pour le constructeur causé par l'introduction de nouveaux modes constructifs ou de nouvelles technologies. « *J'ai veillé à ce qu'au bout du compte personne ne perde*

³⁹ Entretien réalisé le 7 mai 2013, code CB_MOA_20130507

⁴⁰ Il participera à la coordination du projet de la caserne De Bonne sous le nom de TerrEco.

⁴¹ Michel Destot était maire de Grenoble depuis 1995. Il réalise aujourd'hui son troisième mandat (1995-2000, 2001-2007, 2008-2014).

⁴² Entretien réalisé le 14 novembre 2012, code CB_MOA_20121114

⁴³ Entretien réalisé le 14 novembre 2012, code CB_MOA_20121114

d'argent »⁴⁴. La deuxième de nature contractuelle passe par une convention d'objectifs, appelée « Charte HQE », imposée par la SEM au moment de négocier avec les constructeurs le prix de vente des terrains. Cette convention d'objectifs constitue un passage obligé pour qui veut construire sur la ZAC. Ceci étant, sa mise en œuvre est faite de façon à lui enlever la dimension normative qui prévalait dans l'outil du cahier des charges. « Pour que cela ne soit pas vécu comme une contrainte, puisque chaque promoteur n'avait pas forcément les mêmes objectifs, je renversais la charge de la preuve, comme Socrate : ce n'est pas moi qui vais vous dire, mais dites moi ce que vous avez envie de faire »⁴⁵. La troisième de nature organisationnelle relève du tandem formé par la SEM et le BETREC [plus tard appelé Terre-Eco]. Sans cahier des charges imposé de façon unilatéral, le bureau d'étude se trouve dans une position d'accompagnateur et d'aide à la conception pouvant suggérer aux constructeurs des voies de progrès adaptées à leur programme.

L'expérience de la ZAC Vigny-Musset est vécue par la ville, la SEM et les opérateurs immobiliers comme un cas d'apprentissage réussi. Au début des années 2000, la SEM parvient à diffuser des moyens encore peu mobilisés : le double vitrage à lame d'argon, les panneaux solaires, la gestion de l'eau par ré-infiltration sous les immeubles, et même l'isolation par l'extérieur sur la dernière tranche de 400 logements. « On avait fait des petits parcours d'échauffement [par rapport à la ZAC De Bonne] [...] toute la chaîne de construction, y compris les entreprises, avaient commencé à être initiée. On avait un langage commun, on avait fait des choses ensemble ».⁴⁶

Ce projet d'aménagement motivé par des ambitions politiques locales renouvelées forge sur un mode négocié des références collectives et des cadres d'action qui anticipent sur la réglementation nationale. Il contribue à faire émerger une communauté d'innovateurs dans le secteur du bâtiment. Sa description permet de mettre en valeur la façon dont ce collectif va être recomposé à l'occasion du projet CONCERTO-SESAC.

- **Le projet CONCERTO-SESAC : former un collectif porteur d'une vision énergétique**

En 2001, à la prise de fonction de Pierre Kermen, le projet de la caserne De Bonne est déjà avancé. Son prédécesseur à l'urbanisme, Christian de Battisti, avec l'appui de la SEM SAGES, venait de lancer un marché de définition afin de négocier auprès du Ministère de la Défense le prix d'acquisition de cette emprise militaire au cœur de Grenoble. La valeur du foncier était évaluée à l'aune d'un processus original consistant à mettre en concurrence trois équipes d'architectes (Devillers, Fuksas, Lipsky & Rollet) chargées de définir un projet urbain et sa charge constructible. Pierre Kermen participe aux négociations publiques avec les habitants et mène le concours à son terme. L'équipe de Christian Devillers est retenue en juin 2002.

Le « projet urbain [est] solide [...] par contre la question environnementale n'est pas traitée »⁴⁷. De voyages professionnels et personnels en Europe (Berlin, Copenhague, Stockholm), Pierre Kermen nourrit une fascination pour des villes dont les transformations témoignent d'« une vitalité sociale et politique »⁴⁸. La question urbaine est à ses yeux un cadre privilégié pour la prise à bras le corps des enjeux écologiques. Cette vision lui semble absente du projet de la caserne De Bonne: « il y a un problème sur la ville du futur. Je ne me reconnaissais pas dedans »⁴⁹.

Pour redonner à ce projet une ambition en matières environnementale et énergétique, Pierre Kermen souhaite l'associer à un programme européen. S'ouvre alors un processus de recherche de nouveaux partenaires. Dans un premier temps, cette ambition échoue à se concrétiser par les moyens administratifs usuels de la ville, faute d'une pratique de coopération à ce niveau. L'impulsion provient d'un office départemental HLM, l'OPAC 38, qui possède une bonne connaissance des programmes européens : « depuis 1995, l'OPAC 38 à l'habitude de répondre à des appels à proposition lancés par la Commission européenne dans le cadre des programmes de recherche et développement. En 2003, lorsque j'ai découvert Concerto, je me suis demandé comme l'OPAC 38 pouvait y participer. Ce programme traitait en effet d'une problématique de territoire, qui n'est pas dans nos compétences. Je l'ai alors présenté à Pierre Kermen, qui travaillait sur la caserne de Bonne » explique Michel Gibert, son Directeur Développement Durable et Europe (Peissel, 2011 : 13). Malgré des délais très contraints, la soumission du projet doit avoir lieu deux mois plus tard, Pierre Kermen décide de candidater.

⁴⁴ Entretien réalisé le 14 novembre 2012, code CB_MOA_20121114

⁴⁵ Entretien réalisé le 14 novembre 2012, code CB_MOA_20121114

⁴⁶ Entretien réalisé le 14 novembre 2012, code CB_MOA_20121114

⁴⁷ Entretien réalisé le 24 avril 2013, code CB_MOA_CT_20130424

⁴⁸ Entretien réalisé le 24 avril 2013, , code CB_MOA_CT_20130424

⁴⁹ Entretien réalisé le 24 avril 2013, , code CB_MOA_CT_20130424

L'ambition d'un projet européen portée par un adjoint peut paraître exorbitante vis-à-vis de l'action politique courante et surtout se heurter à des rivalités politiques locales. Aussi, Pierre Kermen adopte une « *stratégie de contournement* »⁵⁰ consistant à éviter un portage politique du projet par la ville. Il constitue un collectif *ad hoc* qui rassemble Gaz-Electricité de Grenoble (GEG), la Compagnie de Chauffage Intercommunale de l'Agglomération Grenobloise (CCIAG), la SEM SAGES et son assistant maître d'ouvrage, le cabinet Terre-Eco, l'OPAC 38 et l'Agence Locale de l'Energie.

Pierre Kermen confie à Patrick Martin (Terre-Eco) le soin de réunir en son nom et de piloter ce collectif tandis qu'il approche d'autres villes européennes pour constituer un consortium. Ce collectif a vocation à remettre à plat le projet urbain de De Bonne pour le doter d'une vision d'un futur énergétique. Ce collectif restreint dispose d'une autonomie importante en ce qu'il peut définir librement des objectifs de performance énergétique sans être soumis à la délibération d'élus locaux. Dans ce moment amont, les opérateurs immobiliers ne sont pas présents. Il prend la forme d'une équipe transversale d'énergéticiens, d'urbanistes et de fournisseurs d'énergie rassemblés autour d'un « *homme-plateforme* »⁵¹, Patrick Martin.

Patrick Martin fait rapidement appel à Olivier Sidler⁵² pour faire émerger cette vision. « *On ne gagne pas un projet européen en étant petit bras. On est obligé d'être ambitieux sinon on se fait retoqué. J'ai fait la même chose sur Lyon Confluence, même projet européen, sur 42 projets soumis à la Commission Européenne, Lyon est sorti 1^{er}, Grenoble 5^{ème} et ils ont retenu neuf projets au total. Je crois qu'on a visé juste par rapport à Bruxelles* »⁵³. Sous la houlette d'Olivier Sidler, le groupe de travail retient pour les logements neufs les performances énergétiques suivantes : 50 kWh/m²/an pour le chauffage, à comparer aux 100 kWh/m²/an correspondant à la réglementation française en vigueur au moment où les objectifs ont été fixés (RT 2000) ; 35 kWh/m²/an pour l'eau chaude sanitaire au lieu de 40 kWh/m²/an (la production d'ECS d'origine solaire n'étant pas déduite) ; 10 kWh/m²/an pour l'électricité des parties communes. Lorsqu'Olivier Sidler propose ses objectifs de performance, « *il n'y a pas eu vraiment de débat [au sein du groupe de travail] parce que Bruxelles souhaitait que la barre soit mise haute sans rien préciser* »⁵⁴. En outre, les objectifs sont de couvrir 100 % des besoins en électricité par la cogénération, 50 % des besoins en eau chaude sanitaire par le recours à l'énergie solaire thermique, les besoins en chauffage limités à 50 kWh/m²/an par les énergies propres ou renouvelables, la production d'électricité par des panneaux solaires photovoltaïques.

Des objectifs provisoires et des scénarios de coûts sont discutés avant la remise des candidatures avec la DG-Energie. La question est de savoir ce qui est finançable par le programme Concerto. Pour la réhabilitation, « *l'Europe nous a dit, non mais ça ne va pas, on ne va jamais vous financer ça [350 euros du m²] ! Même pour le neuf, c'est pareil, nous on a fait les premières estimations à 150 euros et là, je me souviens j'ai eu un expert au bout du fil, il me dit : Monsieur ce n'est pas le contribuable européen qui va payer le retard français. Sur les 150 euros, on vous donnera les 50-60 euros de surinvestissement* »⁵⁵. Le groupe de travail avance de manière efficace, en partie grâce à l'expérience des projets européens apportée par Pierre Kermen, Olivier Sidler et Michel Gibert.

Les réunions du groupe de travail permettent aussi de mettre à jour les fronts d'innovation des deux fournisseurs d'énergie (GEG et CCIAG), l'un et l'autre jouant un rôle crucial en raison de leur histoire et du contrôle qu'y exerce la ville de Grenoble⁵⁶. « *GEG s'intéresse à la cogénération et la Compagnie de Chauffage a déjà décidé d'investir dans des chaufferies bois. On ne partait pas de zéro* »⁵⁷. Leur capacité à planifier des investissements dans des systèmes innovants et à prendre des risques conduit au retrait de la CCIAG.

De son côté, Pierre Kermen avec l'aide d'un collaborateur italien familier de nombreux réseaux élabore une stratégie d'alliance avec des villes européennes. En écartant par principe toute alliance avec de grandes villes européennes (Londres, Rome, Vienne), Pierre Kermen souhaite éviter un affaiblissement de Grenoble dans la gouvernance du consortium. Le projet CONCERTO est donc monté entre trois villes moyennes : Grenoble (155 000 hab.), Delft (96 000 hab.) et Växjö (55 000 hab.). Cette dernière sera le chef de fil du consortium.

⁵⁰ Entretien réalisé le 24 avril 2013, code CB_MOA_CT_20130424

⁵¹ Entretien réalisé le 7 mai 2013, code CB_MOA_20130507

⁵² OS a participé aux programmes européens SAVE dans les années 1990.

⁵³ Entretien réalisé le 25 février 2013, code CB_MOA_20130225

⁵⁴ Entretien réalisé le 25 février 2013, code CB_MOA_20130225

⁵⁵ Entretien réalisé le 24 avril 2013, code CB_MOA_CT_20130424

⁵⁶ Créé en 1903, GEG est une société d'économie mixte dont l'actionnariat est majoritairement détenu par la ville de Grenoble et le conseil d'administration présidé par un membre du conseil municipal. Créé en 1960 à l'initiative de la ville de Grenoble, la CCIAG est une société d'économie mixte avec la commune pour actionnaire majoritaire. C'est le second réseau de chaleur de France après Paris.

⁵⁷ Entretien réalisé le 7 mai 2013, code CB_MOA_20130507

Pierre Kermen peaufine la candidature française en menant un travail d'intéressement stratégique : la ville d'Echirolles et l'OPAC 38 participent au projet autour d'une même opération, EDF est associé au travers d'un projet de mini-barrage hydro-électrique, enfin, l'agglomération de la METRO est finalement approchée avec l'idée d'équiper son stade de football en panneaux solaires. Ces partenariats favorisent la réception locale du projet. Au final, Pierre Kermen engage la candidature de la ville de Grenoble sans même discuter du principe avec le maire ou son cabinet. « *Je fais tout ça en off, et ça part* »⁵⁸. Le dossier passe un premier tour de sélection à la DG-ENERGIE. Fort de cette avancée, il le soumet ensuite au conseil municipal de Grenoble, qui fut houleux mais débouche sur l'appui du maire de Grenoble, Michel Destot, puis au conseil d'administration de la SEM SAGES.

• **L'Union Européenne fait émerger un laboratoire d'expérimentation à De Bonne**

Le projet CONCERTO-SESAC, classé 5^{ème} sur 42, figure parmi les 9 lauréats de l'appel à projet européen lancé en 2003. Un contrat de 8 millions d'euros est signé en mai 2005 pour Grenoble.

La candidature de Grenoble au programme Concerto bouscule la dynamique d'innovation peu contrainte qui s'était mise en place pour la ZAC Vigny-Musset. Pour cette dernière, l'aménageur avait défini de façon négociée avec les constructeurs des exigences de moyens, sans obligation de résultats quant aux performances énergétiques finales. La marge de progression sur les consommations énergétiques était telle qu'une approche empirique, « *de bon sens* »⁵⁹, suffisait à rendre un bâtiment performant. Les méthodes de simulation énergétique alors balbutiantes n'étaient pas très utiles pour contribuer à l'amélioration de l'efficacité énergétique du bâti, d'autant que la ville de Grenoble n'aurait pu supporter seule leur coût.

Le programme CONCERTO en appelant de ses vœux des projets plus ambitieux que la réglementation des Etats fait germer des initiatives locales qui suscitent des évolutions dans les méthodes de conception, en particulier la généralisation des simulations thermiques dynamiques (*modelling*) et le suivi des consommations des bâtiments (*monitoring*). « *Des innovations sont attendues en ce qui concerne la mesure et la gestion des flux énergétiques au sein des communautés CONCERTO* » (UE, 2005 : 30). Ceci se traduit à Grenoble par l'arrivée du cabinet Enertech au cœur du dispositif de pilotage du projet de la caserne De Bonne. Enertech, aux côtés de Terre-Eco, devient assistant maître d'ouvrage de la SEM SAGES. Cette position pour un bureau d'étude en énergétique du bâtiment est alors inhabituelle et aura une incidence sur la conduite du projet urbain. « *L'esprit qui a prévalu sur le projet était animé par l'idée de créer, en France, un laboratoire dans lequel tous les bâtiments de la ZAC De Bonne seraient des prototypes. Car améliorer d'un facteur deux les performances des bâtiments suppose bien de travailler sur des prototypes* » (Enertech, 2011 : 3).

Le programme CONCERTO-SESAC se traduit à De Bonne par trois cibles prioritaires consacrées « aux matériaux et procédés de construction »⁶⁰, à la « gestion de l'énergie » et au « confort hygrothermique ». A la différence de Vigny-Musset, ces cibles n'ont pas été négociées avec les opérateurs immobiliers en raison des délais contraints pour candidater. « *J'ai dit [aux opérateurs] : "écoutez, on s'excuse un peu, mais on a été obligé d'aller plus vite que la musique. Alors vous prenez, vous ne prenez pas". J'ai eu du pot, parce que premièrement c'était à Bonne. Je savais qu'à Bonne tout le monde avait envie de construire [...] deuxièmement, on était dans une conjoncture immobilière porteuse, ce qui fait que les promoteurs les yeux fermés on dit on y va* »⁶¹. Trois documents jalonnent la procédure par laquelle la SEM SAGES encadre la prise en compte des cibles énergétiques et environnementales arrêtées de manière contractuelle dans le programme CONCERTO-SESAC par les opérateurs immobiliers.

Documents	Phases	Diffusion des cibles énergétiques et environnementales
« Cahier des recommandations accessibilité & HQE »	Appel d'offres, sélection des équipes maître d'ouvrage / architecte	Il est transmis aux équipes qui candidatent afin que leur proposition de projet intègre les exigences imposées pour la ZAC De Bonne
« Charte accessibilité & HQE »	Dépôt du permis de construire	Elle est élaborée par chaque opérateur (le promoteur, son architecte, son BET fluide/thermique).

⁵⁸ Entretien réalisé le 24 avril 2013, SEM INNOVIA, code CB_MOA_CT_20130424

⁵⁹ Entretien réalisé le 14 novembre 2012, code CB_MOA_20121114

⁶⁰ Le recours à des systèmes techniques tels que les menuiseries extérieures double vitrage à lame d'argon, l'isolation par l'extérieure ou encore une ventilation mécanique double flux avec un récupérateur de chaleur sont aussi considérées comme des engagements.

⁶¹ Entretien réalisé le 14 novembre 2012, code CB_MOA_20121114

		Propre à chaque opération, elle est jointe au permis de construire afin que la ville vérifie la cohérence du projet par rapport aux Cahier des recommandations.
		Elle est signée par le président de la SEM SAGES et chaque opérateur afin d'acquiescer une portée contractuelle.
« Charte d'engagement accessibilité & HQE »	Validation du permis de construire	Elle est annexée au contrat de cession de terrain conclut entre la SEM et l'opérateur. Ainsi, l'opérateur s'engage à édifier son opération selon les conditions de la Charte accessibilité & HQE.

Figure 28 - Documents assurant la prise en compte des cibles CONCERTO (matériaux et procédés de construction, gestion de l'énergie, confort hygrothermique) par les opérateurs immobiliers (Terre-Eco, 2004 ;2009)

Ce dispositif contractuel se double d'une vigilance accrue de l'aménageur dès la phase de consultation des opérateurs quant au bureau d'étude thermique / fluides envisagé. La pratique répandue alors était de choisir un bureau d'étude peu coûteux auxquels on accordait des missions réduites à l'écriture des pièces de marché. Les objectifs ambitieux de performance énergétique sur la caserne De Bonne rend cette pratique inconséquente et problématique. « *Les bureaux d'étude, ce n'était pas la force de la ZAC De Bonne [...] Il y a quelques bureaux d'études qui font des efforts, et puis il y en a beaucoup d'autres qui utilisent un profil très minimaliste sur cette question et qui se contente de faire un calcul règlementaire. Or là, ils ne pouvaient pas, il fallait faire de la simulation thermique dynamique* ». Et Olivier Sidler d'ajouter : « *La plupart l'on sous-traité* »⁶².

C'est à partir de ce cadre contractuel entre la SEM et chaque opérateur que le cabinet Enertech va superviser le volet énergétique de chaque opération dans le périmètre du programme CONCERTO (ilots A, B, G). Enertech accompagne les équipes de conception lors des concours, échange avec les bureaux d'étude en phase APD, contrôle les solutions techniques envisagées par les bureaux d'étude et leurs performances par des simulations thermiques dynamiques, enfin relie toutes les pièces écrites des DCE.

Enertech exerce ce suivi auprès des bureaux d'étude à partir de 2005. Faute de savoir réaliser des calculs thermiques poussés, la plupart le sous-traitent. Enertech encadre ces pratiques en confrontant leurs résultats à une simulation thermique dynamique réalisée en interne. Celle-ci constitue un outil important du pilotage des projets financés par le programme CONCERTO. Elle a progressivement été affinée. Le fichier météo était initialement issu de la station météorologique de Grenoble / Saint Geoirs (384 m.) située à cinquante kilomètres de Grenoble, près de l'aéroport. Localisée en zone agricole, elle ne mesurait pas les ilots de chaleur particulièrement marqués à Grenoble. Un dispositif de mesure est donc installé au centre-ville pour générer un fichier météo cohérent avec les simulations thermiques menées pour la ZAC De Bonne. « *On a imposé le fichier météo qui nous convenait et que l'on a adapté au centre ville de Grenoble, on a imposé les températures de consigne, on a imposé toute une série de méthodes pour faire les calculs. Et on a imposé le logiciel parce que là aussi il y avait plusieurs logiciels qui circulaient et personne ne savait trop ce qu'il y avait dedans* »⁶³.

Ce plan d'épreuve identique à tous les opérateurs permet à Enertech de suivre la conception des bâtiments et de comparer les solutions architecturales et techniques adoptées. « *La simulation thermique dynamique permettait d'appréhender le besoin d'hiver de manière très fine, ce que ne permet pas le calcul règlementaire. Elle permettait d'appréhender un deuxième sujet tout à fait nouveau, qu'ils [les bureaux d'étude] n'avaient jamais vu, les problèmes d'inconfort d'été, une caractéristique des bâtiments très performants* »⁶⁴. La simulation thermique dynamique déplace l'exercice de conception. Elle ouvre des réflexions nouvelles sur l'équilibre entre approvisionnement et consommation énergétiques du bâtiment dès lors appréhendé comme un « prototype ». « *Ces simulations, encore rares au moment où elles étaient préconisées, sont devenues depuis systématiques sur les chantiers grenoblois* » (Brobroff, 2011).

La simulation thermique dynamique permet de contrôler et de discuter des moyens pour atteindre la performance énergétique programmée dans le cadre de CONCERTO. Pour être réalisée, ce cadre performantiel doit aussi être partagé avec les entreprises. En cours de projet, la ville de Grenoble se tourne vers l'Agence locale de l'énergie pour accompagner les entreprises sur des préconisations techniques (l'isolation par l'extérieur, la ventilation double flux, l'étanchéité à l'air). Cela donne lieu à des sessions de

⁶² Entretien réalisé le 25 février 2013, code CB_MOA_20130225

⁶³ Entretien réalisé le 14 novembre 2012, code CB_MOA_20121114

⁶⁴ Entretien réalisé le 25 février 2013, code CB_MOA_20130225

formation où se relaient Olivier Sidler, pour la présentation des objectifs énergétiques, et l'Alec, pour l'apprentissage de gestes techniques.

En outre, en signant la « Charte accessibilité & HQE », chaque maître d'ouvrage s'engage à mettre en place un plan de comptage et de contrôle des consommations des bâtiments et à fournir à l'AMO HQE de la ZAC les informations permettant le suivi pendant 2 ans de l'opération. Ceci est une exigence du programme CONCERTO. Elle sera assurée par le cabinet Enertech après la livraison des opérations.

Le programme CONCERTO ne prescrit pas le recours à la simulation thermique dynamique. Mais il confère aux expériences qu'il soutient un dimensionnement (des objectifs de performance énergétique ambitieux et quantifiés, l'articulation de technologies visant l'efficacité énergétique et le développement des ENR, la mesure des consommations d'énergie en phase d'exploitation) qui appelle à renouveler les outils du pilotage énergétique des projets de construction. En apportant son expérience dans la simulation thermique dynamique, Enertech fournit une pièce essentielle au dispositif de démonstration que tente de diffuser ce programme européen. Cette politique de démonstration trouve sur la caserne De Bonne une forme originale en ce qu'elle est associée à un dispositif contractuel qui assure le déploiement des instruments de modélisation en phase projet depuis la phase concours jusqu'au dépôt du permis de construire (*modelling*), puis le suivi des consommations des bâtiments (*monitoring*). Le programme CONCERTO engage donc une recomposition du collectif porteur de la vision énergétique dans le projet urbain. Cette vision énergétique appelle pour être déployée et partagée avec les opérateurs immobiliers tout un appareillage qui ne figurait pas parmi les outils mobilisés par la SEM et que seules les aides de l'Europe lui a permis de financer sur la ZAC de Bonne.

5.3.2 BENCHMARKING / LOBBYING

En parallèle au programme Concerto, la DG-TREN lance en 2005 un appel d'offre pour le projet CONCERTO Plus. Celui-ci a pour objectif d'organiser le suivi des résultats du programme Concerto, leur dissémination et leur transfert auprès d'autres villes en Europe au fur et à mesure de son déploiement (Pol et Österreicher, 2007). L'appel d'offre est assorti d'une série de quinze indicateurs⁶⁵ visant à rassembler des données qualitatives et, pour la majorité, quantitatives en vue de conduire cette évaluation (Wnuk Ryszard et Zaparty-Makówka Katarzyna, 2010). Le partenaire référent du projet lauréat pour cet appel d'offre est *Arsenal Research* un centre de recherche autrichien privé, orienté dans le développement d'activités de R&D pour les entreprises dans le domaine technologique (transport, énergie).

Ce processus appelé des vœux de la DG-TREN correspond à un travail de benchmarking consistant à sérier des initiatives locales, à comparer leurs performances dans le but de produire des avis et des recommandations pour les politiques publiques nationales et européennes. Nous décrivons les grandes phases de la conduite de cette évaluation de façon à comprendre comment elle soutient la politique de démonstration au fondement du programme CONCERTO et lui confère une portée plus normative, consistant à décrire 'ce qui devrait être'.

Du 3 au 5 juillet 2006, une première rencontre à lieu à Bruxelles entre les participants au programme CONCERTO. Elle met en discussion une 'vision CONCERTO' selon laquelle les initiatives locales doivent être rassemblées, donner lieu à un *benchmarking* au niveau européen et conduire à des actions de *lobbying* auprès des Etats et de l'Union Européenne (Concerto, 2006). Pour cela se met en place une double coordination politique et technique autour du programme CONCERTO.

Sur le plan politique, la DG-TREN organise des événements, telle le séminaire « Energy & cities – CONCERTO : a benchmark for excellence » lors de la 2nd *European Union Sustainable Energy Week* en janvier 2008. Le directeur de la DG-TREN présente le programme CONCERTO à une assemblée de commissaires européens et d'industriels. Il s'agit de faire exister le programme comme une plate-forme globale de démonstration : « *The CONCERTO communities all over Europe are 'real life' experiences : people actually live and work in this environment and can thus provide the experts with a first-hand feed-back on the advantages and challenges* » (Concerto, 2008b).

Cette dimension globale ne saurait émerger sans le travail plus technique de l'équipe CONCERTO Plus. Elle rencontre à de multiples reprises les membres des projets CONCERTO. Elle anime des séminaires de travail (juillet 2006, décembre 2008 et mai 2010 à Bruxelles) afin d'exposer la méthode de *benchmarking* et les

⁶⁵ Parmi ces indicateurs, l'on trouve : l'augmentation (en %) de la part des ENR dans la consommation électrique de l'aire Concerto, l'augmentation (en %) de la part des ENR dans la consommation de chaleur et de froid de l'aire Concerto, la réduction de la consommation électrique par m² pour chaque type de bâtiment ou encore les coûts, les subventions (si elles existent) et les prix par kWh de chaque source d'électricité renouvelable consommée.

indicateurs retenus. Ces derniers sont répartis entre les quatre rapports finaux (performance énergétique, effets socio-économiques, conditions institutionnelles, recommandations). Ces séminaires, considérés comme des temps d'échange et de retours d'expérience entre partenaires du programme, permettent de convenir de critères pour les différents indicateurs.

Le procédé du benchmarking tel qu'il est mis en place dans ces évaluations mérite d'être rapprochée de la définition proposée par Isabelle Bruno à la suite de son étude sur l'émergence de l'Espace Européen pour la Recherche : « *le benchmarking donne à voir des représentations numériques et graphiques qui objectivent des connaissances, des grandeurs et des classements. Il ne dicte pas les décisions, mais renseigne les décideurs en langage quantifié sur ce qui est à savoir et sur ce qui est à faire. Son usage, aussi technique soit-il, n'a donc rien de politiquement neutre* » (Bruno, 2008: 105). De ce point de vue, les processus politique et technique se soutiennent mutuellement.

L'évaluation conduite sur la performance énergétique consiste à récolter des mesures de consommation des bâtiments, à les standardiser, puis à les comparer (Pol et Österreicher, 2007 ; Pol, 2009). L'étude souligne que le *monitoring* est une pratique émergente, difficile à stabiliser en raison de la diversité des protocoles de récolte de données et du temps contraint du programme Concerto. Le rapport produit sur les instruments de politiques publiques fournit une autre illustration du procédé du benchmarking appliqué aux communautés Concerto (Di Nucci, Gigler, Pol, Spitzbart, 2010). Cette étude tente de standardiser la compréhension des processus de projet en les rapportant à quelques phases types, puis d'isoler des outils (économique, informationnel, de contrôle,...) pour apprécier leur intérêt générique. Le *benchmarking* consiste à distribuer au travers de matrices les éléments marquants des communautés CONCERTO afin de les isoler et d'en apprécier la contribution à la performance globale du projet. En comparant les initiatives locales les unes par rapport aux autres, il s'agit d'étalonner une logique de l'innovation urbaine compétitive et économiquement viable.

Ce qui intéresse notre analyse sont moins les résultats de ces études que leur capacité à inscrire les communautés CONCERTO dans une autre arène, où le procédé dit de 'démonstration' voit ses codes et ses publics renouvelés. Pour cela, elles opèrent sur deux fronts, tantôt par différenciation et comparaison des communautés Concerto et de leurs performances, tantôt par agrégation de ces communautés ou certains de leurs attributs pour soutenir un travail de lobbying auprès d'instances nationales et européennes.

Une traduction concrète de la mise à profit de ce procédé est intervenue lors de la consultation publique organisée par la Commission européenne pour la révision de la Directive sur la performance énergétique des bâtiments (2002/91/EC), du 24 avril au 20 mai 2008. Ce processus clairement politique a donné lieu à un *Position paper* (Concerto, 2008) écrit sous l'égide du programme Concerto et mettant en forme une position commune de 45 *Concerto communities* sur les différentes questions ouvertes au débat. "*Concerto becomes thus – in view of the recast of EPBD – a key role in leading Europe to a breakthrough in Energy Living and to a zero-energy Europe*" souligne ce chargé de mission de la DG-Energie (Bemtgen, 2011:9).

A la même période, lors de l'assemblée générale du projet Concerto-Sésac, les 20-22 mai 2008, les maires de Delft, de Grenoble et de Växjö réunis à Grenoble, signent la « Déclaration de Grenoble » à travers laquelle ils adhèrent à la Convention des Maires. A cette occasion, les maires renouvellent l'engagement de leur collectivité vis-à-vis des enjeux énergie-climat et adoptent l'objectif alors volontaire des 3 X 20⁶⁶. L'ICLEI⁶⁷ qui organise cette ratification fait paraître un communiqué adressé à l'Union Européenne: « *the Mayors urge the European Union to take action on a more active climate policy* » (ICLEI, 2008). Il donne à voir des collectivités dont l'engagement dépasse les objectifs européens à un moment où s'ouvre un processus de discussion sur la stratégie énergie-climat de l'Europe (UE, 2008). Cette adhésion propulse les trois collectivités, dont Grenoble, au rang de ville exemplaire, à l'expérience profitable en matière d' « approche intégrée » (ICLEI, Energy-Cities, 2011) et permet à l'ICLEI d'opérer à son tour une démonstration quant à l'efficacité des réseaux de villes en Europe.

⁶⁶ Dans le cas de Grenoble, le principe de l'adhésion à la Convention des Maires est adopté par le conseil municipal du 17 octobre 2008 et assorti d'objectifs énergie-climat précisés. Une réduction globale des émissions de CO2 de 25 % dans les 10 prochaines années (hors transport), une réduction significative de l'approvisionnement en énergies fossiles pour le réseau de chaleur urbain et le recours à de la biomasse, le développement de production d'ENR par les centrales hydrauliques et photovoltaïques, l'efficacité énergétique des logements neufs avec une performance maximale de consommation de 90 kWep/m²/an jusqu'en 2010 et de 60 kWep/m²/an jusqu'en 2020, une réduction de 60 % des consommations énergétiques dans l'habitat privé existant d'ici à 2050 et des aides spécifiques pour soutenir la rénovation du logement social (ICLEI, Energy-Cities, 2008).

⁶⁷ Le programme Concerto parachève la création des consortiums en y associant de puissants réseaux de villes. Dans le cas de Concerto-Sésac, Växjö, Delft et Grenoble se trouvent épaulés pour « la formation, la recherche et la dissémination » (Ville de Grenoble, 2005) par Energie-Cités, association des municipalités européennes pour une politique énergétique locale durable, et par l'ICLEI, association internationale de collectivités locales en faveur du développement durable.

5.3.3 FAGING / SHAMING

Le déploiement de la politique européenne de démonstration dans le secteur du bâtiment est examinée à travers trois modes d'émergence de nouveaux collectifs : *modelling / monitoring*, *benchmarking / lobbying* et *faming / shaming*. Nous mettons l'accent sur ce dernier procédé à la suite des travaux d'Isabelle Bruno. La trilogie « naming, faming, shaming » peut être comprise comme : « être classé, être couvert de gloire, tomber dans le déshonneur ». Le *benchmarking* « suscite un double effet d'entraînement : positif au sens où la valorisation des « meilleures pratiques » est censée pousser les compétiteurs à faire aussi bien, sinon mieux, que leurs partenaires et rivaux ; négatif en ce que les gouvernants répugnent à afficher des contre-performances et à être montrés du doigt comme retardataires » (Bruno, 2008 : 109-110).

Une politique de démonstration ne constitue pas seulement à évaluer les performances et à établir des recommandations avec l'apparence de l'objectivité procurée par la quantification et la critérisation. Elle produit aussi des effets de notoriété qui participent de l'émergence de nouveaux collectifs au travers desquels cette politique peut augmenter l'attention accordée à de nouveaux standards de performance énergétique. Ce faisant, il s'agit d'analyser l'« effet de sillage » du programme CONCERTO, en regardant au-delà des parties prenantes du projet, sa portée à Grenoble et en France.

- **Faire exister Concerto hors Concerto**

Dans le cas de la caserne De Bonne, le programme Concerto porte sur trois îlots vis-à-vis desquels les partenaires ont pris des engagements d'atteinte de performance énergétique assortis d'aides financières de la DG Energie. Est-il possible de diffuser des exigences de performance énergétique chez des opérateurs immobiliers si elles ne sont plus assorties d'aides financières permettant d'assumer une partie du surinvestissement ?

La SEM SAGES sans les aides de l'Europe n'a plus les mêmes moyens de négociation avec les opérateurs. Néanmoins, elle maintient une position exigeante. « J'y ai été un peu au bluff sur la deuxième tranche. J'ai dit : "Bon, écoutez, il n'y a pas l'Europe, mais c'est les mêmes standards, ce sont les mêmes prescriptions, le même cahier des charges, les mêmes objectifs". Et c'est passé. Je dirais même que ce standard De Bonne on l'a appliqué à tous les acteurs en cours, en disant, voilà sur De Bonne on a bien travaillé, on a prouvé que c'était possible »⁶⁸. Deux facteurs permettent à l'aménageur de tenir cette position : tout d'abord, il existe un lien direct entre la présidence de la SEM et le pouvoir politique de la ville, de sorte que l'adjoint à l'urbanisme investi dans ces deux fonctions possède un réel pouvoir d'impulsion vis-à-vis des opérateurs ; par ailleurs, le marché de l'immobilier est alors porteur, et le projet de la caserne De Bonne relayé par une importante publicité.

Dans la pratique, le suivi du cabinet Enertech sur les îlots hors Concerto est moins serré. « J'avais une mission beaucoup plus légère [...] je n'ai pas fait de suivi de chantier, je n'ai même pas eu à relire les cahiers des charges »⁶⁹. De leur côté, les opérateurs et leur équipe de maîtrise d'œuvre aspirent à une conception simplifiée, par exemple en renonçant à la ventilation double-flux. Ceci soulève une controverse entre deux bureaux d'étude thermiques, le cabinet Enertech et le cabinet Nicolas, sur l'opération Le Partisan. « On a étudié la simple flux et la double flux pour répondre à la demande d'Enertech. La double flux correspondait à leur exigence. Si on choisissait une autre solution, il fallait qu'on prouve qu'elle était meilleure »⁷⁰.

L'instruction de cette controverse passe par la réalisation d'une modélisation du bâtiment. « Modéliser, on ne le fait pas à chaque fois. C'est un travail pointu d'une semaine. Quand on est dans une ZAC avec des exigences particulières, on le fait. La modélisation était une demande d'Enertech et de la région⁷¹ [Rhône-Alpes]. Ça permet d'affiner la conception »⁷². Dans la partie hors Concerto, Enertech cadre la pratique de simulation en conditionnant son exercice à l'usage des données d'entrée qu'il utilisait pour contrôler les opérations incluses dans Concerto. « Le fichier météo avait été fourni par Enertech, donc tous les bureaux d'étude utilisaient le même [...] des scénarios d'usages étaient également donnés par Enertech pour estimer les besoins en énergie du bâtiment »⁷³. C'est en phase APD que la chargée de mission du cabinet Nicolas produit la simulation en 3D

⁶⁸ Entretien réalisé le 14 novembre 2012, code CB_MOA_20121114

⁶⁹ Entretien réalisé le 25 février 2013, code CB_MOA_20130225

⁷⁰ Entretien réalisé le 28 mai 2013, code CBI_BE_20130528

⁷¹ Dans le cadre de l'attribution des aides liés au dispositif QEB.

⁷² Entretien réalisé le 28 mai 2013, code CBI_BE_20130528

⁷³ Entretien réalisé le 28 mai 2013, code CBI_BE_20130528

du bâtiment. Le cabinet Nicolas arrive à démontrer que la performance BBC du bâtiment⁷⁴ peut être atteinte avec la simple flux, soit une meilleure performance énergétique que ce qu'exigeait le programme Concerto.

Cet exemple illustre la façon dont un bâtiment hors Concerto prend à son compte l'exigence d'une performance énergétique ambitieuse grâce à la volonté de la SEM mais aussi à une pratique de simulation thermique dynamique très encadrée. Ce cadre hérité du programme Concerto fait circuler une vision de la performance énergétique autant qu'il rend les moyens pour l'atteindre négociables. Ceci suggère l'idée que la modélisation (*modelling*) peut constituer un instrument de projet, et pas simplement un outil de prévision et de contrôle.

La réalisation du bâtiment à énergie positive de la ZAC De Bonne, bâtiment hors CONCERTO, est une autre illustration de la dimension de projet dont peut être porteuse la STD. Une production énergétique étant donnée, fournies ici par des panneaux photovoltaïques, quelles sont les configurations architecturales et techniques permettant de la respecter ? Enertech définit un cahier des charges comprenant par exemple un ratio maximal pour les surfaces vitrées de 18 % afin de limiter les déperditions. Le bureau d'étude du promoteur parvient suite à ses calculs à porter ce ratio à 25 % en adjoignant des boucliers thermiques pour occulter les ouvertures la nuit. « *Il faut être capable de jour de bien éclairer et la nuit de se refermer un peu comme une marguerite* »⁷⁵. Ces boucliers thermiques, « *ce n'était pas un produit qui était sur l'étagère [...] c'est un produit que l'on a inventé, c'est un prototype* »⁷⁶. La simulation thermique dynamique permet aussi de mesurer que les calories récupérées par la ventilation double flux suffisent « *à apporter les calories nécessaires au chauffage du bâtiment* »⁷⁷. Si la simulation thermique dynamique est un instrument de contrôle, elle est ici mise au service du projet en conduisant à davantage d'échanges entre le maître d'ouvrage, l'architecte et son bureau d'étude thermique. « *Les réunions de travail qu'on faisait sur les retours de la STD, c'est des réunions de travail où on ne parle pas du tout de la STD. On parle juste d'architecture. Si on met moins de fenêtre au nord, ou plus petites, t'as regardé ce que ça donne [sur la simulation] ?* »⁷⁸.

• **Les effets ambigus d'une politique de démonstration**

Le programme Concerto constitue un dispositif pluri-scalaire qui articule des initiatives locales à des enjeux de politique énergétique européenne. Ce dispositif interroge en ce qu'il semble contourner les Etats tout en engageant un travail de déplacement de leurs politiques nationales. Tout se passe comme si le niveau national se trouvait pris entre deux feux : l'émergence de communautés locales exemplaires, dont l'objet même de leurs efforts est d'être en avance sur les réglementations nationales, et leur mise à profit comme expériences de référence à mêmes d'actualiser les feuilles de route des politiques européennes (cf. position EPBD).

Si le retentissement que les communautés locales peuvent avoir sur les réglementations nationales est un des objectifs du programme CONCERTO, cela suscite aussi des effets qui leur échappent pour partie. Tout se passe comme si la politique de démonstration à mesure qu'elle génère des cas démonstrateurs et élargit le collectif de sa réception ouvrait une nouvelle arène plus ambiguë et volatile.

Le 4 novembre 2009 Jean-Louis Borloo, ministre de l'Ecologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, remet le premier Grand prix national des éco-quartier de France à la « ZAC De Bonne – Grenoble ». Le contexte est alors celui du Grenelle de l'environnement, du lancement du Plan Ville Durable en octobre 2008 et de l'appel à projet EcoQuartier : « *Si les expériences européennes, d'Europe du Nord notamment, sont bien connues [...] les expériences françaises - peut-être plus récentes - le sont moins* ». L'objectif est « *d'assurer une reconnaissance nationale et internationale aux collectivités ayant entamé des démarches exemplaires* » (MEEDDM, 2009 : 5-6). Cet évènement consacre les avancées hexagonales mais ne peut pas gommer le retard de la France en matière d'écoquartiers. Tout au plus la resitue-t-il dans le groupe des pays actifs en ce domaine. L'exercice est singulier car en 2009 la caserne De Bonne est une des rares expériences françaises d'éco-quartier et celle-ci n'est pas achevée – la campagne de mesure (*monitoring*) menée par Enertech est en cours.

Avant la remise du Grand prix national, l'expérience grenobloise retentit déjà sur les institutions françaises. En octobre 2003, Olivier Sidler (2003) réalise une note pour l'association Négawatt où il avance pour la première fois le chiffre de 50 kWh/m²/an pour le chauffage des bâtiments existants. Cette valeur sera reprise

⁷⁴ Cette performance est alors nouvelle pour le maître d'ouvrage (Actis), le maître d'œuvre (Béranger-Gerbier) et le bureau d'étude thermique (Cabinet Nicolas).

⁷⁵ Entretien réalisé le 20 février 2013, code CBI_BE_20130220

⁷⁶ Entretien réalisé le 20 février 2013, code CBI_BE_20130220

⁷⁷ Entretien réalisé le 20 février 2013, code CBI_BE_20130220

⁷⁸ Entretien réalisé le 17 décembre 2012, code CBI_A-MOA_201212217

lors de l'élaboration de la candidature au programme Concerto (cf. supra) comme une exigence pour le chauffage des logements neufs. « *Fin 2003, il y a un colloque à Paris où je me pointe, il y a 300 personnes et le ministère explique la politique des prochaines années... Et on baissait la consommation de 15 % tous les cinq ans. Ils ouvrent le débat, je bondis, j'étais vraiment en colère. Je leur parle du facteur 4* ». Pour Olivier Sidler, cette période 2003 / 2004 correspond à une prise de conscience et à la maturation d'un repositionnement de la réglementation thermique jusqu'à l'émergence du BBC, où la valeur de 50 kWhep/m²/an est retenue pour la consommation globale du logement (et pas seulement le chauffage), lors du Grenelle de l'environnement. « *L'opération de la ZAC De Bonne [...] a eu un impact sur les politiques nationales beaucoup plus important que nous pouvions l'imaginer* » (Enertech, 2011 : 27). C'est « *le projet qui a permis la création du BBC puis de la RT 2012. C'est le projet qui est à l'origine de tout ça* »⁷⁹. Les opérations d'aménagement conduites au même moment à Grenoble et à Lyon dans le cadre de CONCERTO, toutes deux fondées sur les mêmes objectifs de performance énergétique, montraient la possibilité d'une évolution importante de la réglementation thermique.

Le projet grenoblois travaille progressivement les réflexions et les réglementations nationales, même s'il ne peut expliquer à lui seul l'émergence de nouveaux cadres d'action relevant de bien d'autres négociations. La politique de démonstration qui sous-tend le projet de la ZAC De Bonne a percolé au niveau national et a étendu les modalités de sa mise en publicité et les collectifs de sa réception. Cette remontée en échelle qui lui valut sa notoriété (*faming*) va aussi ouvrir l'espace d'un renversement des valeurs (*shaming*).

Suivant le cahier des charges du programme Concerto, le cabinet Enertech réalise du 15 mai 2009 au 14 mai 2010, puis du 1^{er} janvier 2010 au 31 décembre 2010, l'évaluation des huit bâtiments de logements de la ZAC De Bonne construits dans le cadre du programme Concerto (Enertech, 2011). Le dispositif consiste à équiper chaque bâtiment de 400 à 700 compteurs afin de mesurer toutes les dix minutes les consommations des parties communes et des équipements communs, des appartements et des appareils électrodomestiques, ainsi que certains indicateurs de confort relatifs aux parties privatives.

L'exercice est alors inédit en France, mais aussi en Europe. Les écoquartiers ont rarement fait l'objet d'un *monitoring* systématique, plus encore avec les logements habités (Koch et Kersting, 2011). En fin de suivi, le cabinet Enertech insiste sur le fait que cet exercice ne peut être réduit à la confrontation d'une valeur de consommation finale avec une prévision de consommation. « *La notion de prévision d'une consommation est un concept certes séduisant, mais tout à fait illusoire et irréaliste* ». Le *monitoring* interroge l'exercice de modélisation qui sous-tend la prévision, et donc les méthodes pour conduire celle-ci, et il se prolonge d'un exercice plus exploratoire qui consiste à chercher les variables explicatives pour comprendre « la fabrication de la consommation finale ». Cette exploration qui prolonge le *monitoring* déborde le cadre de la modélisation en ce qu'elle conduit à identifier des aléas pour les réattribuer ensuite à la chaîne effective des parties prenantes (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entreprises de construction, entreprises chargées du pilotage et de la maintenance des installations, usagers) sous la forme de recommandations. Ceci engage une forme de pilotage qui ne réduit pas la performance énergétique à une norme mais l'institue comme une référence source d'apprentissages collectifs.

Cet exercice a été autant novateur que mal compris. Autour d'une politique de démonstration peut s'opérer un renversement de valeurs du fait que la communauté du projet suscite des marques de reconnaissance qui la mettent en position de justifier de son exemplarité. Un an après la parution des rapports d'évaluation du cabinet Enertech, l'expérience grenobloise est décrite dans la presse nationale (Le Monde, Libération) puis locale entre novembre 2011 et avril 2012. Cette séquence médiatique s'organise autour d'un récit commun : le Grand prix national des écoquartiers déçoit par ses performances. La politique de démonstration montre une de ses limites (*shaming*), celle de s'autonomiser dans les formes de reconnaissance qu'on lui accorde au point qu'elle n'est plus évaluée qu'à l'aune d'une excellence déliée des processus d'apprentissage qui confère au cas sa valeur et un juste dimensionnement de ses résultats.

5.4 Conclusion

Le projet urbain de la ZAC de Bonne ne saurait se résumer à une histoire locale dont la trajectoire résulterait de rapports de force entre la ville de Grenoble, l'aménageur et ses assistants maître d'ouvrage, les opérateurs immobiliers et les équipes de maîtrise d'œuvre. L'Europe ne saurait davantage être réduite à un guichet contribuant au financement d'objectifs techniques sans être porteuse d'une vision politique.

⁷⁹ Entretien réalisé le 25 février 2013, code CB_MOA_20130225

Ce papier tente d'établir un cadre d'analyse où interagissent les échelles locales et européennes, les apprentissages en cours sur le secteur de Grenoble et le renouveau que la Stratégie de Lisbonne souhaite impulser aux politiques technologiques, l'affirmation d'outils pour le pilotage énergétique de projet de construction et l'accent mis par la DG-Energie sur la nécessaire *démonstration* des coûts et des performances énergétiques des projets qu'elle soutient. Bien sûr, le programme CONCERTO ne détermine pas les modes d'organisations sur cette scène locale mais il est porteur d'objectifs et de moyens qui contribue à en dimensionner les visions énergétiques futures et les exigences.

