



HAL
open science

CoRDEES Project Co-responsibility in District Energy Efficiency & Sustainability : Etude de la performance énergétique des éco-quartiers européens existants

Antoine Driancourt, Thomas Berthou, Pascal Stabat

► To cite this version:

Antoine Driancourt, Thomas Berthou, Pascal Stabat. CoRDEES Project Co-responsibility in District Energy Efficiency & Sustainability : Etude de la performance énergétique des éco-quartiers européens existants. [Rapport de recherche] Mines ParisTech - Ecole des mines de Paris. 2018. hal-01981412

HAL Id: hal-01981412

<https://hal.science/hal-01981412v1>

Submitted on 20 Apr 2021

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.



CoRDEES Project

Co-responsibility in District Energy
Efficiency & Sustainability

Etude de la performance énergétique des éco-quartiers européens existants

Antoine Driancourt

Thomas Berthou

Pascal Stabat

Contact : thomas.berthou@mines-paristech.fr

Numéro du livrable: **D.7.1**

SUIVI DES MODIFICATIONS

| VERSION NUMBER | WHEN | ORGANISATION NAME | COMMENTS |
|----------------|---------|-------------------|----------|
| 1 | 12-2017 | Armines | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Partners du projet

| NBER | SHORT NAME | PARTICIPANT ORGANISATION NAME |
|------|------------|-------------------------------|
| 1 | VDP | VILLE DE PARIS |
| 2 | UAV | UNE AUTRE VILLE |
| 3 | PBA | PARIS BATIGNOLLES AMENAGEMENT |
| 4 | ARM | ARMINES |
| 5 | EMB | EMBIX |

SOMMAIRE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCTION | 8 |
| 1.1 | L'émergence des éco-quartiers | 8 |
| 1.2 | Complexité d'une approche comparative des quartiers | 8 |
| 2 | DÉMARCHE MISE EN PLACE | 10 |
| 2.1 | Structure de la comparaison..... | 10 |
| 2.2 | Contenu de la fiche synthétique | 11 |
| 2.3 | Collecte de données | 12 |
| 3 | LES QUARTIERS RETENUS | 12 |
| 3.1 | Présentation des dix quartiers retenus | 12 |
| 3.2 | Une diversité de profils de quartiers | 14 |
| 4 | ANALYSE DES OBJECTIFS DE PRODUCTION D'ENERGIE RENOUVELABLE..... | 19 |
| 4.1 | Des directives européennes déclinées à l'échelle locale | 19 |
| 4.2 | Les objectifs fixés dans les quartiers..... | 19 |
| 4.3 | Les choix technologiques de production d'énergie | 20 |
| 5 | OBJECTIFS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE DES QUARTIERS | 24 |
| 5.1 | Retour sur le cadre juridique en vigueur | 24 |
| 5.2 | Des quartiers en avance sur la réglementation | 25 |
| 5.3 | L'impact des consommations électriques..... | 27 |
| 6 | ETUDE DES CONSOMMATIONS MESURÉES | 28 |
| 6.1 | Classification des évaluations réalisées dans les quartiers | 28 |
| | Les méthodologies mises en place dans le quartier Renaissance (confluence) et la Zac de Bonne | 29 |
| | Les évaluations | 29 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6.2 | La correction climatique des consommations de chauffage | 30 |
| 6.3 | La consommation mesurée | 31 |
| 6.4 | Ecart aux objectifs initiaux | 33 |
| 6.5 | Éléments explicatifs sur les écarts observés..... | 33 |
| 7 | CONCLUSION..... | 37 |
| 8 | ANNEXES..... | 39 |

LISTE DES ANNEXES

| | |
|--|----|
| Annexes I : Préselection des Eco-quartiers européens | 39 |
| Annexes II : Répartition des usages de consommation dans les ménages français | 39 |
| Annexes III : Le concept de métabolisme urbain mis en place à Hammarby Sjöstad | 40 |

GLOSSAIRE

| | |
|------------|---|
| FEDER | Fonds européen de développement régional |
| CSTB | Centre scientifique et Technique du bâtiment |
| CEREMA | Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement |
| NEDO | New Energy and Industrial Technology Development Organization |
| Chauf. | chauffage |
| ECS | eau chaude sanitaire |
| élec. dom. | électricité domestique |
| EF | énergie finale |
| EP | énergie primaire |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Contexte

La Ville de Paris, Paris Batignolles Aménagement, Embix, Une Autre Ville et Armines, font partie des lauréats de l'appel à projets européens du FEDER pour un projet inédit de gestion de l'énergie pour le quartier de Clichy-Batignolles dans le 17ème arrondissement de Paris. Ce projet permettra de constituer le premier projet smart grid parisien. Il s'inscrit dans le programme « Actions Innovatrices Urbaines » visant à identifier et tester de nouvelles solutions pour un développement urbain durable en Europe.

Une plateforme de gestion des systèmes énergétiques à l'échelle du quartier permettra le suivi et l'optimisation en temps réel de la production et de la consommation énergétique. Elle permettra de tester une nouvelle forme de gouvernance introduisant un principe de co-responsabilité énergétique pour l'ensemble des acteurs (propriétaires, occupants et usagers, gestionnaires des bâtiments, concessionnaires des réseaux, collectivité, aménageur ... etc.).

Le présent document s'inscrit dans le cadre du Working Package 7 Evaluation piloté par Armines. Il vise à présenter les résultats d'une étude comparative des performances énergétiques des éco-quartiers européens et à expliquer comment la question de l'énergie est prise en compte dans ces projets.

Rappel de la commande initiale

“This activity will aim at establishing a benchmark of virtuous European and national districts by setting up Key performance Indicators (KPI) for energy consumption (heating, cooling, specific electricity...), GHG emissions and RE production (annually, monthly and even daily) and correction methods for like-for like comparison (surface, weather, activities....). This benchmark will be based on a minimum of 10 districts.”

Le 1^{er} livrable du WP7 doit réaliser un état des lieux sur la performance énergétique des éco-quartiers européens. Cet état des lieux porte principalement sur l'analyse des objectifs initialement fixés, notamment en terme de consommation et de production, au regard des performances réellement atteintes. L'objectif est ainsi de comparer les ambitions du quartier Clichy-Batignolles à d'autres quartiers européens. On a cherché en outre à étudier si les dérives observées dans le secteur est du quartier sont des phénomènes généralisables à d'autres quartiers européens. Ce travail permettra également d'identifier des bonnes pratiques d'évaluation qui pourraient être sources d'inspiration et ré-exploitées dans le cadre du projet CoRDEES.

1 Introduction

1.1 L'émergence des éco-quartiers

Le développement des éco-quartiers s'inscrit dans la mouvance plus générale du concept de ville durable qui émerge à la fin des années 80. Ce mouvement reflète la prise de conscience d'une partie de la société d'intégrer dans l'aménagement des espaces urbains la préservation de notre environnement. La publication de la Charte d'Aalborg en 1994 signée par une majorité de villes européennes est l'acte fondateur de ce concept et s'inscrit en rupture de l'urbanisme de l'époque. Cette charte pose comme nécessité l'intégration des principes du développement durable dans le développement des villes, *Nous, villes, comprenons que le concept de développement durable nous conduit à fonder notre niveau de vie sur le capital que constitue la nature. Nous nous efforçons de construire une justice sociale, des économies durables, et un environnement viable* (extrait de la Charte d'Aalborg). Le deuxième engagement important de cette charte est la mise en place par les villes signataires de politiques et de plans locaux de développement durable avec notamment le développement d'agendas 21 locaux, des outils adressés aux collectivités locales et visant à réaliser un diagnostic du territoire du point de vue du développement durable. Cette effervescence à l'échelle des villes va naturellement se matérialiser à l'échelle spatiale inférieure, celle du quartier. Comme le disent très justement Valdieu & Emelianoff, *L'échelle d'un quartier s'avère pertinente dans une approche de développement durable : à l'heure où on ne maîtrise pas encore toutes les dimensions du développement durable à l'échelle d'une ville, le quartier, plus homogène, permet d'expérimenter des mesures appropriées au territoire et à ses spécificités*¹. Les premiers éco-quartiers vont ainsi naître à cette même époque dans les pays nordiques et en Allemagne et sont définis comme des *espaces bâtis [...] ayant pour vocation de préserver et de développer sur le temps long les principes environnementaux, sociaux et économiques de développement durable*². Outre cette intégration des principes du développement durable, ces quartiers sont également la vitrine du savoir-faire d'un pays et sa capacité à innover pour répondre à ces enjeux. Ils prennent ainsi la forme de *laboratoires d'un urbanisme vertueux*³. En France, la construction de tels quartiers va arriver plus tardivement au milieu des années 2000. Le développement du label Eco-quartier en 2008 par le ministère de l'Environnement va entraîner une forte augmentation du nombre d'opérations d'aménagement de ce type et tend à démocratiser les principes de l'éco-quartier.

1.2 Complexité d'une approche comparative des quartiers

¹ Charlot-Valdieu et Emelianoff, « Les apports de la démarche Agenda 21 local à travers deux thèmes d'analyse: l'analyse des documents d'urbanisme et l'approche quartier, Rapport pour l'ADEME ».

² Boutaud, « Quartier durable ou éco-quartier ? »

³ La Branche, « Gouvernance et jeux d'acteurs dans les écoquartiers ».

Le paragraphe précédent fait ressortir l'importance des principes du développement durable dans l'émergence des éco-quartiers. Les axes naturels d'analyse de ces quartiers sont ainsi les dimensions environnementales (intégrant notamment la question de l'énergie dans les quartiers), sociales et économiques. Une approche d'analyse serait ainsi de se focaliser séparément sur chacun de ces axes. Néanmoins *si cette division analytique se révèle très efficace, elle ne reste pas moins artificielle*⁴. Elle masque en effet les interactions et les interdépendances entre ces domaines. *Le terrain le plus précieux pour l'analyse des quartiers, concept riche, mais aussi ambigu, se situe au croisement de ces différents thèmes*⁵. Une appréhension fine des enjeux énergétiques d'un quartier nécessite ainsi d'intégrer une réflexion sur les enjeux sociaux et économiques dans le quartier.

Aujourd'hui, les informations mises à disposition sur ces nouveaux quartiers sont très hétérogènes, avec des niveaux d'information très variables, des chiffres clés différents d'un quartier à un autre, sur des périmètres variables (consommations énergétiques totales, consommations de chauffage...) et des données non sourcées et des méthodes de calcul de ces indicateurs non explicitées. Une harmonisation des méthodes d'évaluation des quartiers (et des informations fournies) semble indispensable à l'échelle de l'Europe. La comparaison des quartiers entre eux est donc délicate. Conscient de cette réalité, nous avons privilégié un compromis entre analyse quantitative de données énergétiques et compréhension globale des enjeux des quartiers étudiés. Par ailleurs, il nous a semblé judicieux d'orienter ce travail sur la comparaison entre performance énergétique réelle et performance théorique des quartiers. La partie suivante précise la démarche ainsi mise en place pour y répondre.

