



HAL
open science

Design d'un territoire avec des bâtiments sans énergie fossile à l'horizon 2050

Grégory Kotnarovsky

► **To cite this version:**

Grégory Kotnarovsky. Design d'un territoire avec des bâtiments sans énergie fossile à l'horizon 2050. Architecture, aménagement de l'espace. Université de Lorraine, 2013. Français. NNT : 2013LORR0015 . tel-01749338

HAL Id: tel-01749338

<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01749338>

Submitted on 29 Mar 2018

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

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



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE DE LORRAINE – ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE EN GENIE DES SYSTEMES
INDUSTRIELS

ÉCOLE DOCTORALE RP2E – RESSOURCES, PROCEDES, PRODUIT, ENVIRONNEMENT

ÉQUIPE DE RECHERCHE SUR LES PROCESSUS INNOVATIFS

UNIVERSITE DE LIEGE – HEC ULG

THÈSE

en vue de l'obtention des grades de

Docteur de l'Université de Lorraine
en Génie des Systèmes Industriels

et

Docteur de l'Université de Liège
en Sciences de Gestion

DESIGN D'UN TERRITOIRE AVEC DES BATIMENTS SANS ENERGIE
FOSSILE A L'HORIZON 2050

Présentée et soutenue publiquement par
Grégory KOTNAROVSKY

Le 27 février 2013

Jury

| | |
|---|-----------------------|
| Riad BENELMIR , Professeur, Université de Lorraine | Président |
| Christian DU TERTRE , Professeur, Université Paris Diderot | Rapporteur |
| Jacques TELLER , Professeur, Université de Liège | Rapporteur |
| Nathalie CRUTZEN , Professeur, HEC-Ulg | Examineur |
| Gavin KILLIP , Senior Researcher, ECI, Université d'Oxford | Examineur |
| Denis VIOLLE , Directeur, EDF Commerce Est | Examineur |
| Claudine GUIDAT , Professeur, Université de Lorraine | Directeur de thèse |
| Thomas FROEHLICHER , Professeur, HEC-Ulg | Co-directeur de thèse |
| Michel JAUZEIN , Professeur, Université de Lorraine | Co-directeur de thèse |

THÈSE

en vue de l'obtention des grades de

Docteur de l'Université de Lorraine
en Génie des Systèmes Industriels

et

Docteur de l'Université de Liège
en Sciences de Gestion

DESIGN D'UN TERRITOIRE AVEC DES BATIMENTS SANS ENERGIE FOSSILE A L'HORIZON 2050

Présentée et soutenue publiquement par
Grégory KOTNAROVSKY

Le 27 février 2013

Merci à ma femme, Émilie

et

Mes parents, Noëlle et Patrick

Pour leur soutien, leur confiance et leur amour,

SOMMAIRE

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| <u>INTRODUCTION GENERALE.....</u> | <u>11</u> |
|-----------------------------------|-----------|

PARTIE I : LE CADRE DE REFERENCE DE LA PROBLEMATIQUE : LES PROGRAMMES D'EFFICACITE ENERGETIQUE DES BATIMENTS AU CENTRE DES PREOCCUPATIONS INDUSTRIELLES ACTUELLES.

| | |
|--|-----------|
| <u>Chapitre 1 : L'émergence des programmes d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment.....</u> | <u>15</u> |
|--|-----------|

| | |
|--|-----------|
| <u>Section A – Contexte et enjeux des programmes d'efficacité énergétique des bâtiments.....</u> | <u>17</u> |
|--|-----------|

| | |
|---|-----------|
| <u>Section B – Les nœuds technico-économiques rencontrés dans les programmes d'efficacité énergétique dans le secteur bâtiment.....</u> | <u>25</u> |
|---|-----------|

| | |
|--|-----------|
| <u>Chapitre 2 : Le cadre de référence scientifique des programmes d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment.</u> | <u>33</u> |
|--|-----------|

| | |
|--|----|
| Section A – Programmes d'efficacité énergétique : présentation et analyse d'expériences internationales, nationales et infra nationales..... | 34 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Section B – Les scénarios énergétiques : une dimension de l'évaluation des programmes d'efficacité énergétique..... | 46 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Section C – Nouveaux modèles économiques liant enjeux économiques, sociaux et environnementaux : un focus sur l'économie de fonctionnalité..... | 70 |
|---|----|

PARTIE II : PROPOSITION D'UNE METHODOLOGIE DE CONCEPTION D'UN PROGRAMME D'EFFICACITE ENERGETIQUE DES BATIMENTS.

| | |
|---|-----------|
| Chapitre 3 : Présentation et analyse des écosystèmes territoriaux et des terrains expérimentaux..... | 88 |
|---|-----------|

| | |
|---|----|
| Section A – La Meuse et la Haute-Marne : deux écosystèmes ruraux avec un parc de bâtiments vétustes et énergivores..... | 89 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Section B – Analyse et enjeux des écosystèmes territoriaux et présentation des terrains d'expérimentation..... | 98 |
|--|----|

| | |
|--|------------|
| Chapitre 4 : Proposition d'un processus global intégré de conception collaborative des programmes d'efficacité énergétique des bâtiments en milieu rural..... | 115 |
|--|------------|

| | |
|---|-----|
| Section A – L'économie de fonctionnalité : proposition de principes pour concevoir des programmes d'efficacité énergétique et d'une grille d'analyse adaptée..... | 116 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| Section B – Proposition d'une méthode de construction de scénarios locaux d'efficacité énergétique appliquée aux bâtiments..... | 123 |
|---|-----|

| | |
|--|-----|
| Section C – Proposition d'un processus d'étude pour concevoir un programme d'efficacité énergétique..... | 135 |
|--|-----|

**PARTIE III : CONTRIBUTION A LA CONCEPTION DE PROGRAMMES D’EFFICACITE
ENERGETIQUE DES BATIMENTS SUR DEUX ECOSYSTEMES TERRITORIAUX.**

**Chapitre 5 – Le processus global intégré de conception collaborative sur deux
écosystèmes territoriaux « Villages 2050 ».....148**

Section A – La phase de conception des programmes d’efficacité énergétique
« Villages 2050 ».....149

Section B – Les scénarios d’efficacité énergétique de Meuse et Haute-Marne et des
deux villages expérimentaux : application de notre méthode de construction de
scénarios.....159