En l'occurrence, le projet de la ZAC de Bonne constitue un lieu d'expérimentation de l'articulation entre les politiques d'efficacité énergétique (écobâtiments, polygénération) et celles des énergies renouvelables (en particulier, le solaire photovoltaïque, le solaire thermique et la géothermie). Ce nœud – au sens où le projet NEXUS entend interroger les nouveaux modes d'organisation des technologies de l'énergie à l'échelle du bâtiment, de l'îlot et du quartier, est inscrit au cœur du programme CONCERTO. Il peut être déployé en dehors de lui. Mais en l'adossant à une politique de démonstration, ce programme l'inscrit dans des formes d'expériences (*modelling / monitoring, benchmarking / lobbying et faming / shaming*) qui peuvent nous aider à mieux comprendre la façon dont les choix ont été opérés au niveau du projet de la ZAC de Bonne et le retentissement que cette expérience a connu en France mais aussi en Europe, au côté d'autres cas démonstrateurs.

5.5 Bibliographie

Bemtgen, Jean-Marie (2010) Zero-energy Europe – we are on our way, in Proceedings of the Policy final conference “Visions of sustainable urban energy systems”, 15-17 september 2010, Stuttgart: 9-10.

Brobroff Jacotte (2011) La caserne de Bonne à Grenoble : projet emblématique d'un développement durable à la française. PUCA, 77 p.

Bruno, I., 2008. Y a-t-il un pilote dans l'Union ? : Tableaux de bord, indicateurs, cibles chiffrées : les balises de la décision. Politix 82, 95.

Concerto (2006) Concerto newsletter, issue 1, September 2006, 8 p.

Concerto (2008) Position Paper on the Recasting of the Directive 2002/91/EC of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings, 7 p.

Concerto (2008b) Concerto newsletter, issue 5, July 2008, 8 p.

Di Nucci Maria Rosaria, Gigler Ute, Pol Olivier et Spitzbart Christina (2010) Concerto. Planning and implementation process assessment report. Disponible en ligne : <http://concerto.eu/concerto/>

Enertech (2011) Grenoble – ZAC De Bonne. Evaluation par mesure des performances énergétiques des huit bâtiments construits dans le cadre du programme européen Concerto. Rapport de synthèse, avril 2011, 27 p.

ICLEI (2008) Press release – « European mayors sign on a more active climate policy in Europe », Freiburg, 4 juin 2008.

ICLEI, Energy-Cities (2008) “The city of Grenoble joins the Covenant of Mayors”, in SESAC: Sustainable energy systems in advanced cities – newsletter n° 6 – december 2008

ICLEI, Energy-Cities (2011) “Delft, Grenoble and Fäxjö inspire other Covenant of Mayors signatories”, in SESAC: Sustainable energy systems in advanced cities – newsletter n° 10 – may 2011

Koch Andreas et Kersting Jenny-Claire (2011) International Energy Agency, Energy conservation in buildings and community systems programme. Annex 51 : Energy Efficient Communities – case studies and strategic guidance for urban decision makers. 89 p.

MEEDDM (2009) Dossier de presse, 1ère conférence nationale Ville Durable, Annonce par Jean-Louis Borloo et Benoist Apparu des résultats de l'appel à projets EcoQuartier et de la démarche EcoCité, mercredi 4 novembre 2009, Paris, Musée du Quai Branly, 78 p.

Neri O'Neill Rebecca et Nadaï Alain (2012) Risque et démonstration, la politique de capture et de stockage du dioxyde de carbone (CCS) dans l'Union Européenne, Vertigo, 12(1). <http://vertigo.revues.org/12172#tocto2n1>

- Peissel Gilles (2011) Grenoble. De Bonne, un écoquartier dans la ville. Grenoble : SAGES. 43 p.
- Pol, O., 2009. The CONCERTO monitoring database as a tool for benchmarking among sustainable communities and their energy performance assessment, in: Act! Innovate! Deliver! Reducing Energy Demand Sustainability. Conference Proceedings. Presented at the Act! Innovate! Deliver! Reducing energy demand sustainability, ICE – International Consulting on Energy, Burgeap Group, La Colle sur Loup, France, pp. 539–550.
- Pol, O., Österreicher, D., 2007. Evaluation methodology to assess the theoretical energy impact and the actual energy performance for the 27 communities of the European CONCERTO initiative, in: Saving Energy – Just Do It! Conference Proceedings. Presented at the Saving energy – just do it!, ICE – International Consulting on Energy, Burgeap Group, La Colle sur Loup, France, pp. 633–642.
- Rosental Claude (2009) Anthropologie de la démonstration. Revue d’anthropologie des connaissances, 3(2) : 233 :252.
- Rosental Cl. (2010), « De la démo-cratie. Mener l’Europe à l’aide de démonstrations publiques », in S. Houdart & O. Thiery (dir.), Humains, non-humains. Comment repeupler les sciences sociales, Paris, La découverte, 2010, p. 121-131.
- Sidler Olivier (2003) Réglementation énergétique dans les bâtiments antérieurs à 1975. Proposition 16 du Manifeste Négawatt, ,2 octobre 2003, 6 p.
- Terre-Eco (2004) ZAC De Bonne. 5 – Cahier des recommandations accessibilité et haute qualité environnementale, version modifiée du 25 mai 2004, 37 p. disponible en ligne : <http://www.debonne-grenoble.fr/var/fr/storage/original/application/947b3833a264250d6e19c7264417d15c.pdf>
- Terre-Eco (2009) Démarche haute qualité environnementale accessibilité. Charte d’objectifs (modèle), juin 2009. disponible en ligne : <http://www.debonne-grenoble.fr/index.php?fr/Espace-telechargement>
- UE (2002) Le 6ème Programme-cadre en bref, édition décembre 2002, 39 p.
- UE (2002b) Décision n°1513/2002/CE du Parlement Européen et du Conseil du 27 juin 2002 relative au sixième programme-cadre de la Communauté Européenne pour des actions de recherche, de développement technologique et de démonstration contribuant à la réalisation de l’espace européen de la recherche et de l’innovation (2002-2006).
- UE (2004b) Key tasks for future european energy R&D. Recommendations for Research and Development by the Strategy Working Group of the Commission’s Advisory Group on Energy, publié le 17 décembre 2004, 68 p.
- UE (2004b) Traité établissant une Constitution pour l’Europe, 29 octobre 2004.
- UE (2005) Commission Européenne, recherche communautaire, SP1- Priorité 6-1, 6.1 Systèmes énergétiques durables, “Programme de travail”, Révision 4 pour l’appel TREN-4, juin 2005, 92 p.
- UE (2008) Communication de la commission européenne, « 20 20 by 2020. Europe's climate change opportunity », COM (2008) 30 final du 23 janvier 2008.
- Verhage Roelof, Menez Florence, Lorenzi Emmanuelle, Devisme Laurent, Geppert Anna, Bourdin Virginie, Leroy Marie (2012) Apprentissages du développement urbain durable et changement des pratiques professionnelles : expériences à Lyon, Nantes, Reims, Grenoble. <http://urbamet.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/Urbamet/0312/Urbamet-0312178/pcaouv00197082.pdf>
- Ville de Grenoble (2005) Programme Concerto / Sesac 2005 – 2010. Energies renouvelables et habitat durable pour la ville de demain. Ville de Grenoble, direction de l’urbanisme. 17 p.
- Wnuk Ryszard et Zaparty-Makówka Katarzyna (2010) Concerto. Policy recommendations publication. Disponible en ligne : <http://concerto.eu/concerto/>

6 Chapitre 6 – Dynamique des modèles d'affaires : émergence de « design dominants » ?

Caroline Gauthier

6.1 Acteurs de l'énergie et innovation déployées

- Problématique

Comment se sont formées les solutions énergétiques (NSE) adoptées avec une perspective de modèles d'affaires? Comment les acteurs ont-ils collaboré, façonné leurs choix quant aux solutions énergétiques retenues pour la Caserne de Bonne. Nous faisons l'hypothèse que la solution adoptée est créatrice de valeur pour chacun des acteurs impliqués. La valeur ici est multiforme, pouvant être économique (rentabilité financière de la solution), utilitaire, sociale (création de logements ou mixité sociale), de réputation (hausse de la notoriété), d'image (amélioration de la réputation), d'intérêt électoral (qui suscite l'adhésion des électeurs), environnementale (réduction des gaz à effet de serre) etc. Du fait que les décisions concernant les NSE sont prises par des acteurs multiples, les acteurs de l'énergie s'entendent ici au sens large. On considérera dans cette partie que l'urbaniste, le promoteur, le bailleur, l'architecte par exemple sont des acteurs de l'énergie du fait de leur poids dans les décisions quant à la formation des NSE.

- Cahier des charges

D'après la Convention, dans « On s'attachera à identifier pour les acteurs de l'énergie sur la ZAC de Bonne les compétences mises en œuvre, l'organisation interne déployée par les acteurs de l'énergie, l'évaluation de la performance de leurs activités, l'organisation collective, les innovations déployées et les perspectives ».

La Convention prévoit aussi qu' « Un ensemble de questions visera à traiter en particulier les TICE qui vont accompagner le développement et l'opérationnalisation des solutions novatrices... ». Les données recueillies sur le terrain montrent que ces technologies ont été relativement peu intégrées dans les NSE mis en œuvre sur l'éco-quartier de Bonne. De ce fait, pour chaque acteur ce point sera soulevé mais développé que dans les cas où l'utilisation des TICE a réellement fait une différence.

A l'heure de la rédaction de cette partie, les enquêtes sur les projets Issygrid, Fontaine et Nanterre sont en cours. Le projet Issygrid est beaucoup plus ambitieux en termes de TICE que celui de la ZAC de Bonne. Parce que les données sont encore insuffisantes à ce jour, elles seront analysées dans la partie suivante.

- Méthodologie et données

La description des principaux NSE du site dans le chapitre 1 du rapport 1, la cartographie des réseaux d'acteurs pour la ZAC de Bonne (Annexe 1 – Figure 11) du rapport intermédiaire, et les interviews réalisées dans le WP2 du projet NEXUS auprès des acteurs du site constituent l'essentiel de la base de données utilisée ici. Une analyse systématique des verbatim des acteurs des choix énergétiques est réalisée avec l'aide du logiciel NVivo. Notons que l'information n'est pas toujours disponible à l'échelle des solutions énergétiques, mais à l'échelle d'ouvrages construits sur la ZAC (l'information est disponible pour les bâtiments G3, I et J3).

Un intérêt tout particulier est porté aux comportements et actions nouveaux, différents des pratiques habituelles (dites « business as usual ») dans l'analyse des entretiens, si tant est que l'on découvre de tels écarts.

- Contenu

Cette partie présente en 1.1.1 les acteurs en question. La partie 1.1.2 s'organise autour des choix des acteurs en termes de compétences mises en œuvre, organisation interne déployée, évaluation de la performance de leurs activités, organisation collective et innovations déployées. La partie 3 reprend les perspectives évoquées par ces acteurs pour ce site et éventuellement d'autres projets. La mise à plat des verbatim est présentée en annexe.

6.1.1 Acteurs de l'énergie représentés

Les acteurs de l'énergie s'entendent ici au sens large. L'échantillon retenu est représentatif de l'ensemble des acteurs qui ont pesé dans le choix des solutions énergétiques retenues pour le site de la ZAC de Bonne, dans le cadre du projet européen Concerto.

- Ville de Grenoble
- Aménageur Ville de Grenoble

Pour la Ville de Grenoble, le projet ZAC de Bonne est perçu comme radicalement nouveau, avec un passage évoqué du « bâtiment » à « l'énergie » ou encore « Parce que nous la ville,... on était inexpérimenté total. »

Par conséquent, il va générer des besoins en compétences et ressources nouveaux, des modes d'organisation différents pour le développement de solutions innovantes.

- Gaz Electricité Grenoble

GEG est un acteur transversal de l'énergie pour la Caserne de Bonne. L'acteur interrogé plaide pour davantage de vision pour ce type de projet, en introduisant la notion « d'urbaniste énergétique ».

- Agence Locale de l'Energie

ALE est un acteur transversal sur la question énergétique pour la ZAC de Bonne. Missionné par la ville de Grenoble, il est en charge d'accompagner les acteurs de la ZAC dans la réalisation, le suivi et la dissémination des bonnes pratiques de performance énergétique.

- Architecte ouvrage Bonne Energie

Les solutions énergétiques adoptées pour l'ouvrage Bonne Energie ont mobilisé un grand nombre d'acteurs. Les acteurs de l'ouvrage Bonne Energie sont la SAGES, l'Agence Locale de l'Energie (ALE), la Ville de Grenoble, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), la Direction Régionale des Affaires Culturelles Rhône-Alpes (DRAC), l'ADEME, le Conseil Architecture Urbanisme Environnement (CAUE), l'Association grenobloise Etude Développement Energies Nouvelles (AGEDEN), Aktis, Terre eco, Enertech, l'Architecte Agence CREON le Promoteur PRD. La clé de voute des solutions retenues semble toutefois venir d'une nouvelle ressource : l'utilisation d'un logiciel de simulation thermodynamique (STD) de solutions énergétiques.

- Promoteur ouvrage Henri IV
- Société d'Aménagement Mixte SEM SAGES

Les acteurs de l'ouvrage sont : le promoteur Bruno Blain, les architectes Ateliers Lion,...

D'après l'acteur promoteur la réalisation de l'ouvrage Henri IV n'a pas constitué une révolution dans les pratiques des acteurs impliqués. Les solutions énergétiques déployées ne nécessitent pas un usage des TICE poussé. On verra que le promoteur est sceptique quant à l'avènement de la domotique.

- Bailleur social Le Compagnon CAD J3
- Architecte Le Compagnon

D'après le bailleur social la réalisation de cet ouvrage constitue une véritable innovation pour tous les acteurs impliqués, ce qui a nécessité un véritable effort de montée en compétences et d'apprentissage. Toutefois les innovations déployées demeurent incrémentales.

6.1.2 Perceptions des acteurs de l'énergie/Projet ZAC de Bonne

- *Une montée globale en compétences surtout techniques mais aussi managériales*

Globalement on observe une nécessaire montée en compétences, soit par formation soit par acquisition à l'extérieur de l'organisation.

L'analyse des verbatim recueillis fait émerger les thèmes suivants :

- Manque de compétences pour l'innovation radicale, profils hybrides, rôles d'interface, apprentissage requis, nouvelles expertises, acquisition externe de compétences nouvelles, nouveaux acteurs, nouveaux services
 - ➔ Le projet ZAC de Bonne a révélé créé un déficit de compétences ;
 - Connaissances nouvelles, stages de formation, formation environnement, formation de formateurs, vision, entrée d'un nouvel acteur indispensable : Bureau d'étude spécialisé dans l'efficacité énergétique avec logiciel de simulation 3D, nouveau métier : urbaniste énergétique
 - ➔ Le projet ZAC de Bonne s'est avéré être un terrain d'expériences et d'acquisition de compétences ;
- Expérimentation, acquisition de compétences/culture d'innovation, nouvelles pratiques, nouvelles compétences, co-apprentissage, nouveaux comportements, changement de culture, de pratiques, de métiers, nouvelles procédures de gestion, expertise à haute-valeur ajoutée
 - ➔ La montée en compétences générée par le projet ZAC de Bonne pourrait être transférable à d'autres projets.

Les compétences signalées relèvent tant:

- de compétences techniques, tant au niveau des artisans cf. le bouchon thermique, solution mise en place dans le bâtiment Bonne Energie, qui se distingue tant par sa conception, par les matériaux qui le constituent que par son usage (ex : son système de fermeture la nuit) que des concepteurs cf. un cabinet d'architectes qui a changé ses méthodes de travail en mobilisant les compétences d'un bureau d'études en simulation énergétique ;
- Que de compétences managériales, les acteurs parlent de changement de culture, de rôles d'interface, de nouvelles procédures de gestion. Les objectifs d'efficacité énergétique du projet impliquent de l'innovation chez certains acteurs - avec le recrutement d'une ingénieure thermicienne chez un des maîtres d'ouvrage de la ZAC ou le recours à un bureau d'étude en simulation énergétique dont l'expertise détermine les solutions déployées, ou un changement marginal dans le choix de partenaires – lié à leur motivation vis-à-vis de ces objectifs comme chez un des promoteurs, ou une montée en compétences « par tâtonnement »– comme chez ALE.

Verbatim (sélection) – Compétences
<i>« On avait aucun moyen de comprendre. On a commencé à instrumenter. »</i>
<i>« Un recours nouveau aux modèles de calcul thermodynamique et la nécessité d'avoir recours à un BE du fait de la technicité de la solution demandée »</i>
<i>« il y a une composante environnementale importante. D. ne l'avait pas dans son équipe donc on l'a cherchée à côté. »</i>
<i>« On a recruté l'AMO Terre Eco à l'époque pour faire une étude environnementale qui devait abouti à un cahier de prescriptions environnementales et énergétiques. C'était un peu galère parce qu'on n'avait jamais fait ça. »</i>
<i>« Pour être réellement en BBC, il faut un apprentissage de toute la filière, y compris les compagnons du chantier. C'est pour ça que sur De Bonne, on a organisé des stages de formation »</i>
<i>« Il y a toujours eu cette composante d'un objet, la Caserne de Bonne, qui avait vocation à rayonner, à rapidement faire des petits et produire des bonnes pratiques également sur d'autres opérations. »</i>

- **Une organisation interne marginalement modifiée**

Globalement les changements en termes d'organisation interne restent marginaux.

L'analyse des verbatim recueillis fait émerger les thèmes suivants chez certains acteurs:

- Structure projet, réseau relationnel interne, partenaires habituels

- ➔ Le projet ZAC de Bonne s'est appuyé sur une organisation collective existante en général en ce qui concerne les phases amont de l'aménagement;
- ➔ Cela diffère dans la phase de conception des bâtiments où l'aménageur s'est immiscé via un AMO dans la conception des systèmes énergétiques des bâtiments G et H ;
- Leadership, rôle d'orchestrateur, vision, innovation organisationnelle, partenariat, expérimentation, transfert, dissémination des connaissances
 - ➔ Toutefois Le projet ZAC de Bonne a fait émerger certaines innovations organisationnelles.

Les objectifs d'efficacité énergétique viennent parfois faire évoluer les pratiques – cf. la nouvelle répartition des tâches dans un cabinet d'architectes, mais cela reste marginal pour cette étude.

Verbatim (sélection) – Organisation interne

« On s'est lancé dans l'aventure, guidé par P. (l'élu porteur du projet De Bonne) qui était très, très proche des services et au niveau... »

« on a mis au point une méthode de travail un peu différente de ce que l'on faisait d'habitude. On s'est dit, dès la première réunion de réflexion, il faut que notre partenaire soit avec nous. »

« C'est un outil que l'on a élaboré ici, à l'agence, en travaillant avec des entrepreneurs un peu plus qu'avec des économistes, qui sont nos partenaires habituels... »

• Une évaluation de la performance énergétique balbutiante, mais prête à évoluer

L'ensemble des acteurs s'accordent sur la nécessité de faire évoluer l'évaluation de la performance énergétique vers plus de systématisme et d'efficacité.

L'analyse des verbatim recueillis fait émerger les thèmes suivants:

- Incertitude et choix techniques, apprentissage terrain
 - ➔ L'évaluation de la performance énergétique à l'échelle de la ZAC de Bonne pourrait être encore améliorée;
- Système d'évaluation de performance technico-économique, pertinence et précision de la mesure, management par expérimentation, partage des données
 - ➔ Plus de systématisme dans cette évaluation est nécessaire ;
- Nouvelles méthodes de mesure, démonstration, changement de modèle de calcul de coûts, preuve de concept, données en temps réel
 - ➔ A terme, l'évaluation de la performance fera partie intégrante de la livraison du bâtiment et devra faire l'objet d'un suivi plus instrumenté, la solution énergétique déployée sera adaptée en fonction.

Certains acteurs ont pressenti le besoin d'un changement radical quant à l'évaluation de la performance de leurs activités, à l'instar de GEG qui a mis en place des TICE afin de mieux contrôler les solutions déployées. La plupart ont choisi pour ce projet des contrôles relativement sommaires, mais les verbatim laissent penser que ceux-ci seront amenés à évoluer. En particulier la nécessité d'impliquer davantage l'utilisateur dans les solutions est évoquée de façon récurrente, cela devrait conduire à développer les TICE dans ce sens.

Verbatim (sélection) – Evaluation de la performance énergétique

« Le suivi c'est bien, c'est une étape, c'est ce qu'on disait mais encore ne faut-il pas faire une station MIR pour analyser un bâtiment de 8 logements, ce n'est pas viable ça, ça sert à rien donc. »

« Après construction de l'ouvrage, l'évaluation de la performance se fait essentiellement par un contrôle ponctuel de la température intérieure des bâtiments. »

il y a eu un vrai travail d'analyse, d'instrumentation à tous les niveaux, dans les chaufferies, dans les locaux, dans les logements, avec des niveaux de sondes. Enfin, je ne sais plus combien de capteurs ont été installés... »

« On a mis au point une fiche avec HTC de suivi de tous nos capteurs solaires avec un relevé mensuel. Une comparaison entre ce qu'ils doivent produire et ce qu'ils produisent réellement en fonction de l'ensoleillement. Et puis une analyse mois par mois. Une méthode très structurée. Le problème c'est qu'on s'est rendu compte qu'il y avait de vrais problèmes. »

« On a basculé de la consommation à la consommation plus entretien. »

• Des changements plus marqués dans l'organisation collective

L'organisation collective apparaît globalement modifiée. Elle devrait l'être davantage dans des projets futurs du fait de l'implication croissante nécessaire des usagers dans le développement des solutions énergétiques.

L'analyse des verbatim recueillis fait émerger les thèmes suivants:

- Acteurs complémentaires (expertises spécifiques), projet collaboratif subventionné, réseaux externes, partage de compétences, aide à la formation, diffusion, capacité collaborative, confiance, partage de valeurs
 - ➔ Le projet ZAC de Bonne a été le fruit d'un réel travail collaboratif ;
- Concerto, projets européens, rôle tiers de coordination, partenariats, labellisation, contraintes liées à Concerto, contraintes imposées par la Ville
 - ➔ Des changements organisationnels ont été induits du fait du contexte de projet européen et de l'imposition de certains systèmes énergétiques des bâtiments (cogénération, double flux, panneaux solaires par exemple);
- Système d'implication et d'incitation des acteurs
 - ➔ Une participation et une responsabilité accrues des usagers et des exploitants dans la performance des solutions énergétiques est souhaitable

L'organisation collective a été modifiée dans le cadre de ce projet du fait de la présence des acteurs publics, en particulier parce qu'il s'agit d'un projet européen Concerto. Indépendamment de ce fait, l'introduction de nouveaux partenaires dans le réseau chez certains acteurs a été l'élément déclencheur de ces changements, par ex. l'arrivée de l'acteur expert pour le projet Bonne Energie a impliqué une plus forte collaboration avec les entrepreneurs et une moindre collaboration avec les économistes, modifiant ainsi le leadership établi pour ce type de projet. Les personnes interrogées pressentent aussi que la montée en puissance des usagers/habitants modifiera cette organisation.

Verbatim (sélection) – Organisation collective

« c'est un travail collaboratif. »
« Le projet a été monté en 2 mois grâce à une forte collaboration entre le cabinet d'architectes et le BE »
« De toute façon il va falloir bosser comme ça (en réseau) bientôt donc là on vous propose une grande expérimentation... »
« C'est P. qui a répondu, qui était dans les réseaux européens, qui a eu les contacts. On a répondu avec l'aide de l'OPAC 38 qui avait l'habitude des projets européens. »
« Il faut trouver des acteurs qui sont comme vous, à la recherche de dynamiser le produit, d'essayer d'apporter quelque chose.
« Je pense qu'il y a une partie d'implication et d'incitation qui est à développer auprès des exploitants. Il existe des contrats pour cela. Les exploitants ont une vraie compétence là-dessus et je pense qu'ils ont un vrai rôle à jouer. »
« On a deux partenaires...L'un nous aide plus dans la relation aux locataires dans la sensibilisation, le suivi, l'explication. L'autre nous aide plus sur la montée en compétences, le transfert de compétences, l'acquisition de compétences nouvelles. »

- **Le projet ZAC de Bonne, un laboratoire d'innovations incrémentales**

La Caserne de Bonne s'est avéré être un terrain d'expérimentation de solutions énergétiques pour les acteurs.

L'analyse des verbatim recueillis fait émerger les thèmes suivants:

- Enablers de l'innovation, contraintes réglementaires
 - ➔ Les objectifs de performance énergétique apparaissent à la fois comme des accélérateurs et comme des freins à l'innovation ;
- Performance énergétique de bâtiments, émergence d'idées, trajectoire, vue technique de l'innovation, « enablers » de l'innovation
 - ➔ Les innovations adoptées contiennent en général une dimension technique ;
- Adoption de l'innovation, environnement et culture des utilisateurs / clients, innovation organisationnelle
 - ➔ Les innovations contiennent parfois une dimension managériale ;
- Alphabétisation énergétique, culture énergétique
 - ➔ Les innovations doivent être davantage en lien avec le comportement des usagers.

Globalement les innovations sont de type incrémental, aucune ne semble constituer un véritable succès, c'est l'ensemble de ces innovations qui permettent la performance énergétique.

Verbatim (sélection) – Innovations déployées

« Et donc ça a abouti à l'idée de la micro-cogénération. »

« Le bouchon thermique – le seul nouveau dispositif »

« Un outil clé qui a permis l'innovation : le logiciel de simulation hydrodynamique. »

« alphabétisation énergétique... culture énergétique »

« ...s'il y a une innovation dans tout ça, c'est cette capacité d'auto-évaluation de la performance énergétique qui n'existait pas avant et ce n'est pas juste dans le bâtiment et dans l'énergie, c'est tout le montage des plans climat »

• Un usage des TICE quasi-absent

Les TICE sont relativement peu évoquées globalement pour le projet ZAC de Bonne. La partie suivante prendra en compte les verbatim recueillis pour d'autres éco-quartiers, à l'instar d'Issygrid, qui mettent les TICE au cœur du projet.

L'analyse des verbatim recueillis fait émerger les thèmes suivants:

- Rôle des KET (Key Enabling Technologies), importance de la simulation
 - ➔ Besoin de davantage de mesures, de contrôle de la performance énergétique
- Changement radical de l'usage des TICE
 - ➔ Annonce d'une montée forte de l'usage des TICE pour de futurs projets dans ce secteur

Verbatim (sélection) – TICE

« ...on avait acheté des détecteurs, des capteurs, pour comprendre ce qui se passait. »

« Il faudrait une instrumentation plus précise »

Tout le long du processus de décisions quant aux solutions énergétiques à adopter, le logiciel de simulation a permis un chiffrage précoce des solutions par la construction de maquettes 3D. Cet outil permet un chiffrage précoce du coût des solutions mises en place. »

• Perspectives

Les perspectives annoncées concernent surtout la croissance des systèmes de contrôle de la performance et de la part de la maintenance dans les solutions énergétiques fournies.

L'analyse des verbatim recueillis fait émerger les thèmes suivants:

- Leviers règlementaires, diffusion, adoption, reproduction
 - ➔ Les solutions seront fortement impactées par la réglementation ainsi que les mécanismes d'adoption et d'incitation développés ;
 - ➔ Les apprentissages de la ZAC de Bonne seront transférables à d'autres projets ;
- Evolution du métier, re-segmentation, re-ciblage du marché
 - ➔ Les solutions à venir seront définies avec un angle de vue différent, par ex. l'échelle du quartier semble plus pertinente que celle du bâtiment pour définir des solutions ;
- Répartition des coûts de l'énergie, partage de la valeur, partage de l'investissement, participatif, comportement d'usage ;

- ➔ La performance énergétique nécessite une plus juste répartition de la valeur créée et des coûts engendrés, en particulier via des mécanismes incitatifs visant exploitants et usagers.

Les perspectives vont globalement dans le même sens : la plupart des acteurs ont pressenti un changement de leurs modèles d'affaires, soit parce que leur offre évolue d'une offre de bâtiment vers une offre de bbc, soit parce qu'ils pressentent qu'ils sont en passe de devenir davantage des fournisseurs de services que de produits. En effet, plusieurs évoquent la nécessité d'une maintenance accrue des bâtiments, nécessitant de repenser le modèle de revenu et les incitations des acteurs et de l'utilisateur en priorité, et d'installer davantage de systèmes de contrôle de la performance énergétique type TICE.

Verbatims (selection) - Perspectives

« Mise en place d'un compte de prorata on l'on paie en fonction de son utilisation (d'énergie). »

« Qu'est-ce qu'une offre de chaleur ? C'est le report d'un investissement initial dans un contrat réparti sur une durée de 12 ans... Un promoteur choisit le chauffage électrique parce que ça ne lui coûte rien.... Contractuellement il y a un souci. Nous, là aussi on a péché, honnêtement on a fait des simulations sur les nouveaux contrats, il y a une obligation de séparer la part fixe, la part variable. »

« Tout ce qui est tarification progressive c'est des choses qu'il faudrait concrétiser, car elles peuvent sensibiliser chacun indépendamment de son niveau de revenu. »

« Il y a toujours eu cette composante d'un objet, la Caserne de Bonne, qui avait vocation à rayonner, à rapidement faire des petits... »

« La solution capteurs solaires thermiques pose problème pour cet ouvrage, mais ce problème est évoqué par l'ensemble des acteurs pour tous les ouvrages. Des améliorations conséquentes devront être apportées à ce type de solutions solaires afin qu'elles constituent une réelle composante des NSE à venir. »

6.1.3 Discussion et conclusion

Cette partie a permis d'identifier pour les acteurs de l'énergie sur la ZAC de Bonne les compétences mises en œuvre, l'organisation interne déployée par les acteurs de l'énergie, l'évaluation de la performance de leurs activités, l'organisation collective, les innovations et TICE déployées, auxquelles ont été ajoutées les perspectives des acteurs.

On distingue les points récurrents au sein des différents acteurs et pour l'ensemble des solutions déployées de ceux qui sont spécifiques à certains acteurs ou solutions. Enfin quelques thèmes émergents sont présentés en dernière colonne.

Thème	Points de convergence entre acteurs et solutions	Points spécifiques par acteurs et/ou solutions	Points nouveaux / émergents –ou début de discussion
Compétences	Nécessité d'acquérir de nouvelles compétences : énergie ; mesure de performance ; Coordination ; Mise en œuvre de formations en cours de route (lien avec l'écosystème de formation), formation de formateurs, toute la filière ; Entrée de nouveaux acteurs dont BE de simulation : compétence déterminante cachée dans l'écosystème.	Vision nouveaux métiers Roadmap de montée en compétences Importance de l'expérimentation pour comprendre Produire de bonnes pratiques ; Surmonter les doutes sur ce qui est faisable, changer les comportements, les croyances, les cultures (notamment du coût).	Le manque de compétences et la culture tendent à dégrader l'innovation tout au long de l'avancement du projet de la conception vers la mise en œuvre. Les problèmes de déficit de compétence, de changement de culture n'ont pas été anticipés. Valeur de l'information, de la connaissance en matière d'exploitation de cette information et

		Capitaliser sur les apprentissages pour les disséminer ailleurs.	business model (autour des data).
Organisation interne	Nécessité de se mettre en posture de mieux s'interfacer avec des acteurs externes – gestion des collaborations, orchestration. Nouveaux rôles plus aux interfaces, transversalité, équipes hybrides.	Nouvelles procédures de gestion et de suivi de projet. Changement de procédure de garantie des bâtiments.	
Evaluation de la performance des activités	L'approche est essentiellement technique pour répondre aux objectifs réglementaires notamment. Faible performance sur les questions d'adoption, de changement de comportements.	Performance des projets pourrait être améliorée, en particulier le rôle clé des habitants est évoqué	
Organisation collective	Déploiement de fait du travail en réseau, ouvert, dès les phases amont de conception jusqu'au suivi d'efficacité post-réalisation. Importance de l'expérimentation collective. Nouveau rôle d'orchestrateur. Co-conception d'outils de travail communs. Contrôle de la conception.	Force du réseau pour avoir un effet d'influence potentiel (réglementation) Accélération du processus grâce à la collaboration. Importance de bien sélectionner les partenaires. Penser à la complémentarité des partenaires.	Les acteurs découvrent le réseau de valeur « en marchant ».
Perspectives	Travailler la problématique de l'adoption et de la diffusion Travailler la question du partage de la création de valeur entre les parties prenantes. Travailler la démonstration des bénéfices des solutions nouvelles. Découverte de nouveaux problèmes (techniques) à régler. Rayonnement du projet.	Rayonnement de la Caserne de Bonne comme une vitrine d'image et commerciale. Valorisation des apprentissages notamment en évaluation de performance et en simulation. Rendre les solutions moins complexes...	
Innovation déployées			Globalement c'est très incrémental, c'est un ensemble de petites innovations qui font un gros potentiel. Des innovations que l'on n'attendait pas : calcul de performance, organisationnelles...
TICE	Problème généralisé du manque de culture, de compétences, d'outils et de pratique en matière d'évaluation de la performance énergétique.	Un écart majeur entre quelques acteurs qui ont conscience de l'importance du système d'information en temps	Les TICE peuvent avoir un rôle majeur pour l'adoption et la diffusion des solutions, un impact sur les comportements

<p>Vue restrictive de l'évaluation de la performance pour certains acteurs: c'est une contrainte réglementaire avant tout et pas un driver d'innovation sur les choix socio-techniques. La performance n'est pas utilisée pour motiver ou influencer les acteurs en présence. Ce n'est pas un système incitatif. Entrée d'acteurs spécifiques pour la mesure de performance énergétique. Complexification des solutions due à la mesure de performance qui rend l'adoption difficile.</p>	<p>réel (capteurs, détecteurs, analyse de données...) et les autres qui ne voient pas de changement. Délai et effort supplémentaire majeur et non anticipé manifestement sur l'importance des TICE comme outil d'apprentissage puis de suivi en temps réel du phénomène et de l'impact sur la performance énergétique.</p>	<p>par l'information... Mais les acteurs en présence sont très éloignés et globalement peu sensibles à ce phénomène. Pas d'anticipation des investissements.</p>
---	--	--

Globalement, l'étude met en avant deux phénomènes forts : la montée en compétences et l'acquisition de nouvelles compétences en lien principalement avec le calcul de performance énergétique ; une culture de la collaboration et du travail en réseau. L'aménagement de la ZAC de Bonne a permis une expérimentation à grande échelle et collaborative pour développer des solutions de performance énergétique. Toutefois cette collaboration demeure mal cadrée et peu managée.

On détecte une forme de rigidité de la filière établie (immobilier) qui entraîne à la fois une dégradation du potentiel de création de valeurs, une non-anticipation de problèmes connus et moins connus. Le choix des solutions adoptées semblent souvent guidé par l'évitement d'obstacles liés au besoin de nouvelles compétences ou bien au comportement des usagers.

En ce qui concerne les TICE et les smart-grids, le contexte forgé par les directives européennes, le Grenelle de l'environnement, la production décentralisée des énergies, la performance et l'intelligence des équipements supposaient l'avènement de solutions d'efficacité énergétique empruntant aux technologies dites smart-grids, home technologies ou home-services d'efficacité énergétique. Ces technologies avant-gardistes permettent d'effectuer le basculement d'une énergie à l'autre (ex : d'une pompe à chaleur à une chaudière bois en période de grand froid afin de limiter les émissions carbone), du délestage électrique afin d'écarter la consommation, l'optimisation des systèmes de stockage (ex : batteries) en fonction du système de tarification, un contrôle de l'autoconsommation énergétique de l'utilisateur et des conseils en efficacité énergétique associés. Les données recueillies sur le projet de la ZAC Caserne de Bonne montrent que ce type de solutions est avant-gardiste par rapport à la réalité des solutions adoptées.

Peut-être le projet de la ZAC de Bonne a-t-il manqué d'un acteur engagé dans les smart-grids ? Une première lecture de l'enquête pour le projet Issygrid le laisse supposer, à l'instar de la forte composante technologique qu'il contient et de l'engagement des acteurs dans les solutions innovantes empruntant au TICE.

On note l'arrivée de nouveaux entrants, tel que l'expert en simulation énergétique par exemple. Toutefois ce phénomène pose la question de la capture de la valeur créée par ces nouveaux maillons dans la chaîne de valeur. Et ce d'autant plus que la présence forte des acteurs publics impacte les solutions retenues. Il semble que la valeur créée associée aux solutions énergétiques adoptées ne soit pas perçue par certains partenaires et les usagers en bout de chaîne. Les processus de décision et montage de solutions reportés ici tiennent surtout à l'évaluation de la performance en lien avec les objectifs réglementaires et empruntent relativement peu à la culture marketing. Il semble qu'un levier de la performance énergétique réside dans la capacité à s'inscrire davantage dans une orientation marché. Plusieurs acteurs suggèrent des pistes d'amélioration dans ce sens, en proposant des dispositifs d'incitation par exemple.

Pour les acteurs de l'énergie, les modèles d'affaires permettant de délivrer et capturer la valeur liée à la performance énergétique sont encore en mutation, voire à inventer ; au risque sinon de perdre cette valeur ou sa place dans la course à l'intégration des nouvelles compétences et donc sa position concurrentielle.

6.2 Modèles d'affaires

6.2.1 Approche conceptuelle de la dynamique des modèles d'affaires

Il est couramment admis que les innovations dites durables, adressant les défis mondiaux tels que ceux de l'environnement et de l'énergie, s'avèrent aussi sources de rupture, tant pour les clients finaux, la société que les acteurs socio-économiques qui la conçoivent et la délivrent (Jacobsson & Bergek, 2004).

Un premier corollaire est, face à ce phénomène, la mise en difficulté des entreprises établies à maintenir leur position concurrentielle tout en capturant la valeur de ces innovations de rupture face notamment à de nouveaux entrants. Au moins trois problèmes majeurs surgissent: l'innovation durable n'est pas assez rentable, du moins à des horizons temporels acceptables par les entreprises, et ce d'autant plus que rares sont les acteurs enclins à payer pour le surcoût du caractère durable de l'innovation ; souvent radicale, elle entraîne un manque d'expertise pertinente et éventuellement, une remise en question des compétences et des savoir-faire établis, ceux-là même qui ont fait le succès de ces leaders ; des problèmes nouveaux et plus complexes de coordination de chaînes de valeur remettent souvent en question les chaînes de valeur établies. Les travaux de Johnson & Suskewicz (2009) montrent que la principale difficulté pour les acteurs en place est leur capacité à faire évoluer leurs modèles d'affaires préexistants vers de nouveaux modèles d'affaires.

Dans cette partie, nous analysons la façon dont les acteurs impliqués dans les projets de la Caserne de Bonne, Issygrid, Fontaine... ont fait évoluer leurs modèles d'affaires afin de créer et de capturer la valeur induite. La partie précédente a permis d'étudier isolément la plupart des variables à considérer. La partie présente les met en relation dans le cadre conceptuel du modèle d'affaires.

Les connaissances issues de quelques travaux existants permettent de mieux cerner notre étude. En effet, dans ce contexte d'innovation durable, on observe l'émergence d'une nouvelle génération de modèles, plus ouverts et plus collaboratifs, notamment durant les phases amont d'expérimentation. Dans le contexte de NEXUS, les acteurs de la Caserne de Bonne font mention d'une plus grande part de travail collaboratif au sein du réseau de valeur comparativement aux projets antérieurs (cf. partie précédente). Dans ce sens, des séries de processus de création et de capture de valeur nouveaux émergent pour favoriser l'adoption de l'innovation par les utilisateurs. En particulier, le rassemblement d'acteurs complémentaires va servir de levier afin : d'accroître la visibilité de l'offre, de réduire les coûts et les risques de développement, production et vente ; de générer de meilleures idées ; d'accélérer l'accès aux connaissances, et/ou au marché ; d'identifier des partenaires nouveaux ; de réduire le time-to-market (cf. le modèle Diamant de Porter qui explique les leviers de création des clusters, 1990)). Ce sont autant de gains potentiels pour chacune des parties prenantes amont d'un projet d'innovation durable tel qu'un éco-quartier ou de nouvelles façons d'assembler des systèmes techniques. Certains de ces modes collaboratifs persisteront lorsque les nouveaux modèles d'affaires seront adoptés (évolution vers des offres servicielles impliquant des constructeurs et des entreprises de maintenance par exemple), toutefois moins fortement que dans les phases d'expérimentation récentes.

Pinkse et al. (2013) mettent en avant quatre mécanismes complémentaires de création et de capture de valeur par des partenaires dans le cas de l'innovation durable et radicale comme le véhicule électrique : réussir un effet de halo ; gagner un avantage concurrentiel ; préempter ou réagir aux incitations et aux financements publics ; s'inscrire dans un tournant stratégique. Les verbatim des acteurs du projet Issygrid révèlent des mécanismes similaires.

Forts de ces connaissances, nous rappelons les bases du concept de modèle d'affaires puis étudions les modèles qui font l'objet du projet NEXUS.

- **La notion de modèle d'affaires**

Comment les acteurs impliqués dans la construction des solutions énergétiques déployées dans le cadre des éco-quartiers du projet NEXUS se sont-ils organisés afin de créer et délivrer la valeur (ou les valeurs) attendue ? La structure de modèle d'affaires permet une vision systémique de ces activités. Pour rappel, les quatre composantes du modèle d'affaires, ou business model, sont données ci-dessous (se reporter au chapitre 1 pour la présentation détaillée):

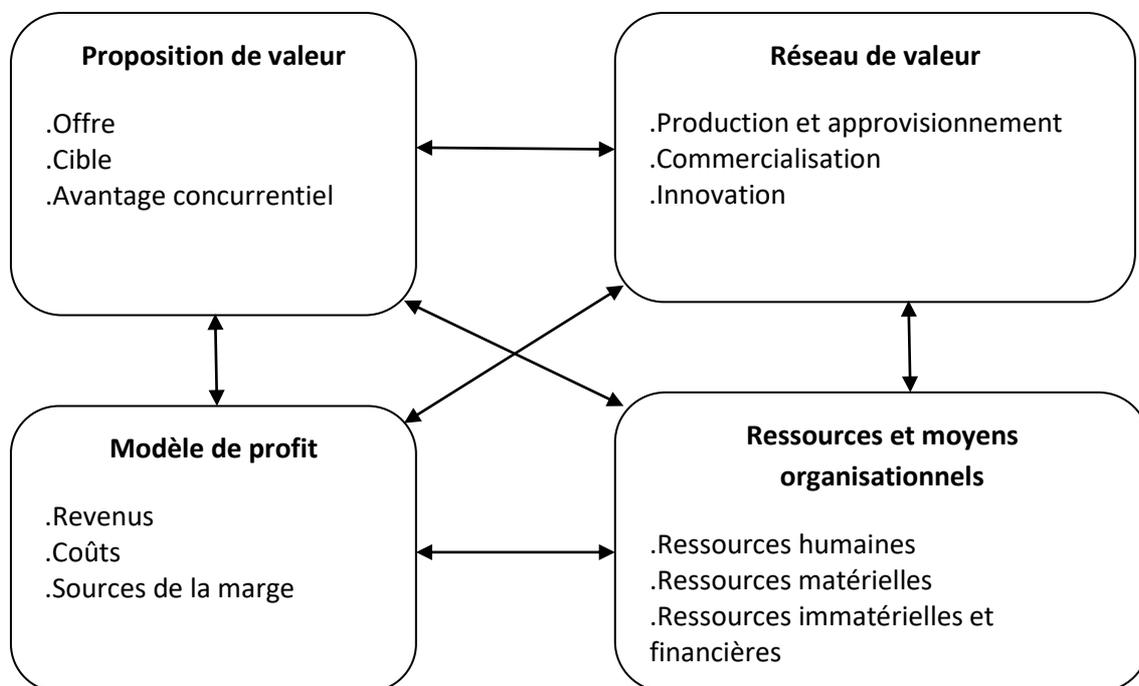


Figure 29: Les quatre composantes du modèles d'affaires

- **Les modalités de co-crédation et de partage de la valeur**

La modification d'une composante du modèle d'affaires a un impact sur les autres composantes. A titre d'exemple, le choix d'une source d'énergie différente entraîne a minima une modification des ressources matérielles déployées et un changement dans le réseau de valeur, du fait de la nouvelle source d'approvisionnement – ce qui influence la variable coût, donc le modèle de profit. De ce fait, la valeur perçue de l'offre varie, ainsi que la proposition de valeur. Du fait de la forte interrelation entre les modèles d'affaires des acteurs d'un même réseau de valeur, un changement même mineur dans le modèle d'affaires d'un partenaire est susceptible d'avoir des répercussions non négligeables sur ceux des autres membres du réseau de valeur. Dans le cadre de projets tels que ceux étudiés ici, les acteurs peuvent avoir intérêt à faire évoluer les modèles d'affaires en concertation les uns avec les autres, ce qui apparaît clairement dans le jeu des acteurs du projet Issygrid, au moment des phases amont de prospective. Les acteurs ont la volonté de changer les règles du jeu, de créer la « *brique technologique de la smart city* », de devenir des acteurs promoteurs d'un standard sur le marché. John Bessant, fondateur du Discontinuous Innovation Lab, résume les voies de modification de la situation établie selon deux axes décrits dans le schéma ci-après.

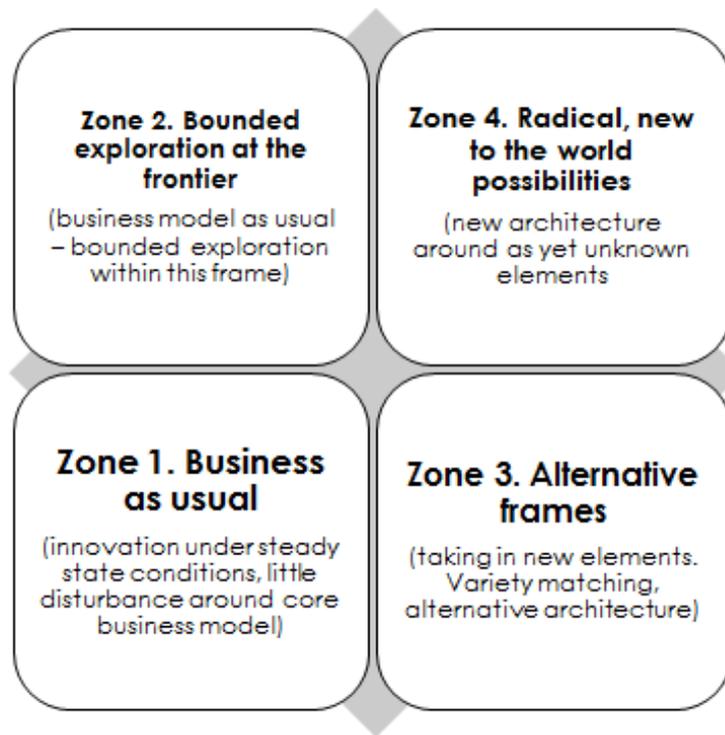


Figure 30: inspiré du « Out of the Box », de John Bessant

De ce fait, les changements dans la façon de créer et de capturer la valeur peuvent se faire dans deux directions:

- Selon l'axe vertical, on pousse les limites (les performances / les frontières) du modèle d'affaires actuel à la fois au niveau de l'offre (attributs de l'offre, relation client, image) mais aussi au niveau de la capture de valeur (maximisation des revenus, réduction des coûts, des risques). Par exemple, une amélioration des performances nécessitera une montée en compétences, donc de la formation, le recrutement de personnes avec des compétences complémentaires ou des alliances avec de nouveaux partenaires ;

Selon l'axe horizontal, on fait entrer de nouveaux éléments dans les modèles d'affaires établis (nouveau critère d'adoption par le client, nouveau partenaire...) en vue de modifier significativement le business model établi pour le remplacer, en vue de le compléter, en vue d'élargir le portefeuille de business models.

