

**MINISTRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE  
L'ÉNERGIE (MEDDE)**

**Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la nature  
Plan Urbanisme Construction et Architecture (PUCA)**

**Contrat 12 PUCA 06 / 1502934371 du 29 mars 2012**

**L'Intelligence Energétique au service des Collectivités :  
l'enjeu à l'échelle du quartier et de la ville**

**Projet INTELECO**

**Projet de recherche financé par le PUCA**

**Rapport final**

**16 décembre 2013**

**Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin**

***La Calade***

**Aménagement durable et stratégies énergétiques**

353 chemin de Peyniblou - F 06560 VALBONNE SOPHIA-ANTIPOLIS

Tel 04 93 40 29 30 et 06 27 20 34 96

[www.suden.org/lacalade](http://www.suden.org/lacalade),

[outrequin.philippe@gmail.com](mailto:outrequin.philippe@gmail.com) et [catherine.charlot-valdieu@sfr.fr](mailto:catherine.charlot-valdieu@sfr.fr)

# Sommaire

<b>PARTIE 1. ETAT DES LIEUX DE LA PROBLEMATIQUE SMART GRIDS &amp; BEPOS A L'ECHELLE DES HABITANTS ET DES TERRITOIRES.....</b>	<b>5</b>
<b>1. OBJET, OBJECTIFS ET PHASES DE LA RECHERCHE .....</b>	<b>6</b>
1.1. Objet et objectifs de la recherche .....	6
1.2. Les phases de la recherche.....	8
1.2.1. Identification et analyse des externalités des BEPOS et « smart grids ».....	8
1.2.2. Analyse de la dynamique énergétique d'un territoire .....	8
1.2.3. Construction de scénarios de développement de bâtiments intelligents et de « smart grids ».....	9
<b>2. LE CONTEXTE : ENJEUX ENERGETIQUES ET STRATEGIES ENERGETIQUES TERRITORIALES DES COLLECTIVITES.....</b>	<b>11</b>
2.1. Les enjeux énergétiques.....	11
2.2. Les stratégies énergétiques territoriales des collectivités .....	13
2.3. La réglementation .....	16
<b>3. LES PROBLEMATIQUES POSEES PAR LES « SMART GRIDS » OU RESEAUX INTELLIGENTS ET LES BEPOS.....</b>	<b>18</b>
3.1. Les problématiques posées par les « smart grids » .....	18
3.1.1. Un marché au croisement de secteurs d'activités différents.....	22
3.1.2. Les objectifs à rechercher du point de vue des territoires et des habitants .....	25
3.2. Les techniques liées aux réseaux intelligents.....	26
3.2.1. La gestion de l'information.....	26
3.2.2. Les techniques visant l'effacement .....	27
3.2.3. La production d'électricité renouvelable .....	29
3.2.4. La place des véhicules électriques.....	31
3.2.5. L'optimisation territoriale .....	32
3.3. L'attitude des consommateurs.....	34
3.3.1. La Boucle Énergétique Locale (BEL) en Bretagne .....	36
3.3.2. Le projet TICE-LEC à Biot (06) .....	40
3.3.3. Le projet PREMIO .....	41
3.3.4. Le projet Grid-Teams.....	49
3.4. Quelques questions.....	51
3.4.1. La gouvernance des réseaux .....	53
3.4.2. La forme urbaine .....	54
3.5. L'étude des modèles économiques : l'exemple de la Californie.....	54
3.6. L'analyse coûts - bénéfiques.....	56

<b>4. LES PROBLEMATIQUES POSEES PAR LES BEPOS.....</b>	<b>58</b>
4.1. Les principales thématiques posées par les BEPOS.....	60
4.1.1. L'usage du bâtiment .....	60
4.1.2. L'analyse du site .....	61
4.1.3. La création d'une forme urbaine adaptée aux besoins des BEPOS .....	61
4.1.4. Une obligation de moyens.....	62
4.1.5. La forme du bâtiment BEPOS .....	62
4.1.6. La prise en compte des énergies grises .....	62
4.1.7. Le comportement des occupants .....	63
4.1.8. Les malfaçons .....	63
4.2. Autres questions.....	63
<b>5. ANALYSE COUTS – BENEFCES ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>66</b>
<b>PARTIE 2 INTERET DES SMART GRIDS POUR UN TERRITOIRE.....</b>	<b>73</b>
<b>6. ANALYSE D'UN TERRITOIRE SUR RENNES METROPOLE .....</b>	<b>74</b>
6.1. Le contexte breton et local.....	74
6.1.1. Le contexte breton .....	74
6.1.2. La politique d'effacement de la demande d'électricité en Bretagne .....	80
6.1.3. Les PCET de Rennes Métropole et de Rennes .....	81
6.2. Etat des réseaux .....	86
6.3. Le territoire analysé.....	88
6.3.1. La Courrouze.....	88
6.3.2. Cleunay .....	90
6.4. Analyse de la dynamique énergétique du territoire .....	93
6.4.1. La Courrouze.....	93
6.4.2. Cleunay .....	94
6.5. Analyse de quelques bâtiments de référence.....	102
6.6. Potentiel en énergies renouvelables sur les deux zones.....	104
<b>7. IMPACTS EN TERMES D'EFFICACITE ENERGETIQUE .....</b>	<b>106</b>
7.1. Analyse des actions pour le quartier .....	106
7.2. Résultats des simulations par option technique .....	111
7.3. Les résultats obtenus avec le scénario de référence .....	120
<b>8. EVALUATION DES SMARTS GRIDS AU REGARD DE L'EQUITE SOCIALE ET DE L'EQUILIBRE ENERGETIQUE DES TERRITOIRES.....</b>	<b>127</b>
8.1. Analyse par usage des puissances appelées .....	127
8.2. Courbes de charge électrique adaptées au quartier de Cleunay ouest .....	149

<b>9. RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES PAR RAPPORT A CHACUNE DES PROBLEMATIQUES DE LA RECHERCHE .....</b>	<b>160</b>
<b>10. SYNTHÈSE DE LA RECHERCHE ET PROPOSITIONS .....</b>	<b>169</b>
10.1. La nécessité d'élaborer des stratégies énergétiques territoriales durables .....	169
10.2. Les principaux résultats/enseignements de la recherche .....	172
10.2.1. Les BEPOS .....	172
10.2.2. Les smart grids.....	172
10.3. Des pistes de recherches-expérimentations .....	177
<b>ANNEXE : VILLE DURABLE, VILLE INTELLIGENTE ET VILLE INNOVANTE.....</b>	<b>178</b>
1. La ville durable (« sustainable city ») .....	178
2. La ville intelligente (« smart city ») .....	184
3. La ville innovante (« innovative city »).....	186
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>187</b>

### **Remerciements**

Nous remercions **l'Alec du Pays de Rennes** pour la mise en relation avec les acteurs locaux et les éléments de la politique régionale.

## **PARTIE 1**

# **ETAT DES LIEUX DE LA PROBLEMATIQUE SMART GRIDS & BEPOS A L'ECHELLE DES HABITANTS ET DES TERRITOIRES**

## 1. OBJET, OBJECTIFS ET PHASES DE LA RECHERCHE

### 1.1. Objet et objectifs de la recherche

Cette recherche financée par le PUCA fait suite à l'appel à projets « BEPOS, Smart Grids, territoires et habitants ».

L'objectif principal de cette consultation de 2011 du PUCA est d'analyser les coûts et les bénéfices, pour un territoire et pour ses habitants et usagers, du développement des BEPOS<sup>1</sup> et des « *smart grids* » ou réseaux intelligents.<sup>2</sup>

Ces bâtiments intelligents et les réseaux intelligents constituent ce que nous appelons l'intelligence énergétique (d'où l'intitulé de notre de recherche : « *L'intelligence énergétique au service des collectivités : l'enjeu à l'échelle du quartier et de la ville* »).

#### **L'appel à projets PUCA-Ademe « BEPOS, Smart Grids, territoires et habitants »**

*« La maîtrise des consommations d'énergie, notamment celle des pointes horo-saisonnnières à fort contenu en CO<sub>2</sub>, l'intégration des énergies renouvelable à la production intermittente (photovoltaïque, éolien...) et l'accueil annoncé du véhicule électrique dans nos villes et sur nos réseaux conduisent à faire des « **smart grids** », autrement dit des réseaux intelligents d'énergie, un élément incontournable de la réflexion sur l'avenir énergétique de nos **territoires**.*

*Les **bâtiments**, qui jusque-là étaient perçus pour leur consommation, deviennent pour certains d'entre eux producteurs d'énergie. Plus largement, par leurs capacités de stockage, d'effacement et par le fait qu'une large part des consommations liées à la vie courante s'opèrent en leur sein, ils deviennent des acteurs de cette nouvelle forme de régulation. Les technologies de l'information et de la communication offrent en effet désormais la possibilité d'agir « à la demande » et en temps réel sur les consommations d'énergie (par la modulation, l'arrêt, le différé ou l'anticipation du fonctionnement des systèmes de chauffage, et, au-delà, équipements domestiques ou de bureau).*

*Mais par-delà la dimension technique du déploiement des smart grids et du rôle que peuvent y jouer les bâtiments, se pose la question des modèles socio-économiques et « gouvernementiels » qui sous-tendent leur mise en œuvre, lesquels ne sont pas étrangers à leur design général et à leur optimisation. Mieux encore, quels rôles jouent ou peuvent jouer les usagers finaux (ou premiers dès lors qu'ils sont producteurs d'énergie) que sont les **habitants** ? A quelle échelle, à quelle maille peut on ou doit-on penser l'échange et la mutualisation d'énergie ? Quel rôle jouent ou peuvent jouer les collectivités territoriales, à la fois propriétaires des réseaux de distribution et dépositaires du pouvoir local des citoyens ?*

---

<sup>1</sup> Les BEPOS (bâtiments à énergie positive) et les BEPO (bâtiments à énergie proche de 0) sont aujourd'hui souvent appelés « bâtiments intelligents » (Nous sommes conscients que les bâtiments ne pourront réellement être définis comme « intelligents » que lorsque, avec des équipements « intelligents » comme les « *smart metering* » (compteurs intelligents), ils se géreront de façon autonome, cependant nous les appelons aussi dans ce rapport « bâtiments intelligents »).

<sup>2</sup> « *Le smart grid est une des dénominations d'un réseau de distribution d'électricité « intelligent » qui utilise des technologies informatiques de manière à optimiser la production et la distribution et à mieux mettre en relation l'offre et la demande entre les producteurs et les consommateurs d'électricité. L'apport des technologies informatiques devrait économiser l'énergie, sécuriser le réseau et en réduire les coûts.*

*C'est aussi une réponse au besoin de diminuer les émissions de gaz à effet de serre pour lutter contre le dérèglement climatique. »*

Source : site du MEDDE, Plan Bâtiment Grenelle/Repères/Grands dossiers, janvier 2013

*C'est pour commencer à traiter de ces questions qui mêlent la technique, l'économique et le social, que le PUCA et l'ADEME ont conçu ce programme de recherche. »*

**Cette recherche privilégie l'optique de la demande et non celle de l'offre.**<sup>3</sup> La demande est celle des usagers et habitants pour un moindre coût et pour le respect de l'équité sociale ; c'est aussi celle des territoires (ou collectivités locales et territoriales avec leurs partenaires locaux) qui s'engagent sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre et souhaitent le développement d'activités productives créatrices d'emplois.

Cette recherche vise réellement à réfléchir au sens de l'intelligence énergétique au service des collectivités (de l'échelle du quartier à celle de la commune), afin de proposer des scénarios réalistes et des recommandations opérationnelles, notamment dans le cadre du PCET (Plan Climat Energie Territorial), lequel est obligatoire pour toutes les collectivités de plus de 50 000 habitants depuis la Loi Grenelle 2.

Nous renversons donc la question analysée habituellement dans la mesure où, à partir de l'analyse des impacts des « *smart grids* » pour ou sur les territoires, nous ne cherchons pas à voir comment l'intelligence énergétique peut être intégrée dans les politiques territoriales, mais à **définir la place ou le rôle de l'intelligence énergétique dans les stratégies énergétiques territoriales.**

Les enjeux énergétiques à l'échelle des collectivités territoriales sont nombreux, interdépendants et parfois contradictoires. De plus, ils se heurtent aux contraintes financières des ménages et des maîtres d'ouvrage (dont les collectivités) d'une part et à la contrainte du temps (nécessité d'apprentissage) d'autre part. Enfin les territoires sont marqués par l'existence d'infrastructures énergétiques et de filières diverses ne permettant pas une homogénéisation des politiques énergétiques territoriales, malgré un encadrement réglementaire à court et moyen terme (Lois Grenelle) comme à long terme (Loi POPE).

La recherche vise tout d'abord à :

- **préciser la place et l'apport du BEPOS et des « *smart grids* » dans la stratégie énergétique d'un territoire, de l'échelle du quartier à l'échelle de la commune,**
- **et mieux définir la place des habitants et des territoires dans le développement de ces technologies.**

**Elle s'appuie pour ce faire sur l'analyse d'un quartier de Rennes Métropole.**

La recherche vise à répondre à **4 thématiques majeures pour les territoires :**

- l'optimisation du système énergétique aux différentes échelles de territoire,
- le maintien de l'équité sociale au regard des évolutions tarifaires et de consommations,
- l'intérêt pour l'utilisateur (Quelle valeur pour le kWh non consommé ou négawatt ? et Qui capte cette valeur ?),
- l'organisation spatiale avec l'articulation entre la production locale d'énergie, la MDE (maîtrise de la demande de l'énergie) et le réseau (gouvernance énergétique du territoire).

---

<sup>3</sup> A ce jour, la grande majorité des recherches (terminées ou en cours) s'est focalisée sur l'offre des industriels qui se sont investis dans les « *smart grids* ». L'objectif de ces recherches tourne généralement vers l'analyse des verrous au développement des smart grids : verrous techniques (technologies du réseau, système d'informations, stockage), verrous organisationnels (modèles d'affaires, valorisation du stockage, agrégation), verrous socioéconomiques (comportement et appropriation des consommateurs).

Ensuite il s'agit de définir quelle est (ou pourrait être) la place ou le rôle de l'intelligence énergétique dans les politiques territoriales (et notamment les PCET).

## **1.2. Les phases de la recherche**

La recherche a duré 24 mois et comprenait trois phases (lesquelles ne sont pas entièrement consécutives, certaines tâches de la phase 2 étant menées en même temps que des tâches de la phase 1).

### **1.2.1. Identification et analyse des externalités des BEPOS et « smart grids »**

Cette première phase comprend les étapes suivantes :

- repérage des externalités (positives et négatives, définies au regard des quatre thématiques) à l'échelle d'un territoire et pour ses habitants, à partir d'une analyse de projets existants et des démonstrateurs *ad hoc*;
- préparation d'un questionnaire croisant les thématiques et les techniques ;
- enquêtes de terrain ;
- retour d'expériences ;
- rédaction d'une synthèse.

Il s'agit d'analyser la place des bâtiments intelligents (BEPOS, BEP0 ou bâtiments à énergie proche de zéro et systèmes de « *smart metering* ») et des « *smart grids* » dans les schémas de développement, c'est-à-dire d'analyser la réponse des bâtiments intelligents et des « *smart grids* » aux enjeux des territoires concernant les objectifs de réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, les contraintes des réseaux existants, la nature des constructions, les coûts pour les usagers face à leurs besoins de confort, ainsi que les contraintes de fonctionnement de ces bâtiments.

### **1.2.2. Analyse de la dynamique énergétique d'un territoire**

Il s'agit de présenter le cadre dans lequel les BEPOS et les « *smart grids* » peuvent se développer sur le territoire (de l'échelle du quartier à celle de la commune).

Afin d'analyser la dynamique énergétique d'un quartier de Rennes Métropole, différentes actions ont été menées :

- réunion de lancement afin de rappeler les objectifs et le contexte de la recherche d'une part et, d'autre part, de recueillir les données disponibles auprès des différents partenaires : Alec (agence locale de l'énergie), Rennes Métropole, Territoires & Développement, Ville de Rennes ;
- définition du périmètre du territoire à analyser, à savoir un territoire de la taille d'un quartier comportant à la fois des bâtiments neufs et des bâtiments existants et ayant des logements chauffés à l'électricité ;
- prise de contact avec ErDF, GrDF et le SDE 35 (syndicat d'électrification) afin d'obtenir des données de consommation d'électricité, de puissance électrique, de consommation de gaz, face à la capacité des réseaux ;

- recueil d'information auprès de la délégation régionale de l'Ademe via l'Alec du Pays de Rennes ;
- recueil et analyse des données INSEE sur la population : âge, revenus, statuts d'occupation, données sur les équipements et l'activité ;
- identification des ressources énergétiques locales afin d'évaluer le potentiel ;
- évaluation de la consommation et de la puissance par usage ;
- définition des enjeux énergétiques du territoire : énergie, dépenses, CO<sub>2</sub>.

Cette analyse à moyen terme privilégiait quelques segments de marché tels que la production en énergies locales et renouvelables, le besoin de construction neuve et le marché de la réhabilitation des logements.

Cependant un contrat de collaboration sur 3 ans étant nécessaire pour ErDF et les premières données de consommation ne pouvant pas être disponibles avant septembre 2013 (ErDF facturant de plus ses prestations), nous avons recadré le programme de travail pour demeurer dans le temps imparti et le budget de la recherche.

Le phasage de la recherche comprend *in fine* les étapes suivantes :

- Elaboration du bilan énergétique (et CO<sub>2</sub>) du quartier Cleunay de Rennes croisant le type d'énergie et l'usage (chauffage, ECS, cuisson et électricité spécifique), à partir du modèle CLE-BAT (Consommation locale d'énergie dans les bâtiments) élaboré par Artelia et La Calade.
- Analyse de la MDE (Maîtrise de la Demande d'Énergie) à l'aide du modèle SEC d'analyse en coût global (permettant une optimisation énergétique) élaboré par La Calade.<sup>4</sup>
- Analyse des possibilités de délestage et déstockage à partir de l'analyse de courbes de charge.
- Analyse du potentiel de développement des EnR (énergies renouvelables) et de la production locale d'énergie par rapport aux courbes de charge (journalière et mensuelle) sur le territoire de Rennes Métropole. Il s'agit de répondre à trois questions essentielles :
  1. Quel est le potentiel de production EnR sur le territoire ?
  2. Quel est le pourcentage de consommation potentielle d'EnR ou d'énergie produite localement par rapport aux besoins ?
  3. Quel est le potentiel d'économies d'énergie et quelles actions sont-elles nécessaires pour atteindre ce niveau ?

### **1.2.3. Construction de scénarios de développement de bâtiments intelligents et de « smart grids »**

Cette troisième phase comprend cinq étapes :

- l'élaboration de scénarios ;
- l'évaluation de l'impact des scénarios pour les territoires et les habitants ;
- une comparaison des solutions et des recommandations à l'échelle du territoire ;

---

<sup>4</sup> Voir de nombreux exemples d'analyses effectuées avec le modèle SEC dans *La réhabilitation énergétique des logements*, Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, Le Moniteur, 2012 (cet ouvrage propose une feuille de route pour la transition énergétique) et dans *Coût global des bâtiments et des projets d'aménagement*, Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, Le Moniteur, 2013 (notamment en partie 3 sur les politiques publiques).

- une synthèse mettant en évidence les enjeux des smart grids et des BEPOS pour les habitants et les territoires ;
- des préconisations à destination des PCET (Plan Climat Energie Territoriaux) afin de montrer pourquoi et comment intégrer les bâtiments intelligents et les « *smart grids* » dans les stratégies territoriales.

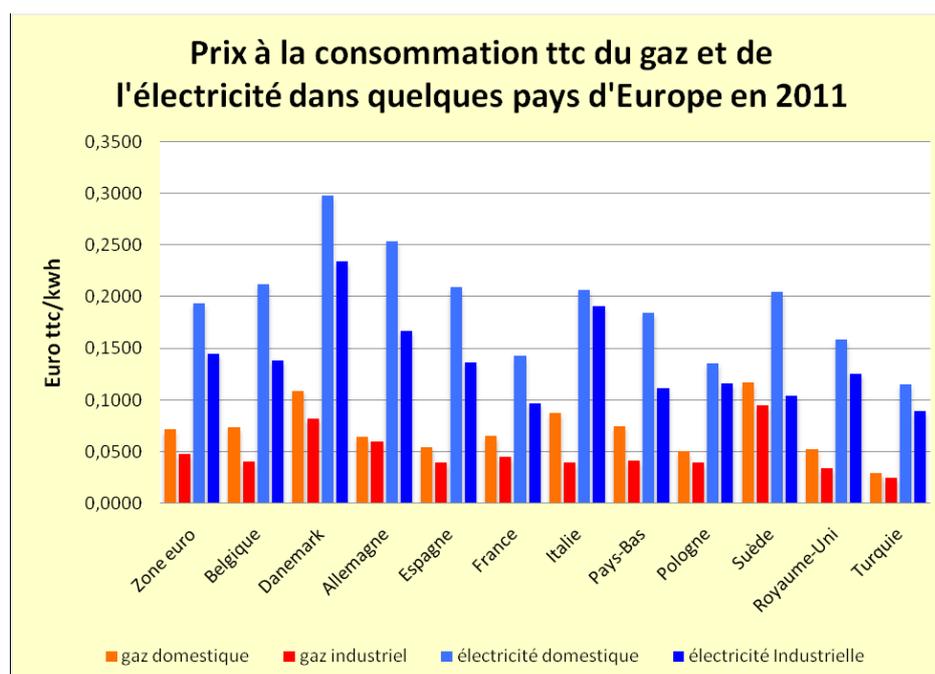
## 2. LE CONTEXTE : ENJEUX ENERGETIQUES ET STRATEGIES ENERGETIQUES TERRITORIALES DES COLLECTIVITES

### 2.1. Les enjeux énergétiques

A l'échelle aussi bien nationale que des collectivités, le contexte énergétique et les engagements des Pouvoirs publics s'imposent comme un ensemble de contraintes fortes et les *smart grids* ne sont dans tous les cas qu'une réponse possible parmi d'autres.

Le contexte énergétique est bien connu et peut être résumé très rapidement :

- **La directive européenne sur la performance énergétique dite des 3x20** (d'ici 2020) :
  - Réduire les consommations d'énergie de 20 %,
  - Réduire les émissions de GES (gaz à effet de serre) de 20 %,
  - Atteindre 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale,
- **Les objectifs du Grenelle**: 38 % d'économie d'énergie sur les bâtiments existants d'ici 2020 et facteur 4 pour les émissions de GES<sup>5</sup> d'ici 2050,
- **Une hausse prévisible du prix des différentes énergies**: hausse du prix des énergies importées (avec un alourdissement du déficit de la balance commerciale), hausse du prix de l'électricité (gestion de la pointe, renforcement des réseaux, développement des EnR)



Source Eurostat energy

Le graphique ci-avant montre que les prix de l'électricité en France et ceux du gaz domestique dans une moindre mesure sont inférieurs à ceux pratiqués dans la plupart des pays européens.

- **La précarité énergétique** qui concerne plus de 3 millions de ménages, soit environ 8 millions de personnes en France et peut devenir de plus en plus prégnante,

<sup>5</sup> c'est-à-dire une division par 4 des émissions de GES par rapport à celles de 2005

- **Un enjeu technique** sur les filières énergétiques de production, de gestion et de consommation (équipements).

**Les enjeux énergétiques à l'échelle des collectivités territoriales** sont évidemment liés à ce contexte et sont nombreux, interdépendants et parfois contradictoires :

- La lutte contre la précarité énergétique
- L'opportunité d'un développement endogène créateur de richesses et d'emplois avec la valorisation des ressources locales (biomasse, solaire, géothermie, éolien, déchets, production agricole) et les travaux d'efficacité énergétique (isolation des façades, pose de régulation, calfeutrage...)
- La sensibilisation des habitants
- Des habitants sensibilisés et responsables
- Le besoin de mobiliser des financements importants et souvent hors de portée des acteurs économiques locaux :
  - Des coûts d'investissement trop élevés pour les ménages (dont les capacités de financement sont très limitées) comme pour les collectivités ;
  - Des politiques publiques insuffisantes (éco-PTZ, CIDD) ou difficiles à mobiliser (Feder) ;
  - Des acteurs économiques sur le territoire aux intérêts divergents face à une motivation politique assez limitée (dans la plupart des territoires)
  - Une connaissance du territoire encore insuffisante (les plans climat n'étant que la première étape d'un long processus).

De plus, ils se heurtent aux contraintes financières des ménages et des maîtres d'ouvrage d'une part et à la contrainte du temps (nécessité d'apprentissage) d'autre part.

Enfin les territoires sont marqués par l'existence d'infrastructures énergétiques et de filières diverses ne permettant pas une homogénéisation des politiques énergétiques territoriales, malgré un encadrement réglementaire à court et moyen terme (Lois Grenelle) comme à long terme (Loi POPE).

En ce qui concerne le comportement des ménages par exemple, il est important de prendre en compte le fait que, culturellement, l'énergie (électricité, gaz, chaleur), comme l'eau, est très aisément accessible (en actionnant l'interrupteur ou en tournant le robinet) et est devenue un bien banal, appelé « inférieur » (élasticité au revenu inférieure à 1). Les économies d'énergie ne sont pas valorisantes pour la plupart des individus ou ménages, ce qui nous laisse à penser que les travaux d'économies d'énergie doivent être associés à des demandes sociales plus fortes, telles que le besoin de sécurité<sup>6</sup>, le confort, la qualité sanitaire, l'image du bâti ou de la résidence. Ainsi par exemple de nombreuses études ont souligné que la température de confort n'est pas 19 °C (température retenue dans les moteurs de calcul conventionnels en France, d'autres pays comme le Danemark retenant 20°C) mais plutôt 21°C (voire 22 à 23 °C comme ceci a été constaté au Danemark sur un quartier pilote financé dans le cadre du programme européen Concerto malgré les nombreuses actions de sensibilisation des ménages inhérentes aux projets du programme Concerto)<sup>7</sup>. Ces résultats sont

---

<sup>6</sup> Ainsi par exemple la Dolce Vita ZenBox proposée aux ménages par GDF SUEZ pour suivre et piloter les équipements de chauffage et électriques de leur logement en temps réel n'est le plus souvent acceptée par les ménages que parce que celle-ci offre en plus un service de sécurité qui assure une télésurveillance aussi bien pour l'incendie que pour les intrusions et c'est ce dernier service qui est l'élément déclencheur et non pas la motivation d'économie d'énergie.

<sup>7</sup> Voir Un projet de quartier vers une ville « post-carbone », Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, à paraître aux Editions du Moniteur en 2014.

corroborés sur le territoire d'étude par l'Alec du Pays de Rennes qui réalise des suivis de consommations des ménages et de températures. Aujourd'hui beaucoup de jeunes ménages ont des températures de confort supérieures à 19°C. Ces éléments doivent être intégrés dans les politiques énergétiques et rendent insuffisantes les politiques essentiellement fiscales (crédit d'impôt) ou financières (prêt bonifié), lesquelles offrent le plus souvent un effet d'aubaine.

## ***2.2. Les stratégies énergétiques territoriales des collectivités***

**Le Plan national de lutte contre le changement climatique (PNLCC) en 2004 puis les Lois Grenelle (2009 et 2010)** ont mis l'accent sur le rôle des collectivités locales en ce qui concerne la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la réduction des consommations d'énergie et ils ont abouti à la création des PCET (Plan Climat Energie Territorial)<sup>8</sup>, l'objectif étant d'atteindre les engagements de l'Etat, et notamment le facteur 4 sur les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050.

Comme le souligne le Conseil Economique pour le développement durable, **le Grenelle de l'environnement** a contribué à une prise de conscience mais a peu innové en ce qui concerne la mise en œuvre, laquelle *« combine encore essentiellement : premièrement l'affirmation d'objectifs très globaux - certains irréalistes en l'absence d'instruments efficaces pour les réaliser - et deuxièmement des réglementations par essence très rigides et peu propices à l'innovation. »*<sup>9</sup>

Certaines collectivités s'inscrivent dans un projet de ville post carbone<sup>10</sup> et intègrent les *smart grids* dans le projet urbain à l'échelle de la collectivité. *« En ne se limitant plus à un impact sur un aspect isolé du projet urbain, les actions ont un effet d'entraînement sur l'ensemble des pratiques des habitants, des entreprises et des acteurs publics »*, comme le souligne le schéma imaginé pour le projet d'EcoCité grenobloise (cf. page suivante).<sup>11</sup>

En ce qui concerne le bâtiment, le Plan Bâtiment Grenelle devenu en 2012 **le Plan Bâtiment durable** met l'accent dans son plan d'actions 2013-2017 sur la rénovation énergétique et sur la territorialisation des actions, et notamment sur l'implication des territoires.

En France l'outil à la disposition des collectivités pour élaborer une stratégie énergétique territoriale est le PCET. Cependant, si, à ce jour, de nombreuses collectivités se sont engagées dans l'élaboration d'un PCET, les actions mises en œuvre concernent essentiellement la sensibilisation des différents acteurs (et notamment des ménages) et la formation des professionnels. Les collectivités qui se sont engagées dans l'élaboration de véritables stratégies énergétiques territoriales puis dans leur mise en œuvre (via des plans d'actions) sont encore très peu nombreuses.

**L'élaboration de telles stratégies** (à partir d'une analyse fine des territoires, des réseaux et des différents types de bâtiments présents sur le territoire et, si possible, des capacités financières des différents acteurs) nous semble cependant aujourd'hui indispensable et **c'est l'enjeu de la deuxième génération des PCET.**<sup>12</sup>

---

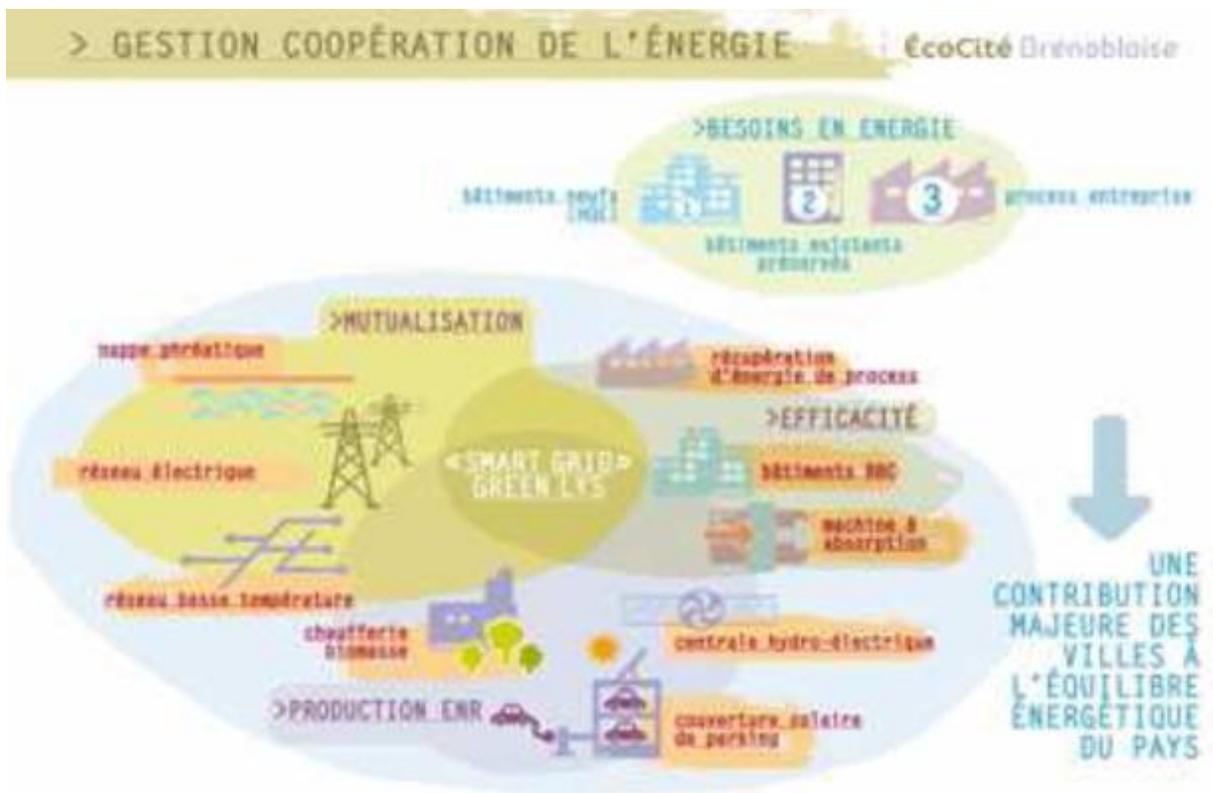
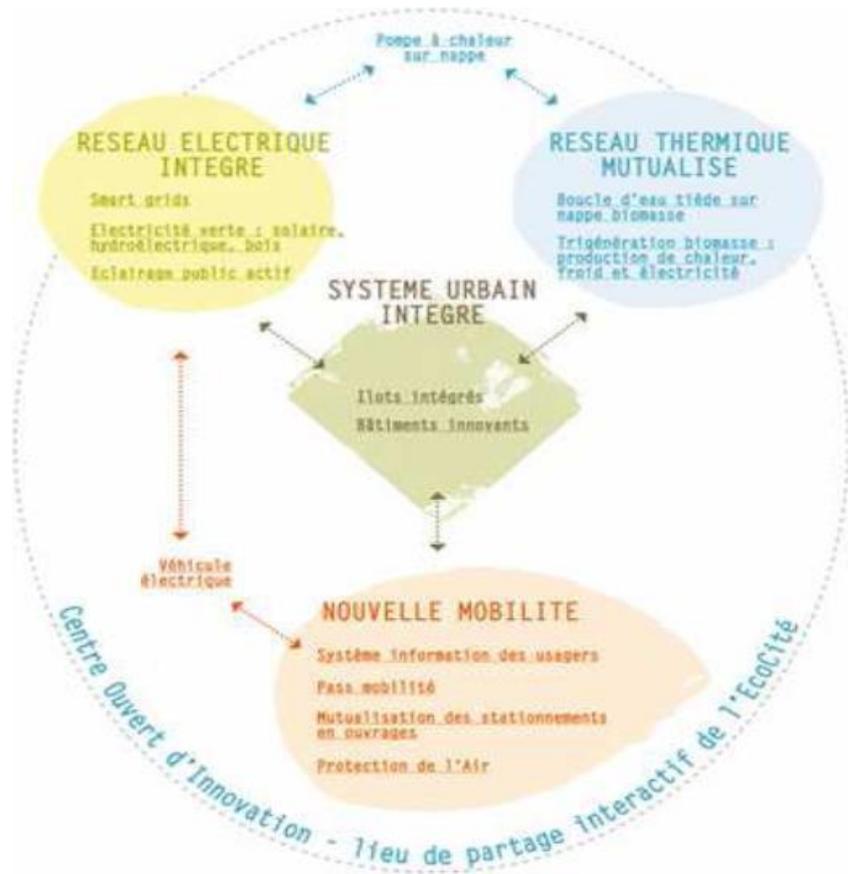
<sup>8</sup> Le PCET instauré en 2004 par le PNLCC a été rendu obligatoire (en cohérence avec les documents d'urbanisme) par la Loi Grenelle 1 pour les collectivités et EPCI de plus de 50 000 habitants. Ainsi Rennes Métropole et la Ville de Rennes ont chacune un PCET.

<sup>9</sup> Source : Croissance verte et crise économique, synthèse du rapport Les économistes et la croissance verte, Conseil économique pour le développement durable, 2012

<sup>10</sup> Voir l'annexe sur la ville durable et la ville post carbone

<sup>11</sup> Dossier de presse EcoCité du MEDTL

<sup>12</sup> Voir La réhabilitation énergétique des logements, Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, Edition Le Moniteur, 2012. Cet ouvrage propose une démarche pour élaborer une stratégie de réhabilitation énergétique territoriale (ou patrimoniale) et propose des feuilles de route pour les différents acteurs concernés.



Source EcoCité grenobloise

Un PCET est, selon l'Ademe<sup>13</sup>, « un projet territorial de développement durable, dont la finalité première est la lutte contre le changement climatique », avec « des enjeux définis en terme d'adaptation et d'atténuation » et dont « les objectifs doivent être en phase avec le facteur 4 » tout en étant « réalistes et progressifs ». Toutefois, malgré la référence au développement durable, ce « réalisme » ne tient pas compte des capacités financières des ménages, le diagnostic territorial ou « Profil climat » étant uniquement énergétique et la vulnérabilité du territoire étant principalement analysée sous l'angle des risques en matière d'événements climatiques majeurs et de raréfaction des énergies. Par ailleurs l'architecture du plan d'actions ou les priorités sont définies en fonction des budgets disponibles et de la faisabilité ou facilité de mise en œuvre des actions. Enfin, la procédure d'évaluation préconisée par l'Ademe ne porte que sur le document ou PCET lui-même (cette évaluation devant être structurée selon les 5 critères et les 5 finalités de développement durable dans la mesure où le PCET est défini comme un projet territorial de développement durable) ; elle ne porte ni sur la stratégie élaborée (et ses différents objectifs), ni sur la structure du plan d'actions ni sur l'adéquation des moyens aux objectifs poursuivis.<sup>14</sup> Enfin, si l'Ademe insiste sur le caractère incontournable de l'évaluation des PCET et préconise une démarche à l'aide d'indicateurs<sup>15</sup> : « le nombre d'indicateurs retenus devra être limité pour éviter de créer un processus trop consommateur de temps et de moyens; néanmoins, chaque action du PCET devra disposer d'au moins un indicateur. Ces indicateurs figureront dans les fiches action du PCET. »...

#### Exemples d'actions menées par la Ville de Rennes dans le cadre de son PCET:

- La Ville de Rennes et la fédération du bâtiment et des travaux publics d'Ille-et-Vilaine (FBTP 35) ont organisé une rencontre technique autour du thème « L'isolation thermique par l'extérieur ». Destinée aux professionnels du bâtiment, elle vise à faire évoluer les pratiques dans un secteur fortement consommateur d'énergie.
- La Ville de Rennes a engagé un programme de recherche «Rennes Plus 6» qui imagine la ville en 2050. «Palabaïci», nom de la fiction radiophonique créée dans ce cadre en février 2007 par de jeunes rennais, sert de base à la réflexion des habitants. A travers cette émission de radio, l'équipe a imaginé à quoi ressemblerait Rennes dans une cinquantaine d'années. Mélangeant craintes et espoirs, le scénario présente une ville moderne et performante du point de vue environnemental, mais cloisonnée sur le plan des relations sociales et de l'organisation spatiale. Il ne s'agit pas d'un travail prospectif d'experts mais d'une démarche originale pour travailler sur le sujet de la vulnérabilité et de l'adaptation.

---

<sup>13</sup> Source Construire et mettre en œuvre un plan climat énergie territorial, guide méthodologique, décembre 2009

<sup>14</sup> Ces critères sont la participation, le pilotage du projet, la transversalité de la démarche, l'évaluation et la stratégie d'amélioration continue. Les finalités sont le changement climatique, la biodiversité, l'épanouissement de tous les êtres humains, la cohésion sociale et la solidarité entre les territoires et les générations, les modes de production et de consommation responsables (Voir le référentiel national pour l'évaluation des projets territoriaux de développement durable).

<sup>15</sup> L'Ademe distingue différents types d'indicateurs : les **indicateurs statiques**, permettant d'appréhender la réalité d'une situation à un instant donné (exemple : nombre de logements construits en HQE sur le territoire en 2008) des **indicateurs dynamiques**, traduisant les évolutions (exemple : évolution de la part de la population ayant souscrit un abonnement aux transports collectifs entre 2006 et 2008) ; les **indicateurs agrégés**, qui apportent une vision globale (exemple : part, dans la consommation totale d'énergie du territoire, de la consommation d'énergie issues de ressources renouvelables), des **indicateurs détaillés**, permettant de se focaliser sur un thème particulier (exemple: nombre de personnes de moins de 18 ans empruntant le tramway plus de 3 fois par semaine).

- *La Ville de Rennes a intégré des clauses énergétiques dans la construction des bâtiments publics et dans les cahiers des charges des programmes d'aménagement.*

### **2.3. La réglementation**

Les *smart grids* étant encore à l'échelle expérimentale, ils ne font pas l'objet d'une réglementation spécifique. Cependant, différents textes mettent en place un cadre réglementaire, en particulier pour les compteurs communicants.

#### **A l'échelle européenne**

Il est prévu une généralisation des compteurs communicants d'ici 2020 si de tels compteurs sont disponibles à un coût raisonnable.

#### **- Directive 2012/27/UE du parlement européen et du conseil du 25 octobre 2012 relative à l'efficacité énergétique, modifiant les directives 2009/125/CE et 2010/30/UE et abrogeant les directives 2004/8/CE et 2006/32/CE**

L'article 9 sur les relevés et plus particulièrement le point 1 stipule que « *Les Etats membres veillent à ce que, dans la mesure où cela est techniquement possible, financièrement raisonnable et proportionné compte tenu des économies d'énergie potentielles, les clients finals...reçoivent, à des prix concurrentiels, des compteurs individuels qui indiquent avec précision la consommation réelle d'énergie du client final et qui donnent des informations sur le moment où l'énergie a été utilisée.* »

Quant à l'article 11, il précise que cet accès à l'information sur les consommations doit être « *sans frais et de manière appropriée* » pour les utilisateurs finals.

#### **- Directive 2006/32/CE du parlement européen et du conseil du 5 avril 2006 relative à l'efficacité énergétique dans les utilisations finales et aux services énergétiques (dite Directive ESD)**

La Directive ESD reconnaît le potentiel d'économie d'énergie lié à une connaissance effective des niveaux de consommation, et ce, grâce aux compteurs communicants (pour l'électricité mais aussi les autres compteurs d'énergie). L'article 13 sur le relevé et la facturation explicative de la consommation d'énergie stipule :

- « 1. *Les États membres veillent à ce que [...], les clients finals dans les domaines de l'électricité, du gaz naturel, du chauffage et/ou du refroidissement urbain(s) et de la production d'eau chaude à usage domestique reçoivent à un prix concurrentiel des compteurs individuels qui mesurent avec précision leur consommation effective et qui fournissent des informations sur le moment où l'énergie a été utilisée.*
2. *[...] Des factures sur la base de la consommation réelle sont établies à des intervalles suffisamment courts pour permettre aux clients de réguler leur consommation d'énergie.»*

#### **- Directive 2009/72/CE du Parlement européen et du Conseil du 13 juillet 2009 concernant des règles communes pour le marché intérieur de l'électricité.**

L'annexe I de cette Directive liste les «Mesures relatives à la protection des consommateurs», parmi lesquelles figure un compteur évolué permettant au consommateur d'être «*dûment informé de la consommation réelle d'électricité et des coûts s'y rapportant, à une fréquence suffisante pour lui permettre de réguler sa propre consommation d'électricité. [...] Ce service ne donne lieu à aucun surcoût pour le consommateur.* » Elle introduit également un calendrier pour l'évaluation et le déploiement de compteurs intelligents et le respect de norme permettant l'interopérabilité de ces

compteurs : « *Les États membres veillent à la mise en place de systèmes intelligents de mesure qui favorisent la participation active des consommateurs au marché de la fourniture d'électricité. La mise en place de tels systèmes peut être subordonnée à une évaluation économique à long terme de l'ensemble des coûts et des bénéfices pour le marché et pour le consommateur, pris individuellement, ou à une étude déterminant quel modèle de compteurs intelligents est le plus rationnel économiquement et le moins coûteux et quel calendrier peut être envisagé pour leur distribution.* »

*Ce sont les États membres qui fixent le calendrier pour la mise en place de systèmes intelligents de mesure avec un objectif pouvant aller jusqu'à équiper d'ici 2020 au moins 80 % des clients en systèmes intelligents de mesure.*

*Les États membres, ou toute autorité compétente qu'ils désignent, veillent à l'interopérabilité des systèmes de mesure à mettre en place sur leur territoire et tiennent dûment compte du respect des normes appropriées et des meilleures pratiques, ainsi que de l'importance du développement du marché intérieur de l'électricité.* » (c'est la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) qui en est chargée en France).

### La normalisation

La normalisation a pour but d'éviter que différentes technologies incompatibles se multiplient et se côtoient sans interopérabilité à l'intérieur d'un marché européen harmonisé de l'énergie. Un travail de normalisation est en cours à l'échelle européenne (mandat M441 *Smart Grids*) sur les compteurs intelligents.

Les organismes de certifications CEN, CENELEC et l'ETSI travaillent ensemble pour la Commission Européenne (DG TREN et ENTR) sur la standardisation des fonctionnalités et des communications en Europe pour les utilités (électricité mais également gaz, chaleur, eau).

De la même manière, des mandats portent sur la charge des véhicules électriques (Mandat EC M468) et, depuis mars 2011, sur les réseaux électriques intelligents (Mandat EC M490).

### En France

**La Loi NOME** (Loi N° 2010-1488 du 7 décembre 2010 portant nouvelle organisation du marché de l'électricité) introduit plusieurs dispositions dans lesquelles les *smart grids* pourront se développer :

- **L'obligation pour les fournisseurs de disposer de capacités d'effacement en particulier lors des périodes de pointe** : « *Chaque fournisseur d'électricité doit disposer de garanties directes ou indirectes de capacités d'effacement de consommation et de production d'électricité pouvant être mises en oeuvre pour satisfaire l'équilibre entre la production et la consommation sur le territoire métropolitain continental, notamment lors des périodes où la consommation de l'ensemble des consommateurs est la plus élevée.* »

**Ce cadre rend possible la rémunération des services offerts par les *smart grids*** (mécanismes d'effacements lors des périodes de pointe par exemple).

- **La possibilité de fixer les tarifs réglementés de vente d'électricité** de manière à inciter les consommateurs à réduire leur consommation lors des pointes : « *la structure et le niveau [tarifs réglementés de vente d'électricité] hors taxes peuvent être fixés de façon à inciter les consommateurs à réduire leur consommation pendant les périodes où la consommation d'ensemble est la plus élevée.* »

- **L'accès gratuit des consommateurs aux données et relevés de consommation.**

La principale question est cependant aujourd'hui en France le maintien ou non des tarifs réglementés.

### 3. LES PROBLEMATIQUES POSEES PAR LES « SMART GRIDS » OU RESEAUX INTELLIGENTS ET LES BEPOS

Les « *smart grids* » et les BEPOS font partie de l'**innovation verte** et le développement des « *smart grids* » et des BEPOS s'inscrit dans la stratégie européenne de réduction des consommations d'énergies fossiles et d'émissions de gaz à effet de serre avec, comme horizon lointain, 2050 (avec la division par 4 des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050) et, comme points d'étape, 2020 (avec l'objectif des 3 x 20) et 2030 (avec la réduction de 30 % des consommations d'énergie).

Les réseaux électriques et les bâtiments sont deux enjeux majeurs pour la réalisation de ces objectifs :

- Réduction des consommations d'énergie des bâtiments ;
- Développement des énergies décarbonées, notamment dans les réseaux électriques et gaziers, et amélioration de leurs performances (surtout à la distribution).

Les territoires et les habitants et usagers des bâtiments sont au cœur de ces problématiques avec la rénovation des bâtiments, la réduction des consommations d'électricité...

Les « *smart grids* » comme les BEPOS font partie de la panoplie de techniques à développer.

#### 3.1. Les problématiques posées par les « *smart grids* »

Ce chapitre introductif présente les problématiques et questions que pose de façon générale le développement des « *smart grids* » ou réseaux intelligents.

Les *smart grids* concernent principalement les réseaux électriques, mais ils touchent aussi d'autres réseaux et l'on observe le développement de « *smart gas grids* » et de réseaux de chaleur intelligents.

##### Les *smart grids* électriques

Les *smart grids* électriques visent principalement à optimiser les réseaux d'électricité et doivent contribuer à améliorer :

- o **l'observabilité des réseaux** : surveillance, anticipation des pannes, mesures des consommations,
- o **la gestion de la pointe**, et par conséquent l'effacement de la pointe : en 2000, la capacité d'effacement en France était de 6 GW, elle n'est plus que de 2 GW. Les besoins d'effacement pourraient être de 10 voire 15 GW en 2020 – 2025 avec une production d'énergie renouvelable de 25 GW. En 10 ans, la consommation d'électricité a augmenté de 8 % alors que les besoins de pointe ont cru de 15 %. L'objectif de l'effacement est de diviser par deux l'ampleur du phénomène (Olivier Baud, Energy Pool). Pour cela, des signaux tarifaires seront adressés aux usagers (dans le cadre de la prochaine tarification électrique envisagée en 2015) et aux équipements pour effacer ou enclencher certaines consommations dans l'optique d'améliorer l'équilibre production – demande.

- **la gestion des énergies locales et renouvelables** (généralement fortement intermittentes) **dans le réseau** en :
  - Développant les fonctions d'automatisation (réglage des tensions, de la puissance), afin notamment de rendre le réseau basse tension capable de supporter la production décentralisée sans investissement excessif (doubler le réseau).
  - Agrégeant les productions locales en une sorte de centrale virtuelle locale qui combine l'ensemble des productions locales intermittentes afin d'équilibrer au mieux et en temps réel la demande et l'offre d'électricité locale.

Les énergies renouvelables peuvent être raccordées au réseau basse tension à travers tout un ensemble de petits producteurs (solaire, éolien, micro-cogénération) ; elles peuvent être aussi raccordées au réseau haute tension à travers des opérations de grande taille telles que les éoliennes off-shore, voire les fermes photovoltaïques, mais ces installations sont souvent éloignées du réseau existant et demandent des travaux d'infrastructures importants.

Les réseaux électriques intelligents renversent en partie la logique de l'offre, c'est-à-dire une gestion de l'équilibre offre – demande uniquement réalisée par un système de production centralisé. **Avec les réseaux intelligents, l'équilibre de l'offre et de la demande doit s'opérer simultanément par l'offre et la demande, avec une offre à la fois centralisée et décentralisée.**

L'intelligence des réseaux électriques n'est pas nouvelle. Elle existe déjà entre la production centralisée et le transport. Elle pourrait dorénavant s'étendre à la distribution et à la production décentralisée.

L'analyse du marché des « *smart grids* » est aussi présentée par les experts des technologies de l'information et de la communication comme un système d'outils et de techniques visant à <sup>16</sup> :

- Assurer le contrôle, le pilotage et la gestion technique du réseau électrique (« *smart operators* »),
- Inciter les clients à de nouveaux usages et à de nouveaux comportements (« *smart users* »),
- Être des vecteurs d'intégration des dimensions techniques et des usages afin de produire de nouveaux services à forte valeur ajoutée (« *smart integrators* »).

Aller du premier au troisième niveau devrait générer des revenus pour les entreprises de la communication mais aussi permettre d'éviter des coûts de gestion du réseau (effacement de la pointe). Les « *smart grids* » sont alors présentés comme une opportunité économique à la fois pour les entreprises des techniques de communication et pour les fournisseurs d'énergie.

**L'enjeu économique** est de taille. A l'échelle européenne, la société GTM Research a estimé le marché des *smart grids* en Europe à 3,1 milliards € en 2012 et à 6,8 milliards € en 2016, soit une augmentation de 120 % en 4 ans. Selon certains cabinets (Items International et Abi-Research), le marché mondial des *smart grids* pourrait passer de 8 milliards \$ en 2010 à 39 milliards \$ en 2016 et 100 milliards \$ par an en 2020.

La CRE estime à 15 milliards € les investissements *smart grids* sur les réseaux électriques d'ici à 2030.

---

<sup>16</sup> Source Ylios, Stratorg, Frontier Economics

Le développement de ces stratégies économiques repose sur un certain nombre de conditions que les démonstrateurs cherchent aussi à mieux connaître et à maîtriser. En effet :

- Il est nécessaire que les systèmes techniques proposés soient fiables et solides : or, les méthodes, les produits et les techniques ne sont pas encore éprouvés, sont souvent au stade de l'innovation et manquent évidemment de retours d'expérience.
- Les systèmes techniques doivent être capables de créer de la valeur lisible et attractive pour les différents acteurs (rentabilité). Cette valeur doit être attractive pour toutes les parties prenantes, un modèle économique doit être créé et les modèles d'affaires des entreprises ne sont pas encore créés.
- Un modèle de régulation incitatif doit être élaboré. Le financement est actuellement un obstacle important au développement de ces technologies.
- L'intérêt des usagers finaux n'est pas prouvé. L'acceptabilité sociale de tels systèmes est également incertaine.<sup>17</sup> Cette analyse de la rentabilité pour les usagers (préconisée par la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments pour les travaux de réhabilitation énergétique et par la directive européenne sur les règles communes pour le marché intérieur de l'électricité.

Jusqu'à présent, les démonstrateurs (on compte environ 80 projets en cours de développement actuellement en France n'ont pas donné beaucoup de résultats concrets. Lors d'un séminaire tenu à Nice en avril 2013, les principaux résultats considérés comme acquis à ce jour sont encore très qualitatifs, à quelques exceptions près.

L'intérêt pour un territoire comme la région PACA engagé dans les *smart grids* est de permettre de « dynamiser le territoire par l'implantation d'un démonstrateur, renforcer le partenariat avec le pôle de compétitivité, accompagner les collectivités et les PME ». Pour la collectivité, l'intérêt serait « d'anticiper les problématiques du business model, d'accroître les compétences des entités de recherches et des PME et de préparer les marchés pour les produits de demain ».

### Les smart gas grids

Les objectifs du développement des *smart grids* appliqués au gaz, ou « *smart gas grids* », ont été définis par un rapport d'une « Task Force » européenne comme étant :

- **Une meilleure flexibilité des réseaux** : interactions entre l'électricité, le gaz, les réseaux de chaleur et de froid, production combinée d'électricité et de chaleur (ou de froid) en cogénération ou microcogénération, optimisation des flux.
- **Une adaptabilité des réseaux à des gaz non conventionnels** : biométhane<sup>18</sup>, hydrogène<sup>19</sup> ..., avec l'objectif de décarboner le gaz de réseau. Selon l'Ademe, 17 % du gaz naturel consommé en France en 2020 pourrait provenir de sources décarbonées, représentant un

---

<sup>17</sup> Cette analyse de la rentabilité pour les usagers se pose ici comme pour la réhabilitation énergétique des logements (cf. directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments). Elle est évoquée également dans la directive européenne sur les règles communes pour le marché intérieur de l'électricité citée au chapitre précédent. Mais ce type d'évaluation (analyse en coût global partagé ou analyse coûts bénéfiques) est encore trop rarement effectué en France, même en cas d'attribution d'aides ou de fonds publics. (Voir chapitre 3.6).

<sup>18</sup> Par exemple le digesteur de Lille – Séquedin réalisé en 2011 produisant du biométhane à partir de déchets et pouvant être injecté dans les réseaux GNV des bus.

<sup>19</sup> Voir par exemple le projet GRHYD qui prévoit d'injecter 20 % d'hydrogène dans le réseau de gaz naturel à Dunkerque

potentiel de 60 TWh. Les gisements de « gaz vert » pouvant être injecté à terme (vers 2050) dans le réseau de gaz naturel sont estimés à 440 TWh, soit 25 % de plus que la consommation actuelle. Ce gisement se répartit de la façon suivante :

- Méthanisation des déchets : 210 TWh

*Selon une étude réalisée pour le compte de l'Ademe et publiée en avril 2013, le gisement de biogaz mobilisable d'ici 2030 serait de 56 TWh (valorisés à partir de 130 millions de tonnes de matière sèche), ce qui représenterait seulement 30 % du gisement net disponible (soit 185 TWh). Un potentiel supplémentaire de 70 TWh serait accessible en valorisant l'herbe de fauche de bords de route.<sup>20</sup>*

- Gazéification de la biomasse solide : 150 TWh
- Micro-algues : 30 TWh
- Hydrogène et méthanation : 0 à 50 TWh
- **L'optimisation des usages du gaz** : production de chaleur, production électrique, production de carburants.  
L'utilisation du gaz est envisagée en complémentarité avec l'électricité et les énergies renouvelables, dans un but de délestage de la pointe électrique d'une part et d'une optimisation économique pour l'utilisateur d'autre part.
- **L'amélioration de la qualité du service et de la maintenance** : sécurité, continuité de l'approvisionnement, amélioration de l'information par le télérelevage.

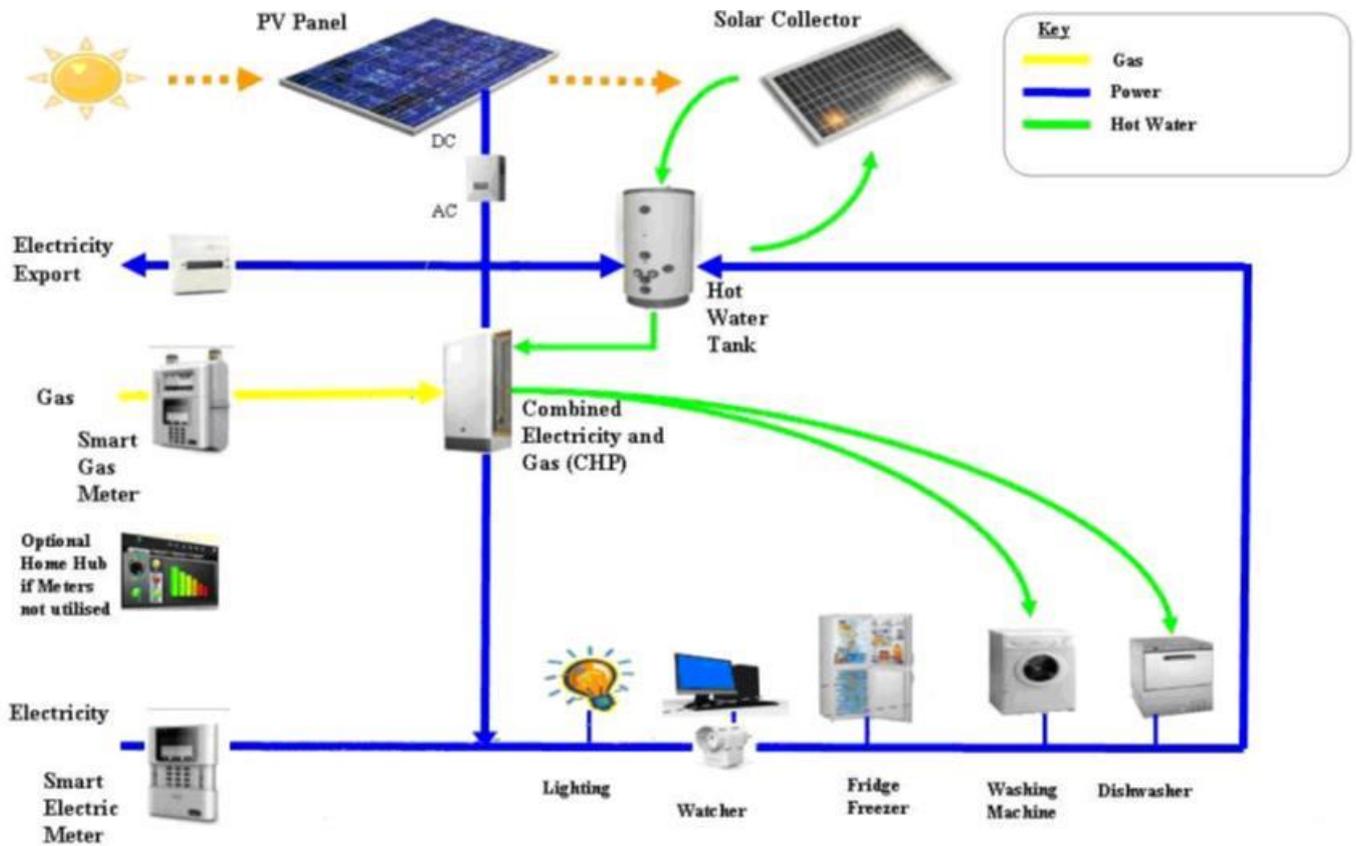
Le développement des *smart grids* gaz devrait se populariser avec l'installation attendue à partir de 2014 de 11 millions de compteurs individuels communicants en France. Ces compteurs auraient trois fonctions :

- information (gratuite) sur la consommation,
- informations portées par des tiers (bailleurs sociaux, collectivité locale)
- et propositions de nouveaux services (payants) de diagnostic ou d'alertes.

---

<sup>20</sup> Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation, étude réalisée pour le compte de l'Ademe par SOLAGRO et INDIGGO, avril 2013

### Complémentarité entre les sources d'énergie à l'échelle d'une maison



Source GrDF

#### 3.1.1. Un marché au croisement de secteurs d'activités différents

Les « *smart grids* » constituent un rapprochement tout à fait nouveau entre le secteur de l'énergie dominé par les fournisseurs d'énergie et le secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC). Les « *smart grids* » représentent l'intégration des TIC dans le secteur de l'énergie (équipementiers et fournisseurs de services) et ils constituent un formidable marché pour les entreprises des TIC (plusieurs centaines de milliards € à l'échelle européenne). Les industriels de la construction, de l'aménagement et de la gestion des fluides participent aussi largement à l'ouverture de ces nouveaux marchés, en créant par exemple un lien entre les réseaux intelligents et les nouveaux quartiers (cf. programme EcoCités).

Par exemple, UrbanEra est un référentiel écoquartier créé à l'initiative de Bouygues Immobilier qui a pour objectif de créer une approche globale de l'«écosystème urbain» où les immeubles sont intelligents et interdépendants entre eux à l'échelle d'un quartier. UrbanEra met en place des centrales de pilotage énergétique des différents bâtiments reliés entre eux par un *smart grid*. Deux projets UrbanEra associant d'autres partenaires industriels ayant des compétences complémentaires sont aujourd'hui en développement : IssyGrid® à Issy-les-Moulineaux et l'îlot mixte Hikari à Lyon.

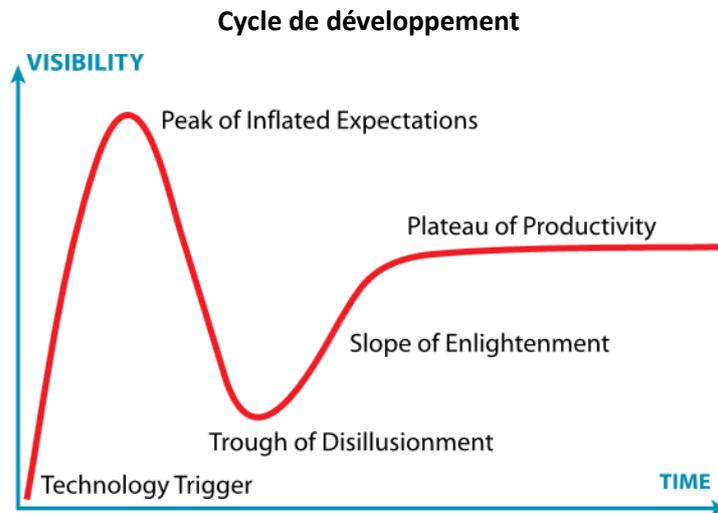
Les secteurs des NTIC et de l'énergie raisonnent cependant à des horizons de temps différents : les infrastructures énergétiques ont une durée de vie de plusieurs décennies ; à l'inverse, les solutions NTIC sont obsolètes au bout de quelques années.

Les *smart grids* sont identifiés comme une filière d'avenir par le rapport national sur les filières industrielles stratégiques de l'économie verte, en termes de technologies, de potentiel de croissance et d'emploi.<sup>21</sup>

### Un développement encore expérimental

Le développement des *smart grids* reste, à l'heure actuelle, expérimental. Il s'adresse à des collectivités ou à des groupes industriels qui sont le terrain d'expérimentations de grands groupes industriels : EDF, ErDF, RTE, GDF-Suez, GrDF, Schneider Electric, Siemens, Alstom, Véolia, Toshiba, Bouygues...<sup>22</sup> qui souhaitent se créer, à travers des démonstrateurs, des modèles d'affaires, faisant de ces expérimentations des domaines extrêmement réservés et secrets.<sup>23</sup>

Pour juger de l'état de développement des *smart grids*, on peut reprendre la formule de Gartner et son hyper cycle (« hyper curve »).



Selon de nombreux experts, nous serions dans la phase allant du pic des attentes exagérées au creux des désillusions... (cité par Morwenna Guichoux, séminaire de la CRE, 18 décembre 2012) en attendant les investissements visant à la modernisation des réseaux, ce qui se traduira par la sécurisation des données, le mix énergétique, le développement des EnR et l'automatisation des réseaux basse tension et moyenne tension<sup>24</sup>.

Paradoxalement, alors que les pics de pointe s'expliquent principalement par la consommation résidentielle « *il n'existe pratiquement pas d'expérience réussie d'organisation de l'effacement résidentiel* » selon Marc Boillot (directeur Stratégie et Grands projets, ErDF). L'intérêt des grands groupes se porte davantage sur les secteurs industriel et tertiaire beaucoup plus rentables à terme : créer un système de pilotage (TIC) dans un gros établissement industriel est évidemment beaucoup moins coûteux que de créer 5 000 postes de pilotage auprès de 5 000 foyers consommant autant que l'industriel.