Section C – Les phases d’assistance à maîtrise d’ouvrage, de mise en œuvre et de
suivi des programmes.....182

**Chapitre 6 – Analyse des effets et résultats selon le modèle de l’économie de
fonctionnalité et limites rencontrées.....199**

Section A – Les résultats du programme et ses effets bénéfiques pour les différents
acteurs.....200

Section B – Évaluation des effets du programme dans une logique d’économie de la
fonctionnalité et limites rencontrées.....211

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE.....221

BIBLIOGRAPHIE.....225

GLOSSAIRE.....239

TABLE DES MATIERES.....241

TABLE DES FIGURES.....249

Liste des tableaux.....255

TABLE DES ANNEXES.....259

INTRODUCTION GENERALE

Depuis une vingtaine d'années, suite au contre-choc pétrolier de 1988, l'approvisionnement énergétique est devenu une priorité nationale associée à la lutte contre le changement climatique avec les obligations de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Répondre à ces enjeux contraint à concevoir une société dans laquelle les énergies fossiles ne concerneraient que des emplois marginaux pour certains usages.

Les économies d'énergie, l'amélioration des rendements et le recours aux énergies renouvelables constituent les trois leviers disponibles pour y parvenir.

Différents dispositifs, aussi bien à l'échelle internationale que nationale, comme les objectifs en matière de réduction des émissions de CO₂, les Certificats d'Économie d'Énergie ou les aides à l'investissement ont fortement aidé à développer le marché des énergies renouvelables.

Le bilan à l'échelle de la France est nuancé selon les secteurs :

- L'industrie a connu une profonde mutation avec une concurrence internationale accrue et a accompli des efforts importants dans l'efficacité énergétique.
- Les solutions émergentes dans le transport ne permettent pas encore d'envisager une rupture avec les énergies fossiles. Cependant, de nouvelles générations de véhicules amènent à réduire de manière importante le recours à des énergies fossiles sans pouvoir s'y substituer totalement. De nouveaux modes de déplacement optimisant l'inter modalité des systèmes utilisés, comme l'auto partage ou le Velib, rendent possible une amélioration de l'efficacité énergétique de ce secteur.
- La production d'électricité a accompli une première mutation avec 89% de l'électricité produite en 2006 sans recours aux énergies fossiles.

Avec 42% de la consommation d'énergie finale, le secteur du bâtiment en France est le plus gros consommateur d'énergie devant le transport et l'industrie (PNAEE, 2011).

Bien qu'il ne soit pas le plus dépendant aux énergies fossiles (48% contre 97% dans les transports), le temps de renouvellement du parc de bâtiments, le poids du secteur résidentiel (2/3) dans la consommation nationale et la croissance des phénomènes de précarité énergétique montrent que ce secteur doit poursuivre et accélérer sa transformation.

Avec plus de 50% du parc de 2050 déjà construits et qui représentera près de 75% des consommations énergétiques du secteur, la rénovation des bâtiments existant doit être placée au cœur des priorités.

Enfin, à l'inverse du secteur des transports, des solutions existent et sont disponibles pour réduire les consommations d'énergie et le besoin en énergies fossiles.

Depuis quelques années, de nombreuses expériences ont émergé en France et à l'étranger avec de multiples projets visant à réduire les consommations énergétiques des bâtiments.

Cependant, le marché actuel de la rénovation semble orienter ses offres vers des recherches d'optimisation du retour sur investissement en ne se préoccupant que peu des potentialités que peuvent avoir une rénovation énergétique globale sur l'environnement. Nous retrouvons ici la classique dualité entre optimisation de la performance à court terme et création de valeur à plus long terme.

De plus, les dispositifs d'accompagnement actuels tiennent peu compte des territoires, de ses spécificités et ses habitants.

En ce sens, il apparaît pertinent, dans un premier temps, de réfléchir à un dispositif permettant d'évaluer la filière traditionnelle du bâtiment selon des échelles multiples, de prendre en compte des indicateurs issus des modèles productivistes (ex : kWh économisés), des objectifs de durabilité pour le territoire (ex : emplois, tCO₂ évités) et la valeur d'usage souhaitée par le maître d'ouvrage (ex : confort, conditions d'accessibilité).

Dans un second temps, le manque de méthodes et d'outils disponibles pour les responsables de ces programmes (ex : architectes, maîtres d'œuvre, services techniques de collectivité, énergéticiens) limite la cohérence des solutions proposées et les résultats des actions réalisées.

Nos travaux de recherche s'inscrivent dans ce cadre de réflexion initié en 2009 par EdF, financeur de nos recherches dans le cadre d'une thèse en contrat CIFRE.

Nous proposons ainsi de contribuer à l'enrichissement d'une méthodologie de conception de programmes d'efficacité énergétique dans le secteur des bâtiments appliquée à deux écosystèmes territoriaux.

Cette contribution portera à la fois sur des aspects conceptuels et opérationnels. Malgré la participation d'un grand nombre d'auteurs à ce travail, nous sommes conscients que cette approche conduira à ne pas les présenter dans leur intégralité.