- **La dynamique des modèles d'affaires**

L'observation systématique de ces changements, leur nature et leur ampleur, en utilisant la grille du modèle d'affaires de sorte à ne pas omettre de nouveaux paramètres nous permet de dégager des types de trajectoires d'évolution des modèles d'affaires, au niveau des projets d'éco-quartiers mais aussi de chacun des principaux acteurs de ces projets. Ceci nous permet de mieux comprendre les comportements des acteurs en place, ceux qui dans les faits, « imposent » leurs modèles d'affaires créant ainsi les fondements d'un nouveau design dominant de modèles d'affaires.

6.2.2 Dynamique des modèles d'affaires : le cas de NEXUS

Les résultats de l'analyse systématique des composantes des modèles d'affaires pour la Caserne de Bonne sont donnés en annexe VI. Suite à cette analyse qui détecte, pour chaque acteur, les modifications apportées aux modalités de création et de capture de valeur usuelles, nous pouvons regrouper les modèles d'affaires selon quatre approches: *Business as usual*, Adaptation, Opportunisme et Transformation.

- **Catégorie « Business as usual »**

Cette approche concerne les solutions mises en œuvre par les acteurs de NEXUS, qui demeurent conformes à leurs modèles d'affaires habituels. On parle de modèle d'affaires du type classique ou business as usual.

La proposition de valeur que ces acteurs délivrent dans le cadre de leur implication dans le projet d'éco-quartier demeure de même type que celles qu'ils développent pour leurs activités en général. Une plus forte efficacité énergétique ne constitue pas le cœur de la valeur qu'ils créent en participant au projet de leur point de vue. Par

exemple, un promoteur du projet Caserne de Bonne explique que les particuliers acquéreurs de biens immobiliers sur ce site ont privilégié la proximité avec le centre-ville (« *Le foncier avait de la valeur* »), et non la performance énergétique, comme critère d'achat. Le segment de consommateurs ciblé est conforme à ce que l'on peut attendre pour ce type de bien immobilier qu'il s'agisse d'un éco-quartier ou non. De plus, un bailleur reconnaît que les objectifs de performance énergétique sont parfois vécus comme générateurs de contraintes pour les usagers. Pour le consommateur, ce modèle d'affaires ne donne pas lieu à une variation de la valeur perçue par rapport à d'autres modèles. Finalement, la solution déployée est classée comme une solution classique dans le portefeuille d'offres des prestataires, qu'il s'agisse d'un promoteur, d'un bailleur ou d'un organisme de formation aux dires de ces acteurs. Un acteur soulève d'ailleurs la limite de ce type de modèle d'affaires afin d'atteindre la performance énergétique souhaitée, arguant la nécessité de mettre en place des « *business models plus incitatifs* ».

En ce qui concerne les moyens et ressources mis en œuvre dans le modèle d'affaires, les acteurs existants disent avoir essentiellement puisé dans leurs compétences préexistantes ou acquis des compétences par « tâtonnement », et développé une expertise qui sera transférable à d'autres projets. De la même façon ces projets d'éco-quartiers n'ont pas nécessité de mobiliser de nouvelles ressources matérielles pour ces acteurs, à l'exception de certains matériaux nécessaires à la mise en place des solutions énergétiques (isolation par l'extérieur, ventilation double-flux, capteurs solaires, etc.). L'acquisition de ces matériaux est toutefois décrite comme suivant un processus classique, à l'instar de projets n'ayant pas la performance énergétique comme objectif prioritaire.

Sans remise en cause du portefeuille de partenaires habituellement sollicités, le choix des partenaires s'est souvent fait sur leur intérêt pour ce type de projet, ce qui est une pratique courante (« *L'isolation par l'extérieur a favorisé les entreprises qui se sont spécialisées par rapport à d'autres plus généralistes en Rhône-Alpes.* »). La chaîne de valeur mise en place par les promoteurs immobiliers dans le cadre des projets analysés par NEXUS ne diffère pas de celles qu'ils mettent en place d'ordinaire.

De même le modèle de revenu demeure inchangé, avec une répartition de la valeur entre acteurs de la chaîne, un niveau de coût et une génération de revenus proches des pratiques préexistantes. Un acteur met le doigt sur le fait que les réductions de dépenses énergétiques engendrées seront compensées par la hausse des coûts de la maintenance des solutions énergétiques adoptées.

Notons que l'objectif accru d'efficacité énergétique est considéré ici comme une innovation incrémentale, et qu'à l'horizon 2040, les modèles d'affaires décrits dans ce document devraient s'inscrire dans la continuité de ceux existants.

- **Catégorie « Adaptation »**

Dans l'approche Adaptation, les modèles d'affaires développés dans le cadre de ces éco-quartiers ne sont que marginalement différents de ceux adoptés par les acteurs pour d'autres projets. Les acteurs qui adoptent ces modèles d'affaires ont su anticiper la création de valeur associée aux solutions déployées, mais ils n'ont pas fondamentalement remis en cause leurs partenaires, la structure de leur réseau de valeur et leur portefeuille de ressources. Ils ont davantage adapté l'existant que chercher à innover radicalement afin de capturer de la valeur.

Les acteurs de cette catégorie font part des avantages en termes d'économies réalisées par les usagers mais vont au-delà. A titre d'exemple, pour l'un des bailleurs du site de la Caserne de Bonne, il s'agit du « *premier bâtiment basse consommation social* ». Il s'agit d'enrichir la proposition de valeur en combinant deux caractéristiques de l'offre qui ne le sont généralement pas mais qui, sous certaines pressions institutionnelles, pourraient être systématisées peu à peu. D'autres acteurs font part de la création de valeur liée à la réputation engendrée par un projet tel que la Caserne de Bonne. Une valeur complémentaire et intangible s'ajoute à la valeur économique usuelle et principale, c'est l'image. Ainsi, il semble que la création de valeur dépasse ici largement la valeur économique (rentabilité financière de la solution) et puisse contenir une dimension sociale (création de logements ou mixité sociale), de réputation (hausse de la notoriété, reconnaissance de l'expertise), d'intérêt électoral (qui suscite l'adhésion des citoyens), environnementale (répondant aux enjeux planétaires de limitation du changement climatique) etc. D'autre part le modèle de profit est aussi affecté par la présence de subventions européennes qui viennent réduire les investissements et les coûts de développement. La valeur devient donc multidimensionnelle et le modèle d'affaires est adapté à plusieurs niveaux : proposition de valeur, motivation des consommateurs, implication de la communication pour exploiter l'image, RSE par exemple

Malgré un cas de recours à un bureau d'études, les réseaux de valeur demeurent relativement inchangés dans cette catégorie. Ces modèles s'accompagnent plutôt d'une montée en compétence sur la mise en place de solutions énergétiques des partenaires du réseau de valeur.

Les acteurs font part de changement en termes de techniques (« *le passif accepte le double flux. Obligatoirement. Enfin on est obligé de passer par là* ») et parfois de pratiques (quelques changements dans l'organisation interne sont cités « on a mis au point une méthode de travail un peu différentes de ce que l'on faisait d'habitude ») mais les variations en termes de ressources restent marginales.

En comparaison avec l'approche Business as usual, les acteurs qui mettent en place des business models du type Adaptation, donnent davantage de poids à la création de valeur associée à l'objectif accru de performance économique. Ils semblent contraints de s'adapter à l'évolution de leur environnement plus que les acteurs de la catégorie précédente qui eux ne perçoivent pas de changement. A l'horizon 2040, on peut s'interroger sur la viabilité de tels modèles et supputer que les changements devront être plus radicaux afin de tenir les objectifs. On peut aussi s'interroger sur la durabilité de cette approche face à des changements qui pourraient devenir radicaux. Les acteurs de cette catégorie seront probablement amenés à faire évoluer leur business model si le modèle d'affaires dominant devient très différent.

- **Catégorie « Opportunisme »**

Ces modèles d'affaires ont été construits afin de capter l'opportunité que représente la demande croissante pour l'efficacité énergétique et notamment en anticipant les futures réglementations sans toutefois bouleverser le modèle d'affaires préexistant. A cette fin, les acteurs ont fortement investi dans l'acquisition de nouvelles compétences, ont su bousculer leur réseau de partenaires et remettre en cause le réseau de création de la valeur qu'ils génèrent.

Le changement dans la proposition de valeur est radical ici, à titre d'illustration on peut citer le verbatim « *Vous faisiez du bâtiment, vous ne faisiez pas de l'énergie* ». Pour ces acteurs, la performance énergétique est la composante principale de la valeur créée. Ils évoquent la nécessité d'« *anticiper le durcissement de la réglementation à venir quant à la performance énergétique* », d'anticiper l'avènement de « *l'énergie positive* ». Ceci va jusqu'à imaginer qu'un service nouveau puisse consister à aider le client à réduire drastiquement sa consommation d'énergie dans un but de performance énergétique, ce qui va à l'encontre d'un métier de fournisseur d'énergie.

Ainsi, les acteurs de la catégorie « opportuniste » peuvent réorganiser le travail, « *c'est un travail collaboratif...* », « *... première tentative de mutualisation* ». Ils vont chercher des compétences à l'extérieur, à l'instar d'un cabinet d'architectes de la Caserne de Bonne qui a remis en cause ses pratiques et bouleversé son réseau de valeur, en recrutant et en donnant une place centrale dans le projet à un bureau d'études en simulation thermodynamique. Contrairement aux pratiques en place qui étaient davantage du type essai-erreur, l'utilisation d'un logiciel de simulation a permis de prendre plus en amont des décisions en termes de plan, de matériaux et ce avec une moindre consultation des acteurs traditionnels. Pour ces acteurs, cette nouvelle répartition de la création de valeur est définitive.

L'opportunisme mis en exergue ici est aussi possible du fait de la présence de fonds européens dont l'impact sur le modèle de revenu est clairement incitatif pour certains acteurs, la Ville de Grenoble par exemple.

En comparaison avec les approches Business as usual et Adaptation, les modèles d'affaires du type Opportunisme mettent l'efficacité énergétique au cœur de leur proposition de valeur. Du fait des objectifs accrus à l'horizon 2040, ces modèles d'affaires devraient avoir tendance à se développer dans les deux décennies qui viennent.

- **Catégorie « Transformation »**

Cette catégorie contient les modèles d'affaires les plus innovants dans le cadre des projets étudiés. Toutes les composantes du modèle d'affaires changent par rapport aux modèles d'affaires dominants dans la profession. Les liens seront aussi peaufinés.

Certains entreprises, par exemple GEG ou Actis, font évoluer leur modèle d'une offre produit vers une offre davantage de type service, ce qui fait sens compte tenu de l'évidente montée en puissance des problématiques de maintenance dans les solutions d'efficacité énergétique, mais aussi des forces extérieures qui les y amènent : PNAQ, certificats d'économies d'énergie, etc. Les clients ne sont plus acheteurs ou loueurs d'un bâtiment ou

d'un bien immobilier, mais d'un bien délivré avec un contrat de maintenance et un contrat d'optimisation de la consommation des ressources énergétiques.

D'autres acteurs vont plus loin. Bouygues Immobilier dans le cadre d'Issygrid adopte une stratégie proactive en mettant en place une plateforme commune de réflexion avec des partenaires aux expertises et marchés complémentaires, dont certains sont déjà connus et d'autres nouveaux, grands et petits : Groupe Bouygues (Bouygues Energie et Service, Bouygues Telecom), Alstom, EDF, ERDF, Schneider Electric, Total, Steria, Microsoft, et des start-ups locales. L'idée est de construire ensemble les nouveaux modèles d'affaires pour ces éco-quartiers et leurs solutions énergétiques, de prendre un rôle de prescripteur plutôt que de fournisseurs pour les collectivités. Les partenaires sollicités peuvent être des partenaires de longue date, mais aussi de nouveaux partenaires, pouvant explorer ou offrir de nouvelles pistes d'innovation. Les termes « *d'open innovation* » et « *logique de laboratoire* » sont cités ici. Il s'agit de définir la « *brique énergétique de la Smartcity* » qui repose sur une conduite énergétique des réseaux, avec un niveau d'optimisation multi-énergies, puis un niveau d'analyse, stockage, traitement big data, open data, etc.

La valeur créée par ces nouveaux modèles est radicalement différente : « *il y a juste des océans bleus comme on dit, de valeur à aller chercher, qui est une valeur plus complexe à aller chercher parce qu'elle est plus directement dans les domaines d'activités des uns et des autres, mais elle est à la frontière entre ces domaines d'activité.* » Les acteurs qui mettent en place ces nouveaux modèles n'hésitent pas à chercher l'inspiration ailleurs, au-delà des projets européens connus, des projets au Japon ou du type Masdar City aux E.A.U. sont cités.

Il devient nécessaire de faire évoluer les compétences au service de la création de valeur liée à l'efficacité énergétique, en formant les équipes en place ou en recrutant des expertises extérieures, une ingénieure thermicienne chez un bailleur social de la Caserne de Bonne par exemple. Un acteur évoque le « *changement d'une compétence clé pour le succès de ce type de solutions* ». Dans le cadre des modèles d'affaires les plus innovants, les compétences à développer mises en avant par les acteurs interrogés relève davantage de la capacité à faire fonctionner ensemble les solutions énergétiques que de la compétence technique, cf. « *les technologies on les a déjà, il n'y a pas de sujet technologique, les sujets c'est plutôt "comment on s'organise entre nous"* » (Issygrid). Contrairement à d'autres démarches qui visent à développer les smartgrids, les acteurs du projet Issygrid disent avoir privilégié le territoire plutôt que les technologies comme point de départ de leur réflexion, ce qui va dans le sens du développement des compétences managériales.

L'organisation interne de ces entreprises évolue induisant un changement dans les modes d'organisation du travail (nouvelles procédures, davantage de transversalité) afin de mieux suivre l'atteinte des objectifs. Un bailleur social met en place des procédures afin de faciliter le travail en réseau des acteurs de l'énergie et fait évoluer la répartition des responsabilités en changeant les clauses des conditions de garantie.

Le portefeuille de ressources subit des modifications, soit en réallouant les ressources mobilisées, soit en ajoutant de nouvelles ressources (« *Besoin d'aller chercher des nouvelles ressources humaines ayant une bonne compréhension de la nécessité de travailler sur l'objectif de performance énergétique* »), à l'instar d'un logiciel de simulation thermique qui permet de mieux anticiper la performance.

Le réseau des partenaires est bousculé, On observe de nouveaux regroupements d'acteurs, de nouvelles conventions du fait du souci accru quant à la performance énergétique. Le bailleur social propose de collectiviser certains locaux afin d'améliorer la performance énergétique. Les solutions en développement devraient être davantage collaboratives, « *Dans le cadre d'Issygrid, on est au croisement entre la ville, l'énergie et le numérique, et donc il n'y a pas d'acteurs qui, tout seuls, sont capables d'aller chercher cette valeur.* »

Un acteur évoque aussi l'importance de travailler en accord avec le milieu local. Ces modèles d'affaires ne sont transférables que s'ils sont bien admis par la société qui les accueille, « *Pour pouvoir développer le business, il faut vraiment être accepté dans la société, si jamais on est "exclus" de la société et qu'on profite juste d'un monopole de faits ou de droits, c'est pas durable* ».

Le modèle de revenu est fortement impacté, avec des propositions pour les usagers comme « *un prix du kilowatt/heure fixe sur toute l'année et... un mécanisme de sur souscription en permanence et la possibilité de maîtriser toujours le delta de sur souscription* » ou au contraire avec des offres tarifaires très complexes. Ceci grâce à « *des mécanismes d'écrtage...pour essayer de tendre à la puissance souscrite, donc par exemple pour faire de la dé-souscription permanente c'est à dire moins souscrire à l'année et parier sur le stockage d'énergie* ».

La typologie qui a émergé de l'analyse des données rejoint la proposition théorique de John Bessant (Figure 30). Les diverses modifications ayant trait aux modèles d'affaires sont effectivement représentées dans les cas étudiés dans NEXUS, ce qui signifie que les acteurs ont soit cherché à repousser les limites de leurs modèles d'affaires du point de vue de l'offre et du modèle de revenu, soit privilégié l'entrée de nouveaux éléments dans leurs modèles. La catégorie Transformation apporte des éléments clés pour l'élaboration des scénarii à l'horizon 2040. Dans les autres cas on observe davantage d'inertie chez les acteurs, des limites au changement et des freins à l'innovation.

6.2.3 Discussion : vers des designs dominants de modèles d'affaires

On observe que les acteurs de l'énergie se comportent différemment pour capturer la valeur liée à la demande de performance énergétique accrue. Certains adaptent marginalement leur modèle d'affaires alors que d'autres les reconsidèrent dans leur intégralité. Les moins innovants – qui mettent en place des modèles de types *Business as usual* et Adaptation remettent peu en cause que certaines composantes de leur business model, et cela tant que leur modèle de revenu demeure rentable. Les plus innovants qui sont dans la Transformation introduisent des technologies qui marquent la rupture, à l'instar des logiciels de simulation énergétique. Ils sont dans une stratégie proactive.

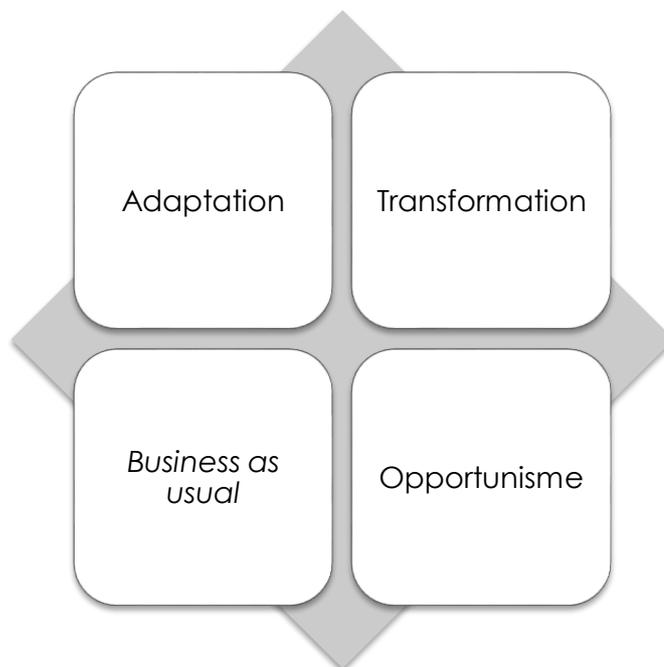


Figure 31: Typologie d'évolution des modèles d'affaires de NEXUS

On s'approche ici de la notion d'innovation transformationnelle introduite par Nagji & Tuff (2012). Cette approche s'inspire de la gestion de portefeuille d'innovation dans des situations où les ruptures s'inscrivent dans les stratégies d'innovation en même temps que les approches incrémentales.

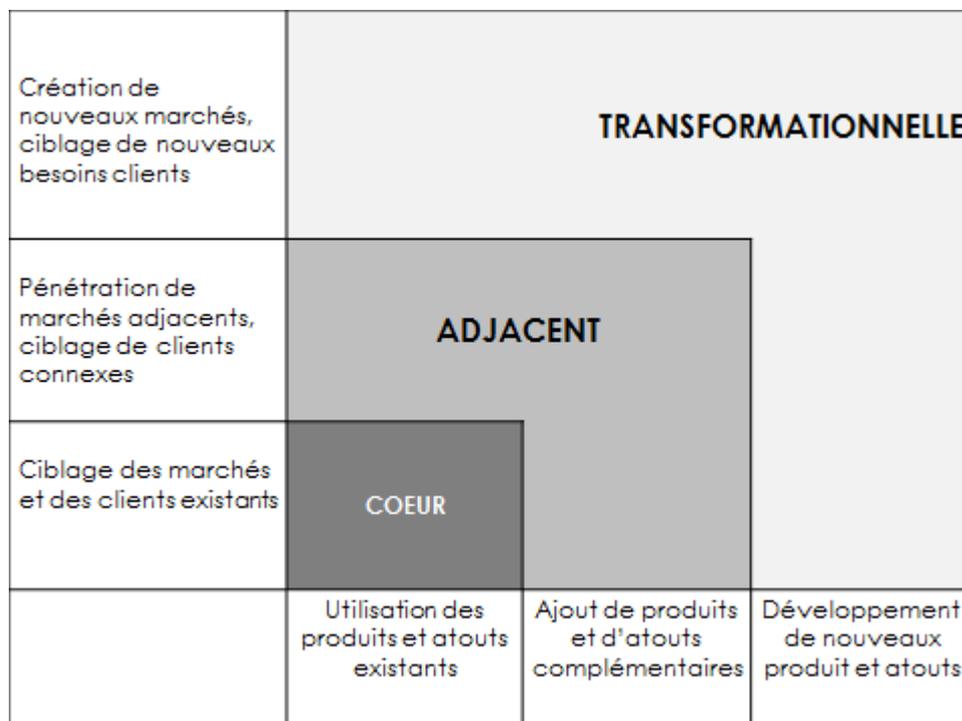


Figure 32: Portefeuille dynamique de modèles d'affaires (inspiré de Nagji & Tuff, 2012)

Les premiers travaux empiriques montrent que les modèles d'affaires du type transformationnel représentent, au sein d'entreprises reconnues comme innovantes, 30% de leur budget innovation et contribuent à hauteur de 70% de la valeur ajoutée de l'innovation, tous types confondus (Nagji & Tuff, 2012). Les résultats de NEXUS ne permettent pas un tel chiffrage, toutefois la démarche adoptée par les acteurs d'Issygrid tend vers un fort rendement des investissements en innovation.

Dans ce cadre, les modèles du type *Business as usual* et *Adaptation* peuvent être rapprochés des innovations qualifiées de *core* par Nagji & Tuff, parce qu'ils s'appuient sur les marchés existants et délivrent des produits améliorés incrémentalement. Les modèles Opportunisme sont comparables aux innovations du type Adjacent, en proposant de nouvelles offres incrémentales vers des marchés étendus ou modifiés sous la pression de changement externe comme de nouvelles réglementations.

La compréhension plus fine des trajectoires d'acteurs qui se fédèrent autour de grands projets communs, en préemptant des financements publics incitatifs, nous permet maintenant de formuler des hypothèses quant à une typologie de comportements collectifs : évolutifs dans une logique dominante du modèle d'affaires du leader, *adjacents* en apportant des critères et ou une performance différents, transformationnels en modifiant sensiblement les critères dominants de création et de capture de valeur. Nous pourrions tester ces hypothèses de manière quantitative dans une future recherche.

La transition énergétique devrait s'appuyer sur une transition des modèles d'affaires des acteurs impliqués dans la construction de solutions énergétiques pour les éco-quartiers. La construction collective de ces modèles d'affaires est une clé d'autant plus intéressante qu'elle devrait permettre une sélection des acteurs les plus pertinents. En effet comme le souligne un des entretiens : « *C'est difficile de se grouper. Ca nécessite des modes de gouvernance un peu nouveaux, où il faut systématiquement chasser en meute, et je pense qu'aujourd'hui, c'est des vrais relais de croissance importants. Dans des périodes un peu plus difficile, c'est normal que la valeur soit un peu plus difficile à aller chercher, mais ce qui est intéressant c'est que du coup ça fait une barrière à l'entrée beaucoup plus importante pour des acteurs un peu plus low cost je dirais par exemple, et donc motiver à aller chercher par les temps qui courent* ».

L'analyse de ces dynamiques de business models laisse entrevoir l'émergence de « design dominant » d'éco-quartiers en termes de business models :

- Design dominant « *de la construction* », celui de la continuité : on cible toujours des clients existants sur des marchés établis avec une offre qui n'utilise que des produits et des atouts existants et disponibles en tenant compte de la logique de standards de construction et d'habitation évolutifs ;

- Design dominant « du territoire et de l'urbanisation », celui de l'image et de l'attractivité : c'est le projet unique à rayonnement national voire international ;
- Design dominant « *des défis technologiques* », celui de la technologie et de l'innovation : c'est le projet qui veut établir de nouvelles règles du jeu avec l'arrivée (si possible maîtrisée) de nouveaux entrants (cf. Issygrid) et imposer, à moyen terme, de nouveaux standards qui vont probablement sortir la plupart des acteurs établis.

6.3 Bibliographie

Jacobsson & Bergek, 2004. Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology, *Industrial and Corporate Change*.

Johnson & Suskewicz, 2009. How to jump – Start- the clean-tech economy, *Harvard Business Review*.

Nagji & Tuff, 2012. Managing your portfolio of innovation, *Harvard Business Review*.

Pinkse, Bohnsack & Kolk, 2013. The role of public and private protection in disruptive innovation: The automotive industry and the emergence of low-emission vehicles, *Journal of Product Innovation Management*, Forthcoming.

Porter, 1990. *The Competitive advantage of nations*, New York, NY: The Free Press.

7 Chapitre 7 – Combinaisons de technologies de stockage de l'énergie en lien avec la consommation et production dans le bâtiment et la ville

Patrice Schneuwly

7.1 Introduction

Ce chapitre porte sur les technologies de l'énergie utilisables dans les bâtiments ou les réseaux énergétiques urbains, développées actuellement en laboratoire à l'état de démonstrateurs ou de prototypes. Il décrit et caractérise (en terme Facteur 4 et de possibilité de gestion des intermittences) les technologies susceptibles d'être assemblées dans un nœud d'aujourd'hui à 2040. Pour ce faire, et pour prendre en compte le virage amorcé sur la mixité énergétique, incluant de fait les énergies renouvelables, l'approche met en valeur le stockage de l'énergie indissociable de la mixité et de la gestion intelligente de l'énergie et des réseaux.

Dans cette partie, nous dresserons des connaissances liées **aux technologies émergentes de l'énergie susceptibles d'être intégrées dans un système** :

- en fonction des usages thermiques et électriques,
- mobilisant les ressources variées, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un stockage,
- utilisant les différents types de stockage, quand ils sont nécessaires.

La réflexion sur les assemblages énergétique doit permettre de faire le lien entre les vellétés des différents acteurs à interagir entre eux, à quelle échelle et les contraintes techniques que ça implique au niveau stockage/intermittence. Ainsi comme le montre le débat sur la transition énergétique de la France, **à l'avenir, il y a nécessité de placer l'usager au centre d'une politique énergétique et de faire en sorte que le producteur s'adapte à une demande qui devra être rendue plus adaptable**. De ce fait ces connaissances, relatives aux technologies émergentes de l'énergie, apportent des éléments en termes :

- d'échelle, du bâtiment à la ville,
- d'acteurs, énergétique dont ceux liés au stockage,
- d'intermittence, apportant des notions de temporalité du stockage, et de maturité de celui-ci.

7.2 Le stockage stationnaire de l'énergie

Dans un premier temps, nous présentons des **éléments de compréhension liés au stockage stationnaire de l'énergie**. Pourquoi la **notion de stockage d'énergie** a été mise en avant ? Cette notion d'un **point de vue technique** est essentielle pour apporter de la **flexibilité et renforcer la fiabilité des systèmes énergétiques**. Ainsi, comme spécifié en introduction, deux types de stockage sont privilégiés : le stockage thermique (chaleur ou froid) et le stockage d'énergie électrique.

Le stockage d'énergie sous forme de chaleur ou de froid permet d'optimiser en limitant le dimensionnement d'installations et leurs coûts opérationnels, face à une grande variation temporelle (journalière ou saisonnière) de la demande. La chaleur peut être stockée directement via un matériau spécifique ou transformée, en énergie chimique par exemple.

Le tableau suivant donne les formes de stockage possibles :

Stockage par chaleur sensible	Utilisation d'un matériau (liquide, solide) qui emmagasine la chaleur apportée pour la restituer ultérieurement
Stockage thermochimique	Utilisation d'un réactif dont la réaction chimique réversible est endothermique et exothermique ⁸⁰
Stockage par chaleur latente	Utilisation d'un matériau dont l'apport de chaleur entraîne un changement de phase ⁸¹ et qui restitue cette chaleur en sens inverse

Tableau 1 : Stockage d'énergie sous forme thermique avant restitution sous forme de chaleur

⁸⁰ Une réaction chimique peut consommer de la chaleur dans un sens (endothermique) et en produire dans l'autre (exothermique)

⁸¹ La paraffine change de phase, c'est-à-dire passe de l'état solide à liquide, à 70°C environ. Elle est capable de restituer cette chaleur en repassant de l'état liquide à solide.

Le stockage d'électricité permet d'apporter une capacité de production décarbonée en soutien des énergies intermittentes (éolien, solaire) ou pour répondre à des aléas systémiques (secours, systèmes de haute disponibilité). À ce jour, le stockage direct de l'énergie électrique n'étant pas possible, l'électricité est convertie en énergie potentielle qui est stockée puis récupérée et retransformée pour être utilisable.

Il existe 6 formes de stockage d'énergie électrique, les 5 suivantes :

	Transformation Amont	Stockage d'énergie	Transformation Aval	
Electrochimie – Accumulateurs	Réaction électrochimique	Potentiel électrochimique	Réaction électrochimique inverse	Stockage électrochimique / chimique
Hydrogène	Electrolyse de l'eau	Hydrogène	Pile à combustible	
Inertie – Volant d'inertie	Moteur entraînant un disque	Energie cinétique de rotation	Alternateur récupérant l'énergie cinétique	Stockage mécanique
Gravitaire – STEP⁸²	Pompage	Energie potentielle gravitaire	Turbinage	
Air comprimé – CAES⁸³	Compresseur	Air comprimé	Turbinage	

Tableau 2 : Stockage d'électricité nécessitant plusieurs étapes de transformation

Il existe aussi un stockage sous la forme d'énergie magnétique grâce à l'utilisation de bobines supraconductrices, ou SMES⁸⁴. Elle est ensuite directement restituée sous forme électrique.

D'un point de vue économique, le stockage de l'énergie permet :

- la récupération de la production d'énergie excédentaire par rapport à la demande du moment,
- la fourniture d'énergie pour compenser l'insuffisance due au caractère intermittent de l'offre,
- la fourniture d'énergie pour alimenter un pic de demande occasionnel,
- la fourniture d'énergie en cas de défaillance système ou réseau.

7.2.1 L'usage du stockage et l'assemblage possible avec les EnR

De manière à apporter des éléments de réflexion sur la scénarisation de l'assemblage des nœuds sociaux énergétiques à 2040, un tableau de synthèse (cf. ci-dessous) a été établi sur les différentes technologies de stockage, avec les variables suivantes :

- l'échelle,
- les acteurs,
- les objectifs pour l'énergie d'usage,
- l'intermittence,
- l'assemblage avec la production énergétique, et le couplage possible avec des EnR,
- l'usage du stockage.

⁸² Station de Transfert d'Energie par Pompage

⁸³ Compressed Air Electricity Storage

⁸⁴ Superconducting Magnetic Energy Storages

Technologies de stockage	Echelle	Acteurs	Objectif pour l'énergie d'usage		Temporalité du stockage	Assemblage avec production énergétique et couplage EnR possible	Usage du stockage
			Electricité	Chaleur			
Le volant d'inertie	Région, Ville, Quartier	Producteur Distributeur	Qualité de l'électricité		De l'ordre de la minute à la 1/2h	Tout type de production électrique primaire : centrales, barrage,	Réglage du primaire en particulier la fréquence
La batterie à circulation ou « Redox-Flow », à « réservoir » variable	Ville, Quartier	Producteur Distributeur Usager	Equilibre production /consommation, maintien approvisionnement, et indépendance tarif électricité		Plusieurs heures	Couplage possible avec une production EnR d'électricité par système photovoltaïque (voir fiche Centrales Photovoltaïques) ou éolien	Appliquée dans la distribution de l'énergie électrique : lissage réseau, alimentation de secours, site isolé
La batterie plomb, Lithium-ion, ..., à réservoir fixe	Quartier, Ilot, Bâtiment, Log ^t	Producteur Distributeur Usager	Dito ci-dessus		Dito ci-dessus	Dito ci-dessus	Dito ci-dessus, avec des restrictions suivant les technologies de batteries
Le stockage massif d'électricité sous forme thermique	Région, Quartier, Ilot ?, Bâtiment ?	Producteur Distributeur	Report énergie heures creuses vers heures pleines, et participation aux services systèmes		Journalier, Hebdomadaire ?	Tout type de production électrique primaire : centrales, barrage,	Appliquée dans la distribution de l'énergie électrique pour le lissage réseau
STEP – Station de transfert d'énergie par pompage (échelle réduite)	Bâtiment	Producteur	DC produit par PV et éolien (consommé directement par des LEDs) et par batteries		Journalier	Couplage avec une production EnR d'électricité par système photovoltaïque et éolien qui charge des batteries	Assure l'équilibre production /consommation, le maintien de l'approvisionnement, et est indépendant du tarif de l'électricité
CAES – Stockage par air comprimé	Région, Ville	Producteur Distributeur	Report énergie heures creuses vers heures pleines, et participation aux services systèmes		Journalier	Tout type de production électrique primaire : centrales, barrage,	Appliquée dans la distribution de l'énergie électrique pour le lissage réseau
Stockage sous forme d'hydrogène	Ville, Quartier	Producteur Distributeur	Equilibre production /consommation, maintien approvisionnement, et indépendance tarif électricité		Journalier Hebdomadaire Mensuel	Couplage possible avec une production EnR d'électricité par système photovoltaïque (voir fiche Centrales Photovoltaïques) ou éolien	Appliquée dans la distribution de l'énergie électrique pour le lissage réseau
Stockage thermique par chaleur sensible	Quartier, Ilot, Bâtiment, Log ^t	Distributeur Usager	Le stockage thermique peut participer à une production d'électricité (suivant sa température)	Apport de chaleur à un système de production de chauffage et ECS	Journalier Inter-saisonnier pour des grosses capacités	Couplage possible avec une production EnR d'électricité thermodynamique par système solaire thermique à concentration (haute température avec réflecteurs, trackers, et récepteur)	Stockage court-terme (journalier) pour prendre en compte l'intermittence de la ressource solaire et le déphasage jour/nuit, ou été/hiver pour les grosses capacités
Le stockage thermique par changement de phase	Ilot, Bâtiment Log ^t	Distributeur Usager	Dito ci-dessus	Dito ci-dessus	Journalier	Dito ci-dessus	Dito ci-dessus
Le stockage thermochimique	Quartier, Ilot, Bâtiment Log ^t	Distributeur Usager		Apport de chaleur à un système de production de chauffage et ECS	Inter-saisonnier	Couplage possible avec une production EnR de chaleur par système solaire thermique (basse température avec capteurs, échangeurs, ballon de stockage)	Stockage inter-saisonnier du « surplus » d'énergie solaire thermique

Légende : Technologie analysée Vecteur énergétique électrique Vecteur énergétique chaleur Vecteur énergétique mixte

7.2.2 L'échelle des variables au niveau de l'écoquartier

Notre étude se base sur la gestion de l'énergie de l'échelle du bâtiment, s'il permet de stocker de l'énergie, jusqu'à l'échelle de la ville, qui semble être le niveau requis pour une gestion intelligente de celle-ci, et qui est la limite du périmètre du projet NEXUS.

Une approche initiale a été menée sur la combinaison des moyens de production d'énergie (électrique, chaleur et mixte), et des moyens de stockage possibles de celle-ci à une échelle qui portait de la région au bâtiment. Les exemples donnés regroupaient production et stockage d'énergie. Ils ne mettaient pas en lumière les possibilités d'intégration dans des assemblages urbains. Nous avons donc privilégié les échelles suivantes rencontrées dans un écoquartier :

- logement,
- bâtiment,
- îlot,
- quartier,
- ville.

L'approche menée met en exergue à chaque échelle, et par vecteur (soit électrique, soit chaleur) les variables suivantes :

- la technologie de production d'énergie, suivant le vecteur, y compris les EnR,
- l'acteur (pour la gestion et la maintenance) porteur de la production (ou transformation : électrique en thermique) d'énergie,
- l'usage du stockage aujourd'hui ou celui qui serait fait demain (projection dans le futur),
- la temporalité de ce stockage,
- la forme du stockage,
- les acteurs du stockage aujourd'hui ou ceux de demain (projection dans le futur),
- le couplage avec les EnR,
- le niveau de maturité du stockage.

Les tableaux concernant les échelles du bâtiment, de l'îlot et du quartier sont fournis en fin de chapitre. L'ensemble des tableaux pour les autres échelles est fourni en annexe VII.

7.2.3 Les technologies énergétiques du futur

Les technologies énergétiques de production au niveau de l'écoquartier ont été abordées dans le livrable 1 du projet Nexus. Les niveaux de maturité de ces technologies ont été donnés avec des perspectives de développement à l'échelle industrielle entre 5 et 10 ans. Ce dernier livrable comportait également des technologies de stockage de l'énergie, tel que les accumulateurs électriques (plus communément appelés batteries), le stockage de chaleur de façon passive par le bâtiment (l'inertie) et de façon active (ballon d'eau chaude), et le stockage des produits combustibles (comme la biomasse ou les énergies fossiles). La liste des écoquartiers utilisant certaines de ces technologies, ont été cités dans le livrable 1.

Pour compléter les analyses de technologies énergétiques faites dans le livrable 1, une fiche sur le stockage de chaleur avec couplage d'EnR dans un écoquartier a été produite, ainsi qu'une fiche sur le solaire thermique collectif (cf. annexe VIII).

Ces éléments serviront de matériau utilisé lors de la scénarisation de l'assemblage des nœuds sociaux énergétiques à 2040 dans les prochaines étapes du projet Nexus.

Pour ce qui concerne les différentes technologies de stockage, aucune fiche d'analyse n'a été établie car, hormis les systèmes de transfert d'énergie par pompage (STEP en Anglais) et les ballons d'eau chaude, les autres technologies sont soit en cours d'industrialisation, et conservent une phase de recherche et développement en vue d'apporter les améliorations nécessaires, soit au stade de l'étude en laboratoire.

7.2.4 Conclusions sur les technologies de stockage énergétiques du futur

Le système énergétique électrique national a recours, depuis longtemps, au stockage stationnaire de l'énergie, notamment pour gérer des périodes de forte demande au cours de la journée (stockage d'eau chaude dans des

ballons avec production durant les heures creuses, STEP⁸⁵). Dans les années à venir, Le besoin de stockage massif d'énergie va être amplifié par le déploiement des énergies renouvelables, la gestion de leur intermittence (phases jour/nuit, aléas météorologiques, etc.) et pour prévenir les perturbations générées sur les réseaux de distribution par les nouveaux usages.

Aussi, le développement des véhicules électriques devrait également accroître les variations de demande et de disponibilité d'électricité au cours de la journée. Le concept du « vehicle-to-home », ou V2H, est en court de maturation: alimenter la voiture électrique avec les panneaux solaires de la maison, mais aussi la maison avec la batterie de la voiture électrique. Une expérimentation a été lancée au Canada entre Nissan et la compagnie de distribution d'électricité ontarienne Powerstream : une interface dialogue entre la batterie au lithium-ion des voitures et les bâtiments, partant du principe que 24 kWh des batteries de la voiture peuvent fournir « assez d'électricité pour toute une journée à un ménage canadien moyen » (source : Le Moniteur BTP).

Le foisonnement des technologies énoncées dans les tableaux placés dans en fin de chapitre ou en annexe du présent livrable, devrait à terme, permettre de couvrir la majeure partie des besoins identifiés d'un mix énergétique intégrant une part importante d'énergies renouvelables. Mais les coûts de la plupart de ces technologies constituent à ce jour un frein à leur développement à un stade industriel. Une part importante des recherches vise donc à réduire les coûts de ces technologies ou à rendre ces dernières plus « polyvalentes ». En effet, l'intérêt économique d'un système de stockage augmente si son utilisation répond à plusieurs besoins : par exemple intégration des ENR (lissage production intermittente) et soutien à la qualité du réseau (adaptation tension/fréquence). Les coûts d'investissement en stockage restent élevés aujourd'hui, même si ces coûts doivent diminuer dans les 20 ans à venir, grâce, notamment, au développement de nouveaux matériaux et procédés. Des modèles doivent permettre de valoriser le stockage face à la concurrence des moyens classiques de gestion des pointes, dont l'effacement et les cycles combinés à gaz, en prenant notamment en compte les investissements évités par la présence de moyens de stockage (moins de coupures, moins de perte sur les réseaux grâce à une consommation plus locale, etc.).

En France, il n'existe à ce stade pas d'incitation particulière au recours à un système de stockage. Au contraire, l'achat d'électricité en vue de son stockage est soumis au tarif d'accès au réseau (10-20 €/MWh), ce qui est assez dissuasif.

Pour se développer et être économiquement viable, le stockage d'énergie peut compter, en partie, sur la volatilité des prix de l'électricité : il s'agit de stocker l'électricité au cours des périodes de l'année où elle est la moins chère pour la redistribuer lors des pics de consommation. Le marché mondial du stockage en 2010 était compris entre 1,5 et 4,5 milliards de dollars, largement dominé par les STEP et de 400 à 600 millions de dollars pour les batteries, super-capacités et volants d'inertie.

Les projections pour 2020 sont comprises entre 16 et 35 milliards de dollars pour de nouvelles capacités installées (de 7 à 14 GW par an). L'Agence internationale de l'énergie prévoit le développement des capacités de stockage mondial qui passerait de 100 GW actuel à 200 GW en 2050 si le taux d'insertion de l'éolien était de 15%, voire 300 GW pour 30% d'éolien (60 GW pour 15% d'éolien et 100 GW pour 30% d'éolien en Europe). Le tableau suivant donne une synthèse rapide des fonctionnalités des technologies de stockage.

⁸⁵ Station ou système de transfert d'énergie par pompage

Répartition des technologies de stockage, par fonctionnalité					
	mécanique	électro-chimique	chimique (H2)	thermique	magnétique
APPUI AU RÉSEAU	Secours		Batteries		
	Qualité courant	Volant inertie	Batteries Super capas		SMES
	Lissage des pointes de demande	STEP CAES	Redox flow Bat. Zn		Chaleur sensible Chaleur latente
	Lissage production intermittente (éolien, PV)		Zebra Li ion Redox flow	H2	
	Stockage local Bâtiment, Quartier		Bat. Ph Li-ion Redox flow		Chauffe eau Thermo-chimique

Tableau 3 : Synthèse des fonctionnalités des technologies de stockage (source CEA)

Le contexte économique contraint ne favorise pas le développement rapide des systèmes de stockage massif de l'énergie. Ainsi, le prix d'achat des combustibles fossiles les rend encore attractifs pour répondre aux demandes d'énergie en période de pointe. S'il existe encore des verrous technologiques importants à lever pour rendre ces technologies plus faciles à industrialiser, les paramètres économiques nécessitent également d'être étudiés. La mise en place de systèmes de régulation, de réglementations incitatives et l'invention de nouveaux modèles de valorisation du stockage pourraient s'avérer également plus déterminants.

Un autre facteur peut prendre une part de plus en plus grande à la création de nouveaux modèles économiques, la gestion intelligente des réseaux d'énergie, électriques dans un 1^{er} temps, et peut-être de chaleur dans un 2nd temps. Cette approche permet de prendre en compte la totalité des acteurs intervenant dans cette gestion intelligente de l'énergie : le producteur, le distributeur, le fournisseur, l'exploitant et l'utilisateur. Une gestion plus dynamique des réseaux et de la demande est visée par le biais des smart grids. Les smart grids pourraient par exemple permettre à terme d'informer le client en temps réel du prix de l'électricité, de programmer l'arrêt/la mise en marche de certains appareils à certains moments, de gérer de façon plus optimale certains réseaux (comme en région PACA ou en Bretagne par exemple). La création de ces nouveaux marchés rapproche les énergéticiens des entreprises des technologies de l'information, avec en ligne de mire la création de services ajoutés à la livraison d'énergie.

D'une façon plus générale, il reste une grande incertitude en Europe sur la question de la "propriété" du stockage entre le producteur, le gestionnaire de réseau ou même le consommateur : une installation de stockage est-elle un moyen de production ou un équipement du réseau au même titre qu'un transformateur ? Ou encore un complément installé par le consommateur comme un générateur ? Cette incertitude constitue un frein important au développement du marché visé.

7.3 Briques de connaissances sur les technologies

A présent nous détaillons les briques de connaissances nécessaires aux différentes disciplines représentées dans le projet Nexus, de manière à fournir des bases de réflexion sur la scénarisation à mener pour l'assemblage des nœuds sociaux énergétiques à 2040.

Il s'agit de fournir des éléments techniques sur les technologies énergétiques, en particulier sur les technologies de stockage : quels schémas d'approvisionnement énergétique des Eco-Quartiers en 2030/2040 ?

7.3.1 Technologies énergétiques de production et stockage par vecteur et à l'échelle de îlot et du quartier (Réflexion sur les assemblages)

Différentes échelles pour les moyens de stockage ?⁸⁶

Pour le vecteur électrique, les moyens de stockage devront se situer proche des moyens de production d'énergie renouvelable, de manière à limiter les pertes de distribution et permettre l'autoconsommation. A l'échelle du quartier et de la ville, les stockages de plus grandes puissances seront destinés à l'équilibre production /consommation, au maintien de l'approvisionnement, à l'indépendance du tarif de l'électricité, au report énergie heures creuses vers heures pleines, et à la participation aux services systèmes

- **Différents acteurs porteurs de la technologie de production et moyens de stockage associés**

L'acteur porteur des moyens de production et de stockage associés dépend de la localisation de ces moyens. La notion de propriété de la technologie de production amène l'acteur porteur de celle-ci. Il se pose aujourd'hui la question de l'autoconsommation, qui devrait se régler demain dans les nouveaux modèles économiques du mixte énergétique. Pour les moyens de stockage, la question de la "propriété" entre le producteur, le gestionnaire de réseau ou même le consommateur est à régler pour déterminer qui sera porteur de ceux-ci.

- **L'échelle de l'îlot pour les moyens de stockage**

Pour le ballon d'eau chaude, le stockage doit être au plus près des points de fourniture, de manière à éviter les pertes de distribution, et également limiter la puissance des moyens de production ou d'échange (coût abonnement plus économique).

Le syndic de copropriétés ou le distributeur pour l'acteur porteur de la technologie de production (ou transformation) et moyens de stockage associés ? L'acteur porteur des moyens de production (ou transformation) et de stockage associés dépend de la localisation de ces moyens. Ainsi, si ceux-ci sont à l'intérieur d'un îlot privatif, ils seront gérés et maintenus par le syndic de copropriétés. Si la production de chaleur est urbaine, chaque sous-station et échangeur primaire dans chaque immeuble sera géré et maintenu par le distributeur avec éventuellement de gros moyens de stockage comme des réservoirs ou des fosses à l'intérieur de l'îlot. Par contre, comme pour l'échelle du bâtiment, les échangeurs secondaires destinés à l'ECS et les ballons d'eau chaude associés seront gérés par le syndic de copropriétés.

- **L'échelle du bâtiment pour les moyens de stockage**

Pour le ballon d'eau chaude, le stockage doit être au plus près des points de production ou de fourniture, de manière à éviter les pertes de distribution, et éventuellement limiter la puissance des moyens de production ou d'échange (chauffage urbain par exemple).