⁴ Crossic, *Le quartier : Analyse économique et sociale*.

⁵ Ibid.

2 Démarche mise en place

2.1 Structure de la comparaison

L'objet de cette étude porte principalement sur l'analyse des performances énergétiques réellement atteintes par un échantillon de quartiers européens. Elle vise ainsi à répondre à un certain nombre de questions :

- Dans quel contexte ont émergé ces quartiers ?
- Existe-t-il un écart entre objectifs initiaux et performance réelle en France et en l'Europe ?
- Quelles sont les méthodes mises en place pour réaliser un suivi de la performance réelle dans ces quartiers ?
- Est-ce que les technologies de production d'énergie diffèrent significativement d'un quartier à l'autre?
- Est-ce que les futurs habitants du quartier ont joué un rôle important dans les décisions en lien avec la question énergétique?
- Est-ce qu'il est possible d'établir des corrélations entre les performances énergétiques et des caractéristiques urbaines et économiques des quartiers ?
- Comment se situe le quartier Clichy-Batignolles en comparaison de ces autres quartiers?

Pour mener à bien cette étude, la méthodologie suivante a été mise en place :

- Présélection d'un échantillon d'éco-quartiers pour l'étude
- Liste définitive d'éco-quartiers étudiés
- Création d'une fiche synthétique détaillée par quartier
- Comparaison des éco-quartiers sur la base d'une analyse multicritères

La présélection initiale vise à brasser un échantillon le plus large possible d'éco-quartiers en Europe basé principalement sur la reconnaissance de la communauté internationale du projet comme éco-quartier. A l'échelle de la France, la grande majorité des projets retenus sont ceux ayant reçu le label Eco-quartier.

La restriction de cette liste initiale s'est basée sur un unique critère : la disponibilité des données sur la performance réelle de ces quartiers, objet principal de cette étude. Ce critère s'est avéré contraignant pour un nombre important de quartiers pour lesquels une démarche d'évaluation en phase d'exploitation des quartiers n'est pas envisagée. Un total de 10 quartiers est retenu pour une

présélection initiale d'une trentaine de quartiers. Le retour d'expérience sur le secteur Est de Clichy-Batignolles est également intégré à l'étude.

2.2 Contenu de la fiche synthétique

Les fiches synthétiques réalisées pour ce travail sont organisées en plusieurs rubriques. Pour un nombre significatif de quartiers, cette fiche n'a pu être remplie dans son intégralité par manque de données. Les rubriques de ces fiches sont précisées par la suite.

- **Informations générales:** Cette rubrique centralise des informations plurielles sur le projet.
 - Description du projet
 - Date de début et fin des travaux
 - Acteurs
 - Coût du projet
 - Objectifs sociaux, économiques et environnementaux,
 - Contexte de politique locale autour du projet
 - Rôle du citoyen dans le projet

- **Chiffres clés des quartiers:** Cette rubrique intègre le calcul d'indicateurs de population et les caractéristiques urbaines du quartier
 - Population totale dans le quartier (habitants)
 - Surface en hectares du quartier
 - Surface de plancher
 - Densité de surface bâtie

- **Objectifs de l'aménageur:** Cette rubrique recense les objectifs de consommations énergétiques fixés pour le quartier par usage et en fonction de la programmation. Elle inclut également les objectifs de production.
 - Consommation annuelle totale en énergie finale
 - Consommation annuelle pour le tertiaire en énergie finale
 - Consommation annuelle totale pour le résidentiel en énergie finale
 - Consommation annuelle totale pour les équipements publics énergie finale
 - Taux de couverture de l'énergie finale globale par les ENR
 - Taux de couverture du chauffage et de l'ECS par les ENR

- Performance réelle du quartier en phase d'exploitation
 - Consommation annuelle totale en énergie finale
 - Consommation annuelle pour le tertiaire en énergie finale
 - Consommation annuelle totale pour le résidentiel en énergie finale
 - Consommation annuelle totale pour les équipements publics énergie finale
 - Taux de couverture de l'énergie finale globale par les ENR
 - Taux de couverture du chauffage et de l'ECS par les ENR

- Technologies mises en place
 - Mode d'approvisionnement en électricité
 - Mode d'approvisionnement en chauffage
 - Mode d'approvisionnement en eau chaude sanitaire

2.3 Collecte de données

Les données de ces fiches synthétiques sont issues d'une démarche en trois axes :

- Synthétiser des informations de communiqués de presse, articles et travaux de recherche permettant de sélectionner des quartiers.
- Collecter de façon spécifique des données sur la performance énergétique réelle des quartiers
- Solliciter des acteurs extérieurs (aménageurs de quartiers, urbanistes ou chercheurs) pour recueillir leur point de vue d'aménageur sur le fonctionnement de leur quartier / leur point de vue de chercheur pour avoir un regard critique sur la question.

3 Les quartiers retenus

3.1 Présentation des dix quartiers retenus

Hammarby Sjöstad à Stockholm

Ce quartier, dans le sud de Stockholm, est construit sur d'anciennes friches industrielles portuaires. Initialement prévu pour être le village olympique de la candidature de Stockholm aux JO de 2004, la ville souhaitait ainsi en faire un quartier dense, mêlant résidentiel et activités tertiaires, avec des exigences environnementales fortes. Malgré la désignation d'Athènes comme ville organisatrice, le projet s'est poursuivi et a vu le jour à la fin des années 2000.

BoO1 à Malmö

Le quartier BoO1 est construit à Malmö en Suède en 2001 suite à l'organisation de l'exposition

européenne de l'habitat dans la ville de Malmö. Ce quartier s'inscrit dans les travaux de transformation de la partie Ouest du port de la ville, espace en friche, et vise à la construction d'un quartier massivement alimenté en énergies renouvelables. L'un des objectifs est également de concevoir un quartier résidentiel avec une importante mixité sociale. Commencée en 1998, la construction du quartier s'est achevée en 2002.

Vikki à Helsinki

Vikki est un quartier principalement résidentiel construit en périphérie d'Helsinki à proximité d'une réserve naturelle marécageuse. Ce site s'est développé autour du nouveau campus universitaire de la ville et fut construit entre 1998 et 2004. L'objectif de la ville d'Helsinki était de faire de Vikki un quartier écologique expérimental, innovant et ambitieux sur la question de l'impact environnemental. Ces objectifs se matérialisent par l'installation systématique sur chaque bâtiment du quartier de capteurs solaires thermiques et panneaux photovoltaïques, un système de récupération des eaux de pluie optimisé et un système généralisé de collecte des déchets.

Kronsberg à Hannovre

Hannovre vit au début des années 2000 une forte pénurie de logements. Organisatrice à cette même époque de l'exposition universelle, Hanovre se sert de ce contexte pour construire en périphérie de la ville un quartier résidentiel à très fortes exigences environnementales. Ces exigences se manifestent notamment par des exigences de réduction d'émissions de CO₂ par rapport aux standards de l'époque et la mise en place d'une éolienne dédiée à l'approvisionnement électrique du quartier. Ce dernier est inauguré pour le début de l'exposition en 2000.

BedZED à Sutton (banlieue de Londres)

BedZED est le quartier pionnier au Royaume-Uni intégrant les principes du développement durable. Situé à Sutton en périphérie de Londres, il voit le jour à la fin des années 1990. L'objectif initial est d'atteindre une neutralité carbone dans le quartier en mettant l'accent sur des solutions dites passives. Les bâtiments du quartier sont ainsi conçus dans une logique bioclimatique avec une isolation renforcée, du triple vitrage et une réflexion poussée sur les apports solaires passifs. Cette conception, couplée à l'installation d'une centrale de cogénération biomasse, visait à l'atteinte de cet objectif ambitieux.

Le quartier Renaissance à Lyon

Au début des années 2000, un vaste projet de réaménagement des friches industrielles de la presqu'île de Lyon voit le jour. Au sein de ce projet, la construction d'un quartier avec des objectifs de performance énergétique particulièrement élevés est financée par le projet européen Concerto : le quartier Renaissance voit le jour. Ce quartier se compose de 21 bâtiments, majoritairement résidentiels, répartis sur trois lots. Cette forte exigence énergétique se matérialise notamment par la construction d'une chaudière à bois pour approvisionner chaque lot en chauffage et eau chaude

sanitaire. La construction de ce quartier se termine en 2010. Les initiateurs du projet n'ont pas souhaité lancer des démarches de labellisation écoquartier en revanche un partenariat *Zero Carbone* avec WWF est mis en place.

Zac de Bonne à Grenoble

Située dans le centre de Grenoble sur le site d'une ancienne caserne, la Zac de Bonne est l'écoquartier historique français. Ce quartier, construit entre 2004 et 2012, fait également partie du projet européen Concerto à l'image du quartier Renaissance à Lyon. Des centrales de micro-cogénération sont installées en pied d'immeuble et des exigences fortes de performance des bâtiments sont fixées dans les cahiers des charges. Ce quartier se distingue également de par sa mixité fonctionnelle avec la présence de bâtiments résidentiels, mais également d'un vaste centre commercial, d'une piscine et d'un hôtel. La Zac de Bonne est labellisée Ecoquartier en 2013.

Claude Bernard, XIXe arrondissement de Paris

Le quartier Claude Bernard est construit sur la friche d'un ancien hôpital dans le nord de Paris. A travers ce projet, la Ville de Paris a la volonté de désenclaver cette zone particulièrement cloisonnée par le périphérique et les voies ferroviaires. L'objectif est ainsi de redynamiser cette zone en mettant l'accent sur de fortes mixités sociales et fonctionnelles tout en maintenant des exigences de performances énergétiques élevées. Un site de production de chaleur géothermique de la CPCU est installé dans le quartier. Il est labellisé Ecoquartier en 2013.

Frequel Fontarabie, XXe arrondissement de Paris

Ce quartier est situé dans le 20e arrondissement de Paris. Il est le plus petit retenu pour l'étude, un hectare, et le seul parmi les quartiers à être majoritairement une opération de rénovation. Les opérations commencent en 2009 et le quartier a une programmation majoritairement tournée vers le logement social. Il se distingue par un déploiement important de technologies passives notamment des mur-trombes, des bardages double-peaux et un puits provençal. Il reçoit la labellisation Ecoquartier en 2013.

Boucicaut, XVe arrondissement de Paris

Située à l'ouest du XVe arrondissement de Paris, la ZAC est située sur l'ancien site de l'hôpital Boucicaut, fermé officiellement à la fin de l'année 2000. Le site s'est petit à petit coupé du reste du quartier. L'opération d'aménagement porte principalement sur la construction de logements neufs, un seul des lots correspondant à une réhabilitation. Les exigences de performances énergétiques sont également élevées pour ce quartier qui reçoit la labellisation Ecoquartier en 2014.