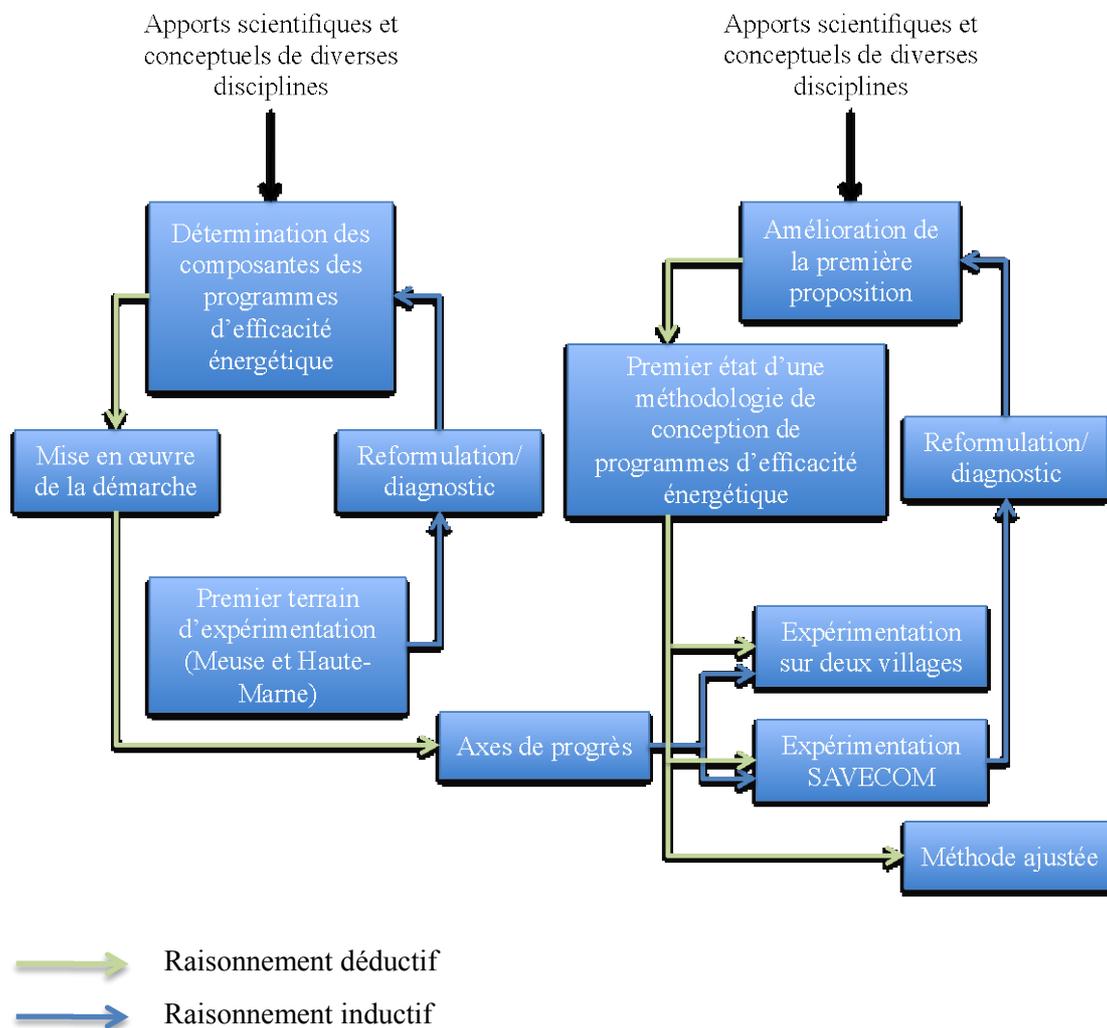


Figure 1 – La démarche de recherche suivie

La démarche scientifique globale qui a été mise en œuvre pour formaliser une méthode globale intégrée de conception collaborative de programmes d'efficacité énergétique des bâtiments s'appuie sur deux terrains d'expérimentation : un terrain à l'échelle des deux départements de Meuse et de Haute-Marne et un autre à l'échelle de deux villages situés dans ces mêmes départements ainsi que d'une collectivité de taille moyenne (SAVECOM à Commercy, 55).

Notons que l'expérimentation à l'échelle des départements a servi à concevoir notre méthodologie de ce qui a ensuite été expérimentée sur les deux villages et la collectivité en parallèle afin de valider la pertinence et le cas échéant d'effectuer les ajustements nécessaires.

Dans les deux cas, la démarche a consisté à reformuler la problématique par un raisonnement inductif puis à formaliser les fondements de l'approche recherchée à partir des résultats que fournissaient différentes disciplines scientifiques.

La mise en œuvre de la démarche à l'échelle des deux départements par un raisonnement déductif a permis d'envisager des axes de progrès afin d'aider les

responsables de projets chez EDF à développer des programmes d'efficacité énergétique avec des objectifs ambitieux.

Cette mise en œuvre sur les deux villages expérimentaux a conduit à la proposition d'une méthodologie de conception de programmes d'efficacité énergétique prenant en compte les multiples aspects du développement durable.

Dans une première partie, nous revenons sur le cadre de référence de la problématique. Nous montrerons en quoi les programmes d'efficacité énergétique des bâtiments se situent au centre des préoccupations, et donc des problématiques industrielles actuelles.

Le premier chapitre reviendra sur l'émergence des programmes d'efficacité énergétique et les difficultés rencontrées dans le contexte énergétique actuel.

Le second chapitre explicitera le cadre de référence scientifique associé et ses implications quant à notre proposition sur la façon d'appréhender le contexte réel.

Dans une seconde partie, nous développerons notre proposition d'une méthodologie de conception collaborative d'un programme d'efficacité énergétique pour des bâtiments non consommateurs d'énergies fossiles.

Le premier chapitre définira le contexte industriel dans lequel nous évoluerons et la problématique industrielle qui en découlera.

Le second chapitre caractérisera notre proposition d'un processus global intégré de conception collaborative de programmes d'efficacité énergétique des bâtiments et la méthode pour le concevoir.

Dans une troisième partie, nous analyserons les impacts de nos travaux et les résultats après presque trois années d'expérimentation.

Le premier chapitre fera le constat de la contribution de la méthodologie sur les collectivités expérimentales de Dammarie-sur-Saulx et Epizon.

Le second chapitre reviendra sur l'analyse des résultats à travers une nouvelle méthode d'évaluation des programmes d'efficacité énergétique et présentera une critique de ces résultats et de la méthodologie.

Nous synthétiserons au sein d'une conclusion générale, les principaux résultats de notre recherche et les perspectives envisagées pour la poursuite de ce travail.

PARTIE I

LE CADRE DE RÉFÉRENCE DE LA PROBLÉMATIQUE :

LES PROGRAMMES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES BATIMENTS AU CENTRE DES PRÉOCCUPATIONS INDUSTRIELLES ACTUELLES.

Introduction de la Partie I

Dans la première partie, nous allons chercher à montrer que les programmes d'efficacité énergétique constituent un enjeu industriel et sociétal majeur.

Le premier chapitre fait un état de la situation énergétique en France et présente les différents enjeux économiques que constituent les consommations des énergies à l'échelle nationale. L'analyse traite particulièrement du secteur du bâtiment qu'il soit à usage résidentiel ou tertiaire, lié à la part importante de ce secteur dans la consommation nationale.