L'usager, le syndic de copropriétés ou le distributeur pour l'acteur porteur de la technologie de production (ou transformation) et moyens de stockage associés ? L'acteur porteur des moyens de production (ou transformation) et de stockage associés dépend de la localisation de ces moyens. Ainsi, si ceux-ci sont à l'intérieur des logements, ils seront gérés et maintenus par l'usager. S'ils sont collectifs et dans l'immeuble, ils seront gérés et maintenus par le syndic de copropriétés, avec la particularité du chauffage urbain qui gère la production de chaleur et l'échangeur primaire dans l'immeuble, mais pas l'échangeur secondaire de l'ECS.

⁸⁶ Les tableaux des technologies énergétiques à l'échelle du logement, du bâtiment et de la ville sont en annexe VII

Echelle de l'îlot – Vecteur thermique							
Technologie production (ou transformation)	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production (ou à la transformation)	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Réseau de chaleur fonctionnant avec des énergies fossiles, mais de plus en plus avec de la biomasse, du bois, de la géothermie et des énergies fatales, avec pour certains de la cogénération (Production d'électricité avec obligation d'achat en cogénération)	Distributeur (Fournisseur historique)	Stockage possible pour le chauffage pour diminuer la puissance et de fait l'abonnement Stockage tampon pour l'ECS	Journalier	Ballon d'eau chaude (chaleur sensible)	Syndic de copropriétés	Le ballon de stockage d'ECS peut-être couplé à une production de solaire thermique, si le réseau de chaleur fonctionne avec des énergies fossiles	Utilisé
		Participation à la production combinée de chauffage et d'ECS	Inter-saisonnier	Réservoir, fosse	Distributeur	Production de chaleur par du solaire thermique	En développ ^{nt}
Chaudière gaz avec réseau de distribution (s'apparente à un réseau de chaleur à échelle plus petite)	Syndic de copropriétés ou distributeur	Idem réseau de chaleur pour le journalier	Journalier	Idem réseau de chaleur	Syndic de copropriétés	Le ballon de stockage d'ECS peut-être couplé à une production de solaire thermique, avec appoint sur chaudière gaz ou électrique	Utilisé
Chaudière bois avec réseau de distribution (s'apparente à un réseau de chaleur à échelle plus petite)	Syndic de copropriétés ou distributeur	Idem réseau de chaleur pour le journalier	Journalier	Idem réseau de chaleur	Syndic de copropriétés	Le ballon de stockage d'ECS peut-être couplé à une production de solaire thermique, avec appoint sur chaudière bois ou électrique	Utilisé
PAC + Géothermie verticale (s'apparente à un réseau de chaleur à échelle plus petite)	Syndic de copropriétés ou distributeur	Idem réseau de chaleur pour le journalier	Journalier	Idem réseau de chaleur	Syndic de copropriétés	Le ballon de stockage d'ECS peut-être couplé à une production de solaire thermique, avec appoint sur PAC ou électrique	Utilisé

Echelle de l'îlot – Vecteur thermique (suite)							
Technologie production (ou transformation)	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production (ou à la transformation)	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Mini-cogénération (s'apparente à un réseau de chaleur avec une échelle plus petite) (Production d'électricité avec obligation d'achat)	Syndic de copropriétés ou distributeur (Fournisseur historique)	Idem réseau de chaleur pour le journalier	Journalier	Idem réseau de chaleur	Syndic de copropriétés	Le ballon de stockage d'ECS peut-être couplé à une production de solaire thermique, avec appoint sur micro-cogénération ou électrique	Utilisé

Echelle du bâtiment ou de l'îlot – Vecteur électrique							
Technologie production	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Système solaire photovoltaïque ou/et micro-éolienne	Syndic de copropriétés ou fournisseur	Aujourd'hui pas de stockage, obligation d'achat Demain pour l'autoconsommation des communs	Journalier	Système avec onduleur, batteries et gestion intelligente, Mini STEP : bassin d'eau sur toiture terrasse et en pied d'immeuble	Syndic copro. ou fournisseur	Par définition compte tenu de l'intermittence de la production	En développ ^{nt}
Micro-cogénération	Syndic copro. ou fournisseur	Idem système solaire PV	Idem système solaire PV	Idem système solaire PV	Syndic copro. ou fournisseur	Idem système solaire PV	Idem système solaire PV

Echelle du quartier – Vecteur thermique							
Technologie production (ou transformation)	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production (ou à la transformation)	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Réseau de chaleur avec une centrale de production fonctionnant avec des énergies fossiles, mais de plus en plus avec de la biomasse, du bois, de la géothermie et des énergies fatales, avec pour certains de la cogénération (Production d'électricité avec obligation d'achat en cogénération)	Distributeur (Fournisseur historique)	Stockage possible de grande capacité, pour utiliser l'intermittence du solaire thermique, lors d'un couplage de production avec cette énergie Stockage possible pour le chauffage pour diminuer la puissance et de fait l'abonnement Stockage tampon pour l'ECS	Inter-saisonnier Journalier	Réservoir, fosse, forage et puits dans aquifère Ballon d'eau chaude (chaleur sensible)	Distributeur Syndic de copropriétés	Production de chaleur par du solaire thermique Le ballon de stockage d'ECS peut-être couplé à une production de solaire thermique, si le réseau de chaleur fonctionne avec des énergies fossiles	En développ ^{nt} Utilisé

Echelle du bâtiment ou de l'îlot – Vecteur électrique							
Technologie production	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Système solaire photovoltaïque ou/et micro-éolienne	Syndic de copropriétés ou fournisseur	Aujourd'hui pas de stockage, obligation d'achat Demain pour l'autoconsommation des communs	Journalier	Système avec onduleur, batteries et gestion intelligente, Mini STEP : bassin d'eau sur toiture terrasse et en pied d'immeuble	Syndic copro. ou fournisseur	Par définition compte tenu de l'intermittence de la production	En développ ^{nt}
Micro-cogénération	Syndic copro. ou fournisseur	Idem système solaire PV	Idem système solaire PV	Idem système solaire PV	Syndic copro. ou fournisseur	Idem système solaire PV	Idem système solaire PV
Echelle du quartier – Vecteur électrique							
Technologie production	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Centrale solaire photovoltaïque sur bâtiments	Fournisseur	Aujourd'hui pas de stockage, obligation d'achat Demain pour équilibre production /consommation, maintien approvisionnement, indépendance tarif électricité, report énergie heures creuses vers heures pleines, et participation aux services systèmes	Plusieurs heures, Journalier, Hebdomadaire, Mensuel (suivant forme du stockage)	Volant d'inertie, et/ou différents types de batteries, et/ou stockage par air comprimé, et/ou stockage sous forme d'hydrogène	Fournisseur	Par définition compte tenu de l'intermittence de la production	Utilisé ou en développ ^{nt} suivant la forme du stockage
Eolienne	Fournisseur	Idem centrale solaire PV	Idem centrale solaire PV	Idem centrale solaire PV	Fournisseur	Idem centrale solaire PV	Idem centrale solaire PV
Cogénération	Fournisseur	Idem centrale solaire PV	Idem centrale solaire PV	Idem centrale solaire PV	Fournisseur	Idem centrale solaire PV	Idem centrale solaire PV

8 Chapitre 8 – Trois schémas de production de chaleur ? Réflexion sur les variables pour des scénarios prospectifs

Philippe Menanteau

8.1 Introduction

La ville devient un enjeu important dans la réflexion sur l'évolution des systèmes d'approvisionnement énergétique. La première raison est qu'une partie croissante et aujourd'hui très majoritaire de la population est urbaine et que les villes représentent donc une très forte proportion de la consommation d'énergie. La seconde est que les autorités locales sont considérées comme des acteurs essentiels pour la mise en œuvre des politiques de la transition énergétique. Que ce soit pour mettre en place les programmes de réhabilitation thermique des logements, organiser l'offre de déplacement en coordination avec le développement urbain, aider à valoriser les ressources énergétiques locales, la gouvernance locale est indispensable.

A ce titre, les projets de développement d'écoquartiers qui visent à créer des espaces urbains dans lesquels l'utilisation des ressources, énergétiques surtout, mais également des matières premières, est maîtrisée dans le but de limiter l'empreinte environnementale, constituent des expériences qui pourraient préfigurer les modes d'approvisionnement énergétique des futurs espaces urbains.

Dans une précédente analyse des schémas d'approvisionnement énergétique des écoquartiers en Europe (cf le premier rapport intermédiaire), nous avons identifié des configurations dans lesquelles des éléments tels que l'innovation, la standardisation, l'accent mis sur la maîtrise des consommations, le recours aux énergies locales ou renouvelables et le mode de production / distribution de l'énergie (électricité et/ou chaleur) introduisaient des différences structurantes entre les réalisations. Nous nous intéresserons ici en particulier à ce dernier critère de l'approvisionnement énergétique (centralisation versus décentralisation). L'objectif est, au travers d'une réflexion sur ce que pourraient être les futurs schémas d'approvisionnement énergétique de quartiers performants sur le plan des consommations énergétiques des bâtiments et exploitant largement les ressources énergétiques locales, de s'interroger sur ce que pourraient être les variables clés pour la construction des scénarios d'évolution des écoquartiers à l'horizon 2030.

Ce papier est donc structuré en trois temps. Dans une première partie, nous précisons le champ de notre analyse (le quartier ou l'ilôt considérés comme élément pertinent d'aménagement urbain entre le bâtiment et la ville dans son ensemble) et tentons de montrer en quoi le regroupement de plusieurs bâtiments présente, sur le plan énergétique, un intérêt particulier par rapport au bâtiment considéré isolément. Dans un deuxième temps nous proposons trois schémas d'approvisionnement énergétique de futurs écoquartiers en nous appuyant sur la typologie esquissée dans l'analyse comparative évoquée ci-dessus. La description de ces trois schémas d'approvisionnement énergétique nous permet dans une troisième partie d'identifier certaines variables clés pour la construction des scénarios de prospective.

8.2 Le contexte

Avant d'aborder la question de l'approvisionnement énergétique des futurs écoquartier, il est important de rappeler quelques éléments de contexte structurant l'évolution du système énergétique, en particulier urbain.

Au plan national et international (européen), l'objectif de réduction des émissions de GES par un facteur 4 à l'horizon 2050 a été réaffirmé. La réglementation thermique 2012 prévue à l'issue des débats du Grenelle de l'environnement s'applique aux bâtiments neufs résidentiel et tertiaire et impose des performances énergétiques élevées qui devront encore progresser en 2020 avec la généralisation des bâtiments à énergie positive. La future loi sur la transition énergétique en cours d'élaboration devrait sur ce point compléter les exigences imposées aux bâtiments neufs avec un programme ambitieux de réhabilitation thermique des logements et bâtiments tertiaires existants.

Au-delà de 2020, les bâtiments neufs devraient donc produire autant d'énergie qu'ils en consomment (pour les usages identifiés par la réglementation, chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation,

refroidissement et éclairage) et les bâtiments réhabilités réduire sensiblement leur consommation sur ces mêmes postes. Par ailleurs, les bâtiments neufs et réhabilités utiliseront de façon croissante des ressources locales renouvelables (solaire en particulier).

Dans ce contexte, nous nous intéressons ici à la question de l'approvisionnement énergétique d'un espace urbain spécifique, le quartier ou l'îlot. Nous utiliserons dans la suite du texte le terme de quartier classiquement utilisé dans la littérature qui englobe aussi la notion d'îlot désignant un groupe de bâtiments isolé des bâtiments voisins par la voirie. La question de l'approvisionnement énergétique d'un bâtiment est donc considérée ici en relation avec les bâtiments qui l'entourent en intégrant les effets d'agglomération décrits ci-après. L'échelle du quartier apparaît ainsi comme l'échelle appropriée de la rénovation progressive des espaces urbains, avec une dimension de système que ne présentent pas les bâtiments pris isolément mais sans la complexité et l'inertie que représente la ville considérée dans son ensemble⁸⁷.

Les écoquartiers constituent des expérimentations plus ou moins innovantes qui permettent de tester différentes configurations dont les plus pertinentes pourraient préfigurer la ville de demain. Dans cette réflexion sur les schémas d'approvisionnement des écoquartiers, nous considérons qu'ils ne sont pas constitués uniquement de bâtiments autonomes sur le plan énergétique mais qu'ils nécessitent un approvisionnement énergétique extérieur (extérieur au bâtiment ou extérieur à l'écoquartier). L'écoquartier peut présenter une certaine autonomie énergétique (production locale associée à des dispositifs de stockage approprié) mais les bâtiments sont considérés interagissant les uns avec les autres. Ainsi et c'est une hypothèse forte, le futur écoquartier n'est pas constitué d'un ensemble de bâtiments disposant de leur propre approvisionnement énergétique et isolés les uns des autres.

8.3 Pourquoi poser la question de l'approvisionnement énergétique à l'échelle du quartier ? Les effets d'agglomération

L'échelle du quartier est pertinente pour appréhender la question d'un urbanisme durable minimisant l'utilisation des ressources parce qu'elle permet d'optimiser les apports d'énergie locale, d'intégrer habitat et mobilité, d'aborder la question déchets et de leur traitement, des ressources en eau et de sa récupération, etc... En quoi est-elle également pertinente pour aborder la question énergétique ?

On peut identifier au moins quatre types d'effets liés au regroupement des bâtiments :

- Interactions entre bâtiments (orientation, optimisation espaces)
- Foisonnement de la demande (mixité d'occupation, d'usages)
- Mobilisation des ressources diffuses (renouvelables, chaleur fatale, déchets, ...)
- Nouvelles options techniques (réseau, centralisation / effet d'échelle)

La première raison est que le quartier (ou l'îlot donc) permet de prendre en compte les interactions bioclimatiques entre les bâtiments tels que les effets de masque (ombres portées), l'accumulation de chaleur (îlots de chaleur), etc, dont l'approche à l'échelle du bâtiment ne tient pas compte, et ainsi d'optimiser la localisation des bâtiments sur l'espace disponible (orientation par rapport au soleil ou aux vents dominants, végétalisation des espaces, etc.).

L'échelle du quartier permet également de bénéficier de l'agrégation de courbes de charge distinctes entre des logements résidentiels, du fait de profils différenciés selon les ménages et donc de modes d'occupation et de préférences différents, ou entre logements et bâtiments tertiaires dont les profils de consommation sont nettement contrastés.

La Figure 33 montre l'intérêt du foisonnement des consommations de chauffage du point de vue du taux d'utilisation des équipements. En haut, des installations individuelles dimensionnées pour satisfaire la demande de chaleur de pointe présentent des taux d'utilisation réduits et donc des rendements faibles.

⁸⁷ Pour autant nous ne nous interdisons pas d'examiner des dispositifs de chauffage ou de production d'électricité à l'échelle d'un bâtiment, mais avec une attention particulière aux interactions possibles entre les bâtiments. De même nous n'excluons pas les systèmes de production de chaleur ou d'électricité établis à l'échelle d'une ville ou d'un quartier voisin s'ils présentent des marges d'évolution pour intégrer de nouveaux quartiers.

En bas, une installation collective présenterait un taux d'utilisation beaucoup plus élevé si les deux profils de demande peuvent être associés (tertiaire en vert et résidentiel en jaune). Sans entraîner des gains aussi importants, le foisonnement entre bâtiments résidentiels permet également des gains sur la chaleur et sur les consommations d'électricité (moins importants car les profils d'occupation restent assez proches sans être identiques toutefois). Plus le périmètre considéré est large, plus l'effet du foisonnement est important ; il est donc relativement faible à l'échelle d'un bâtiment, et plus important pour un quartier qui présente une plus grande mixité d'usages.

L'effet du foisonnement illustré ici pour la production de chaleur s'applique également au stockage d'énergie et de façon générale à tout dispositif qui présente des taux d'utilisation variable selon la période ou le profil des utilisateurs.

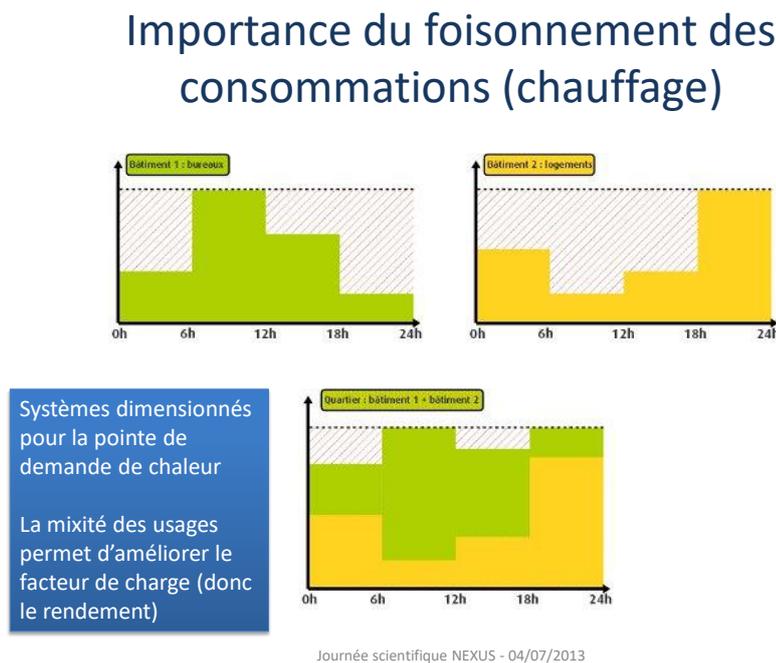


Figure 33 - Foisonnement des consommations

L'échelle du quartier permet également de mobiliser des ressources diffuses qui ne sont pas disponibles ou dans des quantités moindres à l'échelle du bâtiment. La méthanisation des déchets par exemple, ou la récupération de chaleur sur les eaux usées sont inadaptées ou difficiles à mettre en œuvre à l'échelle du bâtiment mais peuvent être envisagées à l'échelle d'un quartier. De même, l'utilisation de la chaleur fatale (data center ou centrale de climatisation) peut s'envisager à l'échelle d'un bâtiment mais ces investissements seront plus rapidement amortis à l'échelle du quartier. Enfin, l'exploitation de la ressource solaire est pertinente aussi à l'échelle du seul bâtiment mais se posent alors les problèmes d'ombre portée évoqués plus haut. Une approche plus globale permet de tenir compte de ces effets dans la conception des bâtiments ou d'optimiser l'espace disponible pour mieux exploiter la ressource. Des bâtiments peu consommateurs mais disposant de grandes surfaces ensoleillées peuvent ainsi produire de l'électricité en excédent pour des bâtiments voisins peu dotés en ressources. Comme pour le foisonnement des consommations, plus le périmètre considéré est étendu, plus il sera possible d'intégrer de nouvelles ressources.

Quatrième effet positif associé à l'élargissement de l'échelle, la mise en œuvre d'options techniques spécifiques qu'autorise l'effet de taille. La possibilité de regrouper les demandes d'énergie émanant d'un grand nombre de bâtiment permet d'envisager des dispositifs de distribution de chaleur (ou de froid) en réseau. Certes le réseau peut se limiter à un immeuble (simple dispositif de chauffage en pied

d'immeuble) mais dans le cas d'un groupe de bâtiment, d'un îlot, voire de plusieurs quartiers (chauffage urbain), la centralisation de la production de chaleur autorise des effets d'échelle. Il en résulte une baisse des coûts unitaires de la puissance installée, des coûts d'approvisionnement en ressources, de maintenance, etc ... et donc des coûts de l'énergie distribuée. La gestion de l'approvisionnement et du stockage est également simplifiée, notamment pour des dispositifs qui nécessitent des stockages importants (chaudière ou centrale biomasse). La pollution enfin est plus facile à gérer sur des installations de grande taille que sur un grand nombre d'installations diffuses de petite taille (cf biomasse à nouveau).

On vient de le voir, l'agglomération des demandes apporte un certain nombre d'effets qui peuvent être intéressants du point de vue de l'approvisionnement énergétique. Envisager l'approvisionnement énergétique à l'échelle d'un quartier introduit toutefois certaines contraintes. A l'évidence, une approche considérant le seul bâtiment est plus facile et moins contraignante à mettre en œuvre qu'une option dans laquelle il faut tenir compte des interactions entre les bâtiments et/ou réaliser une infrastructure pour produire et distribuer l'énergie sur l'ensemble d'un quartier. L'avantage de la simplicité ne concerne pas uniquement la dimension technique mais également le processus de décision, la mobilisation des financements, la durée de réalisation, etc. Le passage de l'échelle du bâtiment à celle du quartier implique de nouvelles coordinations et peut être de nouveaux acteurs. Or à la différence de la ville (municipalité) ou du bâtiment, le quartier ne dispose pas de système de gouvernance établi, ce qui rend plus complexe le processus de décision.

Du bâtiment au quartier : quelles conséquences sur les systèmes énergétiques ?



	BATIMENT	QUARTIER/VILLE
Comportements	Faible différenciation des usages → profils de consommation identiques	Mixité d'usages (R&T) → Foisonnement
Ressources	Ressources limitées à l'échelle du bâtiment (PV toiture, géothermie, ... ?)	Plus grande diversité des ressources (PV, géothermie, biomasse, déchets, eaux usées, chaleur industrielle, etc...)
Urbanisme	Subit influence bâtiments voisins (ombres, îlots chaleur, etc) mais pas de vision intégrée	Possibilité optimisation (cadastre solaire, végétation – niveau de rénovation thermique – surf pour BEPOS, etc
Effets de taille	Production décentralisée : faisabilité techn mais pas optimum économique (ex moteur gaz cogen ou chaufferie biomasse)	Production centralisée : économies d'échelle – logistique appro - systèmes dépollution
Mise en réseau	Chauff coll vs individuel (gains d'efficacité - autonomie décision par rapport à réseau chaleur, ...)	Gain lié à différenciation des usages, mobilisation de ressources diffuses (énergie fatale) et/ou centralisées (UIOM), stockage grande taille, ...

Journée scientifique NEXUS - U4/U7/ZU13

Figure 34 - Bâtiment versus quartier ; les effets d'agglomération

8.4 Trois schémas contrastés d'approvisionnement énergétique pour les futurs écoquartiers

Nous avons identifié trois schémas possibles pour l'approvisionnement énergétique des écoquartiers qui s'inspirent des dispositifs existants. L'objectif n'est pas de décrire de façon détaillée le mode de fonctionnement de chacun de ces dispositifs mais de caractériser des modèles contrastés qui pourraient être mis en œuvre pour alimenter de futurs écoquartiers.

Les dispositifs proposés ne cherchent pas à atteindre l'autonomie complète sur le plan énergétique, ce qui peut sembler atteignable d'un point de vue technologique pour des quartiers neufs mais ne constitue probablement pas une option généralisable à l'horizon 2040 pour des raisons économiques (notamment pour les quartiers existants). Les options proposées sont cependant compatibles avec des bâtiments de plus en plus performants sur le plan énergétique et visent à une utilisation croissante des ressources locales. Elles comportent également des dispositifs de stockage d'énergie à l'échelle du bâtiment ou du quartier pour permettre une meilleure utilisation des ressources réparties intermittentes mais n'excluent pas le raccordement au réseau électrique national qui assure une fonction plus large d'équilibre instantané entre l'offre et la demande.

Pour résumer les hypothèses implicites communes aux trois schémas d'approvisionnement énergétique décrits ci-après :

- Les bâtiments neufs sont à énergie positive, mais les quartiers intègrent aussi une proportion importante de bâtiments anciens réhabilités qui ne sont pas à énergie positive (sauf exception)
- La demande de chaleur est fortement réduite mais non nulle pour autant en raison de la persistance de la demande d'eau chaude sanitaire
- L'utilisation des ressources locales d'énergie (énergies renouvelables, déchets, énergies fatales) est recherchée mais les énergies fossiles ne sont pas exclues pour autant
- Pour favoriser l'utilisation des ressources locales, des aides publiques pourront être mises en place (incitation à l'autoconsommation pour l'électricité⁸⁸, aide à l'installation de stockages pour la chaleur, ...).

Les schémas d'approvisionnement identifiés s'inspirent des options techniques utilisées par les écoquartiers en Europe en distinguant trois grands types selon le caractère plus ou moins centralisé / réparti de la production d'énergie :

- Le modèle "systèmes individualisés" s'inspire des dispositifs de chauffage existant de type individuel (par appartement) ou collectif (par immeuble)
- Le modèle "réseau centralisé" reprend le schéma de production centralisée et chaleur et ou d'électricité et la distribution en réseau (modèle réseau de chaleur / froid)
- Le modèle "réseau décentralisé" est également un schéma de distribution chaleur / froid en réseau mais basé sur des dispositifs de production répartie

8.4.1 Le modèle "systèmes individualisés" (par bâtiments)

Ce modèle qui correspond à une simple évolution technique des dispositifs d'approvisionnement classiquement utilisés dans les villes aujourd'hui s'appuie sur des systèmes individualisés car les bâtiments (éventuellement un groupe de bâtiments) sont approvisionnés indépendamment les uns des autres par un dispositif de production de chaleur qui leur est propre. Les sources d'énergie utilisées sont des sources locales réparties (solaire, biomasse, géothermie) ou des sources fournies par les réseaux de distribution d'énergie (électricité, gaz).

S'agissant de bâtiments consommant peu d'énergie de chauffage, les besoins de chaleur sont réduits (aux seuls besoins d'eau chaude sanitaire pour les bâtiments neufs). Différents dispositifs de production de chaleur à haut rendement peuvent satisfaire ces besoins (chaudière bois, chaudière gaz à condensation, pompes à chaleur) ou des systèmes combinant apports solaires avec stockage de chaleur et moyens de pointe ou de secours. L'augmentation du poids relatif des besoins d'ECS induit un lissage de la courbe de charge annuelle ce qui permet d'améliorer le facteur de charge et donc de mieux rentabiliser les systèmes plus intensifs en capital (système solaire plus stockage ou PAC plus géothermie). Selon la disponibilité des ressources locales (apports solaires, géothermie) une production complémentaire de chaleur pourra être nécessaire (chaudière gaz par exemple) ou un stockage assurant le déphasage de la

⁸⁸ Nous faisons ainsi l'hypothèse que le dispositif actuel de prix garantis qui privilégie l'injection de la production sur le réseau électrique n'existe plus dans sa forme actuelle. Les nouveaux dispositifs favorisent l'autoconsommation ou l'injection sur le réseau aux prix de marché (avec un dispositif de premium éventuel).

production solaire sur quelques heures / jours voire un stockage inter-saisonnier. Il faut toutefois que ce stockage soit intégrable dans le bâtiment, car l'option d'un stockage de chaleur à l'échelle du quartier n'est pas considérée ici.

A l'échelle du bâtiment, la principale source de production locale d'électricité est constituée par les systèmes PV qui dans un immeuble collectif ne produisent qu'une faible partie des besoins électriques annuels. Un complément apporté par le réseau est alors nécessaire. Dans l'hypothèse d'une transformation importante du système électrique national (recul massif du nucléaire) on peut considérer comme probable le développement de la cogénération répartie. L'approvisionnement en chaleur et électricité pourrait alors s'effectuer à partir de moteur à gaz⁸⁹ fonctionnant en cogénération. Les cogénérations réparties sont alors pilotées par la demande de chaleur ce qui impose de pouvoir stocker de la chaleur ou de disposer d'une autre source d'électricité lorsqu'il n'y a pas de besoins de chaleur (le réseau est alors la source appropriée).

Un stockage électrique peut assurer la même fonction d'étalement de la production sur quelques heures pour la production des panneaux PV (journée vers soirée) ou de la cogénération mais l'essentiel de l'équilibrage offre / demande sera assurée par le réseau interconnecté (smart grids, stockage de grande taille de type STEP, etc).

Les contraintes pour approvisionner des bâtiments considérés de façon isolée uniquement à partir de sources d'énergies locales décarbonées (biomasse, solaire, ...) sont nombreuses sauf à imaginer une forte réduction de l'ensemble des consommations d'énergie (pas uniquement chauffage mais également ECS et électricité spécifique), et/ou des progrès importants sur les dispositifs de stockage d'énergie (volume et coût). La gestion de la production / consommation d'électricité variable par la mise en relation des bâtiments et la construction d'un stockage à l'échelle du quartier apporte des marges de liberté pour le vecteur électrique ; on peut alors bénéficier du foisonnement des courbes de charges (cf supra), piloter la demande en fonction de la disponibilité de la ressource (smart grid), optimiser le dimensionnement du stockage, etc... Pour autant, en l'état des technologies, la production électrique locale (PV) restera largement inférieure à la consommation dans un quartier constitué de bâtiments à usage collectif, et nécessitera des apports en provenance du réseau. Dans ces conditions, la question de la gestion de l'intermittence et de la localisation du stockage électrique peut se poser, mais elle combinera certainement un grand nombre de stockages distribués de petite taille (essentiellement électro chimiques) avec un nombre plus limité de stockages de plus grande taille répartis sur l'ensemble du réseau électrique.

⁸⁹ Le gaz distribué par le réseau pourrait également être largement décarboné avec l'intégration de méthane d'origine biologique (méthanisation)

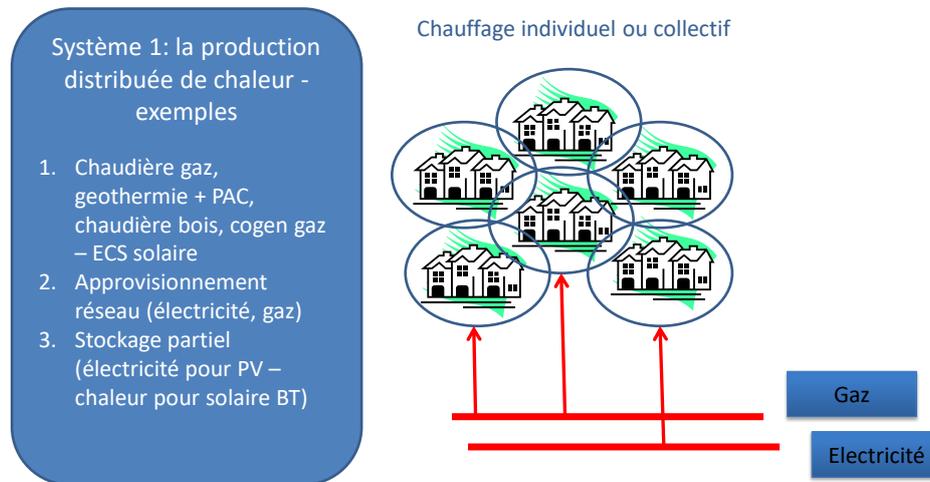


Figure 35 - Systèmes individualisés

8.4.2 Le modèle centralisé

Le modèle centralisé s'appuie sur la distribution de chaleur (et de froid éventuellement) pour tout ou partie des bâtiments du quartier et bénéficie donc du foisonnement des consommations (limité pour la chaleur) et des effets de taille pour la production (économies d'échelle). Comme pour les réseaux de chaleur classiques, la production de chaleur est réalisée de manière centralisée, la biomasse constituant la principale source d'énergie pour des chaufferies de plusieurs dizaines de MW de puissance⁹⁰. L'avantage de la production centralisée pour la combustion de biomasse est de plusieurs ordres :

- Economique : les coûts des chaufferies de grande taille (par kW) sont inférieurs à ceux des chaudières plus petites installées en pied d'immeuble.
- Logistique : l'approvisionnement et le stockage de grandes quantités de biomasse est plus facile à envisager sur un site dédié à l'échelle du quartier et a fortiori à l'échelle de la ville que pour un grand nombre de bâtiments isolés.
- Environnemental : la combustion de biomasse pose des problèmes croissants d'émissions de polluants (micro particules) qu'il est plus fiable et moins coûteux de gérer sur des installations de grande taille.

⁹⁰ La principale ressource serait constituée par le bois (brut ou transformé) mais on peut également mentionner pour mémoire l'incinération des déchets ménagers (UIOM)

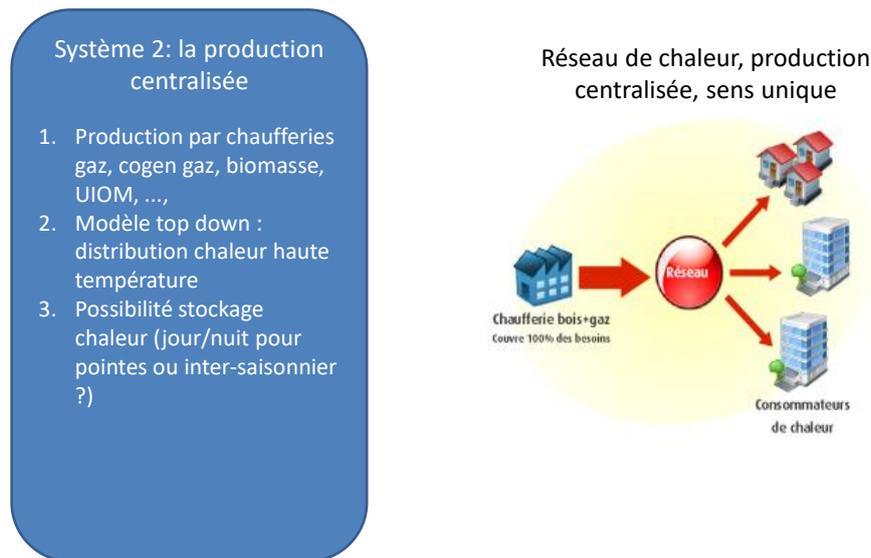


Figure 36 - Le modèle centralisé

Dans l'hypothèse d'une évolution importante du système électrique, la cogénération pourrait jouer ici un rôle central avec le développement de centrales produisant de la chaleur et de l'électricité à partir de biomasse ou de gaz. La production locale d'électricité, complétée par celle des installations solaires PV, pourrait alors être significative par rapport à la consommation de l'ensemble du quartier. Dans le cas contraire (pas de cogénération), l'approvisionnement électrique est comparable à celui décrit précédemment (système individualisés) : production répartie (type PV) ou décentralisée (type micro-hydraulique) complétées par les apports réseau.

Le stockage centralisé de chaleur n'est pas indispensable dans cette configuration mais il permet de limiter l'installation et l'utilisation de moyens de production de pointe⁹¹ (plus coûteux ou plus polluants). Le stockage est en revanche indispensable en complément d'une option de production centralisée de type solaire thermique.

Les principales contraintes que pose ce schéma d'approvisionnement sont d'ordre économique. Le développement d'infrastructures lourdes pour la distribution de chaleur ou de froid impose des investissements conséquents (coûts fixes) dont l'amortissement impose de vendre des quantités de chaleur importantes. Le modèle économique de la distribution de chaleur en réseau risque donc d'être remis en cause par la réduction des consommations de chauffage des bâtiments. Par ailleurs, cette solution est plus complexe à mettre en œuvre dans les quartiers existants rénovés que dans les quartiers neufs où l'installation de l'infrastructure peut être envisagée dès l'origine.

A la différence du modèle précédent, cette option impose une régulation spécifique (type top down qui peut éventuellement être assurée par la municipalité) notamment pour imposer le raccordement au réseau de l'ensemble des bâtiments du quartier et améliorer sa compétitivité économique.

8.4.3 Le modèle dé-centralisé

Dans le modèle précédent, l'ensemble (ou une grande partie) de la demande de chaleur est satisfaite par une source de production unique (ou principale) qui bénéficie ainsi d'économies d'échelle en production, associée à un réseau de distribution. Dans le modèle dé-centralisé, on ne dispose pas de moyens de

⁹¹ Sauf lorsque la demande de chaleur dépend principalement de l'ECS, la variabilité des besoins de chauffage induit des pointes de demande qui peuvent justifier pour des raisons économiques l'installation de moyens de pointe.

production de grande taille, mais de nombreuses sources de chaleur réparties mises en relation par un réseau de distribution "intelligent". L'échelle de production de la chaleur est donc ici intermédiaire entre la production à l'échelle du bâtiment (systèmes individualisés) et la production à l'échelle de la ville ou du quartier (modèle centralisé). Les moyens de production sont en grande partie répartis (non centralisés) mais à la différence du modèle "systèmes individualisés", ils sont ici mutualisés.

Le modèle dé-centralisé est une évolution du modèle précédent qui présente l'intérêt d'une grande compatibilité avec la forte réduction des consommations de chauffage des bâtiments résultant de la mise en œuvre de la réglementation thermique et des programmes de rénovation du parc ancien. Le principe de distribution de chaleur (ou de froid) est le même mais avec la différence importante d'une circulation de chaleur à basse température. Cela entraîne deux conséquences importantes :

- Associée à des radiateurs adaptés, la distribution en basse température est compatible avec les besoins de chauffage des logements neufs ou rénovés
- De nouvelles ressources non valorisables avec les réseaux classiques à haute température peuvent être exploitées (cf infra), rendant ainsi disponibles de nouvelles sources de chaleur

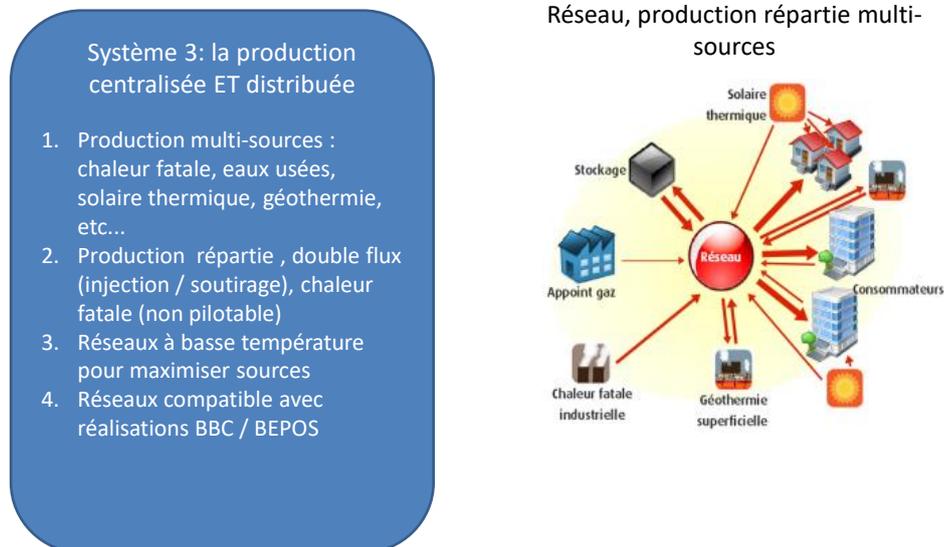


Figure 37 - Le modèle dé-centralisé

Ainsi, le réseau de distribution de chaleur peut, à l'image des réseaux électriques, fonctionner comme un réseau de collecte et de re-distribution de chaleur à partir de sources réparties. Cela n'est pas incompatible avec un mode de production centralisée (type centrale biomasse) mais le principal intérêt est de collecter des ressources qui ne sont pas ou mal valorisées localement ; en particulier, les réseaux basse température peuvent collecter la chaleur solaire excédentaire produite sur des installations collectives ne disposant pas de stockage ou la chaleur fatale d'installations industrielles (centres de calcul, installation de climatisation). Avec des réseaux à très basse température, il est même possible d'exploiter les calories disponibles dans les eaux usées en association avec des pompes à chaleur.

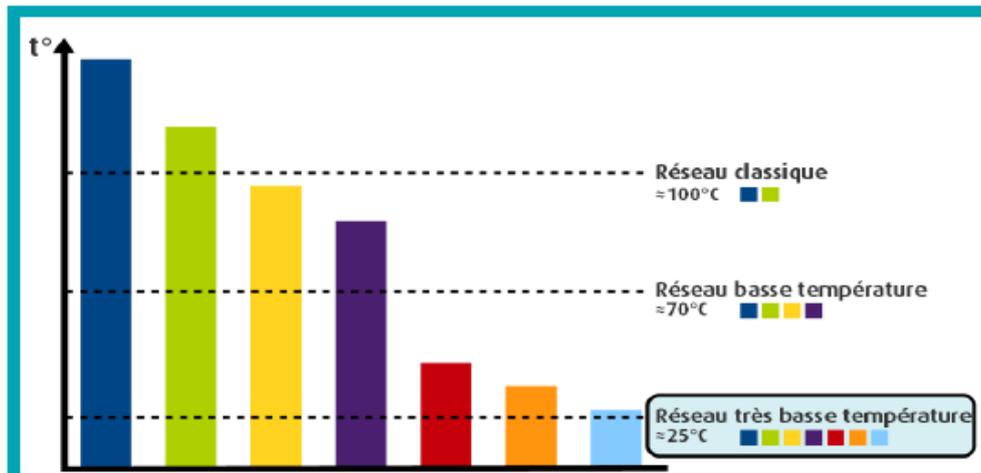


Figure 38 - Réseaux basse température et sources diversifiées

La distribution de chaleur à basse température permet également d'envisager des stockages de chaleur de grande taille (le stockage basse température limite les déperditions thermiques) ayant pour fonction de stocker les excédents pendant les périodes de faible demande (stockage inter-saisonnier à partir de l'incinération de déchets, centrales solaires, production industrielle) ou sur des périodes plus courtes (jour/nuit). Le stockage basse-température est également compatible avec un fonctionnement en chaud et froid en association avec des pompes à chaleur.

Cette évolution du modèle classique de distribution de chaleur présente des analogies avec l'évolution en cours sur les réseaux électriques conçus à l'origine pour acheminer simplement l'électricité des centrales vers le consommateur final et qui intègrent progressivement une fonction de collecte de la production répartie. Dans le cas présent on parle également de réseaux intelligents disposant de capteurs répartis et traitant une information détaillée sur l'évolution des consommations pour adapter la production et les injections sur le réseau, le stockage, etc... Des coordinations avec les smart grid électriques (à l'échelle locale par exemple) sont aussi possibles pour orienter les excédents électriques vers des stockages de chaleur par exemple. Le modèle peut donc évoluer vers une intégration chaleur / électricité plus poussée que dans les autres schémas décrits plus haut.

On voit toutefois que les problèmes de gouvernance / coordination sont ici plus complexes encore que dans le cas des réseaux de chaleur classiques. Il ne s'agit en effet plus "simplement" d'un classement imposant le raccordement au réseau, il faut convaincre l'ensemble des acteurs que le système qui repose sur la disponibilité de ressources réparties peut fonctionner et construire un modèle économique fonctionnel.

Pour résumer, on retrouvera sur la Figure 39 les trois modèles décrits précédemment que l'on ici a positionnés sur un axe horizontal caractérisant le degré de centralisation (vs décentralisation) du dispositif. A gauche le modèle classique de la distribution de chaleur en réseau est considéré comme centralisé alors que le modèle de production de chaleur par bâtiment, systèmes individualisés, se situe à l'opposé. Entre les deux, le modèle des réseaux intégrés basse-température qui s'appuient sur des moyens de production plus répartis, peut être caractérisé de dé-centralisé. L'autre axe qualifie l'intégration entre les composantes du système (relations entre les composantes du système, double sens, intelligence, pilotage à distance, complexité, etc.). Dans le cas du réseau de chaleur classique, par exemple, l'intégration entre les bâtiments est très faible. Elle est comparable dans le cas des systèmes individualisés, sauf s'il existe un dispositif de stockage de chaleur dans le bâtiment. Et elle est plus grande encore avec le système dé-centralisé qui impose des interactions complexes entre producteurs et consommateurs.

Trois systèmes d'approvisionnement (décentralisation vs intégration)

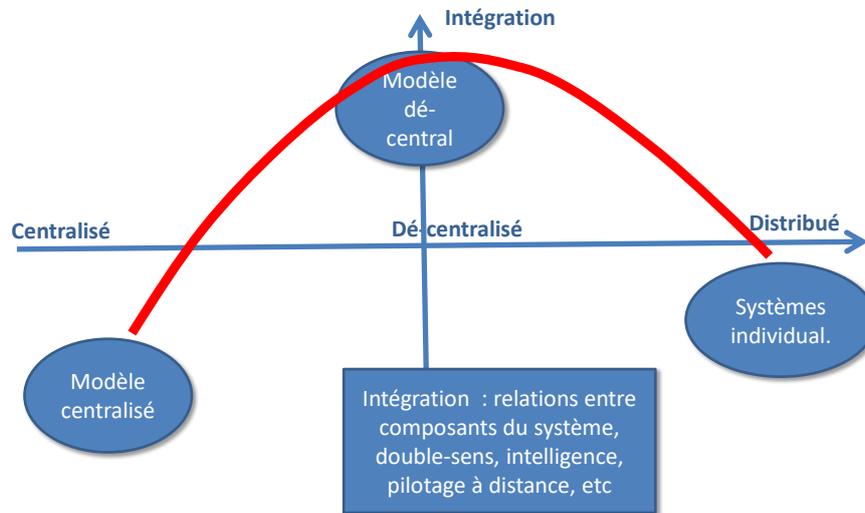


Figure 39 - Trois modèles d'approvisionnement

8.5 Quelques questions sur les futurs schémas d'approvisionnement énergétique : réflexion sur les variables clés pour la construction des scénarios de prospective

A partir de cette évocation rapide de trois modèles contrastés pour l'approvisionnement des futurs écoquartiers, quelles sont les variables clés qui émergent et pourraient constituer des éléments de discussions pour l'élaboration des scénarios de prospective ?

8.5.1 Efficacité énergétique versus réduction des émissions de CO2

La première dimension qui nous paraît centrale est celle des objectifs poursuivis lors de la conception d'un écoquartier⁹². Pour ce qui concerne la dimension énergie – climat, la finalité des écoquartiers est a priori la minimisation des consommations d'énergie et la réduction des émissions de GES. On peut ainsi affecter aux futurs EQ des objectifs de réduction des émissions de GES sur la base des politiques climatiques décidées au plan national ou local (de type facteur 4 à l'horizon 2050, par exemple). Mais le débat sur la transition énergétique pour la France a montré que la question des objectifs d'amélioration de l'efficacité énergétique pouvait être en partie déconnectée de celle de la réduction des émissions de GES. On peut ainsi, à l'échelle d'un quartier, adapter le niveau de performance attendu de la rénovation thermique aux caractéristiques spécifiques de chacun des bâtiments, tout en conservant un objectif global de performance (et en respectant la réglementation). On peut aussi moduler l'objectif global de performance énergétique selon les sources d'énergie disponibles (chaleur décarbonée, sources renouvelables, chaleur fatale, etc. versus gaz naturel ou électricité) pour un même résultat final en termes d'émissions de GES. L'objectif visé dans l'élaboration d'un projet d'écoquartier doit donc être précisé à la fois en termes de réduction des émissions de GES et d'amélioration de l'efficacité énergétique.

La question du périmètre considéré souvent posée en lien avec la première ne semble pas ici faire débat. A l'évidence, la comptabilisation des émissions de GES ne peut se limiter aux seules émissions réalisées

⁹² Rappelons que l'on ne s'intéresse dans ce papier uniquement à la dimension énergie – climat des écoquartiers dont la finalité intègre d'autres objectifs environnementaux ou sociaux (efficacité d'usage des ressources naturelles, recyclage, réduction volume de déchets, minimisation besoins de mobilité individuelle, mixité sociale et fonctionnelle, participation des habitants, etc...).

sur l'EQ mais doit intégrer également les émissions distantes. Ainsi pour les sources d'énergie, les émissions du réseau de chaleur seront comptabilisées même si la centrale produisant la chaleur n'est pas localisée dans l'EQ, de même pour la production d'électricité.