<sup>21</sup> Rapport « Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte » MEDDM/CGDD, mars 2010 : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport.pdf>

<sup>22</sup> Voir CGDD, La ville intelligente : état des lieux et perspectives en France, Etudes et documents n°73, novembre 2012

<sup>23</sup> Le NEDO équivalent de l'Ademe au Japon a investi 50 millions d'euros aux côtés de Toshiba sur un des projets du Grand Lyon.

<sup>24</sup> Voir aussi Morwenna Guichoux, *Economie des smart grids : focus sur l'expérience allemande*, chaire d'économie sur le climat, 9 décembre 2011

### Les perspectives économiques

Les attentes comme les perspectives économiques et financières que constituent le marché des *smart grids* diffèrent selon la nature des entreprises présentes sur ce marché en devenir.

- Ainsi, **pour les entreprises des secteurs de l'énergie**, les « *smart grids* » doivent :

- Contribuer à résoudre les problèmes de pointe (le chauffage électrique contribuant largement à aggraver ce problème) qui autrement exigeraient des investissements très lourds.
- Aider les fournisseurs d'énergie à optimiser leur réseau compte tenu de l'offre croissante en énergies intermittentes (éviter le doublement des lignes BT, objet du projet de recherche Nice Grid mené à Carros<sup>25</sup>) et à éviter la non-utilisation de ces énergies intermittentes (en Allemagne, à certains moments de très fortes productions d'énergies renouvelables non stockables, le prix de l'électricité peut même devenir négatif) ; autrement dit il s'agit de transformer un réseau unidirectionnel en un réseau bidirectionnel.
- Gérer à terme l'interface entre les « centrales virtuelles » locales et le réseau global.

- **Pour les entreprises des technologies de l'information et de la communication**, les principaux enjeux sont de se placer sur un marché en expansion (de plusieurs dizaines de milliards € en France) et de rentrer sur le marché de l'énergie en développant les techniques d'automatisation, de contrôle et de régulation.

- **Pour les entreprises de production d'énergies intermittentes ou locales**, l'enjeu est de pénétrer le marché de l'électricité par un raccordement massif au réseau sachant que le réseau électrique semble capable d'absorber jusqu'à 30 % d'énergies intermittentes dans la production totale. Un enjeu indirect est de mieux associer la production à la consommation, ce qui va devenir un enjeu de territoire : comment faire en sorte que la consommation des ménages ou des entreprises corresponde davantage aux pics de production des éoliennes ou des panneaux solaires...

De ce fait, on attend beaucoup des usagers du territoire (ménages et entreprises) :

- Par des comportements vertueux, liés ou non à des signaux tarifaires, le consommateur devra :
  - o Concilier les moments de production locale et de consommation, notamment limiter ou reporter sa consommation en cas de besoin ;
  - o Réduire sa demande de pointe,
  - o Réduire sa consommation
  - o Devenir un « consomm'acteur » ou un « *prosumer* » (contraction anglaise de *consumer* et de *producer*).
- Par une action citoyenne, le consommateur devra devenir un « *smart* habitant », c'est-à-dire :
  - o Se préoccupant de sa consommation et des plages horaires de sa consommation,

---

<sup>25</sup> Il s'agit d'un démonstrateur de « quartier solaire intelligent » comprenant une forte proportion de production d'électricité photovoltaïque, des unités de stockage d'électricité et des équipements électriques communicants. L'investissement total du projet est de 30 millions € dont 11 millions € financés par des aides publiques nationales (4 M€) et européennes (7 M€). L'objectif est d'atteindre un effacement de 1,6 MW sur l'ensemble du réseau de Carros. Un volet du projet est aussi de tenter d'isoler une zone du réseau électrique (îlotage) avec l'installation sur le site de batteries. Le 13/12/2013, Alstom a annoncé le développement d'une batterie d'une puissance de 2 MW (MaxSineTM eStorage) qui, avec des modules additionnels, peut atteindre 12 MW.

- Fournissant des informations sur ses modes de vie et de consommation et acceptant de les modifier afin de permettre une optimisation du système technique (et éviter de les changer...).

### 3.1.2. Les objectifs à rechercher du point de vue des territoires et des habitants

#### Objectifs pour les habitants

Les habitants sont au cœur des stratégies des *smart grids* : les questions à leur sujet sont nombreuses :

- Peuvent-ils devenir ces consomm'acteurs ou *prosumers*, à la fois consommateur, producteur et citoyen ?
- Quelles sont les limites à ne pas dépasser pour favoriser l'adaptation des comportements des habitants aux exigences technologiques et économiques du système énergétique ? Les limites peuvent être atteintes dès lors qu'il y a un risque de perte de liberté et de confidentialité, voire une aliénation à des modes de vie prédéfinis par les entreprises de réseaux (plages horaires d'utilisation, nécessité de gérer sur des modes horaires et journaliers...).
- Quelles actions mener pour les inciter à devenir ces acteurs – modèles ? signaux prix, signaux informationnels, signaux réglementaires et coercitifs ? La rétribution monétaire des ménages et notamment du kWh ou du kW évité est un enjeu financier très important pour les professionnels de l'énergie et des TIC...

Les résultats attendus de ces changements dans l'acte de consommer sont doubles :

- Une réduction de la consommation d'énergie, que ce soit par des comportements vertueux ou par des actions et travaux d'efficacité énergétique (MDE).
- Une réduction des appels de puissance en pointe, par un changement des habitudes de consommation journalière et / ou par des équipements et installations spécifiques.

#### Objectifs pour les territoires

A l'échelle du territoire, les questions sont d'un autre ordre. Les responsables locaux doivent prioritairement contribuer à résorber les poches de pauvreté et de précarité énergétique d'une part et, d'autre part, faire de l'énergie un vecteur de développement local<sup>26</sup> : création d'emplois grâce aux énergies locales et renouvelables, aux travaux et actions d'efficacité énergétique, gain de pouvoir d'achat pour les ménages grâce aux économies d'énergie réalisées. Les collectivités doivent aussi reprendre en main leur pouvoir d'autorité concédante par des partenariats nouveaux avec les sociétés de distribution d'énergie. Elles se doivent aussi de participer aux engagements nationaux et européens de réduction de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, reprenant ainsi à leur compte les actions de MDE et d'effacement de la pointe. Certaines collectivités vont même au-delà de ces engagements en visant des objectifs de réductions encore plus drastiques des émissions de carbone (territoire neutre en carbone ou à bas carbone, reprenant à leur compte les scénarios d'associations telles que Négawatt ou France Nature Environnement).

Les objectifs à l'échelle d'un territoire nécessitent aussi **une approche globale de l'énergie**. La question n'est pas l'électricité, le gaz ou le réseau de chaleur : elle est dans la combinaison optimale de ces énergies de réseau avec les énergies décentralisées pour créer durablement de la valeur au niveau local. La création de valeur se fait par l'activité locale générée par les filières de production et de distribution d'énergie, les filières d'efficacité énergétique et les différents services associés

---

<sup>26</sup> Le programme EcoCité a pour objectif la promotion de la croissance verte et répond donc à ce second objectif.

(information, conseils, financement, maîtrise d'œuvre, suivi, évaluation...) d'une part et par les économies réelles de dépenses énergétiques dans le budget des agents économiques d'autre part.

La réflexion sur les *smart grids* à l'échelle locale ne peut pas être séparée d'une **planification énergétique locale** qui précise la stratégie mise en œuvre à l'échelle locale pour maximiser la création de valeur locale (laquelle devrait être définie dans les PCET).

Cette stratégie est évidemment doublement contrainte : par les moyens financiers et les ressources humaines disponibles d'une part et par les contraintes d'une optimisation énergétique aux échelles supérieures, régionale et nationale, d'autre part.

La recherche doit viser à définir les conditions qui peuvent maximiser la valeur générée localement par une stratégie énergétique dont font bien évidemment partie les *smart grids*.

### **3.2. Les techniques liées aux réseaux intelligents**

Les systèmes à optimiser comprennent de très nombreuses techniques qui permettent le pilotage des installations, le stockage, le délestage, l'économie d'énergie ou la MDE, l'intégration des systèmes de production décentralisée.

L'élément le plus connu des *smart grids* concerne le monitoring des installations.

#### **3.2.1. La gestion de l'information**

##### **- Le monitoring :**

Le cœur des projets de *smart grids* est le pilotage des installations, lequel doit permettre l'optimisation des systèmes techniques installés au regard des objectifs définis. Ce sont les systèmes d'intégration de l'information, de traitement puis d'exploitation et d'utilisation de l'information. Ces systèmes de pilotage doivent remonter l'ensemble des informations sur les équipements et les besoins des consommateurs, les informations étant à la fois techniques, économiques et comportementales.

Tous les démonstrateurs travaillent sur cet élément essentiel qui définira les modèles d'affaires et la rentabilité des systèmes. Les territoires et les habitants ne sont réellement qu'un maillon de la chaîne.

##### ***Le projet Réflexe à Nice:***

*Le projet «Réponse de flexibilité électrique» trouve son fondement dans l'objectif croisé de développement des réseaux intelligents et de réduction de la consommation énergétique. Un consortium, composé de **Veolia environnement** (qui intervient via sa filiale Dalkia), Alstom et Sagemcom, fournit un ensemble de solutions pour répondre à ces objectifs.*

*Veolia est l'intégrateur de cette expérimentation du « smart grid » qui se déroule à Nice.*

*Dalkia : gestion du centre d'agrégation et des questions énergétiques*

*Alstom : logiciels d'agrégation et solutions stockage/production d'énergie*

*Sagemcom : équipements de concentration des données, système technique de gestion des services de communication.*

- **Les compteurs intelligents :**

Ce sont les éléments les plus popularisés auprès du grand public et qui sont évidemment indispensables pour rapporter l'information de base auprès de la centrale de pilotage. Les débats portent sur le contenu de ces compteurs et sur la possibilité ou non de fournir des informations dans les deux sens : de l'utilisateur à la centrale de pilotage **et** du compteur vers l'utilisateur. Le premier volet est largement privilégié.

*Le compteur Linky est le compteur qui doit être installé partout en France. Largement connu, il demande un programme d'investissement (achat et pose des compteurs) estimé à 4,3 milliards €. Les principaux résultats attendus sont la réduction de 2/3 des pertes techniques et de la fraude et de 1/3 des petites interventions sur site. Pour les usagers l'intérêt est la connaissance en temps réel de leurs consommations et des délais plus courts en cas de panne.*

*En Italie, le déploiement de 32 millions de compteurs intelligents encouragerait 57 % des clients à changer leur comportement : 29,3 % en décalant l'usage de leurs équipements domestiques en soirée, 11,9 % en évitant d'utiliser simultanément plusieurs équipements électriques, 7,5 % en éteignant les équipements au lieu de les laisser en veille et 6,6 % en utilisant moins d'équipements blancs (projet Telegestore)<sup>27</sup>.*

**La politique allemande** diffère largement de la stratégie française. Beaucoup plus libérale, la politique outre-rhin estime que le déploiement des compteurs intelligents doit être un choix fait par le consommateur à partir du seul signal prix. Les compteurs intelligents (d'un coût de 100 à 200 €) ne seront déployés que pour des consommations électriques supérieures à 6 000 kWh par an<sup>28</sup>, sachant que le chauffage électrique n'existe quasiment pas en Allemagne, ou pour des productions d'énergies renouvelables supérieures à 7 kW, représentant au total 10 à 15 % de la pointe. **En Allemagne les compteurs intelligents seront donc très peu présents dans le secteur résidentiel.**

- **Un système d'alerte**

Les compteurs intelligents pourraient aussi comprendre un certain nombre de services, tels que les systèmes d'alerte (existants pour l'eau et envoyés par SMS ou sur ordinateur, ces services étant payants) mais aussi les conseils et l'assistance. Ces nouveaux services seront généralement facturés aux usagers finaux.

*Grenoble Habitat teste dans quinze foyers grenoblois une « box-énergie » qui permet de faire communiquer des appareils (sondes, prises intelligentes, capteurs de température et d'humidité, thermostats communicants) avec la box Internet (projet conjoint Gaz Electricité de Grenoble et Ijenko).*

### **3.2.2. Les techniques visant l'effacement**

L'effacement de la pointe électrique (réduction de la demande) et, sans doute, l'optimisation de la production vont jouer avec l'usage de capacités de stockage et de délestage, lesquelles seront installées chez l'utilisateur final.

---

<sup>27</sup> JRC Reference reports, *Smart Grid projects in Europe : lessons learned and current developments*, 2011

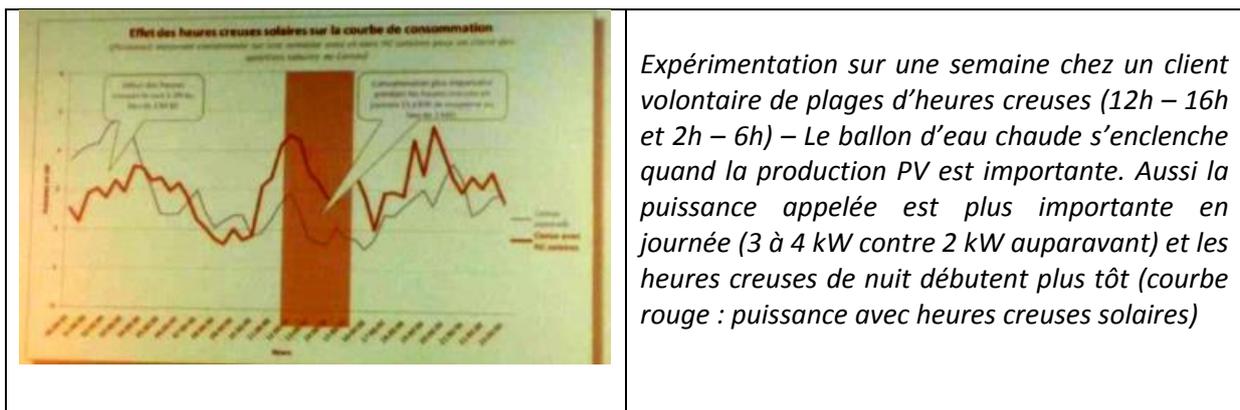
<sup>28</sup> Rappelons que la consommation d'un ménage français vivant en appartement est de 4 000 kWh par an comprenant l'électricité spécifique, la cuisson électrique et l'eau chaude sanitaire électrique ; pour un même ménage vivant en maison individuelle, la somme de ces trois usages s'élève à 5 800 kWh

- **Les capacités de stockage :**

De nombreuses techniques sont envisagées et actuellement testées pour définir leur faisabilité technique de façon massive et leur rentabilité économique. On peut citer :

- Le pilotage des chauffe-eau électriques ou électro-solaires,
- Le stockage d'eau chaude (ballon) sur des pompes à chaleur pour le chauffage (coupure des compresseurs), le stockage d'eau chaude solaire, le stockage thermique solaire ou encore le stockage de froid dans le tertiaire par chaleur latente (cf. Premio).
- Les batteries de véhicules électriques (*vehicle-to-grid* ou V2G).
- Les équipements de recharge des véhicules électriques intégrés dans les bâtiments et sur la voie publique avec un fonctionnement optimisé grâce à des solutions de stockage (cf. IssyGrid®).
- La batterie communautaire (ex : accumulateur de stockage de 25 kW, cf. Southern California Edison) ou permettant de moduler l'approvisionnement électrique avec une centrale photovoltaïque (cf. Schneider Electric et syndicat d'électrification du Morbihan)

**Expérimentation Heures creuses solaires (projet REFLEXE)**



- **Les équipements délestables :**

Il s'agit de permettre l'arrêt de certains équipements pendant un certain laps de temps ou le passage de relais de l'énergie électrique vers une autre énergie :

- Thermostats de chauffage programmables à distance, programmation des radiateurs électriques pour réduire la consommation pendant les phases d'alerte.
- Optimisation du chauffage et de la ventilation selon l'occupation (en fonction des capteurs de CO<sub>2</sub>) et de l'éclairage (capteurs CO<sub>2</sub> et gestion des volets roulants). (Cf. programme HOMES 2008-2012 piloté par Schneider Electric et soutenu par OSEO).
- Systèmes combinés poêles à bois / convecteurs électriques avec délestage des convecteurs en période d'alerte.
- Commande ou pilotage à distance (à la place des ménages) des appareils électroménagers : prises communicantes pour suivre et piloter les équipements à distance et supprimer les veilles : réfrigérateur, poste de télévision, informatique, remplissage optimisé des machines à laver... (cf. projet IssyGrid®).

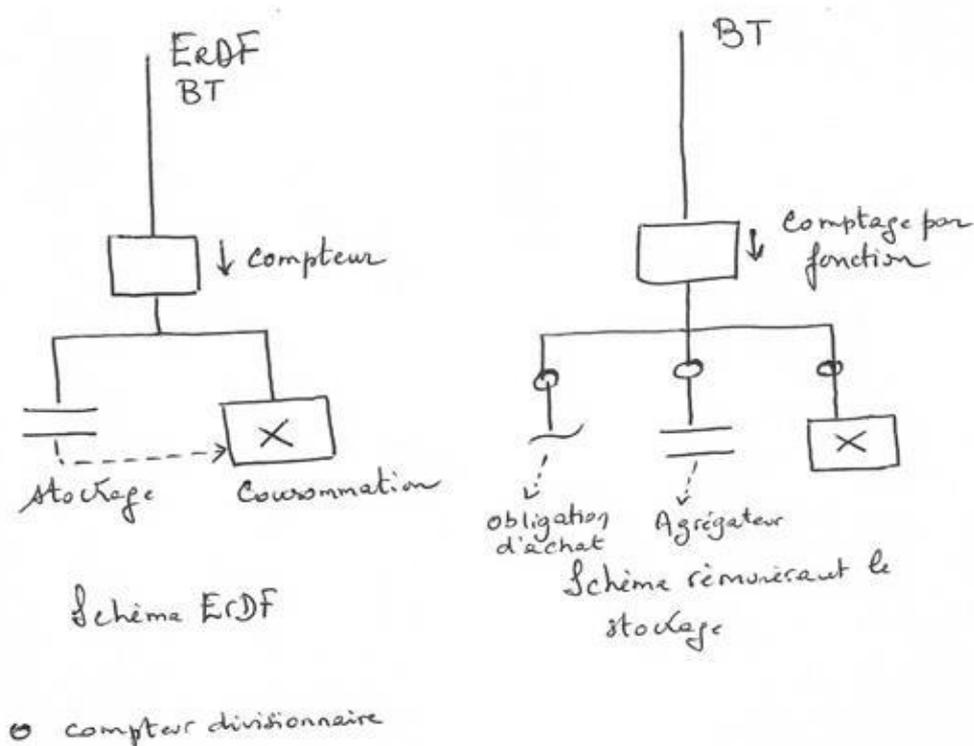
- Recharge des véhicules électriques.
- Pilotage des chauffe-eau électriques ou électro-solaires.
- Limitation de la puissance consommée maximale avec régulation dans le temps de la consommation d'énergie des équipements électriques du bâtiment.

Ces systèmes de stockage et de délestage chez le consommateur final créent de la valeur liée à la réduction de la demande lors de faiblesse de l'outil de production.

On remarquera toutefois que l'installation d'équipements de stockage et de délestage chez le particulier se fera principalement par des équipements achetés par les particuliers alors que l'essentiel de la valeur créée se fera au profit des distributeurs d'énergie, le stockage permettant de retarder les investissements de production.

Didier Lafaille, chef du département technique à la CRE suggère de s'interroger sur les modalités de partage de la valeur comme le montre le schéma ci-après.

#### Equipement délestable et partage de la valeur



### 3.2.3. La production d'électricité renouvelable

Les engagements de la France entraînent le développement des énergies renouvelables qui doivent satisfaire 23 % de la demande d'électricité en 2020, à la demande de la Commission Européenne (directive ENR 2009/28/CE d'avril 2009). La part des EnR était en France de 16,4 % en 2012.

L'augmentation de la part des EnR va s'orienter vers des productions massives (champ d'éoliennes off-shore par exemple) et une multiplicité d'actions diffuses et de petite taille. Ces productions locales vont être réalisées par des panneaux photovoltaïques, des capteurs solaires thermiques à haute température, des pompes à chaleur haute température associés à des capteurs solaires pour produire l'eau chaude sanitaire (avec stockage de l'eau à température toujours supérieure à la température réglementaire, cf. Premio, projet Giordano).

Les projets de cogénération ou de microcogénération gaz (avec éventuellement des gaz issus de ressources renouvelables ou décarbonées) font aussi partie de la panoplie des productions locales pouvant mettre de la production électrique sur le réseau (cf. paragraphe sur les « *smart gas grids* »).

***Le projet Multisol : optimiser les flux électriques dans un bâtiment photovoltaïque***

*De mars 2006 à mars 2009 le projet Multisol, financé par l'ANR, a eu pour objectif de gérer les différentes sources d'énergie électrique (photovoltaïque, batterie, groupe électrogène, réseau électrique, etc.) dans les bâtiments et les logements, suivant des critères écologiques et économiques et en respectant le confort pour l'utilisateur.*

*Le projet Multisol, coordonné par le CEA-INES et réunissant ARMINES, le G2E-lab, le G-SCOP et Schneider Electric, a permis une utilisation plus efficace des installations photovoltaïques ou hybrides avec groupe électrogène, lesquelles peuvent devenir fréquentes dans les DOM TOM, les pays en voie de développement et aux Etats-Unis. A plus long terme en Europe, ce système sera avantageux économiquement pour le producteur (baisse des charges électriques) et pour les compagnies d'électricité qui disposeront de clients ayant des profils de charge maîtrisés.*

**La maîtrise de la consommation d'énergie (et notamment d'électricité)**

Il s'agit de la première source de réduction de la demande d'électricité et notamment de la demande de pointe.

Si l'on regarde la consommation d'électricité des bâtiments (ménages et secteur tertiaire), il apparaît que le chauffage électrique est responsable d'une consommation de 60 à 70 TWh, soit 13 à 14 % de la consommation totale d'électricité. Mais ce même chauffage électrique peut appeler, lors des pointes d'hiver, de 30 à 40 GW supplémentaires par rapport à une demande de base (toute l'année) qui est de l'ordre de 60 GW.

A l'échelle des territoires, en France, il est indispensable d'élaborer une planification énergétique qui tienne compte de la part excessive du chauffage électrique dans la satisfaction des besoins de chauffage des bâtiments.

- Le développement des énergies de substitution ou complémentaires, notamment renouvelables est à encourager : appareils de chauffage au bois, solaire thermique, géothermie...

***Le projet EnR Pool, financé par l'Ademe***

*Ce projet, piloté par Energy Pool sur le site de Savoie Technolac, a pour objectif de favoriser le développement des EnR grâce à la mobilisation participative de la consommation énergétique d'industriels à très forte consommation. Il regroupe Schneider Electric et les équipes du CEA à l'INES et est cofinancé par l'Ademe (1,1 million d'euros sur 2,3).*

- Un deuxième élément tout aussi important est la maîtrise de l'énergie avec les travaux d'isolation thermique qui contribuent à réduire la demande de chauffage.

- La maîtrise de la demande d'électricité peut aussi passer par des comportements plus économes de la part des usagers, que ce soit pour le chauffage ou pour les autres usages de l'électricité.

- La croissance de la consommation d'électricité spécifique, même si elle n'est pas forcément en pointe, est également un élément à maîtriser. Les équipements audiovisuels et informatiques ont des consommations unitaires qui tendent à baisser mais ce mouvement est contrebalancé par la multiplication des appareils (un téléviseur avec une seule prise électrique est aujourd'hui remplacé par différents appareils – ordinateur, télévision, satellite, décodeur – exigeant chacun un point de consommation...).

### **Le projet EcoHome : Eco-conception du Home Network**

*Ce projet porte sur la réduction de la consommation électrique des équipements-réseau domestiques et a pour objectif de réduire de plus de 70 % la consommation électrique des équipements tels que les passerelles résidentielles, les « set-top-box », les prises Courant Porteur en Ligne (CPL) et les « WiFi extender ».*

*Porté par Sagem et rassemblant France Télécom R&D, STE ST, Spidcom, Comsis, Utrema, Docea, CEA Leti, INRIA, et ETIS, ce projet a un budget de 12 millions d'euros.*

### **Les projets « Smart electric Lyon » et Watt & Moi à Lyon**

*Le projet « Smart electric Lyon », piloté par EDF et regroupant une quarantaine de partenaires (producteurs d'électricité, distributeurs, fabricants de produits électroménagers), a commencé en 2012 et vise à **sensibiliser le consommateur aux enjeux de la MDE**. Il concerne 20 000 clients équipés du compteur Linky sur différentes communes du Grand Lyon. La quantité de données recueillies doit assurer la fiabilité statistique des enseignements.*

*Le projet « Watt & Moi », mené conjointement par ErDF et Grand Lyon Habitat (environ un millier de locataires équipés), vise à **expérimenter un dispositif pédagogique expérimental autour des données de consommation Linky**. Il s'agit d'un site Internet sécurisé donnant accès aux données de consommation électrique (affichages, historiques) et à des éléments pédagogiques (courbes mensuelles des consommations, comparaisons simples, conseils de Grand Lyon Habitat sur les gestes écologiques, etc.). La compréhension du site, l'intérêt des locataires pour le site et ses fonctionnalités ainsi que son impact sur les comportements (consommations d'électricité) seront analysés.*

- Pour les collectivités, on mentionnera aussi le pilotage de l'éclairage public : pilotage individuel des candélabres, adaptation de l'éclairage au trafic routier (cf. IssyGrid®), lampes de type LED sur lampadaires plus directionnels (cf. Premio).

### **3.2.4. La place des véhicules électriques**

Le programme national (Borloo, 2009) avait un objectif très ambitieux de 2 millions de véhicules électriques et hybrides<sup>29</sup> avec un réseau de 900 000 points de recharge privés et 75 000 points de recharge publics dès 2015 (respectivement 4 millions et 400 000 points en 2020 pour un investissement de 4,7 milliards €). Ce programme ne sera évidemment pas réalisé. Toutefois, il est attendu un réel développement de ces véhicules électriques et hybrides que le récent plan du gouvernement (juillet 2012) va encourager (avec des primes à l'achat représentant grosso modo la moitié du prix de la batterie). Il faut en effet noter que le coût de la batterie peut représenter jusqu'à 50 % du coût du véhicule<sup>30</sup>. Les constructeurs sont à la recherche de solutions qui minimisent ce coût.

Plusieurs projets cherchent à utiliser la batterie comme un moyen de stockage de l'électricité pouvant offrir de l'électricité de pointe (nationale ou locale) en participant à l'effacement diffus. La batterie peut aussi aider à maintenir la tension sur le réseau électrique. Enfin, elle peut améliorer la

---

<sup>29</sup> Les Etats-Unis se sont fixé pour objectif d'avoir un million de véhicules électriques et hybrides sur leurs routes d'ici le milieu des années 2020...

<sup>30</sup> Le prix moyen d'une batterie de voiture électrique est exprimé en \$ par Watt-heure de capacité. Ce prix a diminué de 14 % pour atteindre 0,589 dollar par Watt-heure au premier trimestre 2012, alors que la capacité de production a dépassé la demande (Source : actualités@environnement, 18 avril 2012). Une batterie de 25 kWh revient à environ 14 000 \$ pour une voiture disposant d'une autonomie de 200 kilomètres. Il faut compter dans les 6 000 dollars pour les batteries électriques compatibles avec les voitures hybrides.

gestion locale de l'intermittence en stockant / déstockant de l'énergie. Les automobilistes seraient rémunérés sur ces services rendus au réseau électrique appelé *vehicle-to-grid* ou V2G. Il en serait de même avec le service *vehicle-to-home* ou V2H qui consiste à utiliser la capacité de stockage des batteries pour moduler la consommation électrique domestique.

De nombreuses interrogations demeurent sur ces pratiques :

- L'usure des batteries,
- Le coût des pertes d'énergie des batteries lors des charges et décharges (liées à l'échauffement des batteries),
- Le coût de la non-disponibilité du véhicule pendant la fourniture des services,
- Les gains et les coûts réels pour les réseaux électriques.

### **Le projet MOVE IN PURE**

*L'objectif de ce projet coordonné par la Compagnie Nationale du Rhône est de valoriser la production d'électricité renouvelable intermittente mais prévisible (ici à partir de production hydroélectrique) et les besoins de recharge des véhicules. Il est en effet important d'optimiser la charge des véhicules électriques dans le temps en évitant les périodes de pointe et en privilégiant les heures de forte production d'électricité renouvelable.*

### **3.2.5. L'optimisation territoriale**

De nombreux projets du programme EcoCité recherchent cette optimisation territoriale.

La plupart des projets cherchent à expérimenter une ou plusieurs solutions techniques en relation avec un pôle de pilotage et un suivi des usagers. Quelques projets démonstrateurs se portent directement à l'échelle du quartier ou du territoire pour tester ces outils.

#### **Le projet Greenlys à Lyon et Grenoble**

*Le projet Greenlys (retenu dans le cadre du premier programme « Investissements d'avenir »<sup>31</sup>) est piloté par ErDF et réunit Schneider Electric, INP-Grenoble, GDF-SUEZ et Electricité de Grenoble avec pour objectif d'**expérimenter diverses solutions techniques** (cf. schéma page suivante).*

*Dans les 2 villes, un centre de pilotage des réseaux doit être créé grâce au compteur Linky pour 500 foyers et 20 sites professionnels (bureaux, magasins).*

*Selon les premiers résultats, les systèmes installés chez les ménages conduirait à baisser la température moyenne dans les logements de 0,2 à 0,3°C, soit une économie d'environ 2 % sur le chauffage.*

---

<sup>31</sup> Projet de 39 millions d'euros dont 9,6 financés par l'Etat



Source : Gaz Electricité de Grenoble

### **Deux projets de quartier intelligent : Issygrid et « Lyon smart community »**

*Issygrid* est un projet de construction d'un « quartier intelligent » à Issy-les-Moulineaux (92) réunissant Alstom, Bouygues Immobilier, Bouygues Telecom, EDF, ErDF, ETDE, Microsoft, Schneider Electric, Steria, Total, et 4 start-up (EMBIX, IJENKO, NAVIDIS et SEVIL), lesquels relèvent de différents champs sectoriels:

- infrastructure urbaine (ville d'Issy-les-Moulineaux, Bouygues Immobilier, ETDE),
- énergie (Alstom, EDF, ERDF, Schneider Electric, Total),
- TIC (Bouygues Telecom, Microsoft, Steria).

Ce projet de développement du « premier réseau de quartier intelligent »<sup>32</sup> vise à dépasser l'approche sectorielle et à mettre en place un programme systémique reposant sur :

- a) l'optimisation du réseau de distribution et de stockage d'électricité,
- b) la mise en place d'une « architecture de l'information » (gestion en temps réel, interconnexion des systèmes de gestion des bâtiments intelligents, structure de données garantissant sécurité et transparence pour l'utilisateur, échange des données entre les différents acteurs),
- c) la production décentralisée d'électricité assurée par les panneaux photovoltaïques,

<sup>32</sup> Source : Dossier de presse « Coup d'envoi opérationnel d'IssyGrid : Conférence de presse du 11 avril 2012 »

*d) des véhicules électriques (infrastructures de recharge),*

*e) un «centre d'information, d'analyse et de services du quartier» et la mise en place du système VIGIE (centre d'information collectant les données relatives à la consommation d'énergie).*

**Le projet «Lyon Smart Community »** mené sur l'écoquartier Confluence en partenariat avec le NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization, équivalent japonais de l'Ademe) et des entreprises japonaises dont Toshiba, doit permettre de tester le modèle économique d'un smart grid à l'échelle d'un quartier en intégrant :

- *la construction d'un bâtiment à énergie positive qui devra assurer la génération, le stockage et la gestion de toutes les énergies nécessaires à tous les usages,*
- *la mise en œuvre et la démonstration d'un système de gestion de l'énergie pour véhicules électriques en auto-partage (destinés aux entreprises du quartier) et chargés à l'aide de l'électricité produite par des panneaux photovoltaïques,*
- *la démonstration d'un système de suivi de la consommation domestique d'énergie pour l'électricité, le gaz et l'eau, avec une attention particulière pour la mesure détaillée de la consommation électrique.*

### **3.3. L'attitude des consommateurs**

Plusieurs projets démonstrateurs cherchent à évaluer l'attitude des consommateurs vis-à-vis de cette problématique énergétique. La difficulté principale est l'obtention d'informations à ce sujet.

En Allemagne comme aux Etats-Unis (par exemple projet d'IBM à Fayetteville dans la Caroline du Nord ou étude du Département de l'Energie américain), on estime que les *smart grids* pourraient contribuer à diminuer la facture électrique de 10 à 15 %.

Une méta-analyse menée en Allemagne sur 73 projets réalisés depuis 2005 (budgets allant de 0,2 à 25 M€) visant à installer des compteurs et plus récemment des systèmes intégrés (effacement, EnR, stockage à court terme) montre que ces projets ont un potentiel d'économie d'électricité de 20 % chez les industriels et de 5 à 10 % chez les ménages et que la rentabilité ne sera assurée que suite à une automatisation plus poussée des systèmes.

**Réduction potentielle de la consommation d'électricité et des émissions de CO<sub>2</sub> en 2030 attribuable aux *smart Grids***

<i>Technologies Mechanism Reductions in Electricity Sector Energy and CO<sub>2</sub> Emissions</i>	Direct (%)	Indirect (%)
<i>Conservation Effect of Consumer Information and Feedback Systems</i>	3	
<i>Joint Marketing of Energy Efficiency and Demand Response Programs</i>	0	
<i>Deployment of Diagnostics in Residential and Small/Medium Commercial Buildings</i>	3	
<i>Measurement &amp; Verification (M&amp;V) for Energy Efficiency Programs</i>	1	0,5
<i>Shifting Load to More Efficient Generation</i>	< 0,1	
<i>Support Additional Electric Vehicles and Plug-In Hybrid Electric Vehicles</i>	3	
<i>Conservation Voltage Reduction and Advanced Voltage Control</i>	2	
<i>Support Penetration of Renewable Wind and Solar Generation (25% renewable portfolio standard)</i>	< 0,1	5
<b>Réduction totale</b>	<b>12</b>	<b>6</b>

Source: U.S. Department of Energy, PNNL, 2010

La question est toutefois relative à l'intérêt que peuvent porter les consommateurs aux économies d'électricité. Des enquêtes auprès des consommateurs dans plusieurs pays européens (Allemagne, Suède, Royaume-Uni, Espagne) montrent qu'au-delà de l'intérêt pour l'environnement et le développement durable<sup>33</sup>, les comportements réels restent assez éloignés des intentions.

Les pratiques non « durables » seraient dues principalement aux faits suivants :

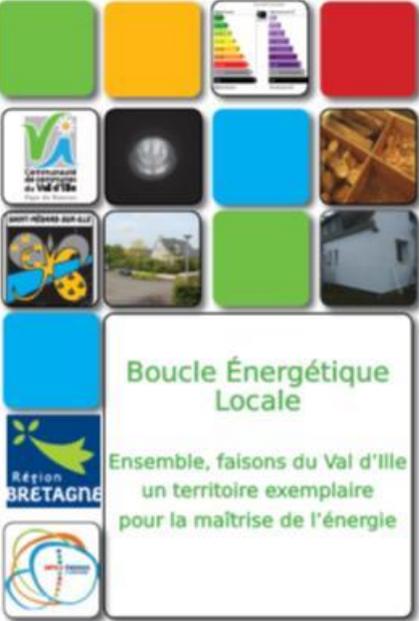
- Des circonstances « objectives » telles que le coût, les habitudes d'achat ou de confort, l'esthétique, les interactions familiales...
- La liberté individuelle de choisir,
- La minimisation de l'impact: "Why should we save energy? Why should we save about 100 Euros per year? One almost does not feel that, if it is 8 Euros per month, that gives me no reason to change my behaviour".
- Le sentiment de vivre dans une société elle-même non durable, du jetable et du non renouvelable et que les discours sur le développement durable à destination des ménages sont démagogiques...

Plusieurs projets français nous ont paru intéressants dans la mesure où ils concernent directement la relation de l'équipement électrique au particulier :

- la boucle Energétique Locale (BEL) initié par la Région Bretagne sous la forme d'un appel à projet depuis 2012
- le projet TICE-LEC
- le projet PREMIO
- le projet Grid-Teams.

<sup>33</sup> Josef Espluga et all., *Filling the gap between discourse and action: The case of domestic consumption practices*, Symposium Pachelbel I : investigating and supporting policymaking for sustainable consumption in Europe, Zurich, 18 juin 2012

### 3.3.1. La Boucle Énergétique Locale (BEL) en Bretagne

	<p><b>L'appel à projets régional Boucle Énergétique Locale</b></p> <p>Le Conseil Régional de Bretagne a lancé en 2012 un 1<sup>er</sup> appel à projets sur les Boucles Énergétiques Locales dans le cadre du pacte électrique breton, pour accompagner les territoires dans le développement d'un projet énergétique global et local, autour de trois grands axes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la maîtrise de l'énergie</li> <li>• la valorisation des énergies renouvelables</li> <li>• une meilleure adéquation entre les besoins, une fois les économies réalisées, et la production locale d'énergie (volumes, périodicités).</li> </ul> <p>Le projet déposé par la Communauté de Communes du Val d'Ille a été retenu, avec 4 autres projets (Poher Communauté, Brest Métropole Océane, Ile de Sein, Lorient Agglomération).</p> <p>Un nouvel appel à projets a été lancé en 2013 et la communauté d'agglomération de Rennes métropole a soumis une proposition. Les résultats seront connus fin 2013.</p>
---	---



### **Les enjeux sur le Val d'Ille (territoire du Pays de Rennes)**

Le Val d'Ille s'est engagé dans la Convention des Maires (objectif des 3\*20 d'ici 2020) et s'est donné comme objectif de devenir **territoire à énergie positive d'ici 2030**. Il a ainsi engagé de nombreuses actions visant l'efficacité énergétique et la production d'énergies renouvelables. Une première traduction de la politique énergie climat a été le développement de la filière bois énergie, avec la mise en place d'une plateforme de stockage et d'un service de broyage pour produire des plaquettes, en parallèle d'une action pour la préservation et la replantation de haies dans le cadre de Breizh Bocage. Une seconde traduction a été l'élaboration d'un schéma communautaire des déplacements, avec un axe fort autour du développement des modes doux.

La Communauté de Communes a une convention de partenariat avec l'Agence Locale de l'Energie et du Climat du Pays de Rennes, à travers laquelle des actions telles que la « Maîtrise de la Demande en Electricité pour l'éclairage dans les commerces » ont pu être expérimentées sur le territoire. 9 des 10 communes du Val d'Ille adhèrent au Conseil en Energie Partagé.

En 2012, le Val d'Ille a également été retenu dans le cadre du programme européen Interreg IVA pour être partenaire du projet GreenFit qui vise à améliorer l'efficacité environnementale et favoriser la production d'ENR dans les zones d'activités.

En 2013, il est prévu de réaliser une étude pré-opérationnelle OPAH (Opération Programmée de l'Amélioration de l'Habitat) et un schéma de valorisation énergétique de la biomasse avec le soutien de l'association AILE.

Il s'agit, avec le projet de développement de boucle énergétique territoriale, de donner un cadre structurant pour articuler ces différentes actions et leur donner davantage d'ampleur et de cohérence.

### **L'architecture générale du projet boucle énergétique locale**

Le projet se décline comme suit :

- Cibler 4 secteurs prioritaires et stratégiques sur notre territoire : le résidentiel, le tertiaire, l'agriculture et le patrimoine public (le secteur des transports, lui aussi prioritaire, faisant déjà l'objet d'un schéma des déplacements communautaires).
- Définir entre 5 et 10 zones de projets sur le territoire, sur la base d'une première cartographie des réseaux énergétiques locaux (a priori 5 à 6 zones résidentielles et 2 zones d'activités ; les critères de sélection sont en lien avec la RT et le type d'urbanisme, le potentiel de production d'EnR, les projets de réseaux de chaleur, la précarité énergétique, les écoquartiers, etc.). Chaque zone de projet sera équipée d'un compteur électrique spécifique, lequel permettra un suivi des consommations, productions, et des courbes de charge, à ce niveau territorial précis.
- Equiper, dans chaque zone de projet, de 10 à 15 foyers avec du matériel de suivi des consommations (et productions selon les cas ; 50 à 100 foyers en tout) (trois solutions retenues pour le suivi des consommations ; matériel WattGo, solution Ijenko et suivi énergétique Alec), et certains seront reliés à une plateforme multimédia individualisée (20 foyers en tout). Ces foyers seront accompagnés pour mettre en place des actions d'économie d'énergie, de production d'EnR, et de régulation de leurs consommations en fonction de la production locale et des pics de demande. Les données issues de l'instrumentation permettront de :
  - Elaborer des profils type de foyers et extrapoler à l'échelle du territoire l'impact des actions d'amélioration de l'efficacité énergétique qui peuvent être menées.
  - Développer ces actions d'amélioration en les ciblant selon les foyers sur le territoire (articulation avec l'étude pré-opérationnelle OPAH).

- Développer des actions et mécanismes de régulation publique.
  - Mettre en adéquation les projets de production d'EnR avec les besoins du territoire (projets en cours : plateforme biomasse, unité de production photovoltaïque au sol. Cela inclut l'éventuel développement de solutions de stockage.
- Des audits énergétiques seront proposés aux entreprises des zones de projet dans un premier temps.
  - Une étude pour le développement des EnR dans les zones d'activités sera menée en parallèle.
  - Des rencontres techniques seront proposées aux agriculteurs.
  - Dès le démarrage du projet, une démarche transversale de mobilisation et d'animation des acteurs, des usagers et des producteurs à l'échelle des zones de projets, sera mise en place : 3 rencontres sont prévues par zone de projet (animées par l'Alec).

### Le secteur résidentiel

Suite aux propositions des communes, et à l'analyse de faisabilité d'ErDF pour équiper les zones avec un compteur, les zones sélectionnées sont les suivantes :

- Saint Germain : le poste du vieux marché qui alimente une partie du centre bourg et auquel sont branchés les panneaux photovoltaïques de l'école.
- Guipel : le poste qui alimente une partie du lotissement communal construit dans les années 1970 et chauffé à l'électricité, auquel sont reliés les panneaux photovoltaïques de la salle de sport (et a priori l'unité de méthanisation située à proximité).
- La Mézière : le poste alimentant le lotissement du Glérois (post-2005).
- Saint-Médard-sur-Ille : le poste qui alimente le Clos de la Fontaine.
- Montreuil-le-Gast : le poste qui alimente la Bécherie (habitat rural diffus et exploitation agricole).
- Melesse : le centre bourg de Melesse (analyse sans instrumentation préalable) ainsi qu'un collectif social en partenariat avec Habitat 35.

### Les solutions retenues :

- **IJENKO** : Solution de Gestion de l'Energie Résidentielle et Efficacité Energétique

Un outil en ligne et des interfaces (tablette, mobile, ...) et des appareils de mesure permettent au consommateur de suivre et d'analyser sa production et sa consommation en énergie (kWh) et en équivalent CO<sub>2</sub>.



- **WattGo** – Institut Européen d’Etudes de la Consommation Electrique

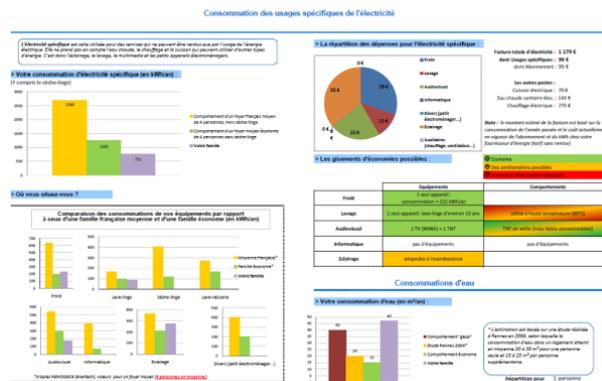
Un capteur de mesure et un questionnaire sur les habitudes de consommation et les équipements des ménages sont utilisés pour connaître la consommation électrique des ménages.

Un espace en ligne permet de visualiser ces consommations.



- **ALEC du Pays de Rennes :**

Un suivi, une instrumentation et la définition d’un profil énergétique seront effectués : visite au domicile (analyse des factures, instrumentation et mesure de consommation des appareils électriques, etc.), accompagnement pédagogique et définition des gestes à faire et réalisation d’un rapport de synthèse.



**Le calendrier**

- Mars 2013 : Sélection des zones de projet, Sélection des prestataires lots 1 et 2 (instrumentation des foyers), Réunion de lancement. Instrumentation des zones par ErDF
- Juin-Juillet : 1 rencontre par zone, instrumentation des foyers volontaires et début de l'accompagnement (déterminer des profils énergétiques)
- Décembre 2013 : Réunion de suivi : 2<sup>ème</sup> rencontre, poursuite accompagnement (mise en place d'actions d'amélioration et de régulation)

- Printemps 2014 : Réunion de bilan 3<sup>ème</sup> rencontre, bilan
- Juin – Septembre 2014 : synthèse et réunion avec les participants

**Les partenaires du projet :** le Conseil Régional de Bretagne, l'Alec, ErDF, le SDE 35, les communes du Val d'Ille (plus particulièrement les communes de Guipel, St Germain sur Ille, St Médard sur Ille, La Mézière, Montreuil le Gast, Melesse, pressenties pour avoir des zones de projet), les prestataires sélectionnés pour l'instrumentation des foyers et Habitat 35.

### 3.3.2. Le projet TICE-LEC à Biot (06)

Lancé en octobre 2011 pour une durée d'un an, TICE LEC<sup>34</sup> est un projet de recherche visant à évaluer les barrières aux économies d'électricité et à la « *consommation durable* ». Il est co-financé par la Région PACA dans le cadre du programme AGIR et s'applique sur la commune de Biot (Sophia-Antipolis, 06)<sup>35</sup>.

Les objectifs du projet sont de :

- qualifier le rôle que peut jouer l'apport d'informations au-delà de celui fourni par le compteur général, sur la maîtrise de la consommation d'électricité,
- étudier le rôle des attitudes déclarées et de l'influence sociale,
- déterminer si une solution TIC peut permettre une modification durable des comportements,
- communiquer les résultats de l'expérimentation, laquelle est reproductible.

La maîtrise de la consommation résidentielle d'électricité par les ménages se heurte à plusieurs types d'obstacles parmi lesquels figurent le manque d'information qu'ont les ménages sur leur propre consommation, les habitudes et l'environnement social.

La principale question que pose ce projet est celle du rôle joué par l'apport d'une information sur mesure au ménage pour la maîtrise de sa consommation d'électricité.

5 000 ménages ont reçu un prospectus en mars - avril 2011 à l'occasion de la journée du développement durable et 165 ont répondu. Deux questionnaires leur ont alors été envoyés. 110 ménages ont répondu à ces deux questionnaires et ont été divisés en 2 groupes :

- un groupe étalon SE1 sans aucun équipement,
- un groupe SE2 équipé d'un « *pack home energy* » (fourni par la société Ubinode<sup>36</sup>) lui permettant de suivre sa consommation globale et de « *smart plugs* » (prises permettant de mesurer les consommations d'électricité de certains équipements). Ce groupe est par ailleurs informé de la moyenne des consommations. Cependant il n'y a aucun *coaching*, l'objectif étant de voir comment ces ménages réagissent « spontanément » par une mise à disposition d'information.

En parallèle, de nombreux articles de presse du CNRS et de l'OFCE (Observatoire Français des Conjonctures Economiques)<sup>37</sup>, des communiqués dans la presse locale et sur les supports de la

<sup>34</sup> Nathalie LAZARIC : [nathalie.lazaric@gredeg.cnrs.fr](mailto:nathalie.lazaric@gredeg.cnrs.fr), in Les technologies de l'information pour une consommation énergétique responsable, mai 2013 et entretiens personnels

<sup>35</sup> Biot est une des communes sur lesquelles est installée la technopole de Sophia-Antipolis.

<sup>36</sup> *Start up* spécialisée dans la création de logiciels de gestion de réseaux de capteurs pour la performance énergétique

<sup>37</sup> Centre de recherche en économie de Sciences Po dont la mission est de « *mettre au service du débat public en économie les fruits de la rigueur scientifique et de l'indépendance universitaire* »

municipalité présentent et valorisent l'opération. De même des rencontres régulières sont organisées par la municipalité et doivent donner lieu à un « *blog* » permettant de partager les expériences des foyers testés.

Cette démarche repose sur la responsabilisation du consommateur. Elle est uniquement volontaire. Les moyens de la connaissance des consommations sont proposés aux ménages qui sont libres de les utiliser ou pas et qui décident seuls des solutions ou actions à mettre en œuvre.

Les ménages retenus sont tous volontaires et la recherche n'a pas cherché à discriminer la population retenue. Le choix des groupes étalon ou équipés a davantage dépendu des caractéristiques des logements que des ménages. Notons aussi que ces ménages disposent de revenus supérieurs à la moyenne nationale et ont des niveaux de formation également plus élevés.

Le projet a eu un impact perceptible sur le changement des pratiques de consommation énergétique, par exemple avec l'adoption plus importante de lampes basse consommation ainsi que le fait d'éteindre plus systématiquement la lumière dans les pièces non occupées ou encore une diminution des décisions d'achat de nouveaux appareils électroménagers même si l'achat de ce type d'appareil faisait partie des intentions des ménages.

Sur un échantillon de 80 ménages, la pénétration des lampes basse consommation passe en moyenne de 7,9 ampoules par ménages avant TICELEC à 10,2 ampoules après TICELEC. De même, avant TICELEC, 51 % des ménages fermaient systématiquement la lumière dans les pièces inoccupées. Ce pourcentage passe à 84 % après TICELEC.

La recherche fait apparaître une différence de consommation de 531 kWh par ménage entre les deux groupes soit 27 % de la consommation. L'apport d'information permet une acquisition de plus de connaissances sur les postes de consommation d'énergie et d'agir en conséquence.

Les ménages équipés ont également plus changé leurs pratiques énergétiques (respectivement 20 % et 10 % de chaque groupe). Dans ce changement de pratiques, la recherche a constaté sur un an une diminution de l'achat des appareils électroménagers.

La principale motivation des ménages est financière. L'attente des ménages réside plus dans une incitation financière récompensant leur contribution en matière d'économie (84 % des ménages interrogés souhaitent un système de récompense (bonus-malus) plutôt qu'un prix de l'électricité plus élevé).

L'impact peut-être le plus important du projet TICELEC est d'avoir montré la pertinence des travaux de recherche entrepris par la société Ubinode. Cette société et son partenaire industriel *GreenCom Networks* ont, à la suite de ce projet, élargi le champ d'application du suivi énergétique pour inclure la gestion d'éléments de production (panneaux solaires, chaudières de cogénération, etc.) et ou de consommation (pompes à chaleur) distribués.

### 3.3.3. Le projet PREMIO

Il s'agit du premier projet de terrain mené en France (lancé en 2008, il s'est terminé fin décembre 2012).

Porté par le pôle de compétitivité CAPENERGIES (Aix-en-Provence), ce projet consiste à **expérimenter sur 3 territoires** (Lambesc, Gardanne et Fréjus), auprès de particuliers, commerces & bureaux ainsi que de bâtiments communaux, **des technologies visant à répondre à la problématique de la pointe d'électricité en PACA**. Le projet consiste en une plateforme centrale de pilotage gérant, sur la base «d'alertes» la production décentralisée d'ENR, des solutions de (dé)stockage de l'énergie et d'effacement.

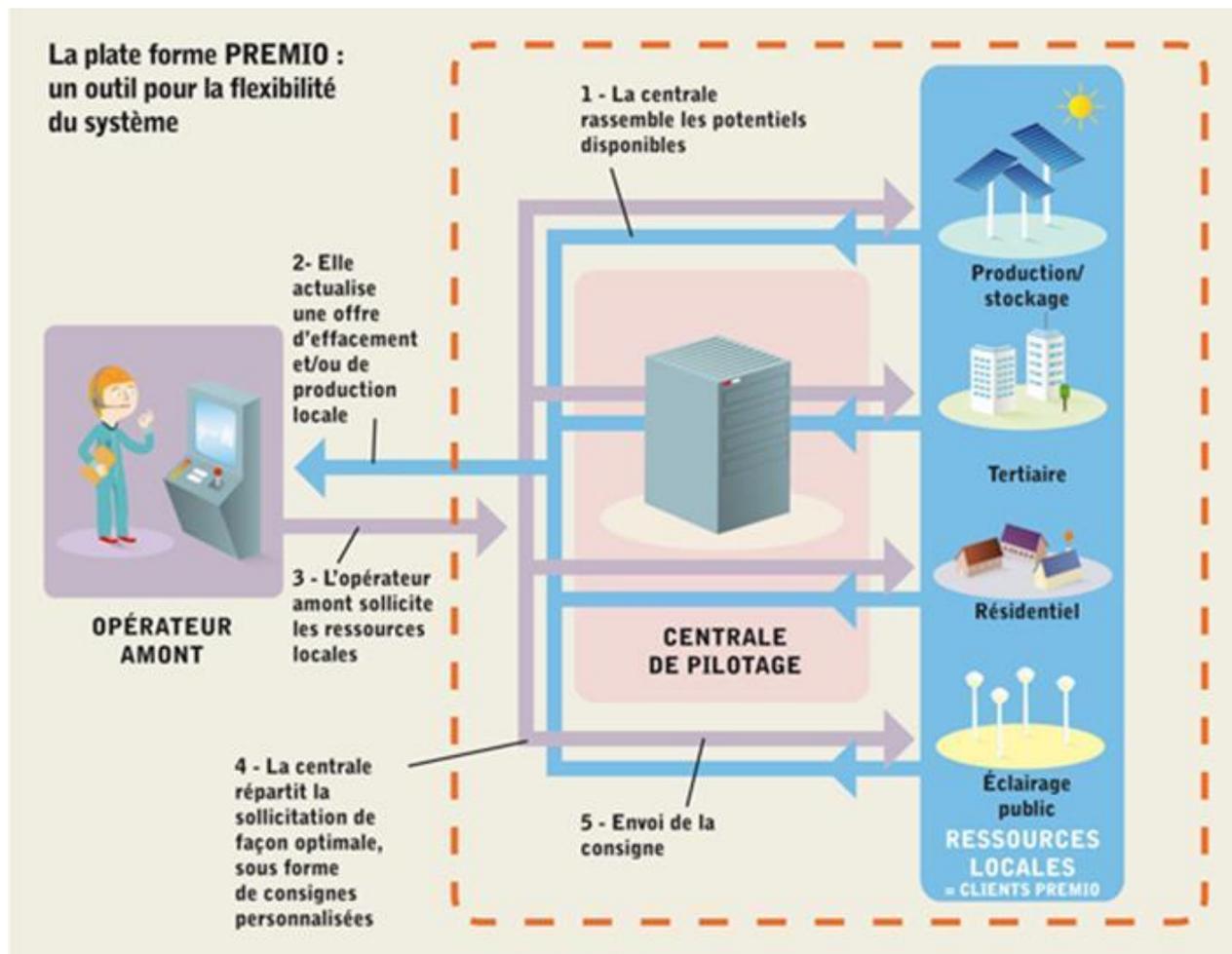
Le projet a été financé à 50 % par le Conseil Régional PACA (dans le cadre du programme AGIR).

Les partenaires techniques (chacune des expérimentations est portée par un organisme) sont Wateco pour l'éclairage public et l'effacement de charge pour les particuliers, EDF pour l'effacement de charge pour les particuliers, les commerces et les écoles, le stockage électrique & solaire photovoltaïque et le stockage d'eau chaude sur pompe à chaleur, Cristopia pour le stockage de froid dans le tertiaire, Giordano pour le stockage d'eau chaude solaire, SAED pour la production sur stockage thermique solaire et ARMINES pour réaliser des simulations informatiques de PREMIO avant son implantation à Lambesc.

Le projet PREMIO est conçu autour d'une plateforme de pilotage dont l'objectif est de maîtriser la demande d'énergie (MDE) lors des pointes de consommation d'électricité grâce :

- au pilotage de l'ensemble des 9 expérimentations locales de production locale d'EnR, de (dé)stockage d'énergie et d'effacement de la consommation ;
- au rôle d'interface entre ces solutions locales de production (ou d'effacement) et les éventuels besoins d'un opérateur (gestionnaire de réseau par exemple). Lorsque qu'un opérateur a besoin de faire appel à des ressources locales pour réaliser son activité il connaît ce besoin, dans la majorité des cas, la veille pour le lendemain (par exemple le gestionnaire de réseau peut avoir besoin de diminuer la consommation à un endroit du réseau, trop "chargé" ou sollicité).

La centrale de pilotage reçoit des alertes et envoie des consignes: l'opérateur enverra alors une demande («alerte») à la centrale de pilotage qui la communiquera avec les différentes installations qu'elle peut piloter afin de connaître leurs possibilités de production, d'effacement ou de déstockage au moment prévu de l'alerte, le lendemain.



Source [www.projetpremio.fr](http://www.projetpremio.fr)

## Les expérimentations

36 unités (foyers domestiques, écoles, petits commerces, ...) ont été équipées soit 9 % des habitants de Lambesc. La puissance pilotable varie entre 0,42 et 0,69 % de la puissance maximum enregistrée au poste qui alimente Lambesc (21 000 kW).

### Les différentes expérimentations du projet PREMIO

Expérimentations	Partenaire	Participants	Nombre d'installations	Puissance pilotable pointe kW (été/hiver)	Puissance nominale en kW
<a href="#">Pilotage de l'éclairage public</a>	Watteco	Collectivité	9	0,34	0,45
<a href="#">Effacement de charge</a>	Watteco	Particuliers, résidentiel	5	0/7	28
<a href="#">Effacement de charge</a>	EDF	Particuliers, commerces, écoles	12	6/36	329
<a href="#">Stockage électrique &amp; solaire photovoltaïque</a>	EDF	Particuliers, réseau	23	12,6	12,6
<a href="#">Stockage d'eau chaude sur Pompe à Chaleur</a>	EDF	Particuliers	6	0/12	24
<a href="#">Stockage de froid dans le tertiaire</a>	Cristopia	Bureaux	1	70/0	70
<a href="#">Stockage d'eau chaude solaire</a>	Giordano	Résidentiel collectif	1	8	8
<a href="#">Production sur stockage thermique solaire</a>	SAED	Bâtiment	1	5	5

Source : [www.projetpremio.fr](http://www.projetpremio.fr)

**Les principes de fonctionnement**

	<b>Mode normal</b>	<b>Mode alerte PREMIO</b>
<b>Expérimentations visant à produire de l'électricité à partir d'une source renouvelable</b>		
SAED	Un parc de capteurs solaires thermiques permet de chauffer un fluide. Cette énergie thermique permet d'actionner une turbine qui produit de l'électricité.	Les ballons de stockage sont chauffés et produisent de l'électricité à une période choisie en fonction d'une alerte PREMIO
<b>Expérimentations visant le stockage/déstockage d'énergie</b>		
<a href="#">EDF / ballons de stockage sur Pompes à Chaleur (PAC)</a>	La PAC distribue de l'Eau Chaude au système de chauffage via le ballon de plusieurs stockages.	Les compresseurs sont coupés (pas de consommation d'électricité) la chaleur est fournie par le ballon
EDF / Microscope	Plusieurs batteries se rechargent en heures creuses et réinjectent du courant dans le réseau en heures pleines. Le champ photovoltaïque compense les pertes de stockage.	Les phases de consommation et de production sont contrôlées par la centrale PREMIO.
Cristopia / Stockage de froid	Le stockage de froid en heures creuses par chaleur latente permet une réduction de la puissance utilisée pendant la période de climatisation.	Un signal d'alerte permet de commander le stockage en fonction de contraintes extérieures. Les compresseurs sont coupés
<b>Expérimentations visant l'effacement de la consommation lors des périodes de pointe</b>		
<a href="#">Watteco / Eclairage public</a>	Des lampadaires plus directionnels sont équipés de 26 LEDS et font passer la consommation de 70 à 26W.	Effacement de la charge : seule une partie des LEDS est allumée.
<a href="#">Watteco / PULSSI</a>	Programmation des radiateurs électriques en fonction des besoins du résident.	Effacement de charge : le pilotage des radiateurs est modifié pour réduire la consommation le temps de l'alerte. Le participant peut refuser de s'effacer.
<a href="#">Giordano / Solar Pump</a>	La solar pump (ou HelioPAC) est un système hybride utilisant des PAC haute température et des capteurs solaires pour produire de l'eau chaude sanitaire.	Des ballons de stockage permettent d'éteindre la PAC et ses compresseurs lors des alertes tout en conservant une température réglementaire.
Supra / Bois énergie	Chauffage bois granulé	Lorsqu'un pic d'électricité est détecté sur le réseau par la centrale, un signal est envoyé à l'optilesteur qui transmet l'information de couper les convecteurs et d'allumer le poêle.
EDF / Optilesteur	Limite de la puissance consommée sous un seuil fixé en régulant dans le temps la consommation d'énergie des équipements électriques du foyer/bâtiment.	Effacement de charge: le seuil de puissance est modifié pour réduire la consommation le temps de l'alerte. Le participant peut refuser de s'effacer.

Source : [www.projetpremio.fr](http://www.projetpremio.fr)

Stockage du froid : 1 système installé sur un bâtiment tertiaire à Gardanne

Il s'agit de stocker du froid la nuit pendant les heures creuses électriques et le restituer la journée avec la possibilité d'arrêter le groupe frigorifique pendant les périodes de pointe (stratégie d'effacement). Le stockage latent (par Matériaux à changement de phase) permet de lisser la production de froid sur 24h et de diminuer ainsi de plus de 45 % la puissance électrique de l'installation.

Un système de régulation et de supervision intelligent "cristo'control2" permet de piloter l'installation complète et de répondre aux alertes MDE.

Besoins frigorifiques maximum : 350 kW

Puissance du groupe frigorifique : 190 kW (soit une réduction de 45 %)

Volume du stockage latent : 20 m<sup>3</sup>

Energie stockée chaque jour: 1 100 kWh

**Equipement pour le stockage latent du froid**



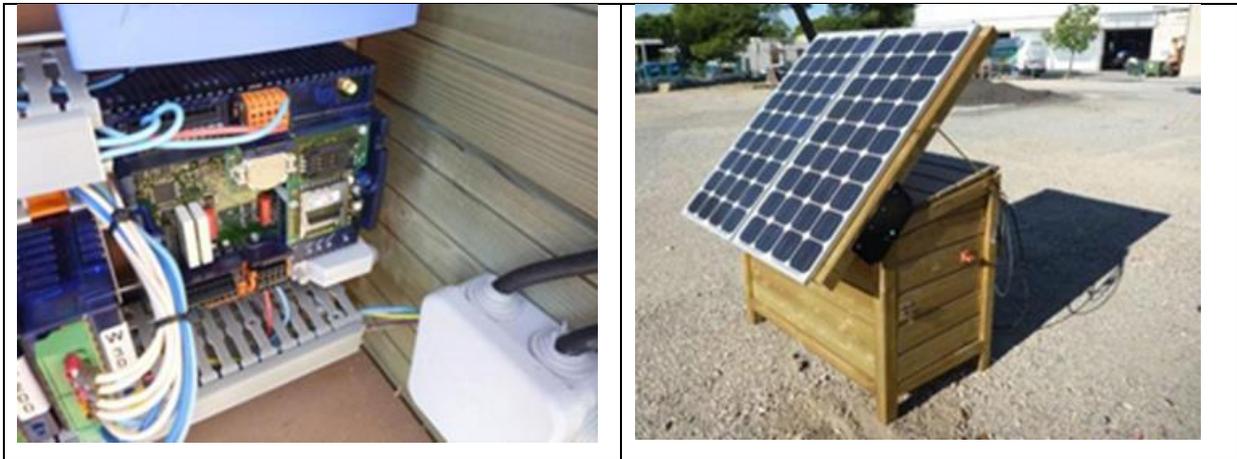
Source : [www.projetpremio.fr](http://www.projetpremio.fr)

Technique d'effacement avec Microscope : 23 systèmes répartis sur 9 sites (4 tertiaires et 5 résidentiels)

Microscope est un équipement comportant 4 batteries connectées au réseau électrique. Le système permet de stocker de l'énergie électrique et de la restituer durant les périodes critiques. La capacité de stockage permet de répondre à 3 fonctions :

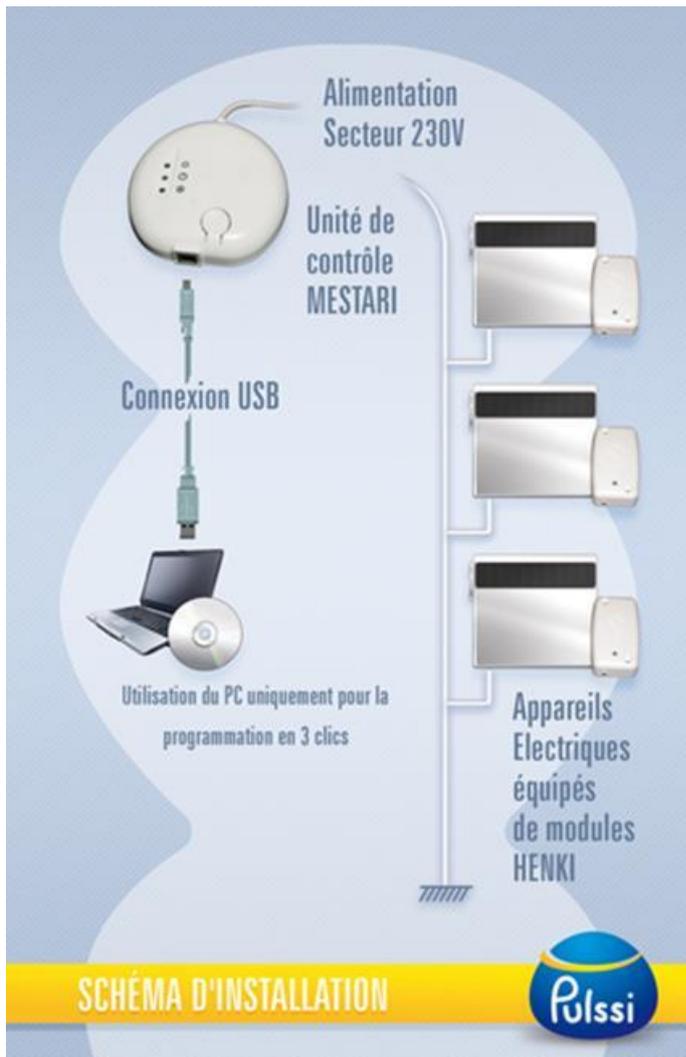
- une décharge commandée à distance pour injecter localement de l'énergie électrique sur le réseau durant les périodes critiques.
- une aide à la régulation de la tension sur le réseau permettant notamment une amélioration de l'intégration de la production décentralisée intermittente (ex : photovoltaïque) sur le réseau électrique
- une charge / décharge à horaires fixes permettant de répondre aux pointes quotidiennes de consommation (capacité du système : 4 kWh).