Dans un second chapitre, nous faisons un état des travaux dans différentes disciplines relevant de l'analyse des programmes d'efficacité énergétique, de leur évaluation et des modèles économiques permettant de mieux prendre en compte les aspects économiques, environnementaux et sociaux avec un focus sur l'économie de fonctionnalité.

À l'issue de cette partie, nous tâcherons d'avoir formalisé les contours de notre problématique scientifique et d'orienter notre contribution.

CHAPITRE 1

L'EMERGENCE DES PROGRAMMES D'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE SECTEUR DU BATIMENT.

Introduction du Chapitre 1

Ce chapitre revient sur les caractéristiques du contexte énergétique français et le constat sur les types et usages énergétiques dans le secteur du bâtiment.

Dans un second temps, nous cherchons à identifier les problèmes rencontrés par ce secteur et les filières économiques associées. Sans prétendre faire un constat exhaustif, ces problèmes se situent à plusieurs niveaux :

- Le niveau des consommations énergétiques du bâtiment en France ;
- La dépendance aux énergies fossiles pour ce secteur ;
- Le poids du chauffage dans les consommations du secteur ;
- Les enjeux socio-économiques et environnementaux ;
- Les limites du marché de la rénovation énergétique des bâtiments ;
- Des modèles économiques d'entreprises qui affaiblissent la prise en compte d'effets supplémentaires aux économies d'énergies dans une rénovation ambitieuse d'un bâtiment.

Nous concluons sur la nécessité de solutions permettant de traiter la question de la rénovation énergétique des bâtiments, et notamment les logements. Cela implique de transformer le marché de la rénovation actuelle et de concevoir des programmes d'efficacité énergétique qui répondent à la fois aux enjeux énergétiques mais également aux enjeux du développement durable de manière plus générale.

Section A – Contexte et enjeux des programmes d'efficacité énergétique des bâtiments.

1. Les caractéristiques du contexte énergétique en France

1.1. Les consommations d'énergies par secteur

Les consommations énergétiques des bâtiments résidentiel-tertiaire représentent 42% de la consommation d'énergie finale de la France et 25% des émissions de CO₂ tous secteurs confondus (figure 2).

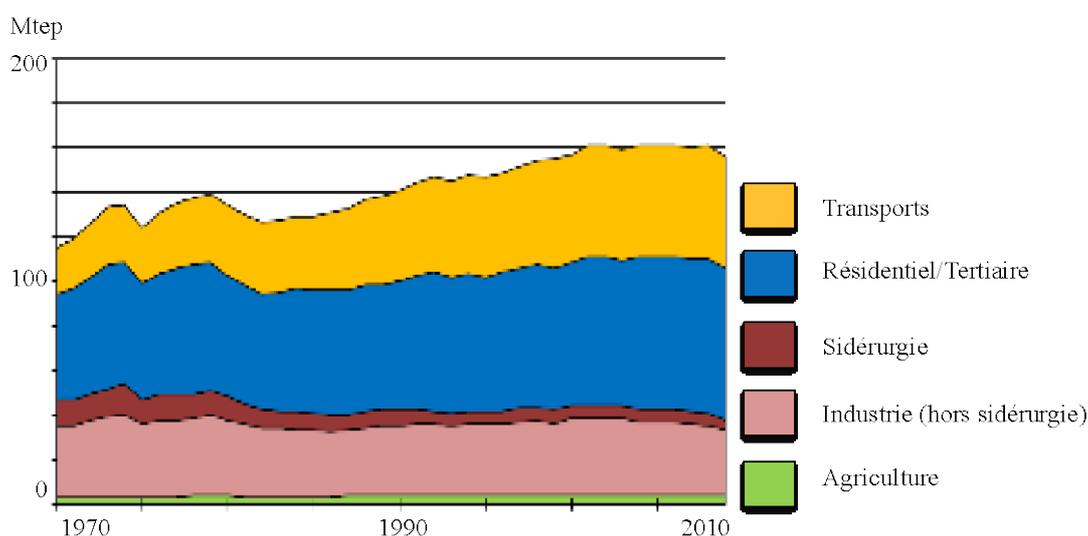


Figure 2 – Évolution de la consommation d'énergie finale de la France entre 1970 et 2010, corrigée des variations climatiques, en Mtep, par secteur (CGDD, 2010)

Dans le cas du secteur bâtiment, l'énergie utile quantifie le besoin énergétique du bâtiment. Il dépend de la qualité du bâti et du comportement des occupants. Par exemple, une douche nécessite 30 litres d'eau à une température de 35°C. L'énergie utile correspond au besoin de réchauffer ces 30 litres d'eau depuis la température de stockage jusqu'à 35°C.

Contrairement au sens originel du terme, l'énergie primaire, dans le secteur bâtiment, est l'énergie qui résulte d'une première transformation (ex : électricité nucléaire et/ou hydraulique). C'est également l'unité de mesure énergétique utilisée dans les dispositifs réglementaires. Elle s'exprime avec plusieurs unités comme le giga joule (GJ), le mégawatt ou térawatt heure (MWh/TWh) ou la tonne équivalent pétrole (tep). Par convention, le passage d'une unité à l'autre suit le rapport suivant :

$$1 \text{ tep} = 41,855 \text{ GJ} = 11,628 \text{ MWh} = 1'000 \text{ m}^3 \text{ de gaz} = 7,33 \text{ barils de pétrole}$$

L'énergie finale résulte à la fois du besoin énergétique (énergie utile) et de la performance des équipements rendant les services énergétiques. Le client ne connaît que l'énergie finale car c'est celle qui lui est facturée.

1.2. Le mix énergétique du secteur bâtiment

Les bâtiments d'usages résidentiel et tertiaire sont dépendants à 48% aux énergies fossiles, avec le gaz comme énergie principale parmi elles (figure 3). Ce ratio ne prend pas en compte les énergies fossiles utilisées comme combustible pour les centrales thermiques de production d'électricité.