8.5.2 Energie positive versus autonomie

Des objectifs complémentaires ou plus ambitieux peuvent également être envisagés :

- Création d'un EQ à énergie positive, c'est-à-dire produisant une quantité d'énergie équivalente à celle qu'il consomme (préciser sur quelle période, préciser pour quels usages, etc.)
- Création d'un EQ autonome sur le plan énergétique, c'est-à-dire, exploitant au mieux ou exclusivement des ressources énergétiques locales

Dans le premier cas, cela nécessite de combiner efficacité énergétique et maximisation de l'exploitation des ressources énergétiques locales (solaire, biomasse, énergies fatales, etc.) mais il reste possible d'équilibrer l'offre et la demande de chaleur ou d'électricité par le biais des réseaux. Dans le second cas, il sera nécessaire de prévoir un dispositif de stockage important qui assurera l'équilibre offre / demande de façon interne au quartier.

La minimisation des sources d'énergie fossile peut aussi constituer un objectif conduisant à éliminer les options utilisant le gaz naturel (chaudières gaz à condensation, moteurs gaz en cogénération, turbines à gaz) même si cette utilisation reste compatible avec les objectifs de réduction des consommations d'énergie finale et d'émissions de GES.

8.5.3 Le système d'approvisionnement énergétique des EQ doit-il intégrer le vecteur électrique ou se limiter au vecteur chaleur ou quel avenir pour la cogénération répartie ?

Cette question est apparue lors de l'analyse comparative des schémas d'approvisionnement énergétique dans les EQ en Europe qui a montré qu'au moins jusqu'à une date récente, l'attention accordée au vecteur électricité était très différente entre la France et les autres pays européens. En France, l'intérêt est focalisé d'abord sur la demande et la production de chaleur alors qu'ailleurs en Europe, maîtrise des consommations et production locale sont également importantes pour la chaleur et l'électricité. La raison est on le sait que la France dispose avec son parc électronucléaire et hydraulique d'une production d'électricité très peu carbonée alors que la chaleur provient encore en grande partie de sources fossiles (gaz naturel et fioul). Cela a deux conséquences, la production conjointe d'électricité et de chaleur est peu développée dans les projets d'EQ⁹³ et les programmes de maîtrise de la demande d'électricité sont moins ambitieux que dans d'autres pays européens.

Si toutefois, le mix de production électrique français devait se modifier (rappelons l'objectif de réduire la part du nucléaire de 75% à 50% à l'horizon 2025), la question pourrait alors se poser de la place de la cogénération et notamment de la cogénération répartie (en pied d'immeuble ou à l'échelle d'un quartier par opposition aux dispositifs de grande taille type centrales électriques en cogénération). Dans l'hypothèse du développement de ces cogénérations deux types de questions peuvent se poser :

Quelles sont les vecteurs énergétiques qui pourraient être utilisés (gaz naturel, gaz naturel décarboné - injection de biogaz dans le réseau - , biogaz, biomasse ?) avec quelles conséquences sur les émissions de GES ? L'installation d'une cogénération au gaz naturel pour l'alimentation électrique d'un EQ en substitution du réseau se traduit, dans le mix actuel, par une augmentation des émissions même en tenant compte de la production conjointe de chaleur.

La cogénération répartie dont la production électrique dépend essentiellement des besoins de chauffage est-elle compatible avec l'intégration croissante de sources d'énergie variables sur le réseau électrique et les besoins accrus d'équilibrage offre / demande qu'elles imposent? On introduit en effet alors une source de production électrique non programmable supplémentaire dans le système électrique puisque les cogénérations réparties produisent de l'électricité lorsqu'apparaît une demande de chaleur.

⁹³ La caserne De Bonne constitue à cet égard une exception notable

La question peut donc être posée de l'évolution du mix électrique en France et par conséquence de la place possible que pourrait jouer la production d'électricité en cogénération à l'échelle locale dans nos scénarios. Et inversement, il pourra être intéressant de faire apparaître les impacts sur le réseau électrique du développement

8.5.4 Construction neuve versus réhabilitation

Cela ne constitue pas à proprement parler des variables de scénarisation mais il est évident que les critères géographiques (au sens large) peuvent jouer un rôle déterminant sur la nature du projet qui sera mis en œuvre. Ainsi, la surface du quartier peut avoir un lien direct avec la quantité d'énergie accessible à l'échelle locale (installation de panneaux solaire, couvert végétal, etc), de même que son orientation, son positionnement par rapport à l'espace urbain (ensoleillement, vents dominants, etc.). A priori plus la surface du quartier sera importante plus la quantité d'énergie locale mobilisable sera grande, toutes choses étant égales par ailleurs, mais d'autres éléments tels que la densité sont également à prendre en compte. Ainsi, plus le nombre d'habitants ou plus la densité (surface au sol ou surface construite) sont faibles, plus la contribution des sources d'énergie locale à l'approvisionnement énergétique du quartier peut être significative. Les systèmes de production de chaleur solaire répartie associés à un stockage saisonnier couvriront une plus grande part de la consommation pour un groupe de maisons individuelles en périphérie de ville que dans un grand ensemble de logements collectifs en plein centre ville.

La localisation des projets d'EQ est donc également déterminante : une zone enclavée en centre-ville n'offre pas les mêmes possibilités qu'une surface comparable en périphérie de ville, même si on fait l'hypothèse que les bâtiments existants peuvent être détruits et reconstruits, ne serait ce que parce que les contraintes de densité en périphérie sont moins fortes et donc la possibilité de mobiliser les sources énergétiques locales.

Enfin, la nature du projet d'EQ est centrale. Sur les logements neufs il est possible d'atteindre des niveaux de performance énergétique et de mobilisation des énergies renouvelables très élevés. A l'inverse, la réhabilitation thermique de bâtiments existants conduit à des performances énergétiques souvent inférieures et à des coûts plus élevés. Un quartier neuf présentera donc en général des performances énergétiques et environnementales plus élevées qu'un quartier réhabilité.

8.5.5 Modes de gouvernance

Les trois schémas d'approvisionnement décrits impliquent des modes de gouvernance assez radicalement différents.

Avec le modèle "systèmes individualisés, qui se rapproche du point de vue de l'approvisionnement énergétique du modèle actuel dominant, l'intervention publique est assez limitée. Pour ce qui est de la chaleur, les concepteurs du bâtiment décident de la source d'énergie de chauffage, puis le propriétaire ou les co-propriétaires ou gestionnaires négocient les modalités de fourniture avec un fournisseur.

Les choses se compliquent éventuellement en cas de chauffage collectif associé à un stockage collectif de chaleur (solaire BT par exemple) : comment l'accès à la source d'énergie gratuite est-il collectivement organisé ? Dans ce schéma d'approvisionnement qui ne nécessite a priori pas d'intervention publique, on doit donc spécifier quand même si les habitants / utilisateurs fonctionnent ou non en mode coopératif. De la même façon avec l'électricité ; dans le cas d'une production locale collective (installation solaire PV), les habitants peuvent avoir intérêt à maximiser l'autoconsommation (ie consommer plus en période ensoleillée et limiter la consommation en soirée par exemple) ; mais comment créer l'incitation adéquate : par la réglementation, l'incitation au comportement vertueux, un signal tarifaire, ... ?

A l'inverse, le modèle centralisé avec la création de réseaux de distribution et de moyens de production centralisés de chaleur peut nécessiter une gouvernance publique plus forte pour sa mise en place : autorisation d'utilisation du domaine public pour le passage des infrastructures, éventuellement obligation de raccordement pour certains bâtiments, etc... Puis en phase de fonctionnement, les problèmes de gestion associés à l'existence d'un dispositif centralisé de stockage de chaleur reviennent à l'exploitant, mais ne se posent pas à l'échelle du bâtiment.

Enfin, le modèle dé-centralisé est probablement le plus complexe du point de vue de la gouvernance et également celui qui nécessite une coordination/ interaction la plus poussée entre les acteurs. Le besoin de gouvernance publique en phase d'élaboration du projet est important. Comme pour le modèle centralisé, la création du réseau et des moyens de production, nécessitent une décision publique. Mais le caractère décentralisé des moyens de production rend l'élaboration du projet plus complexe : il faut à la fois convaincre les offreurs de l'intérêt d'un raccordement au réseau et les consommateurs de la disponibilité d'une offre qui repose sur des sources réparties, en partie intermittentes, gérées par des acteurs totalement différents (eaux usées, capteurs solaires BT, géothermie, chaleur industrielle, etc.). A la différence du système centralisé où un exploitant du réseau décide des moyens de production à mobiliser, des stockages à utiliser, etc en fonction de la demande, le système dé-centralisé met en relation un grand nombre d'acteurs qu'il faut coordonner au mieux.

8.5.6 Maîtrise de la demande d'électricité

Dans le système actuel, les incitations à la maîtrise des consommations d'électricité sont de plusieurs ordres :

- Réglementaire (suppression des ampoules à incandescence par exemple)
- Economique (différenciations tarifaires)
- Informative (étiquetage des consommations, labélisation, etc.)

A terme ces incitations pourraient évoluer avec la généralisation des réseaux électriques intelligents qui s'accompagneront d'incitations renforcées à réduire les consommations ou déplacer les charges (accès immédiat et facilité à l'information, grilles tarifaires plus différenciées, contrats d'effacement, etc...).

Ces dispositifs pourront ou non être territorialisés. Les systèmes qui se développent aujourd'hui dans les écoquartiers constituent des opérations de démonstration qui exploitent la visibilité de ces réalisations très exposées mais ils pourraient de la même façon concerner une ville entière ou une région. Les éventuels avantages associés à la proximité, à l'agglomération ne sont pas réellement exploités.

On peut toutefois imaginer que des acteurs émergent à l'échelle des quartiers pour agir plus efficacement sur la demande (effet de proximité, d'information, de sensibilisation) et pour regrouper des offres d'effacement qu'ils auraient alors la possibilité de valoriser sur le marché de l'électricité. Il s'agirait alors d'une fonction d'agrégateur qui se distinguerait des offres plus classique par le territoire concerné. Cette fonction prendrait tout son sens si elle ne se limitait pas à la seule gestion de la demande (réduction des consommations, déplacement des charges) mais intégrait également la gestion des productions réparties, les injections et soutirages sur le réseau, l'optimisation du fonctionnement du stockage. Dans les futurs écoquartiers, les producteurs répartis pourraient ainsi :

- Gérer la production locale d'électricité de façon individualisée (même en cas d'installation collective de type PV ou cogénération) à l'échelle d'un bâtiment en maximisant l'autoconsommation et en valorisant les injections de surplus par l'intermédiaire d'un agrégateur "quelconque"
- Ou fonctionner collectivement à l'échelle du quartier en équilibrant production et consommation entre les bâtiments selon les périodes de la journée ou les jours de la semaine (cf IssyGrid et la production PV sur les bâtiments tertiaire utilisés dans les bâtiments de logement pendant le week end).

Ce fonctionnement collectif impose bien entendu des incitations appropriées.

8.5.7 Production d'électricité répartie (systèmes d'incitation)

On peut raisonnablement faire l'hypothèse qu'en 2040 le dispositif d'incitation à la production d'énergie renouvelable sous la forme de prix garantis tel qu'il existe aujourd'hui aura disparu ou sera largement modifié (trop coûteux, trop peu compatible avec un marché électrique libéralisé, pas d'incitation à l'équilibre offre / demande, etc...). Les incitations qui subsisteront pourraient être de deux ordres:

- Tarif d'achat garanti doté d'une très forte composante incitant à l'autoconsommation ; les consommateurs seront alors incités à déplacer au maximum leurs consommations pendant les périodes de fort ensoleillement ou à investir dans un dispositif de stockage
- Pas de tarif d'achat en faveur de la production renouvelable répartie ; les producteurs d'énergie répartie sont rémunérés aux conditions du marché électrique (éventuellement par l'intermédiaire d'un agrégateur) avec des écarts de prix selon les périodes (heures pleines / heures creuses / hyperpointe) ; comme dans le cas précédent les producteurs distribués sont incités à réserver leurs injections aux périodes de prix élevés et à déplacer leur consommation vers les heures creuses et/ou stocker la production PV pour revendre en heures pleines.

Dans les deux cas, les producteurs d'électricité répartie seront incités à installer des dispositifs de stockage d'électricité plus ou moins importants à l'échelle du bâtiment.

Dans l'hypothèse où l'agrégation serait effectuée par un acteur à l'échelle du quartier (regroupement de syndicats de copropriétaires par ex.), le stockage pourrait être de taille plus importante, autorisant une optimisation sur une échelle plus large que le seul bâtiment.

8.5.8 Quelle régulation équilibre offre / demande ?

La question de la gestion de l'équilibre offre / demande qui pourrait devenir une question centrale pour le système électrique compte tenu des perspectives d'intégration de quantités croissantes d'énergies intermittentes peut également interférer sur les schémas d'approvisionnement énergétique des écoquartiers. Les dispositifs envisagés pour gérer l'équilibre offre/ demande sont les suivants :

- Pilotage des charges (les smart grids associés à des offres tarifaires spécifiques)
- Dispositifs de stockage d'électricité (soit de grande taille en nombre limité – STEP – soit de petite taille en grand nombre – véhicules électriques) ou stockage d'électricité sous forme de chaleur
- Centrales de back up (ou interconnexions)

A priori, l'élargissement du périmètre concerné (SG ou VE) ou de la taille des dispositifs (STEP ou centrales de back up) tend à améliorer leur efficacité : plus le nombre de consommateurs concernés est important plus les effets des smart grids sur la charge seront significatifs, par exemple (effet de masse); plus la taille des centrale de back up est grande plus les coûts unitaires sont faibles (économies d'échelle) ; on peut donc imaginer une évolution du système électrique qui gère de façon centralisée les productions réparties intermittentes. Mais à l'inverse, on peut imaginer une gestion rapprochée des productions réparties intermittentes, par exemple à l'échelle de la ville ou du quartier, qui viserait à maximiser l'exploitation des ressources locales, profiter de compétences et synergies à l'échelle locale (assainissement, déchets, logement social, transport public ...), pour un projet visant à renforcer l'autonomie énergétique régionale / locale. Dans cette perspective, une partie de la responsabilité de l'équilibre offre/ demande pourrait incomber à l'échelle locale se traduisant par le développement de stockages locaux de taille plus faible associés à des systèmes de smart grids optimisant entre déplacement des charges, stockage, import / export d'électricité et combinant les vecteurs électricité et chaleur. Des agrégateurs (de type public / associatif) pourraient ainsi prendre en charge l'équilibre O/D local. Ils constitueraient l'interface entre l'ensemble des consommateurs / producteurs d'électricité répartie et le marché électrique en proposant des offres d'effacement ou des offres de vente d'électricité renouvelable intégrant une garantie de puissance (l'agrégateur évite alors de payer des pénalités de déséquilibre en combinant les moyens de production locale et les capacités d'effacement sur l'écoquartier).

9 Conclusion

Gilles Debizet avec Nicolas Buclet et Caroline Gauthier (Méthodologie d'élaboration des scénarii)

La recherche Ecoquartier NEXUS Energie répond à une double finalité :

- développer l'intercompréhension entre disciplines scientifiques, en l'occurrence dans un bassin de la recherche française qui dispose de la plus grande diversité disciplinaire de chercheurs travaillant sur l'énergie et l'environnement,
- de coproduire des connaissances nouvelles, en l'occurrence d'explorer les champs des possibles en matière de stockage infra-urbain de l'énergie afin de formuler des propositions opérationnelles à deux horizons temporels :
 - 2020, identification des leviers possibles - faiblement émetteurs de GES - pour un lissage local des intermittences de la production et de la consommation de l'énergie et caractérisation des conditions de déploiement du stockage de l'énergie à partir de technologies déjà en vigueur dans le secteur de la construction en 2012,
 - 2040, proposition de scénarios d'(éco)quartier ou d'assemblage en milieu urbain plus ou moins dense, capables de lisser les intermittences et plus ou moins performants en terme de facteur 4.

La première finalité est aussi un moyen pour mener à bien la seconde. Réciproquement, la coproduction de connaissances est une opportunité pour développer l'intercompréhension. L'intérêt de la coproduction réside donc autant dans son produit final que dans son processus.

C'est pourquoi cette conclusion présente les principaux résultats de l'enquête, ils seront affinés et discutés dans la suite du projet. Elle décrit aussi les trajectoires suivies par les contributeurs de ce rapport : la façon dont ils ont exploités l'enquête ou bien celle dont ils ont mobilisé des connaissances techniques et économiques pour répondre aux objectifs de la recherche. Ce bilan des chapitres est suivi d'une proposition méthodologique d'élaboration des scénarii prospectifs qui marque la fin de ce deuxième rapport intermédiaire et le démarrage du troisième work package.

9.1 Principaux résultats provisoires de l'enquête

A ce stade de la recherche, l'enquête menée sur quatre terrains urbains apporte des éléments de réponse sur la coordination des énergies aux échelles de l'ilot et du quartier : la prise en compte de la gestion des intermittences et du stockage de l'énergie, les forces motrices, les partenariats et les compétences requises.

La gestion des intermittences et le stockage des énergies ont été mises à l'agenda politique très récemment (question explorée sur les plans technique et économique dans les chapitres 7 et 8). Dans les trois projets portés par les municipalités depuis plusieurs années (De Bonne à Grenoble et Sainte-Geneviève à Nanterre et Bastille à Fontaine), ce problème n'a pas été explicitement posé par les élus et les aménageurs, ni par les maîtres d'ouvrages de bâtiments : c'était l'affaire des techniciens et notamment des exploitants des réseaux d'énergie. De fait, certaines solutions innovantes adoptées présentent des caractéristiques intéressantes de ce point de vue (cogénération de chaleur et d'électricité au moment où la demande est la plus forte, stockage du bois en amont de la livraison, utilisation d'une ressource locale non intermittente) mais elles ne sont pas mises en avant dans les discours (à tel point qu'aucun chapitre de ce rapport ne le mentionne). En revanche, le projet le plus récent (Issygrid) qui est porté par des acteurs privés se fixe explicitement des objectifs en la matière (chap. 1).

Trois types d'acteurs constituent des forces motrices pour le développement de systèmes énergétiques - physiques ou virtuels- à l'échelle de l'ilot ou du quartier :

- Les villes souhaitent développer les énergies renouvelables : au-delà de l'énergie solaire captable et utilisable à l'échelle du bâtiment, c'est par des chaufferies qu'elles promeuvent des systèmes énergétiques à ces échelles. La maîtrise de grands terrains et la procédure ZAC constituent les outils et leviers opérationnels de leur ambition (chap. 3). La diversification des modes de production de

chaleur pourrait être un objectif politique d'affirmation de leur autorité dans le domaine de l'énergie à l'instar du projet De Bonne à Grenoble.

- Certains grands acteurs privés de la construction et de l'énergie se penchent sur ces échelles en développant une approche très différente : virtuelle et basée sur les technologies de la communication et de l'information exploitant les facilités de mesures et d'automatisation existantes sur les réseaux électriques (chap. 1). Leur stratégie n'est pas encore définie : profitant d'une conjoncture locale particulière (la localisation de services de développement dans des immeubles situés dans le même quartier), ces grands groupes expérimentent conjointement des solutions techniques et des modèles d'affaires (chap. 6). Contrairement aux villes, il est pour le moment difficile de cerner des tendances en terme de répartition de modèles d'affaires et de coordination de l'énergie.
- Certains distributeurs locaux et exploitants d'énergie (à l'image de *Gaz et Electricité de Grenoble*) ont les capacités et peuvent être motivés si tant est que leur tutelle le demande (chap. 3). Les grands groupes nationaux spécialisés dans l'énergie thermique s'intéressent à des projets à ces échelles comme exploitant mais pas comme délégué de service public (chap. 3). Enfin, les distributeurs du service public de l'énergie jouent des partitions très variables selon leur périmètre d'action et leur positionnement dans les chaînes de décision : le distributeur national de l'électricité n'apparaît pas une force motrice.

L'Etat apparaît en toile de fond par sa fonction de prescripteur et de régulateur via la réglementation de la construction centrée sur le bâtiment (chap. 4 et 5), le Code de l'Energie (dispositions tarifaires, définition des acteurs autorisés à vendre de l'électricité, péréquation et CSPE, TVA à taux réduite pour les réseaux de chaleur ...) et la réglementation locale de l'urbanisme qu'il encadre (chap. 3). Comme l'Union Européenne (chap. 5), l'Etat contribue aux expérimentations par des financements et des prescriptions ad hoc (notamment via l'ADEME) et aux apports de connaissances et de savoir-faire.

En dehors d'IssyGrid où les figures d'utilisateurs de l'énergie et de porteurs du projet se confondent, les utilisateurs sont peu présents comme acteurs des projets urbains (chap. 4 et 6). Il est vrai qu'ils n'arrivent sur le site qu'à la livraison des bâtiments et des équipements et que nous avons choisi des noeuds socio-énergétiques qui sont -pour le moment- essentiellement mis en oeuvre dans de nouveaux quartiers.

Les partenariats et la maîtrise de compétences sont des facteurs clés de la mise en oeuvre d'innovation. L'imbrication de NSE aux échelles de l'ilot et du quartier dans les chaînes énergétiques (et de valeur) rend indispensable les collaborations (chap. 3, 4 et 6). En amont avec les fournisseurs de la ressource : au-delà des réseaux physiques institués de longue date (gaz, électricité) et dont les interfaces sont réglées, il s'agit de partenaires émergents (filère biomasse), d'entrants dans la chaîne tels que les autorités publiques et les exploitants de réseaux d'eaux usées, les communes comme régulatrices du sous-sol et les maîtres d'ouvrage et propriétaires des bâtiments producteurs d'énergie d'origine solaire ou éolienne (chap.3). Evidemment, ces derniers sont aussi les principaux partenaires en aval. L'organisation de la construction immobilière en France et la distribution des compétences techniques qui en découle prédétermine les activités de conception et rend plus ou moins difficile la mise au point des NSE novateurs : transgresser les frontières entre le bâtiment et le réseau soulève des défis en terme de compétences (chap. 3 et 4) plus complexes que ne l'est la performance énergétique des bâtiments (abondamment traitée par les chapitres 5 et 6).

Plusieurs chapitres de ce rapport esquissent des variables structurantes d'assemblage de systèmes énergétiques aux échelles de l'ilot et du quartier, et par conséquent, de la gestion des intermittences et du stockage de l'énergie :

- les spécificités du stockage de la chaleur et de celui de l'électricité, leurs échelles spatiales et temporelles d'utilisation et les acteurs correspondants, leur couplage potentiel avec les énergies renouvelables intermittentes (chap. 7),
- les enjeux socio-économiques et environnementaux, les formes et les échelles d'optimisation technico-économiques (efficacité énergétique vs carbone, énergie positive vs autonomie, nation vs quartier), le niveau d'urbanisation (construction neuve vs rehabilitation), les modes de gouvernance, les modalités d'effacement de la demande et ses tarifications et les modalités de régulation en temps réels (chap. 8),

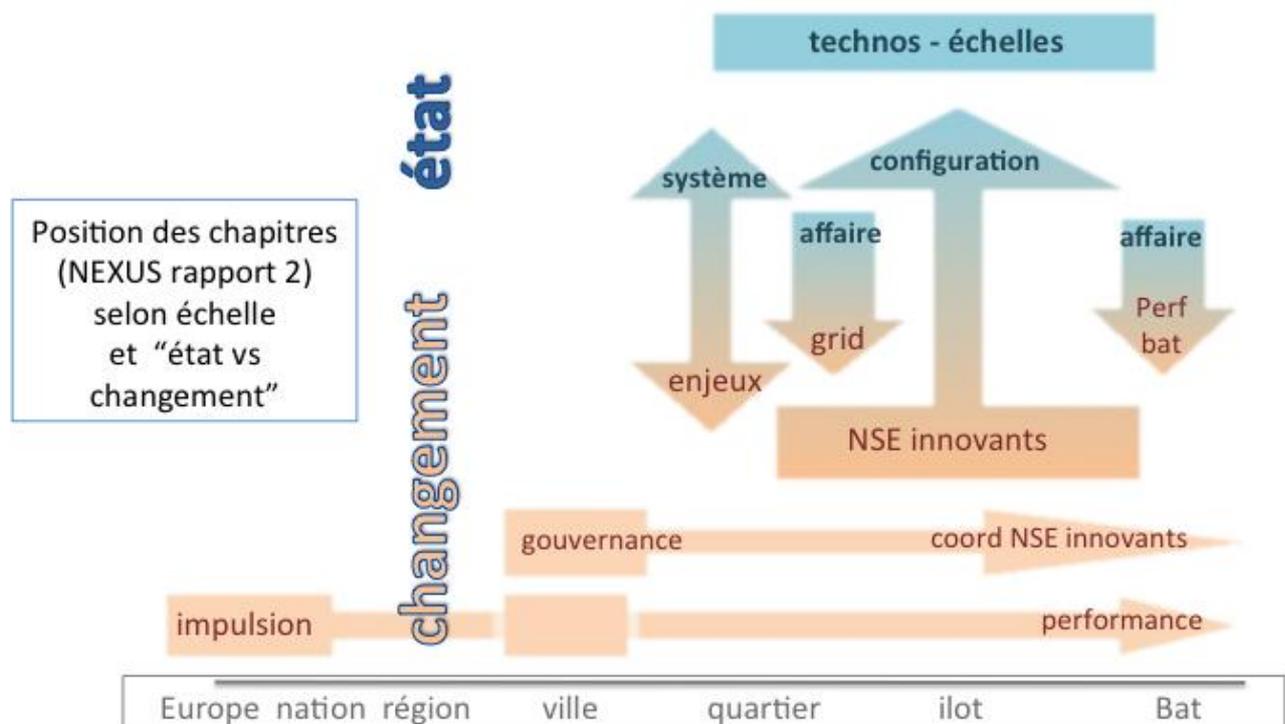
- ou, regroupées en quatre familles : capacité de l'autorité locale, inscription dans des schèmes organisationnels, économie des sous-projets et disponibilité des ressources (chap. 3)

A ces analyses pleinement ciblées sur le sujet de NEXUS, il convient d'ajouter la catégorisation offerte par la notion de modèle d'affaires : réseau de valeur, ressources et moyens organisationnels et modèle de profit (chap. 6). Cette trame pourrait être déclinée par type d'acteurs existants ou émergents et pour imaginer de nouveaux types d'acteurs à l'horizon 2040.

9.2 Etat de la coproduction de connaissances par l'équipe NEXUS

Ce rapport assemble des contributions portées par des chercheurs de différentes disciplines. La méthodologie d'enquête a été élaborée pour développer l'intercompréhension dans la construction du corpus d'entretiens communs : la détermination des objets et des terrains, l'élaboration de la grille d'entretien, l'organisation des enquêtes et le précodage des entretiens (chapitre 2). Les défis méthodologiques étaient nombreux. Cette méthode a évité les écueils de l'incompréhension entre disciplines et d'une juxtaposition sans cohérence des connaissances produites. Le concept de noeud socio-énergétique (NSE) a réussi son passage d'objet-valise (adhésion initiale des chercheurs à la proposition de recherche) à celui d'objet-frontière (production de connaissances communes sans aliénation des connaissances spécifiques), il a permis d'identifier explicitement des objets que les chercheurs se sont plus ou moins appropriés (cf. infra).

Quatre analyses (chapitres 3 à 6) plutôt mono-disciplinaires ont été menées en mobilisant le même corpus. En parallèle, deux chapitres, plus normatifs, ont été rédigés en interaction avec le coordonnateur scientifique en mobilisant les questionnements de l'équipe lors des comités de pilotage et des journées scientifiques. Le schéma ci-dessous positionnent ces chapitres individuels (par binôme pour les chapitres 3 et 6) selon les échelles spatiales et l'attention portée au changement (analyse diachronique) ou à un état (analyse synchronique).



Un chapitre est clairement synchronique : il est focalisé sur les technologie et les échelles des systèmes énergétiques (chap. 7). Deux chapitres se focalisent sur le changement, l'un (chap. 5) traite exclusivement de la performance énergétique des bâtiments et l'autre (chap. 4) de la gouvernance et de la coordination de l'innovation sans distinguer les trois échelles infraurbaines. Les autres chapitres naviguent entre "état" et "changement" : l'un (chap. 6) part du concept de modèle d'affaires pour s'intéresser à ses évolutions en se focalisant sur deux aspects (la performance énergétique des bâtiments

à De Bonne et le grid électrique local à Issygrid), un autre (chap. 3) analyse les NSE innovants pour cerner les configurations déterminant les assemblages de systèmes énergétiques, le dernier (chap. 8) propose des systèmes types de coordination d'énergie et les met en relation avec des enjeux dynamiques.

Ainsi se dessinent les acquis provisoires du projet NEXUS.

- Les analyses développées combinent de façon variable des approches diachroniques et synchroniques.
- La production de connaissance sur les systèmes (état) aux échelles de l'îlot et du quartier est principalement technique et technico-économique.
- Celle des processus de changement a mobilisé les SHS : elle couvre en partie ces échelles (la gouvernance et les assemblages urbains notamment), les autres analyses étant focalisées sur la performance énergétique des bâtiments (sobriété énergétique).

Les deux approches - synchronique et diachronique- seront mobilisées dans la suite de la recherche. La première dominera l'élaboration des scénarii 2040, et la deuxième pour dresser les tendances d'ici 2020. Des rapprochements importants restent à faire notamment pour déplacer la focale "changement" de la performance énergétique du bâtiment vers les NSE aux échelles du bâtiment, de l'îlot et du quartier. Cela alimentera le travail prospectif 2020. Pour l'horizon 2040, il conviendra de distinguer parmi les caractéristiques et les interactions celles qui sont systémiques de celles qui sont transitoires. Voici comment nous envisageons d'élaborer les scénarii.

9.3 Méthodologie d'élaboration des scénarii

(Nicolas Buclet, Gilles debizet, Caroline Gauthier)

Il est prévu, dans le cadre du projet NEXUS, de mener une démarche prospective sur les façons dont les bâtiments et la ville pourraient contribuer au lissage de l'intermittence et au stockage de l'énergie à l'horizon 2040 dans un contexte de sobriété énergétique et de mobilisation massive des énergies renouvelables. L'objectif n'est pas de dessiner ce que pourrait être la ville du futur, ni même des bouts de ville du futur, mais de réfléchir aux divers agencements envisageables entre acteurs, bâtiments et dispositifs techniques. Cette réflexion devrait donner lieu à l'élaboration de scénarii contrastés qui mettent en lumière les effets des modes de coordination et des régulations publiques. Nous émettons en effet l'hypothèse que la transformation de la ville s'opère par assemblage de *Nœuds Socio-Energétiques* portés par des acteurs et circonscrits par des modes de coordination, eux-mêmes liés à des régulations publiques. Les scénarii dont il sera question n'ont pas pour autant pour objectif d'être « réalistes ». Il s'agit de montrer, en allant au bout d'une logique favorisant un mode de coordination donné et, partant, attribuant un rôle moteur à une catégorie d'acteur plutôt qu'une autre, ce que pourraient être les tendances futures, les opportunités que cela engendre, mais aussi les craintes que cela peut susciter auprès de certains acteurs et les dérives que l'on peut supposer.

- Caractérisation des scénarii

La discussion actuelle au sein de l'équipe Nexus table sur l'élaboration de quatre scénarii, qui varient au départ sur un point précis : le type d'acteur au cœur du processus de transformation de la ville. Les acteurs privilégiés sont les suivants :

- Les entreprises privées impliquées stratégiquement dans la fabrique de la ville, qu'il s'agisse des grosses entreprises du bâtiment et/ou, surtout, des entreprises productrices de « solutions » pour la ville, fondées sur une haute maîtrise technologique de la « ville intelligente » ;
- Les particuliers (et les petites entreprises) qui, individuellement ou, plus probablement collectivement, portent des projets d'habitat (entre autres par le biais de coopératives) ou de transformation de leur habitat (les copropriétés notamment mais pas seulement) plus ou moins fondés sur l'autonomie et la prise en main de la ville par ses habitants ;
- Les collectivités locales qui ont à la fois le souci de produire de l'espace public, du vivre-ensemble à l'échelle de la ville, du dynamisme économique et social, et de faire fonctionner une ville « décarbonnée » et peu gourmande en énergie, tant au niveau des bâtiments qu'à celui des fonctions urbaines et des pratiques habitantes ;

- Les pouvoirs publics centraux organisant les régulations avec un souci de planification, à une autre échelle que celle de la ville, du territoire sous leur responsabilité (la France pour l'État français).

Avec des catégories d'acteurs aussi marquées au centre des dispositifs, le travail devrait aboutir à l'élaboration de scénarii également marqués, voire caricaturaux. Il est par ailleurs fort probable que la réalité qui pourrait se dessiner sera à la fois le résultat de conflits et de luttes de pouvoirs entre acteurs, aux intérêts pas forcément convergents, et le résultat de compromis, de formes de coexistence qui, selon les territoires concernés, les trajectoires socio-technico-économico-politiques qui leur sont particulières, aboutiront à des arrangements différents d'une ville à l'autre.

- Étapes du travail prévu

Afin de donner corps à ces scénarii, plusieurs étapes sont prévues dans les mois à venir, centrées autour de la tenue d'ateliers prospectifs.

- Rédaction de courts récits qui serviront d'ossature pour les quatre scénarii prévus

Ces récits décriront un morceau de ville ou un assemblage résultant principalement des acteurs appartenant à l'une des catégories décrites ci-dessus. Ces récits pourront s'inspirer de cas emblématiques que l'on voit émerger aujourd'hui. En ce sens, au-delà d'un court texte nécessaire à la réflexion collégiale au sein de l'équipe Nexus, nous accumulons des supports visuels (idéalement des films) qui nous permettront de donner corps à ces visions d'acteurs. Ce matériel visuel sera particulièrement utile en phase d'atelier, afin d'être présenté et de faire réagir les acteurs invités.

- Identification des principales variables de caractérisation et différenciation de chaque scénario

Ces variables permettront de caractériser chaque scénario et constitueront également le cœur des discussions des deux journées d'atelier. Ces variables seront définies à partir des analyses élaborées dans les phases amont du projet NEXUS. Elles seront esquissées au sein du WP3 dans les contributions suivantes :

- Jeux d'acteurs urbains et cadres d'action
- Gouvernance et mobilisation
- Modèles d'affaires
- Potentiel de coopération et de mutualisation entre acteurs
- Technologies de production et distribution intégrant le stockage de l'énergie (fait cf. chapitre 7)
- Prospective technico-économique (fait en grande partie cf. chapitre 8)

Ensuite, nous devrions parvenir collégialement à définir un maximum de vingt variables qui seront retenues et discutées au cours de l'atelier.

- Tenue des ateliers

Les ateliers se tiendront sur deux jours. Seront invités à ces ateliers des personnes que l'on souhaite représentatifs des principales catégories d'acteurs qui nous paraissent pertinentes, eu égard au type de scénarii que nous entendons élaborer.

Nous nous appuyons sur la méthodologie PAT-Miroir, mise au point par des chercheurs de l'UTC. La méthode alterne des moments de débats collectifs, de notation individuelle et des restitutions/reformulations intermédiaires. Le logiciel PAT Miroir permet de visualiser en moins d'une heure des résultats d'une notation d'items par une quinzaine de personnes. Il fait prendre conscience des enjeux différenciés aux parties prenantes d'une action commune et permet de leur faire définir ensemble des priorités et le contenu de l'action de façon consensuelle.

La méthode PAT Miroir sera utilisée pour identifier les réticences et les relations (synergies, incompatibilités ...) entre les variables identifiées par les chercheurs de Nexus et de les hiérarchiser en fonction de leur influence et/ou de leur probabilité. C'est ce qui nous permettra d'identifier l'intérêt, le potentiel, mais aussi les limites et les inconvénients des différents scénarii, du point de vue des différents acteurs participant aux ateliers.

- Retour sur les scénarii

Suite aux deux journées d'atelier, un travail sera accompli collectivement par l'équipe de chercheurs de Nexus. Il s'agira d'analyser les résultats de l'atelier, de mieux évaluer l'importance des variables préalablement identifiés et leurs potentiels de synergie et d'élaborer des assemblages de nœuds socio-énergétiques caractérisant les divers scénarii.

- Restitution aux acteurs

Après cette phase de redéfinition des scénarii, une restitution sera organisée auprès des acteurs ayant participé à l'atelier, mais également à un public plus large d'acteurs.

Table des Figures

FIGURE 1 - LE QUARTIER DE BONNE DANS LE CŒUR HISTORIQUE (SOURCE : VILLE DE GRENOBLE)	11
FIGURE 2 - QUARTIER DE BONNE AU CŒUR DE L'AGGLOMÉRATION (SOURCE : VILLE DE GRENOBLE).....	11
FIGURE 3 - DIVERSITÉ DES PROJETS IMMOBILIERS (SOURCE : VILLE DE GRENOBLE).....	12
FIGURE 4- CARTOGRAPHIE DES RÉSEAUX D'ACTEURS DE BONNE (BLANCHARD ET AL.)	13
FIGURE 5 - PLAN DES MAÎTRES D'OUVRAGE ET DES 4 OPÉRATIONS ENQUÊTÉES (SOURCE : VILLE DE GRENOBLE).....	14
FIGURE 6 - CARRÉ MANSART ILOT C (PHOTO GILLES DEBIZET)	15
FIGURE 7 - ASSEMBLAGE NSE DE BONNE BÂTIMENTS C ET J (DEBIZET).....	16
FIGURE 8 - IMMEUBLE HENRI IV (PHOTO : VILLE DE GRENOBLE).....	16
FIGURE 9 - ASSEMBLAGE DES NSE COGÉNÉRATION ILOTS A, B ET G (DEBIZET).....	17
FIGURE 10 - ASSEMBLAGE COGÉNÉRATION ILOT H (DEBIZET).....	17
FIGURE 11 - EQUIPEMENTS EN AVAL DE LA COGÉNÉRATION (SOURCE : ALEC AGGLOMÉRATION GRENOBLOISE 2011).....	18
FIGURE 12 - LE PARTISAN J3 (PHOTO VILLE DE GRENOBLE).....	18
FIGURE 13 - IMMEUBLE BONNE ÉNERGIE (PHOTO GILLES DEBIZET).....	19
FIGURE 14 - ASSEMBLAGE GÉOTHERMIE + PV IMMEUBLE I BONNE ÉNERGIE (DEBIZET)	20
FIGURE 15 - ASSEMBLAGE NSE BASTILLE-FONTAINE "CHAUFFERIE BOIS QUARTIER" (DEBIZET)	21
FIGURE 16 - LOCALISATION ZAC BASTILLE À FONTAINE (38) (SOURCE : CARTE IGN)	22
FIGURE 17 - PLAN DU QUARTIER BASTILLE À FONTAINE (SOURCE CETE-OUEST).....	22
FIGURE 18 - RÉSEAU DE CHALEUR AVEC RÉCUP CHALEUR EAUX USÉES (SOURCE VILLE DE NANTERRE)	24
FIGURE 19 - ASSEMBLAGE NSE STE-GENEVIÈVE-NANTERRE "CHAUFFERIE MIXTE + RÉSEAU QUARTIER" (DEBIZET)	24
FIGURE 20 - QUARTIER SAINTE GENEVIÈVE À NANTERRE.....	25
FIGURE 21 - ISSYGRID (SOURCE VILLE D'ISSY)	27
FIGURE 22 - NOMBRE DE RÉFÉRENCES CODÉES SELON LEUR PÉRIMÈTRE D' ACTIONS DES ENQUÊTÉS ET SELON LE DISPOSITIF TECHNIQUE OU L'ENJEU.....	38
FIGURE 23 - NOMBRE D'ENTRETIENS TRAITANT DU DISPOSITIF TECHNIQUE (ET DE L'ENJEU) SELON L'ENQUÊTEUR RÉFÉRENT	38
FIGURE 24 ASSEMBLAGE DE NSE COGÉNÉRATION ILOTS A-B-G DE BONNE GRENOBLE	47
FIGURE 25 RÔLE DE L'AMÉNAGEUR ENTRE CONCERTO ET HORS CONCERTO, D'APRÈS NICOLAS ANSOT, MÉMOIRE DE MASTER MOBAT 2009-10 SOUS LA DIR. DEBIZET G. ET LEULLIER M. (DELAUNAY ET AL. 2010).....	52
FIGURE 26 ASSEMBLAGE DE NSE BASTILLE-FONTAINE "CHAUFFERIE BOIS QUARTIER" (DEBIZET)	54
FIGURE 27 - FP6, AXE « SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES DURABLES », CALENDRIER INDICATIF DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE (SOURCE : UE, 2002b :74).....	75
FIGURE 28 - DOCUMENTS ASSURANT LA PRISE EN COMPTE DES CIBLES CONCERTO (MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS DE CONSTRUCTION, GESTION DE L'ÉNERGIE, CONFORT HYGROTHERMIQUE) PAR LES OPÉRATEURS IMMOBILIERS (TERRE-ECO, 2004 ;2009)	81
FIGURE 29: LES QUATRE COMPOSANTES DU MODÈLES D'AFFAIRES	100
FIGURE 30: INSPIRÉ DU « OUT OF THE BOX », DE JOHN BESSANT	101
FIGURE 31: TYPOLOGIE D'ÉVOLUTION DES MODÈLES D'AFFAIRES DE NEXUS.....	105
FIGURE 32: PORTEFEUILLE DYNAMIQUE DE MODÈLES D'AFFAIRES (INSPIRÉ DE NAGJI & TUFF, 2012).....	106
FIGURE 33 - FOISONNEMENT DES CONSOMMATIONS.....	121
FIGURE 34 - BÂTIMENT VERSUS QUARTIER ; LES EFFETS D'AGGLOMÉRATION	122
FIGURE 35 - SYSTÈMES INDIVIDUALISÉS.....	125
FIGURE 36 - LE MODÈLE CENTRALISÉ	126
FIGURE 37 - LE MODÈLE DÉ-CENTRALISÉ.....	127
FIGURE 38 - RÉSEAUX BASSE TEMPÉRATURE ET SOURCES DIVERSIFIÉES	128
FIGURE 39 - TROIS MODÈLES D'APPROVISIONNEMENT	129

Bibliographie

- Publications scientifiques

Allard-Poesi, F. (2003), « Coder les données », in Y. Giordano (Dir.), *Conduire un projet de recherche, une perspective qualitative*, Caen : EMS, pp. 245-290

Bemtgen, Jean-Marie (2010) *Zero-energy Europe – we are on our way*, in *Proceedings of the Policy final conference “Visions of sustainable urban energy systems”*, 15-17 september 2010, Stuttgart: 9-10.

Berelson B. et Lazarsfeld P., 1948. *The analysis of communication content*. University of Chicago and Columbia University.

Brechon, Pierre. 2011. *Enquêtes qualitatives, enquêtes quantitatives*. Politique en + - août 2011. PUG (Presses Universitaires de Grenoble).

Bruno, I., 2008. *Y a-t-il un pilote dans l'Union ? : Tableaux de bord, indicateurs, cibles chiffrées : les balises de la décision*. Politix 82, 95.

Brobroff Jacotte (2011) *La caserne de Bonne à Grenoble : projet emblématique d'un développement durable à la française*. PUCA, 77 p.

Coutard, Olivier. 2010. « Services urbains : la fin des grands réseaux ». In *Ecologies urbaines*, édité par LEVY J.-P. (dirs) COUTARD O., 102-109. Coll. Villes. Economica/Anthropos. <http://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-00580937>.

Debizet, Gilles, et Eric Henry. 2009. « Qualité en conception, concurrence et management de la qualité ». In *La qualité architecturale Acteurs et enjeux*, pp 143-162. Cahiers RAMAU n°5. Biau V. & Lautier F.

Delaunay, Julien, Nicolas Ansoot, Lyes Benguerrah, Chinese Benzeghiba, et Souleyman Diallo. 2010. « CONCEPTION QEB DES IMMEUBLES DE L'ECO-QUARTIER DE BONNE HORS CONCERTO ». Mémoire de master MOBAt. Grenoble: UJF et UPMF.

Di Nucci Maria Rosaria, Gigler Ute, Pol Olivier et Spitzbart Christina (2010) *Concerto. Planning and implementation process assessment report*. Disponible en ligne : <http://concerto.eu/concerto/>

Gaudion, Joris, 2013. *Schneider Electric France. IssyGrid Project Business District Seine Ouest & Residential district Fort d'Issy. Bring Energy Flexibility Solutions at a district level in the future Smartcity*. PPT-PDF.

Gay, Stéphanie. 2011. « Eco-quartier: les paradoxes ». Mémoire de fin d'études Licence professionnelle, UPMF.

Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Chicago, IL: Aldine Publishin

Jacobsson & Bergek, 2004. *Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in rewevable energy technology*, Industrial and Corporate Change.

Johnson & Suskewicz, 2009. *How to jump – Start- the clean-tech economy*, Harvard Business Review.

Kaufmann, Jean-Claude, et François de Singly. 2007. *L'entretien compréhensif*. Paris: Armand Colin.

Koch Andreas et Kersting Jenny-Claire (2011) *International Energy Agency, Energy conservation in buildings and community systems programme. Annex 51 : Energy Efficient Communities – case studies and strategic guidance for urban decision makers*. 89 p.

Lejeune C., 2010, « Montrer, calculer, explorer, analyser. Ce que l'informatique fiat (faire) à l'analyse qualitative », *Recherches Qualitatives*, n°9, pp. 15-32

Marshall, Catherine & Rossman, Gretchen B. (1995). *Designing Qualitative Research* (2nd edition). Thousand Oaks, London and New Delhi: Sage Publications.

- Miles, M.B., Huberman, A.M. (1994) *Qualitative Data Analysis: An expanded sourcebook* (2nd edn.), Sage:London & Thousand Oaks, California
- Nagji & Tuff, 2012. *Managing your portfolio of innovation*, Harvard Business Review.
- Neri O'Neill Rebecca et Nadaï Alain (2012) *Risque et démonstration, la politique de capture et de stockage du dioxyde de carbone (CCS) dans l'Union Européenne*, Vertigo, 12(1). <http://vertigo.revues.org/12172#tocto2n1>
- Peissel Gilles (2011) *Grenoble. De Bonne, un écoquartier dans la ville*. Grenoble : SAGES. 43 p.
- Pinkse, Bohnsack & Kolk, 2013. *The role of public and private protection in disruptive innovation: The automotive industry and the emergence of low-emission vehicles*, Journal of Product Innovation Management, Forthcoming.
- Pol, O., 2009. *The CONCERTO monitoring database as a tool for benchmarking among sustainable communities and their energy performance assessment*, in: Act! Innovate! Deliver! Reducing Energy Demand Sustainability. Conference Proceedings. Presented at the Act! Innovate! Deliver! Reducing energy demand sustainability, ICE – International Consulting on Energy, Burgeap Group, La Colle sur Loup, France, pp. 539–550.
- Pol, O., Österreicher, D., 2007. *Evaluation methodology to assess the theoretical energy impact and the actual energy performance for the 27 communities of the European CONCERTO initiative*, in: Saving Energy – Just Do It! Conference Proceedings. Presented at the Saving energy – just do it!, ICE – International Consulting on Energy, Burgeap Group, La Colle sur Loup, France, pp. 633–642.
- Porter, 1990. *The Competitive advantage of nations*, New York, NY: The Free Press.
- Rosental Claude (2009) *Anthropologie de la démonstration*. Revue d'anthropologie des connaissances, 3(2) : 233 :252.
- Rosental Cl. (2010), « De la démo-cratie. Mener l'Europe à l'aide de démonstrations publiques », in S. Houdart & O. Thiery (dir.), *Humains, non-humains. Comment repeupler les sciences sociales*, Paris, La découverte, 2010, p. 121-131.
- Sidler Olivier (2003) *Réglementation énergétique dans les bâtiments antérieurs à 1975*. Proposition 16 du Manifeste Négawatt, 2 octobre 2003, 6 p.
- Souami, Taoufik. 2009. *Ecoquartiers secrets de fabrication, analyse critique d'exemples -*. Modes De Ville. Carnets de l'info.
- Star, Susan Leigh, et James R. Griesemer. 1989. « Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39 ». *Social Studies of Science* 19 (3) (janvier 8): 387-420.
- Tabourdeau, Antoine. 2013. « Fuelwood as an indicator of inconsistencies in a national forest policy: a case study in two French regions ». In *Socio-economic Analyses of Sustainable Forest Management*, édité par Ludek Sisak, Roman Dudik, et Michal Hrib. Czech University of Life Sciences Prague Department of Forestry Economics and Management.
- Verhage, Roelof, Menez, Florence, Lorenzi, Emmanuelle, Devisme, Laurent, Geppert, Anna, Bourdin, Virginie, et Leroy, Marie. 2012. « Apprentissage du développement urbain durable et changement des pratiques professionnelles : Expériences à Lyon, Nantes, Reims, ». *PIR Ville et Environnement*.
- Vinck, Dominique. 2009. « De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière ». *Revue d'anthropologie des connaissances* Vol. 3, n° 1 (1) (juin 22): 51-72..
- Wnuk Ryszard et Zaparty-Makówka Katarzyna (2010) *Concerto*. Policy recommendations publication. Disponible en ligne : <http://concerto.eu/concerto/>
- Young, O.R. *The Institutional Dimensions of Environmental Change: Fit, Interplay, and Scale*, Cambridge and Massachusetts: MIT Press. 2002, xiv-xv.