### L'équipement Microscope



Source : [www.projetpremio.fr](http://www.projetpremio.fr)

Système Pulssi : 5 systèmes installés à Lambesc



**Le système Pulssi**

Des charges électriques de la maison (convecteurs) sont délestées pendant les périodes critiques, grâce à la technologie WPCTM (courant porteur). Le gestionnaire et les modules installés sur les appareils électriques communiquent entre eux sans aucun câblage tout simplement en utilisant le réseau électrique pour échanger des informations.



Puissance maximale (de l'appareil piloté):

2,3 kW

Puissance souscrite du logement:

au maximum 36 kVa

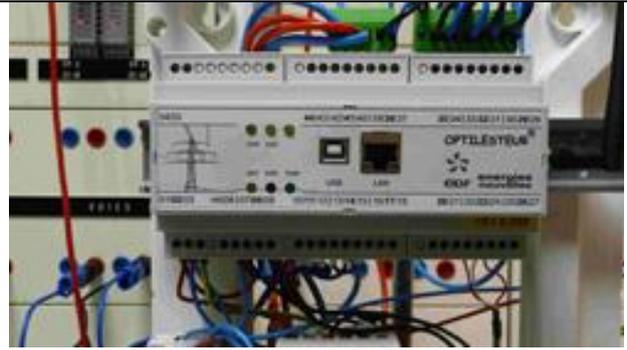
Source : [www.projetpremio.fr](http://www.projetpremio.fr)

L'optilesteur : 12 systèmes installés à Lambesc (7 sites tertiaires et 5 sites résidentiels)

Il s'agit de réguler la marche/arrêt d'un groupe d'équipements électriques (chauffage, ECS, sècheuse...) dans une installation afin de limiter leur puissance électrique moyenne. L'optilesteur comporte deux fonctions principales :

- réduire la puissance électrique de l'installation suite à une consigne envoyée à distance par la centrale de pilotage PREMIO grâce au déplacement de la charge.
- réduire la facture d'électricité de l'installation : par limitation de la puissance consommée sous un seuil fixé (diminution de la puissance d'abonnement), par diminution de l'énergie consommée.

### L'optilesteur



L'optilesteur est placé dans le tableau électrique de l'installation.

8 circuits électriques peuvent être pilotés par installation. Une ou plusieurs charges sont reliées à chaque circuit.

Puissance maximale pilotable : 15 % de la puissance d'abonnement

Communication wifi avec la centrale PREMIO

Source : ©RSW

Solar Pump : 1 système installé sur un site tertiaire à Lambesc



Surface de capteurs solaires thermiques installés : 43m<sup>2</sup>

Ballons de stockage de 1000 litres : 4 ballons

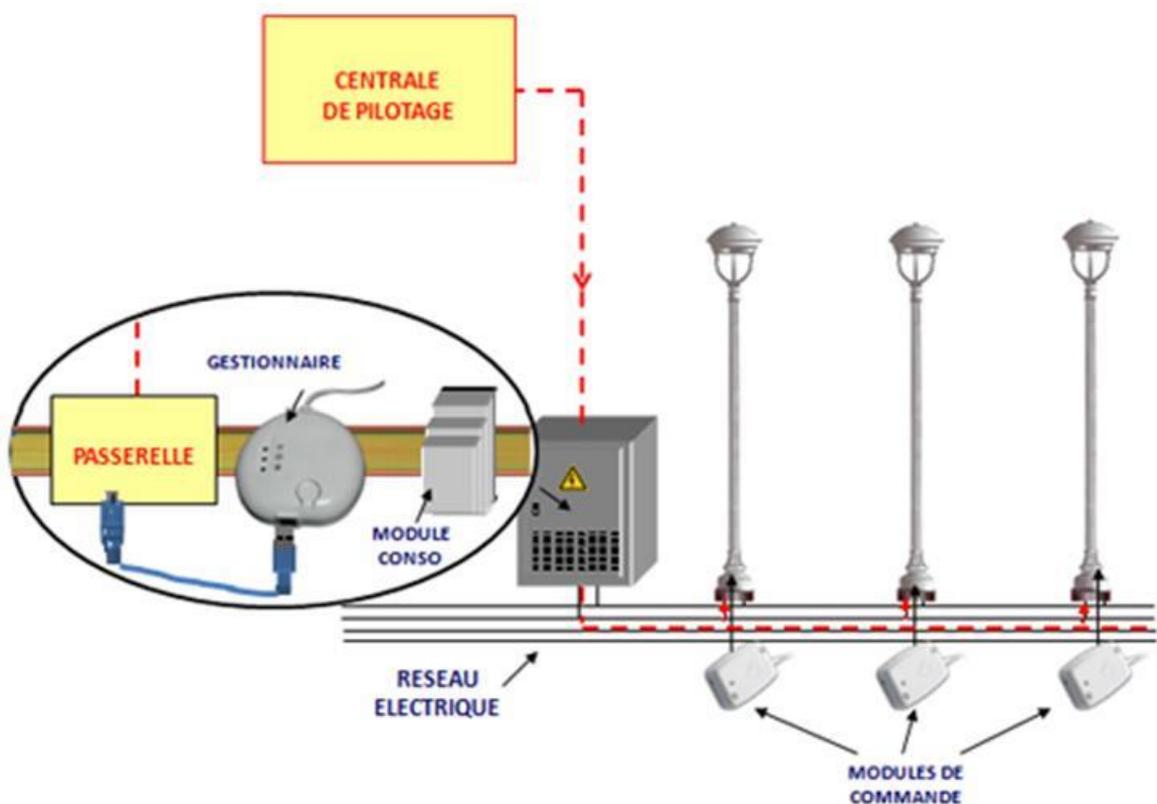
Taux de couverture/besoins annuels/productivité annuelle: 99,5 % (66,5 % d'énergie récupérée dans le capteur solaire, 33% d'énergie électrique et 0,5% provient du gaz)

### Eclairage public à l'aide de LED : 9 lampadaire équipés

Il s'agit d'optimiser le fonctionnement des lampadaires urbains en diminuant le niveau d'éclairage des lampadaires pendant les périodes critiques (100 %, 75 %, 25 %) grâce à la technologie WPC™ (courant porteur). Le gestionnaire et les modules installés dans les lampadaires urbains communiquent entre eux sans aucun câblage tout simplement en utilisant le réseau électrique pour échanger des informations.

#### **Eclairage public à l'aide de LEDS**

Niveau d'éclairage du lampadaire	Puissance
100 %	39,3 W
75 %	29,4 W
25 %	10,2 W



Source : [www.projetpremio.fr](http://www.projetpremio.fr)

### **3.3.4. Le projet Grid-Teams**

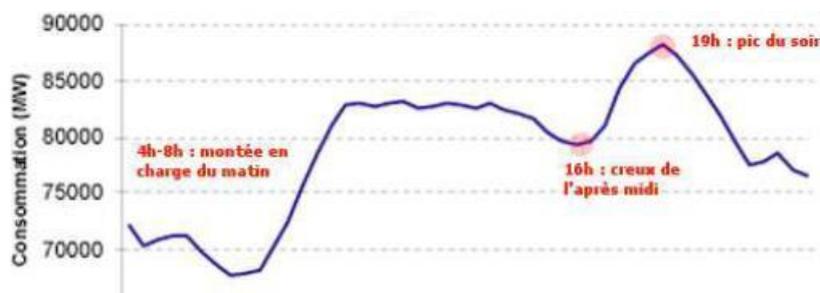
Lauréat du prix de la croissance verte numérique 2011, le projet Grid-Teams a pour objectif de sensibiliser les usagers à la réduction de leur consommation énergétique au moyen de compteurs électriques intelligents et de services en ligne dédiés à la gestion de la consommation et d'appréhender les freins au changement de comportement.

Financé par la région Provence-Alpes-Côte d'Azur dans le cadre du programme «Agir ensemble sur l'énergie», il s'est déroulé dans la ville de Cannes (été 2011 - été 2012) en lien avec l'Agenda 21 de la ville.

Ce projet souhaitait proposer une réponse pour :

- éviter les gaspillages inutiles et amener des économies importantes par la connaissance et le suivi de ses consommations
- fidéliser à la maîtrise de la consommation énergétique dans le but de proposer des réductions de consommation durables
- au final, réduire la consommation journalière et les pointes de 5 à 15 %, en agissant sur les comportements des usagers.

#### Exemple de courbe de charge pour une journée d'hiver



Source : RTE cité par Grid-Teams

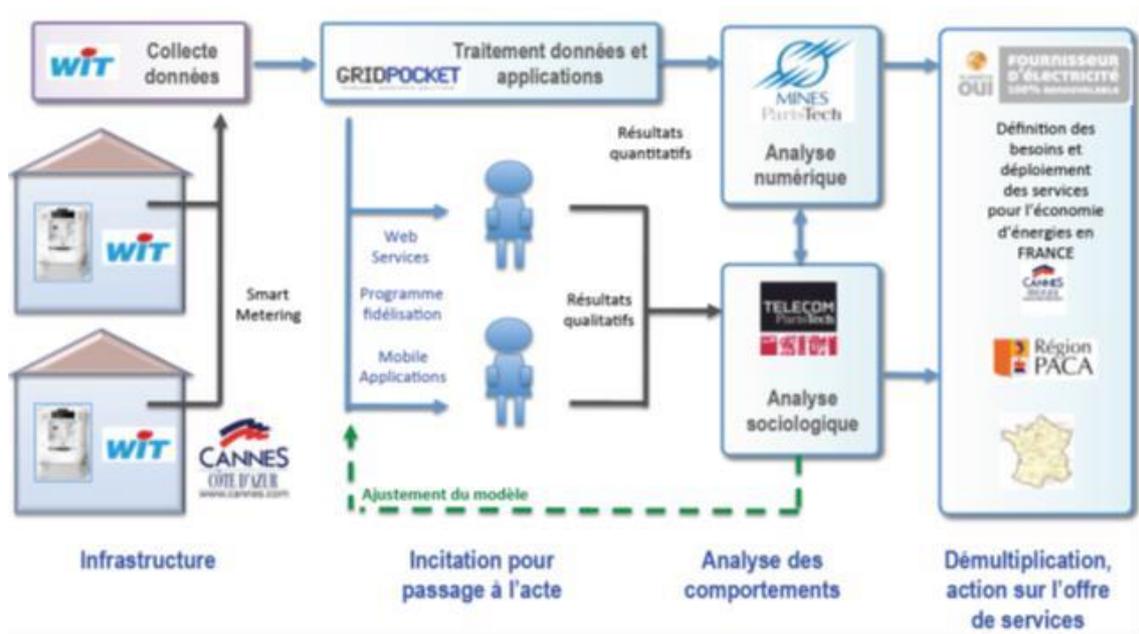
30 familles ont été équipées, ce qui représente un pilotage comportemental sur environ 200 kW de puissance. Un coaching avec incitation au passage à l'acte a été réalisé tout au long du projet.

Les principaux résultats du projet ont été présentés par Filip Gluzak, directeur de la société Gridpocket, lors d'un séminaire organisé par la CCI de Nice Côte-d'Azur en avril 2013<sup>38</sup> :

- 50 % des utilisateurs n'aiment pas les chiffres,
- 65 % trouvent l'efficacité énergétique pas assez rémunératrice,
- 92 % n'ont pas d'information sur le réseau énergétique.
- Des utilisateurs actifs et efficaces avec un bon niveau de connexions durant les 12 mois du projet.
- Un gain moyen de consommation qui s'est élevé à 10 %.



<sup>38</sup> Voir aussi Filip Gluzak, Behavior Based Energy Efficiency, Congrès OSE 2013, 26 septembre 2013, Sophia Antipolis



### 3.4. Quelques questions

Si la ville intelligente ou innovante (quel que soit le nom donné)<sup>39</sup> présente un ensemble de solutions aux problèmes posés par le développement urbain et la gestion de la cité, certaines limites induites par l'introduction des systèmes d'informations et des *smart grids* dans l'armature urbaine sont parfois évoquées :

- **des dérives potentielles** : les différents capteurs et compteurs surveillent de plus en plus l'action de chaque individu ; le traçage et le pistage conduisent à la rupture de la confidentialité ;
- **l'émergence de nouvelles formes d'exclusion liées à la non-accessibilité aux TIC** : exclusion des services publics numériques, exclusion sur critère économique, exclusion de la part la plus âgée de la population, exclusion liée à des facteurs culturels, au niveau d'éducation...
- **la prééminence d'une logique de l'offre** sans prise en compte des besoins des usagers, de l'acceptabilité sociale et de l'appropriation de nouvelles technologies ;
- **un coût très élevé pour les collectivités** pour installer ces infrastructures numériques avec un risque d'inégalités croissantes entre les villes ;
- **une marchandisation de l'information.**

<sup>39</sup> Voir l'annexe sur la ville durable, la ville intelligente et la ville innovante

Le développement des réseaux intelligents suscite de nombreuses questions destinées aux professionnels mais aussi aux responsables des territoires qui donnent des délégations de service public aux gestionnaires de réseaux, vont autoriser l'installation de production et de transformation d'énergies renouvelables et doivent participer aux engagements nationaux (européens et nationaux, régis par les Lois Grenelle et POPE) :

- **La gouvernance des réseaux** : la relation collectivité – fournisseur est déterminante dans tous les projets
- **Le comportement des clients résidentiels et professionnels** qui sont aussi des acteurs de la production, de la consommation et du stockage de l'électricité :
  - o **Information** : collecte, traitement, maintien de l'intérêt des usagers dans le temps (ex : opération 'Watt et moi' menée par ErDF et Grand Lyon Habitat : mobilisation de plus en plus difficile des 1 000 locataires et des gardiens d'immeubles par manque d'intérêt) ;
  - o **Sensibilisation, éducation** (technique, économique, citoyenneté : consommateur + producteur ou « *prosumer* »).
  - o **Implication des usagers** : cf. Vigo (Espagne) sur les bâtiments publics
- **Le modèle d'affaires (*business model*)** qui définit la rémunération des acteurs offrant de nouveaux services (pilotage des installations, stockage de l'électricité) ou participant à l'effacement (comment le consommateur peut être rémunéré en fonction de l'effort d'effacement qui est le sien : en effet les analyses coûts-bénéfices comme les modèles d'affaires pressentis dans les « *smart grids* » sont souvent menés du point de vue des entreprises et ignorent plus ou moins le consommateur final et le territoire).
- **La combinaison de l'optimisation de la boucle locale** (réseau centralisé) **et de l'optimisation du système local de production / consommation électrique** : dans la mesure où ces deux optima ne coïncident pas, comment trouver l'équilibre acceptable pour les différents acteurs ?
- **La place future du signal – prix** : faut-il une rémunération des consommateurs participant à l'effacement de la pointe (transfert de charges) ou favoriser l'engagement volontaire (ex : EcoWatt en Bretagne au chapitre 5 – [www.ouest-ecowatt.com](http://www.ouest-ecowatt.com) et [www.unebretagnedavance.fr](http://www.unebretagnedavance.fr)) ?
- **La prévision des nouveaux usages** (véhicules électriques) dans les contrats passés, les DGSP...

Les « *smart grids* » peuvent aussi être envisagés sous différents aspects autres que pour les réseaux d'électricité :

- o **Optimisation des réseaux de chaleur avec la production décentralisée de chaleur** : différents projets sont en cours de réalisation : Lyon Villeurbanne, La Duchère, Allevard (cf. Dalkia)
- o **Optimisation de l'offre d'énergie sur des micro-territoires** : revente de chaleur depuis des chaufferies d'immeubles, revente de production électrique depuis des systèmes de production décentralisés
- o Les *smart grids* peuvent alors être envisagés comme **un outil indispensable à la production décentralisée d'énergie** et non plus comme un outil d'optimisation des réseaux (effacement)

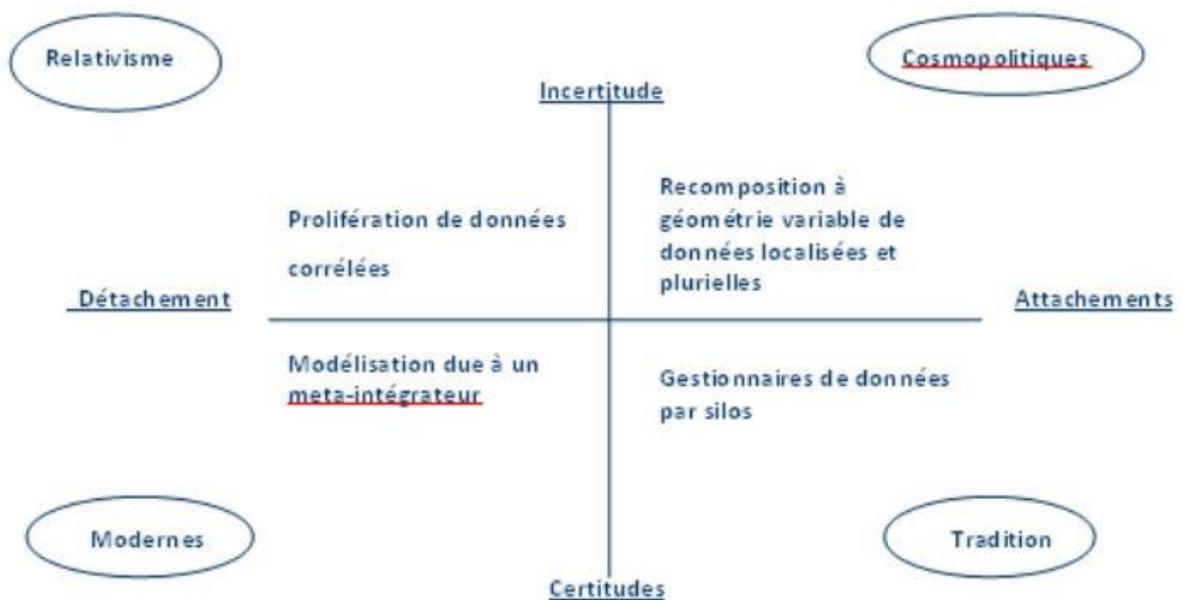
Quant aux compteurs intelligents, ils sont aussi en phase de développement pour le réseau de gaz : télé-relève et compteur intelligent pour les particuliers et les professionnels.

### 3.4.1. La gouvernance des réseaux

L'unification technologique met sur pied un système de traitement de données qui confisque le pouvoir aux structures politiques traditionnelles et qui crée une « sub-politique livrée aux techniciens »<sup>40</sup> ou aux experts de grands groupes internationaux dans une logique « *top down* », laquelle, de plus, risque de générer des effets de club ou d'exclusion du type des « *gated communities* » (François Ménard, PUCA).<sup>41</sup>

Se pose alors le problème de l'autorité et du pouvoir de celui qui reçoit et traite l'information « *Rendre aux données la capacité d'être révisables en les dépouillant de leur valeur d'autorité, c'est leur conférer une souplesse nécessaire à leur transformation en action. Autrement dit, c'est ouvrir et banaliser la manipulation de ces informations.* » (Dominique Boullier)

#### La boussole cosmopolitique



Source Dominique Boullier, *La ville intelligente : état des lieux et perspectives en France*, dossier du CGDD, n° 73, novembre 2012

#### La place des consommateurs dans les « *smart grids* » vue par les professionnels des TIC

- Les consommateurs auraient une appréhension positive des réseaux intelligents dès lors qu'ils sont bien informés.
- Mais la majorité d'entre eux, ne connaissant pas (ou mal) ces réseaux intelligents, sont assez rétifs ou indéterminés et manifestent une certaine méfiance concernant la sécurité et la

<sup>40</sup> Expression de Dominique Boullier, Sciences Po (cf. note suivante)

<sup>41</sup> Source : *La ville intelligente : état des lieux et perspectives en France*, dossier du CGDD, n° 73, novembre 2012

confidentialité des données. 29 % des ménages ont entendu parler et savent ce que sont les « *smart grids* ». <sup>42</sup>

- Beaucoup pensent être suffisamment informés sur leur action en matière de consommation d'énergie.
- Le facteur déterminant des consommateurs semblent être le gain monétaire (pour 88 % des ménages), loin devant la réduction de l'impact personnel sur l'environnement (66%), un meilleur contrôle de son chauffage / confort d'été (51 %) et le temps requis à la gestion de sa consommation électrique (38 %) ... (source Accenture, 2010).

Cependant différentes études menées en 2013 au Danemark dans des quartiers où les logements sont à très basse consommation d'énergie montrent que cette économie ouvre pour les ménages la possibilité d'un meilleur confort, c'est-à-dire de se chauffer à 22°C, voire à 23°C. <sup>43</sup>

- L'accès en temps réel aux consommations électriques peut réduire la consommation de 5 à 15 % mais la persistance dans le temps est incertaine

Certains comparent cette innovation technologique à l'arrivée de l'électronique dans l'automobile : certes un progrès technique mais un niveau de technicité qui limite plus ou moins indirectement la durée de vie des équipements (et augmente donc leur coût) et surtout qui rend l'automobiliste dépendant du garagiste et des constructeurs automobiles.

### 3.4.2. La forme urbaine

Si l'enveloppe physique des bâtiments peut rester la même avec les « *smart grids* » (comme le souligne Serge Wachter de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris La Villette), les « *smart grids* » auront un impact sur la forme urbaine.

Les « *smart grids* » et les BEPOS suivant la même logique, nous aborderons cette question avec les BEPOS.

### 3.5. L'étude des modèles économiques : l'exemple de la Californie

Le cas de la Californie est intéressant pour appréhender ce que pourraient être les futurs modèles économiques des réseaux intelligents. Cet Etat américain se caractérise par un environnement propice à l'innovation, un réseau électrique vieillissant avec des coûts élevés de dysfonctionnement et des pics très marqués de la consommation, observés à la fois dans la journée (notamment avec une double pointe vers 14h et 18h) et au cours de l'année (en fonction de journées chaudes et de l'usage intensif d'appareils de climatisation dans ces circonstances). <sup>44</sup>

A ces caractéristiques structurelles viennent s'ajouter des orientations politiques qui sont les plus volontaristes des Etats-Unis :

- Des objectifs ambitieux de réduction des gaz à effets de serre à l'horizon 2020 avec un retour au niveau des émissions de 1990 (Assembly Bill de 2006).

---

<sup>42</sup> Source Accenture, 2010, Understanding end-consumer observatory on electricity management

<sup>43</sup> Voir Un projet de quartier vers une ville « post carbone », Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, à paraître aux Editions du Moniteur (2014)

<sup>44</sup> Source: site de la CRE

- Le plan « *Million Solar Roof* » (lancé en 2006) qui vise l'équipement d'un million de toits à l'horizon 2018. Combiné à des investissements en éolien, le parc est ainsi plus décentralisé et la production plus intermittente, ce qui implique d'adapter le réseau en conséquence.
- Les incitations publiques incluent les compteurs intelligents. Le mécanisme « *Net Energy Metering* » permet, grâce aux compteurs intelligents, aux ménages équipés de photovoltaïque de ne payer que le solde entre l'énergie consommée et celle produite (le surplus étant réinjecté dans le réseau) en prenant en compte les coûts de transport et de distribution associés.
- Le vote en septembre 2010 d'une loi relative au stockage d'énergie pour accompagner la montée en puissance des énergies intermittentes.
- Le soutien de l'Etat fédéral au véhicule électrique qui conduit à anticiper la constitution rapide en Californie d'un parc suffisamment significatif pour requérir des investissements spécifiques dans le réseau.

Tous ces éléments combinés font que l'industrie américaine se positionne et que des *start-up* émergent dans cet écosystème des réseaux intelligents :

- Google a obtenu l'accord de la *Federal Energy Regulatory Commission* (FERC) pour devenir producteur d'électricité et a développé une plateforme ouverte de mesure des consommations d'énergie (*PowerMeter*). IBM et Microsoft sont très actifs, aussi bien auprès des acteurs de la filière électrique que de l'industrie automobile, Cisco est très présent dans la partie réseaux et Whirlpool se préoccupe (notamment en partenariat avec Cisco) de rendre communicants les équipements électroménagers ;
- Ces mouvements s'opèrent sur fond de guerre de normes, en particulier autour des produits qui s'inséreront dans les futurs « *home area networks* » (HAN) des maisons intelligentes. Cette guerre se matérialise en particulier autour des normes de communication à courte portée au sein de ces HAN, avec l'opposition de deux alliances Zigbee et Z-Wave, chacune regroupant plusieurs centaines d'acteurs industriels.

Les conditions sont réunies pour tester des offres de prix « dynamiques » telles que :

- le modèle "*Time of use*" définit une grille tarifaire en fonction des estimations antérieures de demande en électricité. Le consommateur accède à ces tarifs via Internet et adapte sa consommation en conséquence. La grille tarifaire est modifiée une à deux fois par an en fonction des évolutions constatées dans la consommation ou le parc de production ;
- le modèle "*Critical Peak Pricing*" reprend les principes généraux du "*Time of Use*", mais de façon plus réactive, dans la mesure où les consommateurs se soumettant à ce schéma sont candidats à l'effacement suite à une demande qui leur est formulée par mail ou téléphone en amont de la pointe de consommation, à concurrence d'un nombre maximum d'événements par an;
- le "*Peak Day Pricing*" est analogue au précédent, mais pour les consommateurs industriels ou commerciaux d'une puissance supérieure à 200 kW.

Même si la Californie laisse entrevoir le potentiel économique des réseaux électriques intelligents, elle laisse tout autant apparaître les nombreux obstacles qui restent à franchir. Ainsi, même si **l'introduction de formules tarifaires dynamique a produit des effets positifs** (-16,6% de la consommation en « *critical peak* » selon PG&E), **de très fortes oppositions sont également apparues chez de nombreux ménages** qui, après l'installation de compteurs intelligents, ont observé une augmentation de leur facture, incompréhensible à leurs yeux. La vigueur de ces protestations a dissuadé certains opérateurs de basculer trop rapidement vers des tarifications dynamiques, ceci tendant à montrer que l'acceptation de la part des consommateurs n'est pas acquise d'avance (a fortiori en France en cas de déréglementation des tarifs).

### 3.6. L'analyse coûts - bénéfiques

L'évaluation préalable et notamment l'analyse coûts - bénéfiques est une nécessité pour les pouvoirs publics et plus particulièrement pour les collectivités locales afin de mesurer ou d'estimer concrètement l'utilité sociale des dépenses publiques (investissements) avant de définir leur stratégie territoriale, les objectifs à atteindre et les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs.<sup>45</sup>

Il s'agit dans ce paragraphe de présenter une réflexion qui nous paraît intéressante à développer et qui pourrait être testée sur un site d'expérimentation.

L'objectif serait de construire une analyse coûts-bénéfiques (ACB) ou modèle de calcul en coût global partagé mettant en évidence les coûts et les bénéfices des opérations de réseaux intelligents en distinguant l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur.

Dans la mesure où les réseaux intelligents génèrent de la valeur (des coûts et des bénéfices) sur l'ensemble de la chaîne production – transport – distribution – usage ou service, il est nécessaire de se poser la question de l'allocation de ces coûts et bénéfices entre les différents acteurs.

#### Coûts (infrastructures) et bénéfices (impacts) des *smart grids*

Les différents postes d'un <i>smart grid</i>	Infrastructure NTIC	Impacts
Compteur intelligent	Equipements : matériel + pose	Economie d'électricité à différents tarifs Réduction des pertes techniques et des fraudes Réduction des petites interventions sur site Durée des pannes réduite Gestion des compteurs
Stockage de l'électricité	Equipements eau chaude Batteries	Gestion du système Maintenance Economie d'électricité à différents tarifs Consommation de bois, de gaz Investissement évité ou retardé de réseau BT/MT Investissement de pointe retardé ou évité (type cycle combiné gaz)
Equipements délestables	Equipements de programmation : - Chauffage - Eau chaude sanitaire - Equipements électriques - Véhicules électriques / batteries	
Production locale	Equipements de : - Production électrique EnR - Production thermique (chaleur, eau chaude) à partir d'EnR (solaire, bois) - Cogénération (gaz, bois...)	
Unité de pilotage	Equipement TIC	

De nombreux acteurs interviennent dans la chaîne des investissements : compagnies électriques (EDF, RTE, ErDF), producteurs locaux (résidentiels ou professionnels), consommateurs locaux (résidentiels ou professionnels), collectivités territoriales, régulateur.

<sup>45</sup> On rappellera que l'analyse coûts-bénéfiques ou coûts-avantages est préconisée par la directive européenne sur l'efficacité énergétique des bâtiments à la fois pour les bâtiments et les stratégies énergétiques.

La méthode<sup>46</sup> consisterait à :

- a) Identifier les acteurs concernés (+ compréhension des intérêts et risques au regard des *smart grids*)
- b) Identifier le périmètre concerné : acteurs, territoire ; flux économiques, externalités
- c) Identifier pour chaque option possible les coûts et bénéfices pour chacun des acteurs et notamment :
  - Le montant des investissements (matériel et pose) pour les compagnies électriques et pour les producteurs locaux
  - Le montant des dépenses électriques nettes des recettes
  - Le montant des recettes des producteurs locaux (exploitation)
  - Les kW évités en réseau ou en production (avec un coût marginal d'évitement)

Sont aussi évalués :

  - Les impacts en emplois locaux (pose, gestion / maintenance, exploitation des systèmes)
  - Les émissions de CO<sub>2</sub> évitées
- d) Calcul du coût global partagé qui vise à évaluer le coût global de l'opération et à partager ce coût entre les différents acteurs.

**Coûts des *smart grids* pour les différents acteurs**

Compagnies électriques (RTE, EDF, ErDF, importations)		Producteurs locaux		Consommateurs locaux	
Dépenses	Recettes	Dépenses	Recettes	Dépenses	Recettes
Investissement compteurs	Economie sur les pertes de production et sur les interventions	Investissement de production	Vente au réseau	Coût de gestion des équipements	Réduction des achats d'électricité
Investissements unité de pilotage		Coûts d'exploitation et de maintenance	Vente aux consommateurs finals		
Réduction des ventes d'électricité	Investissement de réseau et de pointe évité				
Achat aux producteurs locaux					

- e) A partir de l'analyse en coût global partagé, des calculs de sensibilité peuvent être faits :
  - Impact de l'évolution tarifaire sur le partage de la valeur,
  - Impact des modes de financement des équipements,
  - Intégration des risques de dysfonctionnements,
  - ...

<sup>46</sup> Cette méthode reprend en grande partie (excepté pour ce qui concerne le partage entre les acteurs) celle préconisée dans la directive européenne sur l'efficacité énergétique des bâtiments

## 4. LES PROBLEMATIQUES POSEES PAR LES BEPOS

Rappelons tout d'abord que certains parlent de bâtiment intelligent (« *smart building* ») à partir du moment où sa consommation d'énergie est mesurée (capteurs) et contrôlée grâce à des systèmes de « *monitoring* ». A partir de ces flux d'informations, les besoins d'énergie peuvent être optimisés.

Pour les BEPOS, il s'agit de construire (ou réhabiliter) des bâtiments dont la consommation d'énergie primaire est inférieure à sa production. Ceci implique :

- **une obligation de résultats** : ces bâtiments doivent consommer peu d'énergie
- **une obligation de moyens** : ces bâtiments doivent produire de l'énergie

**Un appel à projets du PUCA** (« Vers des bâtiments à énergie positive BEPOS », 2012) doit permettre, grâce à des ateliers transversaux, de débattre des ambitions recherchées et de mutualiser les expériences. Il s'agit d'aider les maîtres d'ouvrage dans **la définition d'un référentiel commun**, de définir la méthodologie et le montage des opérations expérimentales, ainsi que le cadre de suivi des opérations, à partir d'exemples de réalisations performantes et d'intervention d'experts. Un bâtiment de R+2 à R+8 comprenant 88 logements (dont 15 PLUS, 64 en accession et 9 locatifs libres) situé sur la ZAC de La Courrouze à Rennes fait partie des 6 projets retenus à l'issue de cet appel à projets. Par ailleurs un bâtiment de Nantes Habitat construit par Quille avec l'aide d'In Situ architectes et de Pouget Consultants (Le Grand Carcoët, premier prix du concours d'architecture bas carbone d'EDF) a été retenu à titre d'exemple pour les autres équipes (ainsi qu'une opération d'îlot à énergie positive et à bilan carbone minimum, soutenue par l'Ademe, en cours de conception sur l'île de Nantes)<sup>47</sup>.

### Projet BEPOS de Nantes Habitat



Photo de Patrick Garçon, Source site de Nantes Métropole, 2012

Ce projet de Nantes Métropole Habitat qui fête ses 100 ans en 2013 comporte 2 bâtiments compacts avec le maximum de circulations extérieures et un seul ascenseur.

- une structure béton, habillée de murs à ossature bois en périphérie, comprend 300 mm d'isolant dont une partie passe devant les nez de dalles pour traiter le pont thermique. Chaque logement comprend une loggia non chauffée.

- un chauffage individuel électrique

---

<sup>47</sup> Il s'agit d'une opération de 30 logements traversants avec des surfaces annexes non chauffées assurant une température de confort entre 17 et 27 °C (loggia, espace buanderie, entrée) R+2, R+3 sur sous-sol de parking semi enterré

- une production d'ECS par une pompe à chaleur eau-eau couplée avec 50 m<sup>2</sup> de capteurs solaires non vitrés et complétée par un système passif de récupération d'énergie sur les eaux grises de type Power-Pipe (préchauffage l'eau froide dans le ballon de stockage, soit 25% d'économie complémentaire sur le poste ECS).

- une ventilation simple flux type hygro-réglable B

- 375m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques en toiture.

« Afin d'apprendre à optimiser les fonctionnalités du bâtiment au quotidien, les nouveaux habitants seront accompagnés durant deux ans, tout comme les équipes de maintenance-exploitation de Nantes Habitat. »

### Options technologiques à mobiliser en fonction de l'échelle spatiale à laquelle le concept d'énergie positive est appliqué

Echelles spatiales pour l'énergie positive	Usages / fonctions à satisfaire	Caractéristiques des options technologiques à mobiliser
<b>Bâtiment</b>	Enveloppe et technologies de gestion d'énergie	Enveloppe multifonctionnelle assurant isolation, production d'énergie renouvelable (solaire, photovoltaïque ou thermique), ventilation, stockage d'énergie... Ses propriétés (ouvertures, protection solaire, entrée d'air, etc.) peuvent être pilotées et couplées à une stratégie de gestion intelligente et individualisée de la chaleur accumulée à l'intérieur du bâtiment
	Equipements de production d'énergie	Equipements utilisant principalement les énergies renouvelables (bois, solaire thermique et photovoltaïque, pompe à chaleur, etc.) intégrées au bâtiment
	Technologies de stockage	En cas de bâtiments entièrement ou partiellement autonomes, capacités de stockage individuel (stationnaire ou mobile) adaptées aux usages et besoins des occupants.
<b>Ilot</b>	Enveloppe et technologies de gestion de l'énergie	L'effort sur l'enveloppe reste une priorité mais s'articule avec une stratégie d'optimisation énergétique à l'échelle de l'ilot ou du quartier. Cela justifie la mise en place de dispositifs de gestion et de mutualisation de l'énergie entre les bâtiments
	Equipements de production d'énergie	La mutualisation des équipements de production d'énergie, tels que réseaux de chaleur ou géothermie à basse température, et la gestion des réseaux, notamment électriques, pour maîtriser la demande d'énergie et intégrer une production décentralisée d'énergie, deviennent des options à explorer en priorité
	Technologies de stockage	Le stockage ne doit plus se faire au niveau du bâtiment mais à l'échelle d'un ensemble de bâtiments. Les options technologiques devront permettre d'assurer un stockage thermique et électrique de grande capacité.

Source : Groupe de travail Bepos, PUCA, 2012

Pour le CSTB (Jean-Robert Millet)<sup>48</sup>, les BEPOS doivent répondre à plusieurs défis :

- un défi énergétique qui doit permettre de réduire drastiquement consommations immobilières et mobilières et de produire localement de manière massive grâce aux énergies renouvelables,
- un défi environnemental qui conduira à analyser les impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment,

<sup>48</sup> Mars 2012, séminaire de la FIEEC

- un défi sur l'adaptation aux occupants pour que le bâtiment soit agréable à vivre toute l'année et qu'il facilite les comportements éco responsables,
- enfin un défi sur l'intégration dans la ville, intégration architecturale dans le tissu urbain et intégration technique dans les réseaux d'échanges d'énergie.

Pour l'IFPEB (Institut Français pour la Performance Energétique des bâtiments) « *la notion de BEPOS est enfin l'occasion de faire coïncider l'optimum économique avec l'optimum écologique.* »<sup>49</sup>

Par ailleurs on remarquera que le BEPOS n'est pas un thème d'actualité ou de recherche dans tous les pays européens. Certains pays parmi les plus en avance sur les thématiques énergétiques ne parlent absolument pas de BEPOS mais plus simplement de « *nearly-zero energy building* ». <sup>50</sup>

Enfin, un **label BEPOS** d'Etat devrait être mis en place en 2014 mais un label BEPOS vient d'être lancé par l'association Effinergie (février 2013): la consommation d'énergie primaire pour les 5 usages (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, éclairage et auxiliaires) et l'électrodomestique doit être inférieure à la production d'énergies renouvelables en énergie primaire - et donc avec les conventions d'usage - (sauf en cas de climat rigoureux pour lequel il y a une tolérance de 20 kWh).

Mais il s'agit là du point de vue de la technique du bâtiment ou du constructeur et de son architecte. Les BEPOS posent aussi d'autres questions.

## **4.1. Les principales thématiques posées par les BEPOS**

### **4.1.1. L'usage du bâtiment**

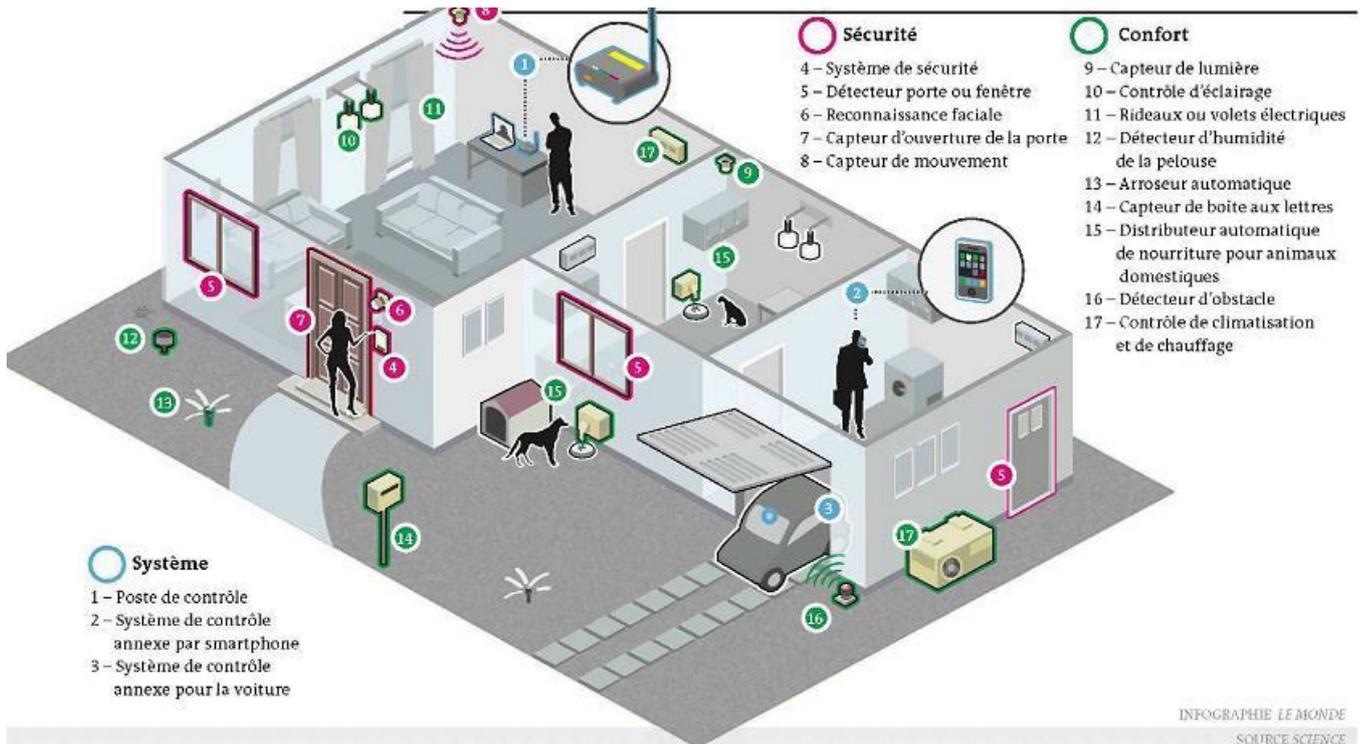
L'usage du bâtiment est à évaluer en amont de la construction/programmation :

- Le programme doit permettre de connaître les usages futurs du bâtiment et de concilier les usages (besoins) des occupants avec la performance énergétique. Cette connaissance des besoins implique que l'on s'interroge sur :
  - o L'usage des différentes pièces : usage de « la pièce en plus » comme espace-tampon,
  - o L'évolutivité et l'adaptabilité des logements dans le temps,
  - o L'évolution possible des usages du bâtiment (cf. projet Impacte avec une construction en poteau - poutre),
  - o Le traitement des rez-de-chaussée : la mixité d'usages requiert un traitement et des contraintes spécifiques.
- Le rechargement des véhicules électriques peut être une forte contrainte pour la réalisation de BEPOS

---

<sup>49</sup> Source Les spécialistes de l'IFPEB s'expriment sur l'objectif du Bâtiment à Energie positive (BEPOS), site de l'IFPEB, septembre 2013

<sup>50</sup> Voir Un projet de quartier vers une ville « post carbone », Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, à paraître aux Editions du Moniteur (en 2014)



Source : Le Monde, supplément Science et Techno, 09/06/12

#### 4.1.2. L'analyse du site

L'analyse du site comprend différents volets :

- **Le confort d'été** : prise en compte du micro-climat et des îlots de chaleur, anticipation des effets du changement climatique
- **L'usage de l'énergie produite** : quelle finalité : pour qui, pour quoi ?
  - o Si l'on observe une mixité des usages à proximité, avec des usages énergétiques différents, une vente locale d'énergie est à envisager.
  - o Si l'on observe des usages différents dans le temps, des échanges entre producteurs / consommateurs sont à envisager avec des capacités de stockage / déstockage
- **Le transfert d'énergie** possible d'un bâtiment à l'autre (cf. ci-dessus) ou d'une façade à l'autre du bâtiment : par exemple captage de l'énergie solaire sur la façade sud pour alimenter la façade nord (ex. le Projet Façade Nord Vitree qui veut donner priorité au paysage, source : Altersmith architectes)
- **Les contraintes paysagère, les prospects d'ombre (y compris dans le temps), le besoin de mixité fonctionnelle à l'immeuble** : on notera la difficulté réglementaire (incendie) qui interdit de récupérer la chaleur des bureaux pour préchauffer les logements (la sécurité incendie exige la séparation des fonctions et empêche tout transfert de chaleur des bureaux vers les logements).

#### 4.1.3. La création d'une forme urbaine adaptée aux besoins des BEPOS

La forme urbaine doit être adaptée aux besoins des BEPOS :

- **Il faut adapter les règles d'urbanisme locales aux exigences des BEPOS** : distance entre bâtiments, orientation, densité, pente de toiture, proportions, part de surfaces vitrées (sans doute inférieure à 1/6 de la surface utile en cas de faible inertie thermique et supérieure à 1/6 de la surface utile dans le cas de récupération des apports solaires).

- **La construction des BEPOS peut être en contradiction avec les objectifs de densité urbaine** (Loi Grenelle 2). Les BEPOS ont besoin de terrains sans masque et dégagés permettant d'optimiser les apports solaires (panneaux photovoltaïques).

#### 4.1.4. Une obligation de moyens

La production d'énergie est une obligation de moyens qui ne doit pas induire un traitement moins satisfaisant d'autres critères (comme la performance énergétique du bâtiment).

#### 4.1.5. La forme du bâtiment BEPOS

L'architecture de base des BEPOS est le pavé ou cube de 4 à 5 niveaux, orienté au sud et non masqué afin de maximiser la récupération de l'énergie solaire.

Mais il faut aussi s'assurer de la qualité architecturale et de l'intégration du bâtiment dans le tissu urbain, ce qui demande de faire des compromis (sur la densité notamment).<sup>51</sup>

**Des innovations techniques seront nécessaires ...** comme par exemple :

- un bâtiment avec triple vitrage au nord et avec un espace inter-vitre alimenté en air chaud par un mur trombe en façade sud.
- une cheminée d'air associée à des espaces collectifs solarisés ouverts en été et alimentant chaque logement en air neuf chaud ou frais.

On peut aussi anticiper l'évolution des techniques (emplacement de l'équipement en attendant sa maturité : cf. projet BBefm).

#### 4.1.6. La prise en compte des énergies grises

Sans être dans le calcul du BEPOS, les énergies grises peuvent être un critère de réflexion. La base de données Inies reste insuffisante. Comment apprécier la validité des logiciels présents sur le marché ?

Quid aussi des BEPOS situées en zone périurbaine, voire monofonctionnelle où la mobilité est nécessairement assurée par la voiture ?

##### Quelques données sur l'énergie grise d'un bâtiment

###### Consommation d'énergie (en kWh par m<sup>2</sup> Shon) :

Structures :

- 250 kWh / m<sup>2</sup> en réhabilitation ou pour une structure bois
- 500 kWh / m<sup>2</sup> pour une structure béton
- 800 kWh / m<sup>2</sup> pour une structure métallique

Enveloppe :

- 200 kWh / m<sup>2</sup> pour une isolation en fibre de bois et des menuiseries en bois à 800 kWh / m<sup>2</sup> pour une isolation en polyuréthane ou PSE et des menuiseries aluminium

Equipements : 200 à 500 kWh / m<sup>2</sup> selon les équipements

Aménagements intérieurs : de 180 à 750 kWh / m<sup>2</sup> (moquette et faux plafonds métalliques)

Total : 1 000 à 2 600 kWh / m<sup>2</sup> soit sur 50 ans (avec les renouvellements : 22 à 65 kWh / m<sup>2</sup> Shon et par an (résultat d'un calcul effectué sur 79 bâtiments par le CSTB avec le logiciel ELODIE

<sup>51</sup> Ceci est un des objectifs de l'appel à projets du PUCA.

#### 4.1.7. Le comportement des occupants

La consommation réelle d'énergie d'un logement BEPOS dépend en particulier de la température souhaitée dans le logement. Un cas réel : une température de 17°C conduit à une consommation nulle. Il y a un facteur 3 de consommation entre un logement chauffé à 20° et un autre identique chauffé à 24° !

Le calcul théorique de la consommation, en France (19°C), ne reflète pas la consommation réelle (la température de confort étant plutôt entre 20 et 21°C, voire 22°C).

Les BEPOS peuvent souffrir de nuisances acoustiques : l'accroissement de l'étanchéité va renforcer l'impact des bruits intérieurs.

Enfin la gestion de l'immeuble peut être un élément de succès important des BEPOS...

#### 4.1.8. Les malfaçons

Selon une étude d'EDF, les malfaçons expliqueraient pour 20 % de la différence observée entre les consommations réelles (relevées) et les consommations théoriques (DPE ou équivalent).

Un nouveau mode de gouvernance de l'opération de construction est nécessaire: un travail en amont du chantier est nécessaire associant la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre (conception) et l'ingénierie (BET) afin de préparer le chantier, de s'assurer de la formation des compagnons et de mettre en place des tests (évaluation et mesures).

### 4.2. Autres questions

Différentes questions se posent également:

- la pérennité des calculs dans le temps (démolition-reconstruction des bâtiments voisins et évolution des ombres portées)
- un concept ayant un sens à l'échelle du quartier plutôt qu'à celle du bâtiment ;
- la nécessaire mutualisation des coûts et le besoin de capitalisation des expériences ;
- la contribution des BEPOS à la définition de la valeur verte des bâtiments ;
- le chauffage électrique pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ou la suppression du nucléaire ?

 **Un concept artificiel pour le bâtiment mais ayant un sens à l'échelle du quartier** (cf. Christophe Gobin, Vinci)

Plusieurs projets du programme EcoCité comportent un îlot démonstrateur comme la Tour à énergie positive de 5,5 ha comportant plusieurs bâtiments dont une tour (55 000 m<sup>2</sup> construits) à Clermont-Ferrand ou l'EcoQuartier la Prairie aux Ducs sur l'île de Nantes (5 000m<sup>2</sup> de SHON logements en accession libre, 5 000m<sup>2</sup> de logements sociaux et 5 000m<sup>2</sup> bureaux et activités) ou à Strasbourg par exemple avec un bâtiment important (cf. photo ci-après).

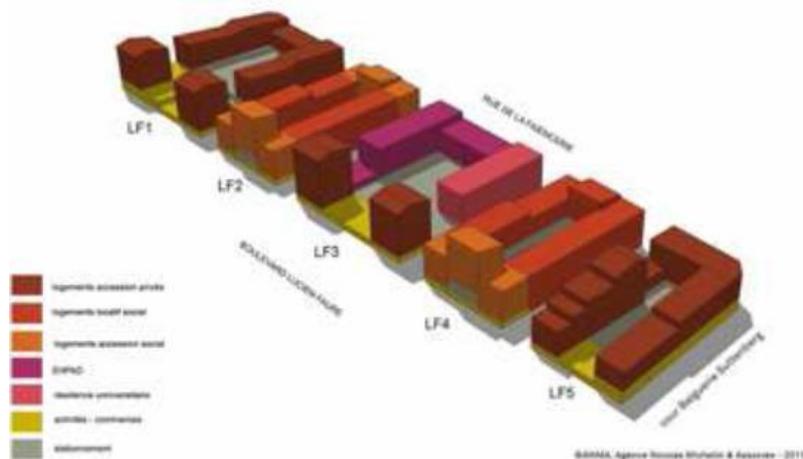


Source Dossier de presse EcoCité

#### La mutualisation des coûts et à la capitalisation des expériences

De nombreux projets du programme EcoCité (Bordeaux, Metz) prévoient une mutualisation des besoins en énergie entre les bâtiments.

A Bordeaux par exemple, sur le grand projet urbain des Bassins à flot, il est recherché, à travers l'îlot Lucien Faure, une mixité programmatique et un haut niveau de performance énergétique des bâtiments qui s'appuie sur le raccordement à un réseau d'énergie mutualisé :



Source Dossier de presse EcoCité

Mais, pour réduire les coûts, il s'agit de penser très en amont à la mutualisation des coûts (notamment via une analyse en coût global direct ou partagé)<sup>52</sup> et à la capitalisation des expériences (cf. appel à projets du PUCA).

Or aucun projet soutenu dans le cadre du programme EcoCité n'évoque l'analyse en coût global ni *a fortiori* l'analyse en coût global partagé<sup>53</sup>. Et seul un appel à projets Prebat de l'Ademe Haute-Normandie préconise une analyse en coût global direct pour comparer les coûts des bâtiments BEPOS avec un bâtiment de référence calculé avec la réglementation thermique (RT).

---

<sup>52</sup> Bien que celle-ci soit préconisée dans la directive européenne sur l'efficacité énergétique des bâtiments...

<sup>53</sup> Avec le modèle CoParCo par exemple élaboré par La Calade pour la DRE Picardie et cité comme référence par le Ministère de l'Economie dans son guide de l'achat public de Mai 2010 (Voir par exemple « Coût global des bâtiments et des projets d'aménagement – Mode d'emploi », Le Moniteur, 2013, opus cité).

Le millésime 2013 du modèle CoParCo est téléchargeable gratuitement sur le site de SUDEN [www.suden.org](http://www.suden.org)

## 5. ANALYSE COÛTS – BÉNÉFICES ET RECOMMANDATIONS

La gestion intelligente des bâtiments et des ressources à l'échelle du territoire pose des questions essentielles et parfois contradictoires auxquelles nous chercherons à répondre sur le site analysé dans le cadre de la recherche (quartier de Rennes). La recherche montrera comment les bâtiments et réseaux intelligents peuvent répondre principalement aux quatre thématiques suivantes :

- **Optimisation du système énergétique**

La question de l'optimisation est à envisager aux différentes échelles du territoire : il faut tenir compte à la fois de la capacité des réseaux, de la gestion de la pointe, des pollutions induites par la demande et de l'équilibre économique des filières de valorisation énergétique locale.

Les *smart grids* posent ces questions avec des objectifs parfois contradictoires entre les différentes échelles de territoire, comme entre les différents acteurs du système énergétique.

- **Maintien de l'équité sociale**

On peut se poser raisonnablement la question de savoir si l'égalité tarifaire (péréquation) qui a été la base du système énergétique électrique et gazier ne sera pas remise en question avec le développement de systèmes décentralisés. Comment partager le risque mais aussi la rente potentielle grâce au développement de systèmes de production locale ?

Dans le logement social, faut-il modifier le mode de calcul du loyer pour les bâtiments BEPOS ? Comment concilier le mode de calcul du loyer avec la valeur verte ou l'appellation bâtiment responsable ?

D'autre part, il faut être très vigilant sur les principes qui conduisent à réaliser là des opérations exemplaires d'efficacité énergétique et à maintenir ailleurs le statu quo.

- **Intérêt pour l'utilisateur.**

Les compteurs intelligents sont un moyen d'informer, voire de sensibiliser, les usagers sur leurs consommations et leurs dépenses énergétiques. Peuvent-ils constituer un outil avec lequel les usagers deviennent des acteurs ? Individuellement ou collectivement ? En effet, on peut penser que des groupements d'usagers seront plus à même de définir des modes de consommation plus économes, mais alors pour quelle rétribution ? Comment rétribuer le fait de ne pas consommer d'énergie ? Jusqu'à présent, les systèmes tarifaires en place proposent des tarifs plus bas en heures creuses ou équivalentes. Les compteurs intelligents vont renforcer ces fonctions et des actions concrètes de gestion du temps par les usagers vont réellement créer de la valeur : comment la partager et/ou qui se l'approprie ? A l'inverse, le risque existe de ne voir dans les systèmes de compteurs intelligents qu'un moyen « de pilotage des consommations finales en informant et responsabilisant le consommateur ».

- **Organisation spatiale**

Toutes ces questions renvoient à la gouvernance énergétique du territoire. Le développement de systèmes de production énergétique locale (énergies locales et renouvelables) et de systèmes de production locale de « négawatt » (le terme est très approprié car il s'agit bien de puissance appelée évitée dont l'unité est le Watt) exige une modélisation locale du système énergétique et une gestion de ce système. Ces marchés locaux de l'énergie posent aussi les questions des acteurs en charge de leur gestion et des termes de l'échange avec le système énergétique national.

Nous analysons ci-après ces quatre thématiques.

• **Optimisation du système énergétique à l'échelle du territoire (quartier, ville, EPCI)**

Comment les systèmes techniques envisagés peuvent – ils contribuer à l'optimisation du système énergétique du territoire ?

Techniques	Coûts	Bénéfices
Monitoring du quartier		Permet de mieux connaître la consommation d'électricité, la puissance appelée totale et instantanée Affine la connaissance des comportements réels des consommateurs par les distributeurs d'énergie de réseau
Capacité de stockage	Mobilise éventuellement des espaces publics	Peut générer de la valeur à l'échelle du territoire si ces capacités de stockage sont concentrées sur des espaces communaux (batteries communautaires, stockage solaire)
Equipements délestables		Réduit la demande de pointe sur les postes sources et par conséquent peut réduire les risques de défaillance Peut contribuer à retarder ou éviter les renforcements de réseaux
Capacité de production locale	Mobilise de l'espace Peut éventuellement générer des nuisances (acoustiques, olfactives, paysagères ou pour la faune ou la flore) Peut obliger un renforcement de réseau important qui, à défaut, peut empêcher la valorisation de l'énergie produite localement Peut être source de difficultés sociales si la politique nationale change et ne permet plus la rentabilité de certaines installations	Crée de la valeur locale (chiffres d'affaires, taxes locales) et de l'emploi local (installation, exploitation, maintenance) Peut mettre en valeur des espaces inutilisés (friches, toiture) Peut aussi favoriser le développement d'une économie circulaire (valorisation des déchets par une production d'électricité verte ou de biométhane injectés dans les réseaux d'électricité ou de gaz) Crée une image favorable au territoire, pouvant susciter un effet d'attractivité pour des activités similaires ou complémentaires (formation, bureaux d'études, entreprises de la croissance verte...)
Systèmes de MDE	Coût pour la collectivité pour aider au montage des opérations (conseil, assistance, montage financier), voire au financement des travaux	Peut contribuer à réduire la précarité énergétique : les actions de MDE permettent de réduire la consommation et donc la dépense énergétique. Mais cet intérêt évident peut être contrecarré par un effet rebond d'une part et par le coût du financement des travaux d'autre part. Les actions de MDE ne doivent pas générer un coût supplémentaire pour les usagers, générant alors de fait une perte de pouvoir d'achat Réduction possible des impayés et donc du recours au FSL
	Besoin d'une stratégie énergétique territoriale	
BEPOS	Rend plus complexe l'instruction des permis de construire : coût de formation et temps passé sur l'instruction Demande de l'espace et limite la densification (prise en compte des effets de masque solaire) Génère des changements dans les règles d'urbanisme (PLU) : règles d'alignement, hauteur d'immeuble Peut rendre plus complexe l'intégration des nouveaux bâtiments dans le quartier Nécessite la formation des futurs habitants et usagers jusqu'à la généralisation des BEPOS et des comportements qu'ils induisent	Nécessite moins d'extension ou de renforcement des réseaux Contribue à renforcer les capacités de production locale
Bâtiments et réseaux intelligents		Renforce la sécurité d'approvisionnement énergétique du territoire Doit permettre une valorisation des productions locales en limitant les renforcements de réseaux (bidirectionnels)

• **Maintien de l'équité sociale**

Dans quelle mesure les systèmes techniques envisagés vont renforcer ou détériorer l'équité sociale ?

Techniques	Coûts	Bénéfices
Monitoring du quartier	<p>Il est difficile de traiter tous les quartiers d'un territoire ou d'une collectivité</p> <p>Toutes les collectivités n'ont pas les mêmes moyens financiers et humains pour accompagner les habitants et usagers dans le monitoring de leur consommation (les <i>smart grids</i> sont aujourd'hui l'apanage des principales agglomérations)</p> <p>Formation des habitants et usagers dont les niveaux d'intérêt et de compréhension sont très différents</p> <p>Adéquation des bâtiments existants aux TIC : il est parfois impossible d'équiper ces bâtiments</p>	<p>Peut permettre de mieux appréhender la précarité énergétique : connaissance de la consommation, suivi des comportements</p>
Capacité de stockage	<p>Aujourd'hui, seuls les tarifs dérégulés peuvent donner un bénéfice aux usagers optimisant le stockage de l'énergie. Pour les acteurs dont les tarifs sont régulés, les bénéfices éventuels dépendront de l'évolution du système tarifaire (2015)</p>	
Equipements délestables	<p>Tous les ménages n'auront pas la capacité de s'équiper : barrières du coût des systèmes de commandes et de programmation</p> <p>Tous les ménages n'auront pas la capacité à orienter / optimiser leur consommation</p>	
Capacité de production locale	<p>Un risque d'effet d'aubaine qui favorise certains ménages ou certaines entreprises (exemple du PV)</p>	<p>Les bénéfices générés localement peuvent améliorer les finances publiques locales</p> <p>Proximité entre le producteur et le consommateur qui peut faciliter la sensibilisation (exemple Solar city)</p>
Systèmes de MDE	<p>Les besoins de financement très élevés vont limiter le nombre de logements traités</p> <p>Pour préserver l'équité sociale, les critères d'attribution d'aides ou de subvention devraient être l'effort à fournir et non plus le niveau de performance</p>	<p>Constitue le principal axe de lutte contre la précarité énergétique mais se posent les questions du financement, du conseil, de l'assistance et du suivi</p>
BEPOS	<p>Problème d'adaptation des BEPOS à toutes les catégories de population (problèmes d'allergies, personnes âgées, surpeuplement, comportement inadapté, capacité de compréhension...)</p> <p>Capacité de financement des ménages de logements plus chers (logements abordables ? Valeur verte ou bâtiment responsable et loyers abordables ?)</p> <p>La capacité de corriger le système thermique en cas de malfaçon ou de comportement inadéquat est aléatoire</p> <p>Le BEPOS ne correspond pas à un optimum économique avec les prix de l'énergie actuels</p>	<p>Permet des réductions fortes de la dépense énergétique pour les ménages qui en bénéficient</p> <p>Améliore l'image du bâti et peut donner de la valeur au bâtiment (valeur verte)</p>
Bâtiments et réseaux intelligents		<p>Capacité et droit des ménages à s'associer pour mieux gérer le système consommation / production à l'échelle de l'îlot / quartier</p> <p>Capacité de vendre des certificats d'économie d'énergie à l'échelle des ménages</p> <p>Peuvent être un élément important d'économie lors de la coproduction de bâtiments (coopératives d'habitants)</p>

• **Intérêt pour l'utilisateur**

Dans quelle mesure les systèmes techniques envisagés vont bénéficier ou coûter aux différentes catégories d'utilisateurs ?