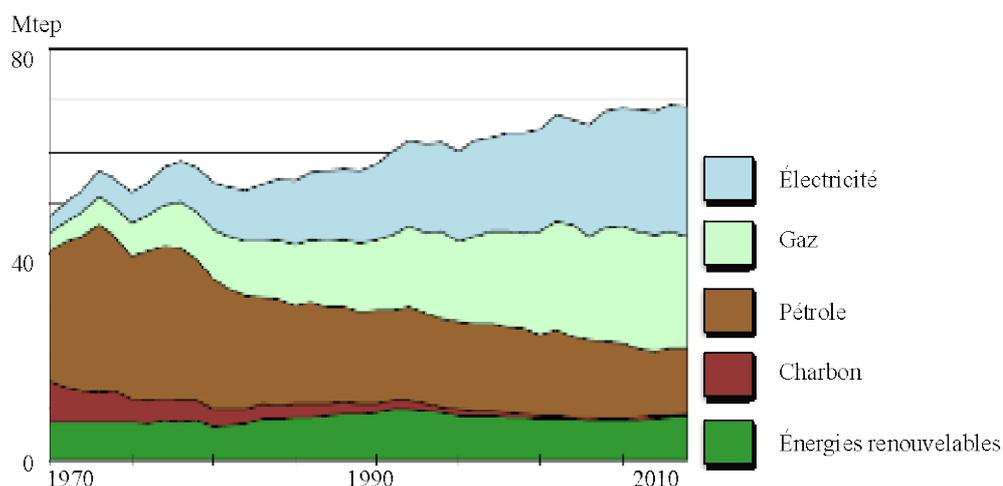


Figure 3 – Consommation d'énergie finale dans le secteur résidentiel et tertiaire corrigée des variations climatiques, en Mtep, entre 1970 et 2010 (CGDD, 2010)

Ce secteur n'est cependant pas le plus dépendant aux énergies fossiles. En effet, le transport, bien que moindre consommateur d'énergie finale que le secteur du bâtiment, est plus dépendant aux énergies fossiles avec un ratio de près de 97%. Il s'explique par l'usage massif de véhicules à moteurs thermiques (ex : essence, diesel, GPL, etc.).

1.3. Les usages énergétiques dans le bâtiment

Les principaux usages énergétiques sont (figure 4) :

- Le chauffage : avec près de 75% des consommations d'énergies totales du secteur, il est l'usage le plus énergivore dans le secteur du bâtiment. Les énergies utilisées peuvent être d'origine fossiles (ex : chaudière fioul, chaudière gaz), biomasse (ex : chaudière bois) et/ou électriques (ex : pompes à chaleur, convecteurs) ;
- La production d'eau chaude sanitaire (ECS) : les énergies consommées pour répondre à cet usage sont majoritairement fossiles (ex : chaudière fioul ou gaz chauffage et/ou ECS) et électriques (ex : chauffe-eau électrique) ;

- La cuisson d'aliments : fossiles et électriques (ex : induction, plaques électriques, micro-onde) ;
- La climatisation électrique ;
- L'éclairage avec une part importante pour l'éclairage public ;
- L'électricité spécifique.

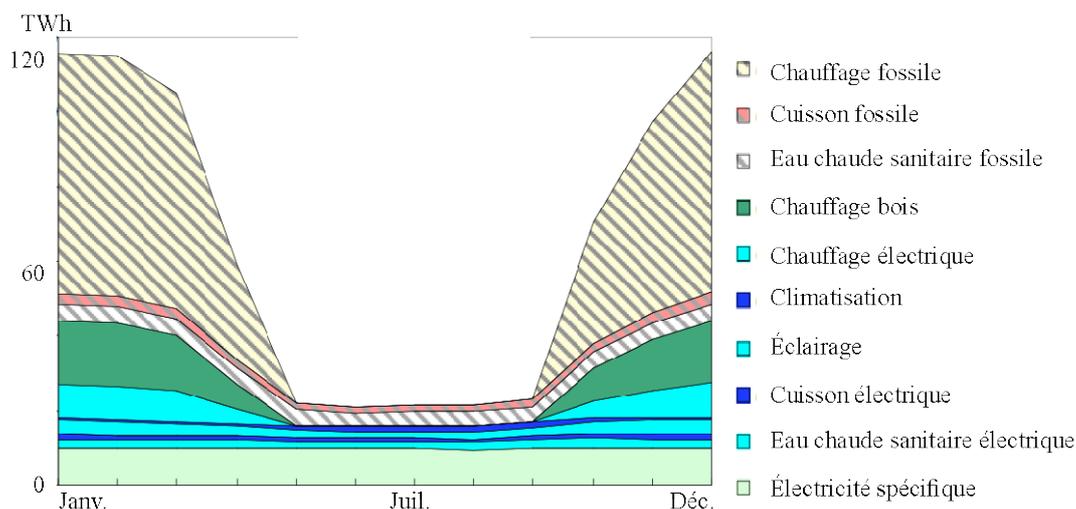


Figure 4 – Consommation mensuelle en énergie finale des bâtiments, en TWh, par usage (Marchand et al, 2008)

L'électricité spécifique agrège de multiples usages consommateurs d'électricité : l'utilisation des produits « blancs » (ex : machines à laver, sèche-linge, réfrigérateur), des produits « bruns » (ex : télévision, ordinateurs, internet). Une analyse de la pénétration sur les marchés de produits répondant aux différents usages évoqués précédemment sur une longue période permet de comprendre l'augmentation des besoins en électricité (figure 5).