Young, O.R. 'Why Is There No Unified Theory of Environmental Governance?', PDF document: dlc.dlib.indiana.edu/archive/00000943/00/young020402.pdf. 2002, p.23-24.

- **Littérature grise**

ALEC. 2010. « Création d'un réseau de chaleur bois à Fontaine ». Présentation 8 septembre 2011, 29 diapos

CAE, DATAR, Académie des technologies, Créativité et innovation dans les territoires, rapport, 17 mai 2010, p.8.

CGDD. 2013. « Bilan énergétique de la France pour 2012 ». Conseil Général du Développement Durable,

Concerto (2006) Concerto newsletter, issue 1, September 2006, 8 p.

Concerto (2008) Position Paper on the Recasting of the Directive 2002/91/EC of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings, 7 p.

Concerto (2008b) Concerto newsletter, issue 5, July 2008, 8 p.

Décider ensemble. (2011). Ecoquartiers: la concertation au service de l'action; pratiques françaises et européennes pour l'élaboration de projets partagés (p. 104).

Enertech. 2011. « ZAC de Bonne - Evaluation par mesure des performances énergétiques des 8 bâtiments construits dans le cadre du programme européen Concerto - Rapport de synthèse ».

ICLEI (2008) Press release – « European mayors sign on a more active climate policy in Europe », Freiburg, 4 juin 2008.

ICLEI, Energy-Cities (2008) "The city of Grenoble joins the Covenant of Mayors", in SESAC: Sustainable energy systems in advanced cities – newsletter n° 6 – december 2008

ICLEI, Energy-Cities (2011) "Delft, Grenoble and Fäxjö inspire other Covenant of Mayors signatories", in SESAC: Sustainable energy systems in advanced cities – newsletter n° 10 – may 2011

Rampillon, 27/03/13 journée PEHCT, coordonnée par G. Debizet.

MEEDDM (2009) Dossier de presse, 1ère conférence nationale Ville Durable, Annonce par Jean-Louis Borloo et Benoist Apparue des résultats de l'appel à projets EcoQuartier et de la démarche EcoCité, mercredi 4 novembre 2009, Paris, Musée du Quai Branly, 78 p.

Terre-Eco (2004) ZAC De Bonne. 5 – Cahier des recommandations accessibilité et haute qualité environnementale, version modifiée du 25 mai 2004, 37 p. disponible en ligne : <http://www.debonne-grenoble.fr/var/fr/storage/original/application/947b3833a264250d6e19c7264417d15c.pdf>

Terre-Eco (2009) Démarche haute qualité environnementale accessibilité. Charte d'objectifs (modèle), juin 2009. disponible en ligne : <http://www.debonne-grenoble.fr/index.php?fr/Espace-telechargement>

UE (2002) Le 6ème Programme-cadre en bref, édition décembre 2002, 39 p.

UE (2002b) Décision n°1513/2002/CE du Parlement Européen et du Conseil du 27 juin 2002 relative au sixième programme-cadre de la Communauté Européenne pour des actions de recherche, de développement technologique et de démonstration contribuant à la réalisation de l'espace européen de la recherche et de l'innovation (2002-2006).

UE (2004b) Key tasks for future european energy R&D. Recommendations for Research and Development by the Strategy Working Group of the Commission's Advisory Group on Energy, publié le 17 décembre 2004, 68 p.

UE (2004b) Traité établissant une Constitution pour l'Europe, 29 octobre 2004.

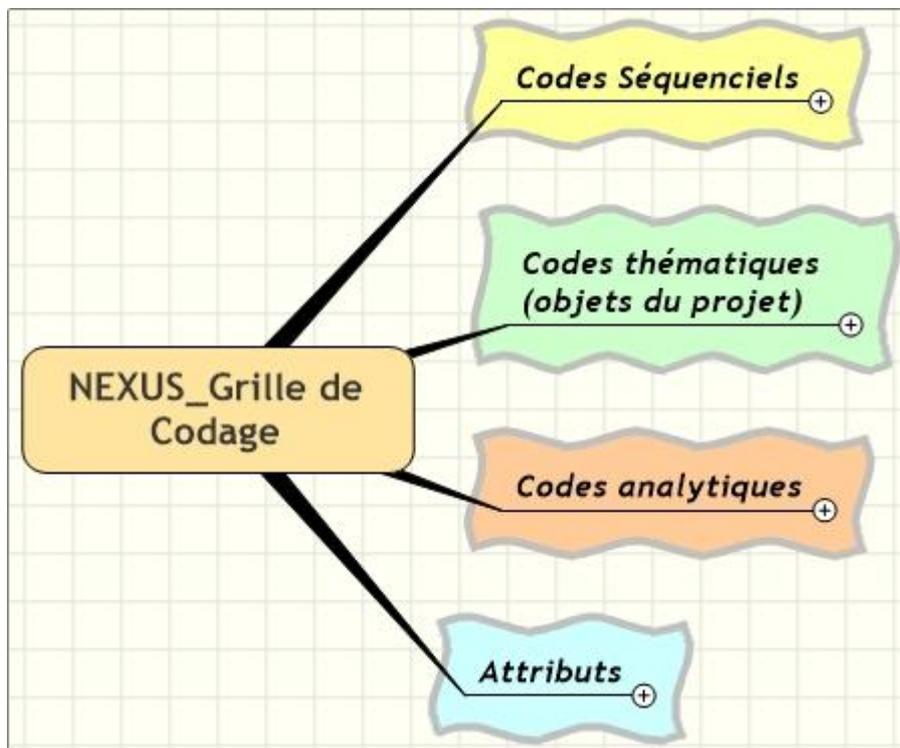
UE (2005) Commission Européenne, recherche communautaire, SP1- Priorité 6-1, 6.1 Systèmes énergétiques durables, "Programme de travail", Révision 4 pour l'appel TREN-4, juin 2005, 92 p.

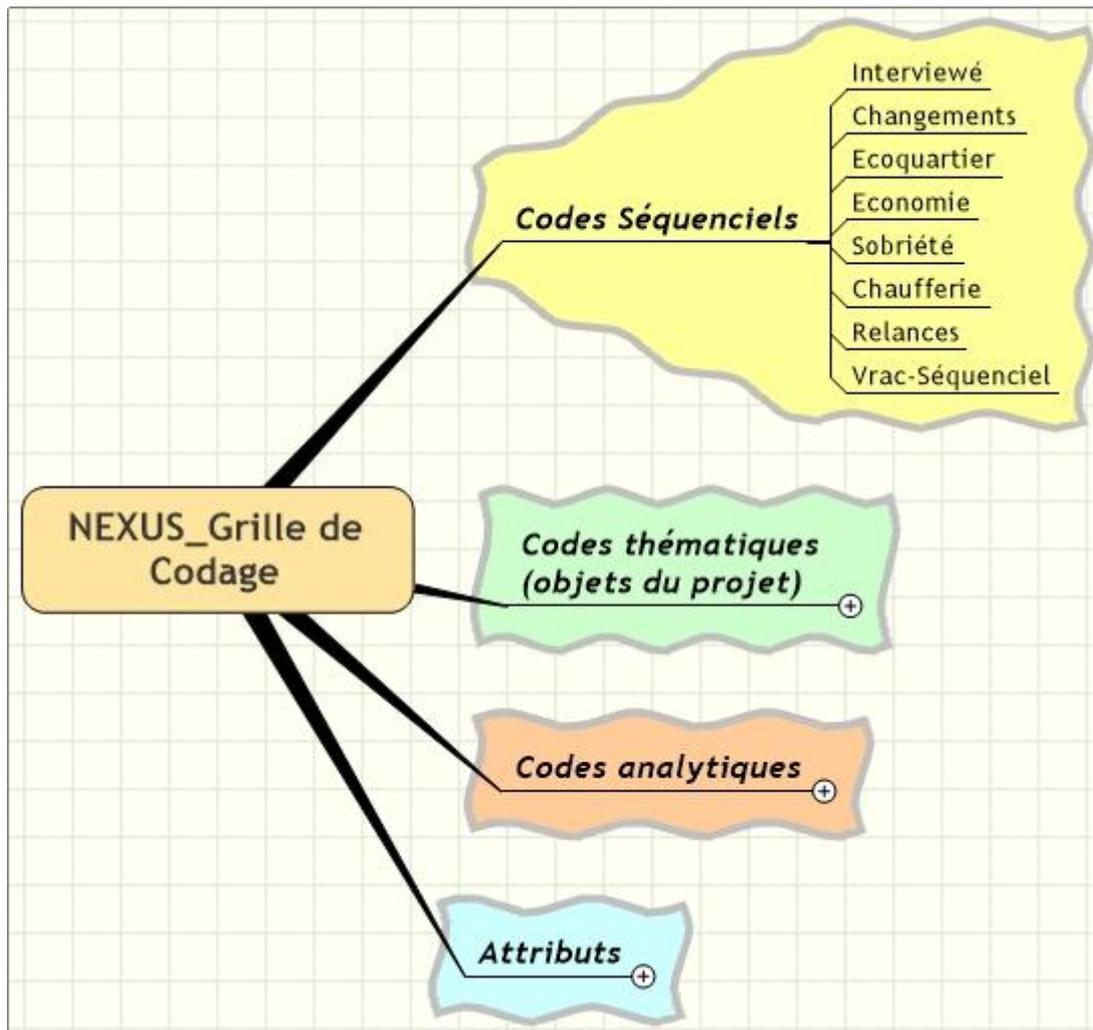
UE (2008) Communication de la commission européenne, « 20 20 by 2020. Europe's climate change opportunity », COM (2008) 30 final du 23 janvier 2008.

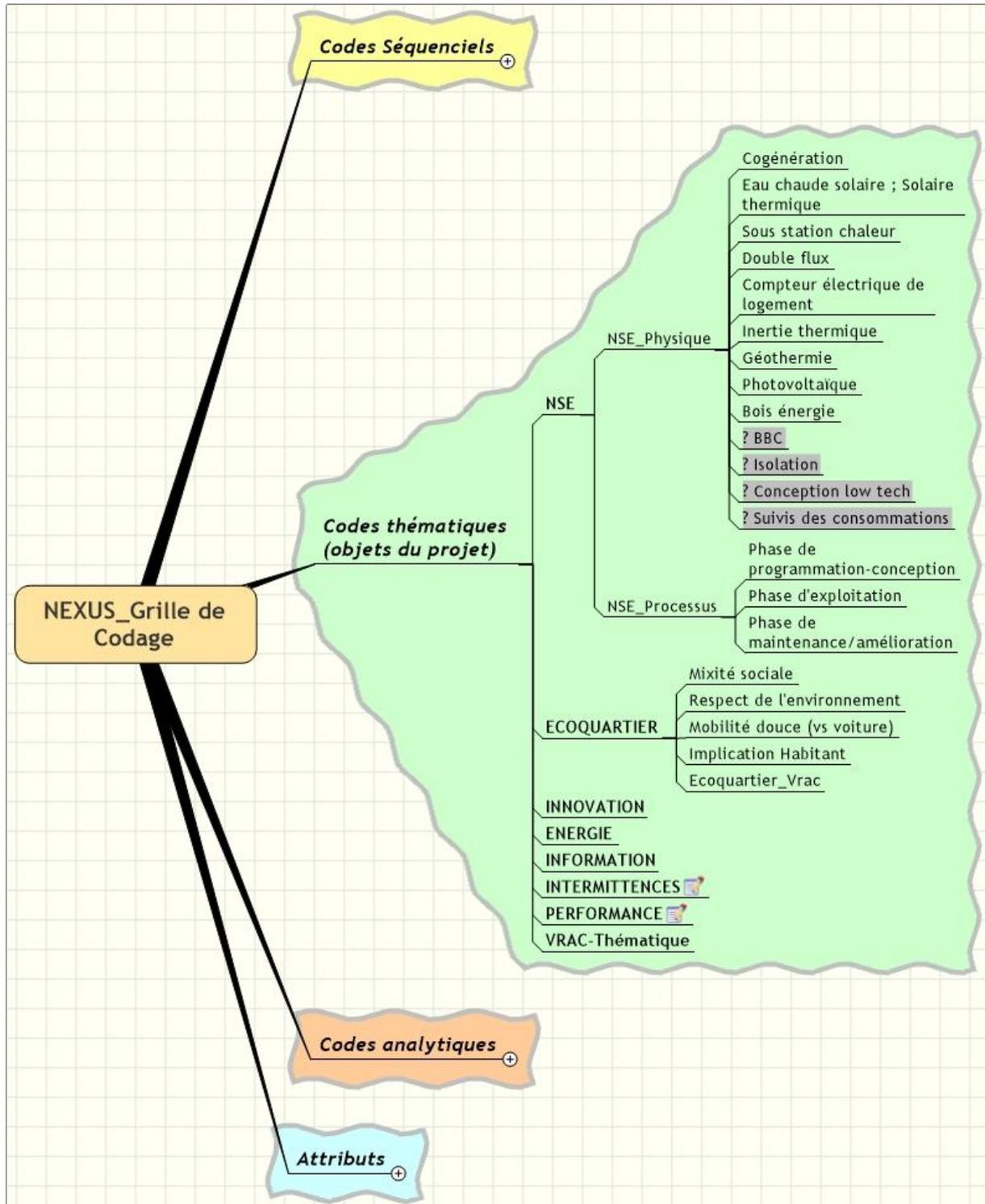
Ville de Grenoble (2005) Programme Concerto / Sesac 2005 – 2010. Energies renouvelables et habitat durable pour la ville de demain. Ville de Grenoble, direction de l'urbanisme. 17 p.

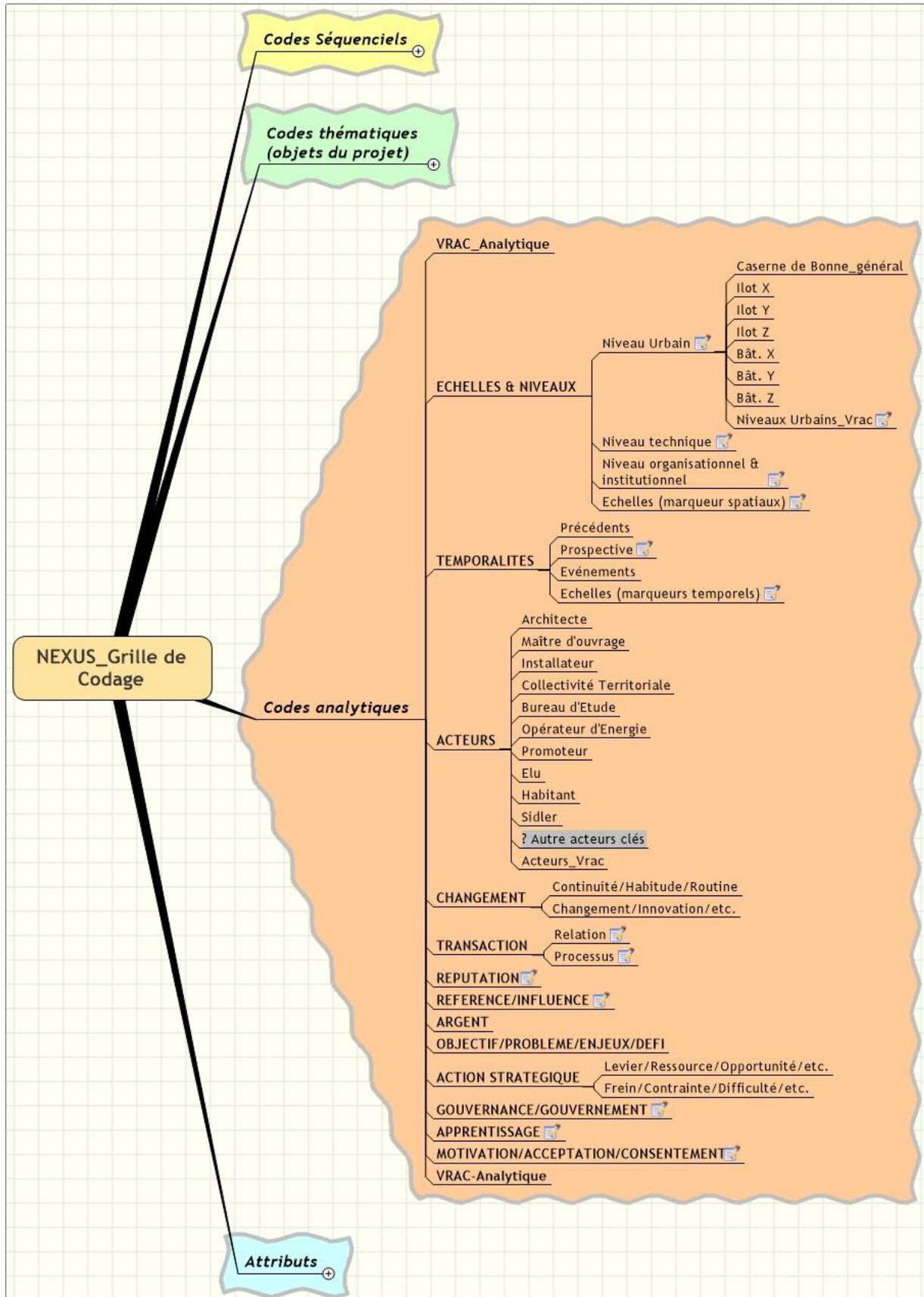
10 Annexes

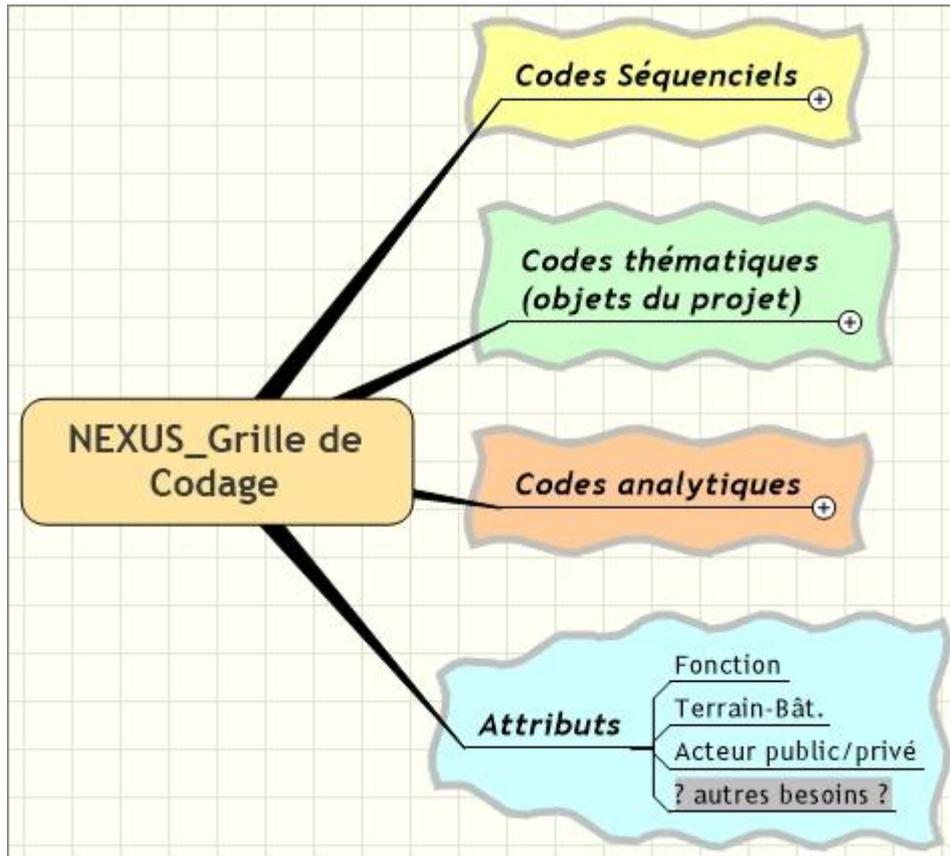
10.1 Annexe I : Version martyre de la grille de pré-codage











10.2 Annexe II - Version « définitive » de la grille de précodage

CODES1_DISPOSITIFS	
Di_BoisEnergie	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle de bois énergie.
Di_Cogénération	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle de cogénération.
Di_CpteurElectrSmartG	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle de compteur électrique et/ou smart grid.
Di_DoubleFlux	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle de double flux.
Di_Geothermie	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle de géothermie.
Di_IsolationExterieur	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle d'isolation par l'extérieur.
Di_Photovoltaïque	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle de photovoltaïque.
Di_RecupChaleur	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle de récupération de chaleur (eaux usées, nappe phréatiques, etc.)
Di-SolaireThermique	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle de solaire thermique.
Di_Vrac	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle d'un dispositif technique qui n'appartient à aucune des catégories prédéfinies ou pour lequel la personne chargée du codage n'a pas réussi à identifier avec précision la catégorie qui convient.
CODES2_ANALYTIQUES	
An_Apprentissage	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie un apprentissage. Cela peut concerner un retour d'expérience, un tâtonnement, une compétence, une itération, une erreur, ou lorsque l'enquêté tire les enseignements, fait état d'un retour d'expérience, fait référence à un évènement, etc.
An_Changement-Continuite	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie une continuité. Cela peut concerner (1) ce qui relève de l'habitude, de la routine mais également (2) ce qui résiste, ce qui tient, etc.
An_Changement-Discontinuite	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie une discontinuité. Cela peut concerner (1) ce qui relève du changement, de la rupture, de l'innovation, du virage, de la bifurcation, mais également (2) ce qui ne résiste pas, ce qui ne tient pas, etc.

An_Coordination-Processus	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie un processus de coordination. Cela peut concerner des processus de planification/expérimentation, accompagnement/cadrage, arbitrage, compromis, négociation, de processus imposés/négociés, directifs/concertés, mis en débat/indiscutables, etc.
An_Coordination-Relation	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie une relation entre des acteurs. Cela peut concerner des relations de consensus/dissensus, confiance/défiance, partenariat/concurrence, etc.
An_EchelleNiveau-OrgaInstitutionnel	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie un niveau organisationnel et/ou institutionnel.
An_EchelleNiveau-Spatialite	Toutes les séquences où la personne enquêtée utilise un marqueur spatial. Il peut s'agir : (1) d'entités spatiales ; (2) de processus scalaires (bottom-up/top-down ; centralisation/décentralisation, etc.)
An_EchelleNiveau-SystTech	Toutes les séquences où la personne enquêtée spécifie un niveau technique, un découpage des chaînes énergétiques en différents niveaux techniques
An_EchelleNiveau-Urbain	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie un niveau urbain (une enveloppe urbaine). Exemple de ce que l'on entend par "niveau urbain" : Logement, Bâtiment, Îlot, Quartier, etc.
An_EnjeuSocietal	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie un enjeu général. Cela peut concerner : un bien commun ou un objectif politique général et reconnu (sans forcément être partagé).
An_MotivationValeurs	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie une motivation, une acceptation, un consentement, une valeur, etc.
An_Projet-Frein	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie les "freins" relatif à l'atteinte d'un objectif. Il peut s'agir de : freins, contraintes, difficultés, etc.
An_Projet-Levier	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie les leviers, ressources, opportunités, etc. permettant d'atteindre un objectif. Il peut s'agir de : leviers, ressources, opportunités, compétences ; etc.
An_Projet-Objectif	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie l'objectif d'un projet.
An_Reputation	Toutes les séquences où la personne enquêtée mentionne et/ou qualifie la réputation d'un actant humain/organisation/institutionnel/technique. Cela peut concerner : la légitimité, la crédibilité, la fiabilité, la distinction, etc.

An_Temporalite-Marqueurs	Toutes les séquences où la personne enquêtée utilise un marqueur temporel. Ce code peut concerner : les entités temporelles citées par les personnes enquêtées ; les dynamiques temporelles auxquelles les enquêtés font références (durées, court/moyen/long terme, "passer du temps", rapide/lent, etc.)
An_Temporalite-Prospective	Toutes les séquences où la personne enquêtée se projette, fait des scénarios, anticipe, imagine des futures possibles, etc.
An_Vrac	Toutes les séquences pour lesquelles la personne chargée du codage n'a pas réussi à identifier de catégorie analytique malgré l'intérêt qu'elles présentent.
CODES3_ACTEURS	
Ac_Amenageur	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle des aménageurs ou d'un aménageur en particulier.
Ac_Architecte	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle des architectes ou d'un architecte en particulier
Ac_AssistantMaitreOuvrage	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle des assistants maîtres d'ouvrage ou d'un assistant maître d'ouvrage en particulier.
Ac_BureauEtude	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle des bureaux d'étude ou d'un membre d'un bureau d'étude en particulier.
Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle des collectivités territoriales ou d'un agent de collectivité territoriale en particulier.
Ac_CollectivitesTerritoriales-Elu	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle des élus des collectivités territoriales ou d'un élu de collectivité territoriale en particulier.
Ac_Habitant	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle des habitants ou d'un habitant en particulier.
Ac_Installateur	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle des installateurs ou d'un installateur en particulier.
Ac_MaitreOuvrage	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle des maîtres d'ouvrage ou d'un maître d'ouvrage en particulier.
Ac_OperateurEnergie	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle des opérateurs d'énergie ou d'un opérateur d'énergie en particulier.
Ac_PrescriptionsEcrites	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle d'actants écrits prescriptifs : tous les textes ("normes", cahiers de charges, règlements, conventions, etc.) auxquels les acteurs se réfèrent pour coordonner, légitimer, etc. leurs actions.
Ac_ProjetsProgrammesOperatiions	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle de projets, de programmes, d'opérations particulières.
Ac_ServicesAgencesEtat-Autre	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle des services-agences de l'Etat ou d'un agent de l'Etat en particulier.

Ac_ServicesAgencesEtat-Elu	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle des élus de l'Etat ou d'un élu de l'Etat en particulier.
Ac_Vrac	Toutes les séquences où la personne enquêtée parle d'un acteurs qui n'appartient à aucune des catégories prédéfinies ou pour lequel la personne chargée du codage n'a pas réussi à identifier avec précision la catégorie qui convient.
CODES4_THEMATIQUES	
Th_Argent	Toutes les séquences où la personne enquêtée évoque l'argent
Th_Energie	Toutes les séquences où la personne enquêtée évoque l'énergie
Th_Information	Toutes les séquences où la personne enquêtée évoque l'information
Th_Innovation	Toutes les séquences où la personne enquêtée évoque l'innovation
Th_Intermittences	Toutes les séquences où la personne enquêtée évoque les intermittences. Cela concerne le stockage, la mutualisation, les regroupements, la répartition des flux d'énergie, etc.
Th_Performance	Toutes les séquences où la personne enquêtée évoque la performance énergétique (sobriété), climatique, environnementale, etc.
Th_Phassage-Exploitation	Toutes les séquences où la personne enquêtée évoque une phase d'exploitation (intègre la maintenance, l'entretien, etc.)
Th_Vrac	Toutes les séquences pour lesquelles la personne chargée du codage n'a pas réussi à identifier de catégorie thématique malgré l'intérêt qu'elles présentent.

10.3 Annexe III - Outils d'assistance experte au pré-codage des acteurs

CdB	Absis	Ac_Vrac	Ac_Vrac
CdB	ACOM	Ac_Vrac	
CdB	Acoubard	Ac_MaitreOuvrage	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Acquéreurs	Ac_Habitant	Ac_Habitant
CdB	ACTIS	Ac_MaitreOuvrage	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Addenda	Ac_Vrac	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	ADER	Ac_Vrac	
CdB	AFBTP	Ac_Vrac	Ac_Installateur
CdB	AG de l'immeuble	Ac_Vrac	Ac_Habitant
CdB	AGEDEN	Ac_Vrac	Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre
CdB	Aktis	Ac_Architecte	Ac_Architecte
CdB	ALE	Ac_Vrac	Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre
CdB	ALEC	Ac_Vrac	Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre
CdB	Alter Développement	Ac_Vrac	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	AMO (association architecture et maitre d'ouvrage)	Ac_Vrac	Ac_Vrac
CdB	AMO HQE	Ac_AssistantMaitreOuvrage	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	ARCADIS	Ac_Vrac	
CdB	ARCAM (l'agence)	Ac_Vrac	Ac_Architecte
CdB	Argos	Ac_Vrac	
CdB	ASL	Ac_Vrac	Ac_Vrac
CdB	Association architecture et maitre d'ouvrage (AMO)	Ac_Vrac	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	Bageard Marcel	Ac_Architecte	
CdB	Bailleur Social	Ac_MaitreOuvrage	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Bailleurs de fonds	Ac_Vrac	
CdB	Balet Jean-Pierre	Ac_Vrac	
CdB	Betrec	Ac_AssistantMaitreOuvrage	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	Blain	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Bonne Boileau Marie	Ac_CollectivitesTerritoriales-Elu	Ac_CollectivitesTerritoriales-Elu
CdB	Bornarel	Ac_Vrac	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	Bouygues	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Broad	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Buffière Jérôme	Ac_Vrac	Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre
CdB	Bureau d'étude HQE	Ac_Vrac	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	Capri	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Castel Alain	Ac_Vrac	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	CCA	Ac_Vrac	
CdB	CCAS	Ac_Vrac	
CdB	CCIAG	Ac_Vrac	Ac_OperateurEnergie
CdB	CET	Ac_BureauEtude	Ac_BureauEtude
CdB	CFTB	Ac_Vrac	
CdB	Chanussot	Ac_Vrac	
CdB	Charon	Ac_Architecte	Ac_Architecte
CdB	Chêne Loïc	Ac_Vrac	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	Clients	Ac_Habitant	Ac_Habitant
CdB	commission développement durable de l'union sociale pour l'habitat	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage

CdB	Compagnies de chauffage	Ac_Vrac	Ac_OperateurEnergie
CdB	Compagnons de chantier	Ac_Vrac	Ac_Installateur
CdB	Concessionnaire	Ac_OperateurEnergie	
CdB	Conseil syndical	Ac_Vrac	Ac_Habitant
CdB	Constructeurs	Ac_Vrac	Ac_Installateur
CdB	Copro	Ac_Vrac	Ac_Habitant
CdB	Copropriétaires	Ac_Vrac	Ac_Habitant
CdB	Copropriété (la)	Ac_Vrac	Ac_Habitant
CdB	COTIB	Ac_Vrac	Ac_BureauEtude
CdB	CSPE	Ac_Vrac	Ac_Vrac
CdB	DALCIA	Ac_Vrac	
CdB	DALKIA	Ac_Vrac	Ac_OperateurEnergie
CdB	Debatisti Christian	Ac_CollectivitesTerritoriales-Elu	Ac_CollectivitesTerritoriales-Elu
CdB	Devilière	Ac_Vrac	Ac_Architecte
CdB	Distributeur d'énergie	Ac_Vrac	Ac_OperateurEnergie
CdB	Dubetrec Martin	Ac_AssistantMaitreOuvrage	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	Ecole du Bâtiment de Giers	Ac_Vrac	
CdB	Economistes	Ac_Vrac	Ac_BureauEtude
CdB	EDF	Ac_Vrac	Ac_OperateurEnergie
CdB	Eiffage	Ac_MaitreOuvrage	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Elitec	Ac_Vrac	
CdB	Energéticien	Ac_BureauEtude	
CdB	ENERTEC	Ac_AssistantMaitreOuvrage	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	Entreprise de maintenance	Ac_Vrac	Ac_Vrac
CdB	Entreprises de maintenance	Ac_Vrac	
CdB	Europe (l')	Ac_Vrac	Ac_Vrac
CdB	Exploitants	Ac_Vrac	
CdB	Fédération du bâtiment	Ac_Vrac	Ac_Installateur
CdB	Fournisseurs (entreprises)	Ac_Vrac	Ac_Installateur
CdB	François Edouard	Ac_Architecte	Ac_Architecte
CdB	Furazo	Ac_CollectivitesTerritoriales-Elu	
CdB	GEDEM	Ac_Vrac	
CdB	GEG	Ac_OperateurEnergie	Ac_OperateurEnergie
CdB	Gilbert Michel	Ac_MaitreOuvrage	
CdB	Grands commanditaires	Ac_Vrac	
CdB	Grenoble Habitat	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	GRETA	Ac_Vrac	
CdB	GTC	Ac_Vrac	
CdB	Gulio	Ac_Vrac	
CdB	Habitat et Territoire Conseil	Ac_Vrac	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	Hallé Bruno (Sis)	Ac_Vrac	
CdB	HQUistes	Ac_Vrac	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	HTC	Ac_MaitreOuvrage	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	Huard Emmanuel	Ac_Vrac	Ac_OperateurEnergie
CdB	IKAD	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Investisseurs	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Isergie	Ac_Vrac	

CdB	Kauffman	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Kermen	Ac_CollectivitesTerritoriales-Elu	Ac_CollectivitesTerritoriales-Elu
CdB	Lapierre	Ac_MaitreOuvrage	
CdB	Leullier	Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre	
CdB	Lion	Ac_Architecte	
CdB	Loisos	Ac_Architecte	Ac_Architecte
CdB	Lorius Claude	Ac_Vrac	
CdB	Maçons	Ac_Vrac	Ac_Installateur
CdB	Martin Patrick	Ac_AssistantMaitreOuvrage	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	MbeTrec	Ac_AssistantMaitreOuvrage	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	Merciabis	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Méto (la)	Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre	Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre
CdB	Millet Hélène	Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre	Ac_CollectivitesTerritoriales-Elu
CdB	Monfe François	Ac_CollectivitesTerritoriales-Elu	
CdB	Mono	Ac_Vrac	
CdB	Motte Jean-Philippe	Ac_CollectivitesTerritoriales-Elu	Ac_CollectivitesTerritoriales-Elu
CdB	Mur-Mur	Ac_Vrac	
CdB	NeXcity	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Nicolas	Ac_BureauEtude	Ac_BureauEtude
CdB	NOM	Ac_Vrac	
CdB	Nucci	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Oly	Ac_Vrac	
CdB	OPAC 38	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	OPAQ38	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	OPATB	Ac_Vrac	
CdB	Ortega	Ac_Vrac	
CdB	OZUG	Ac_Vrac	
CdB	P2E	Ac_Vrac	
CdB	Payrard	Ac_MaitreOuvrage	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Pelletier Philippe	Ac_Vrac	
CdB	Peyrard	Ac_MaitreOuvrage	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Planchon Denis	Ac_Vrac	Ac_BureauEtude
CdB	Plombier	Ac_Vrac	Ac_Installateur
CdB	Pluralis	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Pousanpard	Ac_Vrac	Ac_Architecte
CdB	Promoteur	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	PUMA	Ac_Vrac	
CdB	Rampillon	Ac_Architecte	Ac_Architecte
CdB	Richeti	Ac_Architecte	Ac_Architecte
CdB	Rochon Jean-Michel	Ac_OperateurEnergie	
CdB	SAGES	Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre	Ac_Amenageur
CdB	Salomon	Ac_Vrac	Ac_BureauEtude
CdB	Savat Loisos	Ac_Vrac	Ac_Architecte
CdB	Savva Loisos	Ac_Architecte	Ac_Architecte
CdB	Schmit	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	SCI	Ac_Vrac	
CdB	SDH	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	SEM	Ac_Vrac	Ac_Amenageur
CdB	SEMSAGE	Ac_Vrac	Ac_Amenageur
CdB	Sidler	Ac_AssistantMaitreOuvrage	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	Sis	Ac_Vrac	

CdB	Société Dauphinoise pour l'Habitat	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Société qui gèrent chauffage	Ac_Vrac	Ac_Vrac
CdB	Socotec	Ac_Vrac	Ac_Vrac
CdB	SPLA	Ac_Vrac	Ac_Amenageur
CdB	Stoeckelm Jean	Ac_Vrac	
CdB	STREIF	Ac_Vrac	Ac_Installateur
CdB	Syndics	Ac_Vrac	Ac_Habitant
CdB	Techniciens de maintenance	Ac_Vrac	
CdB	Terrasse Yves	Ac_Vrac	
CdB	TerrEco	Ac_AssistantMaitreOuvrage	Ac_AssistantMaitreOuvrage
CdB	Thermicien	Ac_Vrac	Ac_BureauEtude
CdB	Tricot Lionel	Ac_Vrac	Ac_OperateurEnergie
CdB	Urbaniste	Ac_Vrac	
CdB	USH	Ac_Vrac	Ac_MaitreOuvrage
CdB	Växjö	Ac_Vrac	Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre
CdB	Ville et Village	Ac_MaitreOuvrage	Ac_MaitreOuvrage
F	Besson Pierre	Ac_Vrac	
F	Cofely	Ac_OperateurEnergie	
F	Maréchal Christophe	Ac_Vrac	
F	Grasset Alain	Ac_Vrac	Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre
F	Rabut Mathilde	Ac_Vrac	Ac_CollectivitesTerritoriales-Autre
F	SIAG	Ac_Vrac	Ac_OperateurEnergie
F	SIEG	Ac_Vrac	
F	SIDEM	Ac_Vrac	
F	CIBE	Ac_Vrac	
F	Défaille Serge	Ac_Vrac	
F	Elalam Nibal	Ac_Vrac	
F	ANRU	Ac_Vrac	
F	SIC Habitat Rhône Alpes	Ac_Vrac	
F	Auxilia	Ac_Vrac	
F	Girus	Ac_Vrac	
N	SEMNA	Ac_Amenageur	
N	Sognier	Ac_BureauEtude	
N	Saunier	Ac_BureauEtude	
N	Office HLM	Ac_Habitant	
N	Cofely	Ac_OperateurEnergie	
N	Eau&Force	Ac_OperateurEnergie	
N	Marignan	Ac_MaitreOuvrage	
N	Senier* et associés	Ac_BureauEtude	
N	Senier Bernard	Ac_BureauEtude	
N	Enetherm	Ac_Vrac	

10.4 Annexe IV – Structure générale des entretiens

STRUCTURE GENERALE DES ENTRETIENS V.3

31/05/12

La question de l'innovation : Qu'est-ce qu'une INNOVATION et POUR QUI ?

Pour certains, le projet ne demandait peut-être pas énormément d'innovation alors que pour d'autres le même changement représentait un vrai défi

ou alors ; les défis ne se posent pas au même endroit :

Peut-être que le défi majeur a été de fournir de l'efficacité énergétique avec un minimum de 40% de logements sociaux... – d'où les négociations sur le prix d'achat, de revente etc....

Proposition De Réponse

On peut distinguer deux dimensions dans cette remarque :

- l'appréciation de l'ampleur du changement par les interviewés
- la qualification du changement par le chercheur (en comparant les réponses les unes aux autres mais ensuite en comparant la caserne de Bonne aux autres EQ dans le benchmark, notamment les cas français. Dans ce cas, il s'agit de savoir en quoi le changement est une bifurcation, une rupture; l'appréciation globale de l'interviewé a alors peu d'intérêt mais c'est la façon dont il justifie son appréciation qui est intéressante et qu'il convient de recueillir par une question ouverte qui invite à la narration).

Quelques mots ou notions clés à surveiller par l'intervieweur, en lui demandant d'évaluer l'ampleur, le type de changement : *business as usual, modification, innovation, révolution, changement*.

On peut aussi poser ce type de questions : « Considérez-vous qu'il s'agisse d'une bifurcation, d'une révolution ou d'une modification » ?

NB : Les sections spécifiques ont été ajoutées comme des annexes, une section par page.

A. INTRODUCTION :

Présentation de l'étude

Présentation des attentes de notre entretien:

RAPPEL : Double focus général des entretiens :

1- nouvelles conceptions énergétiques des îlots de quartiers (des réseaux et des bâtiments) : **sa nature, ses moteurs et ses obstacles en matière de gouvernance, de coordination, de coopération et de résolution de conflits et de problèmes...**

2- **l'élaboration des dispositifs/solutions énergétiques par les différents acteurs** (pas seulement dans sa technicité mais dans sa globalité, c'est-à-dire : techniquement, économiquement, politiquement, socialement et environnementalement ?). Comment l'élaboration de ces solutions dans les îlots s'est-elle faite :

Quelles étaient les particularités et les nouveautés du projet (pour l'acteur interviewé) ;
Puis, en enchaînement,

Avec qui le projet s'est-il construit ? (note pour l'intervieweur :seul, dans une relation duale client/fournisseur, en groupe restreint d'acteurs impliqués ou en ensemble élargi incluant en plus les acteurs impactés ?) Quels ont été les impacts de ces types de relations sur les réseaux, le travail (les NSE) ?

B. DESCRIPTION DES ACTIVITES : présentation de l'interrogé, ses fonctions, son entité.

ATTN ! : amener l'acteur à se remémorer sa conception TELLE QU'ELLE ÉTAIT il y a quelques années lors de l'élaboration de Bonne et à distinguer la présente, nouvelle, conception des EQ-NSE.

- Histoire de leurs implications dans le projet : origines (comment ont-ils été impliqués ?), rôle ?
- Qu'ont-ils fait ? avec qui – nouveaux partenaires ? partenaires as usual ?
- Panorama de la position initiale/traditionnelle

Et :

DESCRIPTION DU CONTEXTE DE TRAVAIL

- Conception initiale de la configuration d'un projet de construction
- Quelle est la configuration habituelle de travail/réseau...

Prévoir une fiche d'identité du contact et de son organisation un peu standard pour ne pas trop oublier de choses. On pourra la pré-remplir en partie du moins et ne demander que ce qui nous manque ou bien les éléments sur lesquels nous ne sommes pas sûrs. Il sera d'autant plus facile d'établir un contact avec l'interviewé que nous connaissons déjà un peu ce qu'il faut et ce qu'il est, professionnellement...

Gilles suggère de demander à la personne à interroger de nous transmettre un ou des documents de synthèse sur son projet au moment de la confirmation de l'entretien par mail.

C. LES CHANGEMENTS (OU NON) EN QUESTION : business as usual ou innovation ?

NB : Cette section est spécifique à chaque catégorie d'acteur et pour leur contribution spécifique au projet et aide à identifier qui sera le second intervieweur accompagnant Oliver et post doc !

Exemple de contribution spécifique, pour un promoteur : le projet de bâtiment et les interfaces avec les autres acteurs décisifs en matière d'énergie.

Le projet de la Caserne de Bonne a-t-il occasionné pour vous-même et votre entreprise des changements dans les modes de travail/réseaux/technologies/business models ?

Relancer sur afin que l'interviewé parle des 4 dimensions évoquées dans la question, ou au moins sur la dimension qui le concerne le plus directement.

Selon vous, en était-il de même pour les autres acteurs de vos réseaux ont-ils réagit de la même manière ?

Conception (nouvelle ?) de la configuration du projet VOTRE de Bonne ? Bifurcation ?

Freins et moteurs : pourquoi

VOIR LES « ANNEXES » POUR LES SPECIFICITES DE CHAQUE ANGLE

SI NECESSAIRE (!) :

D.: POINTS A PRECISER (notamment, coordination, supervision, évaluation, suivi...): *certaines questions auront déjà abordé dans les sections précédentes.* QUESTIONS PLUS DIRECTES ET VALIDATION ET DERNIERS TROUS A REMPLIR.

A NOUS DE VOIR SELON LES INFORMATIONS OBTENUES.

Seconde Section : LES CHANGEMENTS (OU NON) EN QUESTION...

AMENAGEMENT DES PROJETS (NSE) : Gilles DEBIZET

NB : Les questions prioritaires sont indiquées par des ***

Quelles ont été les innovations (les nouveautés pour vous) en matière d'énergie à la caserne de Bonne ?

Pour chacune (NSE ou partie de NSE) QUESTION PRIORITAIRES /

- *** Comment et par qui les solutions (*techniques et organisationnelles*) ont-elles été trouvées/proposées/imposées ?
- *** Comment les dissensus ont-ils été dépassés (position initiale et finale des différents acteurs, partage des risques, compensation ...) ?
- *** L'implication de nouveaux d'acteurs (AMO / associations habitants / ALE ...) ? L'implication des futurs gestionnaires et futurs exploitants et, à défaut, le recours à des expertises ad hoc ?
- En quoi était-ce nouveau pour vous ou vos partenaires ?
- Sur quels points ont porté les discussions ? Y a-t-il eu des arbitrages entre fiabilité, coût d'investissement et coût de fonctionnement ? (par exemple : recherche de la solution permettant de baisser les coûts à performance égale, analyse coût-bénéfice, comparaison en coût global ...)
- Les modes de travail ont-ils évolué (outils, méthodes, réunions, prise de décisions ? Cela s'est-il traduit par des modifications ou des nouvelles formes de contractualisation avec les prestataires/fournisseurs/clients ? Considérez-vous qu'il s'agisse d'une révolution, d'une bifurcation, d'une révolution ou d'une modification ?

Sur l'ensemble de l'ECOQUARTIER ? : Innovation organisationnelle et gouvernance

- (***) pour l'aménageur, ses AMO et la ville) La mise en cohérence entre les différents objets/nœuds (centrales de productions de chaleur, sous-stations d'îlot, réservoirs de stockage d'énergie, compteurs intelligents ...) a-t-elle posé problème ? Quand et comment a-t-elle été définie ? A-t-elle été infléchie ? Par qui et pourquoi ?
- *** Quels ont été les critères de choix de partenariats en liens avec les innovations énergétiques ? Quelles valeurs derrière ces critères ?
- Sur quels objets, quand, par qui et comment ont été utilisées des analyses économiques ? A quel niveau s'est posée la question du prix de vente et de la solvabilité des acquéreurs et des locataires ?
- changement d'échelles (logement, bâtiment, îlot ?) en terme de localisation des équipements / d'investissement / de pilotage / d'exploitation des équipements/bâtiments ?
- Quelle modalité de réduction des incertitudes et des risques ?
- L'organisation de votre service / votre entreprise a-t-elle été modifiée pendant le projet ? Après le projet ?
- le fait que la production de chaleur soit mutualisée à l'échelle de l'îlot modifie-t-il la façon d'exploiter et de gérer les bâtiments ? comment cela est-il pris en compte dans la conception
-

Aux énergéticiens et décideurs :

1. Effets de la sobriété (faible consommation d'énergie) :
 - *** sur la conception des bâtiments et des équipements de chauffage ?
 - *** cela a-t-il conduit à mutualiser des équipements ?