Techniques	Coûts	Bénéfices
Monitoring du quartier	<p>Coût élevé de l'ensemble des appareils de monitoring qui sont supportés par les consommateurs finaux (compteurs intelligents électriques, gaz, voire réseau de chaleur)</p> <p>Information limitée pour les usagers : les compteurs intelligents vont principalement du compteur vers le fournisseur d'énergie et non du compteur vers les équipements consommateurs d'énergie. Les compteurs intelligents renseignent le fournisseur d'énergie sur la demande de puissance avec des pas horaires très courts, lui permettant de définir des stratégies d'offre de services et de tarifs adaptées à ses propres contraintes.</p> <p>Les compteurs intelligents peuvent aussi permettre une information précise des consommateurs sur leurs propres consommations à condition d'installer des équipements supplémentaires de mesure (capteurs). Ces équipements devront être payés par l'utilisateur : la rentabilité de ces équipements de suivi des consommations n'est pas prouvée et demande une forte mobilisation des consommateurs</p> <p>Risque de dépense supplémentaire pour les usagers pour l'achat des compteurs, le remplacement (durée de vie des compteurs avec de fortes composantes électroniques), le coût de nouveaux services (alertes, informations sur les consommations...)</p> <p>Garantie de la confidentialité et la sécurité des données (sur l'occupation, le mode de vie...)</p>	<p>Suppression des factures estimatives, de la présence obligatoire de l'utilisateur pour le relevé, raccourcissement des délais d'attente lors de pannes (intervention plus rapide)</p> <p>Possibilité d'optimisation tarifaire mieux ciblée par les fournisseurs d'énergie</p> <p>Favorise à terme l'appropriation du logement et du système technique par les usagers ... mais cette appropriation dépend du système technique proposé (accessible, compréhensible pour le plus grand nombre, capacité d'interagir...)</p>
Capacité de stockage	<p>Le coût des équipements de stockage peut s'avérer particulièrement élevé et rester à la charge des usagers (pilotage, sur-isolation, équipements solaires...)</p> <p>La maintenance des installations peut grever la rentabilité éventuelle des opérations et ceci est de plus en plus ressenti comme un risque élevé par les gestionnaires de bâtiments</p> <p>Il peut y avoir une surconsommation liée à l'utilisation complète des capacités de déstockage et à la nécessité de reconstituer la capacité de stockage. Le stop and go peut être source de surconsommation et aussi d'usure accélérée.</p> <p>L'optimisation du stockage peut impacter la vie de l'utilisateur et de sa famille en rendant inutilisable certains équipements à des moments jugés improbables</p>	<p>Le bénéfice est principalement lié à l'évolution tarifaire de l'électricité</p>
Équipements délestables	<p>Gênes éventuelles en cas d'utilisation inhabituelle des équipements</p> <p>Contraintes sur les modes d'habiter : obligation d'utiliser un équipement de chauffage alternatif au chauffage électrique (par exemple poêle à bois), limitation de l'usage de certains équipements à certaines heures (fer à repasser, machines à laver, climatisation...), impossibilité d'utiliser certains équipements à certains moments (en cas par exemple de la décharge de la batterie d'un véhicule électrique) ou sinon à des tarifs prohibitifs (plaques à induction)</p> <p>Difficulté de compréhension ou impossibilité économique pour</p>	<p>Possibilité de gérer les équipements de la maison à distance pour les usagers (« smartphone », ordinateur)</p> <p>Offre de systèmes améliorant la sécurité des logements (système d'alarme, contrôle des intrusions...)</p> <p>Optimisation de la dépense dans le cadre de l'évolution tarifaire</p>

	<p>certaines populations (personnes âgées, malades, familles précaires, étrangers...)</p> <p>Le coût des équipements et de la gestion risque d'être supérieur aux économies réalisées d'autant plus que la valeur réelle du kW évité risque d'être captée par des structures intermédiaires entre l'utilisateur et le distributeur d'énergie</p>	
Capacité de production locale	Le bilan économique de la production locale (électricité) ou du kW évité (lié au stockage ou au délestage) dépend de l'évolution de la réglementation et de la tarification	
Systemes de MDE	<p>La substitution du chauffage électrique par convecteurs par des pompes à chaleur ou des systèmes à boucle d'eau permet de réduire fortement la demande de pointe mais est particulièrement onéreuse en termes d'investissement que ce soit dans le neuf ou dans la réhabilitation (cf. analyse ci-après).</p> <p>L'isolation thermique des logements (extérieur ou intérieur) peut aussi réduire la demande de pointe mais exige des montants élevés d'investissement</p>	<p>La réduction des gaspillages et des comportements énergivores peut permettre une économie de 10 à 20 % de la facture d'électricité</p> <p>Par exemple : une action de sensibilisation, d'information et de motivation menée en Bretagne auprès de 50 ménages entre octobre 2011 et mai 2012 a permis à ces ménages d'économiser 52 € sur une année soit 16 % de la facture d'électricité hors chauffage : suppression des veilles des équipements multimédia : - 20 % ; poste éclairage : - 24 % ; poste lavage : - 15 % (Ouest France, mardi 16 octobre 2012)</p> <p>Le choix d'équipements électroménagers très performants n'est pas toujours associé à leur prix, renforçant l'importance des actions d'information.</p> <p>Pour la cuisson, on notera que les plaques à induction, beaucoup plus chères que les plaques vitrocéramiques, sont aussi beaucoup moins énergivores.</p>
BEPOS	<p>Le surinvestissement lié à la construction (dont foncier) et aux actions de contrôle, de labellisation risque d'être supérieur aux économies d'énergie réalisées, d'autant plus que les comportements des usagers devront bien s'adapter aux contraintes du BEPOS</p> <p>Les coûts de maintenance (VMC, solaire, chauffage bois) et de renouvellement de certains composants (isolants, étanchéité) du fait de la tenue des performances dans le temps peuvent limiter les économies réalisées.</p> <p>Les comportements exigés pour optimiser le BEPOS (ouvertures des fenêtres, percements, température de chauffe, nature de l'occupation) risquent d'être difficilement compatibles avec les exigences de confort des ménages.</p> <p>Le BEPOS peut être un frein à l'évolutivité du bâtiment dans le temps</p>	<p>Réduction de la facture énergétique et anticipation des hausses futures des prix de l'énergie</p> <p>Contribution citoyenne à la réduction des émissions de gaz à effet de serre</p> <p>Image positive du logement</p>
Bâtiments et réseaux intelligents	<p><i>"Further study is required of the costs and benefits and behavioural aspects of electricity usage in order to identify solutions that enable consumers to manage electricity better and minimise costs."</i> (Technology Roadmap Smart Grids, IEA, 2011, page 32)</p>	
	<p>Volontariat ou obligation ? à l'échelle individuelle, de l'immeuble ou du quartier ?</p> <p>Quelle est la capacité de commande de l'utilisateur ? Quelle capacité de gérer ses équipements dans le temps ?</p>	

• **Organisation spatiale**

Comment les systèmes techniques envisagés peuvent modifier la gouvernance énergétique ?

Techniques	Coûts	Bénéfices
Monitoring du quartier		Le monitoring doit favoriser la sensibilisation des habitants aux économies d'électricité et à utiliser la tarification différenciée. Les Pouvoirs Publics locaux peuvent accompagner les habitants dans cette démarche par un ensemble d'actions d'éducation, d'information, de sensibilisation, de concertation.
	<p>Le développement des <i>smart grids</i> n'est pas envisagé comme une réponse à l'échelle de chaque logement voire de chaque bâtiment mais plutôt à l'échelle de l'îlot ou du quartier. Il est donc nécessaire d'envisager un intermédiaire entre les fournisseurs d'énergie et les usagers. On fait souvent mention d'agrégateurs qui faciliteraient la gestion locale du réseau et se rémunéreraient sur la vente des kW non consommés.</p> <p>Ces agrégateurs seraient aussi en charge de la valorisation locale des productions locales d'énergie.</p> <p>La question est de savoir qui seront ces agrégateurs : professionnels ou groupements d'usagers.</p> <p>Concernant les énergies renouvelables, il y a jusqu'à présent une obligation de rachat de l'électricité produite par le producteur d'énergie. Cette obligation va-t-elle perdurer avec la nouvelle tarification électrique ou sera-t-elle modulée en fonction des tranches horaires et de la demande ? La production locale d'énergie serait alors associée à des technologies de stockage et à des usages in situ.</p> <p>Ceci conduit à un marché très décentralisé qui concernera une partie de la consommation d'électricité des acteurs économiques : ménages mais aussi établissements tertiaires de proximité.</p>	
Capacité de stockage	Des stockages communautaires sont envisageables. Outre les espaces nécessaires, c'est l'organisation du réseau qui pose question et des coûts initiaux à supporter	Cette capacité de stockage à l'échelle du quartier doit permettre de jouer sur les modulations tarifaires et d'optimiser la dépense. Elle doit permettre aussi de mieux valoriser la production d'énergie renouvelable et éviter la non vente la perte de cette énergie
Equipements délestables		
Capacité de production locale	Un des enjeux des réseaux intelligents est de permettre le développement des énergies locales et intermittentes sans avoir à augmenter la taille du réseau de distribution d'électricité (réseau bidirectionnel) : le risque est effectivement de devoir renforcer les réseaux de distribution ou de ne pas valoriser les énergies produites localement.	<p>Le développement de capacité locale de production d'énergie peut favoriser la création d'entreprises locales et notamment de SCOP, levier d'un développement local.</p> <p>Ces actions doivent s'insérer dans une stratégie énergétique territoriale intégrant aussi l'efficacité énergétique et l'optimisation des réseaux</p> <p>Les entreprises de production locale d'énergie peuvent être le fait de coopératives d'usagers, pouvant renforcer le lien social et la citoyenneté.</p>
Systèmes de MDE	<p>Les investissements de MDE peuvent s'avérer doublement contreproductifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les ménages ne doivent pas voir leur dépense énergétique durablement supérieure (suite aux remboursements à effectuer) à ce qu'elle aurait été sans travaux</li> <li>- Les pouvoirs publics ne doivent pas aider les ménages (sous les différentes formes possibles) de telle sorte que les investissements réalisés génèrent une</li> </ul>	<p>Les activités de MDE doivent être autant que possible mutualisées avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un guichet unique pour le conseil et le financement</li> <li>- Des entreprises locales formées et compétentes</li> <li>- Des stratégies énergétiques territoriales favorisant des projets communautaires de réhabilitation (par rue, par quartier, par îlot...)</li> </ul>

	consommation d'énergie après travaux allant au-delà de la consommation efficiente (cf. chapitre 6.4)	
BEPOS	Les BEPOS peuvent générer de nombreux problèmes de gestion de l'espace comme il a été présenté dans les points 4.1.2 et 4.1.3	Economie pour les ménages Développement de coopératives d'habitants ou d'usagers renforçant le lien social Valorisation du bâtiment : « vers le bâtiment responsable »
Bâtiments et réseaux intelligents	<p>L'ensemble des politiques de réduction de la consommation d'énergie et d'électricité notamment tend à amener de nouvelles tarifications relatives à une gestion beaucoup plus fine du temps et des besoins.</p> <p>La pression existe pour supprimer les tarifs dérégulés qui sont pour certains la cause du manque d'empressement des français à réaliser des économies d'énergie.</p> <p>Au-delà de rendre précaires un plus grand nombre de ménages, il ne faudrait pas que l'objectif politique de réduction de la consommation d'énergie et de la demande de pointe se fasse au détriment des seuls consommateurs et des territoires.</p>	<p>Les bâtiments et réseaux intelligents doivent contribuer à réduire la dépense des ménages et des agents économiques locaux. Ceci est loin d'être prouvé et la tendance serait plutôt de dire que les bâtiments et réseaux intelligents vont permettre aux consommateurs de mieux gérer leur consommation dans le temps et par conséquent vont limiter l'augmentation inéluctable de leur dépense (30 % d'ici 2016 pour l'électricité tarif bleu selon la CRE, note du 18 février 2013)</p> <p>Le développement de ces problématiques autour de l'intelligence énergétique doit être l'occasion de mieux coordonner les réseaux d'énergie (gaz, électricité, réseau de chaleur / biomasse) dans le territoire.</p> <p>Mais les bâtiments et réseaux intelligents sont-ils en mesure de rapprocher optimum collectif et optimum individuels ?</p>
	<p>Même si les démonstrateurs associent fortement les territoires, il n'est pas dit que ceux-ci seront réellement intégrés dans les modèles d'affaires des entreprises. La position des distributeurs nationaux d'électricité et de gaz (tarifs réglementés), leur rôle de concessionnaire auprès des collectivités locales font que celles-ci sont associées à de nombreuses expérimentations (Lyon, Grenoble, Issy-les-Moulineaux...) avec un financement public relativement important.</p> <p>Cependant quand on interroge les sociétés promouvant les TIC (Siemens, Toshiba, Schneider...), on s'aperçoit que leur intérêt se tourne davantage vers les gros consommateurs tertiaires et industriels, un seul système de gestion pouvant mobiliser autant de kW que des milliers de ménages associés à des milliers de systèmes.</p> <p>Une étude menée sur la stratégie des opérateurs de gestion de la demande d'électricité aux Etats Unis montre, sur un ensemble de 10 opérateurs, que ces 10 opérateurs font de l'effacement chez des industriels, 7 dans les établissements tertiaires et deux seulement dans le secteur domestique<sup>54</sup>.</p>	
	<p>Les <i>smart grids</i> posent la question du financement des travaux. Si les réseaux sont dans le champ des entreprises de production et de distribution de l'énergie, il n'en est pas de même des travaux réalisés chez les usagers ou sur l'espace public. Les ménages comme les collectivités font être amenés à investir, ce qui pose de nombreuses questions : jusqu'à quel niveau, avec quels moyens, quels partenariats financiers ???</p>	

<sup>54</sup> Vincent Rious, Yannick Perez, Valeur économique des *smart grids*, conférence Quels modèle économiques et sociétaux, Paris Dauphine, 9 novembre 2012

**PARTIE 2**

**INTERET DES SMART GRIDS POUR UN  
TERRITOIRE**

## 6. ANALYSE D'UN TERRITOIRE SUR RENNES METROPOLE

Dans cette seconde partie de la recherche, il s'agit d'analyser l'impact que pourra avoir un développement des réseaux et bâtiments intelligents sur un territoire réel qui ne soit pas exceptionnel.

Dans ce premier chapitre, nous détaillons les caractéristiques du territoire étudié.

Le territoire retenu est un territoire de Rennes Métropole qui correspond à deux espaces contigus :

- une partie du quartier Cleunay caractérisé par deux grands programmes de construction, l'un réalisé dans les années 50 en logement social et l'autre dans les années 90 avec un fort volet de mixité sociale.
- une partie du nouveau quartier de La Courrouze, lauréat du concours national EcoQuartier 2011.

Une analyse énergétique est menée sur l'ensemble de cette zone puis elle est complétée par une connaissance plus précise de bâtiments spécifiques grâce à des données fournies par ErDF et GrDF.

Ce chapitre comprend les parties suivantes :

- Présentation du contexte breton et local justifiant la recherche,
- Analyse énergétique de la zone étudiée (partie ouest de Cleunay et partie de la Courrouze),
- Analyse de quelques bâtiments de référence.

### 6.1. Le contexte breton et local

#### 6.1.1. Le contexte breton

Le contexte énergétique breton peut être résumé à une croissance forte de la consommation électrique et à une très faible production locale.

La Bretagne ne produit qu'environ 11 % de l'électricité qu'elle consomme,<sup>55</sup> dont 89 % couverts par les énergies renouvelables.

Le reste de ses besoins est importé des régions voisines par un réseau de transport à haute tension. Cette dépendance est préoccupante pendant les pics de consommation hivernaux. Lors de ces épisodes, le réseau n'est pas adapté à cette demande importante "en bout de ligne". Il y a donc des baisses de tension et de possibles coupures pour délester le réseau.

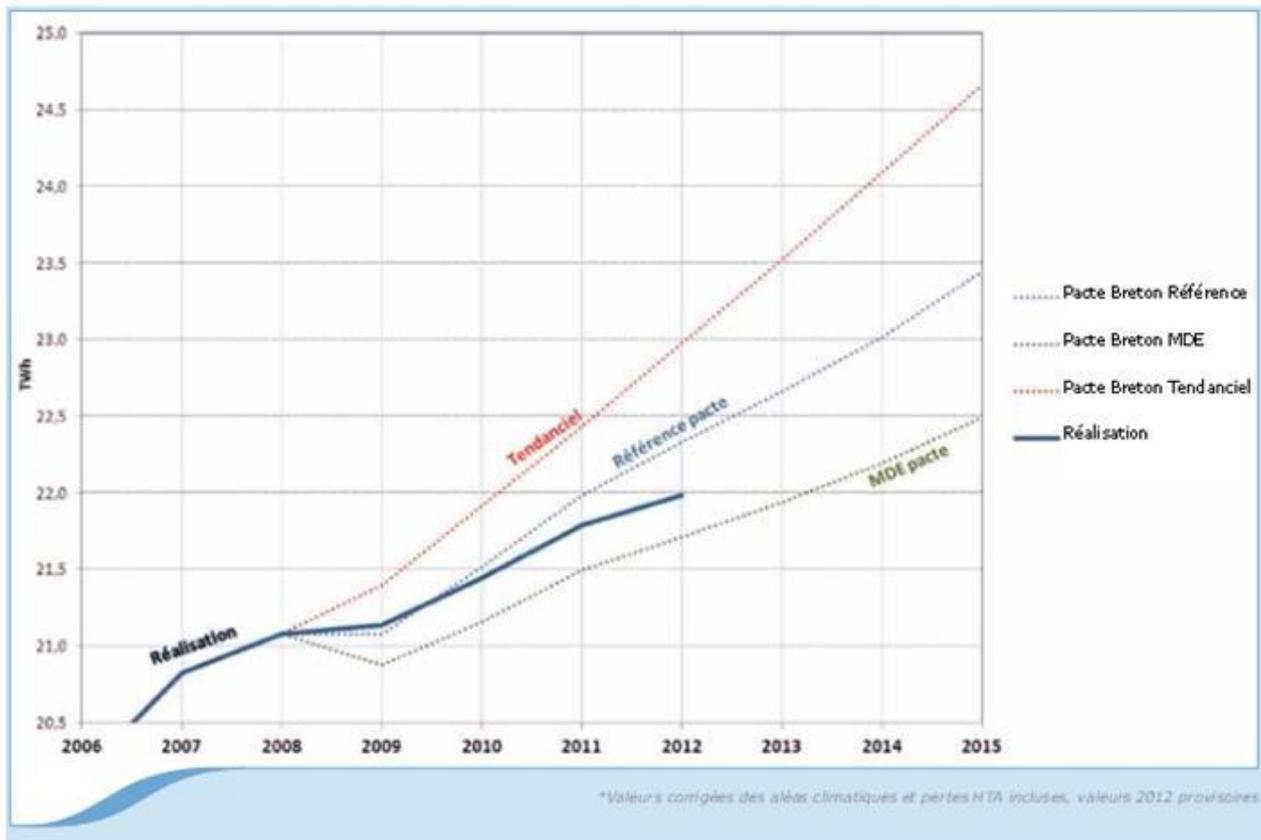
A ce constat actuel, s'ajoute l'augmentation régulière des consommations (plus importante en Bretagne que sur le reste du territoire).

---

<sup>55</sup> Source : Observatoire de l'énergie en Bretagne

### Bilan de la consommation et prévisionnel sur la base du scénario MDE

Prévisions de consommation annuelle (Pacte électrique breton) -  
Mise à jour du réalisé à fin 2012 (en TWh)\*



Source RTE 2013

### Le Pacte électrique breton

Le Pacte électrique breton signé en décembre 2010 par la Région Bretagne, l'Ademe, l'Anah et RTE (Réseau de Transport de l'Electricité) repose sur trois axes clés :

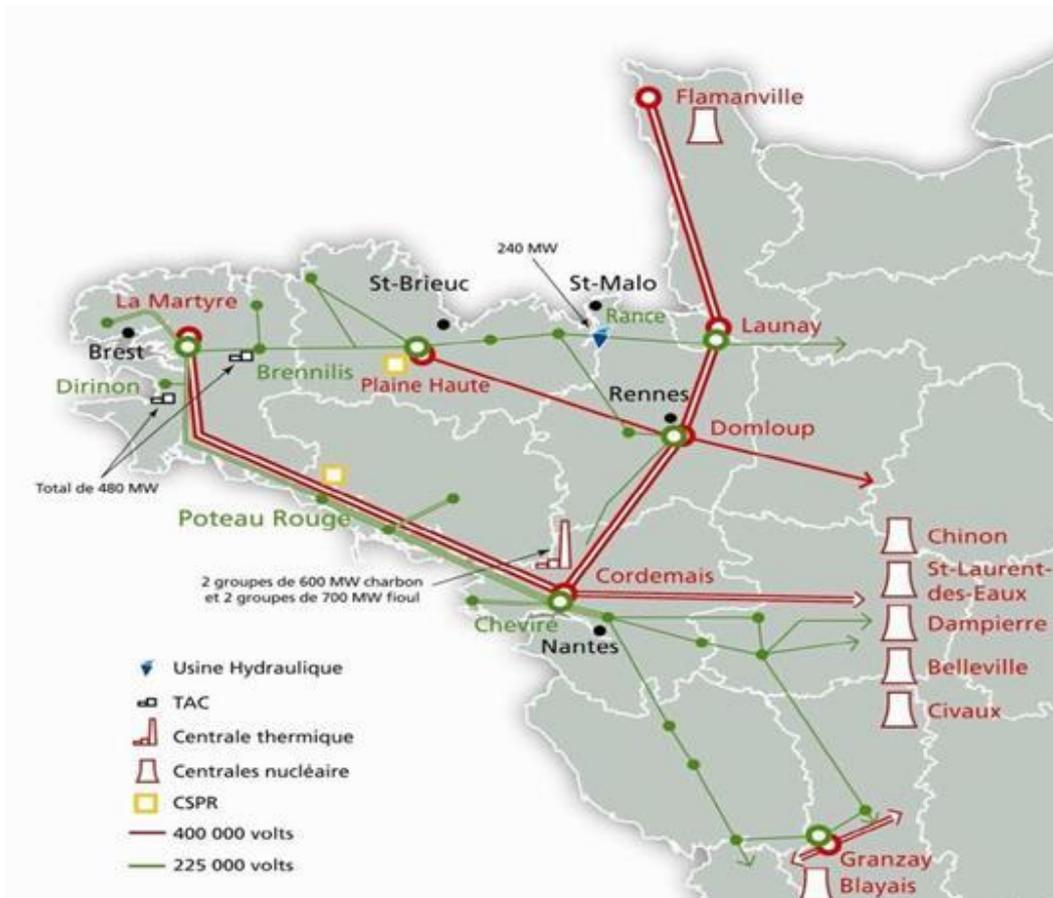
- **la maîtrise des consommations d'électricité**, avec un objectif de diviser par 2 d'ici 2015 puis par 3 d'ici 2020 la croissance de la consommation d'électricité ;
- **le développement des énergies renouvelables** (avec pour objectif d'atteindre 34 % d'autonomie d'ici 2020 contre 11% en 2012 (89% couvert par les ENR), avec une puissance installée de 3 600 MW en 2020, soit 4 fois plus qu'en 2010),
- **la sécurisation de l'approvisionnement électrique** avec les engagements suivants :
  - **le renforcement du réseau de transport d'électricité** (sous la forme d'un « filet de sécurité » qui prévoit la création d'une liaison de 225 000 volts reliant Lorient à Saint-Brieuc, et de dispositifs supplémentaires de gestion du réseau);
  - **la recherche et le développement de réseaux intelligents et du stockage de l'énergie** (la Bretagne étant volontaire pour répondre à toute expérimentation qui pourrait être initiée sur ces sujets, en partenariat avec les acteurs industriels et scientifiques engagés sur ce domaine);
  - **le recours à la cogénération** (avec comme objectif le développement du parc breton de cogénération qui représentait 77 MW en 2010);

- **l'implantation d'un nouveau moyen de production classique** au nord-ouest de la Bretagne (de type cycle combiné gaz (CCG), à haute performance énergétique, fonctionnant dans le cadre du marché électrique, d'une puissance d'environ 450 MW, avec une localisation la plus pertinente se situant dans l'aire de Brest).

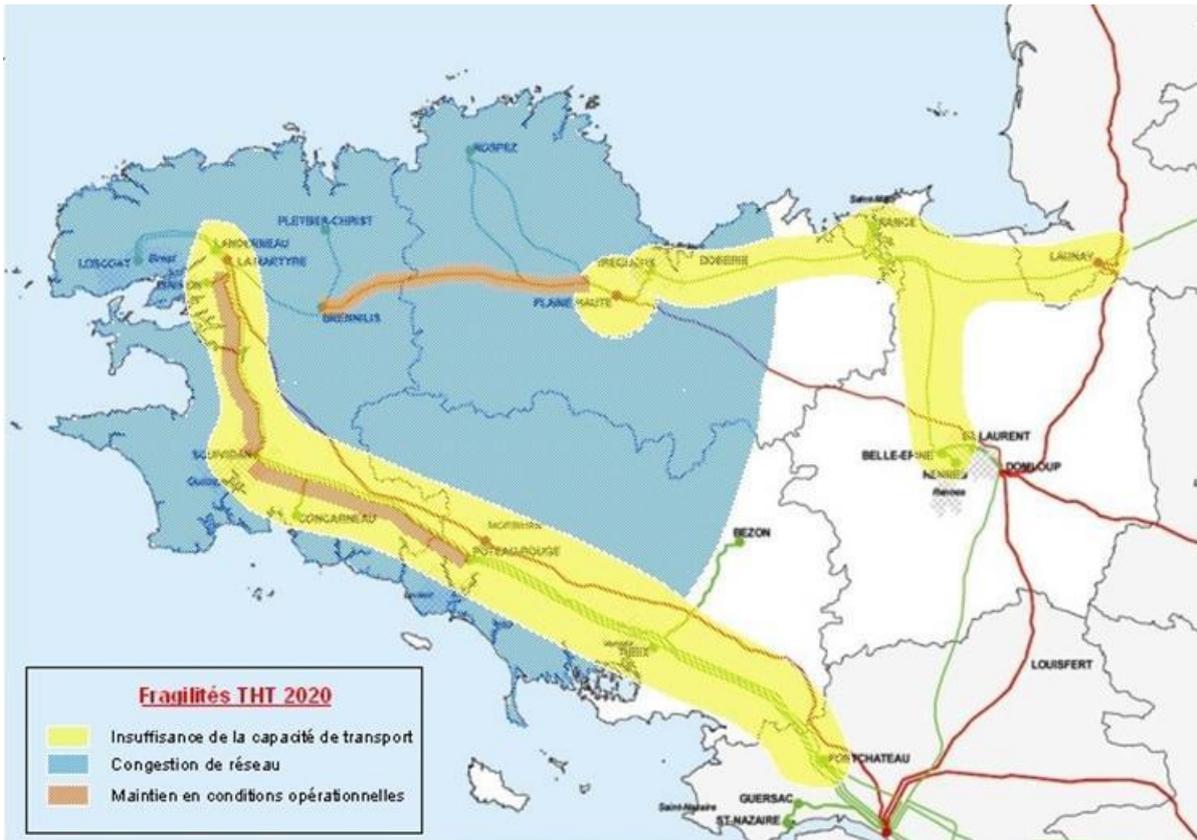
Un plan d'actions et un fonds d'investissement dédié doivent permettre d'atteindre les objectifs définis.

La mise en œuvre opérationnelle du Pacte électrique breton fait l'objet d'un **suivi**, notamment, dans le cadre de la **Conférence bretonne de l'énergie** qui prend appui sur les travaux de **l'Observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre** (Oreges, porté par le GIP Bretagne-Environnement dans lequel l'Etat, la Région et l'Ademe sont partenaires).

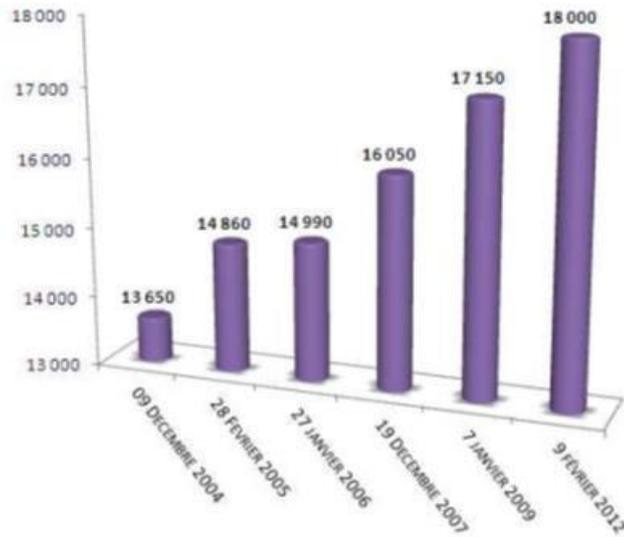
### Le réseau électrique breton



### Les fragilités du réseau breton



### Historique des pointes de consommation dans l'ouest (en MW)



Historique des pointes de consommation dans l'Ouest (en MW)

Source RTE 2013

### Le projet Vir'volt du Pays de Saint Brieuc<sup>56</sup>



En 2008, le Pays de Saint-Brieuc a mis en place, en partenariat avec l'Ademe, la Région Bretagne et l'État, **une opération pilote de MDE** (Maîtrise de la Demande d'Electricité) : Vir'volt. Les objectifs étaient d'agir sur les comportements, les modes de construction et les équipements pour réduire la consommation globale d'électricité.

Pour les particuliers, il s'agit d'un dispositif technique basé principalement sur un modulateur inséré dans le tableau électrique avec un boîtier pilote qui communique avec un centre de commande. Lorsqu'il en reçoit la consigne, le modulateur suspend le chauffage pendant de courtes périodes et le réactive ensuite, le particulier pouvant, à tout moment, reprendre le contrôle de son boîtier s'il le souhaite.

Sur la série de tests réalisés sur 13 cibles (habitat, industries, bâtiments publics, exploitations agricoles...), **les maisons individuelles chauffées à l'électricité** ont été identifiées comme gisement prioritaire pour réduire les consommations électriques. C'est sur cette cible que l'opération se déploie aujourd'hui, de façon expérimentale **sur le territoire du Pays de Saint-Brieuc** pendant 3 ans (2013-2016) sous le nom de Vir'volt-ma-maison.

Le programme Vir'volt-ma-maison se traduit par une mobilisation des financements des partenaires autour de la création d'un **Fonds Régional de Maîtrise de l'Énergie**. Ce fonds permet la mise en commun de financements publics et la valorisation des Certificats d'Économies d'Énergie (CEE). Il est géré par la Région Bretagne pendant toute la durée de l'opération. L'Ademe, la Région Bretagne, la Communauté d'Agglomération, les six Communautés de Communes du Pays de Saint-Brieuc et le Conseil général des Côtes d'Armor participent financièrement à ce Fonds Régional de Maîtrise de l'Énergie



<sup>56</sup> Contact Agence Locale de l'Énergie du Pays de Saint-Brieuc

### L'offre Voltalis pour moduler les consommations



La société Voltalis propose un boîtier qui s'installe simplement sur le tableau électrique et permet de mesurer les consommations électriques en temps réel via Internet et de les moduler.

Les modulations sont ciblées sur certains appareils : radiateurs, chauffe-eau et climatiseurs qui sont les plus gros consommateurs et en même temps dont la consommation est flexible. En pratique, il s'agit de suspendre de 10 à 30 minutes leur cycle. Une si courte modulation n'est pas sensible grâce à l'inertie thermique des bâtiments si celui-ci est convenablement isolé.

### La prise en compte de l'énergie dans le référentiel Qualiparc pour les parcs d'activité bretons

Bretagne Qualiparc est une démarche d'amélioration en continu qui rassemble depuis 1999 les départements et la Région Bretagne avec pour objectif d'améliorer la qualité de tous les parcs d'activité économique sur l'ensemble du territoire breton et notamment d'optimiser le projet pour aller plus loin dans la concertation entre acteurs du développement du territoire, la satisfaction des besoins des entreprises et la gestion économe des ressources pour un projet fonctionnel, qualitatif et durable.<sup>57</sup>

Par ailleurs, « *Compte tenu du contexte global de renchérissement de l'énergie, de raréfaction des ressources naturelles et de l'enjeu que constitue le réchauffement climatique, **une approche environnementale de l'urbanisme** doit être privilégiée afin d'aménager de façon durable cette partie de la commune. [...] La conception du projet doit viser une gestion la plus économe des ressources énergétiques par le choix des matériaux, l'emplacement et l'orientation des bâtiments sur les parcelles (en fonction de la nature du sol, de la course du soleil, des vents dominants), les modes d'éclairage, le recours aux énergies renouvelables, la création de réseaux de chaleur.* » Il est recommandé pour ce faire de prévoir **une mission de conseil en bâtiments HQE**.

Enfin, pour aller plus loin au-delà de la préconisation d'outils devenus « classiques », il est recommandé de faire **une étude (opportunité et faisabilité) du potentiel de production énergétique du territoire**<sup>58</sup> et de se référer au guide de bonnes pratiques à destination des aménageurs du Cete de l'Ouest.

<sup>57</sup> Durable signifie ici respectant l'environnant (ou minimisant l'impact environnemental), ces termes étant employés indifféremment selon les pages du référentiel.

<sup>58</sup> Voir également pour ce faire Ecoquartier mode d'emploi, Edition Eyrolles (2009) et Concevoir et évaluer un projet d'écoquartier, Edition Le Moniteur (2012).

### 6.1.2. La politique d'effacement de la demande d'électricité en Bretagne

#### **Ecowatt : une première démarche de *smart grids* et d'effacement de la demande à l'aide de SMS pour éviter la coupure.**

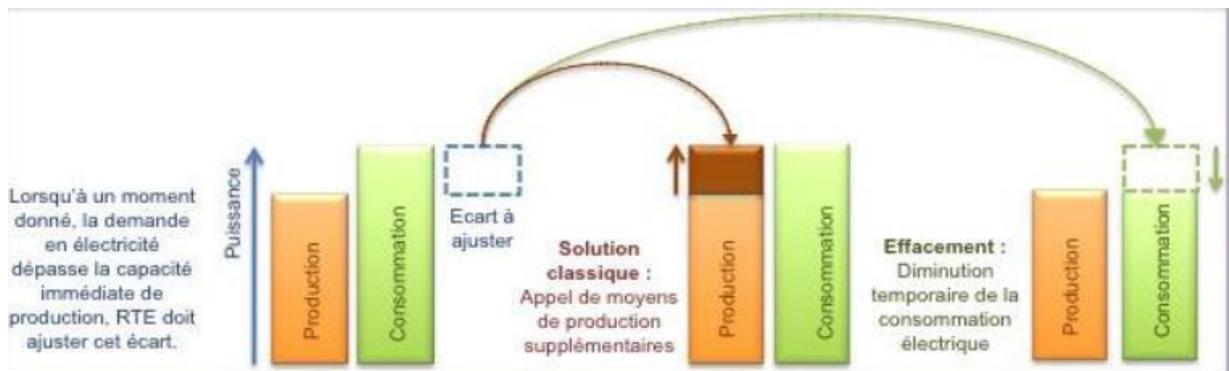
Pour éviter les surcharges sur le réseau électrique breton l'hiver, le gestionnaire de réseau RTE et les partenaires du Pacte électrique ont lancé la démarche EcoWatt : les clients sont invités par SMS ou e-mail à réduire leur consommation lors des périodes de pointe.

EcoWatt est né de la volonté des acteurs régionaux concernés de renforcer la sécurité d'approvisionnement électrique de la région. Cette opération repose sur le lancement d'une campagne interactive, sur le site [www.ecowatt-bretagne.fr](http://www.ecowatt-bretagne.fr). Avec Ecowatt et son système d'alerte le consommateur inscrit reçoit une alerte et est informé en temps réel avec la proposition d'agir le matin et entre 18h et 20h en adoptant les bons gestes économes.

Ecowatt déclenche des « alertes », comparables aux journées vertes, orange ou rouge de Bison Futé, à destination des consommateurs qui se sont inscrits. Ce dispositif d'appel à la modération de la consommation d'électricité repose sur la mobilisation citoyenne et l'utilisation des moyens de transmissions rapides pour l'envoi des alertes (e-mails et SMS notamment).

#### **L'effacement diffus**

L'effacement diffus consiste à suspendre sur une courte durée, de façon synchronisée et maîtrisée grâce à des boîtiers électroniques pilotés à distance, le fonctionnement des appareils électriques de chauffage et d'eau chaude sanitaire dans un nombre important de foyers ou d'entreprises aux moments de forte tension sur le réseau électrique, en particulier à la pointe, ou pour faire face à des aléas divers. La consommation électrique journalière, à l'échelle de la région comme à celle d'un foyer, présente en effet des pics marqués, en particulier lors des grands froids d'hiver.



Source Ademe

Le potentiel de cette solution technique a été expérimenté l'hiver 2009/2010 en Bretagne en partenariat avec le gestionnaire du réseau de transport d'électricité RTE, qui a confirmé l'intérêt de cette initiative pour contribuer à la maîtrise de la consommation électrique en situation de pointe, et donc à la sécurisation du réseau.

Les signataires du Pacte Électrique ont visé un objectif de déploiement de l'effacement diffus rapide et à grande échelle, soit 60 000 sites équipés dès 2011 (action Voltalis/RTE) et un objectif de 300 000 sites à terme. A cette fin, l'Etat et le Conseil régional de Bretagne ont sollicité les opérateurs d'effacement diffus. Au travers d'une plaquette d'information, les partenaires du pacte électrique détaillent le procédé de l'effacement diffus et les avantages qu'il présente pour la sécurisation électrique de la Bretagne.

## L'Effacement diffus - Mode d'emploi & Avantages

### Comment ça marche ?



- 1** Le boîtier d'effacement diffus est installé gratuitement sur le tableau électrique d'un logement chauffé à l'électricité par un électricien qualifié.
- 2** Lorsque le réseau en a besoin, le boîtier d'effacement diffus réduit la consommation électrique des radiateurs et chauffe-eau sur de courtes durées, produisant des économies d'énergie.
- 3** Un accès sécurisé au suivi de vos consommations est mis à votre disposition en ligne, vous permettant ainsi d'optimiser vos consommations d'électricité.

### Une solution

- Écologique**  
Faites un geste important pour l'environnement et réduisez vos émissions de gaz à effet de serre.  
*Les économies d'énergie générées par l'effacement diffus permettent de limiter le recours aux centrales d'appoint à carburant fossile utilisées pour équilibrer le réseau.*
- Économique**  
L'utilisation du boîtier d'effacement diffus vous permet de réaliser des économies sur votre consommation d'électricité annuelle, et ceci sans incidence sur votre confort.  
*Ces économies d'énergie proviennent à la fois des suspensions ponctuelles de vos équipements de chauffage et de l'utilisation de votre suivi de consommations via votre accès sécurisé.*
- Éco-responsable**  
En choisissant l'effacement diffus, vous contribuez à l'équilibre du réseau breton en diminuant le risque de panne électrique générale.

Source Région Bretagne et partenaires du Pacte électrique

L'Ademe a évalué les gains liés à l'effacement diffus. Dans un premier avis (octobre 2012) l'Ademe a mesuré les gains pour la sécurité du réseau comme pour les adhérents aux offres d'effacement.

Les premiers résultats d'une étude en cours montrent que l'effacement diffus pourrait permettre également aux consommateurs de réaliser des économies d'électricité. Ainsi selon l'Ademe, des coupures de l'alimentation de chauffage et de l'eau chaude sanitaire pendant 15 à 20 mn par heure permettraient de réaliser, les jours où elles sont pratiquées, une économie moyenne de l'ordre de 7 à 8 % de la consommation d'électricité (étude CSTB et Ademe en collaboration avec Voltalis). Des études doivent encore être menées pour mesurer l'impact des campagnes d'effacement sur le confort des consommateurs en particulier sur l'évolution de la température du logement (voir avis de l'Ademe à l'Alec du Pays de Rennes du 3 octobre 2012).

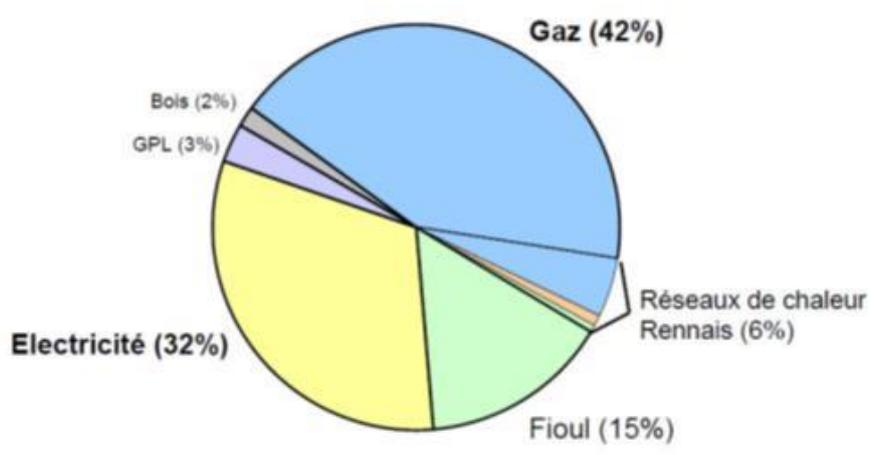
### 6.1.3. Les PCET de Rennes Métropole et de Rennes

Les émissions de CO<sub>2</sub> du territoire rennais s'élèvent à environ 720 000 tonnes et à 2 millions de tonnes pour le territoire de Rennes Métropole.

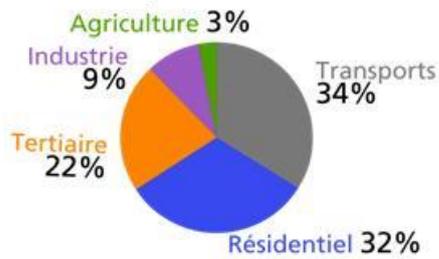
Les PCET de la Ville de Rennes et de Rennes Métropole ont été élaborés conjointement. Ils sont complémentaires dans leurs actions, compte tenu des compétences respectives des deux collectivités. **Les thématiques du transport public, de l'habitat et de la planification territoriale sont développées dans le PCET de Rennes Métropole.**

 Le PCET de Rennes Métropole

Répartition par énergie consommée (hors carburant) sur Rennes Métropole



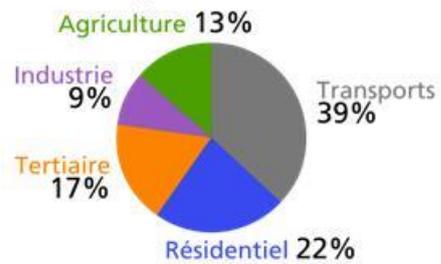
Rennes Métropole



Consommation d'énergie

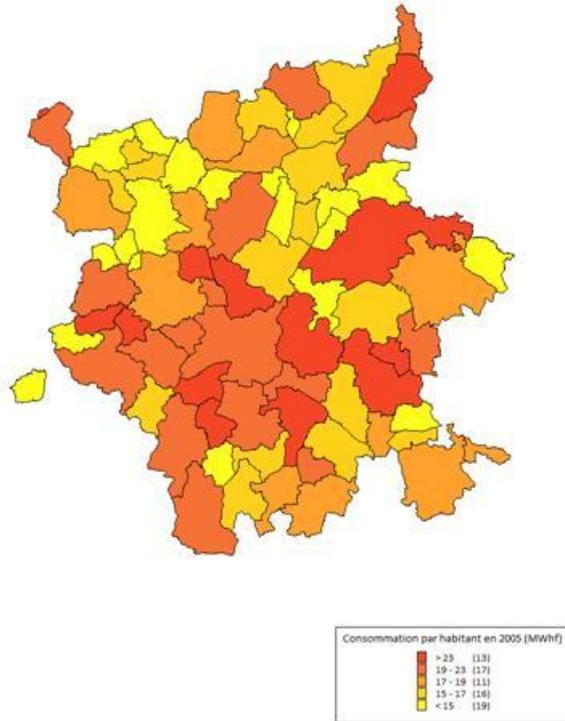
Source ALEC du Pays de Rennes

Rennes Métropole



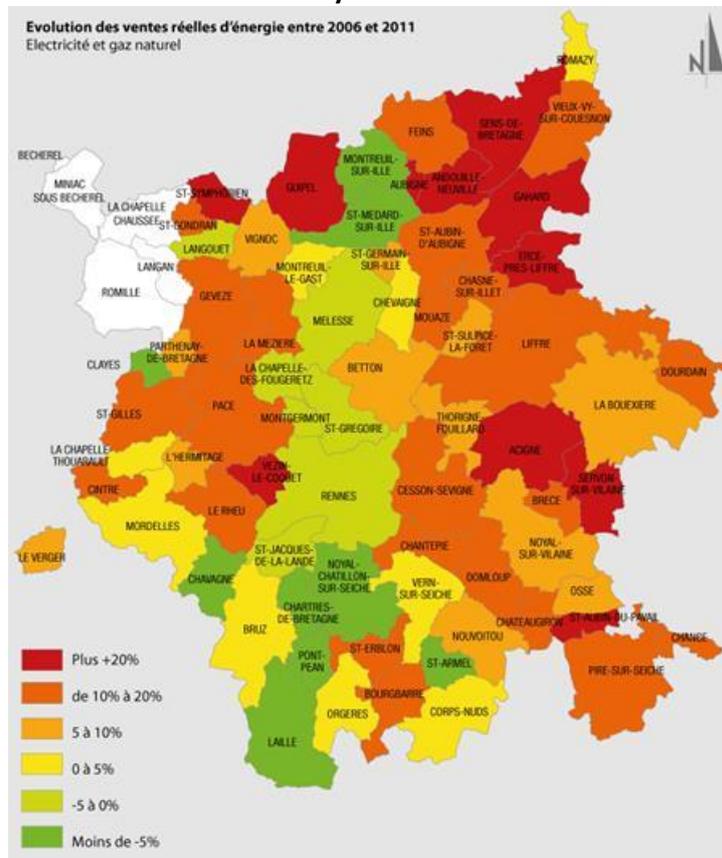
Emissions de CO<sub>2</sub>

**Consommation totale d'énergie par habitant du territoire du Pays de Rennes**



Source ALEC du Pays de Rennes

**Evolution des ventes réelles d'électricité et de gaz naturel entre 2006 et 2011 à l'échelle du Pays de Rennes**



Source ALEC du Pays de Rennes

Le territoire de Rennes Métropole ne produit localement que 3 % de l'énergie consommée.

### Données énergétiques de Rennes Métropole

Consommation totale 2005 (OREGES)	Production renouvelable			Production locale non renouvelable	Production locale totale	Part renouvelable / production totale	Production totale / conso	Production renouvelable / conso
	Electrique MWh	Thermique MWh	Total MWh					
8 497 413	16 515	199 938	216 453	265 788	482 241	45%	6%	3%

La première orientation du PCET de Rennes Métropole est de **Planifier et aménager le territoire pour réduire la dépendance énergétique**. Ceci consiste à prendre en compte l'énergie dans les documents d'urbanisme.

Par ailleurs Rennes Métropole s'engage à « évaluer les opérations d'aménagement actuelles au regard des objectifs énergétiques dans une perspective d'amélioration continue » et soutient l'initiative EcoWatt sur son territoire.<sup>59</sup>

#### Le PCET de Rennes

La consommation annuelle d'énergie du territoire rennais s'élève à environ 3 GWh dont la moitié est du gaz et 31 % de l'électricité. La consommation d'électricité s'est accrue de 25 % entre 1993 et 2007. La production d'énergie renouvelable locale est évaluée en 2010 à 2 % de l'énergie consommée sur le territoire. Elle est composée à 90% de la chaleur et de l'électricité produites par l'usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) et complétée par l'utilisation de bois-énergie.

La consommation d'énergies de réseaux (électricité, gaz, chaleur des réseaux de chaleur urbains) s'élève à 2 660 GWh (en hausse de 13 % depuis 2007). La quantité de chaleur renouvelable et de récupération diffusée par les réseaux de chaleur s'élève à 123,6 GWh (en hausse de 52,8 % depuis 2007). Elle provient intégralement de la récupération de chaleur de l'usine d'incinération des ordures ménagères de Villejean. Elle représente 33 % de l'énergie diffusée par les réseaux de chaleur.<sup>60</sup>

Les trois principaux secteurs émetteurs de CO<sub>2</sub> sont l'habitat (41%), les bâtiments tertiaires (29%) et le trafic routier (24%). L'industrie (4%) et l'agriculture (1%) sont les secteurs les moins émetteurs.

L'engagement de la Ville de Rennes en faveur de la maîtrise des consommations d'énergie n'est pas récent. En effet, dès le début des années 80, la Ville a mis en place un dispositif de suivi des consommations d'énergie sur son patrimoine municipal. En 1997, la Ville a créé, avec l'Ademe, le Conseil Local à l'Energie (Clé - devenu Alec du Pays de Rennes). En 2003, la Ville a fait réaliser une première étude de programmation énergétique sur la base de laquelle sera préparé un premier plan d'action énergie-climat voté l'année suivante.

<sup>59</sup> Le projet d'écoquartier La Courrouze (situé sur les deux communes de Rennes et Saint Jacques de La Lande) a été évalué avec le référentiel INDI et des améliorations potentielles ont été mises en avant à cette occasion sur la thématique Energie (Voir Concevoir et évaluer un projet d'écoquartier, Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, Edition Le Moniteur, 2012).

<sup>60</sup> Source PCET Rennes, Bilan de mise en œuvre en 2011

Parmi les objectifs du PCET de 2010, nous pouvons noter :

**- Objectif 2. Améliorer le bâti rennais pour réduire les besoins en chaleur**

**2. Faciliter les travaux d'économie d'énergie sur les immeubles rennais** (et notamment le résidentiel privé qui représente 70 % du secteur résidentiel et comporte 80 % de logements collectifs). « *La Cellule économique de Bretagne a conduit, en 2009, une étude intitulée « Construction et développement durable en Bretagne – la rénovation des logements existants ». Cette étude a permis de caractériser le parc privé de résidences principales en Bretagne et d'étudier les effets de différents scénarios de travaux sur ces logements. La Ville de Rennes a commandé une extraction de cette étude pour son territoire afin d'aider à préciser les objectifs de l'espace ressource pour la rénovation thermique de l'habitat privé. Les données ont été fournies en novembre 2011.* »<sup>61</sup>

**- Objectif 3. Maîtriser les consommations d'électricité du territoire rennais**

**2. Encourager les économies d'électricité sur le territoire rennais**

**- Objectif 4. Développer les énergies renouvelables**

**1. Adapter et développer les réseaux de chaleur à partir d'énergies renouvelables<sup>62</sup> :**

**2. Développer les énergies renouvelables sur le territoire rennais :** La Ville doit mener des études de potentiel de production d'énergies renouvelables sur le territoire rennais, en lien avec les études menées par Rennes Métropole. Une stratégie de développement doit ensuite être élaborée en 2012.

**- Objectif 6. Renforcer l'approche énergétique dans la planification urbaine et l'aménagement**

**1. Développer une planification énergétique urbaine.** « *L'intégration de l'énergie dans la planification urbaine signifie prendre en compte les articulations entre territoire, énergie et aménagement. Cette vision stratégique de l'énergie dans la Ville permettra de mieux appréhender les enjeux énergétiques liés au bâti et d'optimiser la distribution et l'utilisation de l'énergie à l'échelle du territoire.* »

---

<sup>61</sup> Source PCET Rennes, Bilan de mise en œuvre en 2011

<sup>62</sup> L'objectif est d'améliorer la production de chaleur d'origine renouvelable pour les deux réseaux de chaleur rennais. Les cibles sont de 50 % de la production de chaleur d'origine renouvelable d'ici 2020 pour le réseau Sud et de 75 % pour le réseau Nord.

- Réseau sud : Dans le cadre de l'appel d'offres CRE 3 du gouvernement, l'entreprise Dalkia a été retenue pour construire et exploiter une centrale de production électrique à base de biomasse. Cette usine fournira de la chaleur en cogénération au réseau de chaleur Sud. Le raccordement de la centrale biomasse au réseau de chaleur Sud devrait permettre de couvrir la moitié des besoins en chaleur de celui-ci (mise en service en 2013).

- Réseau Nord : En 2010, 75% de la chaleur diffusée par le réseau de chaleur nord provenait de la récupération de chaleur issue de l'usine d'incinération des ordures ménagères. L'entreprise Cofely devient nouveau délégataire du réseau de chaleur Nord à compter de janvier 2012. Parmi ses engagements figure le développement du réseau de chaleur vers le Sud et l'Est. Enfin une étude aura lieu en 2012 pour évaluer la faisabilité d'un réseau de chaleur spécifique à Maurepas.

- Réseau Baud Chardonnet : Un réseau de chaleur bois est à l'étude sur la ZAC Baud Chardonnet avec extension au nord de la Vilaine (exploitation prévue à partir de 2014).

(Source PCET Rennes, Bilan de mise en œuvre en 2011)

Cependant cette planification énergétique urbaine ne figure pas parmi les 5 objectifs prioritaires du PCET.<sup>63</sup>

## 2. Renforcer l'approche énergétique dans les opérations d'aménagement.

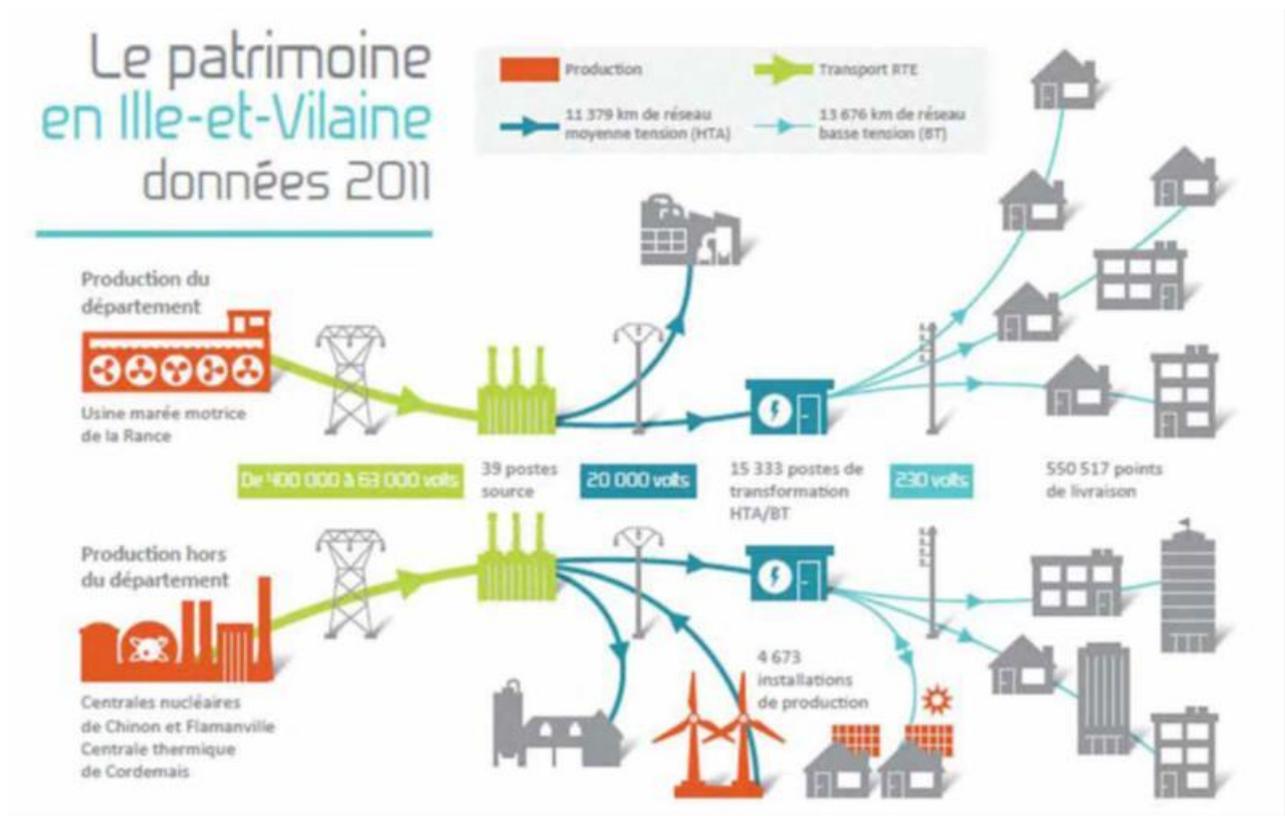
### 6.2. Etat des réseaux

Le schéma ci-dessous présente le réseau électrique en 2011 en Ile-et-Vilaine et sur Rennes Métropole.

La principale unité de production du département est l'usine marémotrice de la Rance qui produit chaque année l'équivalent de la consommation en électricité d'une ville comme Rennes, soit environ 527 GWh (pour une puissance de 240 MW).

La production d'électricité dans le département est également assurée par des éoliennes (110 GWh) et du solaire photovoltaïque (31 GWh), soit un total de 669 GWh en 2011, ainsi que 9 GWh issus d'unités de cogénération et de valorisation des ordures ménagères<sup>64</sup>.

Cette production ne représente que 12,9 % de la consommation finale d'électricité dans le département, soit un taux de dépendance de 87 %.



Source SDE 35

<sup>63</sup> Ces objectifs prioritaires sont : 1. Mobiliser les habitants et acteurs du territoire rennais ; 2. Renforcer l'effort de réhabilitation thermique du patrimoine bâti municipal ; 3. Faciliter les travaux d'économie d'énergie sur les immeubles rennais ; 4. Adapter et développer les réseaux de chaleur à partir d'énergies renouvelables ; 5. Faciliter la pratique des modes doux

<sup>64</sup> Observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre, chiffres clés de l'énergie des départements, édition 2012

Le réseau de distribution est considéré comme performant mais ancien, les postes de transformation ayant un âge moyen de 24,4 ans.

L'évolution de la consommation d'électricité notamment dans le nord-ouest de l'Ille-et-Vilaine a nécessité en 2013 le renforcement du réseau à très haute tension, avec la création par RTE d'un nouveau poste électrique à 225 000 volts, raccordé à la ligne à 225 000 volts existante reliant les postes de Belle-Epine (Rennes) et de Rance (Saint-Malo). L'enjeu de ce projet est double : répondre aux évolutions de consommation d'électricité et assurer la sécurité d'alimentation électrique de cette zone.

Collège électoral du secteur de RENNES METROPOLE				
	DONNEES 2011			CL23
	COLLEGE	DEPARTEMENT 35	COMMUNES RURALES 35	COMMUNES URBAINES 35
	CL23			
<b>LES USAGERS</b>				
Nombre d'usagers total	226 607	550 517	197 846	352 671
Dont nombre d'usagers aux tarifs réglementés	200 912	503 326	187 543	315 783
Consommations (MWh)	2 054 925	6 069 293	2 270 095	3 799 198
Recettes acheminement (k€)	69 487	195 133	75 449	119 685
<b>LE PATRIMOINE</b>				
<b>HTA</b>				
Longueur totale HTA (m)	1 847 811	11 378 923	7 968 220	3 410 703
Dont longueur HTA souterrain (m)	1 185 108	3 387 441	1 354 139	2 033 302
Taux d'enfouissement HTA (%)	64%	30%	17%	60%
Âge moyen HTA (année)	21,9	24,4	25,3	22,3
<b>BT</b>				
Longueur totale BT (m)	2 714 428	13 675 741	8 789 389	4 886 352
Dont longueur BT souterrain(m)	1 730 895	4 894 250	2 157 977	2 736 273
Taux d'enfouissement BT (%)	64%	36%	25%	56%
Longueur BT nu (m)	400 746	3 550 758	2 583 928	966 830
Taux fil nu BT (%)	15%	26%	29%	20%
Âge moyen BT (année)	22,5	25,8	26,9	23,8
<b>Total réseau</b>				
Longueur totale (m)	4 562 239	25 054 664	16 757 609	8 297 055
Taux d'enfouissement (%)	64%	33%	21%	57%
Âge moyen (année)	22,2	25,2	26,1	23,2
<b>Postes de transformation</b>				
Nombre de postes de transformation	2 819	15 333	10 374	4 959
Dont postes cabines hautes	87	1 285	1 103	182
Âge moyen (année)	24,4	24,9	24,7	25,3
<b>LA QUALITE</b>				
<b>Durée moyenne de coupure en minutes hors événement exceptionnel par usager par an (Critère B)</b>				
Critère B total (min)	21,1	62,9	126,3	27,4
Critère B HTA + amont (min)	13,4	52,3	113,3	18,1
Critère B BT (min)	7,8	10,5	13,1	9,3
Critère B pour travaux BT+HTA (min)	6,1	17,3	35,4	7,2
Critère B pour incidents BT+HTA (min)	15,1	45,6	90,9	20,2
<b>Nombre moyen annuel de coupures (fréquences de coupures)</b>				
Fréquence de coupures très brèves (< 1s)	1,29	3,95	9,08	1,08
Fréquence de coupures brèves (> 1s et < 3 min)	0,46	1,10	2,07	0,55
Fréquence de coupures longues (> 3 min)	0,34	0,71	1,21	0,42
<b>Taux d'incidents BT / 100 km</b>	4,6	5,5	6,0	4,6

Source SDE 35 – rapport de concession / le « collège CL 23 » représente Rennes Métropole

### 6.3. Le territoire analysé

#### Identification du périmètre du site pilote

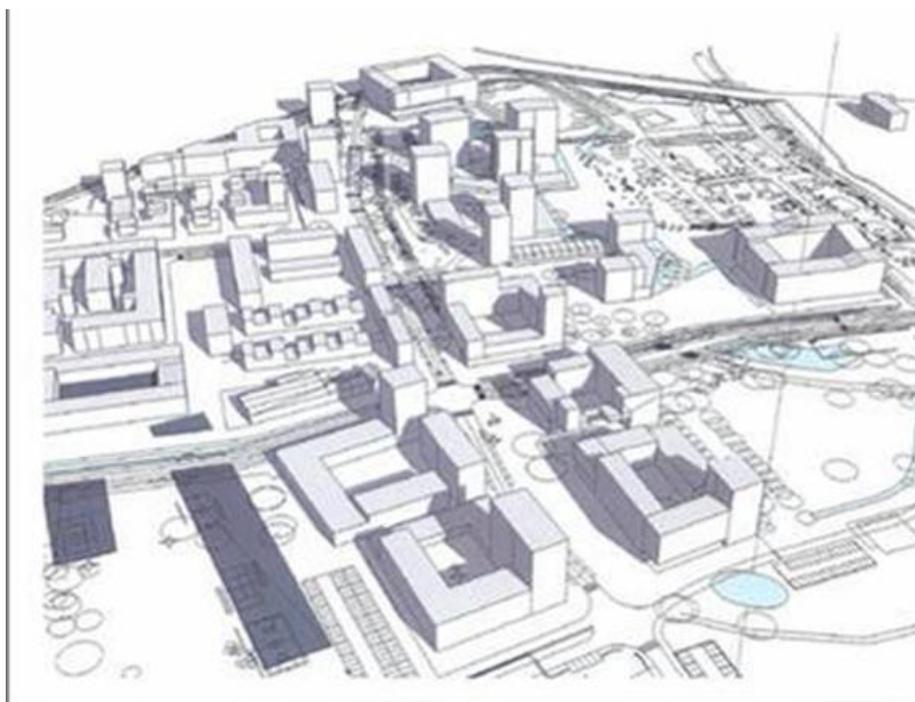
Le territoire analysé est un territoire composé de deux entités :

- une partie du nouveau quartier de La Courrouze (lauréat du concours national Ecoquartier 2011),
- un quartier construit dans les années 60 puis dans les années 90/2000 : Cleunay

#### 6.3.1. La Courrouze

ZAC de 115 hectares lancée en 2002 et créée en 2004, La Courrouze s'étend sur une ancienne friche industrialo-militaire située sur les communes de Rennes et de Saint-Jacques de La Lande : la ZAC comprend un secteur non opérationnel de 26 ha (terrains militaires) et un secteur opérationnel de 89 ha soit 28,5 ha d'espaces privés et 60,5 ha d'espaces publics (voiries : 14,3 ha et espaces libres : 46,2 ha).

Le maître d'ouvrage délégué est Territoires & Développement. La maîtrise d'œuvre des espaces publics, voiries et réseaux ainsi que du suivi urbain et architectural est assurée par le cabinet Studio 010 (Bernardo Secchi et Paola Vigano) associé à Charles Dard (Paysagiste) et à AMCO (réseaux et OPC).



**Le programme** comprend la construction de 587 200 m<sup>2</sup> Shon avec :

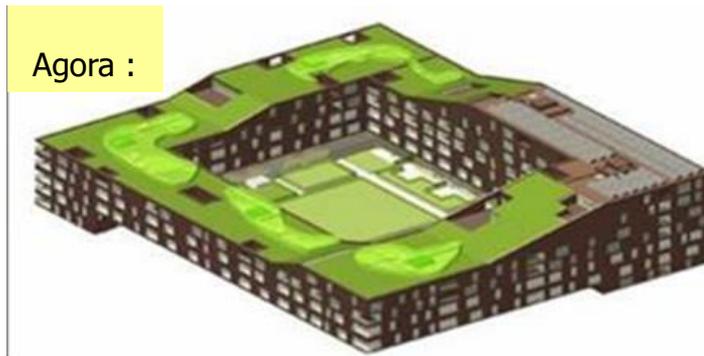
- 391 385 m<sup>2</sup> de Shon de logements (soit environ 4 700 logements) dont 50 % non aidés (23 % en accession libre moyen de gamme et 27 % en accession ou locatif libre) et 50 % aidés avec 25 % de locatif social (PLUS), 13 % de locatif intermédiaire (PLS) et 12 % d'accession aidée ;
- 29000 m<sup>2</sup> Shon d'équipements dont 16 000 m<sup>2</sup> d'équipements de proximité et 13000 m<sup>2</sup> d'équipements d'intérêt d'agglomération ou régional ;

- 162 000 m<sup>2</sup> de Shon de bureaux et services répartis comme suit : 155 000 m<sup>2</sup> Shon de bureaux, 7 000 m<sup>2</sup> Shon de services,
- 11 000 m<sup>2</sup> de Shon pour les commerces et 4 200 m<sup>2</sup> existants à réhabiliter.

**La population attendue** est de l'ordre de 10 450 habitants soit 10 % de l'augmentation de la population supplémentaire attendue sur Rennes Métropole entre 2003 et 2020.