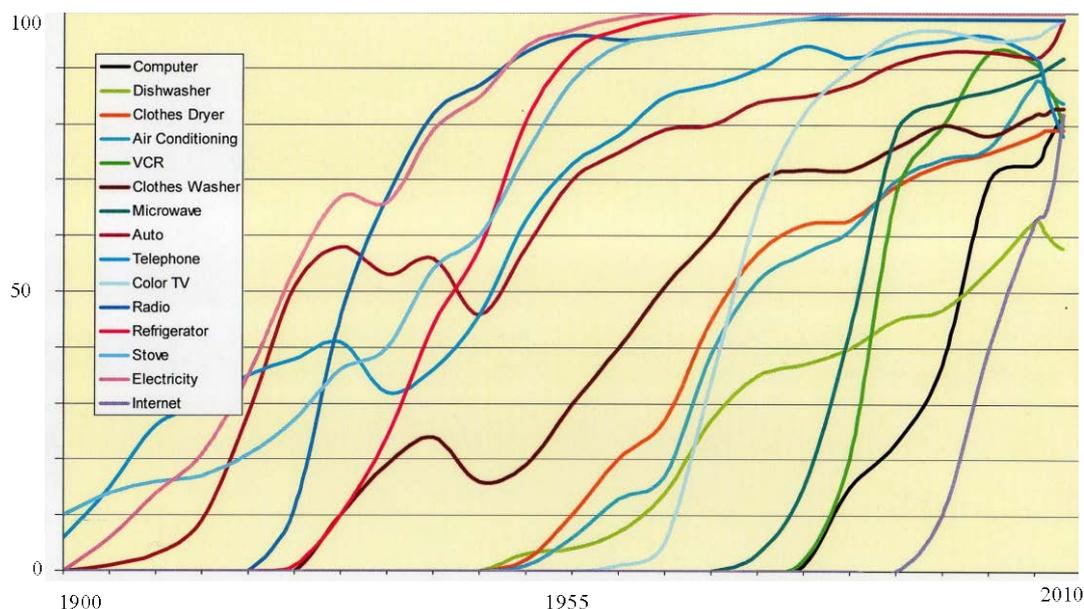


Figure 5 – Taux de pénétration de technologies sélectionnées, en pourcentage de ménages équipés, entre 1900 et 2008¹

On comprend l'augmentation continue de la demande en électricité en observant l'évolution de technologies elles-mêmes consommatrices d'électricité.

1.4. La courbe de charge annuelle et effet de l'usage chauffage

La courbe de charge fait référence aux pics de consommations pendant une journée en fonction des usages et horaires de la journée (ex : pointe du matin, pointe du midi, pointe du soir). Sur l'observation annuelle de cette courbe de charge, la demande est logiquement plus élevée liée au besoin en chauffage électrique lors de la saison d'hiver (figure 6).

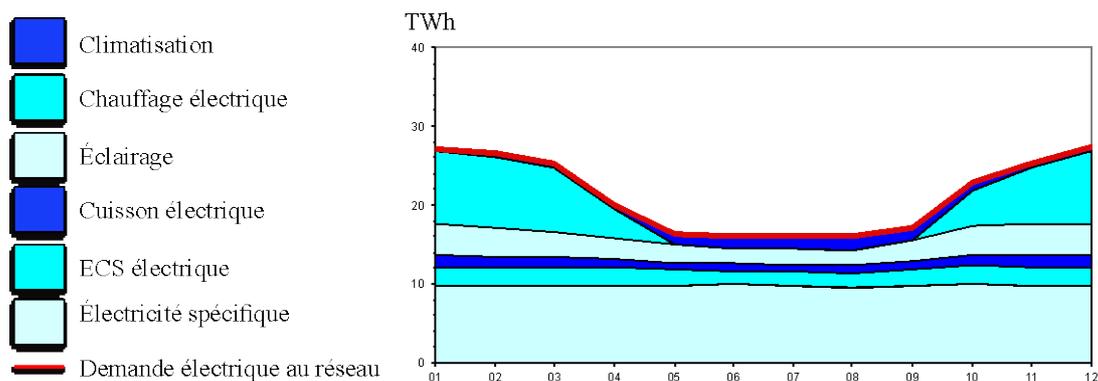


Figure 6 – Consommation mensuelle d'électricité des bâtiments, en TWh, par usage (Marchand et al, 2008)

¹ Source : Federal Reserve Bank of Dallas, 1997

2. Les enjeux liés à ce contexte énergétique

2.1. Les enjeux socio-économiques

Le poids économique des filières concernées est un des enjeux majeurs. En effet, les chiffres d'affaires réalisés par la filière de rénovation/construction des bâtiments résidentiel en France peuvent être résumés comme suit :

- Un chiffre d'affaires de 77 milliards d'euros (figure 7) pour les entreprises du bâtiment uniquement pour les logements neufs et les améliorations de logements existants ;

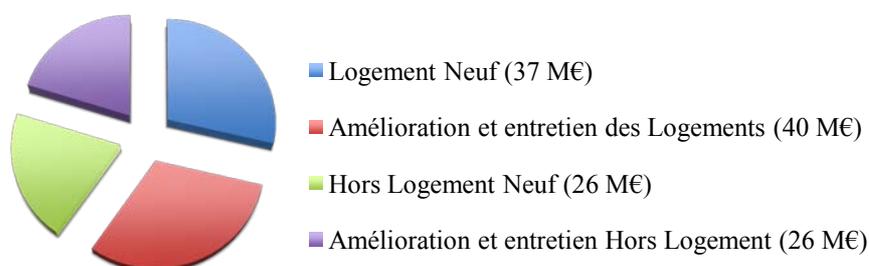


Figure 7 – Part des travaux réalisés par les entreprises du BTP¹⁹ en 2010 (ADEME, 2010b)

- Un chiffre d'affaires de 2,7 milliards d'euros (figure 8) pour les architectes et les maîtres d'œuvre entre l'habitat individuel et l'habitat collectif ;
- Un chiffre d'affaires de 45 milliards d'euros pour les industriels, fournisseurs et distributeurs.

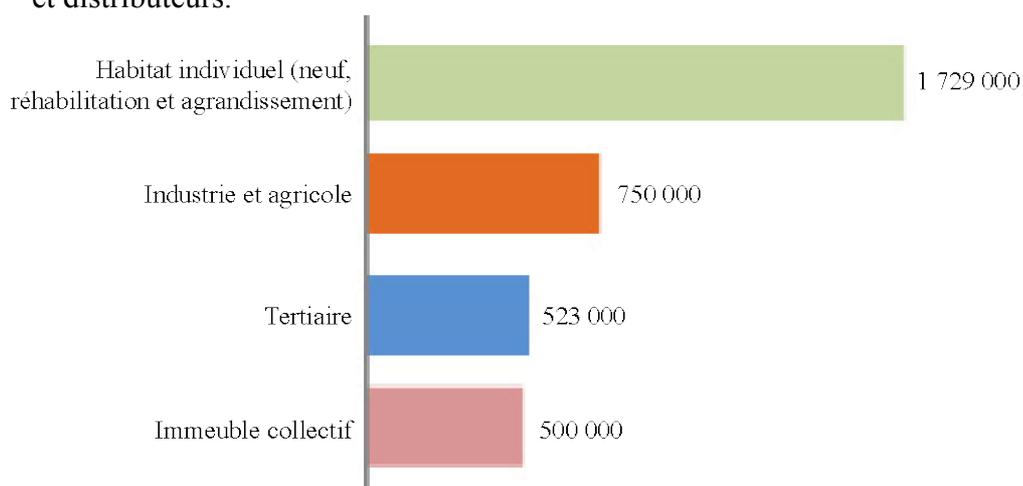


Figure 8 – Poids économique des architectes et de la maîtrise d'œuvre, en chiffre d'affaires en K€, par secteur en 2010 (ADEME, 2010b)

À ces valeurs, il faut ajouter le chiffre d'affaires des travaux publics associés qui s'élèvent à 41 milliards d'euros.