3.2 Une diversité de profils de quartiers

Les tableaux suivants présentent les principales caractéristiques des quartiers étudiés et des objectifs de consommation d'énergie ainsi que les consommations réalisées lorsqu'elles sont disponibles. Ces informations sont issues d'une recherche bibliographique et d'échanges avec des entreprises ou des collectivités.

| | Zac de Bonne | Confluence ⁶ | Claude Bernard | Frequel F. | Boucicaut | Hammarby S. | Kronsberg | Vikki | BedZed | BoO1 | Clichy-Bat. |
|--|--------------|-------------------------|----------------|------------|-----------|-------------|-----------|-------|--------|------|-------------|
| Début des travaux | 2006 | 2005 | 2009 | 2009 | 2009 | 1994 | 1995 | 1998 | 1999 | 1997 | 2010 |
| Fin des travaux | 2012 | 2010 | 2015 | 2015 | 2016 | 2010 | 2000 | 2004 | 2002 | 2001 | 2020 |
| Nombre d'habitants | 4000 | 3500 | 3000 | 300 | 1300 | 20000 | 15000 | 1920 | 249 | 2684 | 7500 |
| surface quartier (ha) | 8.5 | 4.2 | 14 | 1.7 | 3 | 200 | 61 | 30 | 1.7 | 22 | 54 |
| nombre de logements | 850 | 620 | 675 | 109 | 510 | 12000 | 3150 | | 100 | 1303 | 3400 |
| logements sociaux | 35% | 25% | 30% | 100% | 57% | | | | 25 | 0 | 50% |
| Surface de tertiaire (m ²) | 25000 | 18000 | 59675 | 545 | 6497 | 25000 | | | | 0 | 140000 |
| Coefficient d'emprise au sol | 0.28 | 0.29 | 0.19 | 0.51 | 0.42 | 0.26 | 0.21 | 0.26 | 0.35 | 0.18 | 0.37* |
| Coefficient d'occupation des sols (aprox.) | 1.32 | 2.28 | 0.96 | 1.88 | 1.21 | 1.7 | | 1.44 | 0.82 | 1.96 | 1.7* |
| Facteur de compacité | 0.45 | 0.34 | 0.48 | 0.61 | 0.37 | | | | | | |
| Hauteur moyenne | 18.15 | 25.3 | 15.26 | 11.58 | 12.3 | 19 | | 15.5 | 7.5 | | 19.6* |

* zone est du quartier de Clichy-Batignolles

table 1 : caractéristiques générales des quartiers étudiés

⁶ Zone de la Zac de la Confluence, projet Concerto

| | Zac de Bonne | Confluence | Claude Bernard | Frequel F. | Boucicaut | Hammarby S. | Kronsberg | Vikki | BedZed | BoO1 | Clichy-Bat. |
|--|--|--|---|-----------------|--|-----------------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------|---|--|
| Objectif de consommation kWh/m ² /an EF ou EP | EF 43 (chauf.) 17 (ECS) | EF logement : 60 (chauf.) 25 (ECS) 25 (elec.) bureaux : 40 (chauf.) 45 (elec.) | 65* EP | 80* EP | 50* EP | 60 (dont 20 pour l'élec.) EF ? | 50 (chauf) 15 (ECS) 22 (elec) EF ? | 105 (chauf) 45 (elec dom) EF ? | 90 EP | 105 EF ? | 50* EP dont 15 EF pour le chauffage |
| Objectif de part EnR dans la consommation (%) | 20 | logement : 80 (chauf.+ecs) 50 (elec com.) bureaux : 80 (chauf.) 30 (clim.) | 25 | 40 | 25 | 80 | 40 | 25 | 80 | 100 | 85 (chauf.+ecs) 25% (elec. dom.) |
| Consommation réelles (EF) (kWh.m ² /an) | 44 à 73 (chauf.) 19 à 40 (ECS) moyenne 63 (chauf.) 27 (ECS) | résidentiel 90 à 110 (chauf.) 22 à 37 (ECS) 28 (elec.) tertiaire 45 (chauf) moyenne 100 (chauf.) 28 (ECS) | résidentiel 56 tertiaire 143 publics 106 moyenne 126 | résidentiel 100 | résidentiel 68 tertiaire 110 publics 156 moyenne 97 | 118 | 56 (chauf.) 15 (ECS) 30 (elec.) | 120 (chauf.) | 48 (chauf.+ecs) 34.4 (elec.) | 285 à 73 (chauf.+ecs) moyenne 158 (chauf.+ecs) | 42 à 99 (chauf.) 21 à 52 (ECS) moyenne 59 (chauf.) 34 (ECS) |
| Fiabilité des données | ++ | ++ | -- | - | - | - | - | - | - | - | ++ |
| écarts aux objectifs | élevé | élevé | élevé | élevé | élevé | élevé | faible | faible | élevé | élevé | élevé |
| facteur de correction climatique | ** | ** | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 1.95 | 1.35 | 2.39 | 1.14 | 1.70 | ** |

*usages réglementaires

**Valeurs déjà corrigées des variations climatiques

table 2 : consommation d'énergie des quartiers étudiés (issu de la bibliographique)

Des temporalités différentes de construction

Cette première partie présente l'évolution des dates de construction des quartiers étudiés. Trois familles d'éco-quartiers peuvent être distinguées dans l'échantillon proposé ici.

La **première génération** regroupe dans cette étude les éco-quartiers Hammarby Sösjtad, Kronsberg, Vikki et BedZed. Ces projets découlent d'une volonté politique forte d'intégrer les concepts du développement durable dans des opérations exemplaires. L'émergence de ces projets est également liée à *l'organisation d'évènements majeurs dans les pays concernés*. Le quartier Hammarby Sjöstad est initialement pensé pour accueillir le village olympique pour la candidature de Stockholm aux JO de 2000, la construction du quartier Kronsberg est directement liée à l'organisation de l'exposition universelle à Hannovre en 2000, et Malmo, où se situe BoO1, a accueilli l'exposition européenne de l'habitat en 2001. **La deuxième génération** correspond à l'émergence du concept d'éco-quartiers en France au milieu des années 2000. L'émergence de cette génération est liée au désir de la France de combler le retard pris notamment sur les pays du Nord et l'Allemagne. Ce développement se matérialise également avec la création du label Eco-quartier par le Ministère de l'Environnement. Cette initiative, prise en 2008, est bien une initiative publique et témoigne de cette nouvelle ligne politique française. **La troisième génération** d'éco-quartiers correspond aux quartiers construits après 2010 et disposant ainsi des premiers retours d'expérience sur les premiers quartiers labellisés Eco-quartiers en France. On intègre dans cette catégorie les éco-quartiers parisiens Boucicaut, Fréquel-Fontarabie, Claude Bernard et Clichy-Batignolles.

Une planification spatiale variée

On remarque (tableau 1) une grande variabilité de densité de population dans les quartiers étudiés. Plusieurs éléments d'analyse pourraient expliquer ce phénomène. D'une part ces quartiers ont été majoritairement construits dans les pays du nord où la densité moyenne est deux à trois fois inférieure à celle de la France. D'autre part, certains de ces quartiers ont été construits en périphérie des villes (Kronsberg, Vikki, BedZED) dans des zones plus propices à des opérations de grande ampleur. En France, les quartiers ont été réalisés sur d'anciennes friches industrielles, moins éloignés des centres urbains, dans lesquels l'espace disponible pour réaliser ce genre d'opération est naturellement plus limité. Ce constat est d'autant plus frappant pour les quartiers parisiens de troisième génération.

Cette proximité au centre urbain est un élément déterminant pour le type de programmation des quartiers. Pour la première génération, les éco-quartiers sont majoritairement conçus comme des quartiers résidentiels en périphérie urbaine. Pour les deuxièmes et troisièmes générations, ces quartiers plus proches du centre-ville ont une mixité fonctionnelle plus marquée à l'exception du quartier Fréquel-Fontarabie contenant majoritairement des logements sociaux pour des raisons historiques.

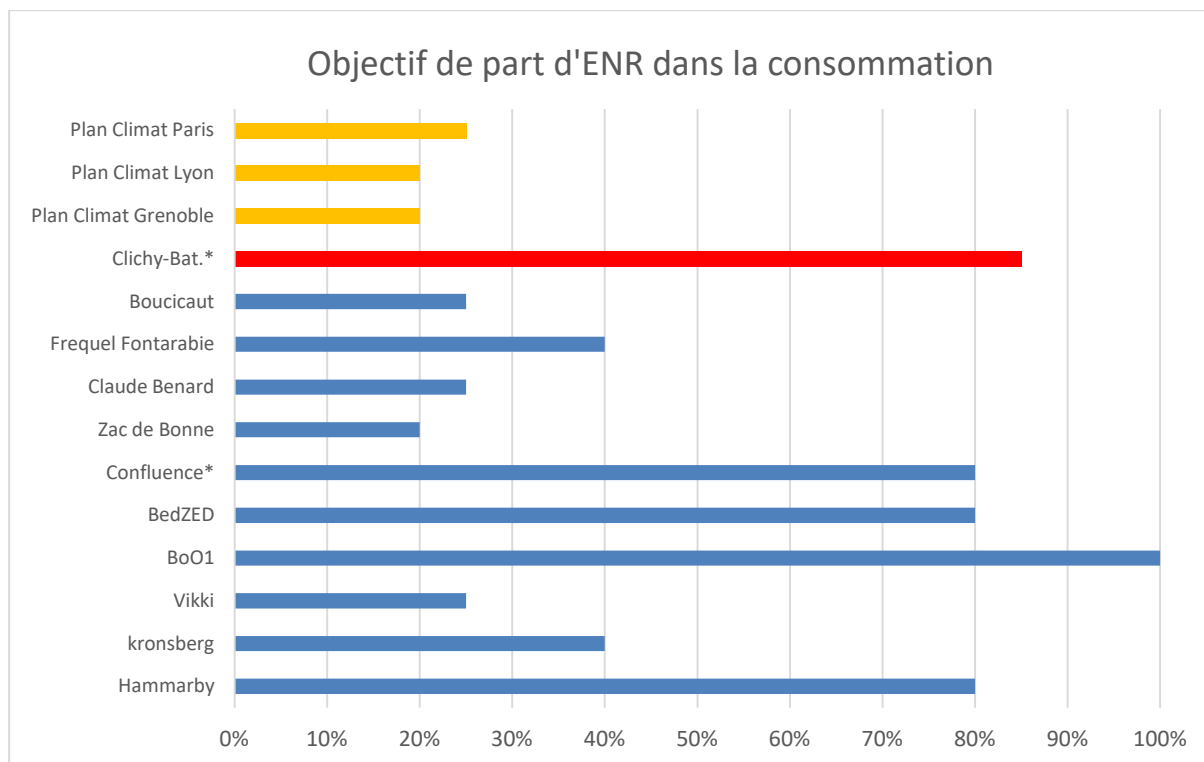
4 Analyse des objectifs de production d'énergie renouvelable

4.1 Des directives européennes déclinées à l'échelle locale

Le développement d'objectifs d'utilisation d'énergies renouvelables arrive en Europe en 2008 avec l'adoption du paquet Plan Climat Energie, communément appelé « directive 3x20 ». Cette directive vise notamment à atteindre 20% d'énergies renouvelables d'ici 2020. En France, elle se décline avec un objectif national de 23% qui se répercute dans toutes les grandes villes françaises. A travers leur Plan Climat Energie, elles se fixent des cibles allant de 20% pour des villes comme Toulouse et Grenoble jusqu'à 25% pour Paris et Bordeaux. Dans cette logique descendante, apparaissent assez naturellement des objectifs au niveau des opérations d'aménagement du territoire et la construction de nouveaux quartiers dans ces villes. Cette logique s'est développée partout en Europe.