**Le projet** comprend une diversité de formes urbaines avec :

- Les « **pôles** » et « **agoras** » : immeubles urbains denses formant des îlots bâtis autour d'un espace central en copropriété ou à domanialité publique. Ils accueillent logements et services et contribuent à forger le caractère urbain du projet d'aménagement.



- Les « **maisons en hauteur** » (10 et 11 niveaux) : ce sont des immeubles de grande hauteur insérés dans des parties boisées. Implantés sur des parkings semi-enterrés, ces bâtiments bénéficient d'une vue belvédère sur le centre-ville de Rennes.



- Des **jardins habités accueillant des maisons groupées** dites « maisons patios » et des logements intermédiaires. Dans les maisons groupées, autour d'un espace central en copropriété, sont disposés les logements, les garages et les jardins privés. Il s'agit de maisons évolutives qui s'adapteront à la composition de la famille.

- Les « **dominos** » concentrent la plupart des activités tertiaires en vitrine le long de la rocade. La forme des bâtiments évoque des dominos et offre également la possibilité d'activités commerciales et d'hébergement.
- Des **petits ensembles compacts de 3 logements** autour d'un jardin collectif.
- Quelques **maisons groupées (maison patio) ou en bande**.

Outre les projets de construction, les points forts du projet sont principalement :

- **Une diversité de formes urbaines** (bâtiments d'habitation ou d'activité) qui créent des ambiances différentes
- **Des logements abordables** (coûts maîtrisés : négociations avec les promoteurs)
- **La qualité des espaces publics** : traitement paysager, sonore, écologique, aspect quantitatif (> 30 m<sup>2</sup>/habitant), vocation multiple (y compris jardins familiaux), structuration claire de la voirie
- **La préservation des espaces verts** et des arbres et la valorisation de la biodiversité existante et de l'eau ainsi que la réduction de la pollution lumineuse
- **Une forte mixité fonctionnelle et sociale**
- **La qualité des transports en commun** (ligne de métro, bus en site propre) **et des circulations douces** (pistes cyclables)
- **La gestion des déchets** : Point d'apport volontaire pour les ordures ménagères, composteurs collectifs, charte d'urbanisme commercial du Pays de Rennes ; utilisation des matériaux de démolition pour les aménagements (gravats de démolition et terres issues des terrassements)

### 6.3.2. Cleunay

Le quartier étudié est la partie Ouest du secteur Cleunay, premier quartier d'habitat social de Rennes. Ce quartier initialement exclusivement constitué de logements sociaux présente aujourd'hui une bonne mixité sociale grâce à la création d'une ZAC dans les années 90. Suite à un projet de renouvellement urbain cofinancé par l'ANRU des démolitions-reconstructions ont été effectuées. Il comprend des logements sociaux construits à la fin des années 60 (et réhabilités dans les années 2000) (gérés principalement par un bailleur : Archipel Habitat) ainsi que des maisons individuelles construites dans les années 90.

L'évaluation porte sur un iris correspondant à la zone de Cleunay ouest.

## Iris de Cleunay



Source : Insee

### Caractéristiques de la zone étudiée

#### Données du recensement 2009

La zone a une population de 2 456 personnes et comprend 1 599 logements dont 225 maisons et 1 374 appartements.

Le nombre de résidences principales est de 1 487 dont 219 maisons et 1 268 appartements (10 résidences secondaires et 102 logements vacants)

Les 1 487 ménages se répartissent en :

- 444 propriétaires occupants (835 personnes) soit 29,9 %,
- 519 locataires du secteur privé (720 personnes) soit 34,9 %,
- 514 locataires du secteur public (HLM) (867 personnes) soit 34,6 %,
- 10 ménages logés gratuitement (17 personnes) soit 0,6 %

Les dates d'emménagement des ménages (moins de 2 ans : 578 habitants, entre 2 et 4 ans : 731, entre 5 et 9 ans : 374, 10 ans et + : 774) montrent un taux de rotation relativement important, supérieur à 10 % par an, sans doute explicable par la faiblesse des transports en commun dans l'attente du métro arrivant prochainement sur le quartier (en liaison avec le nouveau quartier de La Courrouze).

La population présente dans le secteur est une population de jeunes actifs (25-39 ans) avec une surreprésentation des 15 – 64 ans (78 % contre 73 % sur Rennes Métropole) et à l'inverse moins d'enfants (11,7 % contre 13,4 %) et de personnes âgées (10,2 % contre 13,4 %).

La zone compte peu d'étudiants (7,7 %) contre 18,3 % sur Rennes Métropole (du fait de la faiblesse des transports en commun).

Les catégories socioprofessionnelles de la zone sont assez larges mais avec une forte proportion d'ouvriers et d'employés.

#### Activité de la population de 15 ans et + : 2 245 personnes

- Artisans, commerçants et professions libérales : 30 (1,3 %)
- Cadres supérieurs : 231 (10,3 %)
- Professions intermédiaires : 476 (21,2 %)
- Employés : 508 (22,6 %)
- Ouvriers : 319 (14,2 %)
- Retraités : 358 (15,9 %)
- Autres : 323 (14,4 %)

En 2009, le secteur comptait 1 061 personnes ayant un emploi soit un taux d'activité de 53 % (sur 1 987 personnes ayant entre 15 et 64 ans). Le nombre de demandeurs d'emplois était de 217.

Les données sur **les revenus fiscaux** de 2006 montrent que les habitants de ce secteur ont des revenus inférieurs à la moyenne de Rennes Métropole d'environ 18 % mais cet écart est d'autant plus important que les revenus s'élèvent. L'écart de revenus pour le premier quartile est seulement de 5 %, il est de 11 % pour les revenus médians, de 14 % pour le troisième quartile, de 17 % pour le neuvième décile et plus important encore pour le dixième décile, expliquant cet écart de 18 %.

Le secteur est évidemment marqué par un pourcentage de locataires plus important que celui observé sur la ville de Rennes (70 % contre 58 %), les locataires ayant des revenus largement inférieurs aux propriétaires occupants.

#### Revenus fiscaux par ménages en 2006

	Ville de RENNES			Cleunay Ouest
	Propriétaires occupants	Locataires	Total	
Nb de ménages fiscaux	36 415	50 491	86 906	1 345
Part en %	41,90%	58,10%		
1er quartile (€)	22 622	10 032	14 023	13 342
Médiane (€)	34 328	17 014	22 964	20 404
3ème quartile (€)	51 916	26 722	37 743	32 361
1er décile (€)	15 959	3 853	6 710	6 652
2ème décile (€)	20 546	8 167	12 141	11 550
3ème décile (€)	24 702	11 727	15 684	14 633
4ème décile (€)	29 230	14 513	19 087	17 220
6ème décile (€)	40 250	20 075	27 713	23 885
7ème décile (€)	47 239	24 123	33 847	29 715
8ème décile (€)	57 666	29 900	42 442	36 310
9ème décile (€)	76 602	39 297	58 084	48 483
Rapport inter-déciles	4,8	10,2	8,7	7,3
Ecart-type (€)	55 257	20 172	40 627	21 010
Moyenne (€)			30 590	24 997
Indice de Gini	0,3788	0,4134	0,4371	0,3863

Source : FILOCOM

La population de Cleunay ouest a des revenus fiscaux inférieurs à ceux de l'ensemble de la Ville de Rennes. Un des facteurs est dû à la faible présence de propriétaires occupants dans le quartier.

Si la Ville de Rennes avait la même structure de population que Cleunay ouest, le revenu médian serait de 22 191 €, soit 8,8 % supérieur au revenu fiscal médian de Cleunay ouest. La différence observée provient donc de la structure socioprofessionnelle du quartier.

## **6.4. Analyse de la dynamique énergétique du territoire**

### **6.4.1. La Courrouze**

Les bâtiments étudiés sont les bâtiments en hauteur (voir photos) des 3 et 5 rue Roger Henri Guerrand :

- **Immeuble 5** : 133 logements dont 64 locatifs sociaux (Archipel Habitat) et 69 logements privés

Chauffage gaz : condensation + PAC absorption gaz

Consommation 2012 : 790 156 kWh (source GrDF)

Estimation consommation 2013 : 738 983 kWh (source GrDF)

Surface : 20 147 m<sup>2</sup> SHON (16 800 m<sup>2</sup> habitable)

Consommation moyenne par m<sup>2</sup> : 45 kWh / m<sup>2</sup>

- **Immeuble 3 A, B et C** : 132 logements, soit 3 fois 44 logements

Chauffage gaz + ECS solaire

Surface : 12 748 m<sup>2</sup> de SHON soit 10 200 m<sup>2</sup> habitable

On considère que la consommation de ces bâtiments peut être calculée sur la même base :

- Chauffage :  $30 * 1,4 = 42$  kWh / m<sup>2</sup> (1,4 est le rendement de la PAC)

- ECS :  $15 * 0,5 = 8$  kWh / m<sup>2</sup> (0,5 est la part non renouvelable de l'ECS)

- **Consommation de chauffage et ECS des bâtiments 3 et 5 :**

$45 * 16 800 + 50 * 10 200 = 1 266 000$  kWh / an (1 266 MWh)

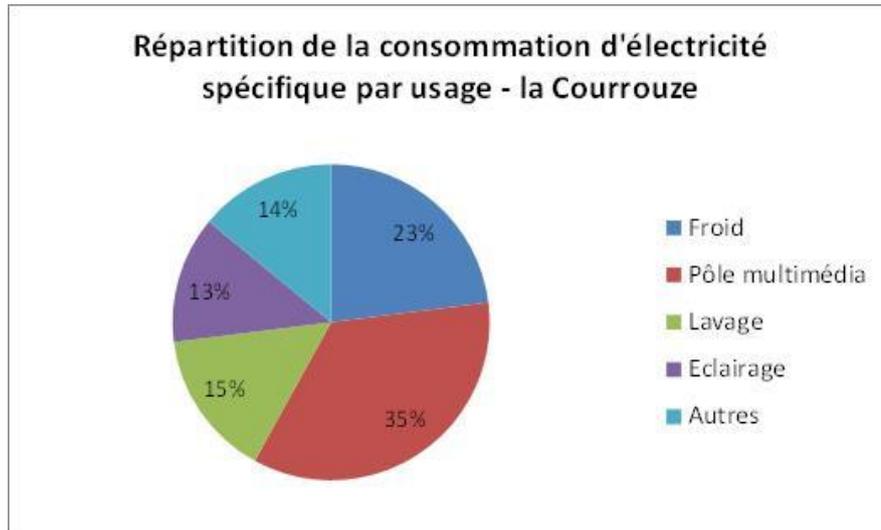
- **Consommation d'électricité spécifique des bâtiments 3 et 5**

La consommation d'électricité spécifique est estimée à 1 200 kWh par habitant compte tenu de la population qui s'est installée (jeunes actifs avec enfants).

La population moyenne est de 2,2 personnes par logement, soit une consommation en électricité spécifique de 2 640 kWh par an et par ménage.

La consommation d'électricité spécifique de notre échantillon est estimée à 699 600 kWh par an en énergie finale.

La répartition par usage de l'électricité a été définie à partir des ratios existants et en considérant le type de résidents.



Source : La Calade

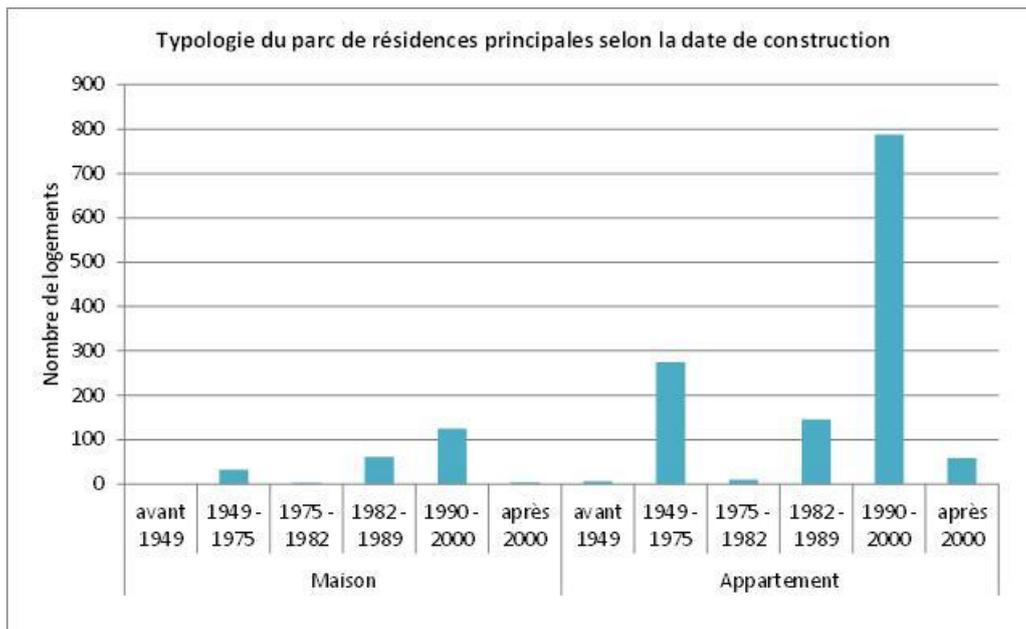
#### 6.4.2. Cleunay

L'analyse porte sur un iris « Cleunay ouest » et s'appuie sur le modèle CLE-BAT (modèle finalisé par l'Unité Energie – Climat d'Artelia à partir d'un travail initial mené par La Calade).

Ce modèle donne une estimation des consommations d'énergie du secteur résidentiel par iris en distinguant le statut d'occupation, le type d'habitat, l'énergie de chauffage et l'usage.

Les résultats ont été adaptés à notre problématique de recherche.

Cleunay ouest comprend 1 600 logements dont 1 507 résidences principales avec 225 maisons et 1 282 appartements. Une part importante de ces appartements (52 %) a été construite au début des années 90, créant de la mixité sociale à côté des logements sociaux construits principalement durant les années 60 (17 % des appartements).



Source : Insee, recensement 2009

**Répartition du parc de résidences principales par date de construction et statut d'occupation**

		Propriétaire occupant	Locataire privé	Locataire social
Maison	avant 1949	0	0	0
	1949 - 1975	16	3	13
	1975 - 1982	0	3	0
	1982 - 1989	42	10	10
	1990 - 2000	109	13	3
	après 2000	3	0	0
<b>Total Maison</b>		<b>171</b>	<b>29</b>	<b>26</b>
Appartement	avant 1949	0	0	6
	1949 - 1975	0	26	252
	1975 - 1982	0	7	3
	1982 - 1989	38	35	72
	1990 - 2000	232	440	116
	après 2000	3	6	49
<b>Total Appartement</b>		<b>273</b>	<b>514</b>	<b>498</b>
<b>Total</b>		<b>444 (29 %)</b>	<b>543 (36 %)</b>	<b>523 (35 %)</b>

Source : La Calade et Artelia, d'après l'Insee

**Surface chauffée des logements selon leur date de construction en m<sup>2</sup>**

		Total
Maison	avant 1949	0
	1949 - 1975	2 033
	1975 - 1982	273
	1982 - 1989	4 882
	1990 - 2000	12 274
	après 2000	406
Appartement	avant 1949	345
	1949 - 1975	15 184
	1975 - 1982	761
	1982 - 1989	9 179
	1990 - 2000	42 472
	après 2000	2 273
<b>Total</b>		<b>90 082</b>

Source : La Calade et Artelia, d'après l'Insee

**Répartition des logements selon le statut d'occupation des logements et l'activité de la personne de référence du ménage - résidences principales**

		Actifs ayant un emploi	Retraités ou préretraités	Hommes/ femmes au foyer; inactifs	Chômeurs
Propriétaire occupant	Maison	120	35	6	6
	Appartement	225	39	6	3
Locataire privé	Maison	22	3	3	0
	Appartement	408	10	13	32
Locataire sociaux	Maison	10	9	3	3
	Appartement	264	97	54	77
<b>Total</b>	<b>Maison</b>	<b>152</b>	<b>48</b>	<b>13</b>	<b>10</b>
	<b>Appartement</b>	<b>896</b>	<b>145</b>	<b>74</b>	<b>112</b>

Tous logements	Actifs ayant un emploi	Retraités ou préretraités	Hommes/ femmes au foyer; inactifs	Chômeurs	Total (Nombre de ménages)
Nombre de logements	1048	193	86	121	<b>1449</b>
Répartition en %	<b>72%</b>	<b>13%</b>	<b>6%</b>	<b>8%</b>	<b>100%</b>

Source : La Calade et Artelia, d'après l'Insee

L'énergie de chauffage est principalement le gaz naturel en chaufferies (59 %) ou en individuel (33 %), le chauffage électrique étant présent dans 7 % des logements.

**Répartition des logements selon leur mode de chauffage et par énergie**

	Nombre de logements			Répartition en %
	Maisons	Appartements	Total	
Chaufferies gaz		496	496	32,9%
Gaz individuel	206	686	892	59,2%
Electricité	16	88	104	6,9%
Chaufferie fioul		7	7	0,5%
Bois	3	6	9	0,6%
<b>Total</b>	<b>225</b>	<b>1 282</b>	<b>1 507</b>	<b>100,0 %</b>

Source CLE-BAT pour La Calade, 2013

Le modèle CLE-BAT croise les données de l'INSEE avec les consommations unitaires moyennes estimées par le CEREN et adaptées à chaque type de logement en fonction des surfaces estimées et des conditions climatiques. Il s'agit évidemment d'une consommation théorique, laquelle peut être suffisante en première estimation d'une étude sur un territoire.

Dans le cas présent, l'estimation prend en considération la date de construction récente d'une partie des logements et la spécificité du parc chauffé au gaz.

Pour l'électricité spécifique, compte tenu de la population du quartier, nous avons estimé la consommation à 1 000 kWh par an et par habitant avec une moyenne de 1,6 personne par appartement et de 2 personnes par maison (hypothèse différente de celle retenue pour le modèle CLE-BAT).

La consommation d'énergie des résidences principales de Cleunay ouest est estimée à 16 722 MWh en énergie finale avec une part importante due aux constructions faites depuis 1990 (60,8 %).

Les consommations unitaires des logements sont le reflet de leur date de construction récente.

#### Consommation moyenne des logements selon le mode de chauffage (tous usages)

Mode de chauffage	kWh par logement
Gaz collectif	10 988
Gaz individuel	11 886
Chauffage électrique	7 600
Chauffage au fioul	6 971
Chauffage au bois	15 172

Source : CLE-BAT pour La Calade, 2013 et ErDF pour l'Alec, septembre 2013

Ce tableau rappelle que la consommation des logements avec chauffage électrique est plus faible que celle des logements avec les énergies fossiles du fait de la petitesse des logements d'une part et d'un comportement plus économe des usagers de l'électricité d'autre part (régulation plus aisée, prix de l'énergie plus élevé).

Par ailleurs la surface moyenne des logements sur le secteur est de 88 m<sup>2</sup> pour les maisons et de 55 m<sup>2</sup> pour les appartements.

#### Répartition de la consommation d'énergie finale du secteur Cleunay ouest

	Mode de chauffage	Gaz collectif	Gaz individuel	Electricité	Fioul	Bois	Total
Maisons	Avant 1975	38	376	27			441
	1975 – 1989		723	144		60	927
	1990 et après		2 277				2 277
	Total	38	3 376	171	0	60	3 646
Appartements	Avant 1975	3 250	104		39		3 393
	1975 – 1989	61	1 503	109	43		1 716
	1990 et après	2 048	5 346	501		72	7 968
	Total	5 359	6 953	610	82	72	13 076
Toutes résidences principales		5 397	10 329	781	82	132	16 722

Source : CLE-BAT pour La Calade et calculs de La Calade, 2013

L'analyse permet de répartir les consommations d'énergie par usage en distinguant :

- Le chauffage des logements : principal et appoint,
- La fourniture d'eau chaude sanitaire (ECS),
- La cuisson,
- L'éclairage et l'électricité spécifique.

**Estimation de la consommation d'énergie par usage en MWh par an**

			Gaz	Electricité	Fioul	Bois	Total	
Maisons	< 1975	Chauffage	290	13	0	0	303	
		Appoint	0	13	0	24	37	
		ECS	27	10	0	0	37	
		Cuisson	19	6	0	0	26	
		Electricité Spécifique	0	45	0	0	45	448
	1975 - 1989	Chauffage	445	70	0	46	561	
		Appoint	0	37	0	82	119	
		ECS	57	40	0	0	97	
		Cuisson	38	23	0	0	61	
		Electricité Spécifique	0	117	0	0	117	955
	1990 et +	Chauffage	1 354	0	0	0	1 354	
		Appoint	0	108	0	108	216	
		ECS	192	48	0	0	240	
		Cuisson	142	36	0	0	178	
		Electricité Spécifique	0	289	0	0	289	2 277
Total	Chauffage	2 089	83	0	46	2 218		
	Appoint	0	158	0	214	373		
	ECS	276	98	0	0	374		
	Cuisson	199	65	0	0	265		
	Electricité Spécifique	0	451	0	0	451	3 680	
Appartements	< 1975	Chauffage	2 266	0	24	0	2 290	
		Appoint	0	101	0	101	201	
		ECS	227	81	4	0	312	
		Cuisson	140	48	1	0	189	
		Electricité Spécifique	0	401	0	0	401	3 393
	1975 - 1989	Chauffage	972	54	0	0	1 027	
		Appoint	0	7	0	10	16	
		ECS	159	64	0	0	223	
		Cuisson	100	32	0	0	131	
		Electricité Spécifique	0	314	0	0	314	1 712
TOTAL RP	1990 et +	Chauffage	4 583	241	28	55	4 908	
		Appoint	0	39	0	49	89	
		ECS	720	297	7	0	1 024	
		Cuisson	436	145	2	0	583	
		Electricité Spécifique	0	1 337	0	0	1 337	7 940
	Total	Chauffage	7 822	295	52	55	8 224	
		Appoint	0	147	0	160	306	
		ECS	1 107	438	11	0	1 556	
		Cuisson	675	225	3	0	903	
		Electricité Spécifique	0	2 052	0	0	2 052	13 041
TOTAL RP	Total	Chauffage	9 911	378	52	101	10 443	
		Appoint	0	305	0	374	679	
		ECS	1 382	536	11	0	1 929	
		Cuisson	874	290	3	0	1 168	
		Electricité Spécifique	0	2 503	0	0	2 503	16 722
TOTAL RP		12 168	4 012	67	475	16 722	16 722	

Source : CLE-BAT pour La Calade et calculs de La Calade, 2013

La consommation de gaz a été estimée à 12 168 MWh dont 9 911 MWh pour le chauffage des locaux. La consommation d'électricité du secteur Cleunay ouest est estimée à 4 012 MWh que l'on peut répartir de la façon suivante.

### Consommation d'électricité sur Cleunay ouest

	Consommation MWh/an
Chauffage des maisons non isolées ou isolation anciennes	83
Chauffage des maisons avec isolation récente	0
Chauffage des appartements non isolés ou isolation anciennes	53
Chauffage des appartements avec isolation récente	242
Chauffage appoint maisons	158
Chauffage appoint appartements	147
ECS maisons	98
ECS appartements	438
Cuisson	290
Electricité spécifique maisons	451
Electricité spécifique appartements anciens	715
Electricité spécifique appartements récents	1 337
Total	4 012

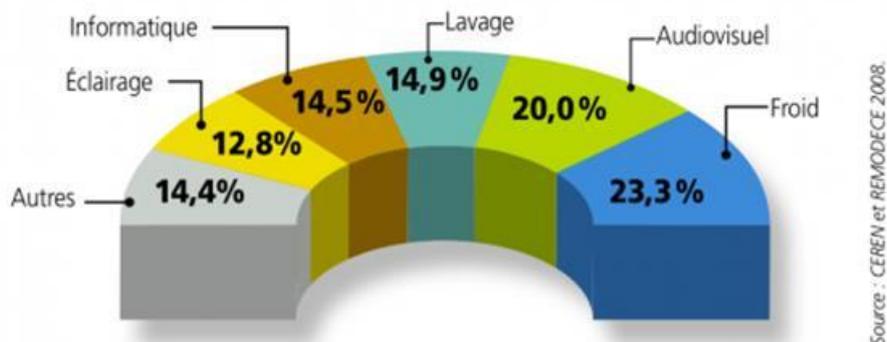
Source : CLE-BAT pour La Calade et calculs de La Calade, 2013

L'électricité spécifique peut être répartie entre les différents usages.

La consommation des usages spécifiques de l'électricité dans les parties privées du secteur résidentiel est en France en 2008 d'environ 72 TWh/an. La consommation moyenne des résidences principales est de 2.700 kWh/an/logement<sup>65</sup> sans sèche-linge, ce dernier consommant environ 500 kWh. Cette consommation correspond à une consommation moyenne par habitant et par an de 1 200 kWh.

On considère que cette consommation peut varier de 2 000 à 3 500 kWh par logement, ou encore entre 800 et 1 400 kWh par habitant. Elle se répartit de la façon suivante :

### Répartition de la consommation d'électricité spécifique selon les différents usages

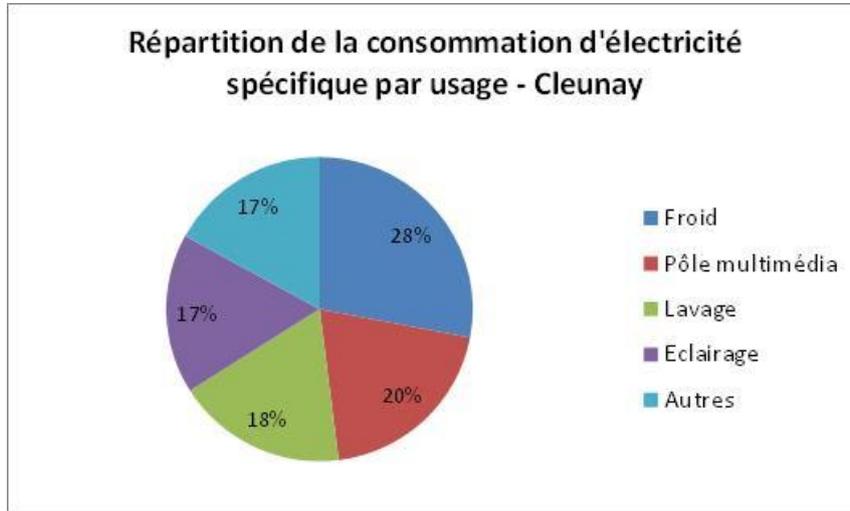


Les multimédias (audiovisuel et informatique) correspondent à environ 35 % de la consommation d'électricité spécifique et constituent le premier poste de consommation. Viennent ensuite le froid avec 23 % de la consommation, le lavage avec 15 %, l'éclairage avec 13 % puis l'ensemble des autres usages avec 14 %.

<sup>65</sup> Source Enertech, 2009

Chacun de ces usages doit être analysé pour ses impacts possibles en matière d'économie d'énergie, de substitution et d'économie de puissance appelée.

Pour Cleunay, du fait de la structure d'âge et socioprofessionnelle de la population, l'électricité spécifique a été répartie en minorant le pôle multimédia.



Le modèle CLE-BAT permet aussi de répartir la consommation de la zone en fonction du statut d'occupation. Nous avons regroupé ces données qui montrent la nature de l'occupation de la zone :

- Les locataires en logement social principalement dans les immeubles collectifs construits avant 1975,
- Les maisons individuelles principalement occupées par leur propriétaire,
- Les immeubles collectifs construits depuis 1990 se répartissant plutôt entre propriétaires privés occupants ou bailleurs.

**Répartition de la consommation selon le statut d'occupation et le type de logements**

	Propriétaire occupant	Locataire privé	Locataire social	Total
Maisons < 1975	294	24	130	448
Maisons 1975 - 1989	660	193	103	955
Maisons 1990 et +	2 010	218	49	2 277
<b>Total maisons</b>	<b>2 965</b>	<b>434</b>	<b>280</b>	<b>3 680</b>
Appartements < 1975	0	288	3 105	3 393
Appartements 1975 – 1989	434	386	891	1 712
Appartements 1990 et +	2 665	3 761	1 514	7 940
<b>Total appartements</b>	<b>3 088</b>	<b>4 423</b>	<b>5 530</b>	<b>13 040</b>
<b>TOTAL RP</b>	<b>6 061</b>	<b>4 855</b>	<b>5 807</b>	<b>16 722</b>
<b>Répartition en %</b>	<b>36 %</b>	<b>29 %</b>	<b>35 %</b>	<b>100 %</b>

Source : CLE-BAT pour La Calade, 2013

A partir de ces tableaux, nous avons estimé la dépense annuelle des ménages, à partir des prix de l'énergie de la base de données PEGASE. Au prix de février 2013, la dépense annuelle est estimée à 1,6 million d'euros TTC.

#### Estimation de la dépense annuelle en énergie des ménages du secteur Cleunay ouest

	Gaz	Electricité	Fioul	Bois	Total	%
Chauffage	723 485	52 108	5 144	5 672	786 409	50 %
Appoint	0	49 387	0	20 936	70 323	5%
ECS	100 921	80 647	1 070	0	182 637	12 %
Cuisson	63 829	46 975	324	0	111 127	7 %
Electricité Spécifique	0	405428	0	0	405 428	26 %
<b>TOTAL</b>	<b>888 234</b>	<b>634 545</b>	<b>6 538</b>	<b>26 608</b>	<b>1 555 925</b>	<b>100 %</b>

Nous avons cherché à ventiler cette dépense en distinguant les propriétaires occupants et les locataires dans la mesure où les moyens financiers des uns et des autres et leur capacité respective de prise de décision sont très différents. L'exploitation des données à l'échelle de l'Iris ne permet pas de garder le même niveau de signification que les données précédentes mais peut fournir une indication.

La ventilation des consommations par énergie s'est faite sur la base de la typologie des logements par type de logement et période de construction.

#### Dépense relative à l'énergie des ménages en € 2013

	Gaz	Electricité	Fioul	Bois	Total
Propriétaire occupant	325 266	232 367	2 394	9 744	569 771
Locataire privé	256 811	183 463	1 890	7 693	449 857
Locataire social	306 157	218 715	2 254	9 171	536 927
Total	888 234	634 545	6 538	26 608	1 555 925

#### Dépense moyenne relative à l'énergie selon le statut d'occupation

	€ par an TTC
Propriétaire occupant	1 283 €
Locataire privé	828 €
Locataire social	1 025 €
Total	1 032 €

A partir de ce tableau et des revenus fiscaux des ménages, on peut établir l'enjeu économique de l'énergie pour les différentes catégories de ménages.

Seraient potentiellement concernés par la précarité énergétique environ 8 % des propriétaires occupants, 22 % des locataires du secteur privé et 29 % des locataires du secteur social. Mais les

revenus fiscaux ne prennent pas en compte les ressources issues des prestations sociales (APL notamment) qui augmentent les revenus des ménages les plus précaires et notamment des locataires. Une analyse précise de la précarité énergétique exigerait d'intégrer ces données.

### 6.5. Analyse de quelques bâtiments de référence

- Immeuble 157/159 rue Eugène Pottier et 20 rue Frédéric Cournet à Cleunay



Cet immeuble comporte 23 points de livraison, dont 1 à usage professionnel pour les services généraux. Pour les points de livraison à usage domestique, le type de compteurs, les puissances souscrites et les consommations annuelles correspondent à l'utilisation du chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire électrique. Il est alimenté par un départ basse tension dédié, issu du poste de distribution publique « VARLIN EUGENE ».

Ce poste de distribution publique alimente 123 points de livraison aux adresses suivantes :

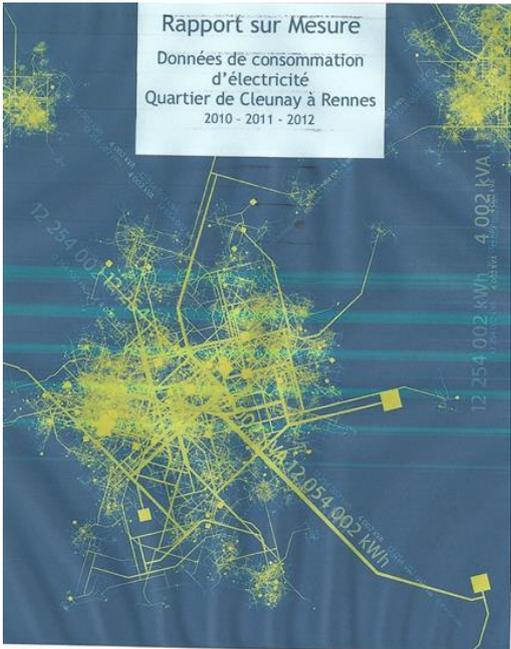
- Rue Eugène Pottier du 145 au 168 plus 118B
- Rue Frédéric Cournet du 1 au 20
- Square Giuseppe Garibaldi du 4 au 9
- Rue Jules Vallès
- Rue Nathalie Lemel, 2 et 5

Plan du secteur de Cleunay ouest



Une convention a été passée avec ERDF dans le cadre de cette recherche afin d'obtenir des données sur l'immeuble identifié et sur ce poste source qui est assez représentatif du quartier étudié.

**Caractéristiques des données fournies par ERDF :**

 <p>Rapport sur Mesure Données de consommation d'électricité Quartier de Cleunay à Rennes 2010 - 2011 - 2012</p> <p>ERDF ÉLECTRICITÉ NÉGAU DISTRIBUTION FRANCE Et l'électricité vient à vous</p>	<p>Des données payantes ont été fournies par ERDF concernant le nombre de points de livraison ou points de mesure (PDM) et les consommations totales par domaine de tension défini dans les tarifs d'utilisation des réseaux publics de transport et de distribution de l'électricité, par rue et à la maille supérieure.</p> <p>Elles correspondent à des consommations facturées du 1er janvier au 31 décembre des années 2010, 2011 et 2012 et sont exprimées en kWh. Les points de mesure ou PDM correspondent aux points de livraisons ou compteurs de soutirage de l'électricité, attribués par ERDF.</p> <p>Les informations chiffrées issues des bases de données ERDF nationales, font l'objet de mises à jour fréquentes en fonction des informations recueillies. Deux extractions réalisées à des dates différentes pour une même période peuvent donc révéler des résultats différents, même pour des périodes révolues.</p> <p>Les données communiquées sont calculées d'après les valeurs facturées aux clients, soit les données de consommation déterminées par ERDF à partir des relevés réels des index de consommation, ou bien à partir d'index estimés.</p> <p>Les relèves de compteurs ne pouvant matériellement être effectuées le 31 décembre à minuit. Un différentiel, même faible, peut donc exister entre la consommation réelle d'énergie et la consommation facturée aux clients.</p> <p>Les données d'ERDF concernaient la consommation d'électricité mais aucune répartition par usage ni donnée sur les puissances appelées. Ces données de consommation ont été utilisées pour caler les consommations d'électricité dans le quartier ; elles pourraient servir à l'ALEC du Pays de Rennes pour une instrumentalisation de logements dans la zone.</p>
--	---

## 6.6. Potentiel en énergies renouvelables sur les deux zones

- **Solaire**

### La Courrouze

Des capteurs solaires sont installés sur la terrasse du 3 rue Roger Henri Guerrand et fournissent 50 % de l'eau chaude sanitaire. L'immeuble du 5 rue Roger Henri Guerrand n'est pas desservi par l'énergie solaire.

Des panneaux solaires PV pourraient être installés sur la toiture du 5 rue Roger Henri Guerrand:

Surface de toiture : 500 m<sup>2</sup>

% de toiture disponible : 40 %

Surface disponible : 200 m<sup>2</sup>

Des panneaux PV pourraient aussi être installés sur un pignon du 3 rue Roger Henri Guerrand, soit une surface de 150 m<sup>2</sup>

→ Total capteurs solaires pour ECS : 0 m<sup>2</sup>

→ Total panneaux PV : 350 m<sup>2</sup>

→ Production potentielle : 350 x 120 kWh/m<sup>2</sup>.an = 42 MWh

### Cleunay

Concernant les 23 logements du secteur ErDF, 30 m<sup>2</sup> de capteurs solaires pourraient être installés.

Sur l'ensemble du quartier, nous proposons les estimations suivantes :

	<b>Maisons</b>	<b>Immeubles collectifs</b>
Nombre de logements	225	1 282
Surface moyenne par logement	90 m <sup>2</sup>	55 m <sup>2</sup>
Nombre moyen de niveaux	2	4
% de toiture disponible	50 %	50 %
Exposition favorable	70%	70 %
% disponible (velux, cheminées...)	50%	35 %
<b>Surface disponible en m<sup>2</sup></b>	<b>1 800 m<sup>2</sup></b>	<b>2 150 m<sup>2</sup></b>

Surface disponible pour des capteurs solaires (ECS) :

- maisons : 2 x 225 = 450 m<sup>2</sup>

- appartement en chauffage collectif : 496 x 1,5 m<sup>2</sup> = 750 m<sup>2</sup>

- appartement en chauffage individuel : 0

Total : 1 200 m<sup>2</sup>

Production ECS : 1 200 x 500 kWh/m<sup>2</sup> = 600 MWh<sub>th</sub>

Surface disponible pour de la production électrique (PV) :

- maisons : 1 350 m<sup>2</sup>
- appartements : 1 400 m<sup>2</sup>
- Total : 2 750 m<sup>2</sup>

Production potentielle : 2 750 x 120 kWh/m<sup>2</sup>.an = 330 MWh<sub>el</sub>

- **Bois**

50 % des logements en chauffage collectif pourraient être équipés d'une unité de micro-cogénération bois, soit 248 logements répartis dans une douzaine d'immeubles.

Hypothèses retenues :

- La consommation moyenne de chauffage et ECS de ces immeubles est estimée à 9 000 kWh par logement, soit 150 kWh/m<sup>2</sup>. La consommation électrique est de 40 kWh/m<sup>2</sup>.
- Pour un immeuble de 1 000 m<sup>2</sup>, la puissance thermique installée est de 110 kW.
- L'unité de micro-cogénération (MCHP) bois pourrait avoir une puissance thermique de 32 kW et électrique de 10 kW, un brûleur gaz étant installé en appoint. Le bois utilisé est de la plaquette forestière.

Les rendements prévisionnels sont de 22 % pour l'électricité et de 68 % (sur PCI) pour le bois soit un rendement global de 90 %.

Les coûts d'investissements sont de l'ordre de 90 000 €, dont 40 000 € pour l'unité MCHP bois. Les coûts de maintenance annuelle sont de l'ordre de 2 % du coût d'investissement

Sources : Impact de la micro-cogénération à bois sur l'effet de serre, étude réalisée par Amoes pour la MIES, 2006 et Lambert Schneider, Economics of the Micro Cogeneration

Selon une étude du MEEDDM réalisée en 2006, le coût des moteurs Stirling (10 kW<sub>el</sub> installés) devrait passer de 70 000 € en 2010 à 50 000 € en 2015 et 30 000 € en 2020. Les coûts d'exploitation seraient de 2c€/kWh produit

Intérêt de la MCHP (bois ou gaz) pour le réseau électrique :

- En hiver la MCHP produit de l'électricité et peut contribuer à réduire la pointe saisonnière
- En intersaison, la MCHP peut être programmée pour fonctionner aux heures de pointe pour équilibrer la courbe de charge saisonnière

Notons que le potentiel en biomasse est estimé à 10 000 tonnes de bois par an pour l'ensemble du Pays de Rennes.

- **Eoliennes**

Le PCET de Rennes estime que le potentiel du grand éolien est très faible. On peut penser par contre à des installations décentralisées telles que les éoliennes horizontales et dans des quartiers neufs comme La Courrouze à l'arbre à vent.

## 7. IMPACTS EN TERMES D'EFFICACITE ENERGETIQUE

Ce chapitre va analyser, pour le quartier Cleunay ouest décrit au chapitre précédent, l'impact d'un scénario « *Smart Grid* » sur l'efficacité énergétique, les économies d'énergie et les économies financières générées pour les ménages.

Les impacts territoriaux et en termes d'accès à une énergie bon marché et sécurisée seront abordés dans le chapitre suivant.

Pour cette analyse, des scénarios de développement de différentes options d'efficacité énergétique, dont les *smart grids*, ont été construits pour ce micro-territoire.

### 7.1. Analyse des actions pour le quartier

Sept ensembles d'actions ont été proposés pour le quartier.

#### MDE :

1. Isolation thermique des logements
2. Régulation du chauffage
3. Réduction de la consommation d'électricité spécifique
- 4a. Cogénération gaz
- 4b. Microcogénération gaz
- 4c. Cogénération bois

#### EnR :

5. Solaire thermique
6. Solaire photovoltaïque

#### Smart Grids :

7. Monitoring, instrumentalisation, délestage, stockage

Chacune de ces actions a été étudiée sur des périmètres différents afin de tenir compte des possibilités techniques de diffusion de certaines techniques.

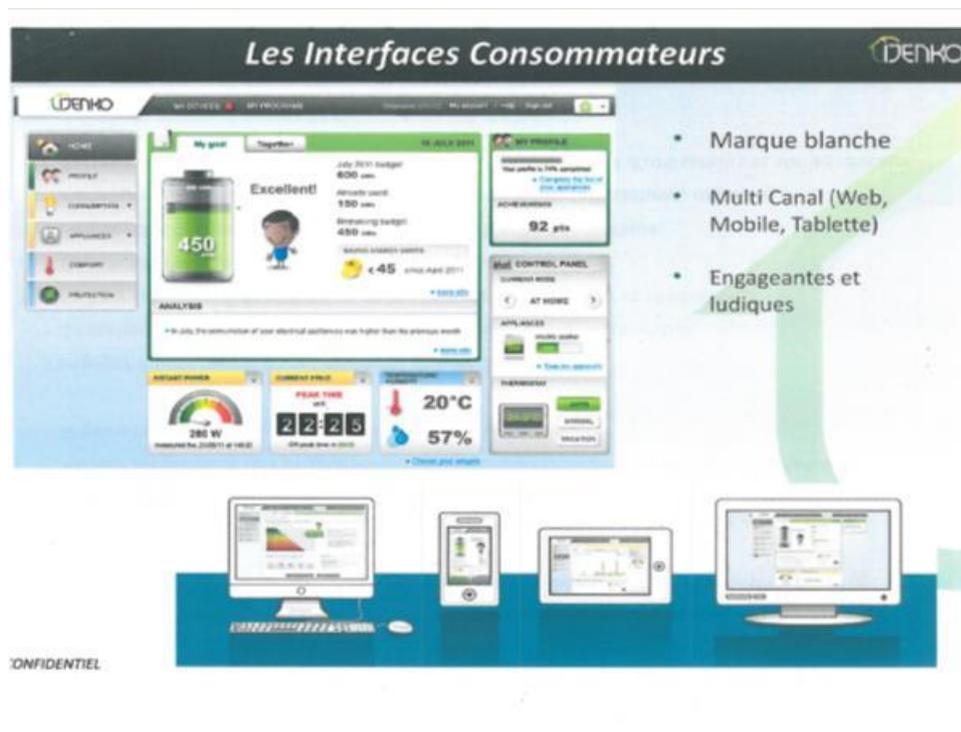
Le tableau ci-après résume les principales hypothèses retenues pour chaque action.

**Détail des actions**

	Parc concerné	Parc réhabilité	Caractéristiques techniques des scénarios
	Nombre de logements		
<b>1. Isolation thermique</b>	513	385	ITE (isolation thermique par l'extérieur) pour les immeubles et les maisons avec bardage construits avant 1990
<b>2. Régulation ; robinets thermostatiques</b>	513	478	Régulation dans les immeubles, sondes, thermostats, robinets thermostatiques sur les radiateurs pour les logements construits avant 1990
<b>3. MDE Electricité</b>	1 507	1 453	Tous les logements de Cleunay : coupure des veilles, lampes basse consommation et LED, gestes verts, économie d'eau chaude
<b>4a. Cogénération gaz</b>	498	249	50 % des logements avec chaufferie collective avec association d'un cogénérateur
<b>4b. Microcogénération gaz</b>	171	34	20 % des maisons individuelles en microcogénération
<b>4c. Cogénération bois</b>	498	249	50 % des logements avec chaufferie collective en cogénération bois
<b>5. ECS solaire</b>	723	561	Chauffe-eau solaire individuel pour 163 maisons individuelles et eau chaude solaire collective dans 80 % des immeubles en chauffage collectif gaz
<b>6. Panneaux photovoltaïques</b>	1777	310	Surface de toiture disponible calculée sur l'ensemble du secteur soit 3 100 m <sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques
<b>7. Smart Grids</b>	1777	1400	Installation d'une plate-forme avec logements instrumentalisés : lecture des consommations, alerte, pilotage à distance des équipements électriques, effacement diffus (modèle Ijenko)



Source : IJENKO



Source : IJENKO

Pour chaque action, des hypothèses de prix et d'efficacité énergétique ont été retenues. Pour les prix, nous avons pris en compte autant que possible les conditions actuelles du marché sur le Pays de Rennes.

### Données économiques sur les actions

Actions	Coûts des actions
1. Isolation thermique	Coût unitaire ITE d'un appartement privé (55 m <sup>2</sup> ) : 3 200 €, ITE logement social (55 m <sup>2</sup> ): 2 800 €, maison (85 m <sup>2</sup> , accolée sur un ou deux côtés): 5 600 € sur la base d'un coût de travaux de 100 à 150 € par m <sup>2</sup> de façade
2. Régulation ; robinets thermostatiques	Coût unitaire : 650 € par maison et 550 € par appartement
3. MDE Electricité	Coût unitaire : 150 € par logement (source : Alec à partir d'opérations menées sur le Pays de Rennes)
4a. Cogénération gaz	Coût unitaire : 2 000 € pour un appartement en chauffage collectif (60 000 € posé pour un immeuble de 30 logements : puissance de 50 kWth et de 22 kWél. Source GrDF) + 1 000 €/logement pour les annexes électriques
4b. Microcogénération gaz	Coût unitaire : 12 000 € pour une maison (Source GrDF). De ces montants, sont déduits les coûts d'installation de chaudière à condensation pouvant être installées lors du remplacement des chaudières anciennes (soit 40 €/m <sup>2</sup> pour une maison ; source : modèle SEC) <sup>66</sup>
4c. Cogénération bois	Coût unitaire : 7500 € par appartement en chauffage collectif
5. ECS solaire	Coût unitaire : 1 000 € par m <sup>2</sup> de capteurs; 3,5 m <sup>2</sup> de capteurs solaires pour une maison et 1,5 m <sup>2</sup> pour un appartement
6. Panneaux photovoltaïques	Coût unitaire : 900 € par m <sup>2</sup> posé; production de 130 kWh/m <sup>2</sup>
7. Smart Grids	<p>Coût unitaire retenu à partir des données disponibles existantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compteur intelligent + modem posé par appareil : 150 € par logement</li> <li>- Instrumentalisation, contrôle et analyse (par appareil électroménager) afin de reconstruire la consommation électrique : 400 € par logement</li> <li>- Modèle Ijenko avec plate-forme et maison instrumentalisée (box Internet, lecture des consommations, alerte, pilotage à distance, effacement diffus....) : 1 000 € par logement.</li> </ul> <p>Hypothèses retenues : 800 € pour logement privé, 500 € pour un logement social</p>

<sup>66</sup> Voir l'annexe sur le modèle SEC d'analyse en coût global

**Données techniques sur les actions**

Actions	Impact énergétique des actions
<b>1. Isolation thermique</b>	Impact de l'ITE : réduction de la consommation de chauffage de 40 % pour les maisons et de 30 % pour les appartements
<b>2. Régulation ; robinets thermostatiques</b>	Economie de 14 % sur le chauffage des logements
<b>3. MDE Electricité</b>	Economie de 15 % sur l'électricité spécifique des logements
<b>4a. Cogénération gaz</b>	Rendement global en énergie finale : 85 % dont 70 % en chaleur et 15 % en électricité  Pour un immeuble de 30 logements avec une chaudière collective de 150 kWth : installation d'une unité de cogénération de 50 kWth fournissant une puissance électrique de 22 kWél et fonctionnant à plein régime en hiver et en demi-saison soit 5000 heures par an et maintien de la chaudière existante
<b>4b. Microcogénération gaz</b>	Pour une maison individuelle : installation d'une unité de microcogénération de 5 kWth fournissant une puissance électrique de 1 kWél et fonctionnant à plein régime en hiver et en demi-saison soit 5000 heures par an
<b>4c. Cogénération bois</b>	Rendement global en énergie finale : 85 % dont 70 % en chaleur et 15 % en électricité
<b>5. ECS solaire</b>	Installation de 3,5 m <sup>2</sup> de capteurs solaire par maison et de 1,5 m <sup>2</sup> par appartement  La production représente en moyenne 60 % de la consommation d'ECS dans les maisons et 55 % de la consommation ECS dans les appartements.
<b>6. Panneaux photovoltaïques</b>	La production nette est de 120 kWh par m <sup>2</sup>  Le tarif de revente est de 0,30 € par kWh
<b>1. Smart Grids</b>	A partir des données disponibles, les <i>smart grids</i> permettent : - de réduire de 16 % la consommation d'électricité spécifique, - de réduire la température des logements chauffés à l'électricité de 0,5°C, soit une économie de 3 à 4 % sur le chauffage - de réduire de 6 à 8 % la consommation de chauffage par un effacement diffus - de réduire de 5 % la consommation des ballons électriques pour l'ECS

## 7.2. Résultats des simulations par option technique

### 1. Isolation thermique des logements

Parc concerné	Logements construits avant 1990	Nombre	% réalisé	Parc concerné
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires		58	80%	46
Maisons individuelles louées		16	50%	8
Appartements occupés par leurs propriétaires		38	80%	30
Appartements loués		68	50%	34
Logements sociaux		333	80%	266
Total		513		385

Consommation de chauffage / Isolation thermique en MWh/an	Initial	Concerné	Economie %	Après	Economie
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	685	548	40%	466	219
Maisons individuelles louées	179	90	40%	143	36
Appartements occupés par leurs propriétaires	287	230	30%	218	69
Appartements loués	514	257	30%	437	77
Logements sociaux	2516	2 013	30%	1 912	604
Total	4181	3 137		3 176	1 005

Coût des travaux / Isolation thermique	€/logement	k€ total
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	5600	260
Maisons individuelles louées	5600	45
Appartements occupés par leurs propriétaires	3200	97
Appartements loués	3200	109
Logements sociaux	2800	746
Total		1 257

## 2. Régulation / Robinets thermostatiques

Parc concerné	Logements construits avant 1990	Nombre	% réalisé	Parc concerné
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires		58	90%	52
Maisons individuelles louées		16	70%	11
Appartements occupés par leurs propriétaires		38	90%	34
Appartements loués		68	70%	48
Logements sociaux		333	100%	333
Total		513		478

Consommation de chauffage / Régulation en MWh/an	Initial	Concerné	Economie %	Après	Economie
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	685	617	14%	599	86
Maisons individuelles louées	179	125	14%	161	18
Appartements occupés par leurs propriétaires	287	258	14%	251	36
Appartements loués	514	360	14%	464	50
Logements sociaux	2516	2 516	14%	2 164	352
Total	4181	3 876		3 638	543

Coût des travaux / Régulation	€/logement	k€ total
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	650	34
Maisons individuelles louées	650	7
Appartements occupés par leurs propriétaires	550	19
Appartements loués	550	26
Logements sociaux	500	167
Total		253

### 3. MDE - Electricité

Parc concerné	Tous logements	Nombre	% réalisé	Parc concerné
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires		171	100%	171
Maisons individuelles louées		29	90%	26
Maisons individuelles - logements sociaux		25	100%	25
Appartements occupés par leurs propriétaires		273	100%	273
Appartements loués		511	90%	460
Appartements - Logements sociaux		498	100%	498
Total		1507		1453

Consommation d'électricité spécifique / MDE en MWh/an			Economie %		
	Initial	Concerné		Après	Economie
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	343	343	15%	291	51
Maisons individuelles louées	58	52	15%	50	8
Maisons individuelles - logements sociaux	50	50	15%	43	8
Appartements occupés par leurs propriétaires	437	437	15%	371	66
Appartements loués	818	736	15%	707	110
Appartements - Logements sociaux	797	797	15%	678	120
Total	2 503	2 415		2 141	362

Coût des travaux / MDE Electricité	€/logement	k€ total
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	150	26
Maisons individuelles louées	150	4
Maisons individuelles - logements sociaux	150	4
Appartements occupés par leurs propriétaires	150	41
Appartements loués	150	69
Appartements - Logements sociaux	150	75
Total		218

#### 4a. Cogénération gaz (minicogénération)

Parc concerné	Tous logements	Nombre	% réalisé	Parc concerné
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires		171	0%	0
Maisons individuelles louées		29	0%	0
Maisons individuelles - logements sociaux		25	0%	0
Appartements occupés par leurs propriétaires		273	0%	0
Appartements loués		511	0%	0
Appartements - Logements sociaux		498	50%	249
Total		1507		249

Consommation chauffage / CHP en MWh/an			Economie %	Après	Economie	Production électrique
	Initial	Concerné				
Appartements - Logements sociaux	3 478	1 739	0%	3 478	0	440
Total	3 478	1 739		3 478	0	440
<i>Bilan en énergie primaire</i>					1135	

Coût des travaux / Cogénération gaz	€/logement	k€ total
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires		0
Appartements - Logements sociaux	3 000	747
Total		747

#### 4b - Microcogénération gaz

Parc concerné		Nombre	% réalisé	Parc concerné
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires		171	20%	34
Maisons individuelles louées		29	0%	0
Maisons individuelles - logements sociaux		25	0%	0
Appartements occupés par leurs propriétaires		273	0%	0
Appartements loués		511	0%	0
Appartements - Logements sociaux		498	0%	0
Total		1507		34

<b>Consommation chauffage / CHP en MWh/an</b>	Initial	Concerné	Economie %	Après	Economie	Production électrique
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	1 787	357	0 %	1 787		86
<b>Total</b>	<b>1 787</b>	<b>357</b>		<b>1 787</b>		<b>86</b>
<i>Bilan en énergie primaire</i>					<b>221</b>	

<b>Coût des travaux / Microcogénération gaz</b>	€/logement	k€ total
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	12000	410
<b>Total</b>		<b>410</b>

<b>Condensation gaz</b>	
€/logement	k€ total
3 000	103
	<b>103</b>

#### 4c. Cogénération bois

Parc concerné	Tous logements	Nombre	% réalisé	Parc concerné
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires		171	0%	0
Maisons individuelles louées		29	0%	0
Maisons individuelles - logements sociaux		25	0%	0
Appartements occupés par leurs propriétaires		273	0%	0
Appartements loués		511	0%	0
Appartements - Logements sociaux		498	50%	249
<b>Total</b>		<b>1507</b>		<b>249</b>

<b>Consommation chauffage / CHP en MWh/an</b>	Initial	Concerné	Economie %	Après	Economie	Production électrique
Appartements - Logements sociaux	3 478	1 739	-5%	3 565	-87	352
<b>Total</b>	<b>3 478</b>	<b>1739</b>		<b>3 565</b>	<b>-87</b>	<b>352</b>
<i>Bilan en énergie primaire</i>					<b>821</b>	

<b>Coût des travaux / Cogénération bois</b>	€/logement	k€ total
Appartements - Logements sociaux	7500	1 868
<b>Total</b>		<b>1 868</b>

## 5. Eau chaude solaire

Parc concerné	Tous logements	Nombre	% réalisé	Parc concerné
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires		171	80%	137
Maisons individuelles louées		29	20%	6
Maisons individuelles - logements sociaux		25	80%	20
Appartements occupés par leurs propriétaires		273	0%	0
Appartements loués		511	0%	0
Appartements - Logements sociaux		498	80%	398
Total		1507		561

<b>Consommation ECS en MWh/an</b>	Initial	Concerné	Economie %	Après	Economie
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	280	224	60%	146	135
Maisons individuelles louées	48	10	60%	42	6
Maisons individuelles - logements sociaux	41	33	60%	21	20
Appartements occupés par leurs propriétaires	323	0	55%	323	0
Appartements loués	604	0	55%	604	0
Appartements - Logements sociaux	589	471	55%	330	259
Total	1 885	738		1 466	419

<b>Coût des travaux / ECS solaire</b>	€/logement	k€ total
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	3500	479
Maisons individuelles louées	3500	20
Maisons individuelles - logements sociaux	3500	70
Appartements occupés par leurs propriétaires	1500	0
Appartements loués	1500	0
Appartements - Logements sociaux	1500	598
Total		1 167

## 6. Panneaux photovoltaïques

Parc concerné	Tous logements	Nombre	% réalisé	Parc concerné
Maisons		225	0%	0
Appartements		1282	24%	310
Total		1507		310

Production PV en MWh/an	m <sup>2</sup> /log.	Parc installé	Production kWh/m <sup>2</sup>	Production MWh/an
Maisons	0	0	130	0
Appartements	10	3 102	130	403
Total		3 102		403
<i>Bilan en énergie primaire</i>				1 041

Coût des travaux /PV	€/logement	k€ total
Maisons	0	0
Appartements	9000	2 792
Total		2 792

### 7. Smart grids

Parc concerné	Tous logements	Nombre	Chauffage		ECS		Electricité spécifique	
			% réalisé	Parc concerné	% réalisé	Parc concerné	% réalisé	Parc concerné
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires		171	9%	16	9%	16	75%	128
Maisons individuelles louées		29	0%	0	0%	0	75%	22
Maisons individuelles - logements sociaux		25	0%	0	0%	0	75%	19
Appartements occupés par leurs propriétaires		273	32%	88	50%	137	75%	205
Appartements loués		511	0%	0	0%	0	75%	383
Appartements - Logements sociaux		498	0%	0	20%	100	75%	374
Appartements neufs La Courrouze		270	0%	0	0%	0	100%	270
<b>Total</b>		<b>1777</b>		<b>104</b>		<b>252</b>		<b>1400</b>

Consommation en MWh/an	Consommation initiale			Consommation concernée		
	Chauffage	ECS	El spéc.	Chauffage	ECS	El spéc.
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	685	280	343	64	26	257
Maisons individuelles louées	179	48	58	0	0	44
Maisons individuelles - logements sociaux	120	41	50	0	0	38
Appartements occupés par leurs propriétaires	287	323	437	93	161	328
Appartements loués	514	604	818	0	0	613
Appartements - Logements sociaux	2396	589	797	0	118	598
Appartements neufs La Courrouze			666	0	0	666
<b>Total</b>	<b>4 181</b>	<b>1 885</b>	<b>3 169</b>	<b>156</b>	<b>305</b>	<b>2 543</b>

Economie d'énergie en MWh/an	Economie en %			Economie en MWh /an			
	Chauffage	ECS	El spéc.	Chauffage	ECS	El spéc.	Total
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	8%	5%	16%	5	1	41	48
Maisons individuelles louées	8%	5%	16%	0	0	7	7
Maisons individuelles - logements sociaux	8%	5%	16%	0	0	6	6
Appartements occupés par leurs propriétaires	8%	5%	16%	7	8	52	68
Appartements loués	8%	5%	16%	0	0	98	98
Appartements - Logements sociaux	8%	5%	16%	0	6	96	102
Appartements neufs La Courrouze	8%	5%	16%	0	0	106	106
<b>Total</b>				<b>13</b>	<b>15</b>	<b>407</b>	<b>435</b>

Coût des travaux / Smart Grids			Abonnement annuel	
	€/logement	k€ total	€/logement	k€ total
Maisons individuelles occupées par leurs propriétaires	800	103	15	2
Maisons individuelles louées	600	13	15	0
Maisons individuelles - logements sociaux	600	11	15	0
Appartements occupés par leurs propriétaires	800	164	15	3
Appartements loués	600	230	15	6
Appartements - Logements sociaux	500	187	15	6
Appartements neufs La Courrouze	800	216	15	4
Total		923		21

**L'objectif de cette analyse est de comparer les différentes solutions afin de situer les *smart grids* sur l'échelle de l'efficacité énergétique et des économies d'énergie pour les ménages.**

Nous avons retenu un certain nombre d'hypothèses puis procédé à des calculs de sensibilité.

#### Hypothèses de référence

- Prix de l'énergie hors abonnement en 2013
- Hausse des prix de l'énergie 2013 – 2050 (électricité et gaz : + 5 % par an, bois : + 2,5 % par an)
- Taux d'actualisation public (sans risque) : 4 %
- Période d'investissement : 2015 – 2024
- Renouvellement des équipements en fonction de leur durée de vie
- Valeur résiduelle des investissements évaluée en 2050 et en tenant compte des renouvellements
- **Calcul de la VAN (valeur actualisée nette) de chaque scénario<sup>67</sup>**

**VAN = Economie d'énergie + valeur résiduelle – investissement – entretien – renouvellement ; en € actualisés**

- Variantes 1 :
  - Taux d'actualisation public avec risque : 6,5 %
  - Taux d'actualisation écologique : 1,4 %
- Variantes 2 : Hausse du prix de l'électricité de 30 % d'ici 2017, puis hausse croissante de 5 % par an

<sup>67</sup> Sur l'analyse en coût global et la VAN voir « Coût global des bâtiments et des projets d'aménagement – Mode d'emploi », Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, Le Moniteur, 2013

### 7.3. Les résultats obtenus avec le scénario de référence

Le tableau ci-après rappelle l'ensemble des données entrées précédemment.

#### Rappel des options techniques retenues et de leurs impacts

	Parc concerné	Investissement	Economie d'énergie en MWh/an				Total Eco. Energie Primaire	Entretien	Durée de vie
	Nb logts	k€	Total En. Finale	Gaz	Electricité	Bois		k€/an	années
Isolation thermique	385	1 257	1 005	970	35		1 060	0,0	35
Régulation ; robinets thermostatiques	478	253	543	543			543	0,0	12
MDE Electricité	1 453	218	362		362		934	0,0	6
Cogénération gaz	249	747	528	0	440		1 135	11,2	20
Microcogénération gaz	34	307	151	14	86		236	6,2	16
Cogénération bois	249	1 868	265	1 391	352	-1 478	821	37,4	25
ECS solaire	561	1 167	419	419			419	11,7	20
Panneaux photovoltaïques	310	2 792	403		403		1 040	14,0	20
<i>Smart Grids</i>	1 400	923	438		438		1 130	21,0	12

**Rentabilité économique des différentes options (VAN en € actualisés) – Scénario de référence**

a = 4 %	Parc concerné	Investissement	VAN	VAN /logt	VAN /kWh éco.	VAN /€ investi	Economie en k€ pour l'an 2025
	Nb logts	k€	k€ actualisés	€ act.	€ act.	€ act.	
Isolation thermique	385	1 257	1 206	3 132	1,14	0,96	101
Régulation ; robinets thermostatiques	478	253	775	1 621	1,43	3,06	56
MDE Electricité	1 453	218	943	649	1,01	4,33	69
Cogénération gaz	249	747	887	3 562	0,78	1,19	47
Microcogénération gaz	34	307	- 82	- 2 412	- 0,35	- 0,27	8
Cogénération bois	249	1 868	755	3 032	0,92	0,40	49
ECS solaire	561	1 167	-469	-836	-1,12	-0,40	29
Panneaux photovoltaïques	310	2 792	-473	-1 526	-0,45	-0,17	141
<b>Smart Grids</b>	<b>1 400</b>	<b>923</b>	<b>202</b>	<b>144</b>	<b>0,18</b>	<b>0,22</b>	<b>62</b>

Source : La Calade

Dans la mesure où les périmètres des actions sont très différents, nous avons retenu comme critère de comparaison la valeur actualisée nette des projets ou VAN.

Trois des sept actions ont une VAN négative indiquant que, avec les hypothèses retenues, ces actions ne sont pas rentables :

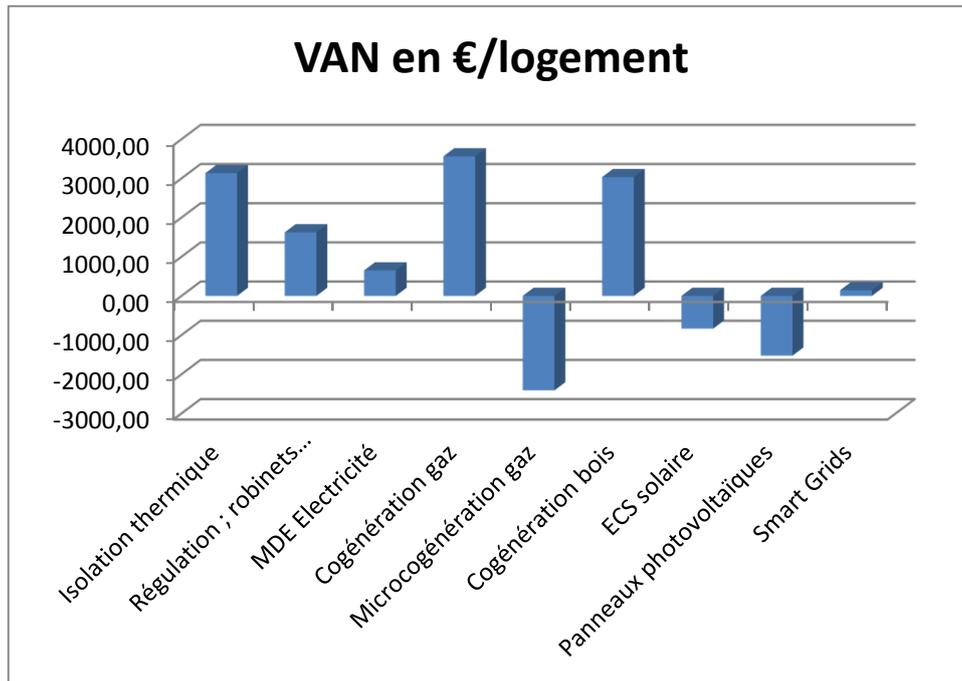
- microcogénération gaz en maison individuelle,
- ECS solaire
- et panneaux photovoltaïques.