À un niveau plus local, il faut aussi noter que les prix des énergies ont augmenté de manière très importante ces dernières années. En voici une illustration sur la période 2002-2010 (figure 9) :

- Pour le propane de +51,6%,
- Pour le fioul domestique de +91,9%,
- Pour le gaz de ville de +44,3%,
- Pour l'électricité de +9,3%.

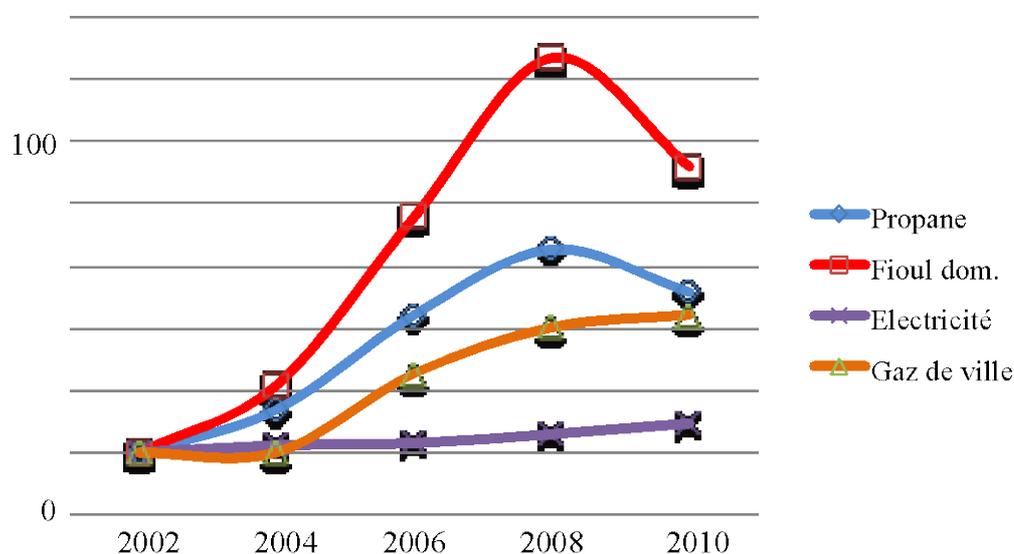


Figure 9 – Évolution des prix des principales énergies consommées dans les bâtiments, sur la période de 2002 à 2010 (PNAEE, 2011)

L'augmentation du prix des énergies depuis une trentaine d'années suite au contre-choc pétrolier entraîne une charge en augmentation qui grève le budget des ménages.

Selon l'observatoire de la précarité énergétique, ce phénomène toucherait 3,8 millions de ménages contraints de consacrer plus de 10% de leurs revenus à leurs factures d'énergie (INSEE, 2011).

2.2. Les enjeux en matière d'emploi

Un grand nombre d'acteurs institutionnels, socio-économiques interagissent dans le secteur de la rénovation regroupant un grand nombre d'emplois (PBG, 2009) :

- La maîtrise d'ouvrage (ensemble des donneurs d'ordre) avec :
 - 186'000 établissements professionnels de maîtrise d'ouvrage représente un effectif salarial de 1'600'000 personnes ;
 - 33 millions de bâtiments à rénover pour 25 millions de ménages ;
- La maîtrise d'œuvre et ingénierie pour un effectif salarié de 115'000 personnes ;
- 364'000 entreprises réalisant les travaux: dont :
 - 356'000 de moins de 20 salariés pour un effectif total de 1'192'000 salariés ;
 - 260'000 artisans ;
 - 100'000 intérimaires en équivalent temps plein (ETP) ;
- Les fournisseurs, industriels et distributeurs: 28'000 établissements avec 535'000 salariés pour les fabricants et plus de 3'000 sociétés pour 117'500 salariés dans le secteur du négoce ;
- Les fournisseurs de services, exploitation et maintenance: 1'100 établissements pour un effectif salarial de 34'000 personnes.

2.3. Les enjeux en matière de développement durable

Les enjeux en matière de réduction des consommations d'énergie et d'émissions de CO₂ sont :

- Internationaux : réduction par quatre des émissions de CO₂ d'ici 2050 (Nations Unies, 1998),
- Européens : (Commission Européenne, 2008)
 - réduction de 20% des consommations d'énergie,
 - réduction de 20% des émissions de CO₂,
 - 20% d'énergies renouvelables (EnR) en plus en 2020,
- Nationaux (PNAEE, 2011) :
 - La rénovation du parc existant est l'objectif le plus ambitieux avec une réduction de 38% des consommations d'ici 2020,²
 - 400 000 rénovations lourdes* par an sur la période 2013-2020 passant d'une moyenne de consommation d'énergie primaire de 240 à 150 kWh_{ep}/m²/an (*coût supérieur à 25% de la valeur définie réglementairement, du bâtiment hors foncier)³

² Loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programme relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement appelée aussi loi Grenelle 1

³ Loi n°2010-768 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement appelée aussi loi Grenelle 2

Avec un taux de renouvellement du parc (33,3 millions de logements) de moins 1% par année et un temps moyen de décision pour des travaux réduisant les consommations énergétiques entre 10 et 14 mois (ADEME, 2010a), l'inertie du secteur est à prendre en compte.

D'autre part, les fournisseurs d'énergie ont l'obligation de promouvoir des actions contribuant à la réduction des consommations d'énergie avec le dispositif des Certificats d'Économie d'Énergie⁴ dans le cadre de la loi POPE de 2005⁵.