4.2 Les objectifs fixés dans les quartiers

Il convient de redéfinir précisément ce que l'on entend par objectif d'utilisation *d'énergie renouvelable*. A l'échelle nationale, il s'agit de la part d'énergie renouvelable dans le mix énergétique global du pays. A l'échelle d'un quartier, ce terme correspond à la *part d'énergie issue du renouvelable utilisée pour répondre aux besoins du quartier*, on le nommera par la suite *taux de couverture ENR*. Cette énergie renouvelable n'est pas forcément produite dans le quartier, mais peut provenir de l'extérieur. On observera néanmoins par la suite que des objectifs ambitieux nécessitent de développer des systèmes de production locaux dans les quartiers. Par exemple, l'objectif de couverture ENR de Clichy-Batignolles est fixé à 85% pour le chauffage et l'ECS et 40% pour l'électricité. Ceci est rendu possible par la présence d'une PAC sur géothermie et de panneaux solaires.



* pour les usages chauffage et ECS uniquement

Figure 1: Objectifs d'EnR fixés en phase conception

Le graphique ci-dessus présente les objectifs de couverture ENR des différents quartiers étudiés. Deux groupes de quartiers se distinguent, les quartiers avec des objectifs inférieurs à 40% et ceux supérieurs à 40%.

Dans le premier groupe, on observe que cinq quartiers sur les six ont été construits avant 2005 (BedZED, BoO1, Hammarby Sjöstad, Zac de Bonne et Renaissance) soit à minima trois ans avant l'adoption du paquet Climat Energie par l'Union Européenne. En comparaison avec les objectifs des plans climat des villes françaises comme Grenoble, Paris et Lyon, on constate que les couvertures ENR de ce premier groupe est à minima deux fois supérieures aux objectifs fixés. Cela témoigne que certains projets anciens étaient déjà en avance sur les standards d'aujourd'hui et témoigne du besoin de quartiers plus « vertueux » pour atteindre les objectifs à l'échelle de la ville. L'analyse des choix technologiques opérés dans ces quartiers dans la partie suivante permettra de mieux comprendre les différences entre ces objectifs. On regrette néanmoins que peu de quartiers affichent des objectifs distincts en couverture ENR pour le chauffage et pour les usages électriques.

4.3 Les choix technologiques de production d'énergie

Les objectifs de couverture ENR fixés sont directement liés aux systèmes de production d'énergie des quartiers. Pour la totalité d'entre eux, des systèmes de production locale d'énergie dédiés sont mis en place. Le tableau suivant présente les différents choix technologiques des quartiers étudiés.

| SOLUTIONS RETENUES | FRANCE | | | | | EUROPE | | | | | Clichy-Bat. |
|---|--------------|------------|----------------|------------|-----------|---------------|----------------|------------|-------------|-----------|-------------|
| | Zac de Bonne | Confluence | Claude Bernard | Frequel F. | Boucicaud | Hammarby (SE) | Kronsberg (DE) | Vikki (FI) | BedZed (UK) | Boo1 (SE) | |
| Solaire thermique | x | | x | x | x | x | x | | x | x | |
| Récupération de chaleur sur eaux usées | | | | | | x | | | | | |
| Biomasse /déchets (réseau ou chaudière) | x | x | x | | x | x | | x | x | x | x |
| Géothermie | | | x | x | | | | | | x | x |
| Cogénération | x | | | | | x | x | | x | x | |
| Pompe à chaleur | | | | x | | | | | | | x |
| Photovoltaïque | | x | x | | | x | x | x | | x | x |
| Eolien | | | | | | | x | | | x | |

L'analyse des moyens de production permet de faire ressortir plusieurs idées :

- Le recours à un réseau de chaleur (boucle locale ou non) est courant (9 quartiers sur 11) pour atteindre des taux d'EnR élevés.
- Les panneaux solaire et photovoltaïque sont aussi couramment utilisés dans les quartiers étudiés
- Plusieurs technologies complémentaires sont installées pour répondre aux objectifs d'EnR en chauffage et ECS, mais aussi en électricité. La moyenne est d'environ 4 systèmes de production différents par quartier.
- Il n'y a pas de corrélation évidente entre les objectifs de taux d'EnR et les systèmes de production installés

Ce tableau montre aussi que les quartiers Hammarby Sjöstad et BoO1 ont le plus de diversité pour l'approvisionnement de chauffage. Ces quartiers ont tous deux recours à de la cogénération à partir de déchets et utilisent aussi respectivement la récupération de chaleur des eaux usées et la géothermie. De son côté, BedZED exploite de la biomasse locale pour sa centrale de cogénération. Stockholm, Malmö et Sutton, les villes associées à ces quartiers, s'inscrivent dans une démarche de valorisation des différents flux sortants pour produire de l'énergie (eau, déchets). Ces trois quartiers ont les objectifs de couverture ENR les plus élevés et possèdent le point commun d'avoir déployé des unités de cogénération à partir de ressources renouvelables. Ce résultat tend à montrer l'impact fort de cette technologie pour atteindre des objectifs de couverture ENR importants.

Les autres quartiers du groupe avec un objectif supérieur à 40% ont également mis en place des technologies locales comme le quartier Renaissance (confluence) avec l'installation de chaudières bois. Certains quartiers ont également implémenté des technologies locales à base d'énergie fossile. C'est le cas de la Zac de Bonne et de Kronsberg qui utilisent une centrale de cogénération à partir de gaz. Toutefois, ces quartiers ont des objectifs de couverture ENR supérieurs à 30%. Cette analyse laisse penser que ce taux de couverture ENR est en grande partie couvert soit par un apport extérieur en chauffage produit en grande partie par des énergies renouvelables, soit une production locale d'électricité renouvelable importante. On constate que la ZAC de Bonne est reliée au réseau de chauffage urbain de Grenoble tandis que Kronsberg dispose d'une éolienne totalement dédiée ce qui semble confirmer cette hypothèse.

Enfin, le quartier Clichy-Batignolles est typique des écoquartiers Parisiens, car il utilise la géothermie comme principale source d'EnR. Un seul quartier hors Paris (BoO1) utilise également la géothermie pour s'approvisionner en chauffage. Cette technologie nécessite en effet des caractéristiques géologiques locales particulières et un investissement financier conséquent qu'il n'est pas possible de mettre en place sur toutes les opérations d'aménagement.

Peu de retours d'expérience sont disponibles sur la tenue de ces engagements. En France, l'agence locale du climat de Grenoble réalise un suivi annuel de la ZAC de Bonne. Sur l'année 2015, le taux de couverture ENR atteint est de 30%. Cette valeur est éloignée de l'objectif initial de 60%, mais reste supérieure aux objectifs du plan Climat de la ville de Grenoble.

5 Objectifs de performance énergétique des quartiers

En France, la plupart des plans Climat intègrent des objectifs de réduction de consommation des bâtiments. Outre cet objectif fixé par les collectivités, un aspect réglementaire à l'échelle nationale vient également se greffer. Chaque pays européen possède en effet une réglementation thermique à respecter pour la validation d'un chantier et la construction d'un bâtiment. Aujourd'hui il n'existe pas de règlement européen commun, chaque pays possède ces propres méthodes. En France il s'agit de la réglementation thermique dite RT, actuellement RT 2012 ; en Allemagne EnEV 2014 ; en Suède la Swedish Building Regulation. L'existence de réglementations différentes peut biaiser la comparaison des consommations énergétiques des quartiers européens : les méthodes de calcul appliquées varient d'un pays à un autre. Il serait fastidieux de comparer ces réglementations et ce n'est pas l'objet de ce rapport, mais il est important de garder en tête ce biais. L'intérêt est ainsi plus de dégager des tendances que de comparer avec finesse les consommations obtenues.

5.1 Retour sur le cadre juridique en vigueur

Pour appréhender au mieux la notion de consommation énergétique des bâtiments, un bref retour sur ces réglementations thermiques est nécessaire. La réglementation thermique française sera utilisée ici pour illustrer ce propos. Elle définit le concept important de coefficient d'énergie primaire :

Le coefficient C_{ep} exprimé en kWh/(m².SHON) d'énergie primaire représente les consommations d'énergie de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire, d'auxiliaires et d'éclairage des bâtiments⁷.

La RT retient en effet les cinq usages de l'énergie évoqués précédemment, « auxiliaires » faisant référence aux auxiliaires de ventilation et les pompes de circulation. La consommation électrique associée aux appareils électroménagers des logements ou numériques du tertiaire n'est pas prise en compte dans ce calcul. L'autre point essentiel est la référence à la notion d'énergie primaire, par opposition à l'énergie finale. Il est nécessaire de s'attarder sur ce concept, car la distinction n'est pas ou peu explicitée dans la plupart des documents consultés pour réaliser ce rapport. Ces deux notions se définissent comme telles :

- L'énergie finale ou disponible est l'énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au foyer).
- L'énergie primaire est l'ensemble des produits énergétiques non transformés, exploités directement ou importés⁸.

⁷ CSTB, Méthode de calcul Th-BCE 2012

L'énergie primaire subit donc un certain nombre de pertes (rendement de transport et de transformation) avant de pouvoir être utilisée comme une énergie finale. Il existe donc un facteur de conversion entre ces deux types d'énergie. Conventionnellement en France, la valeur de ce coefficient de conversion est de 2.58 pour l'électricité ce qui signifie que plus de 60% (conventionnellement) de l'énergie primaire est perdue entre la production et son utilisation finale. Pour les autres types d'énergies primaires (gaz, fioul, ENR) ce coefficient est pris à 1.

Les objectifs de performance énergétique des bâtiments en France sont fournis en énergie primaire depuis la RT 2005. Par la suite, nous conserverons cette unité pour comparer les objectifs des quartiers entre eux. Il est important de souligner que la majorité des données trouvées (issus de mesures) sont fournies en énergie finale et ne sont pas convertibles. Par exemple, pour le cas de Clichy-Batignolles, il faudrait connaître le rendement de la pompe à chaleur pour calculer la consommation de chauffage et d'ECS en énergie primaire.

5.2 Des quartiers en avance sur la réglementation

La figure 2 présente une synthèse des performances réelles atteintes dans ces quartiers.

A l'instar des objectifs de couverture ENR, les éco-quartiers sont dans la majorité en avance sur les réglementations au moment du lancement du projet. Si l'on prend dans un premier temps comme seuil de référence la réglementation thermique de 2005, on constate que tous les projets dont les dates de construction sont avant 2005 fixent un niveau d'exigence supérieur à celui de la RT. La RT2005 exigeait en effet un niveau maximal de 190 kWhEP/m² et tous les projets en question ont, pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, des objectifs inférieurs à 100 kWhEP/m². En revanche ce constat est moins vrai pour les éco-quartiers plus récents construits après 2010. Les objectifs fixés pour ces quartiers convergent sur ceux de la RT 2012, plus exigeante que la RT 2005. Cette dernière génération d'écoquartiers perd ainsi cette avance sur la réglementation que possédaient leurs prédécesseurs avec des objectifs fixés proches des valeurs actuelles de la réglementation thermique.