Les autres actions dont les *smart grids* apparaissent avec une VAN positive. Cependant, l'isolation thermique des bâtiments, la régulation, la cogénération gaz et bois et la MDE électrique génèrent une VAN positive beaucoup plus importante que celle générée par les *smart grids*.

Ces résultats sont confirmés quand on rapporte la VAN au logement, au kWh économisé ou à l'euro investi :

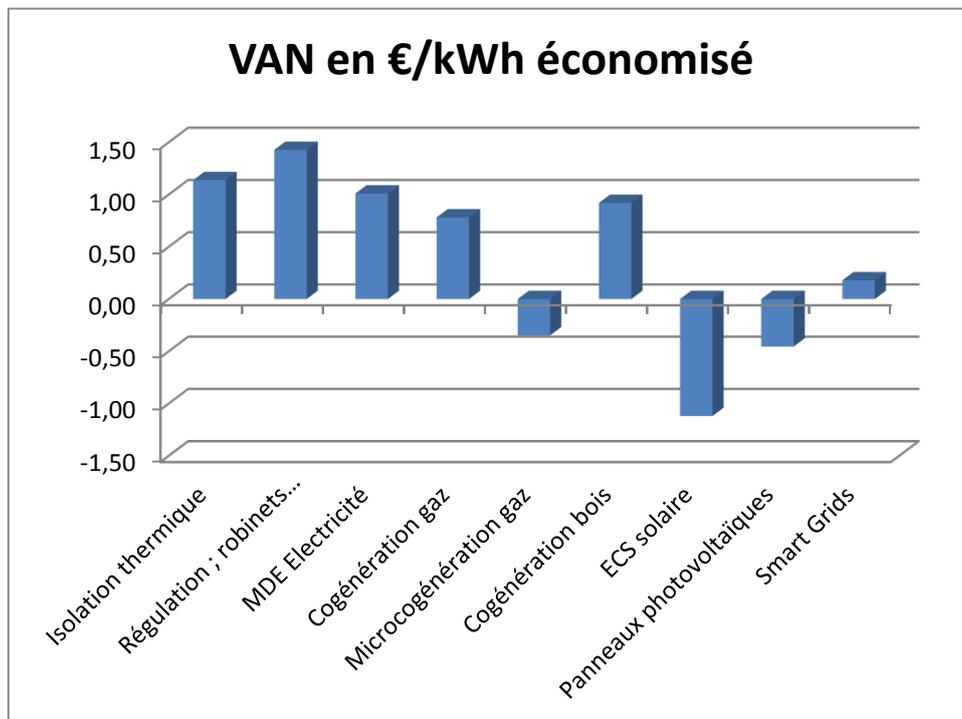
- La VAN la plus élevée par logement traité est générée par l'isolation thermique des parois et par la cogénération gaz et bois.
- La VAN la plus élevée par kWh économisé est générée par la régulation et les robinets thermostatiques.
- La VAN la plus élevée par € investi est les actions de MDE sur l'électricité spécifique.

**Valeur actualisée nette (VAN) des différentes options techniques en € par logement**



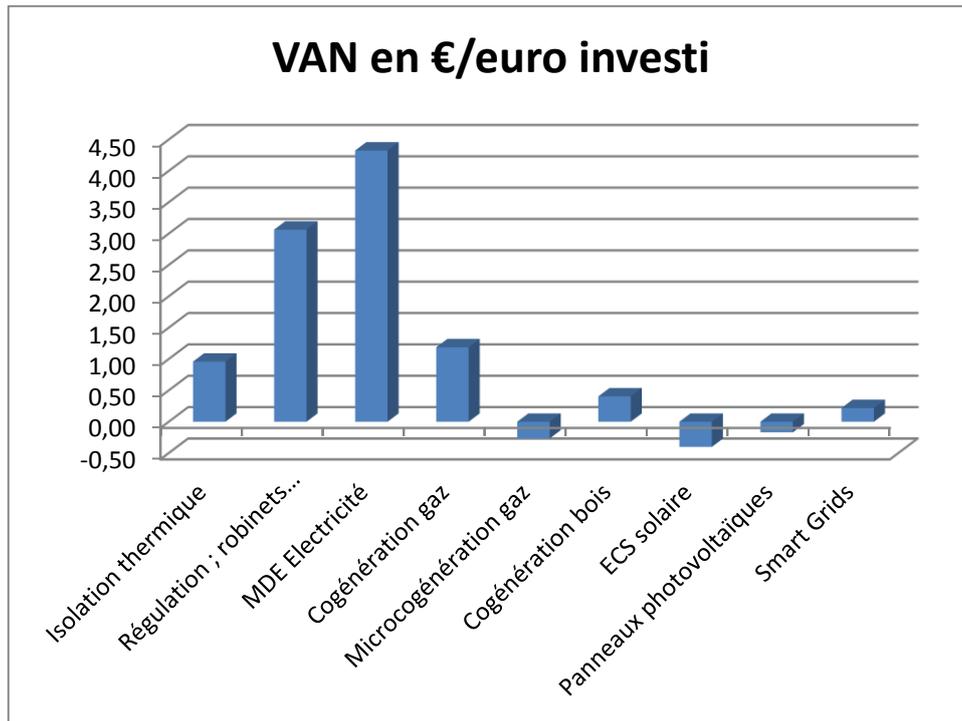
Source : La Calade

**VAN des différentes options techniques en € par kWh économisé**



Source : La Calade

**VAN des différentes options techniques en € par € investi**



Source : La Calade

**Calculs de sensibilité : taux d'actualisation de 1,4 %, 4 % et 6,5 %**

Ces trois taux correspondent respectivement au taux d'actualisation écologique, au taux d'actualisation public sans risque et au taux d'actualisation public avec risque (égal à la rentabilité moyenne du capital).

Le tableau ci-après présente les différentes options techniques classées par ordre de rentabilité décroissante avec les différents taux d'actualisation.

Les *smart grids* restent dans une position moyenne (quatrième ou cinquième rang) avec une VAN positive pour des taux d'actualisation écologique ou public sans risque mais ont une VAN négative si le taux d'actualisation est supérieur à 5,3 %.

**Positionnement des différents scénarios au regard des différents critères d'évaluation**

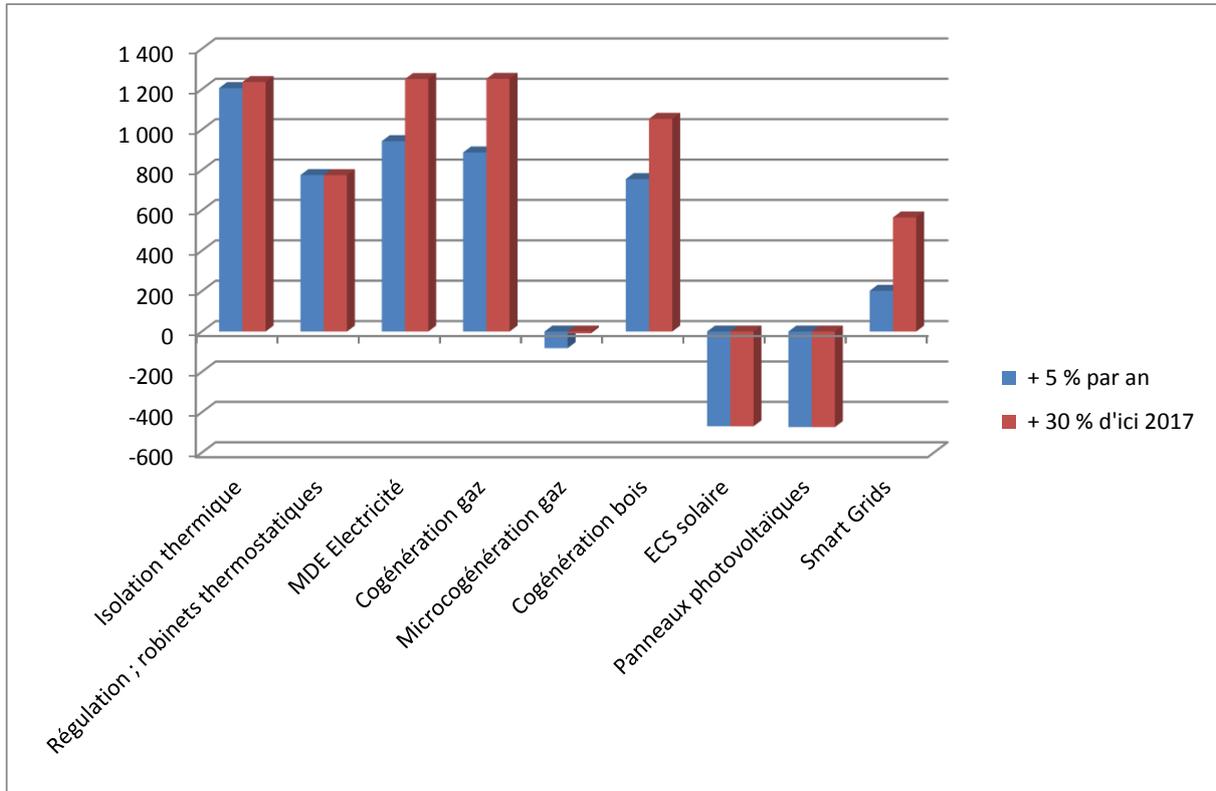
Positionnement des différents scénarios au regard des différents critères d'évaluation									
	Taux d'actualisation écologique : 1,4 %			Taux d'actualisation public : 4 %			Taux d'actualisation public avec risque : 6,5 %		
	VAN /logt	VAN /kWh éco.	VAN / € investi	VAN /logt	VAN /kWh éco.	VAN / € investi	VAN /logt	VAN /kWh éco.	VAN / € investi
Isolation thermique	3	3	4	2	2	4	2	3	4
Régulation ; robinets thermostatiques	4	2	2	4	1	2	3	1	2
MDE Electricité	5	4	1	5	3	1	4	2	1
Cogénération gaz	2	5	3	1	5	3	1	4	3
Micro Cogénération gaz	7	8	8	9	7	8	9	7	8
Cogénération bois	1	1	4	3	4	5	5	5	5
ECS solaire	9	9	9	7	9	9	7	9	9
Panneaux photovoltaïques	6	7	7	8	8	7	8	8	7
Smart Grids	8	6	6	6	6	6	6	6	6

VAN positive pour les cases colorées (vert)

**Calcul de sensibilité : hausse du prix de l'électricité de 30 % d'ici 2017 puis 5 % par an ensuite**

La hausse du prix de l'électricité de 30 % d'ici 2017 améliore le bilan économique de l'option *smart grids* sans toutefois bouleverser la hiérarchie.

**VAN des différentes options techniques avec une hausse des prix de l'électricité**



Source : La Calade

### Economies mensuelles générées par les différentes options techniques

Les économies mensuelles générées par les différentes options techniques ont été évaluées sans prendre en compte les investissements. Pour *les smart grids* ces économies sont la différence entre les économies d'énergie et les coûts d'abonnement.

**Les économies sont de l'ordre de 4 € par mois, ce qui est somme toute très faible pour être attractif.** Les économies générées par l'isolation thermique et la cogénération sont beaucoup plus attractives.

### Economies mensuelles réalisées par les ménages sur les dépenses énergétiques

	Economie € par mois
Isolation thermique	21,90
Régulation ; robinets thermostatiques	9,69
MDE Electricité	3,95
Cogénération gaz	15,73
Micro cogénération gaz	19,61
Cogénération bois	16,40
ECS solaire	4,32
Panneaux photovoltaïques	37,82
<b>Smart Grids</b>	<b>3,70</b>

## 8. EVALUATION DES SMARTS GRIDS AU REGARD DE L'ÉQUITE SOCIALE ET DE L'ÉQUILIBRE ÉNERGETIQUE DES TERRITOIRES

### 8.1. Analyse par usage des puissances appelées

**L'objectif de ce chapitre est d'évaluer l'enjeu économique pour les usagers des différentes solutions qui peuvent contribuer à réduire la consommation d'énergie et la puissance appelée en pointe.**

Les courbes utilisées pour l'analyse proviennent de différentes études énergétiques adaptées ensuite au contexte de notre secteur.

Il nous paraît important d'associer l'analyse de la consommation d'énergie et de la puissance appelée afin de mieux distinguer la nature spécifique de chacun de ces enjeux et aussi de relativiser l'intérêt de chacun de ces enjeux pour les usagers :

- Usages spécifiques de l'électricité
- Chauffage électrique
- Efficacité énergétique des logements chauffés au gaz et production d'électricité
- Intégration des énergies renouvelables dans le réseau
- Solutions de stockage et de délestage

#### **Avertissement**

Toutes les courbes de charge présentées sont issues de données statistiques de RTE que nous avons retraitées.

Ces courbes de charge sont des courbes représentatives de la consommation nationale ou régionales. Elles présentent une certaine comparabilité entre elles, ce qui permet d'en tirer un certain nombre de conclusions solides.

Toutefois, à l'échelle du quartier, les appels de puissance vont dépendre d'autres facteurs tels que l'âge des habitants, leurs caractéristiques sociales et socioprofessionnelles, le revenu, le climat, la nature des constructions...

Du quartier à la ville et de la ville au grand territoire que sont les régions ou le national, il faut tenir compte du foisonnement des consommations qui tend à écraser les courbes de charge au fur et à mesure de l'élargissement de la zone d'analyse. Toutefois, faute de données plus fines mais également dans un souci d'une approche reproductible, les courbes de charge présentées ci-après nous paraissent suffisamment représentatives pour cette recherche.

### ***Le problème de la connaissance des données***

Concernant les puissances réelles appelées électriques:

- Dans le cadre de cette étude, nous souhaitons connaître les puissances appelées dans les logements retenus. Or, nous nous sommes heurtés à la non-gratuité de ces données auprès du distributeur d'énergie. Le coût de ces données n'a pas pu être intégré dans le budget de l'étude. L'Alec a cependant pris en charge le coût pour la fourniture d'un certain nombre d'informations pour la bonne réalisation de l'étude.

Concernant les consommations réelles des logements (gaz et électricité) :

- Pour les logements privés, la diffusion de ces données nécessite un accord voté en AG par l'ensemble de la copropriété.
- Pour les logements appartenant au bailleur social, on se retrouve sensiblement dans la même situation, ces données sont privées, le bailleur ne les possède pas et, de plus, il fait également partie de l'ensemble de la copropriété retenue dans le quartier de la Courrouze.

Ces situations font que l'obtention des consommations réelles est très difficile et n'a pas pu être réalisée correctement dans le temps imparti à la recherche.

## **Analyse par usage**

### **FROID**

#### **a. Consommation moyenne par ménage**

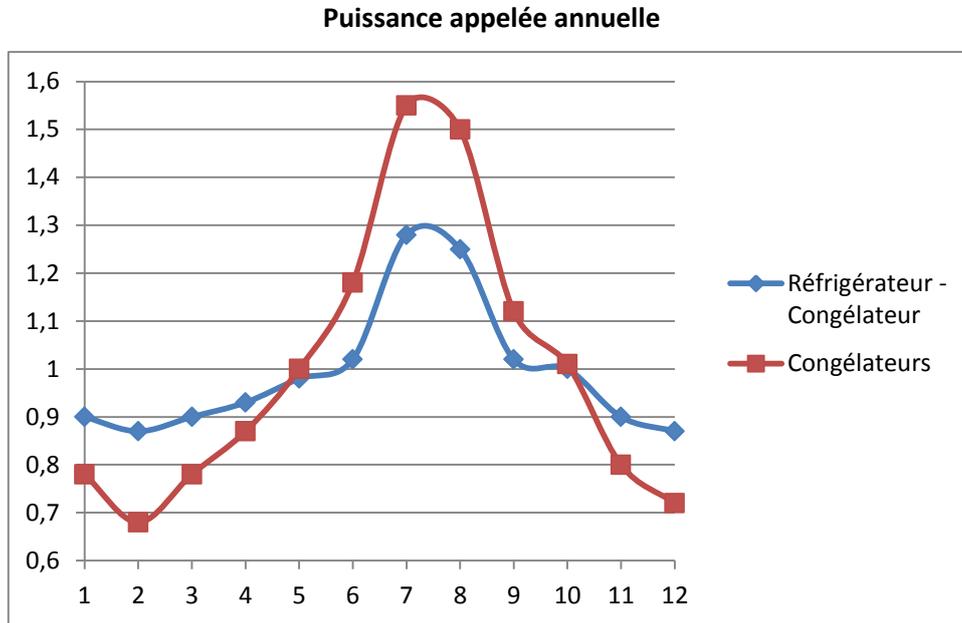
- Nombre d'appareils de froid par logement : 1,6 soit une consommation pondérée de 636 kWh / an
- Réfrigérateur – congélateur : consommation moyenne pour un combiné (source : Energie Douce)
  - 250 litres, label C : 200 à 350 W en continu ; consommation de 500 kWh / an
  - 250 litres, label A+ : 150 à 200 W en continu ; consommation de 201 kWh / an
- Equipements de froid (source : Enertech)
  - Réfrigérateur américain : 796 kWh / an
  - Congélateur : 556 kWh / an
  - Combiné : 460 kWh / an
  - Réfrigérateur seul : 283 kWh / an
- Consommation selon le label pour un réfrigérateur seul de 290 litres
  - A : 349 kWh/an
  - A+ : 277 kWh/an
  - A++ : 213 kWh/an
  - A+++ : 157 kWh/an
- Consommation pour un congélateur seul de 210 litres :
  - A : 285 kWh /an
  - A++ : 157 kWh / an

#### **b. Consommations de veille**

Néant

**c. Puissance appelée annuelle**

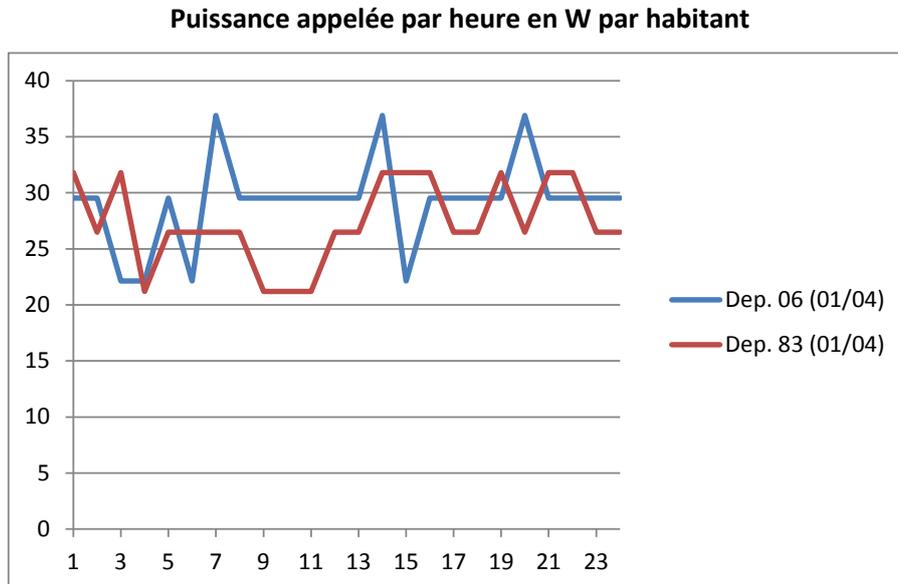
Estimation en fonction de la température extérieure et du mois (en indice mensuel ; 1 = moyenne annuelle)



Source : Enertech, 1996

**d. Puissance appelée journalière**

Estimation à partir des courbes de charge de RTE pour le Var et les Alpes Maritimes, janvier 2004



Source : La Calade à partir de données RTE

**e. Caractéristiques des courbes de charge :**

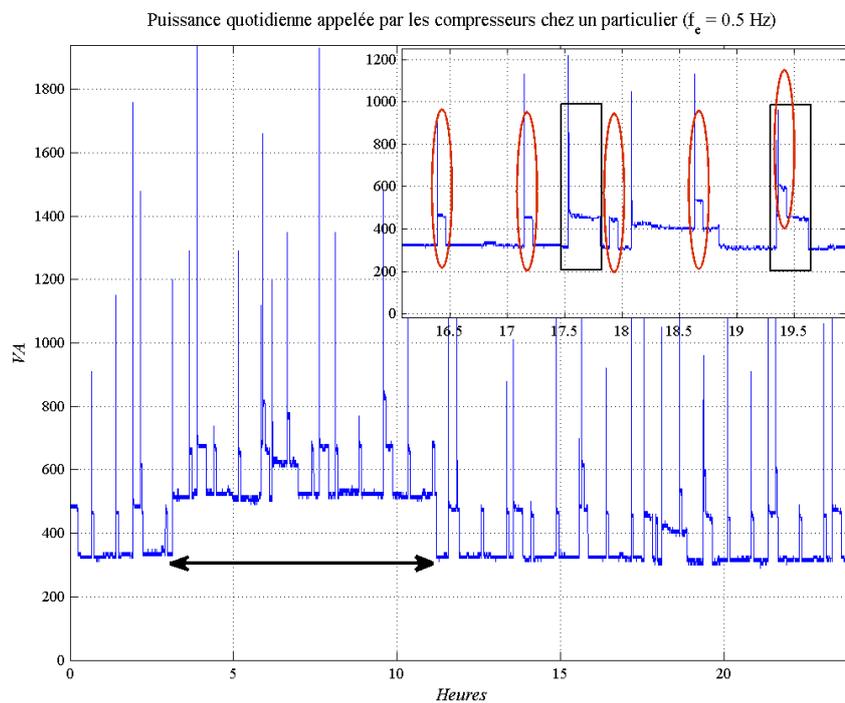
- relative stabilité journalière (pointe du matin, du midi et du soir)
- grande variabilité saisonnière : la puissance appelée l'été peut atteindre le double de l'appel de puissance de l'hiver.

**f. Capacité de stockage :**

Néant

**g. Capacité de délestage :**

Possibilité de délestage et de modifier les phases d'appel de puissance



Source : Mabrouka El Guedri, *Caractérisation aveugle de la courbe de charge électrique : Détection, classification et estimation des usages dans les secteurs résidentiel et tertiaire*, Thèse de doctorat, Paris XI, Orsay, 2009

**h. Energies renouvelables**

Néant

**i. Capacité de MDE : équipement performant**

Utilisation de réfrigérateurs et de congélateurs A+++

Gain possible : 25 à 50 % en fonction de l'appareil existant

Développement à terme de réfrigérateurs intelligents adaptant le besoin de froid au taux de remplissage de l'appareil

**j. Capacité de MDE : comportements**

Gestes économisant l'énergie : maintenir la porte fermée et regrouper les ouvertures et fermetures de la porte, régler le thermostat en fonction du taux de remplissage, dégivrer, nettoyer la grille arrière, arrêter un appareil de froid lorsqu'il est inutile,

Gain possible : 5 à 10 %

## LAVAGE

**a. Consommation moyenne par ménage**

- Lave-vaisselle : 273 kWh / an avec une consommation par cycle chaud de 1,25 kWh et 4,1 cycles par semaine
- Lave-linge : 169 kWh / an dont moteurs électriques 30 kWh
  - Consommation par cycle chaud : 648 Wh – 4,64 cycles par semaine, en moyenne 50 % de remplissage
  - Structure de la consommation d'un cycle (Enertech 2007)
    - 30-40° C : prélavage et chauffage de l'eau : 78 %, lavage : 15 % et essorage : 7 %
    - 60° C : prélavage et chauffage de l'eau : 87 %, lavage : 9 % et essorage : 4 %
    - 90° C : prélavage et chauffage de l'eau : 95 %, lavage : 3 % et essorage : 2 %
  - Lave-linge avec 220 cycles par an (valeur standard)
    - en classe A+++ à 60°C avec une capacité de 8 kg de linge : 180 kWh par an soit 100 Wh par kg de linge
    - en classe A à 60°C avec une capacité de 5 kg : 200 kWh par an soit 190 Wh par kg de linge
- Sèche-linge : 480 kWh / an

**b. Consommations de veille :**

Néant

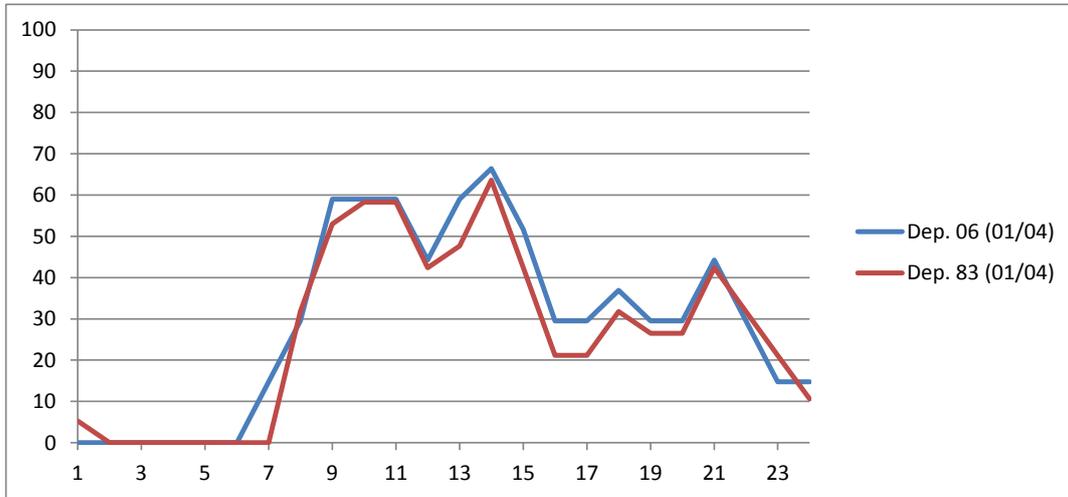
**c. Puissance appelée annuelle**

Consommation supérieure l'été

**d. Puissance appelée journalière**

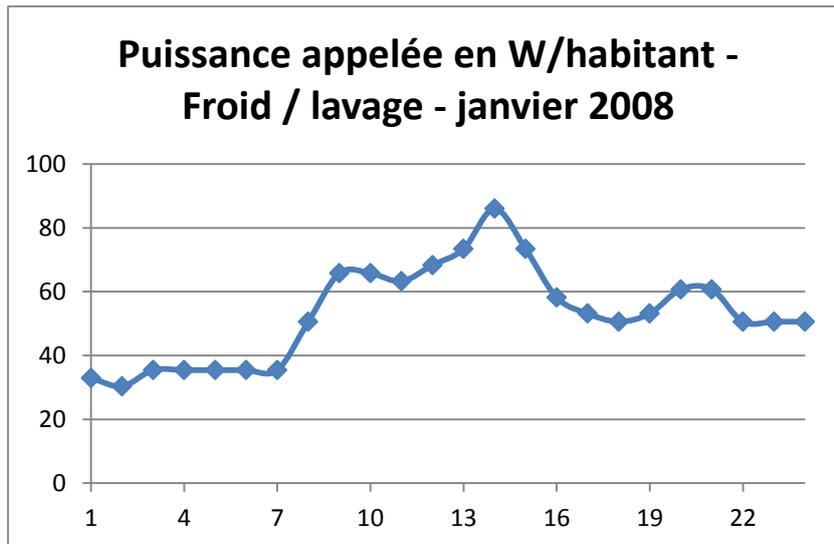
Estimation à partir des courbes de charge de RTE pour le Var et les Alpes Maritimes, janvier 2004

**Puissance appelée par heure en W par habitant pour le lavage**



Source : La Calade à partir de données RTE

**Puissance appelée journalière pour le froid et le lavage – France – Janvier 2008**



Source : La Calade à partir de données RTE

La puissance de base rappelle la consommation de froid toute la journée, soit environ 30 W par habitant.

La puissance appelée pour le lavage est de l'ordre de 55 W par habitant, légèrement inférieure à la donnée sur le Var et les Alpes-Maritimes. Cela provient de la conjonction de deux phénomènes : le progrès technique sur les équipements d'une part et un plus grand foisonnement des usages d'autre part.

**e. Caractéristiques des courbes de charge :**

- grande variabilité journalière avec pointe en début d'après-midi (après le repas) ainsi que le matin
- variabilité saisonnière plus limitée mais consommation plus élevée l'été.

**f. Capacité de stockage :**

Néant

**g. Capacité de délestage :**

Le délestage est envisageable. Des tests sont en cours mais l'utilisateur devra toujours pouvoir forcer le système (en cas de besoin urgent)

**h. Energies renouvelables**

Néant

**i. Capacité de MDE : équipement performant**

- appareils performants : gain possible de 15 % par rapport à une machine standard
- branchement de la machine à laver sur l'eau chaude (chaudière ou eau chaude solaire) : ce qui permet 10 à 15 % d'économie sur le poste lavage

**j. Capacité de MDE : comportements**

- éviter l'utilisation des sèche-linge (500 kWh par an et par appareil)
- pour les appareils de lavage : optimiser le remplissage
- réduire la température de lavage (60/90°C à 30/40°C)

## ECLAIRAGE

**a. Consommation moyenne par ménage**

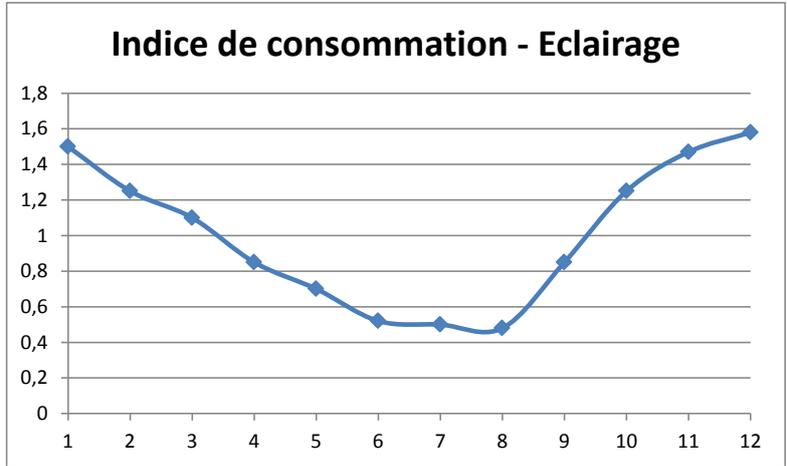
- En moyenne par logement : 28,3 lampes répartis en 18,9 luminaires (étude pour l'Ademe d'Enertech)
- Moyenne nationale : 365 kWh par an et par ménage soit 145 kWh par personne ou 3,7 kWh / m<sup>2</sup>
- Selon une étude d'Enertech,
  - 85 % des luminaires fonctionnent moins d'une heure par allumage
  - Durée moyenne d'allumage : 2 426 heures (heures pendant lesquelles au moins un luminaire est allumé)
  - Puissance moyenne installée par logement : 1 384 W (15 W/m<sup>2</sup> en 2003)
- Selon une étude de Philips, 80 % du marché de l'éclairage pourrait être constitué de LED en 2017

**b. Consommations de veille**

Halogènes avec variateur : 3 kWh par an (puissance de veille 0,4 W)

**c. Puissance appelée annuelle**

Estimation en fonction du mois (indice mensuel ; indice moyen annuel = 1)

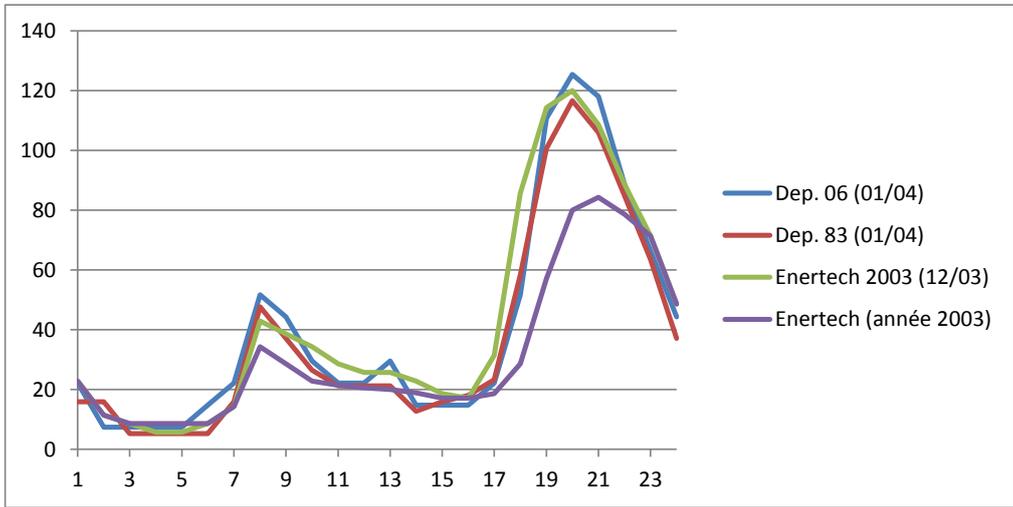


Source : Enertech 2003

**d. Puissance appelée journalière**

Estimation à partir des courbes de charge de RTE pour le Var et les Alpes Maritimes, janvier 2004 et d'une étude Enertech 2008

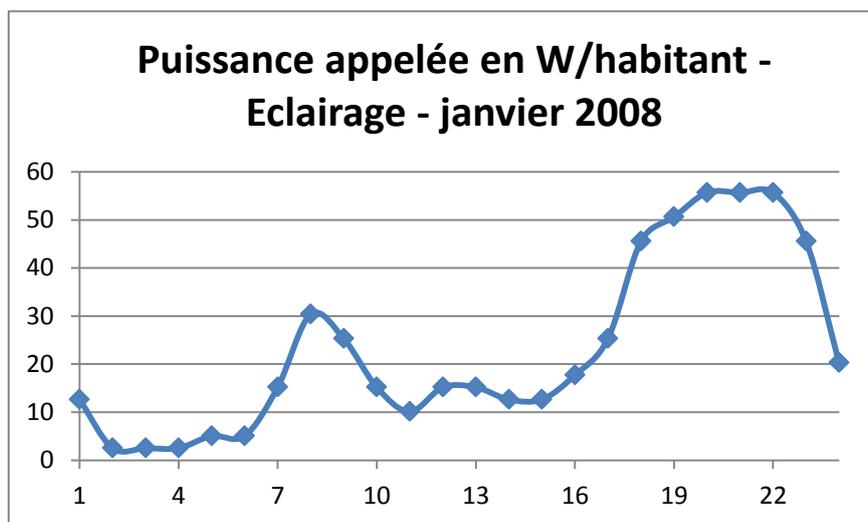
**Puissance appelée par heure en W par habitant**



Source : La Calade à partir de données RTE

Selon une étude d'Enertech portant sur 2 600 sources lumineuses, la puissance moyenne de 100 W par logement n'est dépassée ou atteinte que pendant 16,9 % de l'année, soit 1 480 heures ou 4 heures par jour.

**Puissance appelée en France – Eclairage – janvier 2008**



Source : La Calade à partir de données RTE

En 2008, la puissance appelée en pointe est inférieure à 60 W par habitant, soit la moitié de la valeur observée en 2004. Le développement des lampes « basse consommation » et la réduction de la part des halogènes sont sans doute la cause de cette réduction importante.

**e. Caractéristiques des courbes de charge :**

- besoin d'éclairage très marqué par la saison : le besoin varie dans un rapport de 3 à 4 entre l'hiver et l'été
- variabilité journalière importante avec une pointe en soirée

La pointe en soirée se maintient mais tend à être amortie avec le développement obligatoire des lampes performantes et la suppression des ampoules à incandescence. Le premier graphique de la page précédente est construit avec la présence massive des lampes à incandescence alors que le second plus récent (2008) fait déjà apparaître une réduction importante de la puissance appelée.

**f. Capacité de stockage :**

Néant

**g. Capacité de délestage :**

Néant

**h. Energies renouvelables**

Néant

**i. Capacité de MDE : équipement performant**

***Simulation du développement de LED dans un logement***

Scénario de base pour un logement de 70 m<sup>2</sup> : Puissance installée : 15 /m<sup>2</sup> x 65 = 975 W soit 20 lampes de 50 W ; Consommation : 1 kWh / jour

85 % de la puissance installée soit 828 W fonctionne 0,5 heure / jour soit 415 Wh

15 % de la puissance installée soit 147 W fonctionne 4 heures par jour soit 585 Wh

Puissance appelée en pointe : P<sub>0</sub>

Scénario économe : 20 lampes basse consommation de 11 W → puissance appelée en pointe 0,25 P<sub>0</sub>

Scénario LED : 25 lampes basse consommation de 7 W → puissance appelée en pointe 0,17 P<sub>0</sub>

Possibilité de réduire par 4 la puissance appelée avec l'achat de nouvelles lampes performantes

**j. Capacité de MDE : comportements**

Fermeture de la lumière quand on sort des pièces, optimisation de l'éclairage

## USAGES MULTIMEDIAS

**a. Consommation moyenne par ménage**

**- Audiovisuel**

- En moyenne par logement : 546 kWh par an (source Enertech 2007, étude REMODECE)
- Consommation de quelques appareils audiovisuels :
  - Télévision : 260 à 430 kWh (moyenne 343 kWh)
  - Périphérique TV : 100 à 150 kWh (moyenne 139 kWh)
  - Audio : 65 kWh

**- Bureautique domestique**

- En moyenne par logement : 396 kWh par an (source Enertech 2008)
- Consommation de quelques appareils audiovisuels (source Energie Douce):
  - Ordinateur avec écran plat : 70 à 80 W x 4 h/j x 335 = 100 kWh / an
  - Ordinateur avec écran cathodique : 400 kWh / an
  - Box et modem : 44 kWh
  - Imprimante et/ou scanner : 26 kWh
  - Autres périphériques : 16 kWh

**- Console de jeux (puissance en W) (source Ademe, EDF)**

- Playstation 3 : 160 W
- Xbox 360 : 145 W
- X box : 40 W
- Game cube : 18 - 22 W
- Playstation 2 : 20 W

**b. Consommations de veille**

- Unités centrales : 3,2 W
- Ecran CRT : 3,2 W ; écran LCD : 1 W
- Ordinateur portable : 2,1 W
- Imprimante jet d'encre : 2,2 W
- Imprimante laser : 7,4 W
- Téléviseur LCD : 1,8 W, téléviseur plasma : 1,6 W
- Lecteur DVD : 2,4 W, lecteur / enregistreur DVD : 3,4 W
- Lecteur CD : 2,8 W

La puissance moyenne de veille (multimédias et appareils électriques divers) est de 82 W par logement soit une consommation annuelle de 500 kWh par logement (source Powermetric), représentant pour l'ensemble des ménages l'équivalent de la production de deux centrales nucléaires.

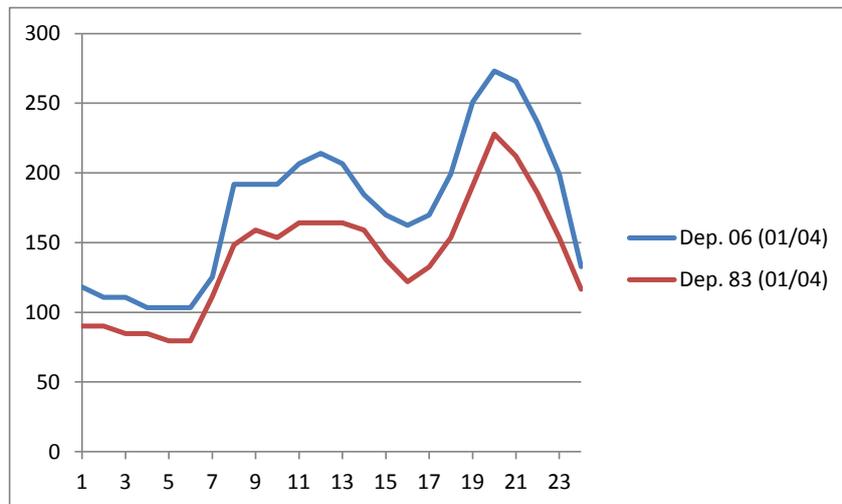
**c. Puissance appelée annuelle**

Relativement constante tout au long de l'année en dehors des périodes de vacances.

**d. Puissance appelée journalière**

Estimation à partir des courbes de charge de RTE pour le Var et les Alpes Maritimes, janvier 2004

**Puissance appelée par heure en W par habitant – Multimédias et autres usages**



Source : La Calade à partir de données RTE

La puissance appelée est liée au nombre d'appareils mais aussi aux types d'appareils utilisés. Par exemple pour les téléviseurs :

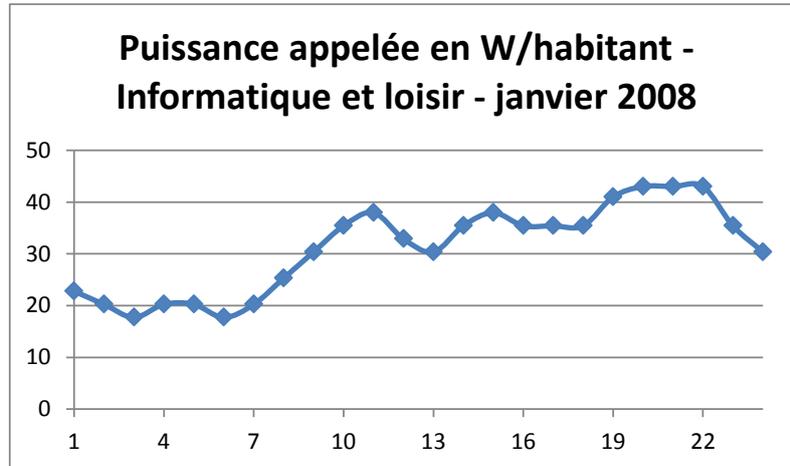
- téléviseur de 80 cm LCD : 111 W
- téléviseur de 100 cm LCD : 180 W
- téléviseur de 120 cm plasma : 300 W

La courbe de charge inclut évidemment un coefficient de foisonnement important car l'usage des appareils n'est généralement pas simultané et l'usage des appareils audiovisuels est partagé entre les différents membres du ménage.

Ces usages résidentiels comprennent aussi les autres usages détaillés dans la fiche ci-après.

Pour les usages informatiques et électriques de loisirs seuls, la courbe de charge nationale indique un plateau de puissance appelée de 10 heures à 23 heures avec une légère pointe entre 20 h et 22 heures.

**Puissance moyenne appelée en France – janvier 2008 – informatique et loisirs**



Source : La Calade à partir de données RTE

**e. Caractéristiques des courbes de charge :**

- Pointe le soir après 19 heures
- Important effet de foisonnement entre les différents équipements
- Puissance de veille importante : 82 W par logement

**f. Capacité de stockage :**

Néant

**g. Capacité de délestage :**

Néant

**h. Energies renouvelables**

Néant (en site urbain)

**i. Capacité de MDE**

- Internet : ne pas rester sur les sites
- Télévision : limiter la taille de l'écran
- Suppression des veilles autant que possible : télévision, appareils Hi-Fi...
- Utilisation de l'interrupteur de la prise du poste multimédia
- Paramétrer au mieux l'ordinateur selon l'usage qui en est fait (veille de l'écran et de l'ordinateur)
- Utiliser des prises coupes veilles pour le téléviseur
- Paramétrer les téléviseurs pour les mettre en mode économie
- Débrancher les chargeurs (portable, mobile...) dès que les appareils sont chargés

## AUTRES USAGES

### a. Consommation moyenne par ménage

- Consommation moyenne : 300 à 1 000 kWh par ménage en fonction de leur taux d'équipement
- Exemple de consommation (sources divers dont le site Energie Douce) :
  - Fer à repasser : 750 à 1100 W x 1 h / semaine : 50 kWh/an
  - Machine à coudre : 70 à 100 W x 2h/mois : 2 kWh/an
  - Aspirateur : 650 à 800 W x 1,5 h / semaine : 55 kWh/an
  - Sèche-cheveux : 300 à 600 W x 10' / jour : 4 kWh/an
  - Aquarium : 100 à 300 W en continu : 800 kWh/an
  - Four micro-ondes : 1000 à 1500 W x 0,5 h/semaine : 30 kWh/an
  - Micro-ondes : 750 W x 2h/semaine : 72 kWh/an
  - Four classique : 2000 à 2500 W x 1h/semaine : 108 kWh/an
  - Plaque de cuisson : 1 500 à 3 000 W x 35'/jour : 450 kWh/an
  - Cafetière : 500 à 1000 W x 10//jour : 42 kWh/an
  - Réveil : 3 à 6 W en continu : 20 kWh/an

### b. Consommations de veille

De nombreux équipements sont consommateurs d'électricité en veille (source Enertech 2008) :

- Radioréveil : 15 kWh/an
- Micro-ondes : 19 kWh/an
- Mini-four : 16 kWh/an
- Four électrique : 29 kWh/an
- Plaques vitrocéramiques : 34 kWh/an
- Téléphone-répondeur : 31 kWh/an
- Répondeur : 19 kWh/an
- Téléphone sans fil : 20 kWh/an

### c. Puissance appelée annuelle

Voir la fiche « usages multimédias » qui inclut ces usages

### d. Puissance appelée journalière

Voir la fiche « usages multimédias » qui inclut ces usages

### e. Capacité de MDE

- Suppression des veilles
- Aquarium : retrait d'un tube d'éclairage

## EAU CHAUDE SANITAIRE AVEC BALLON A ACCUMULATION

### a. Consommation moyenne par ménage

- Consommation moyenne de 800 à 1 000 kWh par habitant
- Consommation de 145 l. d'eau par jour dont 30 % à 60°C → besoin énergétique de  $0,145 \times 30\% \times 330 \times 50 / 0,86 = 835 \text{ kWh / an}$   
Rendement du ballon électrique : 85 %  
Consommation annuelle : 980 kWh / an et par habitant

### b. Consommations de veille

Néant

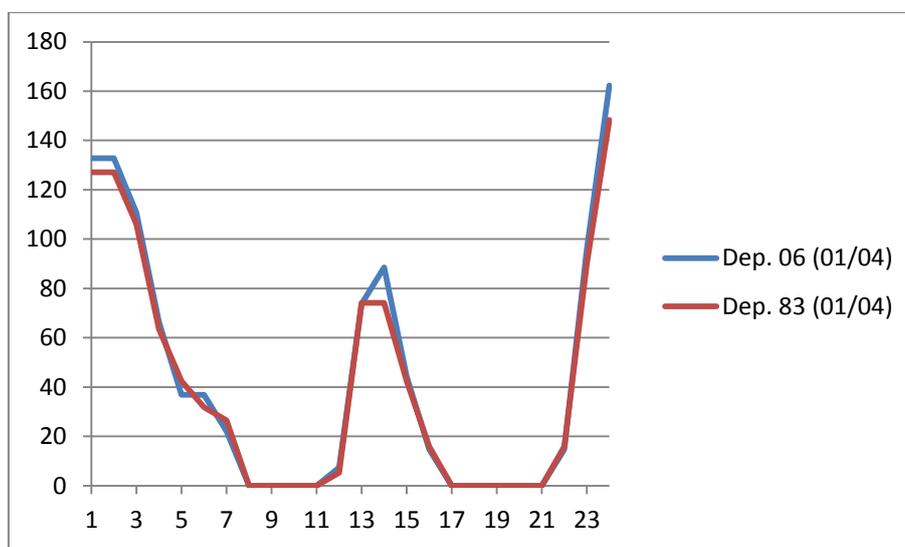
### c. Puissance appelée annuelle

Puissance également répartie toute l'année sauf dans les périodes d'absence

### d. Puissance appelée journalière

Estimation à partir des courbes de charge de RTE pour le Var et les Alpes Maritimes, janvier 2004

Puissance appelée par heure en W par habitant – ECS avec accumulation



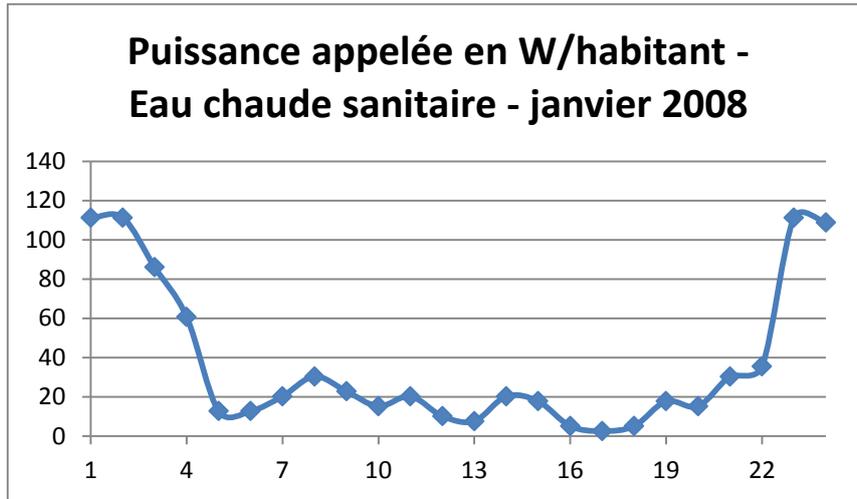
Source : La Calade à partir de données RTE

La courbe fait apparaître l'importance des heures creuses qui se situe dans la journée. En PACA les heures creuses allaient de 13 à 15 heures en 2004.

La puissance appelée par habitant dépend aussi du nombre de ménages ayant des chauffe-eau électriques avec ballons.

Pour l'ensemble de la France, en janvier 2008, la puissance appelée la nuit est de 110 W par habitant comme le montre le graphique suivant. La puissance de jour est inférieure à 30 W par habitant.

**Puissance appelée par habitant en janvier 2008 – France - Eau chaude sanitaire**



Source : La Calade à partir de données RTE

**e. Caractéristiques des courbes de charge :**

La courbe de charge est dépendante des horaires de stockage

**f. Capacité de stockage :**

Le stockage est un élément important du poste eau chaude sanitaire avec l'objectif d'optimisation tarifaire (heures creuses / heures de pointe)

Lien ECS – Chauffage

Pilotage du réseau

**g. Capacité de délestage :**

Pilotage du réseau

**h. Energies renouvelables**

ECS solaire

**i. Capacité de MDE : comportements**

- Isoler le ballon d'ECS
- S'équiper de robinet performant (mitigeurs double débit, mitigeurs thermostatiques)
- Régler la température du ballon d'eau chaude entre 50 et 55°C
- En cas d'absence de plusieurs jours éteindre son chauffe-eau

## CUISSON

### a. Consommation moyenne par ménage

La consommation moyenne pour la cuisson des aliments est de 1 000 kWh par logement et par an dont 38 % en électricité, 39 % en gaz et 23 % en GPL.

Selon le CEREN, l'électricité est utilisée par 51% des ménages, dont 11% en association avec le gaz et 12% avec le GPL, soit 23 % des ménages disposant de deux sources d'énergie pour la cuisson.

La mono-énergie de cuisson est davantage présente en appartement (83% des cas), où domine l'électricité et le gaz. La mixité, (électricité - gaz et électricité – GPL) est davantage présente en maison individuelle, 28% des cas.

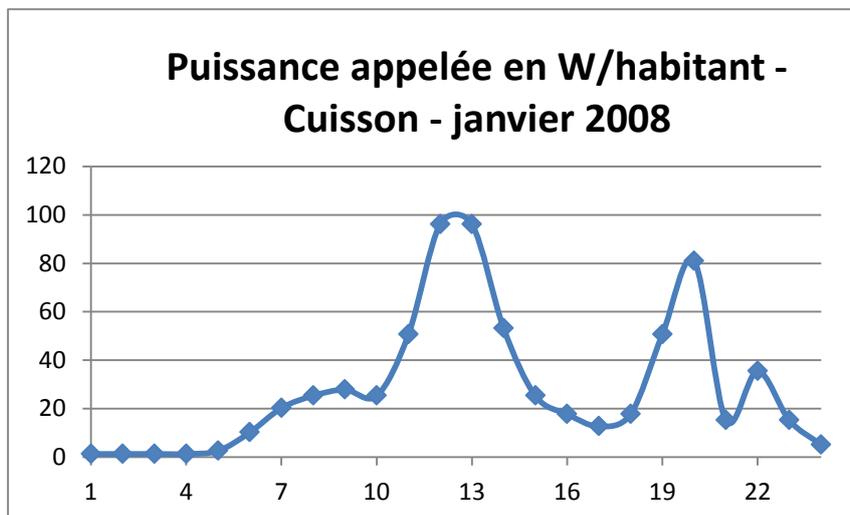
### b. Consommations de veille

Néant

### c. Puissance appelée journalière

Pour l'ensemble de la France, en janvier 2008, la puissance appelée de pointe est de 100 W par habitant à 12 – 13 heures, comme le montre le graphique suivant. La puissance appelée le soir (20 heures) est seulement de 80 W par habitant.

Puissance appelée par habitant en janvier 2008 – France - Cuisson



Source : La Calade à partir de données RTE

A noter qu'en 2008, 13,8 millions de ménages disposaient d'une cuisine avec des plaques électriques (seules ou mixtes), ce qui correspond à 51 % des résidences principales (total de 27,1 millions de ménages).

Autrement dit la puissance appelée de pointe est de 200 W par habitant disposant d'un appareil de cuisson électrique.

**e. Caractéristiques des courbes de charge :**

Point journalière bien marquée le midi et le soir

**f. Capacité de stockage :**

Aucune

**g. Capacité de délestage :**

Possibilité de substitution vers le gaz et le GPL pour 23 % des ménages disposant de deux sources énergétiques et pour de nombreux logements desservis par le gaz. Toutefois il faut dans ce cas amener le tuyau de gaz dans la cuisine.

**h. Energies renouvelables**

Four solaire

**i. Capacité de MDE : équipement performant**

Equipements récents plus performants

Performance plus élevée des plaques à induction

**j. Capacité de MDE : comportements**

Modérer les consommations en utilisant un couvercle

Utiliser des modes de cuisson adaptés à son équipement

## CHAUFFAGE ELECTRIQUE

**a. Consommation de chauffage**

Consommation moyenne par logement en kWh par an

	Maison	Appartement
Convecteurs seuls	5 860	3 490
Convecteurs avec équipement associé	4 770	3 410
Pompe à chaleur	6 140	5 460
Chaudière électrique	8 450	6 420

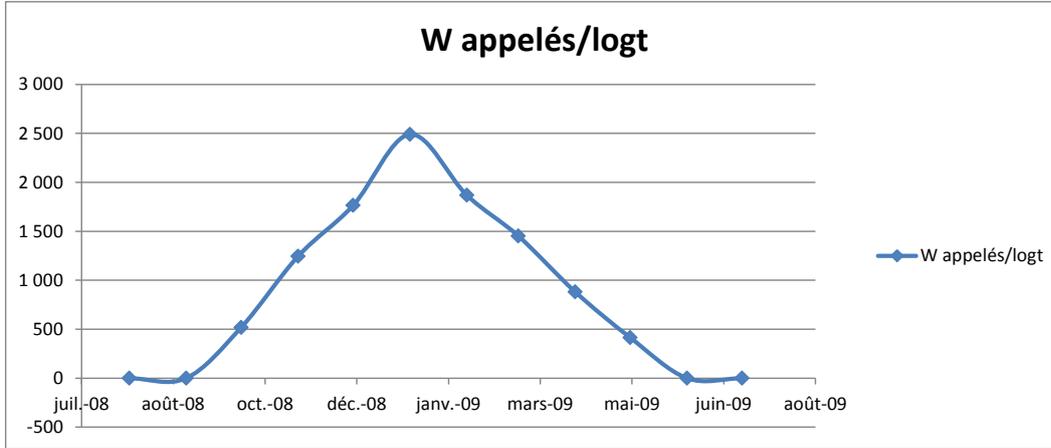
Source : CEREN- 2008

**b. Veille**

Néant

**c. Puissance appelée annuelle**

**Puissance évaluée à partir de la courbe de charge annuelle française établie par RTE et sur la base du nombre de logements chauffés à l'électricité (soit 70 % de la consommation de chauffage électrique en France)**



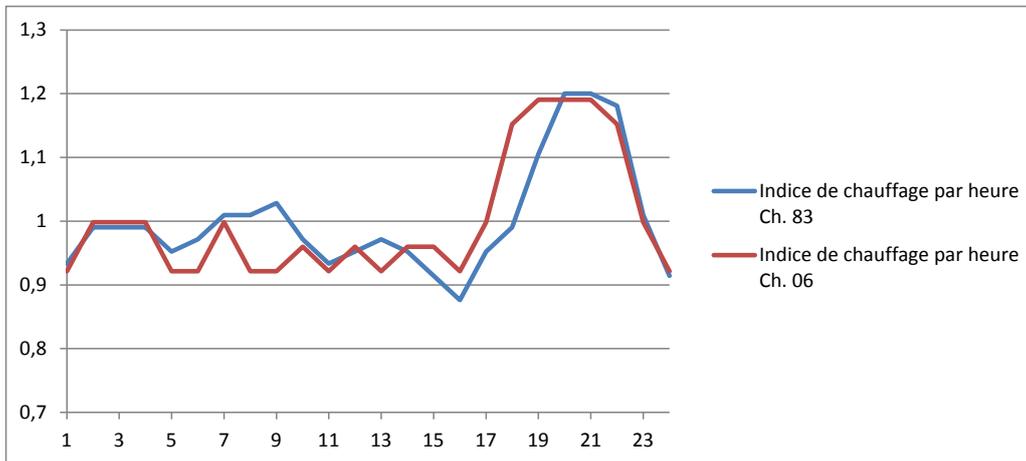
Source : La Calade pour le PUCA

**d. Puissance appelée journalière**

Estimation à partir des courbes de charge de RTE pour le Var et les Alpes Maritimes, janvier 2004

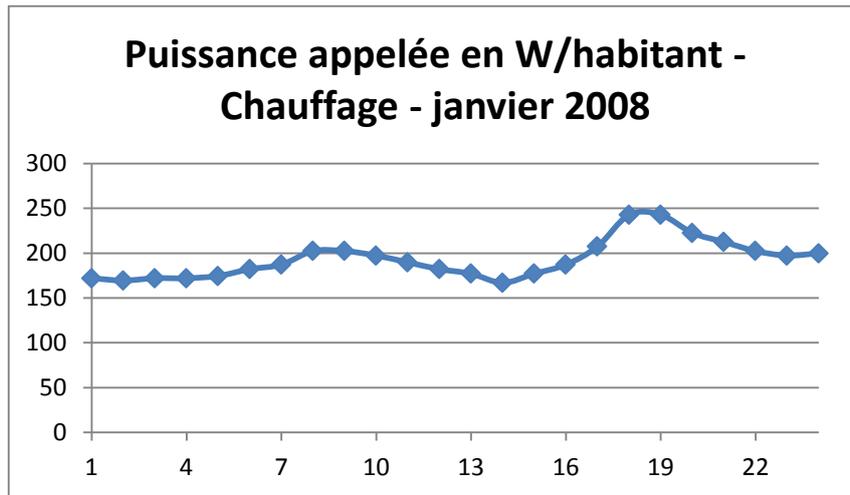
De 23 h à 17h30, la puissance appelée est assez stable, 5 à 10 % en dessous de la moyenne journalière. Le besoin de chauffage augmente de 25 à 30 % entre 18 h et 22 h.

**Indice de chauffage par heure**



Source : La Calade à partir de données RTE

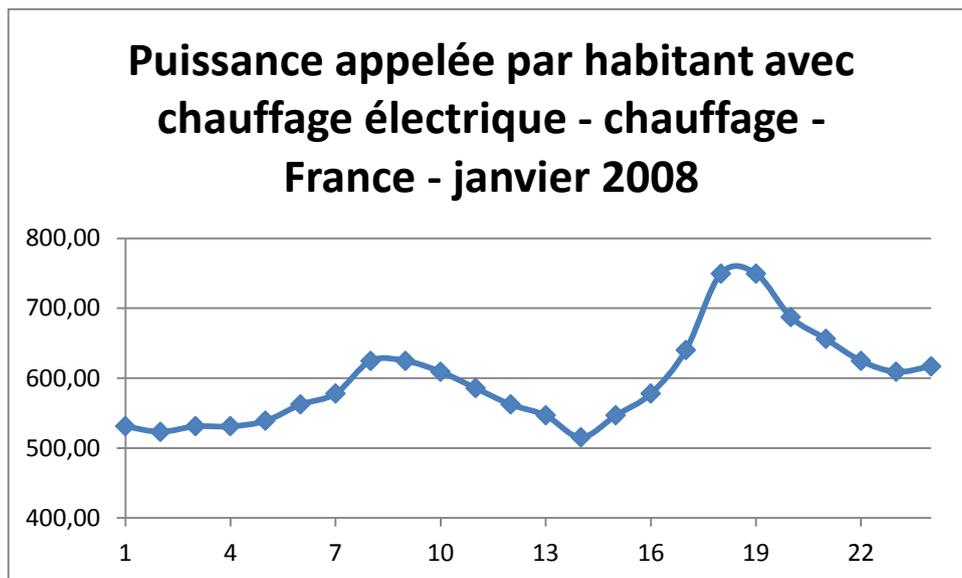
**Puissance appelée moyenne par habitant en France – Chauffage – janvier 2008**



Source : La Calade à partir de données RTE

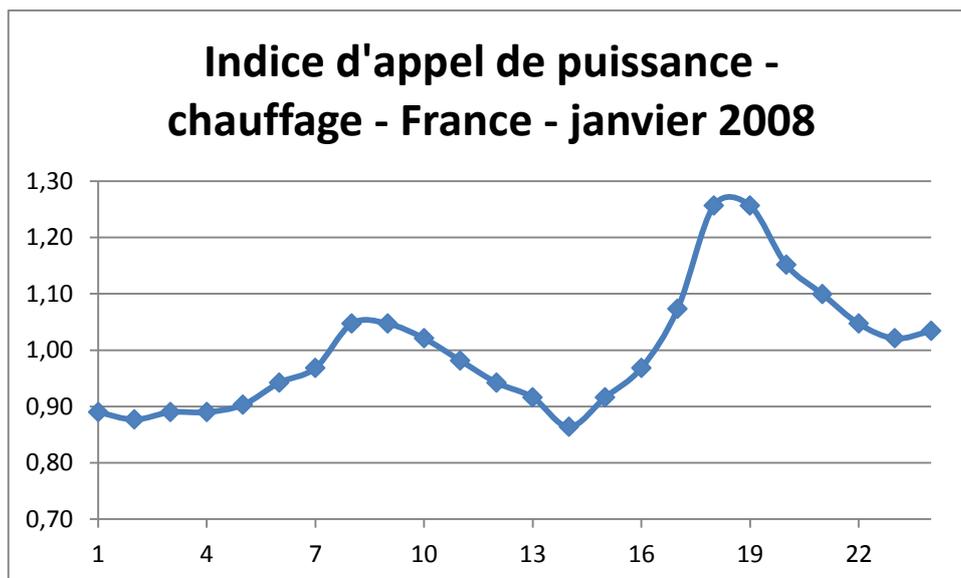
En 2008, il y avait en France 8,79 millions de ménages qui utilisaient le chauffage électrique en chauffage de base seul ou associé à un autre mode de chauffage, soit 32,4 % des résidences principales.

La puissance appelée de pointe est de 750 W par habitant disposant d'un chauffage électrique



Source : La Calade à partir de données RTE

A partir de cette courbe, on peut construire l'indice de consommation par rapport à la moyenne. On retrouve le même indice de consommation horaire au niveau national avec une pointe le soir (19 heures) mais cet indice est toutefois un peu plus marqué (1,25 contre 1,20)



Source : La Calade à partir de données RTE

#### d. Capacité de délestage :

Plusieurs projets présentés dans cette recherche montrent les possibilités de délestage du chauffage électrique.

Selon une étude de Voltalis réalisée pour l'Ademe, un quart d'heure d'effacement par heure permet d'économiser 10 % de la consommation horaire d'électricité, sans perte importante de confort.