- quel niveau d'autonomie a-t-il été laissé aux habitants (amplitude réelle du thermostat, baisse automatique de la ventilation en cas d'absence, possibilité de variation de la VDF, fermeture automatique des stores en été)
- 2. Apport des énergies gratuites (renouvelables, récupération de chaleur)
- Qui bénéficie directement des ressources gratuites (par exemple les chauffe-eau solaires) ? Est-il préférable de les affecter à chaque logement, à l'ensemble du bâtiment, ou à l'îlot ? (responsabilisation des individus / mutualisation-solidarité collective)
- Plusieurs variantes en terme de mobilisation et de gestion de ces ressources ont-elles été envisagées ? Sur quels critères a été prise la décision finale : technique, administratif, politique, économique ... ? Selon quelles modalités a été trouvée la solution : collégiale, imposée par le cahier des charges, ... autres ?

MOTS CLES

Seconde Section : LES CHANGEMENTS (OU NON) EN QUESTION...

LE CHAUFFAGE COLLECTIF (ENR ?) : Antoine TABOURDEAU

L'essentiel de mes remarques vont dans ce sens. Mais cela vous convient-il ?

*** Dans le cas d'une chaufferie au bois-énergie REMPLACER PAR LE TYPE DENR APPLICABLE A LILOT ? Comment avez-vous identifié la ressource disponible, quel type d'information a-t-elle circulé entre les acteurs et les a aidés pour définir leurs stratégies ?

*** Quel type de situation de régulation se trouvent ces acteurs, à quels acteurs traducteurs c'est-à-dire passeurs de savoir ils se réfèrent, Des acteurs particuliers vous ont-ils aidés dans la conception/réalisation/ suivi de la chaufferie /TYPE DENR APPLICABLE A LILOT? Par exemple les Espace info-énergie, l'ADEME, autre ? Quel type d'aide : maîtrise d'œuvre, conseils techniques, mise en relation avec d'autres acteurs compétents... ?

*** Se sont-ils appuyés sur des savoirs-faire et des outils de l'ingénierie territoriale pour mobiliser la ressource ÉNERGIE (bois) ? Comment avez-vous évalué l'approvisionnement en ÉNERGIE SOLAIRE ETC bois dont ils ont besoin: en s'appuyant sur l'Inventaire /TYPE DENR APPLICABLE A LILOT forestier national, des études de la DRAAF, DATAR, Fédération nationale des communes forestières... autre ? Avez-vous utilisé un outil particulier comme un SIG ou d'autres outils de modélisation de la ressource ? Des acteurs particuliers ont-ils au contraire partagé leur savoir avec vous ou ont fourni des estimations « clef en main » (ONF, CRPF, Parcs, coopératives forestières, Fédération nationale des communes forestières) ?

*** Y a t-il eu une réflexion sur le bilan carbone global de /TYPE DENR APPLICABLE A LILOT (l'utilisation de bois local) ?

Quels liens avec l'amont de la filière (exploitants ou fournisseurs de LENR?) ? Approvisionnement, les EQ étant situés dans l'aval de la filière, qui consomme le bois LENR. Comment a été choisi (avez-vous contractualisé avec) un exploitant ou un fournisseur de DENR (bois) particulier ? Avec plusieurs ?

Ont-ils eu besoin d'incitateurs forts pour se lancer dans le projet ou étaient-ils plutôt en mode d'auto-gestion et de gouvernance locale avec une forte prise d'initiatives ? Y a-t-il eu un encouragement/une incitation de l'État ou d'une de ses agences (ADEME, EIE), d'une collectivité (Conseil général, régional, communauté d'agglomération/de commune, Parc naturel régional ACTEURS ENR), voire d'autres acteurs ?

Fonctionnez-vous en flux tendu et sinon comment avez-vous résolu les problèmes de stockage ? Avez-vous rencontré d'autres problèmes particuliers LIÉS A LENR ?

Avec quels nouveaux acteurs avez-vous travaillé ? Cela a-t-il occasionné un changement d'échelle de travail par rapport à vos habitudes antérieures ?

Considérez-vous qu'il s'agisse d'une révolution, d'une bifurcation, d'une révolution ou d'une modification ?

MOTS CLES : disponibilité ressource, coût, échelle, savoir-faire, bilan carbone

Seconde Section : LES CHANGEMENTS (OU NON) EN QUESTION...

LES BUSINESS MODELS : Sylvie BLANCO et Céline JULLIEN

PERCEPTION GENERALE » DU CHANGEMENT : nature, ampleur et impact (positif / négatif).

Description des changements dans la configuration du projet :

Quelle était votre perception initiale du projet en termes de moyens, de fonctionnement et d'objectifs d'affaires ?

Le projet (Caserne de Bonne OU îlot) a-t-il occasionné des changements dans vos modes de travail/réseau/technologie/business model ? De quel ordre ? Vers quoi le changement vous amenait-il ?

Quels types d'innovations le projet a-t-il fait émerger – techniques, business model et organisation/réseau

Considérez-vous qu'il s'agisse d'une révolution, d'une bifurcation, d'une révolution ou d'une modification ?

Quelles ont été les incitations à s'engager dans ce projet ?

Quels ont été les moteurs de l'innovation ?

Quelles ont été les difficultés rencontrées dans ce processus d'innovations ?

Cela a-t-il provoqué des difficultés ou des tensions ? Comment ont-elles été résolues ?

Le fait que la production de chaleur soit mutualisée à l'échelle de l'îlot modifie-t-il la façon d'exploiter et de gérer les bâtiments ? Comment cela est-il pris en compte dans le business model ?

MOTS CLES

SECONDE SECTION : les changements (ou non) en question...

LOGIQUES ORGANISATIONNELLES : Stéphane LA BRANCHE

Les problèmes organisationnels et énergétiques ont-ils provoqué un infléchissement sur la conception de la configuration du projet de Bonne, provoqué une bifurcation ?

Quels ont été les obstacles majeurs et les changements les plus significatifs auxquels ils ont du faire face ?

- i) à l'intérieur de leur organisation ; de leur partenaire/réseau,

- ii) à l'extérieur ? (cela permettra aussi d'identifier ce qu'ils considèrent comme étant extérieur à leur réseau...)

Considérez-vous qu'il s'agisse d'une révolution, d'une bifurcation, d'une révolution ou d'une modification ?

Ces obstacles ou difficultés étaient-elles essentiellement dues

- i) aux innovations techniques ou
- ii) aux contraintes contractuelles ou
- iii) à la réglementation ou
- iv) à la gouvernance ?

Quel type de solution ont été trouvées et comment ont-elles été élaborées – imposition, solution techniques, modification du cahier des charges ou du projet ?

Ont-ils eu le sentiment de co construire la politique énergétique du quartier en (ATTN : Questions à choix restrictive, à n'utiliser qu'à la fin de l'entretien !) :

- i) prenant en compte ce qui est possible financièrement (rentable) ;
- ii) techniquement (innovation ou non, rupture ou non) ;
- iii) contractuellement ;
- iv) environnementalement à quelle échéance avec un temps d'anticipation suffisante ?

MOTS CLES

10.5 Annexe V – Guide d’entretien

Projet NEXUS GUIDE D'ENTRETIEN

Rappel aux intervieweurs

Le projet NEXUS étudie les écoquartiers à travers deux **thèmes de recherche principaux** :

1- Nouvelles approches de l’énergie à l’échelle du bâti, de l’îlot et du quartier : origine, enjeux, modalités de gouvernance, de coordination, de coopération et de résolution de conflits et de problèmes...

2- **L’élaboration de dispositifs/solutions énergétiques** par les différents acteurs. Une évaluation de leurs dimensions: technique, économique, politique, sociale et environnementale. Comment *ces solutions* ont-elles été élaborées?

Question transversale: LES CHANGEMENT LIES AUX NSE : NATURE, AMPLEUR ET IMPACTS ?

Quelles étaient les **particularités, les nouveautés et les impacts** du projet pour l’acteur interviewé sur :

- son travail
- la technologie utilisée
- le coût bénéfice
- l’organisation
- le business model
- la gouvernance

Mot clé transversal : INNOVATION

ATTN : Dans la grille, les rappels aux intervieweurs sont indiqués par : *ATTN*, en italique

A. INTRODUCTION

Brève présentation de l’étude NEXUS et des attentes de l’entretien grâce à une phrase type, toujours utilisée *dans tous les entretiens*.

B. LA GRILLE D'ENTRETIEN

SEQUENCE	SOUS THEMES A EXPLORER	MOTS CLES ET RELANCES
B. Présentation : L'ENTREE DE L'ENQUÊTE DANS LE PROJET	<p>- L'origine de l'implication de l'enquêté dans le projet (CdeB ou opération) <i>Amener l'acteur à se remémorer sa conception TELLE QU'ELLE ÉTAIT au début de son implication dans le projet.</i></p> <p><i>Il faut faire raconter l'histoire</i></p> <p><i>TRANSITION : L'enquêté a t'il été impliqué dans d'autres projets de ce type auparavant ? Le projet semblait-il ambitieux/innovant ?</i></p>	<p>Réponses à un appel ? Obligation de service ?</p>
C. LES CHANGEMENTS (OU NON) EN QUESTION dans : <p>- Business model - Gouvernance de projet</p>	<p style="text-align: center;">LES CHANGEMENTS DUS A L'IMPLICATION dans leur projet</p> <p><i>ATTN : l'interrogé peut considérer qu'il n'y a pas eu d'innovation : dans ce cas, approfondir !</i></p> <p>QUELS CHANGEMENTS ONT-ILS VECUS/RESSSENTIS DANS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - leur travail ? - les techniques utilisées ? - leurs Réseaux ? - leurs Business models ? - leur organisation interne ? <p>Quels étaient selon eux les MOTEURS et les FREINS au changement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - réseaux et partenaires ? - le fonctionnement de leur organisation ? - technique ? - couts ? - Comment les difficultés ont-elles été résolues ? <p>Quels EFFETS LES EFFORTS DE SOBRIETE ont-ils eu sur :</p> <p>la conception des bâtiments et des équipements de chauffage ? la MUTUALISATION DE LA CHALEUR a-t-elle modifié la façon d'exploiter et de gérer les bâtiments ? Quels ont été les impacts sur le business model ; les réseaux ; l'organisation interne ; le temps de retour sur investissement ?</p> <p>Selon l'enquêté, l'entretien se focalise ensuite sur UNE des deux échelles : écoquartier ou opération/NSE spécifique</p>	<p>Comment évaluent-ils l'AMPLEUR DU CHANGEMENT :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>as usual</i> - <i>modification</i> - <i>innovation ou</i> - <i>révolution ?...</i> <p>dans : leur organisation leur travail les objectifs imposés les moyens pour résoudre les problèmes ?</p>

<p>- Économie - Techniques - Réseaux - Organisation et fonctionnement interne</p>	<p>A L'ECHELLE DE L'ECOQUARTIER (thèmes à approfondir) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Quel effort de mise en <i>cohérence entre les différents îlots énergétiques</i> (pour l'aménageur, ses AMO et la ville) ? 2. Impacts du projet sur le <i>choix de partenariats : anciens/existants et nouveaux ? Travail de l'aménageur ; réseaux ; objectifs ; business models ; AMO ; association ?</i> 3. Y a-t-il eu une analyse économique : prix de vente ; réduction des risques (montage économique, arbitrages entre fiabilité, coût d'investissement et coût de fonctionnement) ? <p>POUR LES OPERATIONS/NSE SPECIFIQUES (thèmes à approfondir) :</p> <p><i>Résolution des problèmes et des débats</i> : comment ? quels types de solutions (économiques, techniques, organisationnelles, réseaux): proposées ou imposées et par qui et comment ?</p> <p><i>Changements dans les modes de travail</i> (outils, méthodes, réunions, prise de décisions) ?</p> <p><i>Changements dans les business models</i> : modifications ou nouvelles formes de contractualisation avec partenaires ou nouveaux partenariats ? Nouvelles sources de financement ? modification de l'horizon de retour sur investissement ?</p> <p><i>Discussions sur la chaufferie au bois</i> (Aux aménageurs et à la ville)</p>	<p>Quel sentiment par rapport au projet :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Défi insurmontable ? - Défi excitant à relever ? - Business-as-usual ? <p>Comment la demande d'innovation a-t-elle été ressentie ?</p> <p>Comment la demande d'évaluation a-t-elle vécue ?</p>
<p>D.</p> <p>QUESTIONS A BOUCLER ; DERNIERS POINTS A PRECISER</p>	<p>FIN DE L'ENTRETIEN :</p> <p><i>Reprendre les mots clés notés durant la discussion et relancer : Check list !</i></p> <p>DIFFICULTÉS majeures liées à l'innovation : techniques ; contractuels ; réglementation ; gouvernance ; normes énergétiques ; coûts-bénéfices</p> <p>MOTEURS PRINCIPAUX du changement :</p> <p>techniques ; contrats ; réglementation ; gouvernance ; normes énergétiques ; coûts-bénéfices</p>	<p>Relancer si besoin sur un point de tension pas assez élucidé ;</p>

10.6 Annexe VI – Dynamique des modèles d'affaires : émergence de « design dominants » ?

Les résultats sont présentés selon les catégories attendues : compétences mises en œuvre, organisation interne déployée par les acteurs de l'énergie, évaluation de la performance de leurs activités, organisation collective, perspectives, innovations déployées et TICE. Cette mise à plat des verbatim permet l'émergence de mots clés.

COMPETENCES MISES EN ŒUVRE		
Acteurs / pers. interviewée	Données collectées	Mots clés
Acteur1	« il y a une composante environnementale importante. D. ne l'avait pas dans son équipe donc on l'a cherchée à côté. »	Acquisition de compétence Environnement
	« On a recruté T. à l'époque pour faire une étude environnementale qui devait aboutir à un cahier de prescriptions environnementales et énergétiques. C'était un peu galère parce qu'on n'avait jamais fait ça. »	Connaissances nouvelles Apprentissage requis
Acteur2	« Pour être réellement en BBC, il faut un apprentissage de toute la filière, y compris les compagnons du chantier. C'est pour ça que sur Bonne, on a organisé des stages de formation »	Stages de formation Filière bâtiment
Acteur3	Besoin de davantage de vision. Notion d'urbaniste énergétique.	Vision Nouveau métier : urbaniste énergétique
	« En 2004, le bâtiment à énergie positive n'existait pas, le BBC on n'en parlait pas, on était dans la RT 2000. »	Montée en compétences Roadmap compétences
	« On avait aucun moyen de comprendre. On a commencé à instrumenter. »	Expérimentation – apprentissage
	Mise en place rapide d'un système d'évaluation de la performance des systèmes de cogénération. « ... il a fait ça pendant un an, un an et demi, une mission qui a coûté très cher mais il y a un retour d'expérience qui est très intéressant, qui fait froid dans le dos ».	Apprentissage
Acteur4	« Il y a toujours eu cette composante d'un objet, la Caserne de Bonne, qui avait vocation à rayonner, à rapidement faire des petits et produire des bonnes pratiques également sur d'autres opérations. »	Produire de bonnes pratiques
	« On a organisé un programme de formations des artisans avec notamment le GRETA de Grenoble. Cela leur a permis de former des formateurs sur ces questions environnementales. »	Formation environnement Formation de formateur
Acteur5	« Je ne savais pas ce que consommait un bâtiment, je ne savais pas dire ce que rapportait une centrale photovoltaïque, on manquait de toute la culture des ordres de grandeur. »... « et tout le monde dit, tu es fou, tu ne vas jamais y arriver... Et finalement, ça marche. »	Entrée d'un nouvel acteur indispensable : BE spécialiste efficacité énergétique avec logiciel simulation 3D
	« Les architectes sont des personnes qui sont d'autant plus intéressantes qu'ils sont architectes et ingénieurs, ils ont une vision à la fois très fine de l'architecture et très pragmatique vis-à-vis des contraintes techniques qu'il faut respecter »	Profils hybrides, rôles d'interface
Acteur6	« On était très innovant parce qu'on avait des études techniques mais rien de concret, de construit, donc ça n'a pas été toujours très facile pour trouver les BE et les techniciens, pour savoir quelle était la meilleure solution, pour essayer d'obtenir ces fameuses performances qui à	Manque de compétences pour l'innovation radicale

	<i>l'époque étaient déjà relativement draconiennes par rapport à ce qui se faisait. »</i>	
	<i>« Il faut trouver des acteurs qui sont comme vous, à la recherche de dynamiser le produit, d'essayer d'apporter quelque chose. Donc on change de BE. »</i>	Acquisition de compétences nouvelles / culture d'innovation
Acteur7	<i>« On a des maîtrises d'ouvrage qui ne sont pas habituelles, des gestionnaires qui ne sont pas habitués, des habitants pas habitués, des entreprises idem, des BE idem, ça fait beaucoup de gens qui apprennent en même temps.</i>	Nouvelles pratiques, nouvelles compétences Co-apprentissage
	<i>« Ce qui est innovant, c'est que ça demandait une autre réflexion des BE... ils disaient, faut mettre ça sur un bâtiment, on l'isole, on met du chauffage, on se prend des marges, des coefficients de sécurité qui vont bien et pas de souci, ça fonctionnera. Sauf que là, on leur demandait de dire pour quel coût ? quel coût d'investissement, quel coût de fonctionnement ? Et ça, ils n'étaient plus tout à fait prêts à l'entendre en 2006. »</i>	Nouveaux comportements Changement culture / pratiques / métiers
	<i>« Se dessaisir du bâtiment 2 ans après la livraison... cela a obligé les équipes à s'intéresser à cette question d'atteindre les objectifs thermiques. Evidemment, j'ai mis des formations en place, on a beaucoup travaillé avec l'AGEDEN. »</i>	Nouvelles pratiques / nouvelles procédures de gestion
Acteur8	<i>« Un recours nouveau aux modèles de calcul thermodynamique et la nécessité d'avoir recours à un BE de fait de la technicité de la solution demandée »</i>	Acquisition externe de compétences nouvelles Nouveaux acteurs Expertise à haute valeur ajoutée
	<i>« On avait 32 tests d'étanchéité à l'air, moi je n'en avais jamais fait donc nos BE non plus. Notre client non plus. Ils sont allés demander au menuisier extérieur. Il nous a dit qu'il en avait déjà fait 2. »</i>	Nouvelles expertises Nouveaux services

ORGANISATION INTERNE

<i>Acteurs / pers. Interviewée</i>	<i>Données collectées</i>	<i>Mots clés</i>
Acteur1	<i>« En interne, le projet a surtout été porté et dirigé par... »</i> <i>« Le porteur a insufflé dans le PLU et dans l'aménagement en général cette tendance-là »</i> <i>« On s'est lancé dans l'aventure, guidé par P. (le porteur) qui était très, très proche des services et au niveau... »</i> <i>« ... presque avec un rôle technique autant que politique quand même »</i>	Structure projet Leadership Vision, leadership Réseau relationnel interne Profil hybride
Acteur3	<i>« ... nous, on n'est pas maître d'ouvrage de la chaufferie (mais des équipements de chaufferie), le local nous est remis. »</i>	Rôle dans le réseau de valeur
Acteur4	<i>« notre rôle était aussi d'apprendre sur ces nouvelles façons de faire pour les disséminer ailleurs »</i>	Capitalisation Dissémination de connaissances
Acteur5	Le BE (interne ?) introduit le concept de machine énergétique, mix de concept architectural et énergétique. <i>« C'est une machine énergétique, il faut être capable de la concevoir ensemble et très vite ».</i> <i>« on a mis au point une méthode de travail un peu différente de ce que l'on faisait d'habitude. On s'est dit, dès la première réunion de réflexion, il faut que notre partenaire soit avec nous. »</i>	Nouveaux concepts d'offre Transversalité / complémentarité des compétences Partenariat

	<i>« C'est un outil que l'on a élaboré ici, à l'agence, en travaillant avec des entrepreneurs un peu plus qu'avec des économistes, qui sont nos partenaires habituels, et qui voient parfois d'un mauvais œil le fait qu'on puisse maîtriser avant eux l'économie d'un projet. »</i>	Création de valeurs nouvelles Entrepreneuriat
Acteur6	Néant (formellement)	
Acteur9	Néant (formellement)	
Acteur7	<i>« Ce dont on s'est rendu compte, c'est qu'il y avait en premier lieu de vraies problématiques de mise en œuvre et de suivi des BE. Il a fallu que mes équipes disent aux BE d'être plus présents, d'aller vérifier l'installation aux moments clés. On s'est dit aussi qu'il faut peut-être ramener la compagnie de chauffage plus tôt car il y a une difficulté entre le passage construction-exploitation.... On a décrit une espèce de procédure qui décline depuis le programme jusqu'à la livraison ce que chacun doit faire pour essayer d'obtenir la performance souhaitée. J'ai dit au service conduite d'opérations de ne plus se désaisir du bâtiment à la fin de garantie de parfait achèvement, mais deux ans après la livraison. En leur disant qu'ainsi ils allaient montrer que l'on obtient les objectifs thermiques pour chacun des bâtiments. Ca les a obligés à s'intéresser à ces questions. »</i>	Rôle d'orchestrateur Innovation organisationnelle Expérimentation Transfert Relation client

EVALUATION DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE		
<i>Acteurs / pers. Interviewée</i>	<i>Données collectées</i>	<i>Mots clés</i>
Ville de Grenoble	Néant	
Acteur3	Mise en place rapide d'un système d'évaluation de la performance des systèmes de cogénération. <i>« Honnêtement, il y a eu un vrai travail d'analyse, d'instrumentation à tous les niveaux, dans les chaufferies, dans les locaux, dans les logements, avec des niveaux de sondes. Enfin, je ne sais plus combien de capteurs ont été installés pour regarder l'ouverture des fenêtres, la température des radiateurs, la température de chaque pièce. Donc il a fait ça pendant un an, un an et demi, une mission qui a coûté très cher mais il y a un retour d'expérience qui est très intéressant, qui fait froid dans le dos ».</i>	Système d'évaluation de performance technico-économique
Acteur4	<i>« On avait une mission sur le suivi à partir du moment où les bâtiments étaient réceptionnés – une mission de collecte de données mensuelles, agrégées à un niveau annuel – c'est-à-dire un gros indicateur de ratio de performance basé sur des données collectées mensuellement. C'était une façon pragmatique de faire, sans instrumentation particulière si ce n'est des relèves faites par l'exploitant en chaufferie. »</i>	Pertinence et précision de la mesure
	<i>« Un second niveau (d'évaluation de performance) a été mis en œuvre avec de l'instrumentation, il a été confié au cabinet Enertech et a permis d'avoir des données plus précises, plus ciblées, de façon à mieux comprendre les résultats. »</i>	Nouvelles méthodes de mesure
	<i>« Le suivi c'est bien, c'est une étape, c'est ce qu'on disait mais encore ne faut-il pas faire une station MIR pour analyser un bâtiment de 8 logements, ce n'est pas viable ça, ça sert à rien donc. Donc il faut plutôt avoir des procédures de qualité dans l'acte de construire. »</i>	Management par expérimentation

Acteur5	« Après construction de l'ouvrage, l'évaluation de la performance se fait essentiellement par un contrôle ponctuel de la température intérieure des bâtiments. On le montre. On est passé l'an dernier par -17° en hiver et on avait 21-22 dans le bâtiment sans problème. C'est un système qui marche parfaitement bien. »	Démonstration
Acteur6	« On fait des bâtiments dont l'enveloppe est encore plus performante de façon à éviter de mettre du double flux, essayer de ne pas mettre des capteurs solaires parce que tout ça c'est très beau mais ça a une durée de vie de combien ? Les filtres doivent être changés régulièrement et en fin de compte, aujourd'hui on évite de plus en plus d'en mettre. »	Incertitude et choix techniques
	« On a basculé de la consommation à la consommation plus entretien. »	Changement de modèle de calcul de coûts
	« Les chiffres sur la performance des solutions retenues, les données existent mais pour le moment, ils ne sont pas publiques, dixit l'aménageur. »	Partage des données
	« Faute d'accès aux chiffres, pour les bailleurs sociaux je ne sais pas répondre mais pour les copropriétés je sais. On se voit entre parties prenantes et on est sensibilisé à la facture de charge. On a passé la moitié des AG de copro à discuter de la question de la performance des solutions et comment chacun bénéficie d'un avantage (lorsqu'il y a). Tout le travail que l'on a fait avec un certain nombre d'habitants, c'est de comparer nos situations. Moi je l'ai fait entre mes logements depuis 10 ans, tenant compte du prix de l'énergie. Ce n'est pas stupéfiant mais on voit des choses. »	Evaluation des performances et conviction / preuve de concept (démonstrabilité comme levier d'adoption).
Acteur7	« On a mis au point une fiche avec HTC de suivi de tous nos capteurs solaires avec un relevé mensuel. Une comparaison entre ce qu'ils doivent produire et ce qu'ils produisent réellement en fonction de l'ensoleillement. Et puis une analyse mois par mois. Une méthode très structurée. Le problème c'est qu'on s'est rendu compte qu'il y avait de vrais problèmes. »	Apprentissage terrain Données temps réel

ORGANISATION COLLECTIVE		
Acteurs / pers. Interviewée	Données collectées	Mots clés
Acteur1	« c'est un travail collaboratif. Il y avait T., après on a appelé E. un petit peu à la rescousse. »	Travail collaboratif
	« même les constructeurs finalement on a été gagnant-gagnant. C'est ce qu'on a essayé de mettre en avant : vous allez être en avance sur les autres donc la prochaine fois sur la réglementation... »	Leadership réseau (influence)
	« De toute façon il va falloir bosser comme ça (en réseau) bientôt donc là on vous propose une grande expérimentation avec en plus quelques aides de la commission européenne... »	Expérimentation Projet collaboratif subventionné
	« C'est P. qui a répondu, qui était dans les réseaux européens, qui a eu les contacts. On a répondu avec l'aide de l'OPAC 38 qui avait l'habitude des projets européens. »	Réseaux externes Partage de compétences (transversalité)
Acteur3	Néant	
Acteur4	« assistant de la Ville, chargé de voir les points durs et de mettre de l'huile dans les rouages quand il fallait avec les différents acteurs. Et jouer un peu parfois le rôle de médiateur, notamment avec l'arrivée des habitants. »	Rôle tiers de coordination

	« Un programme de formation de formateurs notamment avec le GRETA... au niveau régional également avec les organismes de formation – au global environ 40 entreprises concernées. »	Aide à la formation Diffusion formation
	« Un second niveau d'évaluation de performance a été confié au cabinet Enertech. » « Il y a le cabinet Argos qui a été missionné spécifiquement pour ça. »	Acteurs complémentaires (expertises spécifiques)
	« Je pense qu'il y a une partie d'implication et d'incitation qui est à développer auprès des exploitants. Il existe des contrats pour cela. Les exploitants ont une vraie compétence là-dessus et je pense qu'ils ont un vrai rôle à jouer. »	Système d'incitation des acteurs
Acteur5	« Le projet a été monté en 2 mois grâce à une forte collaboration entre le cabinet d'architectes et le BE »	Capacité collaborative Accélération / efficacité collaboration
	« Entre le cabinet d'architectes et le BE... faire un vrai travail de conception partagé, que l'on partage l'un et l'autre justement. »	Confiance Partage de valeurs
	« On a commencé à se dire avec quels outils on va travailler pour faire notre co-conception... Des réunions collectives et un outil partagé dont on a des retours efficaces »	Organisation du travail collaboratif
Acteur10	« C'est un projet privé donc on a eu la latitude de choisir les entreprises partenaires et on a sélectionné celles avec lesquelles on avait eu l'occasion de travailler »	Types de partenariat (problème des PPP qui sont contraignants sur le choix des partenaires et la PI)
Acteur6	« On était très innovant parce qu'on avait des études techniques mais rien de concret, de construit, donc ça n'a pas été toujours très facile pour trouver les BE et les techniciens, pour savoir quelle était la meilleure solution, pour essayer d'obtenir ces fameuses performances qui à l'époque étaient déjà relativement draconiennes par rapport à ce qui se faisait. »	Manque de compétences pour l'innovation radicale
	« Il faut trouver des acteurs qui sont comme vous, à la recherche de dynamiser le produit, d'essayer d'apporter quelque chose. Donc on change de BE. »	Acquisition de compétences nouvelles / culture d'innovation
Acteur9	« Alors le chauffage électrique est exclu pour des raisons qui sont au moins autant politique (urbanisme) que... économique... Ici, la négociation, c'est la compagnie de chauffage...»	Choix stratégiques et PPP / gouvernance
Acteur11	« Dans ce contexte- là, on s'est regroupé au sein des bailleurs de l'Isère pour avoir un suivi des bâtiments neufs qu'on livre. Et on voit bien qu'il y a un vrai progrès. Et notamment chez Atis, j'en suis assez fier, on a dans la dernière campagne de mesures qui a été faite par l'AGEDEN, on doit avoir 4 de nos bâtiments dans les 6 premiers les mieux classés. »	Influence Labellisation
	« On a deux partenaires, l'AGEDEN et l'ALE. L'ALE nous aide plus dans la relation aux locataires dans la sensibilisation, le suivi, l'explication. L'AGEDEN, ils nous aident plus sur la montée en compétences, le transfert de compétences, l'acquisition de compétences nouvelles. »	Partenaires spécialisés
	« Le fait qu'un projet dépende de Concerto est une contrainte pour le bailleur social quant au NSE qu'il déploie. L'opérateur a pu être obligé de retenir la solution double-flux. »	

PERSPECTIVES

Acteurs / pers. Interviewée	Données collectées	Mots clés
Ville de Grenoble	Néant	
Acteur3	« <i>Qu'est-ce qu'une offre de chaleur ? C'est le report d'un investissement initial dans un contrat réparti sur une durée de 12 ans... Un promoteur choisit le chauffage électrique parce que ça ne lui coûte rien.... Contractuellement il y a un souci. Nous, là aussi on a péché, honnêtement on a fait des simulations sur les nouveaux contrats, il y a une obligation de séparer la part fixe, la part variable. »</i>	Répartition des coûts de l'énergie Partage de la valeur, de l'investissement
Acteur4	« <i>Et si on arrivait à rendre un peu sexy ces questions-là, un peu ludique et non pas culpabilisant ou angoissant... »</i> (implication et responsabilisation des usagers)	Diffusion (leviers)
	« <i>Je pense qu'il va y avoir du point de vue des gens un saut de mentalité... Je pense qu'il faut un peu de contraintes pour aider à voir que c'est possible. Quand on est ancré dans son usage de voiture au quotidien, il faut arriver à en sortir. Tout ce qui est tarification progressive c'est des choses qu'il faudrait concrétiser, car elles peuvent sensibiliser chacun indépendamment de son niveau de revenu. »</i>	Diffusion Adoption Leviers réglementaires
	« <i>Ils achètent un produit dont ils attendent finalement un résultat tel qu'il était annoncé au départ. Si ce n'est pas le cas, ils ne se sentent pas forcément responsables et ils vont se raccrocher aux défauts qui ont pu être notés.... Finalement, les jardins, c'est des sociétés extérieures qui viennent faire en sorte que ce soit beau, personne ne s'implique »</i>	Participatif Comportements d'usage
	« <i>Autant à l'échelle d'un bâtiment l'objectif d'énergie positive peut être très compliqué...autant à l'échelle d'un quartier, au contraire, c'est possible. »</i>	Segmentation du marché applicatif Faisabilité du concept / valeur
	« <i>Il y a toujours eu cette composante d'un objet, la Caserne de Bonne, qui avait vocation à rayonner, à rapidement faire des petits... »</i>	Rayonnement, visibilité, reproduction
Acteur5	« <i>En fait, ça nous a amené à nous servir de nouveaux outils en simulation de solutions énergétiques. »</i>	Evolution du métier
	« <i>Mise en place d'un compte de prorata on l'on paie en fonction de son utilisation (d'énergie). »</i>	Répartition des coûts Responsabilisation des consommateurs
Acteur10	« <i>Les points bloquants sont le comportement des usagers et la complexité technologique des solutions embarquées qui visent le contrôle et la performance énergétique. »</i>	Obstacles à la diffusion
Acteur6	« <i>Aujourd'hui si on veut faire de la domotique, ça a un coût énorme, donc ça touche une certaine clientèle qui n'est pas la nôtre aujourd'hui... il y a un décalage considérable, il faudra attendre un certain temps pour faire de la domotique. »</i>	Re-segmentation, re-ciblage du marché
Acteur9	« <i>Le seul point c'est qu'on ne peut pas faire tourner les cogénérations quand on veut. L'été, au printemps... on a vraiment des dates fixes auxquelles on peut les faire tourner. ça c'est la loi... La loi ne fait pas la différence entre une petite cogénération et des grosses centrales. Ce n'est pas une question d'écrêtage. »</i>	Impact réglementation
	« <i>Il ne faut surtout pas mettre des thermostats dans les appartements, ça ne sert à rien. Il faut mettre des robinets thermostatiques sur les radiateurs parce que ça c'est immédiat, tu coupes ou tu ne coupes pas. Pour ces bâtiments basse consommation, il faut faire les trucs les plus bêtes et les plus simples possibles. »</i>	Impact utilisateur

Acteur7	« La solution capteurs solaires thermiques pose problème pour cet ouvrage, mais ce problème est évoqué par l'ensemble des acteurs pour tous les ouvrages. Des améliorations conséquentes devront être apportées à ce type de solutions solaires afin qu'elles constituent une réelle composante des NSE à venir. »	Emergence design dominant Trajectoires. choix technologiques
	« On est en train de réfléchir à créer, pour des bâtiments BBC, un local avec séchage. »	Nouvelle organisation / structure / entité
	« Moins on consomme, plus la compagnie de chauffage augmente ses tarifs d'abonnement. »	Effets paradoxaux Effets d'opportunisme

INNOVATIONS DEPLOYEES		
Acteurs / pers. Interviewée	Données collectées	Mots clés
Acteur1	« Et finalement est sorti... outre la performance énergétique des logements le projet de petite cogénération avec GEG. »	Performance énergétique des logements Nouveau projet (cogénération)
Acteur3	Microgénération	
Acteur4	Néant	
Acteur5	« Un bâtiment à énergie positive (assemblage de composants essentiellement existants) »	Vue technique de l'innovation
	« Le bouchon thermique – le seul nouveau dispositif »	Innovation
	« Un outil clé qui a permis l'innovation : le logiciel de simulation hydrodynamique. »	Enablers de l'innovation
Acteur6	« C'est vrai qu'aujourd'hui on essaie de faire des bâtiments plus performants... (il faut) que l'enveloppe du bâtiment soit performante de façon à ne pas entraîner trop de charges d'entretien. »	Critères de sélection innovation
Acteur9	« Et donc ça a abouti à l'idée de la micro-cogénération. »	Emergence d'idées / de trajectoires
	L'aménageur introduit les notions d'alphabétisation énergétique et de culture énergétique, la nécessité de prendre en compte, de former les usagers dans un but d'efficacité énergétique et économique. L'utilisateur est un acteur clé de la réussite de l'innovation (Business model) qui dépend fortement de son comportement vis-à-vis du NSE.	Adoption de l'innovation, environnement et culture des utilisateurs / clients
Acteur6	« Ce qui pose problème c'est l'obligation d'avoir un certain nombre minimal de logements sociaux et d'avoir cette obligation dans un bâtiment à RT2012. Tout cela fait que l'on a des équilibres pas faciles et des opérations qui n'arrivent pas à sortir du fait qu'entre la charge foncière et ces 35% que l'on doit réaliser à des prix très bas, on a des prix de sortie très élevés. C'est ça qui ne fonctionne pas. »	Contraintes réglementaires
Acteur7	« Moi je me dis que s'il y a une innovation dans tout ça, c'est cette capacité d'auto-évaluation de la performance énergétique qui n'existait pas avant et ce n'est pas juste dans le bâtiment et dans l'énergie, c'est tout le montage des plans climat... »	Innovation managériale
	« C'est l'enveloppe, l'enveloppe, l'enveloppe... »	innovation

TICE

<i>Acteurs / pers. interviewée</i>	<i>Données collectées</i>	<i>Mots clés</i>
Acteur1	Usage normal	
Acteur3	« donc, on avait acheté des détecteurs, des capteurs, pour comprendre ce qui se passait. »	Rôle des KET (information pour comprendre)
	« Il y a eu une décision d GEG d'investir et d'instrumenter toutes les chaufferies de la ZAC de Bonne ».	Investissement TICE
	« Enfin, je ne sais plus combien de capteurs ont été installés pour regarder l'ouverture des fenêtres, la température des radiateurs, la température de chaque pièce. »	Changement radical d'usage des TICE
Acteur4	« on a fait des simulations sur les nouveaux contrats, il y a une obligation de séparer la part fixe, la part variable. »	TICE et importance de la simulation (coûts)
	L'idée de tarification progressive (nécessite des TICE) n'est pas mentionnée par le répondant.	
	Il faudrait une instrumentation plus précise avec Enertech et Argos pour avoir des informations plus précises. Ceci n'est pas mentionné par l'ALE.	
Acteur5	« ... il s'agit d'un bureau d'études spécialiste des questions d'efficacité énergétique, détenteur d'un logiciel de simulation 3D permettant l'optimisation énergétique et le chiffrage précoce des solutions potentielles. Tout le long du processus de décisions quant aux solutions énergétiques à adopter, le logiciel de simulation a permis un chiffrage précoce des solutions par la construction de maquettes 3D. Cet outil permet un chiffrage précoce du coût des solutions mises en place. »	Logiciel de simulation 3D

10.7 Annexe VII - Technologies énergétiques de stockage (Réflexion sur les assemblages)

Echelle du logement – Vecteur thermique							
Technologie production (ou transformation)	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production (ou à la transformation)	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Chaudière gaz	Usagers	Production combinée de chauffage et d'ECS	Journalier	Ballon d'eau chaude (chaleur sensible)	Usagers	Les nouvelles générations de chaudières peuvent être couplées à une production de solaire thermique participant à la production de chauffage et d'ECS	Largement utilisé
		Production combinée de chauffage et d'ECS (uniquement pour maison individuelle)	Inter-saisonnier	Réservoir à sel (thermochimique)	Usagers	Stockage du surplus d'énergie solaire thermique l'été pour utilisation l'hiver	En développ ^{nt}
Chaudière bois (uniquement cas de maison individuelle)	Usagers	Idem chaudière gaz	Journalier	Idem chaudière gaz	Usagers	Le ballon de stockage d'ECS peut être couplé à une production de solaire thermique, avec appoint sur chaudière bois ou électrique	Utilisé
			Inter-saisonnier			Idem chaudière gaz pour inter-saisonnier	En développ ^{nt}
Poêle à bois (uniquement cas de maison individuelle)	Usagers	Si production hydraulique à partir d'un échangeur (poêle bouilleur, à granulés hydraulique, ...), possibilité de production combinée de chauffage et d'ECS Production combinée de chauffage et d'ECS	Journalier	Idem chaudière gaz	Usagers	Le ballon de stockage d'ECS peut être couplé à une production de solaire thermique, avec appoint sur poêle à bois ou électrique	Utilisé
			Inter-saisonnier			Idem chaudière gaz pour inter-saisonnier	En développ ^{nt}
PAC + Géothermie de surface (uniquement cas de maison individuelle)	Usagers	En général production uniquement de chauffage, mais dans certains cas peut participer à la production d'ECS Production combinée de chauffage et d'ECS	Journalier	Idem chaudière gaz	Usagers	La production d'ECS peut être faite par un CESI (Chauffe-Eau Solaire Individuel), couplé à la PAC	Utilisé
			Inter-saisonnier			Idem chaudière gaz pour inter-saisonnier	En développ ^{nt}

Echelle du logement – Vecteur thermique (suite)

Technologie production (ou transformation)	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production (ou à la transformation)	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
PAC aérothermie ou sur air extrait	Usagers	Idem PAC + Géothermie de surface	Journalier	Idem PAC + Géothermie de surface	Usagers	La production d'ECS peut être faite par un CESI (Chauffe-Eau Solaire Individuel), couplé à la PAC	Utilisé
Radiateur électrique	Usagers	Pas de stockage car uniquement chauffage					
Ballon ECS électrique	Usagers	Stockage pour l'ECS	Journalier	Ballon d'eau chaude (chaleur sensible)	Usagers	La production d'ECS peut être faite par un CESI (Chauffe-Eau Solaire Individuel), avec appoint électrique	Largement utilisé

Remarques :

- Pourquoi l'échelle du logement pour les moyens de stockage ?
 - o Pour le ballon d'eau chaude, le stockage doit être au plus près des points de fourniture, de manière à éviter les pertes de distribution.
 - o Pour le réservoir à sel, ce moyen de stockage pour permettre un stockage inter-saisonnier nécessite de gros volumes (6 tonnes environ pour une maison). Il est donc inapproprié à une plus grande échelle (question de sécurité en particulier).
- Pourquoi l'utilisateur pour l'acteur porteur de la technologie de production (ou transformation) et moyens de stockage associés ?
 - o Les moyens de production (ou transformation) et de stockage associés sont gérés et maintenus par l'utilisateur.

Echelle du bâtiment – Vecteur thermique							
Technologie production (ou transformation)	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production (ou à la transformation)	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Chaudière gaz individuelle	Usagers	Souvent pas de stockage en individuel dans le collectif					
collective	Syndic de copropriétés	Production combinée de chauffage et d'ECS	Journalier	Ballon d'eau chaude (chaleur sensible)	Syndic de copropriétés	Le ballon de stockage d'ECS peut-être couplé à une production de solaire thermique, avec appoint sur chaudière gaz ou électrique	Largement utilisé
Chaudière bois	Syndic de copropriétés	Idem chaudière gaz collective	Journalier	Idem chaudière gaz collective	Syndic de copropriétés	Le ballon de stockage d'ECS peut-être couplé à une production de solaire thermique, avec appoint sur chaudière bois ou électrique	Utilisé
PAC + Géothermie verticale	Syndic de copropriétés	Production combinée de chauffage et d'ECS	Journalier	Idem chaudière gaz collective	Syndic de copropriétés	Le ballon de stockage d'ECS peut-être couplé à une production de solaire thermique, avec appoint sur PAC ou électrique	Utilisé
PAC aérothermie	Usagers	Pas de stockage car uniquement chauffage, et éventuellement rafraîchissement					
Radiateur électrique	Usagers	Pas de stockage car uniquement chauffage					
Ballon ECS électrique	Usagers	Stockage pour l'ECS	Journalier	Idem chaudière gaz collective	Usagers	La production d'ECS peut être faite par un CESI (Chauffe-Eau Solaire Individuel), avec appoint électrique	Largement utilisé
Micro-cogénération (Production d'électricité avec obligation d'achat)	Syndic de copropriétés ou distributeur (Fournisseur historique)	Production combinée de chauffage et d'ECS	Journalier	Ballon d'eau chaude (chaleur sensible)	Syndic de copropriétés	Le ballon de stockage d'ECS peut-être couplé à une production de solaire thermique, avec appoint sur micro-cogénération ou électrique	Utilisé

Echelle du bâtiment – Vecteur thermique (suite)

Technologie production (ou transformation)	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production (ou à la transformation)	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Réseau de chaleur fonctionnant avec des énergies fossiles, mais de plus en plus avec de la biomasse, du bois, de la géothermie et des énergies fatales, avec pour certains de la cogénération (Production d'électricité avec obligation d'achat en cogénération)	Distributeur (Fournisseur historique)	Stockage possible pour le chauffage pour diminuer la puissance et de fait l'abonnement Stockage tampon pour l'ECS	Journalier	Ballon d'eau chaude (chaleur sensible)	Syndic de copropriétés	Le ballon de stockage d'ECS peut-être couplé à une production de solaire thermique, si le réseau de chaleur fonctionne avec des énergies fossiles	Utilisé

Remarques :

- Pourquoi l'échelle du bâtiment pour les moyens de stockage ?
 - o Pour le ballon d'eau chaude, le stockage doit être au plus près des points de production ou de fourniture, de manière à éviter les pertes de distribution, et éventuellement limiter la puissance des moyens de production ou d'échange (chauffage urbain par exemple).
- Pourquoi l'utilisateur, le syndic de copropriétés ou le distributeur pour l'acteur porteur de la technologie de production (ou transformation) et moyens de stockage associés ?
 - o L'acteur porteur des moyens de production (ou transformation) et de stockage associés dépend de la localisation de ces moyens. Ainsi, si ceux-ci sont à l'intérieur des logements, ils seront gérés et maintenus par l'utilisateur. S'ils sont collectifs et dans l'immeuble, ils seront gérés et maintenus par le syndic de copropriétés, avec la particularité du chauffage urbain qui gère la production de chaleur et l'échangeur primaire dans l'immeuble, mais pas l'échangeur secondaire de l'ECS.

Mêmes remarques qu'à l'échelle de l'îlot pour les échelles du quartier et de la ville.