Les objectifs de consommation des quartiers de BoO1 et de Hammarby n'ont pas été affichés sur la figure, car il n'a pas été possible de séparer le chauffage du reste des consommations et donc de corriger les valeurs de la rigueur climatique. Le quartier BedEd a été conservé, car son climat est proche de celui de référence (voir la comparaison des DJU).

⁸ INSEE, « Définition des concepts d'énergie primaire et énergie finale ».

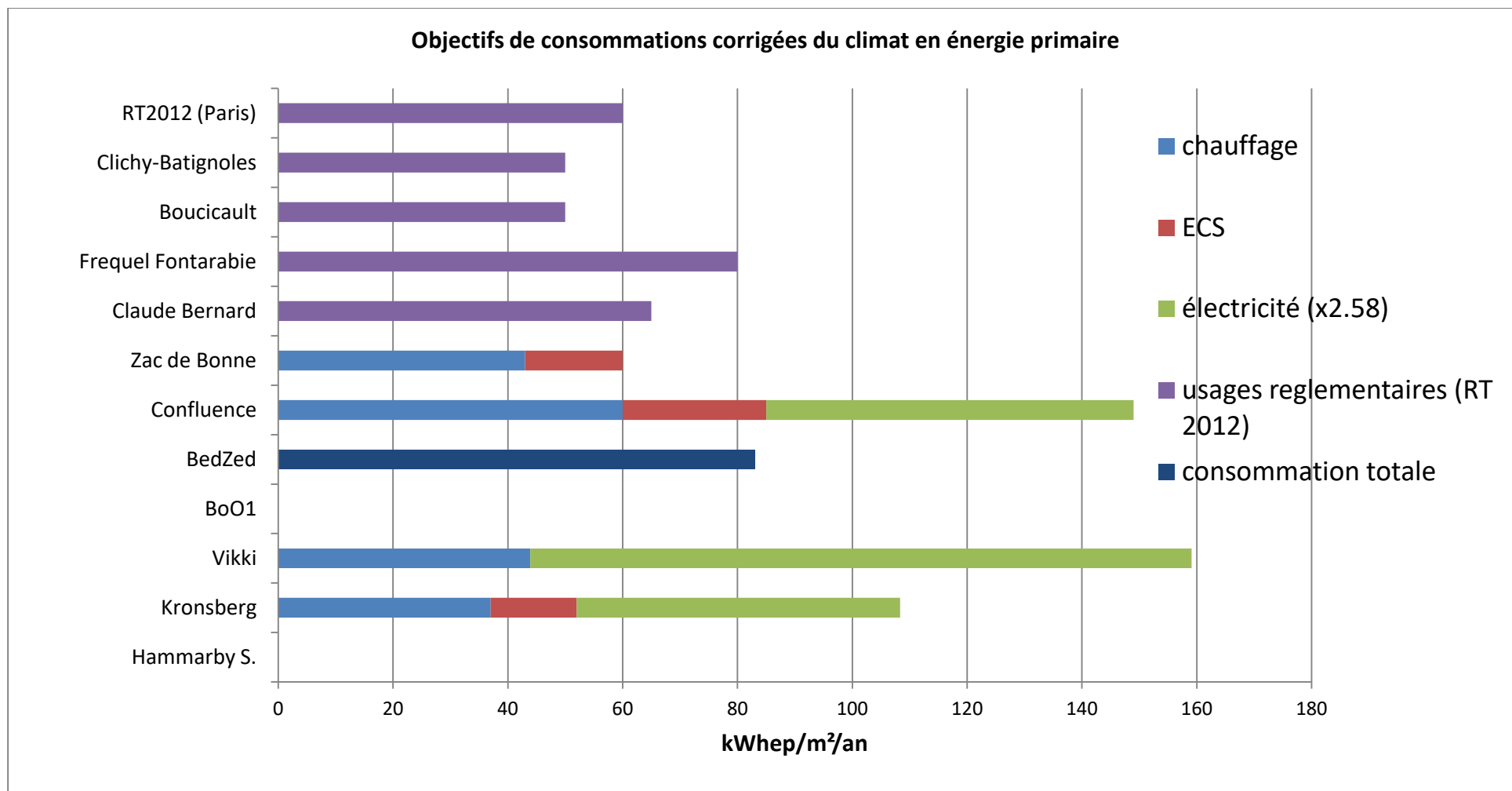


Figure 2 : Objectif de consommations corrigées du climat en énergie primaire

5.3 L'impact des consommations électriques

Au regard de la figure précédente, le rôle de l'électricité domestique est un paramètre pertinent à étudier. Cet usage de l'énergie est non intégré dans le calcul de la réglementation thermique et témoigne d'une vraie prise d'initiative de la part des quartiers concernés (Renaissance, Zac de Bonne, Kronsberg). Le graphique précédent montre que, dans une réflexion en énergie primaire, l'électricité spécifique joue pour plus de 40% des objectifs de consommation du quartier. Dans une société où l'utilisation d'appareils électroniques se multiplie, la consommation d'électricité spécifique dans les logements a augmenté de 100% entre le début des années 1990 et aujourd'hui (Source Cerema), il est étonnant de constater que même dans les écoquartiers peu d'objectifs même larges soient fixés. Seulement trois quartiers sur onze ont mis en place cette démarche en phase de conception et le quartier Clichy-Batignolles n'en fait pas partie. Le projet CoRDEES permettra néanmoins d'approfondir ce sujet.

6 Etude des consommations mesurées

6.1 Classification des évaluations réalisées dans les quartiers

Comme précisé en introduction, le critère de sélection pour retenir les écoquartiers dans l'étude porte sur l'existence de données sur une évaluation du quartier en phase d'exploitation. Le tableau ci-dessous résume les méthodologies mises en place dans ces quartiers.

| | Evaluation via des factures d'électricité / chauffage | Evaluation via des relevés des compteurs existants | Evaluation via une pose ponctuelle de capteurs dans le quartier |
|---------------------------------|---|--|---|
| BedZED | | X | |
| Hammarby Sjöstad | | ? | |
| Boucicaut | X | | |
| Frequel-Fontarabie | X | | |
| Lyon Confluence - Renaissance | | | X |
| Kronsberg | | X | |
| BoO1 | | ? | |
| Secteur Est- Clichy-Batignolles | | | X |
| Zac de Bonne | | | X |
| ZAC Claude Bernard | X | | |
| Vikki | | ? | |

Tableau 2 : Nature des évaluations mises en place dans les quartiers étudiés

La méthodologie d'évaluation mise en place à BedZed

Dans le quartier de BedZed, la méthodologie d'évaluation s'inscrit dans une vision globale des enjeux environnementaux du quartier. Elle a été menée par l'association Bioregional qui travaille sur des thématiques de développement durable en Angleterre et fortement impliquée sur le quartier BedZed. Les habitants ont été sollicités et leur participation à cette évaluation se faisait sur la base du volontariat. Sur 100 logements contactés, 70 ont répondu positivement à cette démarche. L'évaluation était ensuite réalisée en deux temps. Une phase d'entretien de quinze minutes dans le

logement était réalisée sur les questions de confort thermique, de gestion des déchets et de l'utilisation de l'eau. Dans un second temps, l'interviewer relevait les consommations énergétiques aux compteurs du logement. Cette démarche s'est déroulée sur un an de janvier 2007 à 2008.

La méthodologie d'évaluation de Kronsberg

L'évaluation menée dans le quartier de Kronsberg s'est déroulée de 1999 à 2001 sous la direction de l'institut de recherche pour l'environnement et l'énergie de la ville d'Heidelberg. Elle avait pour objectif d'évaluer les réductions d'émissions de CO2 dans le quartier par rapport à une situation de référence. Elle s'est présentée sous la forme d'audit énergétique avec notamment un relevé sur les compteurs installés. Entre 1999 et 2001, 2900 logements ont été audités. Dans le cas de ce quartier, il est important de préciser que cette évaluation s'est déroulée en parallèle de l'arrivée des habitants. De cette façon, les problèmes de réglages sur certains systèmes constatés en 1999 ont pu être réglés les années suivantes. On constate ainsi une diminution de la consommation de chauffage dans le quartier de près de 25% entre 1999 et 2001 en grande partie grâce une optimisation des pertes thermiques. Cette volonté d'inscrire l'évaluation comme un processus dans la durée et pas seulement un évènement ponctuel est l'une des réussites de ce quartier.

Les méthodologies mises en place dans le quartier Renaissance (confluence) et la Zac de Bonne

Les évaluations réalisées dans le quartier de la Zac de Bonne et Renaissance à Lyon ont été menées en 2011 sur les deux quartiers par l'entreprise Enertech. La démarche optée par Enertech a été la pose de capteurs capables d'enregistrer des mesures sur une durée de un an. A la fin de l'année, ces capteurs ont été récupérés et leur contenu analysé. En plus de réaliser un suivi sur les usages classiques de l'énergie, Enertech a également réalisé un suivi de différents systèmes notamment: la ventilation, les ascenseurs, l'éclairage des parties communes, les réseaux de distribution. Ces travaux ont permis de mettre en évidence dans ces quartiers des réglages non optimisés de ces systèmes. En revanche, ces rapports ne mentionnent pas si ces constats ont découlé sur une optimisation des systèmes comme ça a pu être le cas dans le quartier Kronsberg à Hannovre.

Les méthodologies d'évaluation mises en place dans les quartiers Parisiens

L'EIVP a été mandatée par la Ville de Paris pour réaliser l'évaluation de ces quartiers. Elle s'est déroulée entre 2015 et 2016 et s'inscrit dans la campagne d'évaluation des éco-quartiers lancée à l'échelle nationale à l'initiative du Ministère de la cohésion des Territoires et du CSTB lancée en 2014. Elle visait d'une part à l'évaluation de ces quartiers et d'autre part à tester une version d'essai d'une méthodologie d'évaluation des quartiers développée par le CSTB. La mise en place de cette

méthodologie s'est basée sur la collecte de factures énergétiques sur ces trois quartiers. Cet exercice s'est avéré délicat et un nombre assez limité de données ont été collectées. L'utilisation d'une méthodologie générique difficile à adapter au contexte de chacun de ces quartiers a également été une difficulté pour la réalisation de cette évaluation.