*Si l'on suppose un tel effacement sur les 8 heures de pointe par jour, cela représente une économie de  $37,5 \% \times 10 \% = 4 \%$  par jour*

*Avec une consommation journalière de 14,5 kWh par habitant, l'économie pour un ménage de 3 personnes serait de l'ordre de 350 kWh par an.*

#### e. Energies renouvelables

Passage à la pompe à chaleur air / air ou appoint d'un poêle à bois

#### f. Capacité de MDE : équipement performant (y compris enveloppe et substitution d'énergie)

- Réhabilitation énergétique du logement
- Régulation
- Pompe à chaleur à partir d'ECS solaire stockée
- Appliquer les bonnes températures

## TOUS USAGES (hors chauffage)

### Consommation d'énergie

#### Données moyennes nationales du CEREN, 2008

Consommation moyenne par logement en kWh par an

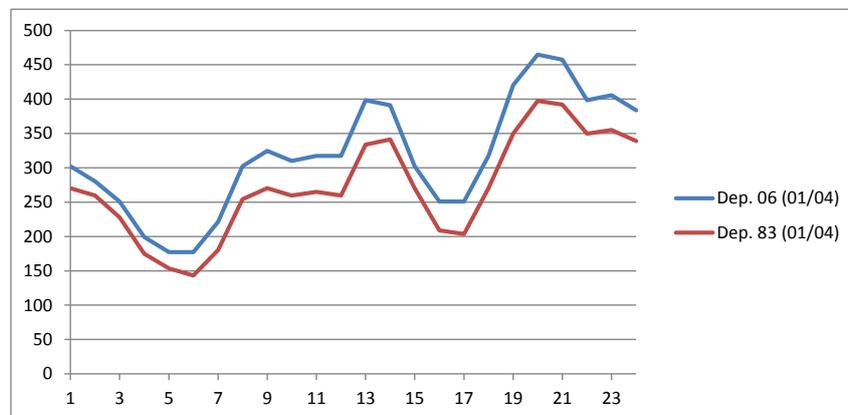
	Maison	Appartement
Froid	760	440
Lavage	760	420
Eclairage	490	310
Autres	1 250	910
Cuisson électrique seule	1 090	590
ECS indépendante	1 690	1 400

Source : CEREN

### Puissance appelée journalière

Estimation à partir des courbes de charge de RTE pour le Var et les Alpes Maritimes, janvier 2004

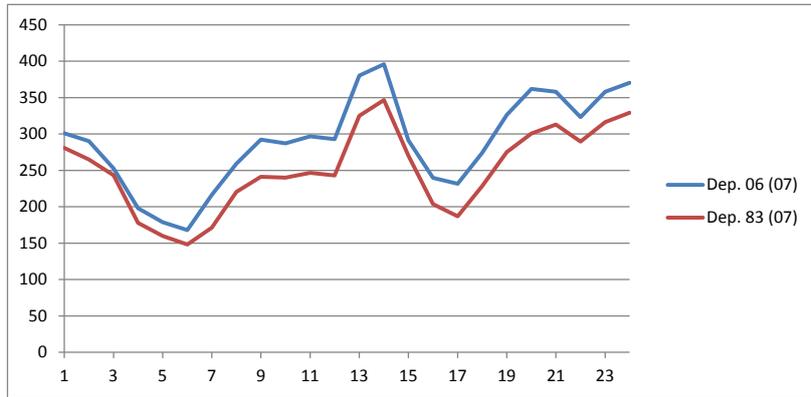
#### Puissance appelée par heure en W par habitant tous usages sauf chauffage en janvier



Source : La Calade à partir de données RTE

**Estimation de la courbe de charge en juillet à partir des hypothèses de demande saisonnière**

**Puissance appelée par heure en W par habitant tous usages en juillet**

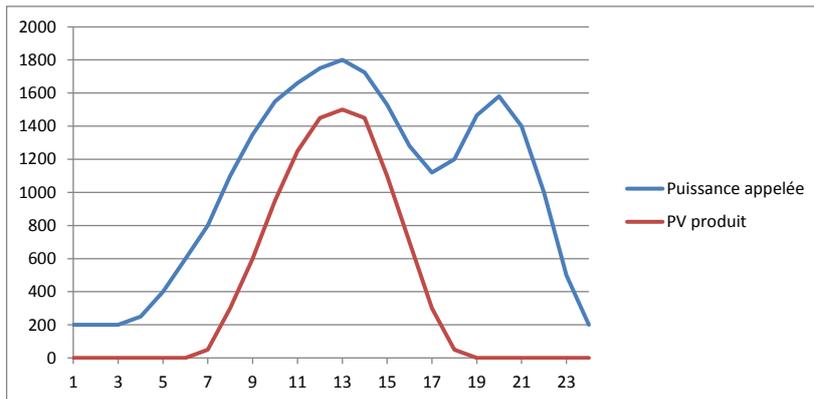


Source : La Calade à partir de données RTE

La pointe se déplace vers 13 heures en juillet.

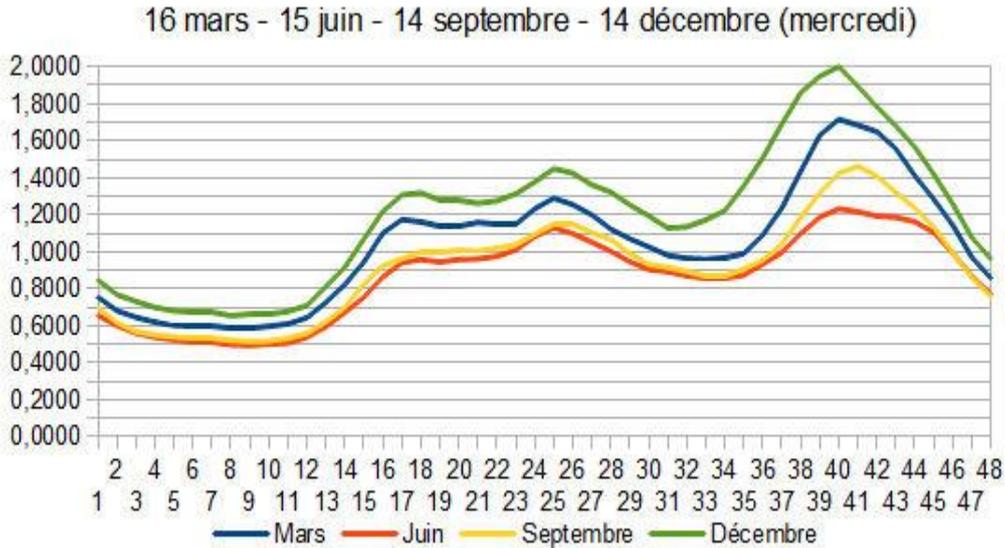
Ceci est cohérent avec le schéma proposé par Olivier Sidler pour une maison individuelle

**Puissance appelée d'une maison en été et production PV (2,5 kW) en W**



Source : Enertech

**Puissance appelée journalière par pas d'une demie heure en 2010 d'après données ErDF calculée par Energeia**



Source : Energeia

Les courbes de charge d'ErDF calculées par Energeia montrent aussi l'importance de la pointe du soir en hiver et au printemps et la relative monotonie de la courbe l'été avec une pointe très peu marquée le soir.

Ces courbes montrent bien l'importance de traiter les courbes de charge des mois d'hiver et du printemps, époques où la demande de chauffage est importante.

## **8.2. Courbes de charge électrique adaptées au quartier de Cleunay ouest**

Nous n'avons pas pu disposer de la courbe de charge aux différents postes électriques du quartier. Aussi, nous avons reconstitué une courbe de charge en fonction des caractéristiques du quartier.

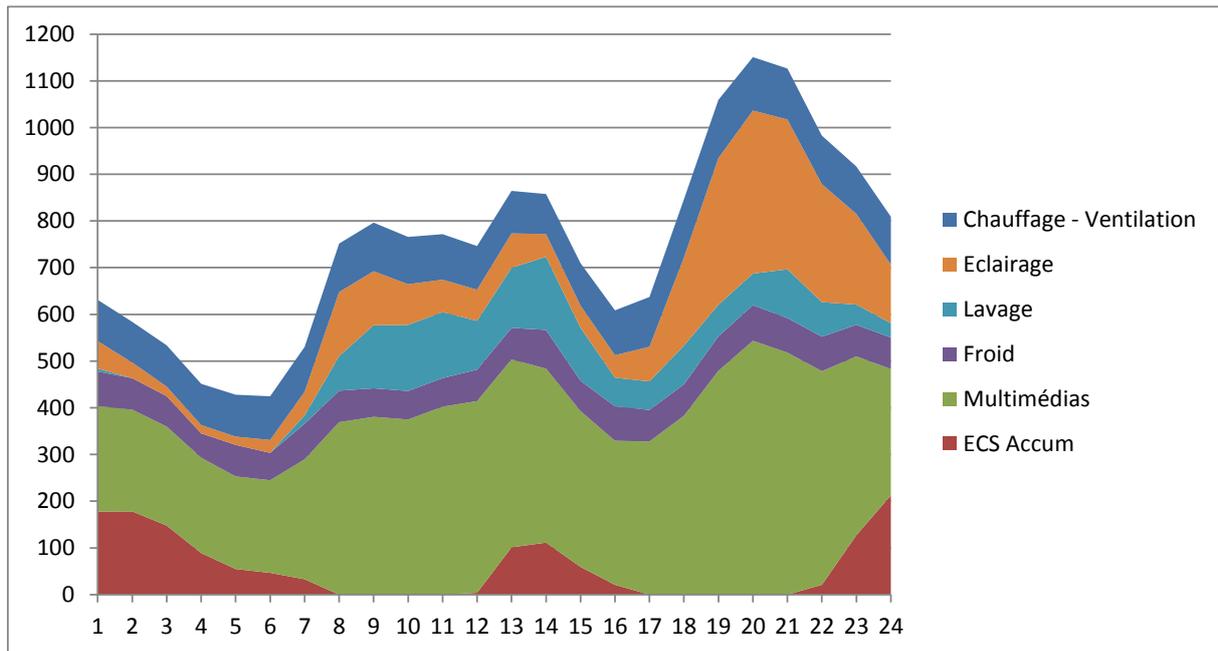
Une question demeure qui est celle de la représentativité de courbes de charge nationales ou régionales à des échelles plus petites comme le quartier. Il y a évidemment des usages qui diffèrent d'un territoire à un autre en fonction de l'âge des ménages, de leurs revenus, de la catégorie socioprofessionnelle... qui influent aussi sur les modes de vie, les rythmes et la façon de disposer des usages dans le temps.

Selon une recherche du CBRS (Mindjid Maïzia, laboratoire CITERE, Tours), le point auquel le foisonnement ne serait plus significativement visible tournerait autour de 1 500 logements. Ceci nous permet dans ce cas d'utiliser les courbes précédentes pour notre quartier.

Nous avons reconstitué la courbe de charge en tenant compte :

- de la part chauffage électrique dans le quartier
- d'une hypothèse d'utilisation de chauffe-eau électrique (à partir d'une matrice mode de chauffage x mode de fourniture de l'eau chaude sanitaire)
- des hypothèses retenues pour l'électricité spécifique (ménages relativement moins équipés que la moyenne nationale du fait de l'âge et des revenus des habitants)
- des hypothèses retenues pour l'éclairage : petits appartements demandant plus d'éclairage.

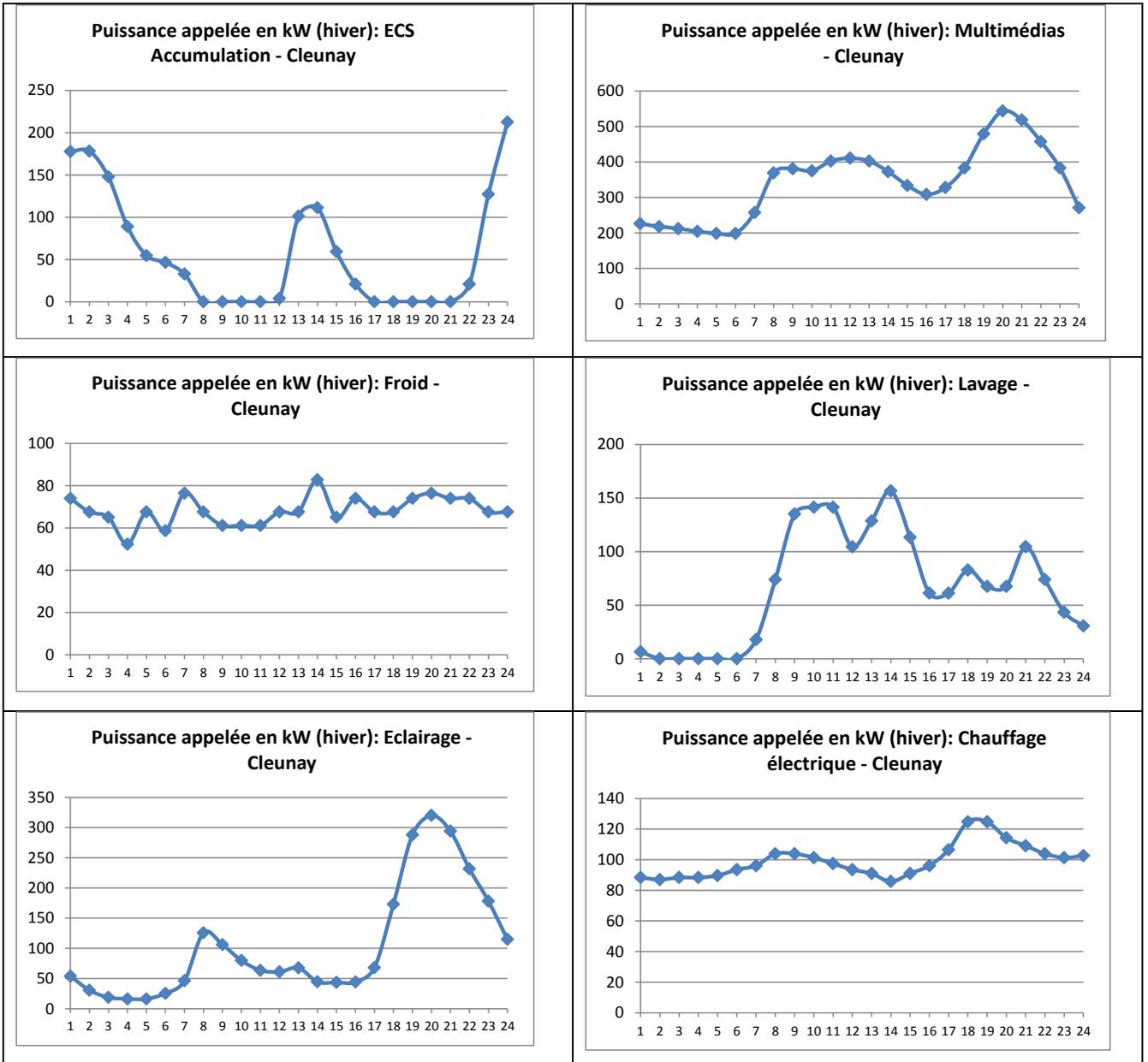
**Courbe de charge estimée pour le quartier Cleunay ouest – Hiver**



Source : La Calade pour le PUCA

L'objectif est de pouvoir évaluer, à partir de cette courbe, l'impact que pourraient avoir des actions d'économies d'électricité et de délestage sur cette courbe et d'imaginer les impacts économiques avec différents niveaux de tarification. Puis il s'agit d'intégrer les énergies renouvelables et la cogénération (gaz ou bois) afin d'évaluer l'impact global sur la courbe de charge.

Détail des courbes de charge par usage pour le quartier Cleunay



Source : La Calade pour le PUCA

### Impact des différentes options techniques sur la courbe de charge électrique

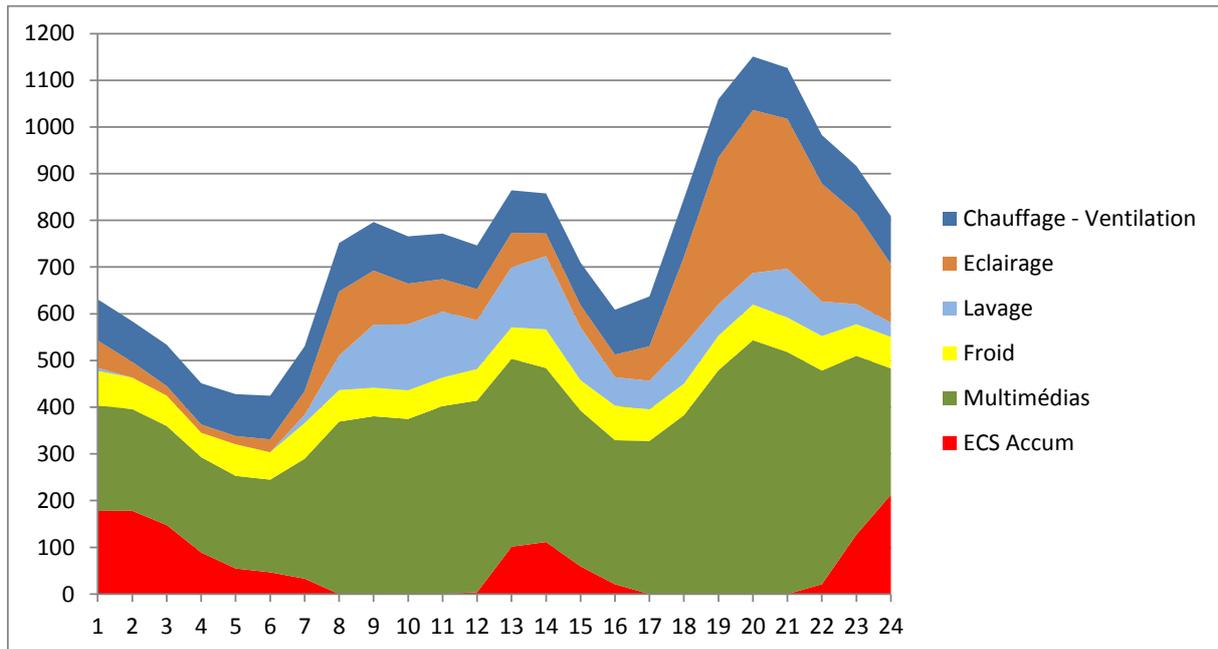
Pour chacune des options, nous évaluons les impacts en termes de puissance appelée

#### Analyse des actions au regard de la puissance appelée

Parc concerné	Parc réhabilité	Caractéristiques techniques des scénarios	Impacts attendus en termes de puissance appelée	Impacts attendus en kW économisés ou délestés
Nombre logements				
<b>1. Isolation thermique</b>				
513	385	Impact sur la ventilation mécanique contrôlée	Faible, à moins d'un changement de la ventilation avec moteur basse consommation. Si moteur basse consommation, la consommation est divisée par deux	
		Impact sur les besoins de chauffage	Réduction de la consommation et des appels de puissance et jeu possible sur un délestage (principe de l'effacement des consommations) par des coupures de 15 à 20 mn/heure, mais risque d'effet rebond.	Estimé à 40%. Lié à l'isolation et la performance des appareils et de la régulation. Sur l'effacement de pointe, économie possible de 6,8 à 8,3% selon les scénarios (source ADEME).
<b>2. Régulation ; robinets thermostatiques</b>				
513	478		Impact sur le chauffage à eau chaude. Peu d'impact sur les appels de puissance. Pas de potentiel sur l'effacement de pointe.	
<b>3. MDE Electricité</b>				
1 507	1 453	Economie d'éclairage	Impact pouvant aller jusqu'à 10% d'économie sur la consommation avec des gestes simples et 15% avec des petits équipements (coupe veille, éclairage leds, ...). Pour le poste froid il existe des possibilités, en dehors des actions liées à l'efficacité énergétique, sur le délestage selon le lieu et l'emplacement des appareils. Sur le poste Eau chaude, impact du remplacement des ballons ECS par des systèmes thermodynamiques.	Pose de LED et LBC : - 24 %
		Coupure des veilles et multimédias		Action sur l'ensemble des veilles : - 20 %
		Lavage et séchage		Action sur le sèche-linge : - 16 %
		Froid		Action sur l'ouverture et la fermeture des portes = - 11 %
		Economie d'ECS électrique		Action sur les comportements, économiseurs d'eau, éco-gestes, isolation des ballons ... Possibilité de supprimer la charge dans la période 12 – 16 h

<b>4a. Cogénération gaz</b>				
669	283	Courbe de production d'électricité	En autoconsommation ou revente de l'électricité	Economie à plein régime de 183 kW Taux de charge moyen : 80 %
<b>4b. Microcogénération gaz</b>				
	34	En maison individuelle	En autoconsommation ou revente de l'électricité	Economie à plein régime de 34 kWe Taux de charge moyen : 80 %
<b>4c. Cogénération bois</b>				
498	249	Courbe de production d'électricité	En autoconsommation ou revente de l'électricité	Idem cogénération gaz
<b>5. ECS solaire</b>				
723	400	ECS solaire seulement sur les maisons du quartier ayant des chauffe-eau électriques	50 à 60% des besoins d'ECS couvert par la production solaire. Voir la possibilité d'augmenter le volume d'eau chauffé afin de faire du stockage.	
<b>6. Panneaux photovoltaïques</b>				
1777	310	Construction de la courbe de production solaire : été et hiver ; autoconsommation ou injection dans le réseau	Production envoyée sur le réseau ou en en autoconsommation	Puissance installée de 389 kWc : puissance appelée évitée en hiver : 23 % de la puissance crête
<b>7. Smart Grids</b>				
1777	1400	Délestage des équipements de chauffage, de froid et de lavage Batteries de stockage		

### Courbe de charge initiale pour le quartier en kW appelé



Source : La Calade pour le PUCA

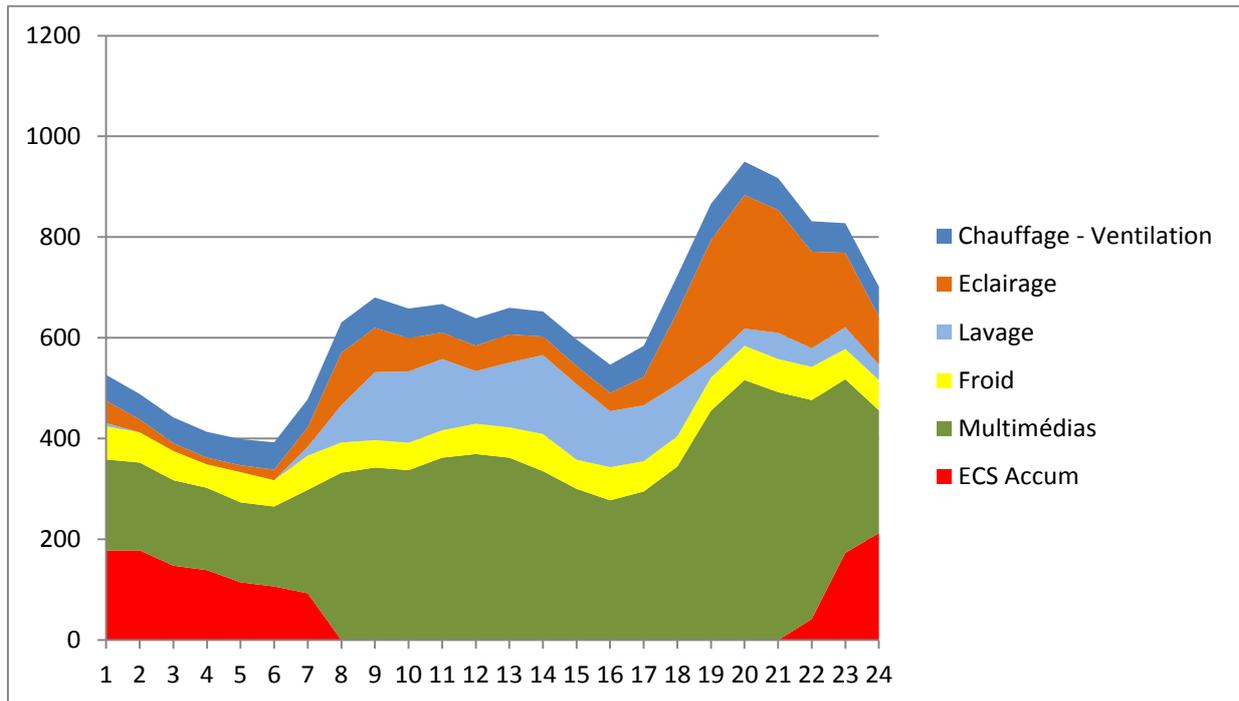
La courbe de charge estimée pour le quartier fait apparaître en jour de semaine d'hiver une pointe vers 20 heures de 1 150 kW dominée par deux usages : les appareils multimédias et l'éclairage. Cette pointe s'étale sur la période 19 – 22 heures.

On observe aussi une seconde pointe vers 12 - 14 heures de près de 900 kW.

Cette forme de courbe est tirée des différentes courbes de charge établies par usage, affectées pour chacune d'un coefficient de pondération tenant compte de la spécificité du quartier. Il s'agit évidemment d'un exercice théorique n'ayant pas à disposition de courbes de charge réelles. Celles-ci auraient pu être croisées avec les courbes de charge par usage et des enquêtes de comportement pour préciser la nature des usages et des puissances appelées par tranche d'heure.

Nous noterons aussi qu'il s'agit d'un jour moyen d'hiver en semaine. Une étude menée sur les communes du Val d'Ille montre que les puissances appelées en weekend peuvent être différentes avec une pointe plus marquée dans la période 12 – 14 heures rejoignant les niveaux de pointe 19 – 22 heures.

**Courbe de charge après travaux d'isolation, MDE et installation de systèmes *smart grids***



Source : La Calade pour le PUCA

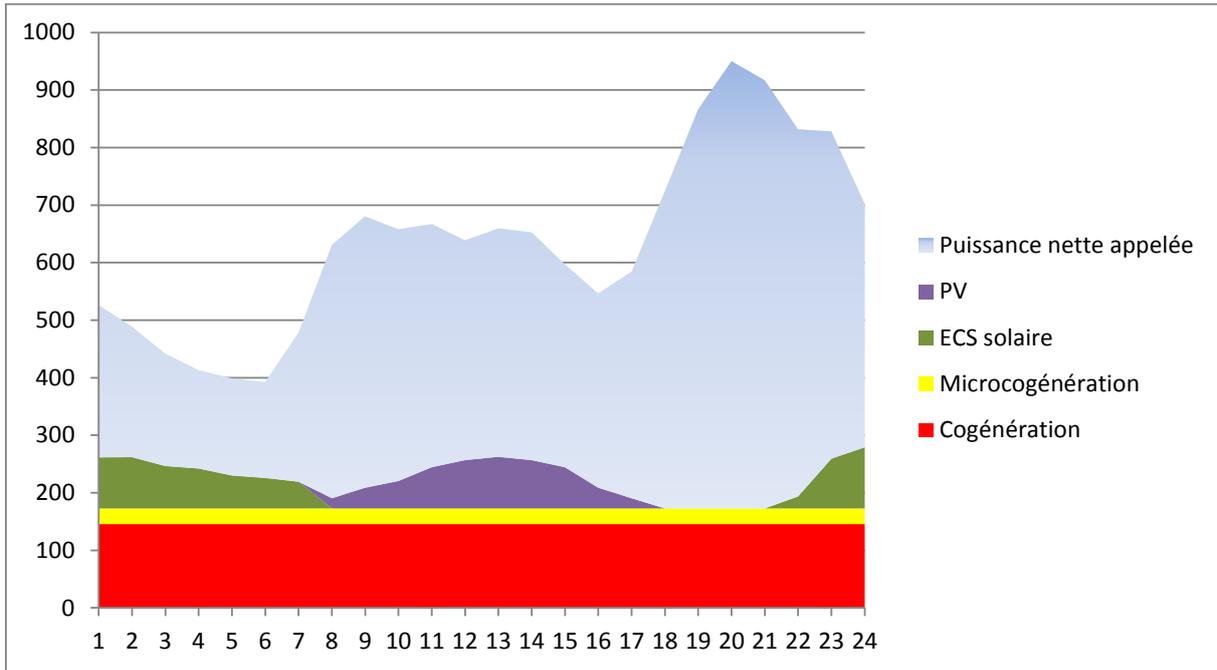
La puissance appelée en pointe, entre 19 et 22 heures, est réduite à 950 kW, soit une baisse de 17 %.

Ceci résulte :

- d'une baisse de 5 % sur les appareils multimédias
- d'une baisse de 11 % sur les appareils de froid
- d'une réduction de 50 % sur la puissance appelée des appareils de lavage
- d'une économie de 24 % sur l'éclairage
- d'une réduction de 42 % sur les appareils de chauffage électrique.

Le poste multimédia représente une demande de pointe de 516 kW, soit 54 % de la puissance appelée. Rappelons que cette part importante dans le quartier résulte aussi de la faible présence de chauffage électrique (7 % des logements).

**Courbe de charges avec l'apport de la cogénération, du solaire thermique et des panneaux PV**

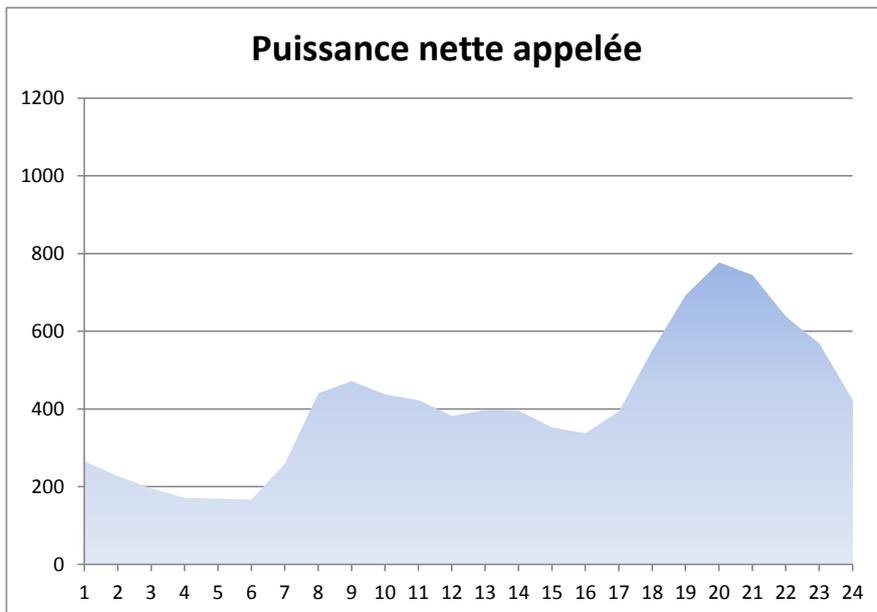


Source : La Calade pour le PUCA

La cogénération et la microcogénération fonctionnent en continu et apportent environ 170 kW en puissance électrique. L'ECS solaire réduit la part de l'accumulation électrique dans les ballons d'eau chaude sanitaire et le photovoltaïque apporte sa contribution principalement entre 10 heures et 16 heures.

Au total, en supposant une autoconsommation de la production électrique dans le quartier, la puissance appelée de pointe sur le réseau se limiterait à 750 kW, soit une baisse de 35 %.

**Courbe de charge finale**

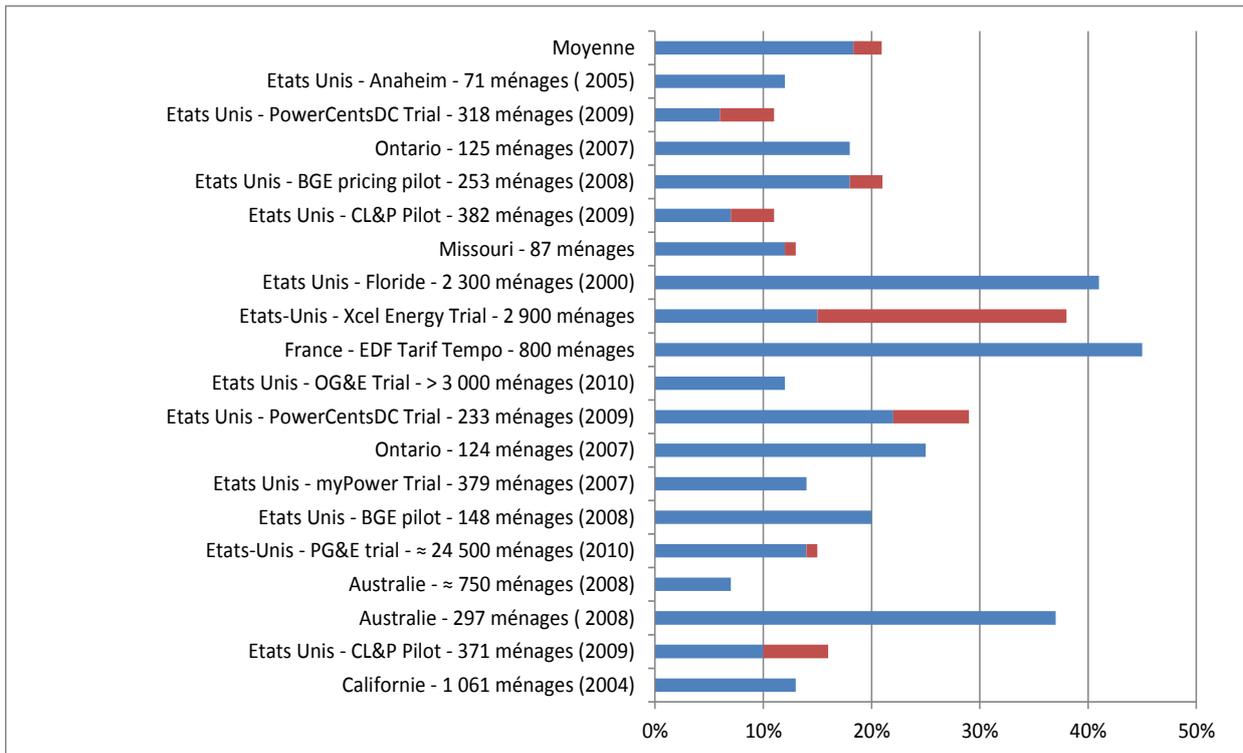


Source : La Calade pour le PUCA

Cette baisse de 35 % est en soi très importante mais correspond évidemment à un coût d'investissement élevé.

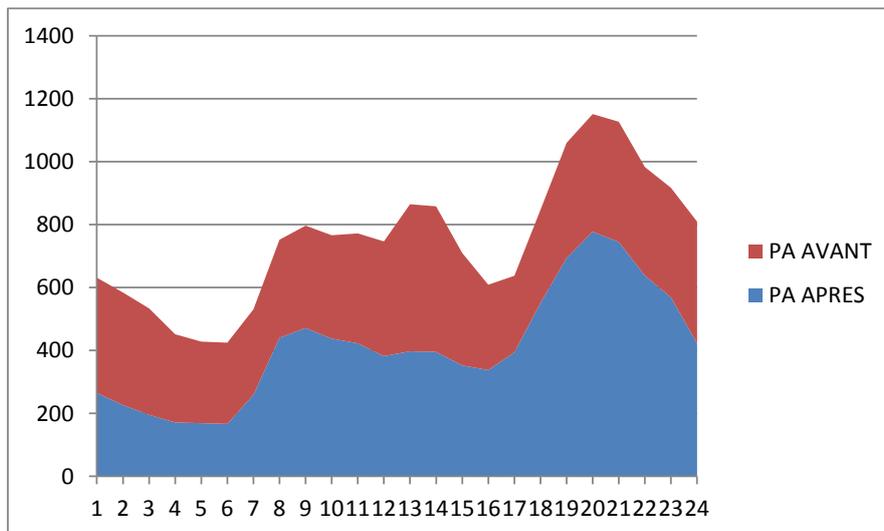
Des études synthétisant de nombreuses expérimentations dans le monde indiquent que la réduction moyenne de la demande de pointe peut varier selon les stratégies de prix et d'accompagnement entre 7 et 45 %, notre « évaluation » apparaissant de ce fait en haut de la fourchette. La moyenne de réduction de pointe est de 20 % (avec une multiplication du prix de l'électricité de pointe critique par 10 en moyenne par rapport au prix de référence).

**Réduction moyenne de la pointe de courbe de charge dans différents projets**



Source : Frontier Economics ans Sustainability First, *DSR in the domestic sector – A literature review of major trials, Royaume Uni ; août 2012*

**Puissance appelée en kW AVANT et APRES travaux – quartier Cleunay ouest**

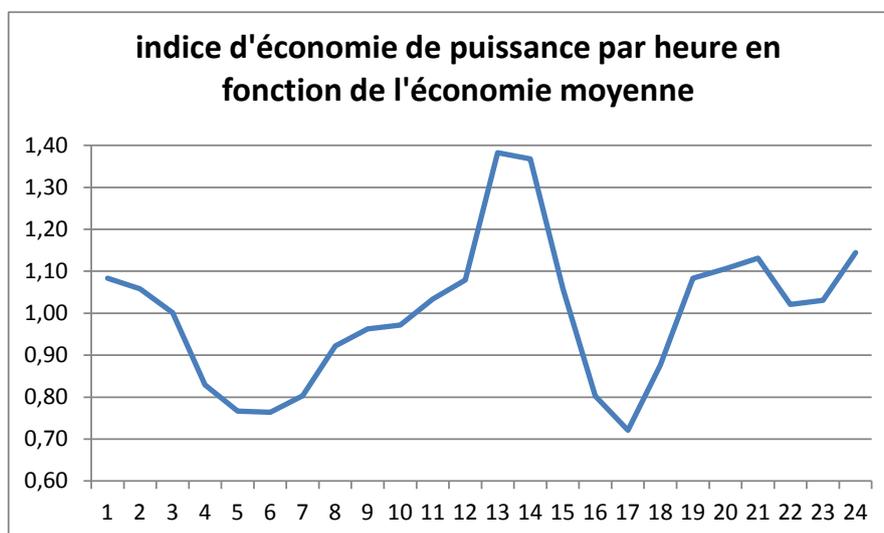


Source : La Calade pour le PUCA

La différence entre les deux courbes avant et après travaux montre l'effacement de puissance qui est réalisé ; cet effacement est réalisé aux différentes heures de la journée et en particulier pendant les heures des repas du midi (12 – 14 heures) et du soir (19 – 21 heures). Cela montre l'intérêt des différentes actions qui contribuent à améliorer le système électrique avec une réduction moyenne de la puissance appelée de 45 %.

Mais cette courbe montre aussi la limite de l'exercice avec **la grande difficulté de reporter de façon très significative la demande de pointe du soir**. Nous avons calculé un indice de réduction de la puissance appelée par heure par rapport à la réduction moyenne. La courbe montre une plus forte réduction de la demande de pointe entre 13 heures et 14 heures, la réduction de la puissance de pointe n'étant que de 10 % supérieure à la moyenne de réduction entre 19 et 21 heures ; autrement dit, la réduction de la demande de pointe entre 19 et 21 heures est beaucoup plus influencée par l'efficacité énergétique que par des actions impliquant des réseaux intelligents. **C'est plutôt entre 11 heures et 15 heures que l'effacement de pointe et la gestion des énergies décentralisées peuvent le plus recourir aux réseaux intelligents.**

#### Indice d'économie de puissance appelée par heure en fonction de l'économie moyenne



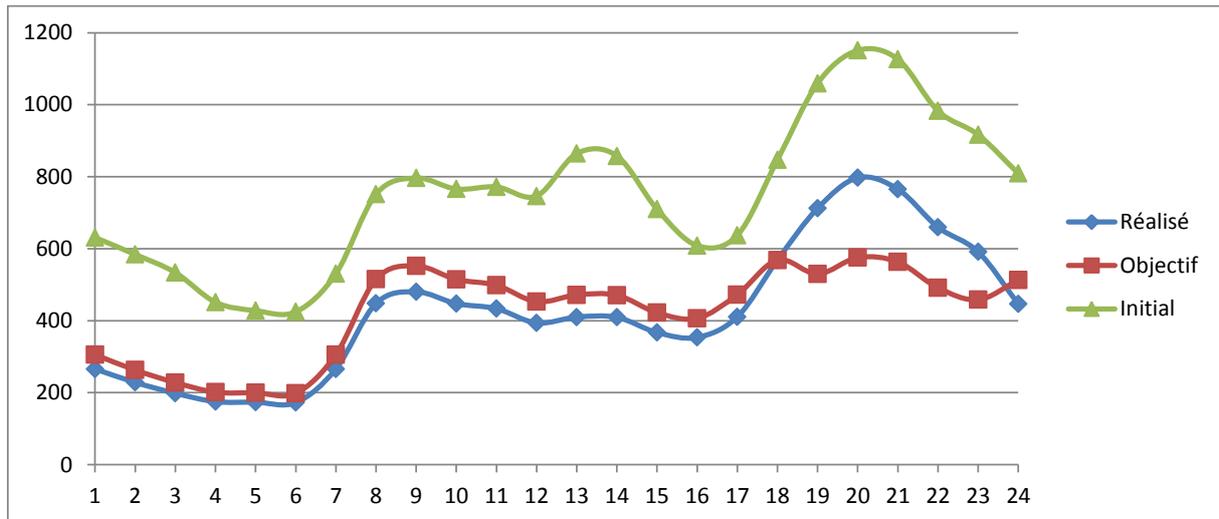
Source : La Calade pour le PUCA

Pour réduire la pointe 19 – 21 heures, il faut absolument développer les techniques multimédias les plus performantes.

On rappellera les recommandations faites précédemment :

- Internet : ne pas rester sur les sites
- Télévision : limiter la taille de l'écran
- Suppression des veilles autant que possible : télévision, appareils Hi-Fi...
- Utilisation de l'interrupteur de la prise du poste multimédia
- Paramétrer au mieux l'ordinateur selon l'usage qui en est fait (veille de l'écran et de l'ordinateur)
- Paramétrer les téléviseurs pour les mettre en mode économie
- Débrancher les chargeurs (portable, mobile...) dès que les appareils sont chargés...

**Comparaison courbe de charge initiale – courbe de charge finale et courbe objectif**



Source : La Calade pour le PUCA

On présente ci-dessus une courbe de puissance appelée idéale (courbe Objectif). Notre courbe après travaux ne fait que s’en rapprocher. Un indice de covariance montre l’écart entre la courbe Objectif et la courbe obtenue après travaux, indice amélioré par rapport à celui obtenu avec la courbe avant travaux.

Coefficient de covariance (optimum = 1)

Initial / Objectif : 1,47

Réalisé / Objectif : 1,17

Initial : moyenne 749 kW, écart-type : 207

Réalisé : moyenne : 411 kW, écart-type : 179

Economie moyenne : 45 %

Baisse de l’écart type : 14 %

## 9. RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES PAR RAPPORT A CHACUNE DES PROBLEMATIQUES DE LA RECHERCHE

### 1) Smart grids

Les *smart grids* sont présentés sous plusieurs facettes et cette recherche a cherché à explorer une des facettes qui est d'évaluer leur intérêt pour les usagers et les micro-territoires.

Aujourd'hui, les discours sur les *smart grids* tournent beaucoup autour des ménages et des micro-territoires, même si les enjeux fondamentaux sont ailleurs. Il y a **deux grands enjeux majeurs** :

- Le premier est **la gestion de la pointe électrique** qui pose question dans la plupart des pays du monde et en particulier en France. En France cette pointe est liée en grande partie au développement du chauffage électrique ainsi que le montre la courbe des puissances appelées construite par Négawatt à partir de données de RTE sur la période juillet 2008 – juin 2009. Au niveau national, une pointe de 30 GW en janvier est due au chauffage électrique (on a observé une croissance de la thermo-sensibilité de la pointe de la demande électrique de 1 à 2 GW/°C en dix ans due au chauffage électrique)<sup>68</sup>. L'ensemble des autres usages de l'électricité (résidentiel, tertiaire, industriel, agricole et transport) appelle une puissance relativement constante dans l'année entre 50 et 60 GW.

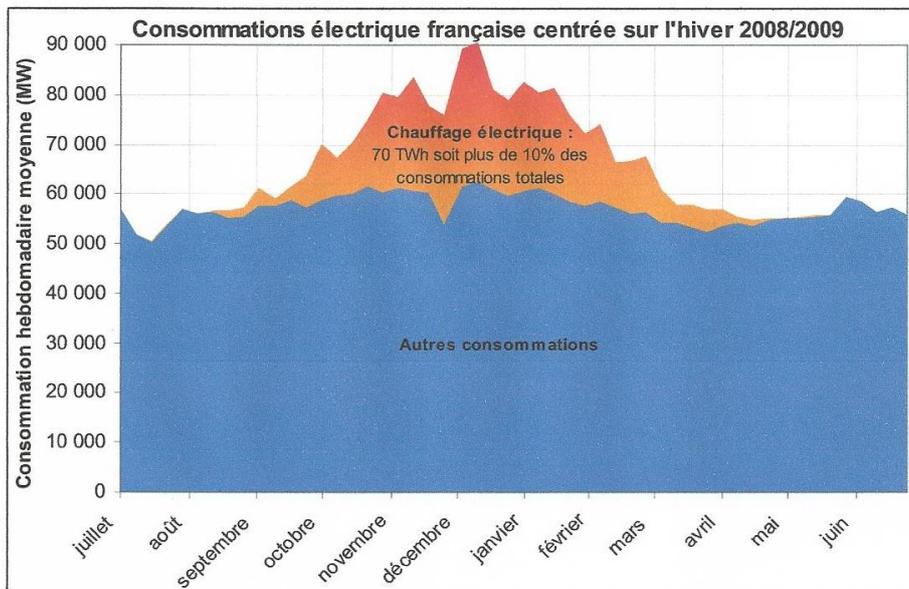


Figure 7 : variation saisonnière de la consommation d'électricité en France liée au chauffage électrique  
Source : Données RTE, analyse association négaWatt

Cette courbe nationale peut évidemment cacher des disparités importantes aux niveaux régional ou local et notamment en Bretagne, terrain d'investigation de notre recherche. La gestion de la pointe s'est faite jusqu'à présent par le renforcement des réseaux et des capacités de production et par les échanges transfrontaliers. Le développement des énergies renouvelables intermittentes (solaire, éolien) souvent décentralisées (300 000 producteurs d'électricité) aggrave ce problème de gestion du réseau principalement au plan local. Il peut aussi entraîner de nouveaux investissements de production (en thermique) si la part des

<sup>68</sup> Alain Bergougnoux, Réseaux électriques intelligents ou smart grids, Centre d'analyse stratégique, 172, août 2012

énergies intermittentes atteint le seuil de 30 %. Les *smart grids* avec ses techniques de stockage et de délestage sont attendus pour répondre à cet enjeu d'optimisation du réseau depuis la production jusqu'au consommateur final.

- le second enjeu est celui d'**un marché mondial des *smart grids* qui est en train de se développer aussi bien aux Etats-Unis qu'en Chine et même en Afrique** : 24 milliards d'euros en 2012... 54 milliards d'euros en 2020. Ce marché est recherché par les opérateurs énergétiques, les équipementiers de l'énergie, les acteurs du transport et de la distribution d'énergie, les entreprises des TIC et une multitude de start-up. Près de 80 projets démonstrateurs existent aujourd'hui en France associant plusieurs dizaines de partenaires privés et publics. L'enjeu est la construction d'une filière industrielle et de modèles économiques. Les *smart grids* sont-ils pour autant des vecteurs de la transition énergétique, comme se plaisait à le dire Delphine Batho, ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie ? A la fois oui et non : oui car les *smart grids* sont un élément indispensable pour la gestion fine des énergies intermittentes et des systèmes de production décentralisée, non car ils représentent surtout un marché pour la gestion des systèmes centralisés de production d'énergie qui dominent le marché de l'énergie et notamment dans les pays émergents (rappelons que le charbon a retrouvé la première place mondiale dans la consommation d'énergie).

Les habitants sont appelés à participer à ce développement des réseaux intelligents. « Le citoyen consommateur et les compteurs intelligents, comment le numérique et les nouveaux compteurs vont-ils aider la maîtrise de la consommation énergétique », tel était le titre d'une table ronde organisée par Le Monde et ErDF le 2 décembre dernier. C'est toute l'ambiguïté des discours sur les *smart grids* : alors que l'enjeu est l'offre industrielle et la gestion du réseau électrique, l'on veut absolument responsabiliser le consommateur. Si les profits à faire sont en amont, le consommateur en aval risque quant à lui de voir sa facture exploser s'il ne joue pas le jeu. La recherche menée sur un territoire lambda montre que l'intérêt pour le consommateur est d'abord de réduire sa consommation par une bonne isolation de son logement, complétée par une régulation relativement simple (tels que les robinets thermostatiques) et une gestion de bon sens (éteindre les lumières, supprimer les veilles...). L'on pourrait ajouter une suppression des obsolescences programmées pour les équipements multimédias et électroménagers mais ceci est une autre histoire. Les économies liées à la programmation de ses consommations (stockage, délestage, appoint EnR) sont faibles et peu rentables au regard des techniques précédentes.

Evidemment les calculs faits à l'échelle microéconomique peuvent prendre une autre valeur à l'échelle macroéconomique : ainsi, la suppression des veilles en France représente la consommation de deux centrales nucléaires. C'est évidemment par la somme de toutes les réductions de puissance appelée chez chaque consommateur que la pointe électrique sera mieux gérée.

Les tenants des *smart grids* sont aussi les premiers à appeler à la suppression des tarifs réglementés qui ont permis la péréquation tarifaire mais aussi le développement du chauffage électrique. Le développement des énergies intermittentes décentralisées, l'apparition de nouveaux pouvoirs énergétiques souhaités par les collectivités territoriales peuvent rendre plus difficiles le maintien de la péréquation tarifaire si importante dans les zones rurales et périphériques. Les *smart grids* (comme le BEPOS) faisant du consommateur un producteur potentiel (de watt ou de négawatt) peuvent rendre impossible cette péréquation.

De nombreux tenants des *smart grids* préconisent la fin des tarifs réglementés afin de faire payer à chacun le « vrai prix de l'électricité », autrement dit, de pénaliser les consommateurs qui consommeraient de l'électricité durant les heures de pointe. Les *smart grids* constitueraient alors l'ensemble des éléments communicants qui permettraient d'informer ou de gérer le consommateur. La déréglementation des prix serait évidemment un changement complet de paradigme au regard des règles qui sont en vigueur depuis 1946.

Marché mondial, déréglementation, énergies renouvelables, systèmes énergétiques locaux, les *smart grids* sont d'une certaine façon au cœur du conflit entre les politiques de l'offre et celles de la demande, entre la mondialisation et l'autonomie des territoires et des individus... Comme toute technologie, les *smart grids* ne seront que ce que les hommes en feront...

La recherche a aussi montré l'intérêt de distinguer les énergies renouvelables intermittentes et celles qui le sont pas. Les premières réclament des solutions techniques complexes permettant d'adapter la demande à la production. Les secondes sont beaucoup plus souples d'emplois car leur production peut plus facilement s'adapter à la demande : la cogénération et la chaudière électrogène apparaissent comme des solutions très attractives à terme. Ces techniques peuvent recourir à des énergies renouvelables très importantes dans des régions comme la Bretagne : bois et déchets de biomasse, méthanisation de déchets, hydrogène. Ces solutions peuvent être des solutions de base pour une production électrique locale et une autoconsommation, le réseau ne venant ensuite qu'en appui et non plus en base.

## **2) BEPOS**

Les systèmes de construction pour des bâtiments passifs ou à énergie positive ressortent d'un même **changement de paradigme**. Pour ces deux types de bâtiments, il s'agit d'une rupture technologique mais aussi d'une rupture dans le champ de la conception, de la construction et de l'utilisation des bâtiments.

Les BEPOS font appel à de nouvelles technologies dont certaines ne font qu'émerger : nouveaux produits d'isolation, techniques de stockage et déstockage de la chaleur (matériaux à changement de phase), nouveaux vitrages avec des fonctions de production d'énergie...

Les BEPOS nécessitent une implication réelle ou plus forte de la maîtrise d'ouvrage : l'exigence d'une certification ou d'un label ne suffit plus, l'internalisation des contrôles devient une obligation, le dialogue avec les partenaires, internes et externes, devient incontournable...

**Les BEPOS exigent une nouvelle ingénierie de projet**, que ce soit pour la conception ou la réalisation, avec une plus grande transversalité des tâches. L'absence de rupture dans la chaîne d'acteurs devient une priorité<sup>69</sup>, les acteurs étant les concepteurs, les constructeurs mais aussi les usagers avec toute la question de l'équilibre à trouver entre les objectifs de performance recherchés ou exigés par les opérateurs en amont de l'opération et le souci de satisfaire le besoin de qualité et de confort des usagers.

Ce conflit peut être résolu au profit de la qualité d'usage et au détriment de la production d'énergie électrique, notamment en logement social dès lors que le gestionnaire de parc s'interroge sur sa mission sociale et observe le faible retour sur investissement du photovoltaïque.

Les BEPOS exigent une évidente amélioration des compétences des entreprises afin d'éviter les malfaçons. Cette amélioration ne se fera qu'à partir d'une meilleure formation mais aussi d'une plus grande vigilance des maîtres d'ouvrage. De nouvelles formes de marchés se sont développées telles que le dialogue compétitif, la conception-réalisation ou la conception – réalisation – exploitation – maintenance (CREM) qui renforcent la prescription et l'obligation de résultats. Le développement de ces nouvelles formes de marché renforce le dialogue entre le maître d'ouvrage et un opérateur unique mais aussi l'obligation pour le maître d'ouvrage de renforcer ses compétences techniques et juridiques et de renforcer la coopération entre ses services immobilier, gestion du patrimoine et relation aux usagers.

Les bâtiments BEPOS doivent s'intégrer dans leur environnement bâti. La réduction des déperditions thermiques peut conduire à des formes de bâtiments (le cube) qui ne soient pas en adéquation avec

---

<sup>69</sup> Voir Ecoquartier, Mode d'emploi, Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, édition Eyrolles, 2009

le quartier dans lequel ils se situent. L'optimisation de l'orientation climatique (qui est plutôt une bonne chose en soi) risque de toujours primer sur d'autres contraintes d'orientation (nuisance acoustique par exemple) ou s'opposer (avec bonheur ou non ?) à une représentation architecturale du quartier. L'optimisation des apports solaires peut conduire à de faibles densités de logements afin d'éviter les effets de masque et s'avérer être en contradiction avec d'autres objectifs de densification des zones, notamment celles bien desservies par les transports en commun...

Les BEPOS vont favoriser la mutualisation des équipements de production d'énergie, tels que les réseaux de chaleur ou la géothermie à basse température, ainsi que la gestion des réseaux, notamment électriques, pour maîtriser la demande d'énergie et intégrer une production décentralisée d'énergie.

Les configurations sont ensuite un peu différentes selon que le bâtiment est passif ou à énergie positive. En effet le bâtiment à énergie positive ajoute à l'obligation de résultats (consommer peu d'énergie) une obligation de moyens : produire de l'énergie. **Cette production n'a de sens durablement que si elle s'intègre dans une stratégie énergétique de développement des productions d'énergie décentralisées.** Au-delà de l'effet vitrine ou d'aubaine (comme cela l'a été à la fin des années 2000), le BEPOS rentre dans la stratégie de transition énergétique visant à développer les énergies renouvelables dans la production d'électricité. Il s'agit de mettre en relation les opérations BEPOS avec les orientations des Plans Climat Energie des Territoires (PCET) dans lesquels elles se trouvent. Dans ce contexte, les BEPOS sont à mettre en relation avec le développement des *smart grids* (réseaux intelligents) qui visent à optimiser le réseau énergétique depuis le micro-territoire (îlot, quartier, poste source avec des productions locales) en articulation avec l'optimisation des réseaux à l'échelle des macro-territoires.

Les BEPOS posent des questions sur l'usage des bâtiments. Un exemple bien connu est celui de la température de consigne. Les calculs thermiques des modèles reposent sur une hypothèse de 19°C alors que les habitants souhaitent en moyenne une température de confort de 21 ° C, voire de 22 ou 23°C. Avec ce niveau de température, outre que les consommations et donc les charges sont plus élevées que prévu, le système fournit un air plus sec inadapté à de nombreuses personnes. Il faut alors davantage aérer, augmenter les débits d'air... Il serait faux de traduire ces problèmes en mauvais comportement des usagers : l'étude devra poser la question de la bonne adéquation des techniques aux besoins et non de l'adaptation des usagers aux techniques.

En résumé, les BEPOS posent davantage de questions qu'ils n'apportent de réponses aux enjeux énergétiques.

Comme tous les bâtiments passifs, ils révolutionnent les procédés de construction en encourageant la préfabrication en usine qui peut contribuer à réduire les coûts et à diminuer les délais de construction. Mais, contrairement aux bâtiments passifs, **les BEPOS posent la question de la stratégie énergétique territoriale.** Doit-on produire de l'énergie électrique de façon décentralisée ? Est-ce la meilleure solution économique pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ? La réponse à cette question dépend de la place que l'on donne à l'énergie nucléaire qui représente aujourd'hui en France près de 80 % de la production nationale.

### **3) Stratégie territoriale et Plans Climat Energie Territoire**

Aujourd'hui, les stratégies énergétiques territoriales sont tournées vers l'efficacité énergétique : les objectifs quantitatifs définis par la Commission Européenne (3 x 20) ou par la Loi Grenelle et à plus long terme par le gouvernement (facteur 4) exigent une plus grande sobriété énergétique qui est ensuite prolongée par des actions en faveur des énergies décarbonées, renouvelables ou recyclées.

Le cadre de ces stratégies est le Plan Climat Energie Territoire que la Loi Grenelle 2 a rendu obligatoire pour les collectivités de plus de 50 000 habitants, celui-ci devant être élaboré avant le 31 décembre 2012.

Fin 2012, on pouvait compter plus de 500 collectivités engagées dans l'élaboration d'un PCET dont plus d'un tiers en phase de mise en œuvre. Par ailleurs 45 collectivités étaient engagées dans la démarche Cit'ergie - dont 10 labellisées - et 141 collectivités étaient signataires de la Convention des maires.

La première génération des PCET s'est surtout concentrée sur un diagnostic territorial (et notamment le bilan carbone), la sensibilisation des différents acteurs et la mise en œuvre de quelques opérations de démonstration.

Le deuxième colloque national sur les PCET organisé par l'Ademe à Nantes en octobre 2012 a montré que de nombreuses (et souvent nouvelles) problématiques sont aujourd'hui au cœur des PCET :

- la mobilisation des différents partenaires (service urbanisme réglementaire des collectivités, aménageurs...),
- la mobilisation des partenaires du bâtiment et des EnR, à la fois dans la phase de diagnostic et dans la phase opérationnelle (plan d'actions),
- le développement de projets EnR sur le territoire et la maximisation de leurs retombées économiques pour la collectivité,
- le lien entre documents d'urbanisme réglementaires (SCoT et PLU) avec les PCET, le PLU intercommunal devant intégrer le PCET à court terme<sup>70</sup>,
- l'évaluation des impacts et des actions,
- la réduction de l'impact du territoire sur le climat,
- ...

Enfin **l'enjeu de la seconde génération des PCET est l'élaboration de stratégies énergétiques territoriales durables<sup>71</sup>**, celles-ci ayant plusieurs volets tels que :

- l'intégration systématique de l'énergie dans les documents d'urbanisme ainsi que dans les projets d'aménagement,
- la construction de bâtiments très peu consommateurs d'énergie,
- une stratégie territoriale de réhabilitation énergétique des bâtiments et notamment des bâtiments publics, des bâtiments tertiaires et du secteur résidentiel (logements sociaux et secteur privé).

**Les smart grids ont-ils une place dans cette stratégie énergétique territoriale et si oui quelle est cette place ? Et comment intégrer les smart grids dans un plan d'actions de PCET ?**

- Les PCET sont concernés par plusieurs problématiques des *smart grids* et plus particulièrement le développement de projets EnR sur le territoire et la maximisation de leurs retombées économiques pour la collectivité,
- les coûts-bénéfices pour les usagers,
- l'efficacité des réseaux,
- le développement des EnR décentralisées et des filières locales.

---

<sup>70</sup> En dessinant l'aménagement du territoire considéré, les documents d'urbanisme contribuent à déterminer les consommations énergétiques d'un territoire sur une très longue durée. Face à cette constatation, la loi Grenelle 2 a renforcé la place de l'énergie et du climat dans les SCoT ainsi que dans les PLU.

<sup>71</sup> Durables, c'est-à-dire au sein d'une démarche transversale qui vise l'efficacité énergétique via une optimisation multicritères préservant à la fois l'intérêt général et l'équité sociale.

D'autre part l'intérêt des *smart grids* est multiple :

- ils favorisent le développement des EnR locales,
- ils permettent le développement d'une nouvelle ligne de produits industriels,
- ils permettent d'éviter le renforcement des réseaux,
- ils ont un intérêt pour les consommateurs en cas d'évolution des tarifs de l'énergie,
- ils concernent tous les réseaux (électrique, gaz, chaleur, froid, communications...).

Les *smart grids* mettent aussi les clients ou consommateurs dans des situations relativement ambiguës : ils doivent être à la fois des acteurs (pour s'approprier les techniques), des citoyens (pour gérer au mieux les installations pour éviter les surcoûts et les émissions de gaz à effet de serre liées à la pointe) mais ils sont aussi des coupables (on culpabilise fréquemment les comportements des habitants) et des personnes contraintes (sur les tarifs, les usages horaires, les techniques de contrôle et de gestion des équipements, les obsolescences programmées...).

Les Plans Climat Energie Territoire sont directement concernés par plusieurs problématiques liées aux *smart grids* : impact économique pour les usagers, traitement de la précarité énergétique et des logements les plus énergivores, efficacité des réseaux, développement des EnR décentralisées et des filières énergétiques locales...

Les PCET doivent par conséquent chercher à intégrer le développement des *smart grids* dans leur réflexion et leur plan d'actions, mais cette intégration ne sera pas la même partout. Il existe des territoires à enjeux qui requerront une gestion plus fine des réseaux et auront davantage à s'équiper en *smart grids*. Pour d'autres, cela ne sera aussi important et les *smart grids* ne seront pas une priorité.

Pour définir la place des *smart grids* dans les PCET, il nous semble nécessaire de mener une réflexion qui se décompose en cinq phases.

- Améliorer la connaissance du territoire,
- Elaborer des scénarios de transition énergétique,
- Procéder à une approche systémique du territoire,
- Intégrer une approche prospective,
- Définir la gouvernance énergétique territoriale.

#### **a) Améliorer la connaissance du territoire**

Le développement des *smart grids* va requérir des informations jusqu'ici peu demandées dans les PCET. Il s'agit en effet d'une analyse plus fine du territoire (comme l'exige aussi les stratégies de rénovation énergétique des bâtiments) avec une plus grande connaissance des consommations d'énergie et notamment d'électricité et un diagnostic précis de l'état des réseaux : vétusté, capacité, degré de saturation en pointe (cf. la description des réseaux chapitre 6.2.)

Il s'agit aussi d'évaluer les travaux de rénovation énergétique qui pourront être réalisés, les évolutions techniques et comportementales ainsi que les projets de construction ou de transformation des locaux dans un horizon de 10 ans, autant d'éléments qui vont jouer sur les risques ou non de saturation des postes sources et de défaillance des réseaux.

L'analyse des réseaux pose de façon évidente la question de la confidentialité des données, comme nous l'avons observé dans la convention que nous avons passée avec ErDF à travers un accord contractuel avec l'ALEC du Pays de Rennes.

Un second point est une évaluation du potentiel en énergies renouvelables et décentralisées du territoire, suivi d'un plan de développement (2020 – 2030).

Un troisième point consiste à définir le potentiel de développement des techniques de cogénération : cogénération gaz ou bois et chaudière gaz électrogène (ou micro-cogénération gaz).

Enfin, le quatrième point est de définir les perspectives en matière de chauffage électrique dans le neuf comme dans les bâtiments existants.

Cet état des lieux doit permettre l'élaboration des scénarios.

### **b) Elaborer des scénarios de transition énergétique**

Les scénarios à élaborer sont de nature différente par rapport aux scénarios habituels des PCET dans la mesure où les objectifs ne sont plus les 3x20 ou le facteur 4 mais plutôt de **mettre en place des facilitateurs**, c'est-à-dire des moyens qui accompagnent les grands objectifs :

- permettre le développement des énergies renouvelables décentralisées sur les réseaux (cf. chapitre 3.2.3.),
- réduire la pression sur les réseaux de distribution (cf. chapitre 3.2.2.),
- définir les moyens de stockage et les substitutions d'énergie à réaliser,
- mettre en perspective l'efficacité énergétique et les actions de MDE avec la capacité des réseaux (cf. chapitre 8.2 avec l'application sur le quartier de Cleunay ouest),
- favoriser le recours aux énergies renouvelables en articulant au mieux l'offre des énergies intermittentes (solaire, éolien) avec celles qui ne le sont pas (bois, biogaz, hydrogène).