Echelle de la ville – Vecteur thermique							
Technologie production (ou transformation)	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production (ou à la transformation)	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Réseau de chaleur fonctionnant avec plusieurs centrales de production	Idem échelle du quartier	Idem échelle du quartier	Idem échelle du quartier	Idem échelle du quartier	Idem échelle du quartier	Idem échelle du quartier	Idem échelle du quartier

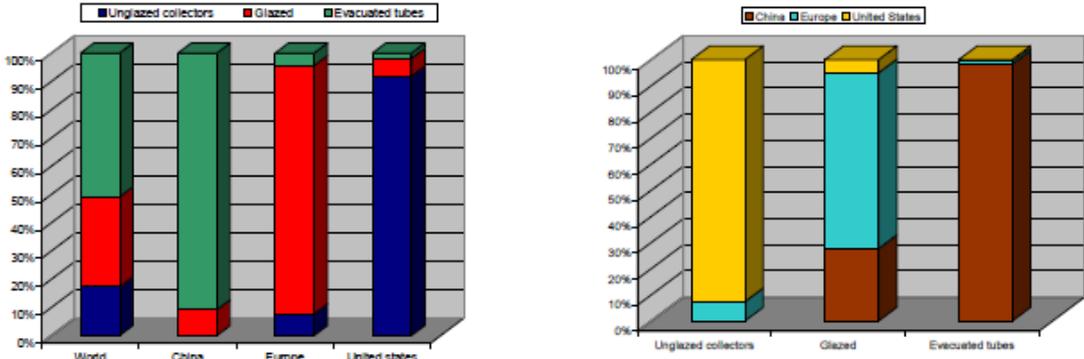
Echelle du logement – Vecteur électrique							
Technologie production	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Système solaire photovoltaïque (uniquement cas de maison individuelle)	Usagers	Aujourd'hui pour site isolé, sinon pas de stockage car obligation d'achat	Quelques heures ou Journalier	Batteries	Usagers	Par définition compte tenu de l'intermittence de la production	Utilisé
		Demain pour l'autoconsommation	Journalier	Système avec onduleur, batteries et gestion intelligente	Usagers	Par définition compte tenu de l'intermittence de la production	En développ ^{nt}
Micro –éolienne (uniquement cas de maison individuelle)	Usagers	Idem système solaire PV	Idem système solaire PV	Idem système solaire PV	Idem système solaire PV	Idem système solaire PV	Idem système solaire PV
Micro-cogénération (uniquement cas de maison individuelle)	Usagers	Aujourd'hui pas de stockage, obligation d'achat	Journalier	Système avec onduleur, batteries et gestion intelligente	Usagers	Par définition compte tenu de l'intermittence de la production	En développ ^{nt}
		Demain pour l'autoconsommation					

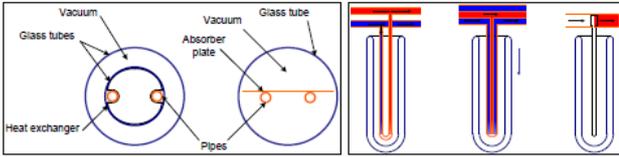
Echelle de la ville – Vecteur électrique							
Technologie production	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Centrale solaire photovoltaïque au sol	Fournisseur	Aujourd'hui pas de stockage, obligation d'achat	Plusieurs heures, Journalier, Hebdomadaire, Mensuel (suivant forme du stockage)	Volant d'inertie, et/ou différents types de batteries, et/ou stockage par air comprimé, et/ou stockage sous forme d'hydrogène	Fournisseur	Par définition compte tenu de l'intermittence de la production	Utilisé ou en développ ^{nt} suivant la forme du stockage
Ou éolienne		Demain pour équilibre production /consommation, maintien approvisionnement, indépendance tarif électricité, report énergie heures creuses vers heures pleines, et participation aux services systèmes					
Ou cogénération							

Centrale hydraulique ou Usine marémotrice	Fournisseur	Equilibre production / consommation, report énergie heures creuses vers heures pleines, et participation aux services systèmes	Idem centrale solaire PV	Volant d'inertie, et/ou stockage par air comprimé, et/ou stockage sous forme d'hydrogène, et/ou STEP	Fournisseur	Idem centrale solaire PV	Idem centrale solaire PV
Echelle de la ville – Vecteur électrique (suite)							
Technologie production	Acteurs porteurs	Usage du stockage intégré à la production	Temporalité du stockage	Forme du stockage	Acteurs du stockage	Couplage d'EnR	Maturité stockage
Centrales solaires thermodynamique	Fournisseur	Equilibre production / consommation	Journalier	Stockage sous forme de réservoir de chaleur sensible, ou thermochimique	Fournisseur	Idem centrale solaire PV	Idem centrale solaire PV

10.8 ANNEXE VIII

Fiche Solaire thermique collectif dans un écoquartier

OBJECTIF ENERGETIQUE	SOLAIRE THERMIQUE COLLECTIF DANS UN ECOQUARTIER Cette fiche est issue pour la plus part d'extraits de fiches établies dans le cadre de la « Cartographie de la filière Solaire » réalisé pour le programme « Objectif Solaire » qui a été développé conjointement par le CRITT de Savoie, l'Agence Economique de Savoie et l'INES
Données d'entrées	<p>Les capteurs solaires thermiques :</p> <p>Dans les installations de chauffage/production d'eau chaude/rafraichissement solaire, les capteurs solaires thermiques sont un des maillons essentiels. Ce sont eux qui vont collecter l'énergie solaire incidente pour la transformer en chaleur et la transférer au fluide caloporteur pour la valorisation au niveau du système.</p> <p>Plusieurs typologies de capteurs solaires existent, cependant, on trouve toujours les mêmes fonctions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capturer l'énergie solaire incidente au travers d'une surface absorbante. - Transférer au fluide, qui peut être résumé à un échangeur de chaleur entre la surface absorbante et le circuit hydraulique. - Limiter les pertes thermiques au travers d'une isolation et des réductions des pertes par rayonnement. <p>Aujourd'hui, le marché est dominé par trois technologies :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les capteurs solaires sans vitrage, qui constituent la plus grosse part de marché aux Etats Unis - Les capteurs solaires plans, qui constituent la plus grosse part de marché en Europe - Les capteurs à tubes sous-vide, qui constituent la plus grosse part de marché en Chine <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;">  </div> <p>Figure 1. Part de marchés des différentes typologies de capteurs solaires dans le monde (Source « Cartographie de la filière Solaire »)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Capteur solaire sans vitrage</u> Les capteurs solaires sans vitrage sont les produits les plus simples, mais également ceux offrant des niveaux de température les moins élevés. Le marché de ces produits est essentiellement orienté vers le chauffage des piscines. Certains produits sont également utilisés pour le préchauffage d'ECS (Eau Chaude Sanitaire), notamment lorsqu'ils disposent d'un traitement sélectif ou pour le préchauffage d'air des locaux. • <u>Capteur solaire plan</u> Les capteurs solaires plans sont les plus couramment utilisés en Europe : ils constituent généralement la référence. Les capteurs solaires plans sont constitués : <ul style="list-style-type: none"> - D'un vitrage spécifique qui laisse traverser le rayonnement solaire, et est opaque au rayonnement thermique : c'est le principe de l'effet de serre. - D'un absorbeur, constitué d'une tôle en cuivre ou en aluminium, disposant d'un traitement de surface spécifique permettant d'absorber le rayonnement transmis, et de n'en réémettre qu'une faible part (contrairement à une surface noire

	<p>traditionnelle), et d'une grille hydraulique, constitué de tubes, généralement en cuivre.</p> <ul style="list-style-type: none"> - D'une isolation assurée généralement pas des laines minérales. - D'un coffre permettant de maintenir l'ensemble.
	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Figure 2. Exemples de capteurs solaires plans (Source « Cartographie de la filière Solaire »)</p> <p>Les capteurs plans ont des caractéristiques thermiques qui les destinent à la production d'eau chaude sanitaire, au chauffage des locaux, et dans certains cas, à la climatisation solaire et à la chaleur de process industriels.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Capteur à tubes sous vides</u> <p>La technologie des capteurs solaires à tubes sous vide est très répandue en Chine, pays duquel arrive la majeure partie des capteurs commercialisés en Europe. Ils reposent sur l'utilisation d'un (ou de deux tubes) en verre à l'intérieur duquel le vide est réalisé permettant ainsi de réduire les pertes thermiques.</p> <p>Il existe un grand nombre de variantes de conception, faisant appel à des technologies différentes (Figure 3) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Selon le nombre de tubes : Dans le cas d'un seul tube, un absorbeur avec traitement sélectif est mis à l'intérieur à l'intérieur du tube dans lequel le vide est réalisé. Généralement, un des points délicats est la soudure verre-métal. Dans le cas de 2 tubes, le vide est réalisé entre les deux enveloppes, et le traitement sélectif est réalisé sur la face externe du tube interne. - Selon le transfert thermique : Soit avec un tube aller et un tube retour, soit avec deux tubes coaxiaux, soit avec un caloduc. <div style="text-align: center;">  </div> <p>Figure 3. Différentes technologies de capteurs sous vide (Source « Cartographie de la filière Solaire »)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Figure 4. Exemples de capteurs à tubes sous vides (Source « Cartographie de la filière Solaire »)</p> <p>Les capteurs à tubes sous vide sont principalement adaptés à la production de chaleur à plus haute température, soit pour la climatisation solaire et les process industriels.</p>
<p>Données de sorties</p>	<p>Le Solaire Thermique peut être utilisé dans un grand nombre d'applications nécessitant la production de chaleur. En fonction des applications, définies principalement par le niveau de température nécessaire, la technologie sera différente dans le but d'optimiser les gains énergétiques provenant de l'énergie solaire thermique, mais aussi de réduire l'énergie nécessaire à sa fabrication.</p> <p>Voici un 1^{er} schéma introductif, spécifiant la température d'utilisation :</p>

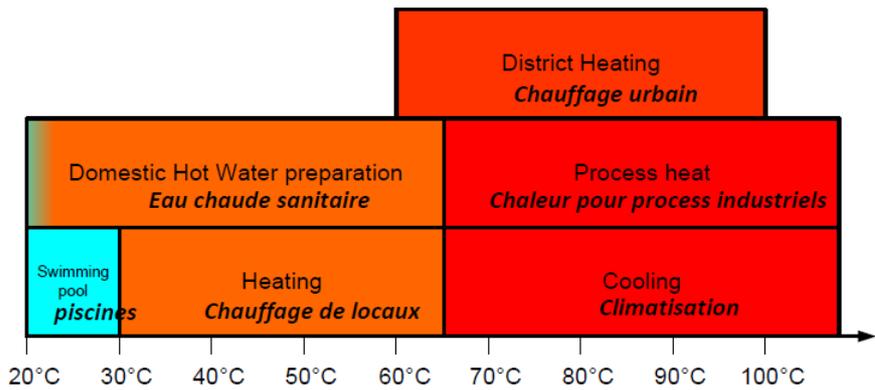


Figure 5. Les applications solaires thermiques en fonction du niveau de température (Source « Cartographie de la filière Solaire »)

Et voici un 2nd schéma introductif, spécifiant le déploiement marché par application :

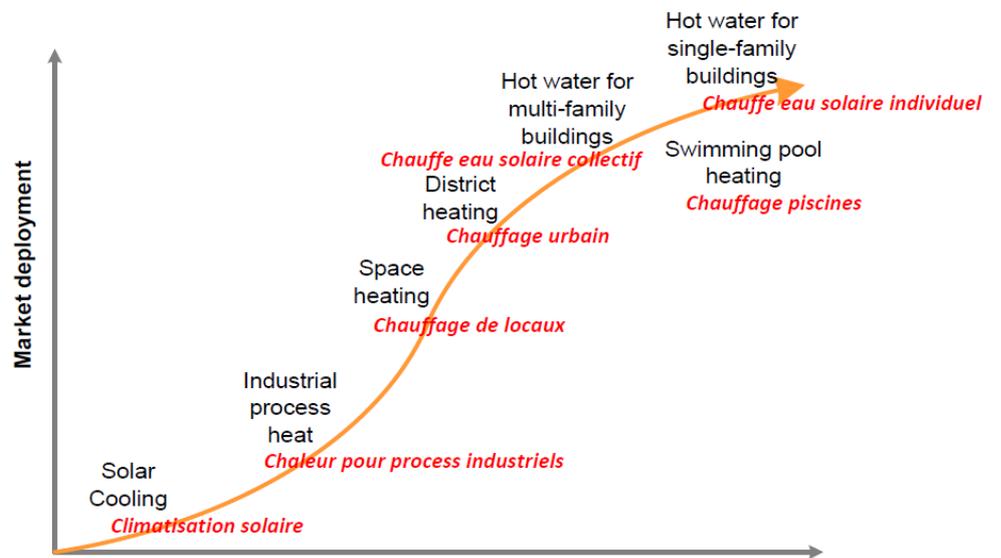


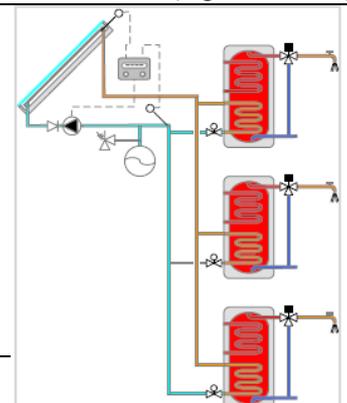
Figure 6. Déploiement marché par application (Source « Cartographie de la filière Solaire »)

Les applications solaires thermiques à basse température : Nous allons nous intéresser ici qu’aux applications liées aux bâtiments collectifs ou immeubles tertiaires, toujours dans l’objectif d’une analyse à l’échelle de l’écoquartier.

- Chauffe-eau pour logement collectif

Pour les grands bâtiments, les systèmes de chauffe-eau solaires collectifs sont principalement conçus comme des systèmes à circulation forcée avec circuit rempli en permanence ou circuit auto-vidangeable. La principale variation dans la conception d'un tel système est liée à la dimension et l'emplacement du réservoir d'eau chaude pour le solaire et le chauffage d'appoint, avec trois options principales:

- Réservoir d'eau chaude solaire centralisé et réservoir/système d'appoint centralisé (Fig. 3 à gauche)
- Réservoir d'eau chaude solaire centralisé et réservoir/système d'appoint décentralisé (Fig. 3 au milieu)
- Réservoir d'eau chaude solaire décentralisé et réservoir/système d'appoint décentralisé (Fig. 3 à droite)



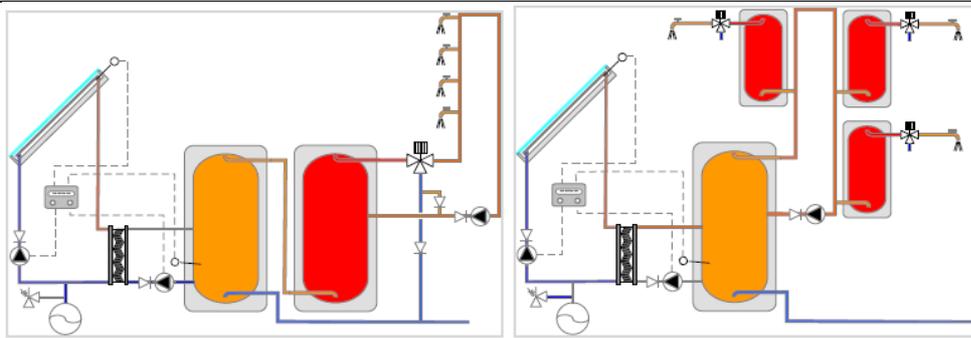


Figure 7. Typologies des grands systèmes solaires de production d'eau chaude (Source « Cartographie de la filière Solaire »)

- Systèmes solaires combinés

Les systèmes solaires thermiques qui assurent le chauffage des locaux et la préparation d'eau chaude sanitaire sont appelés « systèmes solaires combinés ». Cette technologie est principalement répandue en Europe, notamment en Allemagne et en Autriche avec une part de marché d'environ 60% de la superficie des capteurs vendus chaque année, et principalement pour les maisons unifamiliales ou immeubles multifamiliaux avec un nombre limité d'appartements (jusqu'à 6).



Figure 8. Schéma de principe système solaire combiné (Source « Cartographie de la filière Solaire »)

La plus part du temps les différentes technologies disponibles sur le marché sont classées en fonction de la préparation d'eau chaude sanitaire, et l'intégration du chauffage d'appoint dans le système.

Pour le chauffage d'appoint, deux options sont couramment utilisées:

- Le chauffage d'appoint chauffe la partie supérieure du réservoir de stockage à la fois pour l'eau chaude sanitaire et pour chauffage des locaux.
- Le Chauffage d'appoint réchauffe la partie supérieure du réservoir d'eau chaude sanitaire et le chauffage d'appoint est en série avec l'énergie solaire pour le chauffage.

Pour la préparation d'eau chaude sanitaire, trois options sont disponibles:

- Système Tank-in-tank: l'eau chaude sanitaire est préparée dans un réservoir immergé dans un autre réservoir tampon.
- Echangeur de chaleur immergé: l'eau chaude sanitaire est préparée par un échangeur de chaleur immergé, généralement en acier inoxydable.
- Unité d'eau chaude sanitaire externe: L'eau chaude est préparée par échangeur de chaleur externe à plaques.

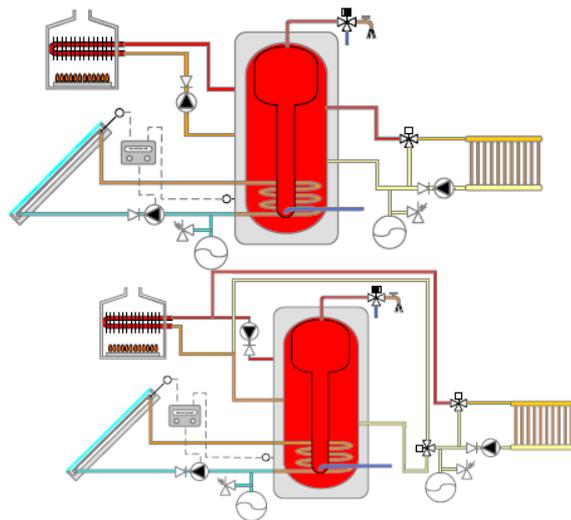


Figure 9. Une production d'eau chaude Tank-in-tank (Source « Cartographie de la filière Solaire »)

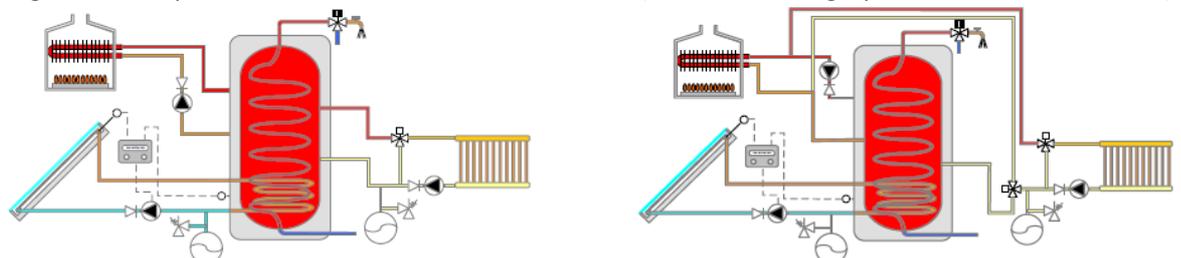


Figure 10. Préparation d'eau chaude sanitaire avec un échangeur de chaleur immergé (Source « Cartographie de la filière Solaire »)

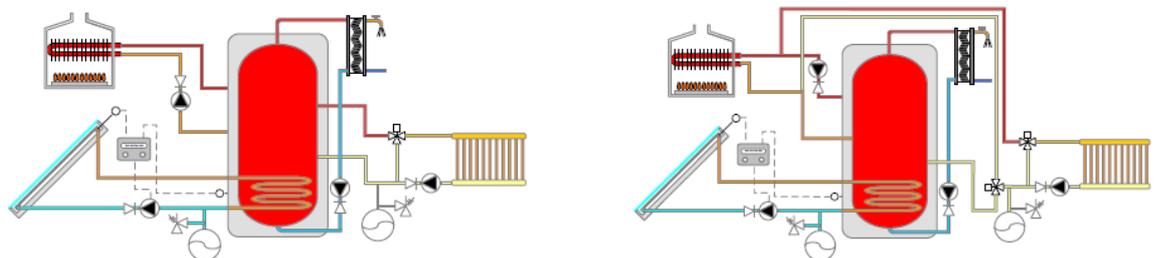


Figure 11. Préparation d'eau chaude sanitaire dans une unité externe (Source « Cartographie de la filière Solaire »)

- Climatisation solaire

Le rafraîchissement/climatisation solaire est une technologie émergente, et est une réponse pour les bâtiments tertiaires ou les consommateurs qui demandent une augmentation du niveau de confort en période estivale. Mais aujourd'hui, la climatisation solaire est encore au début de son histoire, et est essentiellement au stade de démonstration en Europe et aux États-Unis.

Deux principales technologies de rafraîchissement/climatisation solaire sont disponibles sur le marché:

- Les systèmes de rafraîchissement par dessiccation : ce sont des systèmes de refroidissement à cycle ouvert, utilisant l'eau comme fluide frigorigène en contact direct avec l'air. Ce cycle est basé sur les propriétés de l'air humide, et utilise des échangeurs de chaleur rotatifs, une roue dessiccante et un humidificateur. L'air intérieur est d'abord humidifié pour diminuer sa température, puis chauffé par l'échangeur de chaleur rotatif et par l'échangeur de chaleur alimenté par la chaleur solaire. L'air chaud ainsi obtenu est utilisé pour régénérer la roue dessiccante. De l'autre côté, l'air extérieur est d'abord déshumidifié dans la roue dessiccante, puis, il est refroidi par l'échangeur de chaleur rotatif et enfin réhumidifié (fig. 12)
- Systèmes de rafraîchissement par absorption ou adsorption en cycle fermé : Ces systèmes utilisent des machines à absorption ou adsorption (fig. 13). Ces systèmes sont les plus couramment rencontrés et une gamme de machines à ab/adsorption couvre une large étendue de puissance.

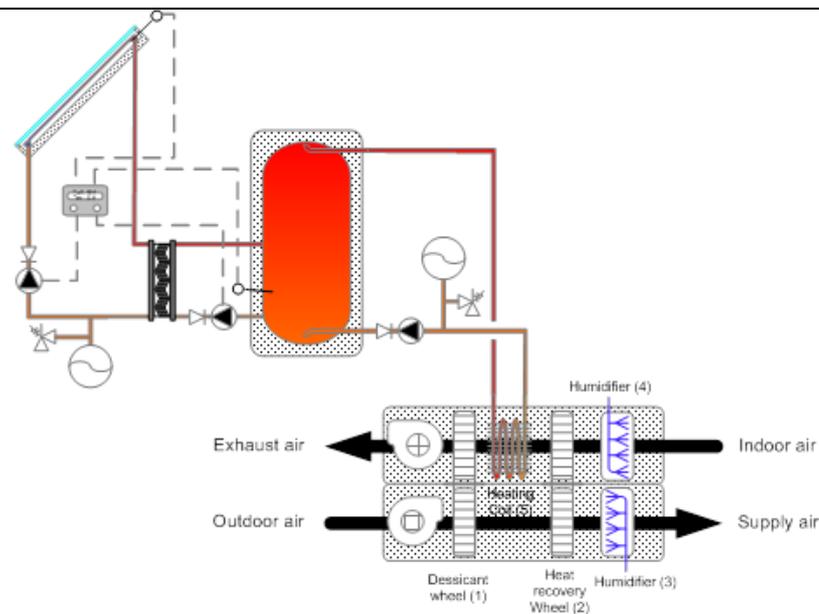


Figure 12. Schéma type hydraulique et aéraulique pour un système solaire de refroidissement à roue dessiccante (Source CEA à l'INES)

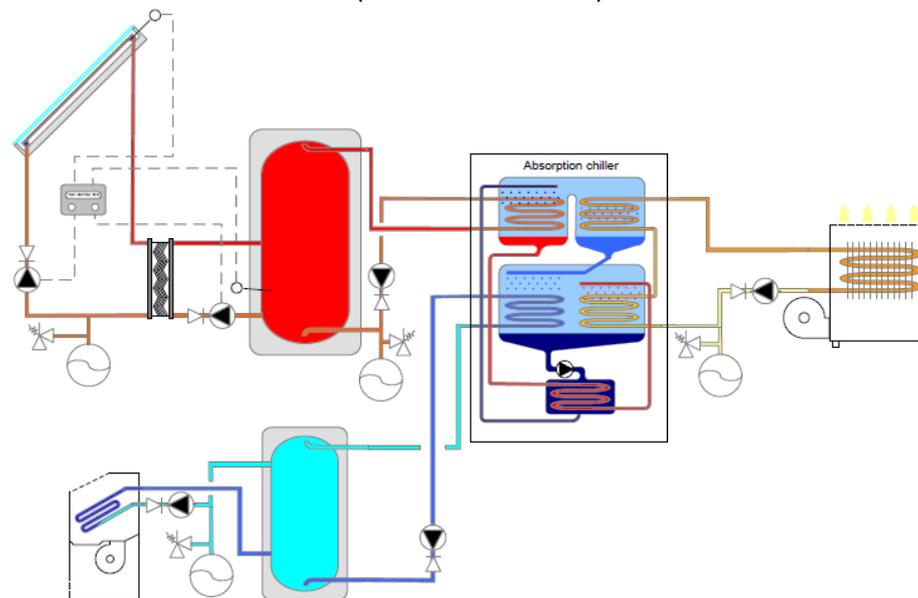


Figure 13. Schéma type hydraulique pour un système solaire de refroidissement par absorption (Source « Cartographie de la filière Solaire »)

<p>Innovations technologiques</p>	<p>En termes de R&D, l'activité est orientée vers la réduction des coûts et l'augmentation des performances. La seule grande nouveauté vient du développement de capteurs type panneaux « haute température ». Chargé en huile pour pouvoir dépasser 100 °C sans bouillir, ces panneaux produiront 130 °C au minimum. La chaleur ainsi produite pourra alimenter des réseaux de chaleur pour la production de chauffage et d'ECS, et pourra servir au rafraîchissement de bâtiments grâce à des couplages avec des machines à absorption.</p>
--	---

• **Fiche Stockage de chaleur avec couplage d'EnR**

<p>OBJECTIF ENERGETIQUE</p>	<p>STOCKAGE DE CHALEUR AVEC COUPLAGE D'ENR Cette fiche est issue pour une partie d'extraits du colloque de l'IFPEN « Panorama 2013 : "Stockage massif de l'énergie - Un impératif pour réussir le mix énergétique de demain ?" »</p>
<p>Données d'entrées</p>	<p>Le stockage de chaleur concerne principalement le chauffage (ou la climatisation) des bâtiments, qui représente près de 50 % de la consommation énergétique en Europe.</p>

Les sources de chaleur proviennent en premier lieu du solaire, pour lequel le stockage permettrait de réduire les effets de son intermittence et du décalage entre les périodes les plus productives (le jour/l'été) par rapport aux périodes de plus grandes demandes (le soir/l'hiver).

D'autre part, le stockage permet également de lisser la consommation pour améliorer le rendement des systèmes de production de chaleur. En effet, la fluctuation du besoin (de chaleur ou de refroidissement) provoque d'une part des marche-arrêt qui réduisent la durée de vie de ces systèmes, et d'autre part un fonctionnement à faible régime, c'est-à-dire loin de leur point de fonctionnement optimal. Ainsi le stockage permet d'améliorer les rendements thermiques et la durée de vie.

D'origine industrielle (chaleur fatale) ou solaire, la chaleur est captée avec plusieurs niveaux de température suivant les applications visées :

- les procédés basse température (<120°C), de faibles puissances de stockage (1 à 50 kW), destinés essentiellement à l'habitat ou au tertiaire,

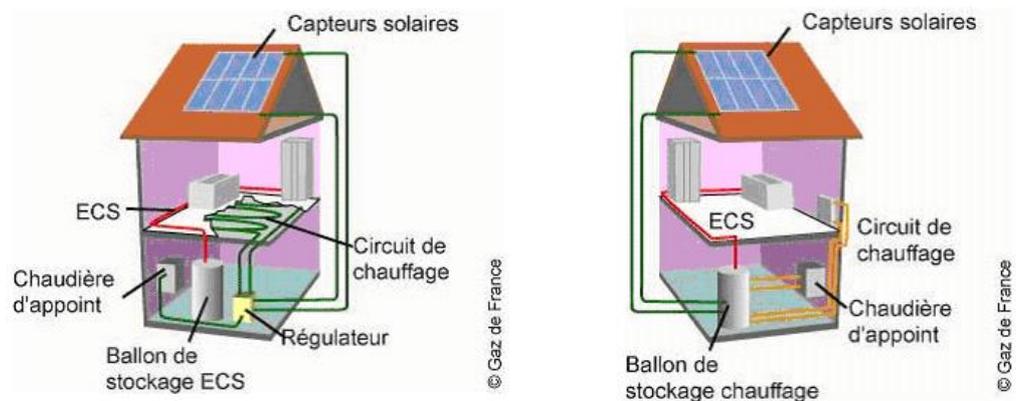


Figure 1. Principe des systèmes solaires combinés (Source « GDF-Suez »), système direct à gauche ou à hydro-accumulation à droite

- les procédés moyennes températures (120°C < T < 450°C), ou hautes températures (T>450°C), destinés soit à réduire la consommation de chaleur d'origine fossile dans l'industrie, soit à produire de l'électricité (cf. figure 2 ci-après).

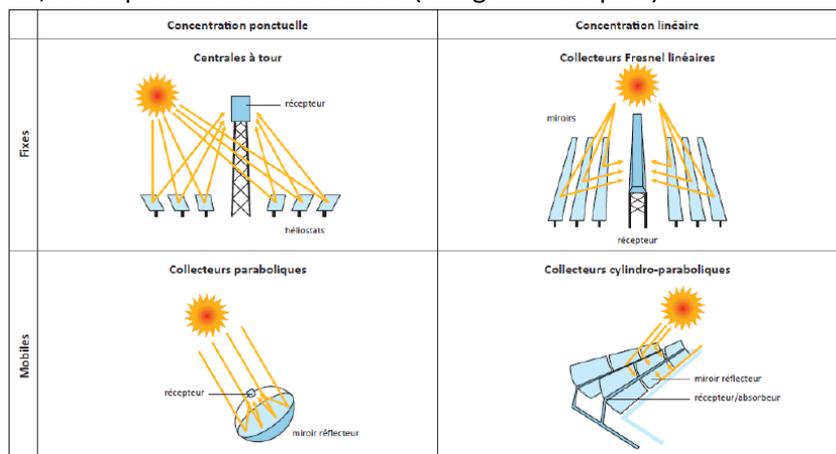


Figure 2. Les 4 principaux types de centrales thermodynamiques à concentration en fonction du type de surface réfléchissante (Source « AIE-2010 »)

Données de sorties

Il existe 3 moyens de stockage de la chaleur qui présentent chacun leurs caractéristiques.

Le stockage thermique par chaleur sensible :

- Les données liées à ce type de stockage ont été explicitées dans la fiche détaillée d'une technologie énergétique intitulée « Stockage de chaleur par le bâtiment ou le sol ».

Le stockage thermique par changement de phase :

Pour les PCM, l'utilisation dans le bâtiment se fait par intégration de ceux-ci dans les divers éléments constituant un bâtiment (enveloppes, plafonds, plancher, parois, menuiseries, mobiliers, etc.). Le stockage et le déstockage d'énergie s'effectue au gré des échanges de chaleur avec l'air intérieur au bâtiment et l'environnement de celui-ci (air extérieur, rayonnement solaire, rayonnement nocturne, ...). Ces échanges sont passifs.

L'utilisation du changement de phase d'un corps est aussi un bon moyen de stocker et de restituer de la chaleur ou du froid, en réduisant les volumes de stockage. Ce type de transformation est par exemple utilisé pour refroidir un verre d'eau avec un glaçon.

Le stockage par chaleur latente présente deux avantages par rapport à la chaleur sensible :

- Le stockage par chaleur latente consiste à exploiter la quantité d'énergie engagée lors du changement d'état d'un corps. Ce changement d'état s'opère à température constante et représente une importante quantité de chaleur absorbée ou restituée.
- Dans une petite gamme de température (autour de la température de changement de phase), le stockage par chaleur latente peut avoir de plus fortes capacités de stockage par rapport à la chaleur sensible, pour un même volume par exemple. Cependant, si la gamme de température opératoire est assez large, la densité énergétique diminue considérablement car la capacité thermique de ces matériaux est relativement faible par rapport à l'eau.

Cependant, les MCP peuvent trouver leur place lorsqu'ils sont couplés à des pompes à chaleur car la gamme de température de fonctionnement est assez réduite.

Il faut noter que, bien que le changement liquide/gaz présente une forte enthalpie (potentiel thermodynamique) de transformation, cette solution est souvent écartée à cause des grandes variations de volumes induites.

Le stockage thermochimique :

Le stockage par voie thermochimique met en jeu des réactions réversibles qui alternativement absorbent de la chaleur (réactions dites endothermiques) puis la restituent (réactions dites exothermiques). Les réactions envisagées sont des déshydratations en été et des hydratations en hiver. Les réactifs peuvent être des solides ou des liquides. La durée de stockage est alors sans limite : il suffit de garder les composés déshydratés dans un réservoir et l'eau recondensée dans un autre. Lorsqu'ils sont remis en présence, la chaleur est alors restituée et permet de chauffer directement l'air de la maison ou d'alimenter en eau chaude un système de plancher chauffant.

Comparaison des modes de stockage

La figure ci-dessous permet de comparer synthétiquement les avantages et inconvénients de chaque solution de stockage

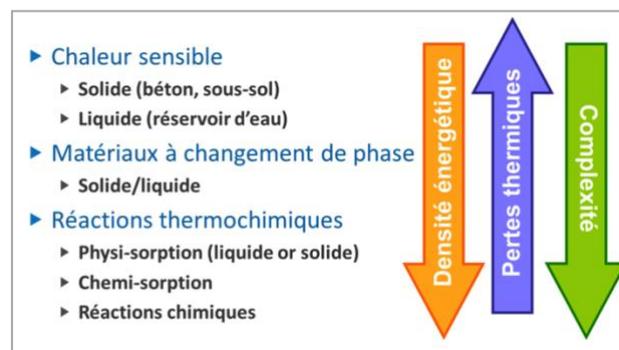


Figure 3 : Comparaison des modes de stockage (source « CEA à l'INES »)

Une comparaison de différents moyens de stockage simulés a été faite dans le projet de recherche ANR-08-STOCK-E-04 ESSI. La figure suivante montre la capacité de stockage pour

un système solaire combiné avec un stockage thermochimique avec réaction solide/gaz, un stockage par absorption avec réaction liquide/gaz et un stockage avec matériau à changement de phase (PCM en anglais).

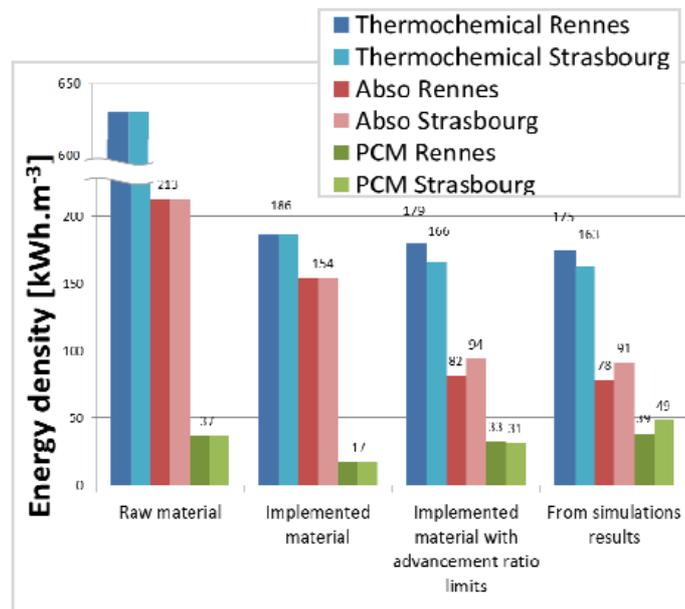


Figure 4. Comparaison de systèmes de stockage combiné à une production de chaleur comportant du solaire thermique (Source : résumé soumis à SHC 2013, « Four seasonal storage technologies comparison »)

Les applications de stockages thermiques :

Nous allons nous intéresser ici uniquement aux applications liées aux bâtiments collectifs ou immeubles tertiaires, toujours dans l’objectif d’une analyse à l’échelle de l’écoquartier.

Le stockage thermique par chaleur sensible :

Les installations de stockage thermique (chaleur et froid) concernent majoritairement les marchés industriels et tertiaires avec des réalisations de l’ordre de 1-10MW, les réseaux de chaleur, et le marché résidentiel par le biais des ballons d’eau chaude sanitaire. Ces installations ont un potentiel important en termes de compétitivité pour les activités tertiaires et industrielles, et en termes d’impact sur la demande en électricité à la pointe. En effet, en stockant la chaleur ou le froid en période de faible demande d’électricité, le potentiel de décalage des appels de puissance est important.

Sur les réseaux de chaleur, le stockage de chaleur permet d’optimiser le dimensionnement des installations, notamment dans le cadre d’extension de réseaux existants. Actuellement, seuls des systèmes de stockage sensible sont expérimentés.

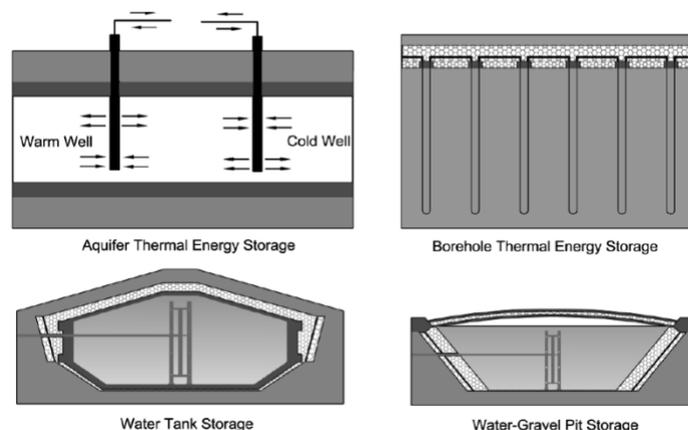


Figure 5 : Différents types de stockage saisonnier souterrain employé en collectif (source : Pavlov, ISES 2011)

Le stockage de chaleur dans les ballons d'eau chaude sanitaire électriques mobilise aujourd'hui un parc de plusieurs millions d'installations en France. Cela représente un appel de puissance de plusieurs GW au maximum. Cet appel de puissance est prédictible et commandable par le signal 175Hz du tarif Heures Creuses, ce qui permet de décaler cet appel de puissance de manière programmée.

Le stockage thermique par changement de phase :

Les matériaux à changement de phase (MCP) qui présentent des opportunités intéressantes pour le stockage de chaleur latente sont de plusieurs types : métaux, matériaux organiques (acides gras et paraffines) ou inorganiques (sels hydratés). Ces matériaux sont parfois utilisés dans les matériaux de construction pour tempérer les bâtiments.

Le stockage thermochimique:

Par rapport aux deux voies précédentes (sensible et latent), les procédés mis en œuvre ici sont plus complexes : séparation des produits au stockage, mise en contact des réactants à la restitution. Cette solution est prometteuse pour le stockage inter-saisonnier car elle présente la plus forte densité énergétique et aucune perte durant la phase de stockage. Cependant, les procédés sont encore en cours de développement et ne sont pas encore disponibles sur le marché.

Innovations technologiques

Les principaux axes de recherche portent sur les matériaux, dont il convient de diversifier l'offre, d'augmenter la durée de vie et d'améliorer les propriétés thermophysiques (haute température, rendement). La diminution du volume d'encombrement et la réduction des pertes constituent deux autres voies d'évolution.

Le stockage thermique par changement de phase :

Il n'existe pas à ce jour d'installations de stockage de grande capacité basées sur ce principe mais de nombreux projets sont en cours, en particulier aux USA, comme par exemple le projet Metallic Composites Phase-Change Materials for High-Temperature Thermal Energy Storage conduit au MIT sur les nanomatériaux fondus.

Le stockage thermochimique :

Différents centres de recherches travaillent sur les matériaux pour en découvrir de nouveaux ou améliorer l'existant. De fortes contraintes dans le choix des réactifs existent : ils doivent être non toxiques, avec un faible impact environnemental et bon marché. La densité énergétique est également un point crucial pour avoir des réservoirs de taille raisonnable, autour d'environ 5-10 m³, soit la taille d'un petit abri de jardin. Des challenges se trouvent aussi dans la conception de réacteurs performants ainsi que dans le développement de systèmes de chauffage adaptés qui permettent de valoriser au mieux la chaleur extraite du stockage.

Plusieurs pilotes ont été réalisés et testés dans différents laboratoires de recherche, en particulier en Allemagne, France et aux Pays bas. La plupart sont à l'échelle laboratoire mais un projet à échelle 1 est en cours de réalisation au CEA à l'INES.

Table des matières détaillée

Remerciements	2
Résumé.....	3
Abstract.....	4
Sommaire	5
Introduction	6
1 Chapitre 1 – Terrains de recherche et assemblages de NSE.....	11
1.1 Le quartier De Bonne à Grenoble	11
1.1.1 Principales innovations (solutions techniques, échelles, statut juridique,)	11
1.1.2 Localisation du quartier et envergure du projet	11
1.1.3 Historique et ajustements du projet.....	12
1.1.4 Projets immobiliers enquêtés.....	13
1.1.5 Bibliographie	20
1.2 Réseau de chaleur et chaufferie bois, quartier Bastille à Fontaine (Isère)	20
1.2.1 Principales innovations (solutions techniques, échelles, statut juridique ...)	20
1.2.2 Localisation du quartier et envergure du projet	21
1.2.3 Historique et ajustements du projet.....	23
1.2.4 Bibliographie	23
1.3 Réseau de chaleur et récupération de chaleur des eaux usées, quartier Sainte Geneviève à Nanterre (Hauts-de-Seine)	23
1.3.1 Principales innovations (solutions techniques, échelles, statut juridique ...)	23
1.3.2 Localisation du quartier et envergure du projet	24
1.3.3 Historique et ajustements du projet.....	25
1.3.4 Bibliographie	26
1.4 Smart grid, projet IssyGrid, Issy les Moulineaux Hauts-de-Seine	26
1.4.1 Principales innovations	26
1.4.2 Localisation du quartier et envergure du projet urbain	27
1.4.3 Historique et ajustements du projet.....	27
1.4.4 Bibliographie	28
2 Chapitre 2 – Méthodologie de construction et d’exploitation du corpus d’entretiens	29
2.1 Introduction	29
2.2 Détermination des objets et sélection des terrains et des personnes	30
2.2.1 Introduction.....	30
2.2.2 Pourquoi et comment ?.....	30
2.2.3 Matériels et méthodes.....	31
2.2.4 Résultats.....	33
2.2.5 Conclusion	34
2.3 Elaboration de la grille d’entretien et organisation des enquêtes	34
2.3.1 Introduction.....	34
2.3.2 Pourquoi et comment ?.....	34
2.3.3 Matériels et méthodes.....	35
2.3.4 Résultats.....	37
2.3.5 Conclusion	39
2.4 LA GRILLE DE PRECODAGE COMMUN	40
2.4.1 Introduction.....	40
2.4.2 Le codage des entretiens semi-directifs : pourquoi et comment ?.....	40
2.4.3 Matériel et méthode	41
2.4.4 Résultats.....	42
2.4.5 Conclusion : le pré-codage commun des entretiens dans l’organisation de la collaboration interdisciplinaire.....	44

2.5 Conclusion générale	44
2.6 Bibliographie	45
3 Chapitre 3 – Mise au point des NSE innovants et conditions de leur généralisation	46
3.1 Introduction	46
3.2 Cogénération ilot+bâtiment à De Bonne Grenoble	46
3.2.1 Le choix de la cogénération à l'échelle du bâtiment et ses limites	47
3.2.2 Les enseignements de la mise au point de la cogénération	50
3.3 Chaufferie biomasse et réseau de quartier à Fontaine	53
3.3.1 Genèse du projet.....	53
3.3.2 Une volonté politique municipale issue de concertations.....	55
3.3.3 De la spatialité des réseaux de chaleur	55
3.3.4 Contournement des barrières et compétences à acquérir	56
3.4 Synthèse : quelles variables structurantes ?	57
3.5 Bibliographie du chapitre	58
4 Chapitre 4 – Gouvernance : Mobilisation Politique et Coordination des Acteurs	59
4.1 Corpus et objectifs de l'analyse	60
4.2 Principaux résultats	61
4.2.1 Des modes de gouvernance non classiques.....	61
4.2.2 La question de l'innovation dans les terrains analysés.....	63
4.2.3 Innovation et gouvernance dans les EQ analysés.....	63
4.2.4 L'innovation de la gouvernance à la Caserne de Bonne.....	64
4.2.5 Des nouvelles façons d'organiser le travail.....	65
4.2.6 Des nouvelles façons de travailler	66
4.2.7 Réduction des risques liés à l'innovation	67
4.2.8 Dis/continuités dans les réseaux professionnels.....	67
4.2.9 Culture de l'expérimentation et de l'évaluation	68
4.2.10 Leçons issues des terrains complémentaires.....	68
4.3 Conclusion	70
4.4 Bibliographie	71
5 Chapitre 5 – La performance énergétique au prisme du financement européen	73
5.1 INTRODUCTION : ACCELERER L'INNOVATION DANS LE BATIMENT	73
5.2 UNE 'POLITIQUE DE DEMONSTRATION' APPLIQUEE AU BATIMENT ?	73
5.2.1 L'Europe et les politiques d'innovation technologique	73
5.2.2 Une perspective systémique sous-tendue par la notion de « projet intégré ».....	74
5.2.3 Le programme CONCERTO, les communautés locales comme creuset d'innovation	75
5.3 LA FABRIQUE D'UN CAS DEMONSTRATEUR	77
5.3.1 MODELLING / MONITORING	77
5.3.2 Une première communauté d'innovateurs : La ZAC Vigny-Musset	77
5.3.3 Le projet CONCERTO-SESAC : former un collectif porteur d'une vision énergétique.....	78
5.3.4 L'Union Européenne fait émerger un laboratoire d'expérimentation à De Bonne	80
5.3.5 BENCHMARKING / LOBBYING.....	82
5.3.6 FAGING / SHAMING	84
5.4 Conclusion	86
5.5 Bibliographie	87
6 Chapitre 6 – Dynamique des modèles d'affaires : émergence de « design dominants » ?	89
6.1 Acteurs de l'énergie et innovation déployées	89
6.1.1 Acteurs de l'énergie représentés.....	90
6.1.2 Perceptions des acteurs de l'énergie/Projet ZAC de Bonne	90
6.1.3 Discussion et conclusion	96
6.2 Modèles d'affaires	99
6.2.1 Approche conceptuelle de la dynamique des modèles d'affaires	99
6.2.2 Dynamique des modèles d'affaires : le cas de NEXUS	101
6.2.3 Discussion : vers des designs dominants de modèles d'affaires.....	105

6.3	Bibliographie	107
7	Chapitre 7 – Combinaisons de technologies de stockage de l'énergie en lien avec la consommation et production dans le bâtiment et la ville	108
7.1	Introduction	108
7.2	Le stockage stationnaire de l'énergie	108
7.2.1	L'usage du stockage et l'assemblage possible avec les EnR.....	109
7.2.2	L'échelle des variables au niveau de l'écoquartier	111
7.2.3	Les technologies énergétiques du futur	111
7.2.4	Conclusions sur les technologies de stockage énergétiques du futur	111
7.3	Briques de connaissances sur les technologies	113
7.3.1	Technologies énergétiques de production et stockage par vecteur et à l'échelle de îlot et du quartier (Réflexion sur les assemblages)	114
8	Chapitre 8 – Trois schémas de production de chaleur ? Réflexion sur les variables pour des scénarios prospectifs	119
8.1	Introduction	119
8.2	Le contexte	119
8.3	Pourquoi poser la question de l'approvisionnement énergétique à l'échelle du quartier ? Les effets d'agglomération	120
8.4	Trois schémas contrastés d'approvisionnement énergétique pour les futurs écoquartiers	122
8.4.1	Le modèle "systèmes individualisés" (par bâtiments)	123
8.4.2	Le modèle centralisé	125
8.4.3	Le modèle dé-centralisé	126
8.5	Quelques questions sur les futurs schémas d'approvisionnement énergétique : réflexion sur les variables clés pour la construction des scénarios de prospective	129
8.5.1	Efficacité énergétique versus réduction des émissions de CO2.....	129
8.5.2	Energie positive versus autonomie	130
8.5.3	Le système d'approvisionnement énergétique des EQ doit il intégrer le vecteur électrique ou se limiter au vecteur chaleur ou quel avenir pour la cogénération répartie ?	130
8.5.4	Construction neuve versus réhabilitation.....	131
8.5.5	Modes de gouvernance	131
8.5.6	Maîtrise de la demande d'électricité.....	132
8.5.7	Production d'électricité répartie (systèmes d'incitation)	132
8.5.8	Quelle régulation équilibre offre / demande ?	133
9	Conclusion	134
9.1	Principaux résultats provisoires de l'enquête	134
9.2	Etat de la coproduction de connaissances par l'équipe NEXUS	136
9.3	Méthodologie d'élaboration des scénarii	137
	Table des Figures	140
	Bibliographie	141
10	Annexes	145
10.1	Annexe I : Version martyre de la grille de pré-codage	145
10.2	Annexe II - Version « définitive » de la grille de pré-codage	150
10.3	Annexe III - Outils d'assistance experte au pré-codage des acteurs	154
10.4	Annexe IV – Structure générale des entretiens	158
10.5	Annexe V – Guide d'entretien	164
10.6	Annexe VI – Dynamique des modèles d'affaires : émergence de « design dominants » ? 167	
10.7	Annexe VII - Technologies énergétiques de stockage (Réflexion sur les assemblages) 175	
10.8	ANNEXE VIII	182
	Table des matières détaillée	192