Les projets à venir, une évaluation en temps réel des quartiers

Aucun des quartiers étudiés n'a mis en place une démarche d'évaluation en temps réel à partir de relevés automatisés des données. En effet, le développement des capteurs communicants à bas coût est récent et n'a pu être mis en place sur ces derniers. Seuls certains projets particulièrement innovants essaient aujourd'hui de lancer cette démarche. On peut par exemple citer Lyon qui à l'échelle de tout le quartier Confluence et fort de son expérience passée avec le NEDO (une agence de l'énergie japonaise) et Toshiba, met en place un système de suivi des consommations d'énergie en temps réel. Dans la ville de Malmo, le nouvel éco-quartier Hyllie sera également doté d'un système de suivi en temps réel. Enfin l'université Polytechnique de Milan, porteuse du projet européen *H2020 En-compass*, travaille sur des problématiques similaires en partenariat avec la ville d'Athènes et de Locarno. Non standardisé aujourd'hui, le développement de plateformes intelligentes de quartiers prend forme et sera au cœur des futurs projets urbains européens.

6.2 La correction climatique des consommations de chauffage

Pour analyser les données de consommation de chauffage collectées sur ces quartiers, la première étape nécessaire consiste à une correction liée au climat. Conventionnellement, seule la consommation de chauffage est fonction des conditions climatiques.

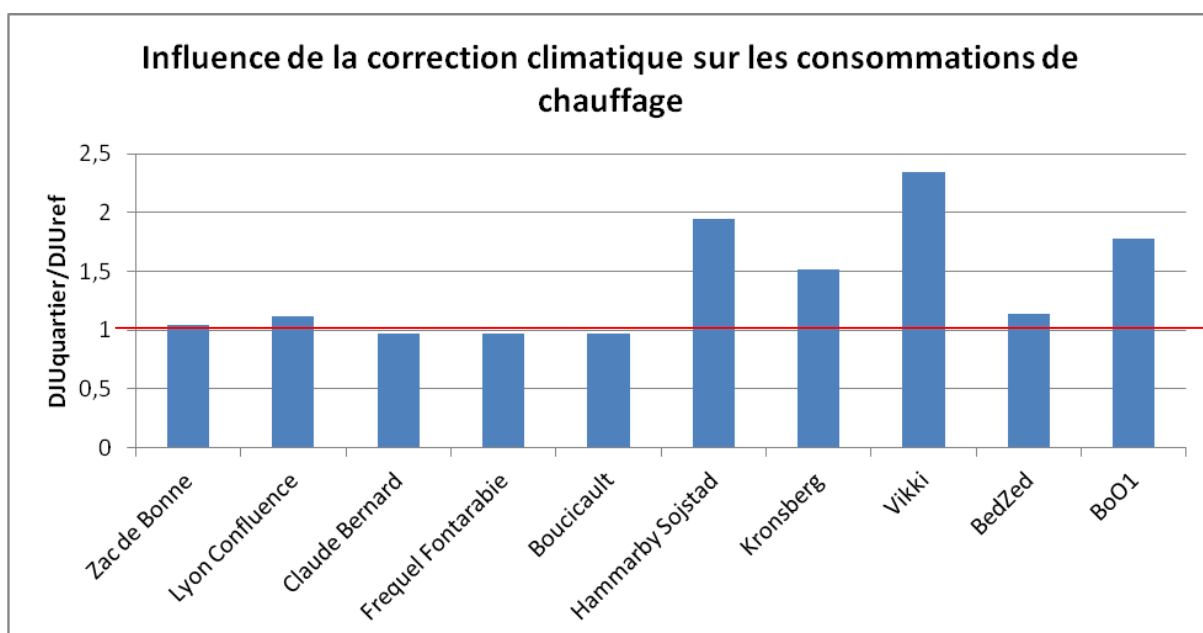


Figure 8 : Coefficients de correction climatique des quartiers étudiés

La méthode de décorrélation retenue est celle présentée dans le bilan énergétique de la France de 2015 et se base sur le calcul des DJU. Les DJU pour degrés-jour unifié correspondent à la somme des écarts entre la température extérieure moyenne journalière et une température de référence fixée à 18°C dans une année en période de chauffage, conventionnellement du 1^{er} Octobre au 20 Mai. Le site internet InfoClimat fournit une estimation de ces DJU pour des stations météo dans toute l'Europe. Les DJU des quartiers concernés sont extraits de cette base et confrontés à un DJU de référence de 1966. Les ratios présentés dans le graphe ci-dessus renseignent le coefficient par lequel il faut multiplier la consommation de chauffage initiale pour la ramener à un climat constant.

De par la disparité géographique des quartiers étudiés, les coefficients obtenus ont une valeur élevée et montrent la nécessité de réaliser cette étape préalable.

Pour certains quartiers, la donnée disponible est une donnée globale qui ne distingue pas les différents usages de l'énergie. La correction est alors réalisée sur un ratio estimé de la consommation de chauffage dans le quartier. En France, le chauffage compte en moyenne pour 60% des consommations d'un logement (Source CEREMA, 2013). Par extrapolation on considère que ce ratio est valable pour le Royaume-Uni. 60% des valeurs de consommation globale sont ainsi corrigées du climat lorsque le détail n'est pas disponible. Ceci crée une incertitude importante sur les résultats et ne permettra pas de conclure de manière définitive sur la comparaison de quartier.

6.3 La consommation mesurée

Le graphique suivant présente les consommations mesurées de chauffage et d'ECS pour les quartiers étudiés. Les consommations moyennes françaises renseignées sur ce graphe sont issues d'un rapport de la commission générale au développement durable publié en 2012 et servent de base de référence de comparaison.

On constate que tous les quartiers européens étudiés ont une consommation inférieure à la consommation moyenne française tous bâtiments confondus. L'objectif initial était de créer des quartiers plus performants énergétiquement. Néanmoins, cette affirmation est à relativiser, car ce chiffre inclut également des bâtiments très peu performants construits avant la 1^{er} réglementation thermique. Ce constat montre que les bâtiments conçus dans les éco-quartiers étudiés s'inscrivent dans une dynamique de performance énergétique plus élevée que les bâtiments dits classiques. Même si nous ne disposons pas de données à l'échelle nationale pour les autres pays étudiés on peut légitimement penser que ce constat est également valable pour les autres pays.

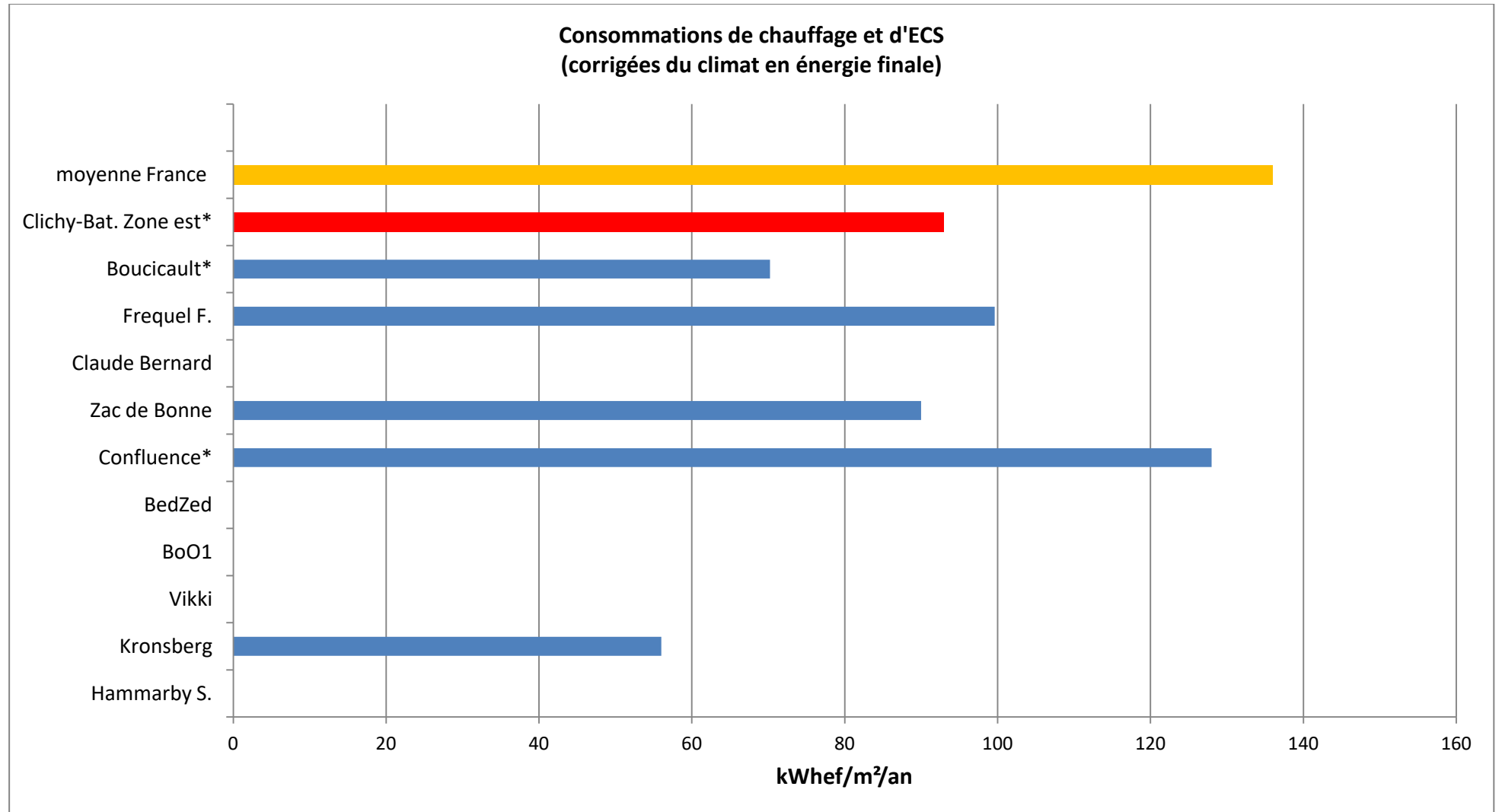


Figure 3 : consommation estimée dans les quartiers, corrigée du climat

Comparaison entre quartiers

Si on compare désormais les consommations globales par quartier, on n'observe pas de tendance particulière en lien avec les dates de construction des quartiers. Le quartier de Kronsberg est plus performant malgré son ancienneté. En se focalisant sur les consommations de chauffage et d'eau chaude sanitaire, on constate que le secteur Est de Clichy-Batignolles est plus performant que les quartiers de la Zac de Bonne à Grenoble et de Renaissance à Lyon. Il est cependant difficile d'identifier les facteurs explicatifs de ces écarts.