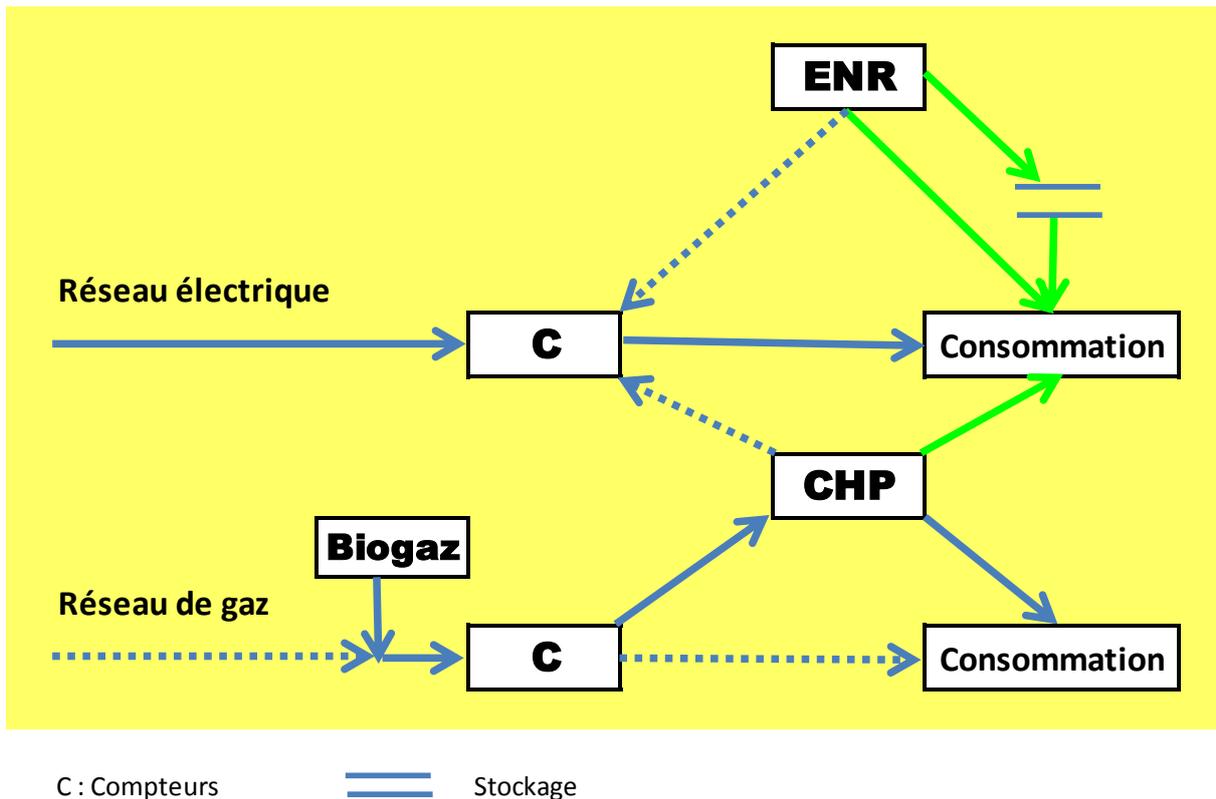
### **c) Procéder à une approche systémique du territoire**

Différents scénarios peuvent être élaborés qui doivent ensuite être comparés afin de définir la place des *smart grids*, ces facilitateurs de réseaux.

Il faut s'interroger sur le développement de méthodes d'optimisation territoriale qui associent la production décentralisée, le stockage et l'ouverture aux réseaux. Cette optimisation territoriale tient au changement de paradigme qu'impose la transition énergétique : la production locale d'énergie doit servir avant tout à l'autoconsommation et les réseaux viennent ensuite en appoint pour satisfaire les besoins énergétiques. C'est dans ce sens que les *smart grids* peuvent revêtir un intérêt stratégique pour les habitants et les territoires. En effet, l'autoconsommation doit apporter une qualité de service à un coût maîtrisé et ne doit pas entraîner des dépenses excessives lors d'appels de pointe, d'où la nécessité d'envisager du stockage et aussi le recours à des énergies locales non intermittentes.

L'optimisation territoriale pourrait être conçue comme un modèle de calcul articulant les éléments suivants et visant à minimiser le coût global du système.

### Une approche globale du système énergétique



#### d) Intégrer une approche prospective

Un quatrième aspect sera d'intégrer l'évolution des besoins et des usages et notamment de s'interroger sur la place des véhicules électriques d'une part et des bâtiments passifs et à énergie positive d'autre part.

Le développement des bâtiments passifs peut signifier le recours à une seule énergie en dehors des énergies renouvelables : l'électricité qui peut elle-même être renouvelable. Ces bâtiments vont générer un équilibre local entre l'offre et la demande et ne recourir à des réseaux que de façon marginale et ponctuelle.

Le développement des véhicules électriques devra trouver sa place dans un système dominé par l'autoconsommation.

#### e) Définir la gouvernance énergétique territoriale

Un système énergétique *bottom – up* dominé par la production locale et l'autoconsommation est un renversement complet du système existant largement dominé par l'offre.

Le PCET devra envisager quelle gouvernance énergétique permettra de mettre en place ce système. Les *smart grids* proposés par les industriels de l'énergie et de l'information sont un marché important y compris pour l'économie française et ne doivent pas être rejetés. Mais les développeurs de ces techniques considèrent le consommateur comme un élément à la fois central mais aussi perturbateur, pouvant être mis sous la tutelle d'un système technique centralisé ou d'un agrégateur. **Le PCET devra aider à la création de structures de consommateurs qui soient elles-mêmes les agrégateurs afin de minimiser les coûts du système centralisé pour les consommateurs.** La présentation des démonstrateurs dans la première partie de cette recherche a montré que les

industriels recherchaient encore un modèle d'affaires. Il conviendrait de définir le modèle d'affaires pour les consommateurs eux-mêmes, l'objectif devant être d'améliorer la qualité du service à coût égal.

Lors du débat sur la transition énergétique, Jacques Bucki, maire de Lambesc, a esquissé un projet alternatif de gestion de l'énergie<sup>72</sup> qui met l'accent sur :

- les citoyens consommateurs payeurs et bénéficiaires,
- les collectivités porteuses d'un service public de la performance énergétique dans l'habitat,
- les territoires de la Région aux citoyens, porteurs d'une société de projets de production décentralisés,
- un système de financement multiple : BEI, CDC, FEDER, actionnariat public – privé – citoyens, fond d'épargne public, CSPE (contribution au service public de l'électricité)...

L'ensemble fonctionne dans une forme d'économie circulaire dans laquelle les fournisseurs d'énergie sont au service du projet et n'ont qu'un pouvoir très limité sur les décisions territoriales et citoyennes. *Smart grids* et BEPOS rentrent dans ce schéma comme des objets techniques au service des populations.

La question de l'intérêt des *smart grids* et des BEPOS pour les habitants et les territoires est circonscrite à celle de la place des habitants et des territoires dans la transition énergétique qui, dans le mode d'habiter, doit intervenir le plus en amont possible<sup>73</sup>. Aux PCET de créer ces conditions.

Enfin, une telle stratégie énergétique territoriale nécessite un processus d'évaluation permettant une amélioration continue, c'est-à-dire une évaluation de la structure du plan d'actions et des moyens mis en œuvre dans chacune des phases décrites ci-dessus afin de s'assurer que ceux-ci permettront d'atteindre les objectifs définis.

---

<sup>72</sup> Jacques Bucki, *L'énergie et l'économie circulaire, un modèle au service des collectivités et des citoyens*, Débat national sur la transition énergétique, 15 avril 2013

<sup>73</sup> Marie-Christine Zelem, Christophe Beslay, Romain Gournet, *Pas de « smart cities » sans « smart habitants »*, in *Mutation écologique et transition énergétique*, URBIA, n° 15 février 2013

## 10. SYNTHÈSE DE LA RECHERCHE ET PROPOSITIONS

Cette recherche, intitulée « L'Intelligence Énergétique au service des Collectivités : l'enjeu à l'échelle du quartier et de la ville », a été financée par le PUCA dans le cadre de **l'appel à projets de 2011 « BEPOS, Smart Grids, territoires et habitants »** dont l'objectif principal est d'analyser les coûts et les bénéfices du développement des BEPOS<sup>74</sup> et des « *smart grids* » ou réseaux intelligents pour un territoire et pour ses habitants et usagers.

L'objectif de cette recherche était de :

- préciser la place et l'apport des BEPOS et des *smart grids* dans la stratégie énergétique d'un territoire, à l'échelle du quartier, de la commune et de l'EPCI,
- mieux définir la place des habitants et des territoires dans le développement de ces stratégies.

Cette recherche a permis d'effectuer l'amorce d'une analyse coûts-bénéfices pour les différentes techniques concernées dans chacune des quatre thématiques majeures pour les territoires : l'optimisation du système énergétique, le maintien de l'équité sociale, l'intérêt pour l'utilisateur et l'organisation spatiale (la monétarisation de cette analyse n'a cependant pas pu être effectuée dans le cadre de cette recherche).

Cette recherche a également conduit à des recommandations opérationnelles pour les PCET des collectivités.

### **10.1. La nécessité d'élaborer des stratégies énergétiques territoriales durables**

- **Des objectifs énergétiques et écologiques nationaux ambitieux qui impliquent d'intégrer l'énergie dans le projet urbain et économique des collectivités, lesquelles doivent donc élaborer une stratégie énergétique territoriale**

L'énergie est un élément important des stratégies de développement territorial. Il convient de prendre en compte les *smart grids* et les BEPOS dans ces stratégies énergétiques territoriales.

Les *smart grids* et les BEPOS font partie de **l'innovation verte** et le développement des *smart grids* et des BEPOS s'inscrit dans la stratégie (nationale et européenne) de réduction des consommations d'énergies fossiles et d'émissions de gaz à effet de serre avec, comme horizon lointain, 2050 (avec la division par 4 des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050) et, comme points d'étape, 2020 (avec l'objectif des 3 x 20) et 2030 (avec la réduction de 30 % des consommations d'énergie). Et deux enjeux majeurs pour la réalisation de ces objectifs concernent les *smart grids* et les bâtiments :

- la réduction des consommations d'énergie des bâtiments ;
- le développement des énergies décarbonées, notamment dans les réseaux électriques et gaziers, et l'amélioration de leurs performances (surtout à la distribution).

---

<sup>74</sup> BEPOS (bâtiments à énergie positive) et BEPO (bâtiments à énergie proche de 0) sont souvent appelés « bâtiments intelligents » dans la mesure où ils sont susceptibles de se gérer de façon autonome, d'où l'intitulé de la recherche.

- **Une stratégie opérationnelle et « durable » : préservant l'intérêt général et l'équité sociale**

Si l'élaboration de stratégies énergétiques territoriales est aujourd'hui reconnue comme indispensable, il s'agit d'intégrer les *smart grids* et les BEPOS dans la stratégie d'ensemble mais aussi de faire en sorte que cette stratégie préserve l'intérêt général et l'équité sociale (démarche de développement durable ou stratégie énergétique territoriale durable).

En effet les territoires et les habitants (et usagers des bâtiments) sont au cœur de ces problématiques avec la rénovation des bâtiments, la réduction des consommations d'électricité... C'est pourquoi **cette recherche a privilégié l'optique de la demande et non celle de l'offre**. La demande est celle des usagers et habitants pour un moindre coût et pour le respect de l'équité sociale ; c'est aussi celle des territoires (collectivités locales et territoriales avec leurs partenaires locaux) qui s'engagent sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre et souhaitent le développement d'activités productives créatrices d'emplois.

Les *smart grids* constituent un rapprochement tout à fait nouveau entre le secteur de l'énergie dominé par **les fournisseurs d'énergie** (dont l'objectif est de réduire la pointe et d'éviter les renforcements de réseaux, d'où une démarche plutôt défensive) **et le secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC) qui comprend de grands groupes internationaux pour lesquels il s'agit d'un nouveau marché**, d'où un risque de marchandisation de l'information mais aussi de nouvelles formes d'exclusion liées à la non-accessibilité aux TIC et un risque d'accroissement de l'inégalité entre les territoires. Enfin ces nouveaux marchés (sources de nouveaux profits très importants en France et dans le monde) concernent, outre les grands groupes des TIC, ceux du secteur BTP et les producteurs d'énergies renouvelables (EnR) et les gaziers, lesquels ont donc une démarche offensive, **d'où l'importance d'une gouvernance des collectivités sur leur territoire**.

Par ailleurs, **de nombreuses sociétés (start up, PME...) sont intéressées par le nouveau statut d'agrégateur et par l'élaboration de nouvelles technologies**.

Ainsi, si les *smart grids* sont considérés comme une source de profit par un grand nombre d'acteurs, **les collectivités doivent se poser la question de la rémunération du watt évité**, celle-ci devant être partagée avec les habitants/usagers et non pas exclusivement réservée à quelques entreprises.

Enfin cette stratégie doit être opérationnelle et, si cette recherche a permis de réfléchir au sens de l'intelligence énergétique au service des collectivités (de l'échelle du quartier à celle de la commune), il s'agit de proposer des scénarios réalistes et des recommandations opérationnelles aux collectivités, notamment dans le cadre du **PCET** (Plan Climat Energie Territorial, obligatoire pour les collectivités de plus de 50 000 habitants depuis la Loi Grenelle 2), principal outil des collectivités pour la mise en œuvre de la stratégie énergétique territoriale.

- **Recommandations opérationnelles pour les PCET**

Parmi les recommandations formulées suite à cette recherche (chapitre 9) pour les collectivités et leur PCET, nous en retiendrons ici deux essentielles:

- 1. Privilégier la demande par rapport à l'offre et définir la place (et l'apport) de l'intelligence énergétique ainsi que celle des habitants dans la stratégie énergétique territoriale**

Les enjeux énergétiques à l'échelle des collectivités territoriales sont nombreux, interdépendants et parfois contradictoires. De plus, ils se heurtent aux contraintes financières des ménages et des maîtres d'ouvrage (dont les collectivités) et à la contrainte du temps (nécessité d'apprentissage). Enfin les territoires sont marqués par l'existence d'infrastructures énergétiques et de filières diverses ne permettant pas une homogénéisation des politiques énergétiques territoriales, malgré un encadrement réglementaire à court et moyen terme (Lois Grenelle) comme à long terme (Loi POPE).

Nous proposons donc aux collectivités de renverser (comme dans notre recherche) la question analysée habituellement dans la mesure où, à partir de l'analyse des impacts des *smart grids* pour



### 3. Renforcer la synergie des PCET lorsque plusieurs PCET concernent le même territoire

La stratégie énergétique territoriale doit être élaborée à l'échelle de l'EPCI, c'est un préalable à l'élaboration du plan d'actions. Par ailleurs le PCET d'une commune rattachée à un EPCI qui a un PCET mettra en œuvre un plan d'actions spécifique à l'échelle de la commune.

## 10.2. Les principaux résultats/enseignements de la recherche

### 10.2.1. Les BEPOS

Les BEPOS posent davantage de questions qu'ils n'apportent de réponses aux enjeux énergétiques. Comme tous les bâtiments passifs, ils révolutionnent les procédés de construction en encourageant la préfabrication en usine qui peut contribuer à réduire les coûts et à diminuer les délais de construction. Mais, contrairement aux bâtiments passifs, **les BEPOS posent la question de la stratégie énergétique territoriale**. Doit-on produire de l'énergie électrique de façon décentralisée ? Est-ce la meilleure solution économique pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ? La réponse à cette question dépend de la place que l'on donne à l'énergie nucléaire qui représente aujourd'hui en France près de 80 % de la production nationale.

### 10.2.2. Les smart grids

Le développement des réseaux intelligents<sup>76</sup> suscite de nombreuses questions destinées aux professionnels mais aussi aux responsables des territoires (lesquels donnent des délégations de service public aux gestionnaires de réseaux, vont autoriser l'installation de production et de transformation d'énergies renouvelables et doivent participer aux engagements européens et nationaux régis par les Lois Grenelle et POPE) : **gouvernance des réseaux** (la relation collectivité – fournisseur est déterminante dans tous les projets) ; **optimisation des réseaux à l'échelle du système Production – Transport - Distribution** de l'électricité (et non pas uniquement Production-Transport comme cela se fait aujourd'hui) et donc **en adaptant les techniques à l'usager** (et non pas l'inverse, mais jusqu'où ?) ; **comportement des clients résidentiels et professionnels** (information, sensibilisation, éducation et implication) ; **modèle d'affaires** (sans oublier l'intérêt général...) ; **combinaison de l'optimisation de la boucle locale** (réseau centralisé) **et de l'optimisation du système local de production / consommation électrique** (trouver un équilibre acceptable) ; **place future du signal – prix** ; **prévision des nouveaux usages** (véhicules électriques) ; **optimisation des**

---

<sup>76</sup> Les *smart grids* concernent les réseaux électriques, mais aussi les réseaux de gaz et les réseaux de chaleur.

Les *smart grids* électriques visent principalement à optimiser les réseaux d'électricité et doivent contribuer à améliorer **l'observabilité des réseaux** (surveillance, anticipation des pannes, mesures des consommations), **la gestion de la pointe**, et par conséquent l'effacement de la pointe (signaux tarifaires avec la prochaine tarification électrique envisagée en 2015 et aux équipements) et surtout **la gestion des énergies locales et renouvelables** (généralement fortement intermittentes) **dans le réseau**.

Les *smart grids* gaz visent quant à eux **une meilleure flexibilité des réseaux** (interactions entre l'électricité, le gaz, les réseaux de chaleur et de froid, production combinée d'électricité et de chaleur (ou de froid) en cogénération ou microcogénération, optimisation des flux) ; **une adaptabilité des réseaux à des gaz non conventionnels** (biométhane, hydrogène..., avec l'objectif de décarboner le gaz de réseau) ; **l'optimisation des usages du gaz** (production de chaleur, production électrique, production de carburants) et **l'amélioration de la qualité du service et de la maintenance**.

**réseaux de chaleur avec la production décentralisée de chaleur ; optimisation de l'offre d'énergie sur des micro-territoires (quartier par exemple) en intégrant les énergies renouvelables (EnR)<sup>77</sup> dans le système énergétique.**

- **Deux enjeux majeurs : un enjeu économique important et une réponse au besoin de gérer la pointe électrique**

- **Un enjeu économique**

Les *smart grids* ont un enjeu économique important au niveau mondial. Ils sont par ailleurs une source de profits très importants pour de nombreux acteurs (**fournisseurs d'énergie - y compris EnR - et entreprises des secteurs TIC et BTP**) et de nombreux grands groupes internationaux figurent parmi les principaux acteurs de ces nouveaux marchés.

Marché mondial, déréglementation, énergies renouvelables, systèmes énergétiques locaux font que les *smart grids* sont d'une certaine façon au cœur du conflit entre les politiques de l'offre et celles de la demande, entre la mondialisation et l'autonomie des territoires et des individus.

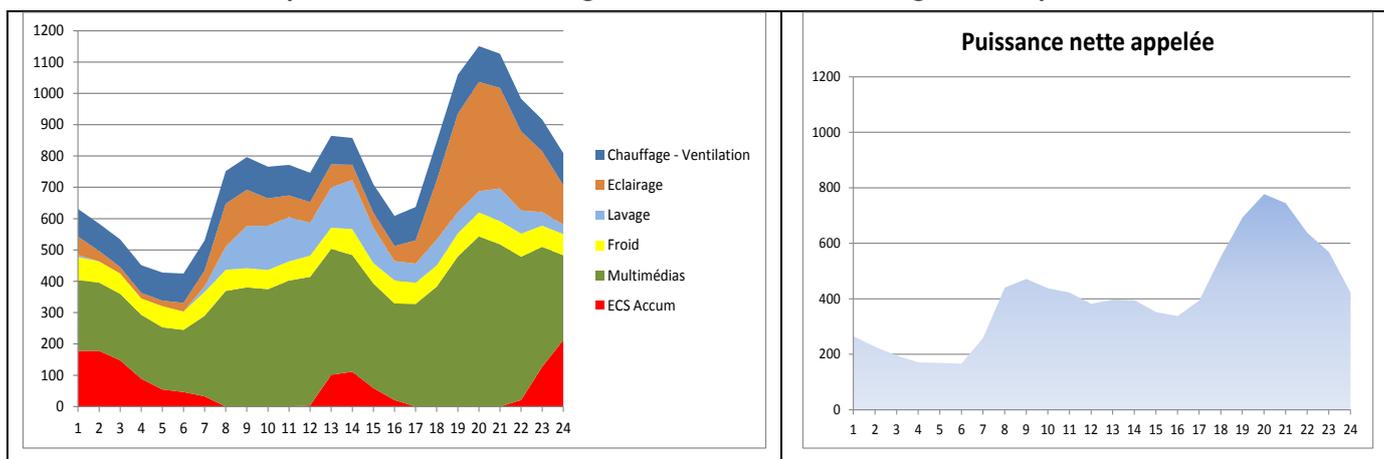
→→ Les projets d'aménagement structurés sur les *smart grids* sont donc à la fois des expérimentations et des vitrines qui ont pour vocation un développement à l'export. En France métropolitaine, 14 régions financent des projets *smart grids*.

Pendant les collectivités ont un rôle d'arbitre important : elles doivent aider à définir les règles du jeu et les modalités de rémunération des watts non consommés ou évités.

- **La gestion de la pointe électrique**

Quant à la gestion de la pointe électrique, l'analyse des courbes de charge effectuée pour le micro territoire de référence a souligné **la grande difficulté de reporter de façon déterminante la demande de pointe du soir**. C'est plutôt entre 11 heures et 15 heures que l'effacement de pointe et la gestion des énergies décentralisées peuvent le plus recourir aux réseaux intelligents. Pour réduire la pointe 19h-21 h il faut absolument développer les techniques multimédias et les techniques d'éclairage les plus performantes.

**Comparaison courbe de charge initiale – courbe de charge finale après travaux**



Source La Calade pour le PUCA

<sup>77</sup> Solaire et éolien (EnR intermittentes) ainsi que bois et biogaz, ce dernier constituant un enjeu local très important

- **Un grand absent des débats : le chauffage électrique**

La question du chauffage électrique n'est jamais évoquée alors que les calculs et l'analyse des courbes de charge ont montré un impact important de ce mode de chauffage.

- **Un moyen de valorisation des sources d'énergie renouvelable**

La recherche a souligné que les *smart grids* sont un vecteur de développement des énergies renouvelables et a mis en avant une distinction importante parmi celles-ci.

En effet les énergies renouvelables intermittentes telles que l'énergie solaire et l'éolien réclament des solutions techniques complexes permettant d'adapter la demande à la production.

Tandis que celles qui ne sont pas intermittentes (**le bois et le biogaz**) sont beaucoup plus souples d'emplois car leur production peut plus facilement s'adapter à la demande : **la cogénération et la chaudière électrogène apparaissent comme des solutions très attractives à terme**. Ces techniques peuvent recourir à des énergies renouvelables très importantes dans des régions comme la Bretagne : bois et déchets de biomasse, méthanisation de déchets, hydrogène. Ces solutions peuvent être des solutions de base pour une production électrique locale et une autoconsommation, le réseau ne venant ensuite qu'en appui et non plus en base.

- **Des investissements importants et un coût élevé pour les ménages face à des économies limitées et peu attractives pour les ménages en comparaison d'autres techniques**

L'analyse a montré que pour un logement il faut compter en moyenne 800 € dans le secteur privé et 500 € dans le parc social.

Par ailleurs une analyse effectuée sur un quartier lambda de l'impact d'un scénario « *Smart Grid* » sur l'efficacité énergétique, les économies d'énergie et les économies financières générées pour les ménages.<sup>78</sup> Pour cette analyse, des scénarios de développement de différentes options d'efficacité énergétique, dont les *smart grids*, ont été construits. On peut en conclure **que les économies d'énergie potentielles dues aux *smart grids* sont d'environ 10 %**

**Rentabilité économique des différentes options (VAN en € actualisés) – Scénario de référence**

a = 4 %	Parc concerné	Investissement	VAN	VAN /logt	VAN / kWh éco.	VAN /€ investi	Economie en k€ pour l'an 2025
	Nb logts	k€	k€ actualisés	€ act.	€ act.	€ act.	
Isolation thermique	385	1 257	1 206	3 132	1,14	0,96	101
Régulation ; robinets thermostatiques	478	253	775	1 621	1,43	3,06	56
MDE Electricité	1 453	218	943	649	1,01	4,33	69
Cogénération gaz	249	747	887	3 562	0,78	1,19	47
Microcogénération gaz	34	307	- 82	- 2 412	- 0,35	- 0,27	8
Cogénération bois	249	1 868	755	3 032	0,92	0,40	49
ECS solaire	561	1 167	-469	-836	-1,12	-0,40	29
Panneaux photovoltaïques	310	2 792	-473	-1 526	-0,45	-0,17	141
<b>Smart Grids</b>	<b>1 400</b>	<b>923</b>	<b>202</b>	<b>144</b>	<b>0,18</b>	<b>0,22</b>	<b>62</b>

Source : La Calade

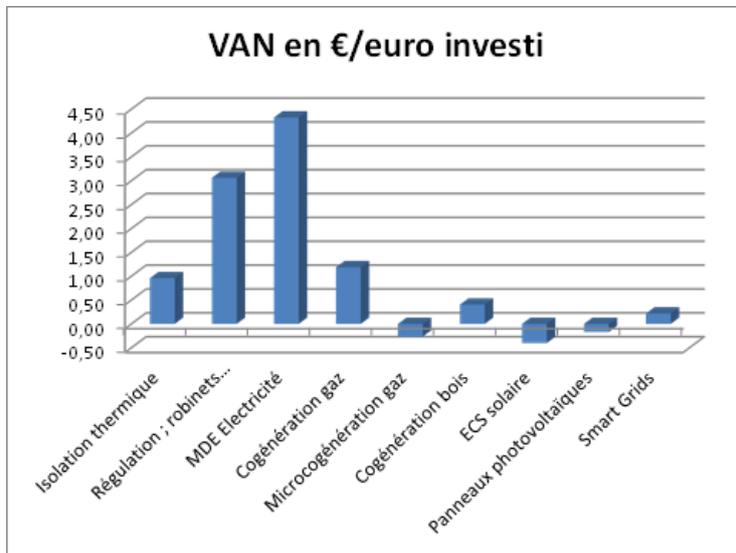
<sup>78</sup> Chapitre 7

Trois des sept actions ont une valeur actualisée nette (VAN) négative indiquant que, avec les hypothèses retenues, ces actions ne sont pas rentables : microcogénération gaz en maison individuelle, ECS solaire et panneaux photovoltaïques. Les autres actions dont **les smart grids apparaissent avec une VAN positive et sont donc rentables.**

Cependant, l'isolation thermique des bâtiments, la régulation, la cogénération gaz et bois et la MDE électrique génèrent une VAN positive beaucoup plus importante que celle générée par les *smart grids*. Ces résultats sont confirmés quand on rapporte la VAN au logement, au kWh économisé ou à l'euro investi :

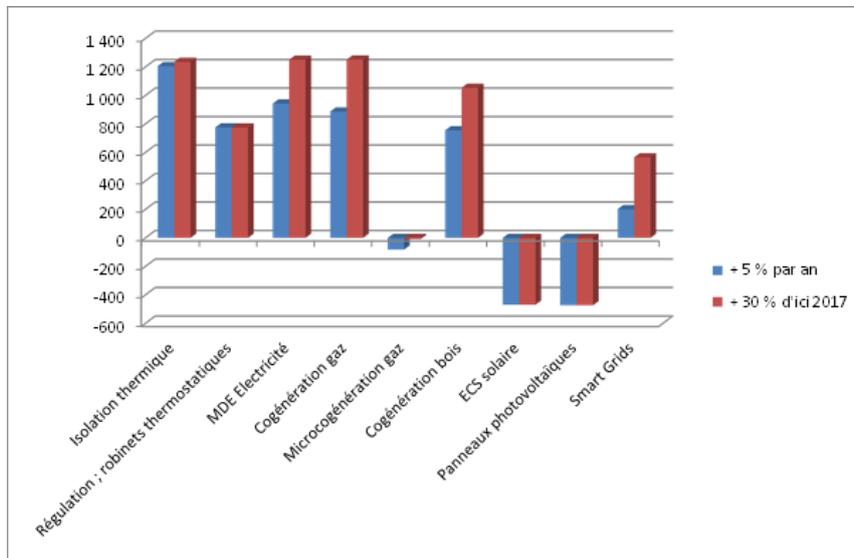
- La VAN la plus élevée par logement traité est générée par l'isolation thermique des parois et par la cogénération gaz et bois.
- La VAN la plus élevée par kWh économisé est générée par la régulation et les robinets thermostatiques.
- La VAN la plus élevée par € investi est les actions de MDE sur l'électricité spécifique.

**Valeur actualisée nette (VAN) des différentes options techniques en € par € investi**



Des tests de sensibilité en modifiant le taux d'actualisation et la hausse du prix de l'électricité n'entraînent guère de modification de cette hiérarchie.

**VAN des différentes options techniques avec une hausse des prix de l'électricité**



Enfin les économies mensuelles générées par les différentes options techniques ont été évaluées sans prendre en compte les investissements. (Pour *les smart grids* ces économies sont la différence entre les économies d'énergie et les coûts d'abonnement sans prendre en compte les investissements).

Les économies mensuelles pour les usagers sont très faibles et peu attractives : **de l'ordre de 4 € par mois**. Les économies générées par l'isolation thermique et la cogénération sont beaucoup plus attractives.

**Economies mensuelles réalisées par les ménages sur les dépenses énergétiques**

	Economie en € par mois
Isolation thermique	21,90
Régulation ; robinets thermostatiques	9,69
MDE Electricité	3,95
Cogénération gaz	15,73
Micro cogénération gaz	19,61
Cogénération bois	16,40
ECS solaire	4,32
Panneaux photovoltaïques	37,82
<b>Smart Grids</b>	<b>3,70</b>

- **Un impact sur la pointe électrique important à condition de mixer les solutions d'efficacité énergétique et de production d'énergie locale et décentralisée**

L'exemple du quartier Cleunay montre que l'on peut abaisser la puissance appelée en pointe de 35 % en recourant aux différentes options techniques retenues.

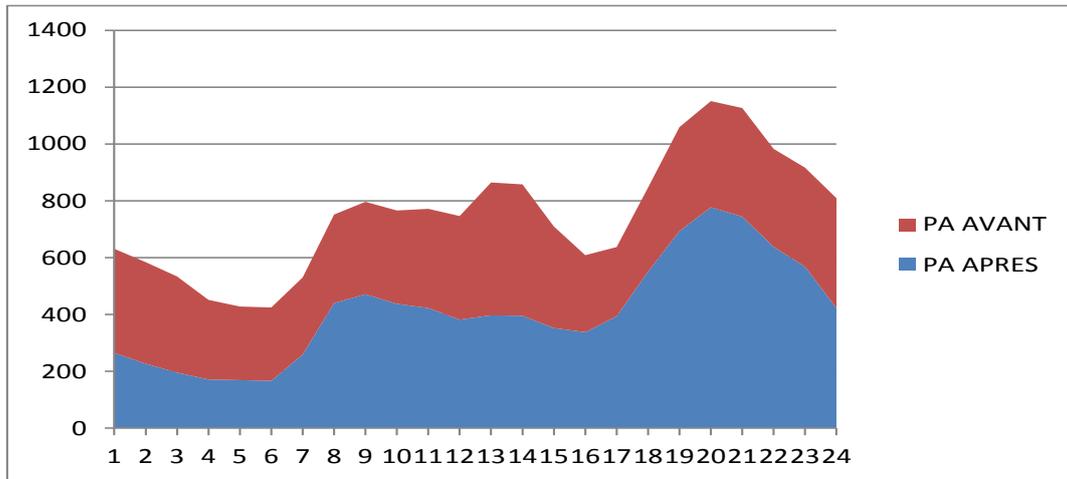
Les actions d'isolation thermique des logements chauffés à l'électricité, de la MDE et de l'installation des systèmes de *smart grids* avec délestage des équipements de chauffage, de lavage et de froid permettent de réduire la puissance appelée en pointe de 17 %.

L'apport de la cogénération gaz ou bois et de la micro-cogénération (chaudière électrogène) gaz ainsi que le solaire thermique et photovoltaïque contribuent à atteindre 35 % d'économie sur la puissance appelée de pointe.

La réduction de la pointe du soir issue d'une forte politique de maîtrise de l'énergie s'accompagne en fait d'une baisse de la courbe de charge en général, faisant aussi apparaître d'importantes réductions de puissance appelée dans la tranche 11 h - 15 h. La réduction dans cette tranche horaire est particulièrement intéressante car l'on peut aussi observer des courbes de charges territoriales dans lesquelles la pointe est dans cette tranche horaire au même niveau que celle du soir.

Dans ce cas, les énergies renouvelables intermittentes apportent une contribution importante.

### Comparaison courbe de charge initiale – courbe de charge finale après travaux



Source La Calade pour le PUCA

### 10.3. Des pistes de recherches-expérimentations

Parmi les principales pistes ou recherches complémentaires qu'il conviendrait de mener, nous pouvons citer :

- des analyses coûts-bénéfices sur des territoires spécifiques afin de répondre aux 4 thématiques essentielles : optimisation du système énergétique, maintien de l'équité sociale, intérêt pour l'utilisateur et optimisation spatiale ;
- l'élaboration d'une méthode et d'un PCET pilote à l'échelle d'une agglomération ou communauté de communes, afin d'aider les collectivités locales qui doivent élaborer un PCET.

## ANNEXE : VILLE DURABLE, VILLE INTELLIGENTE ET VILLE INNOVANTE

### 1. La ville durable (« sustainable city »)

#### 1.1. Le développement durable et le développement urbain durable<sup>79</sup>

En juin 2012, la Conférence organisée par l'Organisation des Nations Unies « Rio + 20 » a montré que la crise économique et financière et les intérêts particuliers ont ramené le développement durable à un rôle mineur, 20 ans après le sommet « Planète Terre » et 25 ans après le rapport Brundtland présenté au PNUD en 1987. Le terme de développement durable est devenu un de ces mots – valises dont le sens évolue au gré des modes, des conjonctures et des enjeux économiques, avec comme conséquence une absence de lisibilité totale. Le développement durable pâtit aujourd'hui du flou dans lequel ce concept ou cette démarche (encore une incertitude !) est utilisé depuis deux décennies. Ce flou est lié d'une part aux différentes interprétations de sa définition<sup>80</sup> et, d'autre part, aux échelles décisionnelles et territoriales auxquelles il fait référence.

Si la définition de référence du développement durable est toujours celle de Harlem Gro Brundtland de 1987<sup>81</sup>, **on distingue aujourd'hui cinq interprétations différentes du développement durable**, tant en France qu'en Europe. Le développement durable peut être :

- une politique de préservation de l'environnement,<sup>82</sup>
- un ensemble d'actions visant à réduire l'impact environnemental,
- la promotion de la croissance verte,<sup>83</sup>
- une mutation écologique globale,
- une démarche intégrée, prospective et démocratique, cette dernière étant retenue par l'Etat dans le Plan Ville durable (et notamment la grille EcoQuartier 2011).

La **Stratégie Nationale de développement durable 2010-2013 vers une économie verte et équitable**<sup>84</sup> est structurée sur 9 défis stratégiques dont le changement climatique et l'énergie (défi n°4), lesquels « exigent une rigueur et une sobriété plus grandes dans nos consommations, le développement des énergies renouvelables, l'adaptation des territoires en veillant à la situation des personnes et des activités vulnérables ». Ce défi n°4 comprend les 5 choix stratégiques suivants : *Promouvoir et favoriser les comportements et les modes de production les plus sobres ; Informer pour éclairer les choix individuels et collectifs ; Soutenir l'innovation pour une croissance économe en énergie et en émissions de GES. ; Adapter les activités et les territoires au changement climatique ;*

---

<sup>79</sup> Voir notamment L'urbanisme durable, Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, Le Moniteur, 2009, réédition avec mise à jour en 2011

<sup>80</sup> Pascal Picq dans Un paléoanthropologue dans l'entreprise, édition Eyrolles, 2011, page 195

<sup>81</sup> « Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre les capacités des générations futures à répondre aux leurs. », (rapport Notre avenir à tous de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement ou Commission Brundtland), définition illustrée le plus souvent par le célèbre schéma des trois piliers (environnement, social et économique).

<sup>82</sup> C'est à cette interprétation que correspondait la première SNDD

<sup>83</sup> C'est à cette interprétation que correspond la SNDD actuellement en vigueur

<sup>84</sup> La croissance verte est définie par le Conseil économique pour le développement durable comme « la transition vers un développement économique protégeant les ressources nécessaires aux générations futures et soucieux de justice sociale. » (Source : rapport de 2012 intitulé Les économistes et la croissance verte)

*Prendre en compte les conséquences sociales de nos politiques énergétiques, afin de ne pas accroître les inégalités.* ». Rien ne concerne donc explicitement les « *smart grids* ». Cependant si la SNDD préconise la mobilisation de l'ensemble des acteurs<sup>85</sup>, elle préconise également des analyses de cycle de vie et en coût global<sup>86</sup>. Enfin à l'échelle de l'aménagement du territoire, la déclinaison du développement durable n'est plus la croissance verte mais la mise en œuvre de démarches – projets intégrées.<sup>87</sup>

Enfin, concernant **la transition écologique** et plus particulièrement **la transition énergétique**, « *La stratégie de la transition est fondée sur deux principes : l'efficacité et la sobriété énergétiques d'une part, et la priorité donnée aux énergies renouvelables d'autre part. ... L'évolution des modes de vie, de production, de consommation, de transport ainsi que des services énergétiques nécessaires doit constituer le point de départ.*»<sup>88</sup>

## 1.2. La ville durable

Il n'y a pas de consensus (ni international, ni européen ni national) sur la définition d'une ville durable. Il n'y a donc pas de définition officielle<sup>89</sup> mais seulement des textes de références : le rapport Bruntland (1987), la Charte d'Aalborg (1994) et d'Aalborg + 10 (2004), les accords de Bristol (2005), la Charte de Leipzig (2007) et le RFSC (2008). Et, dans la mesure où il n'y a pas de définition officielle, de nombreuses définitions fleurissent, reprises de l'étranger ou spécifiques.

### La Loi Grenelle 2

La loi Grenelle 2 est très ambitieuse sur le papier en mettant des objectifs de développement durable au cœur des documents d'urbanisme : schémas de cohérence territoriale, plans locaux d'urbanisme et cartes communales. Les objectifs de développement durable sont énoncés de façon précise dans l'article L. 121-1 du Code de l'urbanisme (Loi Grenelle 1, article 7 et Loi Grenelle 2, article 14) :

- Le premier objectif est celui d'**un développement équilibré du territoire** entre les espaces urbanisés, les espaces ruraux et les espaces naturels, dans le respect et la préservation du patrimoine urbain ou naturel.
- Le deuxième objectif est celui de **la diversité des fonctions urbaines et rurales** et de **la mixité sociale dans l'habitat** avec, d'une part, un souci de répartition équilibrée dans les

---

<sup>85</sup> « *Producteurs, distributeurs, prestataires de services, consommateurs, investisseurs: tous les acteurs publics et privés doivent être mobilisés et incités à choisir les solutions les plus efficaces et les plus économes en énergie, minimisant les émissions de GES et de polluants dans l'atmosphère.* »

<sup>86</sup> « *Il faut pour cela réaliser des analyses du cycle de vie (ACV) des différentes énergies et des évaluations de leur coût global. Les bilans coûts/bénéfices des politiques énergétiques doivent aussi être développés aux niveaux national et local, en y intégrant des préoccupations écologiques, économiques et sociales afin de sélectionner les options les plus performantes et efficaces.* »

<sup>87</sup> Si la définition de référence du développement durable est toujours celle de Harlem Gro Brundtland de 1987, on distingue aujourd'hui cinq interprétations ou modes de mise en œuvre différents du développement durable, tant en France qu'en Europe. Le développement durable peut être :

- une politique de préservation de l'environnement,
- un ensemble d'actions visant à réduire l'impact environnemental,
- la promotion de la croissance verte,
- une mutation écologique globale,
- une démarche intégrée, prospective et démocratique.

<sup>88</sup> Source : Conférence de presse de Jean-Marc Ayrault de septembre 2012

<sup>89</sup> Sur le site du MEDDTL (devenu METL, Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement, en juin 2012) mis à jour le 24 janvier 2012 on trouve cependant : « *La ville durable doit répondre à des objectifs globaux (climat, biodiversité, empreinte écologique) et locaux (resserrement urbain, qualité de vie, nouvelles formes de mobilités, mixité sociale...)* »

territoires entre habitat, emploi, commerces et services, liés entre eux par des transports collectifs, et, d'autre part, un souci de diminution des « obligations de déplacements ».

- Enfin, le troisième objectif vise à **la réduction des émissions de gaz à effet de serre, à la maîtrise de l'énergie et à la production énergétique à partir de sources renouvelables, à la préservation des ressources naturelles** (qualité de l'air, eau, sol, sous-sol, ressources naturelles, biodiversité, écosystèmes, espaces verts), à **la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques** et à **la prévention des risques et des nuisances**.

Mais cette lecture des objectifs de développement durable pose la question de l'évaluation qui reste très en retard.

En 2010, suite à la Loi Grenelle 2, les 5 finalités et les 5 critères de développement durable définis en 2006 par le MEDD (Ministère de l'écologie et du développement durable, circulaire du 13 juillet 2006) pour les projets de territoire ont été intégrés dans le Code de l'environnement (section III de l'article L 110-1).<sup>90</sup>

**Les 5 critères de développement durable :**

- la participation de la population et des acteurs du territoire dès l'amont du projet et tout au long de sa mise en oeuvre,
- l'organisation du pilotage ou du processus décisionnel,
- la transversalité,
- un processus d'évaluation partagé et pensé dès l'amont du projet
- la stratégie d'amélioration continue

**Les 5 finalités du développement durable :**

- la lutte contre le changement climatique et la protection de l'atmosphère;
- la préservation de la biodiversité et la protection des milieux et des ressources ;
- l'épanouissement de tous les êtres humains (qui correspond à l'article 1 de la déclaration de Rio : « *Les êtres humains sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Ils ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature.* ») ;
- la cohésion sociale et la solidarité entre les territoires et entre les générations, incontournables du progrès social ;
- une dynamique de développement suivant des modes de production et de consommation responsables, c'est-à-dire à la fois moins polluants, moins prédateurs en terme de ressources et de milieux naturels, et limitant au maximum les risques pour l'environnement et les conditions de vie sur terre.

Enfin, le Plan Ville durable lancé en France s'est concentré sur 3 types d'appels à projets (EcoCités, EcoQuartiers, Transports collectifs en site propre) et le plan Restaurer et valoriser la nature en ville.

---

<sup>90</sup> Le problème est leur manque d'opérationnalité de ces finalités quand on se donne des objectifs « d'épanouissement de tous les êtres humains » ou de « développement de modes de production et de consommation responsables ». Oubliés les rapports de forces, oubliées les forces du marché et de la finance qui aujourd'hui structurent les projets de développement des territoires. Ces finalités traduisent au mieux la naïveté intellectuelle de nombreux partisans du développement durable et favorisent in fine le rejet du concept...

Quant à l'Eco-Cité, elle est « à la pointe de l'innovation en matière d'excellence architecturale, de haute qualité environnementale, des technologies de transports et de communication » et « doit réaliser de grands projets d'innovation architecturale, sociale et énergétique, en continuité avec le bâti existant et qui intégreront dans leurs objectifs la rénovation du patrimoine existant, le développement des transports en commun et des modes de déplacement économes en énergie, la prise en compte des enjeux économiques et sociaux, la réduction de la consommation d'espace et la réalisation de plusieurs éco-quartiers ».

### Différentes définitions

Le terme de ville durable est apparu dans les années 90. Concept très flou qui ne signifie rien sauf que ces villes peuvent avoir partiellement ou thématiquement des bonnes pratiques (énergie, santé, culture, formation, déplacements...) ou que la qualité de vie dans ces villes est particulièrement appréciée par ses habitants.

Des programmes de recherche voient le jour pour mieux identifier la ville durable : ce serait la **ville décarbonée ou bien la ville à la neutralité carbone, voire à la neutralité environnementale**<sup>91</sup>. Mais est-ce réellement le rôle de la ville de réaliser cette équation alors qu'elle est depuis toujours source de richesses, de culture, d'échanges. C'est par l'échange que s'est fait le développement humain et cet échange n'est jamais complètement neutre pour la nature. De plus, cette ville post carbone ne risque-t-elle pas de mettre à mal l'autonomie financière de la collectivité ?

Cette vision de neutralité environnementale pose évidemment de nombreuses questions sur l'aménagement futur des villes ou des territoires, notamment en termes d'utilisation des ressources qu'il convient effectivement d'économiser : il faut favoriser l'agriculture urbaine mais jusqu'à quel point ? Il faut aussi envisager le développement des énergies locales et renouvelables mais dans quelle proportion vis-à-vis des énergies de réseau ? Il faut encourager la production locale, l'économie de services et l'artisanat mais peut-on pour autant négliger l'industrie ?

La ville durable renvoie à un certain nombre de conflits ou contradictions que chacune doit chercher à résoudre en fonction de leur contexte local et en minimisant effectivement les coûts environnementaux mais aussi les coûts sociaux : mixité fonctionnelle versus le zoning (zones monofonctionnelles), mixité sociale versus homogénéité sociale des quartiers, place des activités de production en zone urbaine vs gestion des risques technologiques, place de l'agriculture urbaine vs rente foncière, participation du territoire à la lutte contre le changement climatique vs équité sociale, place de l'eau et de la nature dans le territoire vs coûts de gestion de ces mêmes facteurs...

D'autres définissent la ville durable comme la ville attractive au regard de la concurrence que se font les villes entre elles... La ville doit alors être attractive pour les hommes mais aussi pour les capitaux et offrir tout un ensemble de facteurs favorables à l'implantation d'entreprises ou d'activités : la qualité de vie, la préservation de la nature, la proximité des moyens de transports efficaces sont des atouts pour la ville attractive mais cette vision s'éloigne à notre avis de la philosophie sous-jacente au développement durable.

---

<sup>91</sup> Selon D. Mitlin et D. Satterthwaite, « une ville qui réussit sur le plan du développement durable est une ville dont les nombreux et divers objectifs des habitants et des entreprises sont atteints sans que le coût soit supporté par d'autres personnes ou d'autres régions ». Cette définition est reprise par exemple par Cyria Emelianoff en précisant que la ville ne doit pas être vue comme une entité géographique mais comme une entité politique (Conférence du 28 février 2012, les villes européennes face à la transition énergétique)

La ville durable doit être solidaire dans l'espace (ne pas reporter sur les autres populations et écosystèmes ses coûts de développement) et dans le temps (ne pas reporter sur les générations futures ses propres coûts de développement). Et cette solidarité implique:

- des stratégies d'économie de ressources naturelles (énergie, eau, espace, matériaux) et de gestion des flux (mobilité durable);
- des stratégies visant l'équité sociale, lesquelles se traduisent par des actions contre l'exclusion, la pauvreté, le chômage et des actions d'éducation, de formation, etc. ;
- l'application du principe de précaution afin d'éviter les choix irréversibles et de réduire les risques locaux et pour la planète (atténuer et anticiper le changement climatique, préservation de la biodiversité, des paysages).

La ville durable doit aussi définir des processus de décision et d'apprentissage conduisant à des améliorations continues de la situation, que ce soit à l'échelle locale ou à l'échelle de la planète, et ce dans les champs économique, social, culturel et environnemental, le développement n'étant durable que s'il est économique et accompagné d'un progrès à la fois social, culturel et environnemental.

En définitive, la ville durable est un projet politique, un objectif global qui doit guider les politiques ou stratégies d'aménagement et de développement urbains mais aussi l'ensemble des politiques d'une collectivité: éducation, formation, solidarité, emploi, etc.

Des stratégies coopératives, des synergies doivent être recherchées entre les acteurs publics et privés ; la chaîne des acteurs doit être plus efficace<sup>92</sup> et elle doit permettre à ces derniers de travailler ensemble dans une vision partagée et cohérente de l'avenir du territoire. Tous les habitants contribuent à rendre la ville durable (par leur travail, en gérant leurs déchets, en respectant leurs voisins, etc.).

### **Le micro territoire**

Enfin, le micro-territoire a vu émerger le concept de quartier durable (dont le terme français est écoquartier) qui peut signifier le verdissement de ce quartier mais peut aussi être l'émergence d'une réelle démarche intégrée.

En descendant les échelles territoriales des instances internationales jusqu'au quartier, on voit se dessiner le passage possible d'un concept global agrémenté d'un ensemble de bonnes pratiques vers une démarche à la fois collective et individuelle.

A l'échelle internationale, au mieux on emboîte les actions thématiques (effet de serre, eau, biodiversité, alimentation, santé...) alors qu'à l'échelle micro-locale, voire locale, on peut intégrer ces diverses thématiques et toucher aussi bien les dimensions sociales et environnementales qu'économiques.

Il nous semble plus que nécessaire de redéfinir le développement durable non pas comme le croisement très limité de trois cercles (environnement, économie, social ou sociétal), voire quatre avec la culture, ce que font encore la plupart des acteurs du développement durable, mais comme **une démarche transversale, participative, cohérente et prospective.**

---

<sup>92</sup> Voir Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, Ecoquartier mode d'emploi, Edition Eyrolles, 2009

<b>Processus d'élaboration d'un quartier durable<sup>93</sup></b>	
<b>Une démarche transversale et participative</b>	<p><b>Une organisation du projet structurée :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Une maîtrise d'ouvrage forte s'appuyant sur un fort engagement politique : la transversalité et la prise en compte du long terme ne vont pas de soi</li> <li>- Un comité technique élargi d'un double point de vue :               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Compétences techniques : services techniques de l'environnement, des réseaux, de l'urbanisme, de l'économie, de l'emploi, du social...</li> <li>o Disciplines : architecte, urbaniste, paysagiste, sociologue mais aussi économiste, philosophe... « <i>Les architectes ou architectes urbanistes ne peuvent plus (ou ne devraient plus...) faire la ville seuls</i> » (François Ascher)</li> </ul> </li> <li>- Une ingénierie renforcée avec une AMO DD</li> </ul> <p><b>Une nouvelle méthode de gouvernance fondée sur des principes :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Prospective</b> : anticiper les évolutions futures, partager une vision prospective et dynamique du quartier avec les différents acteurs : s'inscrire dans la durée (Vancouver 2100 !!)</li> <li>- <b>Concertation</b> : art de trouver des compromis entre les parties</li> <li>- <b>Partenariats</b> : associer en amont les partenaires économiques et sociaux ... mais dans le cadre de règles bien établies</li> <li>- <b>Formalisation du dispositif</b> afin de s'assurer de l'engagement des acteurs dans la durée: charte de DD du projet de quartier</li> </ul>
<b>Une démarche cohérente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cohérence avec les documents d'urbanisme et/ou les documents de planification du territoire (masterplan)</li> <li>- Modification éventuelle du masterplan pour permettre les choix d'urbanisme du projet de quartier durable : déplacement d'une autoroute à Utrecht, d'une voirie à Pesaro, plus grande permisivité pour les équipements énergétiques (solaire, éolien...) à Mestre, Barcelone...</li> <li>- La maîtrise du foncier : un élément indispensable pour la cohérence du projet</li> </ul>
<b>Une démarche prospective</b>	<p><b>Anticiper l'évolution des besoins futurs :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduire les déplacements contraints en voiture : modifier les espaces actuellement dédiés aux voitures (aires de stationnement, voiries)</li> <li>- Vieillesse de la population : adapter les logements et les structures pour permettre le maintien dans le quartier des personnes tout en évitant la sous-occupation</li> <li>- Changement d'usages des bâtiments : logement – services – activité... du fait du contexte économique</li> <li>- Anticiper le changement climatique → <b>principes constructifs et aménagement des espaces permettant la réversibilité et l'adaptabilité</b></li> </ul> <p><b>Penser le projet urbain par rapport à l'évolution à long terme de la ville ou du territoire → perméabilité des territoires, lieux d'échanges</b></p> <p><b>Capitaliser les résultats pour les futurs projets urbains :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eviter les opérations vitrines non reproductibles (villes)</li> <li>- Mettre en place des outils d'alerte afin de réagir aux évolutions des contextes économique, social ou environnemental (principe de résilience) : rôle de l'AMO DD et de l'évaluation en continu</li> </ul>

Source : Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin

<sup>93</sup> Voir Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin Concevoir et évaluer un projet d'écoquartier, Edition Le Moniteur, 2012

Il s'agit de voir en quoi les « *smart grids* » à l'échelle d'un quartier peuvent contribuer à la mise en oeuvre d'une telle démarche.

## 2. La ville intelligente (« *smart city* »)

La « *smart city* » (ou ville intelligente)<sup>94</sup> est parfois présentée comme une ville durable, notamment par les industriels des NTIC, des « Think Tanks » (intégrés aux entreprises<sup>95</sup> ou indépendants<sup>96</sup>) et aussi parfois par des réseaux de villes<sup>97</sup>. Enfin la définition faisant référence aux réseaux en tant que nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) a évolué vers les villes décarbonées.

**Au niveau international**, un grand nombre d'organismes décerne aux villes du monde entier des prix d'intelligence (« *smart cities* »), en combinant de nombreux critères allant des systèmes informatiques aux principes de gouvernance en passant par les systèmes d'éducation. L'un des plus anciens est celui de l'Intelligent Community Forum (ICF), un « *think tank* » basé à New York (prix « *Smart21* ») qui retient comme critères le niveau de connexion internet haut débit, la place de l'économie de l'information et de la connaissance dans le développement de la ville, les politiques de soutien à l'innovation et enfin la capacité de la ville à faire son auto-promotion.

**Au niveau européen**, de nombreux programmes de financement co-existent. Le programme de financement SET PLAN (plan stratégique pour les technologies énergétiques) distingue deux types de ville: les villes «ambitieuses», qui pourront recevoir une assistance technologique et un accès facilité aux prêts et les villes «pionnières», qui changeront radicalement d'organisation avec de nouveaux moyens technologiques, pourront recevoir des financements supplémentaires afin de supporter un risque plus élevé. Simultanément au lancement du premier appel à recherche «*Smart cities and communities*» en 2011, une plateforme associant les différentes parties prenantes est constituée afin de définir un agenda de recherche. La plateforme a été lancée en juillet 2012 et doit déboucher sur

---

<sup>94</sup> L'intelligence étant cependant réduite à l'infrastructure numérique ou concentrée sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre...

<sup>95</sup> L'objectif du programme "Smarter Planet" d'IBM (<http://www.ibm.com/smarterplanet/fr/>) d'est de proposer des réponses techniques aux grands enjeux de demain grâce à la technologie IBM. Les principales solutions proposées aux villes concernent le traitement des données (data) urbaines et la gestion des ressources.

La Fabrique de la Cité (<http://www.lafabriquedelacite.com/>) du groupe Vinci développe son travail autour de trois grands axes : l'adaptation de la ville existante, la mobilité durable et l'économie urbaine. La réflexion est concentrée plus généralement sur l'innovation urbaine.

L'Institut pour la Ville en mouvement (<http://www.ville-en-mouvement.com/>) du groupe PSA Peugeot Citroën concentre sa réflexion sur les questions de mobilités urbaines.

<sup>96</sup> Chronos (<http://www.groupechronos.org/>) aborde la mobilité, la ville, le numérique et le quotidien. Les réflexions s'intéressent aux mutations du territoire induites par les nouveaux usages qui en sont faits, avec une forte accentuation sur les transformations de la mobilité et celles du numérique.

FIG, Fondation Internet Nouvelle Génération (<http://www.fing.org/>) concentre son activité autour des questions du changement technologique et notamment les transformations numériques qui sont analysées au niveau territorial et au niveau institutionnel. Certains projets sont entièrement dédiés aux problématiques de la ville, comme le projet « Villes 2.0 » (autour des questions d'implantation de capteurs environnementaux, de plateforme d'échange de données et de mobilier urbain numérique)

Transit City (<http://www.transit-city.com/>) s'intéresse principalement aux modes de vie urbains et à leurs transformations (approche pluridisciplinaire et décloisonnée pour réunir de nombreux acteurs autour de questions urbaines).

<sup>97</sup> Tels que ICLEI, CGLU, C40, Metropolis à l'échelle internationale, Convention des Maires, Eurocities et URBACT à l'échelle européenne et Villes Internet ainsi que « *Green and connected cities* » à l'échelle française.

une feuille de route début 2013. Enfin, outre les programmes CONCERTO, CIVITAS et EIE (Energie Intelligente en Europe) qui concernent l'énergie, au sein du 7<sup>ème</sup> Programme Cadre de Recherche et Développement (PCRD), l'initiative «**FP7-Energy-Smart-Cities**» (doté de 40 millions d'euros) fait explicitement référence à la Ville intelligente.<sup>98</sup>

**Au niveau national**, un texte sur la ville intelligente apparaît le 13 novembre 2012 sur le site du ministère ([www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr) (salle de lecture): «*Les objectifs de la ville intelligente se situent dans le prolongement de ceux de la ville durable, et auront pour caractéristiques essentielles de :*

- **Répondre à un objectif de sobriété dans l'utilisation des ressources** : *Les économies d'eau, l'écrêtement des périodes de pointe dans la consommation d'électricité, une consommation d'énergie maîtrisée grâce aux dispositifs de mesure en temps réel, une minimisation des pertes dues au vieillissement des réseaux, etc. Tous ces enjeux vont dans le sens d'une optimisation de la gestion des ressources énergétiques qui est un des objectifs principaux de la ville intelligente. Ses modalités de réalisation technique passent principalement par la mise en place de « smart grids »*
- **Mettre l'utilisateur au cœur des dispositifs** : *Outre un accès à une gamme de services plus diversifiés, le citoyen-usager devient lui-même producteur d'informations en opérant un retour d'expérience sur l'état de fonctionnement de ces services. L'utilisation des systèmes d'information et des moyens de communication informatiques permet au citoyen - usager de signaler à sa collectivité une avarie technique, un dysfonctionnement, créant une boucle de rétroaction allant des utilisateurs aux dispensateurs de services. Sur le plan de la gouvernance, l'accès facilité aux informations « open data » (répondant ainsi à l'impératif de transparence des activités publiques), comme la possibilité, grâce aux TIC, d'une interaction croissante entre le citoyen et le politique vont également dans le sens d'une plus grande participation des parties prenantes. **La ville intelligente est celle qui ménagera la création d'un espace public numérique où l'aller-retour entre le gouvernant et le gouverné sera accéléré.***
- **Permettre une approche systémique de la ville** : *Il s'agit de dépasser les approches sectorielles séparant transport, énergie et bâtiment pour mettre l'accent sur les interactions entre ces différentes composantes rendues possibles par le développement des TIC. Cette approche systémique de la ville, dont tout le monde s'accorde à reconnaître aujourd'hui la nécessité, se heurte toutefois à de nombreux obstacles liés notamment à la prédominance des approches traditionnelles par silos. Si les TIC en sont une composante forte, **l'avenir de la « smart city » tiendra à la capacité qu'aura la ville à devenir intelligente en mettant en place de nouvelles formes de gouvernance, en favorisant l'appropriation par les usagers de ces nouveaux dispositifs et en identifiant des modèles économiques viables qui en soutiendront le développement.** »<sup>99</sup>*

**L'emprunt national (Grand Emprunt)** lancé en 2010 a rassemblé 35 milliards d'euros qui sont répartis dans les différents programmes réunis sous le terme « Investissements d'Avenir ». Le Commissariat Général à l'Investissement (CGI), qui définit la cohérence générale des investissements d'Etat identifie les domaines où iront les financements étatiques. Parmi les neuf programmes identifiés par le CGI (centres d'excellence, valorisation de la recherche, santé et biotechnologies, énergie et économie circulaire, transport, emploi et égalité des chances, urbanisme/logement, économie numérique, financement des entreprises), trois se rapportent spécifiquement à la ville intelligente : le programme « Urbanisme logement » avec les actions liées à la ville de demain et à la rénovation énergétiques doté d'1,5 milliard d'euros, le programme Transports doté de 2,5 milliards

<sup>98</sup> Par exemple pour le programme TIC, le "challenge 6: ICT for a low carbon economy" est composé des initiatives suivantes: "Smart Energy Grids", "systems for energy efficiency", "ICT for energy-efficient buildings and spaces of public use", "ICT for energy-positive neighbourhoods"

<sup>99</sup> Voir La ville intelligente : état des lieux et perspectives en France, Etudes et documents n°73 Novembre 2012, CGDD

d'euros et le programme «Economie numérique», lequel articule le développement de réseaux à très haut débit aux «*smart grids*» et au soutien aux usages, services et contenus numériques (doté de 4.5 milliards d'euros dont 0.25 pour les «Réseaux électriques intelligents»).<sup>100</sup>

### **3. La ville innovante (« *innovative city* »)**

Les nouvelles technologies de l'information et de la Communication (NTIC) changent en profondeur la perception, l'usage et l'aménagement des espaces publics. Aussi certains urbanistes et les entreprises du secteur des NTIC ont avancé le terme de ville innovante.

Enfin les « *smart grids* » et les BEPOS font partie de « l'innovation verte » et certains préfèrent parler de ville innovante plutôt que de ville intelligente.

Comme pour la ville intelligente, des concours ou prix annuels et des salons/conférences sont organisés pour les villes innovantes.

---

<sup>100</sup> Source : convention Etat - Caisse des Dépôts pour le programme « Développement de l'économie numérique»

## Bibliographie

- Accenture, *Understanding and-consumer observatory on electricity management* , 2010
- Ademe, *Construire et mettre en œuvre un plan climat énergie territorial, guide méthodologique*, décembre 2009
- Bergaentzlé Claire et Clastres Cédric, *Tarifications dynamiques et efficacité énergétique : l'apport des Smart Grids*, Economies et Sociétés XLVII, n° 2, série Energie, n°12, 2013
- Bergougnoux Alain, *Réseaux électriques intelligents ou smart grids*, Centre d'analyse stratégique, 172, août 2012
- Bucki Jacques, *L'énergie et l'économie circulaire, un modèle au service des collectivités et des citoyens*, débat sur la transition énergétique, 15 avril 2013
- Construction21.eu, J3e, Gimelec, Les matinées débats, *Concevoir et gérée des bâtiments « smart grids compatibles »*, 6 octobre 2012
- CGDD, *La ville intelligente : état des lieux et perspectives en France*, Etudes et documents n°73, novembre 2012
- Charlot-Valdieu Catherine et Outrequin Philippe, *La réhabilitation énergétique des logements*, Edition Le Moniteur, 2012.
- Charlot-Valdieu Catherine et Outrequin Philippe, *Concevoir et évaluer un projet d'écoquartier*, Edition Le Moniteur, 2012
- Charlot-Valdieu Catherine et Outrequin Philippe, *Coût global des bâtiments et des projets d'aménagement*, Edition Le Moniteur, 2013
- Codespar, Plan Climat de Rennes Métropole, 2010
- Conseil économique pour le développement durable, *Croissance verte et crise économique*, synthèse du rapport Les économistes et la croissance verte, 2012
- Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) – Dossier sur les smart cities
- Espluga Josef et all., *Filling the gap between discourse and action: The case of domestic consumption practices*, Symposium Pachelbel I : investigating and supporting policymaking for sustainable consumption in Europe, Zurich, 18 juin 2012
- Frontier Economics and Sustainability First, *DSR in the domestic sector – A literature review of major trials*, Royaume Uni ; août 2012
- Gluzak Filip, *Behavior based energy efficiency*, congrès OSE 2013, Sophia Antipolis, 26 septembre 2013
- Guichoux Morwenna, *Economie des smart grids: focus sur l'expérience allemande*, chaire d'économie sur le climat, 9 décembre 2011
- Inhotep, *Smart Grids et efficacité énergétique en aval compteur ; benchmark mondial de startups et opportunités pour le marché français*, étude, 2012
- JRC Reference reports, *Smart Grid projects in Europe : lessons learned and current developments*, 2011
- Lazaric Nathalie, *Les technologies de l'information pour une consommation électrique responsable, ticelec*, 24 mai 2013
- MEDDM/CGDD, *Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte*, MEDDM/CGDD, mars 2010

Negawatt (association), *La pointe d'électricité... zéro pointé !*, décembre 2009

Pacific Northwest, *The Smart Grid : an Estimation of the Energy and CO<sub>2</sub> Benefits*, U.S. Department of Energy, janvier 2010

Pigenet Nazim, *Mise en place des outils de suivi et de prédiction de la demande électrique à l'échelle d'un territoire, application au département du Lot*, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 2009

PWC, *Voice of the customer ; why utilities should embrace a customer-centric business model to succeed in a smart grid world*, , juillet 2012

Rious Vincent et Perez Yannick, *Valeur économique des smart grids*, conférence Quels modèle économiques et sociétaux, Paris Dauphine, 9 novembre 2012

Sidler Olivier, *Connaissance et maîtrise des usages spécifiques de l'électricité dans le secteur résidentiel*, avril 2009

Simchak Tom et Ungar Lowell, *Realizing the Energy Efficiency Potential of Smart Grid*, Alliance to Save Energy, mai 2011

Zelem Marie-Christine, Beslay Christophe, Gournet Romain, *Pas de « smart cities » sans « smart habitants »*, in *Mutation écologique et transition énergétique*, URBIA, n° 15 février 2013