6.4 Ecart aux objectifs initiaux

Pour tous les quartiers étudiés, un calcul de l'écart aux objectifs initiaux a été réalisé. Pour certains quartiers, les données de consommation réelle et les objectifs de consommation ne coïncident pas. Pour le quartier Renaissance à Lyon par exemple, un objectif sur la consommation en électricité domestique est fixé, mais la consommation réelle associée n'est pas disponible. Pour réaliser ce calcul d'écart, le référentiel commun entre objectifs et consommation réelle a été sélectionné.

| chauffage | Bonne | Confluence | Kronsberg | Vikki | Clichy-Bat. |
|-----------------------------------|-------|------------|-----------|-------|-------------|
| objectif EF kWh/m ² | 43 | 60 | 50 | 105 | 15 |
| mesure EF kWh/m ² | 63 | 100 | 56 | 120 | 59 |
| écart (%) | 46 | 67 | 12 | 14 | 293 |

table 3 : écart de consommation en chauffage (corrigées du climat)

On constate **un écart de 12 à 300%** entre les objectifs initiaux et les performances mesurées en chauffage pour les quartiers étudiés (tableau 3). Les autres usages ne sont pas étudiés dans cette section, car il y a trop d'informations manquantes pour calculer les écarts aux objectifs. Aujourd'hui, même si la zone Est de Clichy-Batignolles présente un écart de 300% avec les objectifs de consommation de chauffage la valeur absolue reste très en dessous de la moyenne nationale et proche des autres écoquartiers Français. Ces écarts sont analysés dans la section suivante.

6.5 Eléments explicatifs sur les écarts observés

La réglementation thermique n'est pas un outil de calcul prévisionnel et la première phrase de la réglementation thermique le confirme : « *La méthode de calcul Th-B-C-E 2012 a pour objet le calcul réglementaire des coefficients Bbio, Cep et Tic. Elle n'a pas pour vocation de faire un calcul de consommation réelle compte tenu des conventions retenues.* »

Une vraie confusion règne aujourd'hui sur le sens accordé à cette réglementation entre les professionnels, conscients qu'il s'agit d'un outil conventionnel, et le grand public convaincu que les performances théoriques seront atteintes. Même si les professionnels sont conscients que les objectifs de la RT ne peuvent pas être utilisés pour analyser les consommations réelles des quartiers il est tentant de les utiliser comme outils de communication auprès des acteurs du quartier et du grand public.

Ces réglementations, illustrées ici avec celle de la France, restent des outils réglementaires et les calculs associés comportent de nombreuses hypothèses simplificatrices qui jouent un rôle non négligeable dans les écarts évoqués précédemment. Dans leurs rapports, Enertech met en avant les sources d'écarts suivantes :

Les données météo : Les calculs réglementaires exploitent des données météo issues de stations souvent situées à une dizaine de kilomètres de l'emplacement futur du bâtiment. Les différences de température entre ces stations et la position réelle du bâtiment montent jusqu'à deux degrés voir plus avec le phénomène d'îlot de chaleur urbain en centre-ville. Cette différence induit en moyenne une surestimation de 30% de la consommation de chauffage d'un bâtiment.

Le comportement des usagers : Pour modéliser le comportement des usagers, la réglementation thermique utilise notamment des scénarios d'occupation en fonction du type de bâtiment. Ces scénarios statistiques ne peuvent coller de façon précise avec le comportement réel des habitants. Dans la pratique, on constate notamment que les apports internes issus de l'utilisation d'appareils électriques dans les bâtiments peuvent induire une surestimation du chauffage de l'ordre de 5-10%.

Le choix de la température intérieure : Dans la réglementation thermique, cette température est fixée à 19°C. Elle est dans les faits en moyenne à 21°C dans les logements. On constate qu'en moyenne, un degré de plus augmente la surconsommation de 12 à 15% pour les logements neufs (Enertech).

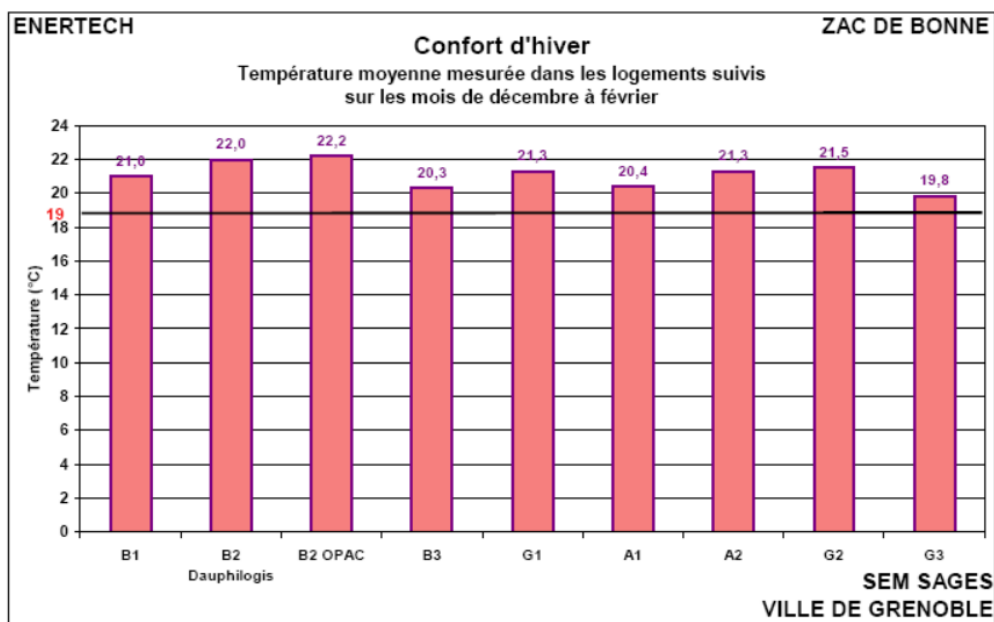


Figure 4 : exemple de températures intérieures mesurées dans des logements (Enertech)

La Perméabilité à l'air : Dans un nombre important de bâtiments, une infiltration d'air frais est constatée entraînant une hausse de la consommation de chauffage de 2 à 4 kWh/m².

Défaut sur l'installation et la maintenance des VMC : De nombreux défauts sont constatés sur la mise en fonctionnement de ventilations double-flux. Les systèmes sont dans certains cas montés à l'envers et les conduites d'air mal isolées. Du point de vue de la maintenance, le non-remplacement des filtres à air peut entraîner une hausse de la consommation de chauffage de 10 kWh/m².

Défaut d'isolation : Des études à la caméra thermique mettent en évidence de nombreux cas de mauvaises isolations et l'apparition de ponts thermiques.

Fonctionnement des systèmes de production : Il est fréquent de constater des problèmes sur les systèmes de production d'énergie. Dans la Zac de Bonne c'est seulement à la réalisation de l'étude d'Enertech qu'il a été constaté que l'une des centrales de cogénération alimentant les bâtiments ne fonctionnait pas. Dans le quartier BedZed à Londres, le système de cogénération de biomasse est tombé rapidement en panne, mais l'entreprise fabricante a fait faillite entre temps rendant impossible la réparation du système. Les systèmes de production installés peuvent être surdimensionnés par rapport au besoin initial diminuant ainsi fortement leur rendement.

La figure 5 présente une analyse des écarts entre les objectifs de consommation et les consommations réelles dans la ZAC de Bonne. Cette analyse pourrait être répliquée dans le quartier de Clichy-Batignolles.

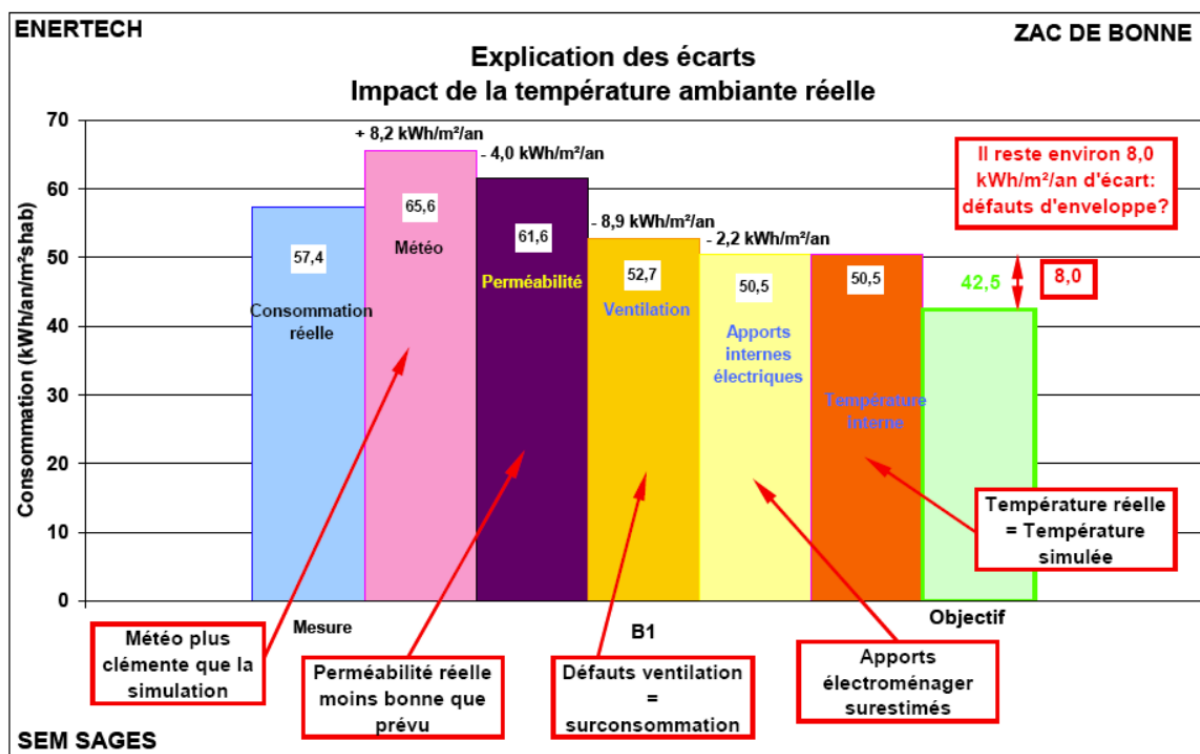


Figure 5 : Exemple d'analyse d'écarts entre les objectifs et les consommations mesurées pour le quartier de la Zc de Bonne (ENERTECH, 2012)

Dans le quartier Hammarby Sjöstad, la non-atteinte des performances prévues a entraîné la création d'une association « Sjöstad association ». Les membres de cette association, pour la plupart résidents du quartier, ont alors en concertation construit un nouvel objectif de performance acceptable pour le quartier : 100kWh/m². Le projet « Under 100 » voit alors le jour à l'échelle du quartier et vise à atteindre cette performance. Suite au succès de cette démarche, Sjöstad Association a diversifié ces champs d'action et travaille aujourd'hui avec les habitants du quartier sur des problématiques de mobilité durable, de recyclage dans le quartier. Cette démarche initiée par les habitants semble être un succès justement parce qu'elle initiée par le bas et non appliquée par une entité politique. Cette implication du citoyen au cours du processus décisionnel de fixation des objectifs énergétiques du quartier pourrait être un angle d'approche pertinent dans le cadre du projet CoRDEES.

7 Conclusion

Plus que de réaliser une analyse fine de chacun des éco-quartiers, ce rapport vise à dresser un panorama général de la situation européenne. La petite taille de l'échantillon de quartiers étudiés ne peut être considérée comme une représentation statistique suffisante pour pouvoir tirer des conclusions trop fortes. L'hétérogénéité des données collectées et le doute parfois existant sur leur fiabilité tendent également à nuancer ces propos. Conscient de ces limites, les lignes suivantes reprennent les principales conclusions de cette étude et ouvrent des sujets de réflexion pour la suite du projet CoRDEES.

Ce rapport a permis de comparer Clichy-Batignolles à d'autres quartiers européens sur deux points principaux : la couverture en énergie renouvelable dans le quartier et les performances énergétiques des bâtiments du quartier. Du point de vue de la couverture en énergies renouvelables, les objectifs fixés pour le quartier sont exigeants et à la hauteur des autres éco-quartiers étudiés. Avec un objectif de couverture ENR globale approchant les 60% (85% pour le chauffage et l'ECS), Clichy-Batignolles se place parmi les quartiers les plus ambitieux de l'échantillon. Au niveau des consommations énergétiques des bâtiments, les objectifs du quartier sont également cohérents avec ceux des autres quartiers européens. Le dernier point porte sur la tenue des engagements initiaux. Les résultats observés sont moins bons à l'exception des éco-quartiers les plus anciens qui ont tous un écart moindre entre performance réelle et prévue. Ces quartiers plus performants sont aujourd'hui matures et ont eu le temps de réaliser certaines corrections sur des systèmes potentiellement défectueux à l'image de Kronsberg en Allemagne. Clichy-Batignolles est un quartier encore en phase de construction, l'ensemble du quartier n'est pas encore habité et les premiers habitants découvrent tout juste leurs bâtiments. Cet écart constaté devrait ainsi diminuer après cette période de lancement et le projet CoRDEES amènera une réflexion plus globale sur le sujet.

Ce travail a également permis de mettre en lumière la confusion qu'il règne aujourd'hui sur le sens des objectifs fixés en phase de conception qui sont par définition des objectifs réglementaires et qui naturellement diffèrent de la performance réellement atteinte. Dans ce contexte d'autres projets européens s'intéressent à cette thématique et il serait pertinent dans le cadre du projet CoRDEES d'envisager des échanges sur ce sujet. En avril 2018 démarre le projet européen **ExCEED « European Energy Efficient building district Database »** qui vise à organiser et collecter des retours d'expérience sur le fonctionnement des quartiers européens et un nombre important de données énergétiques sur la performance réelle de ces derniers. Dans le cadre du projet CoRDEES il serait pertinent de tisser des liens avec cette initiative et bénéficier des résultats de l'un des premiers projets de mutualisation des connaissances sur la performance réelle des bâtiments à l'échelle de l'Europe.

Le confort d'été n'a pas fait l'objet d'une étude spécifique, car trop peu de données étaient disponibles pour réaliser une comparaison. Le critère proposé pour l'évaluation du confort d'été est le nombre d'heures dans



l'année ou la température intérieure dépasse 28°C (inspiré de la RT2012). Comme le montre les évaluations des quartiers de la Zac de Bonne et de Confluence (études réalisées par Enertech), les objectifs de confort ne sont pas respectés dans une majorité des appartements instrumentés. Dans le cadre du projet CoRDEES on veillera à mesurer ce critère dans le quartier de Clichy-Batignolles.

8 Annexes

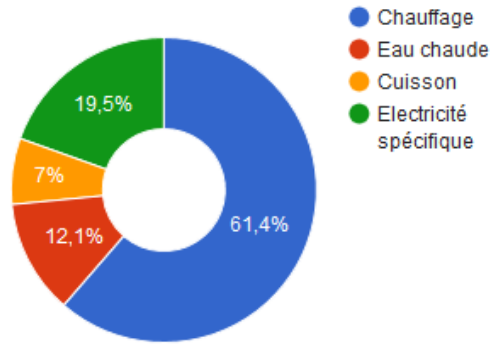
Annexes I : Présélection des Eco-quartiers européens

| Pays | Quartiers | Total |
|----------------|---|-------|
| France | Le Trapèze (Boulogne-Billancourt) Le Fort d'Issy (Issy-les-Moulineaux) Boucicaut (Paris) Fréquel-Fontarabie (Paris) Ginko (Bordeaux) Bottière-Chenaie (Nantes) Zac de Bonne (Grenoble) Renaissance (Lyon) Andromède (Toulouse) | 9 |
| Allemagne | Vauban (Freiburg) Riesefeld (Freiburg)* Kronsberg Heidelberg | 3 |
| Suède | Hammarby Sjöstad (Stockholm) Royal Seaport (Stockholm) BoO1 (Malmo) Hyllie (Malmo) | 4 |
| Espagne | Poblenou (1 Barcelone) | 1 |
| Italie | Alebre (Trente) | 1 |
| Suisse | Prairie aux Loups (Lausanne) | 1 |
| Finlande | Vikki | 1 |
| Royaume-Uni | BedZED | 1 |
| Total Quartier | | 22 |

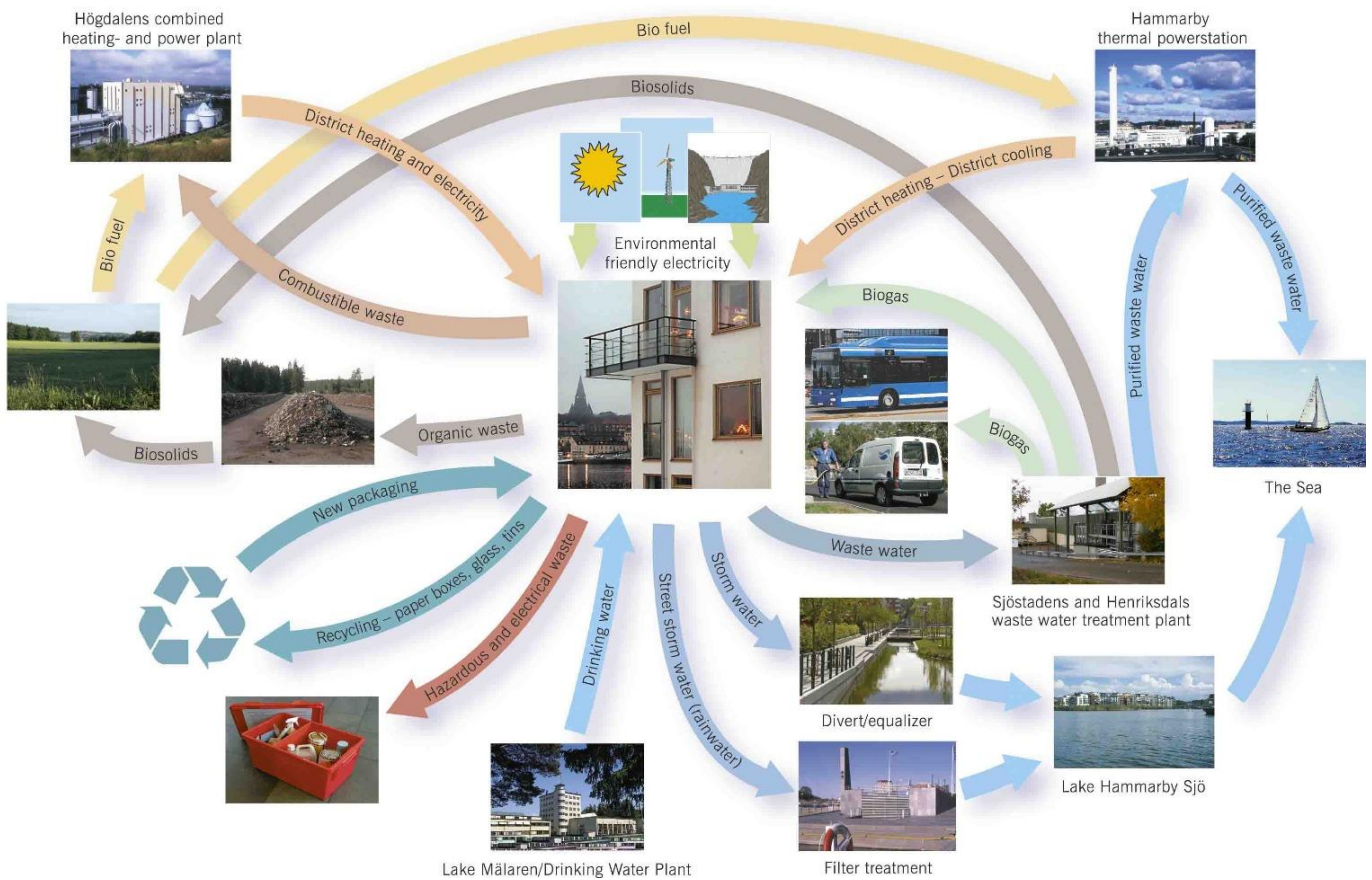
En rouge sont indiqués les quartiers pour lesquels des données réelles n'étaient pas disponibles, en vert les quartiers pour lesquels des données ont été collectées.

Annexes II : Répartition des usages de consommation dans les ménages français

Répartition moyenne de la consommation d'énergie des logements par usage (ADEME - 2012)



Annexes III : Le concept de métabolisme urbain mis en place à Hammarby Sjöstad



BIBLIOGRAPHIE

- ADEME. « Urbanisme – énergie : les éco-quartiers en Europe ». 2008
- ARENE. « Quartiers durables, Guide d'expériences européennes ».2005
- Barles, Sabine. « Comprendre et maîtriser le métabolisme urbain et l'empreinte environnementale des villes », 2008.
- Boutaud, Benoît. « Quartier durable ou éco-quartier ? », s. d.
- Blanchard Odile, et Debizet Gilles. "Ecoquartier, systèmes énergétiques et gouvernance : une base de données bibliographique".2015
- Charlot-Valdieu, Catherine, et Cyria Emelianoff. « Les apports de la démarche Agenda 21 local à travers deux thèmes d'analyse: l'analyse des documents d'urbanisme et l'approche quartier, Rapport pour l'ADEME », 2000.
- Crossic, Geoffrey. Le quartier : Analyse économique et sociale, 1993.
- CSTB. Méthode de calcul Th-BCE 2012 (2012).
- Debizet Gilles. "Technologies de mobilisation des énergies renouvelables et de coordination énergétique dans les écoquartiers". 2015
- Emelianoff Cyria."les villes européennes face au changement climatique".2007
- Gauthier Caroline."Ecoquartiers et nœuds socio-énergétiques : transformation des modèles d'affaires". 2015
- Guyonnet, Hélène. « Ville et quartiers durables : L'affirmation de nouvelles ambitions urbaines », 2007.
- INSEE. « Définition des concepts d'énergie primaire et énergie finale », s. d.
- La Branche, Stéphane. « Gouvernance et jeux d'acteurs dans les écoquartiers », 2015.
- Long Xavier."Analyse géographique des écoquartiers". 2015
- Menanteau Phillipe, et Blanchard Odile."L'énergie dans les écoquartiers en Europe : premiers éléments de comparaison avec la France". 2015
- Muller Denis."How to justify the implement of smart-grids for a new neighbourhood".2015
- Yepez Salmon. "Construction d'un outil d'évaluation environnementale des éco-quartiers: vers une méthode systématique de mise en oeuvre de la ville durable". 2012