Ainsi, comme nous l'avons souligné, le secteur de la rénovation énergétique des bâtiments se situe à un tournant qui justifie que l'on s'y intéresse.

⁴ Décret n°2010-1664 du 29 décembre 2010 relatif aux certificats d'économies d'énergie

⁵ Loi de Programme fixant les Orientations de la Politique Énergétique n°2005-781, décret n°2010-1664

Section B – Les nœuds technico-économiques rencontrés dans les programmes d'efficacité énergétique dans le secteur bâtiment.

Cette section met en exergue les problèmes soulevés par la question de l'amélioration énergétique des bâtiments. Elle éclaire les limites du marché actuel de la performance énergétique des logements sur plusieurs dimensions :

- Le manque d'offre globale de travaux permettant une réduction significative du besoin énergétique des bâtiments ;
- Les fonctionnements et relations entre les acteurs de la filière les rendent peu enclin à faire évoluer leur modèle économique ;
- L'évaluation d'un projet de travaux de performance énergétique par des méthodes qui pénalisent le choix de solutions ayant des effets importants sur les consommations énergétiques d'un bâtiment (ex : temps de retour sur investissement, méthode coût global simplifié).

1. Le marché de la rénovation énergétique des bâtiments : une offre éparse

Le remplacement d'un « lot » correspond à une action de rénovation pour une seule partie du bâtiment :

- isolation des combles,
- changement des ouvrants,
- isolation des planchers,
- isolation des murs par l'intérieur et/ou l'extérieur,
- mise en place d'une ventilation.

En l'état actuel, le marché de la rénovation énergétique des logements est principalement basé sur le changement d'un seul lot de travaux (89,6%), et la majorité des « deux lots » est constituée par des changements de fenêtres associés aux chaudières n'ayant qu'un effet limité sur la réduction du besoin énergétique du bâtiment (ADEME, 2010a).

Le système de chauffage est également un lot mais ne fait pas partie de l'enveloppe du bâtiment.

En 2008, les travaux ayant un effet sur l'impact énergétique des logements représentaient une dépense d'investissement pour les ménages de l'ordre de 15 milliards d'euros. Les travaux concernant l'isolation du bâtiment avec une forte réduction du besoin énergétique n'en représentait que le quart et moins de 1% pour les travaux d'isolation thermique par l'extérieur (Table 1).

| | Poste de travaux | Année 2006 | % | Année 2008 | % |
|--|------------------|------------|---------------|-------------|---------------|
| Dépenses engagées (en millions d'euros HT) | Ouverture | 5'880 | 14,5 | 5'985 | 14,6 |
| | Chauffage | 3'920 | 9,7 | 5'455 | 13,4 |
| | Intérieur | 1'640 | 4,1 | 2'055 | 5 |
| | Toiture | 1,340 | 3,3 | 1'320 | 3,2 |
| | Façade | | | 280 | 0,7 |
| | Ensemble | | 12'780 | 31,6 | 15'095 |

Table 1 – Segmentation du marché de l'amélioration énergétique par type de travaux (ADEME, 2010a)

Cette réalité s'explique par différents facteurs :

- la difficulté des ménages à supporter des investissements importants pour réaliser une rénovation performante de leur bâtiment (figure 10) ;

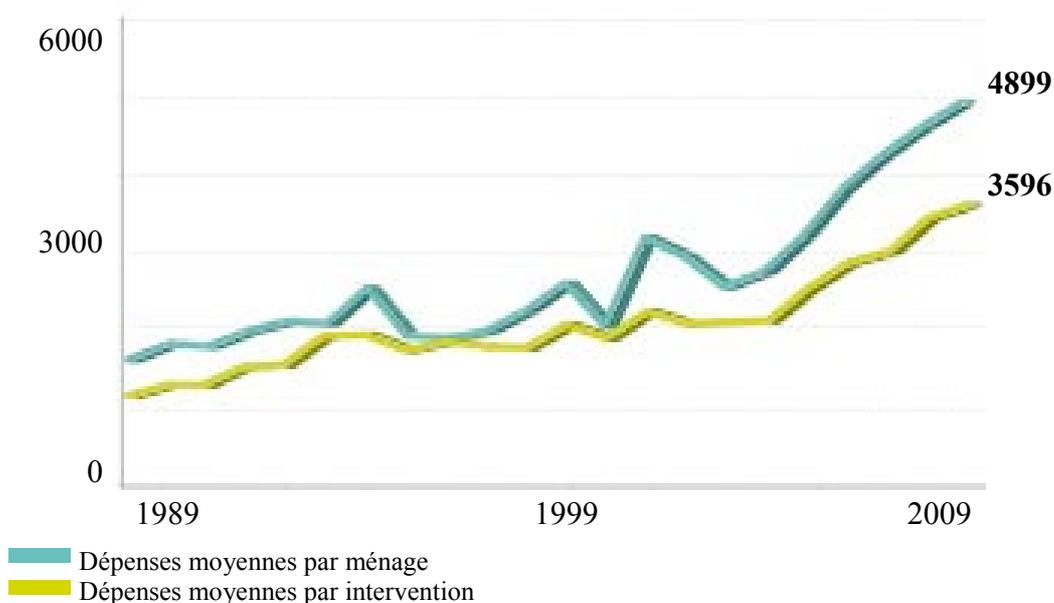


Figure 10 – Coûts moyens TTC par intervention de travaux d'amélioration de la performance énergétique (ADEME, 2010b)

- le manque d'intérêt des entreprises à proposer des offres intégrant plusieurs lots de travaux ;
- la réduction des aides de l'État au soutien du marché de la rénovation (ex : baisse du Crédit d'Impôt Développement Durable, augmentation de la TVA pour les entreprises du bâtiment).

2. Des modèles économiques qui pénalisent la filière

2.1 La filière du bâtiment

Une analyse de la filière de rénovation du bâtiment (figure 11) a été réalisée lors des tables rondes du Grenelle de l'Environnement (PBG, 2009). Quatre systèmes d'acteurs y sont identifiés et correspondent au fonctionnement classique pour le secteur des bâtiments :

- Les maîtres d'ouvrage, commanditaires et gestionnaires,
- Les maîtres d'œuvre, architectes et bureaux d'études,
- Les entreprises et artisans du bâtiment,
- Les fournisseurs de matériels et équipements.

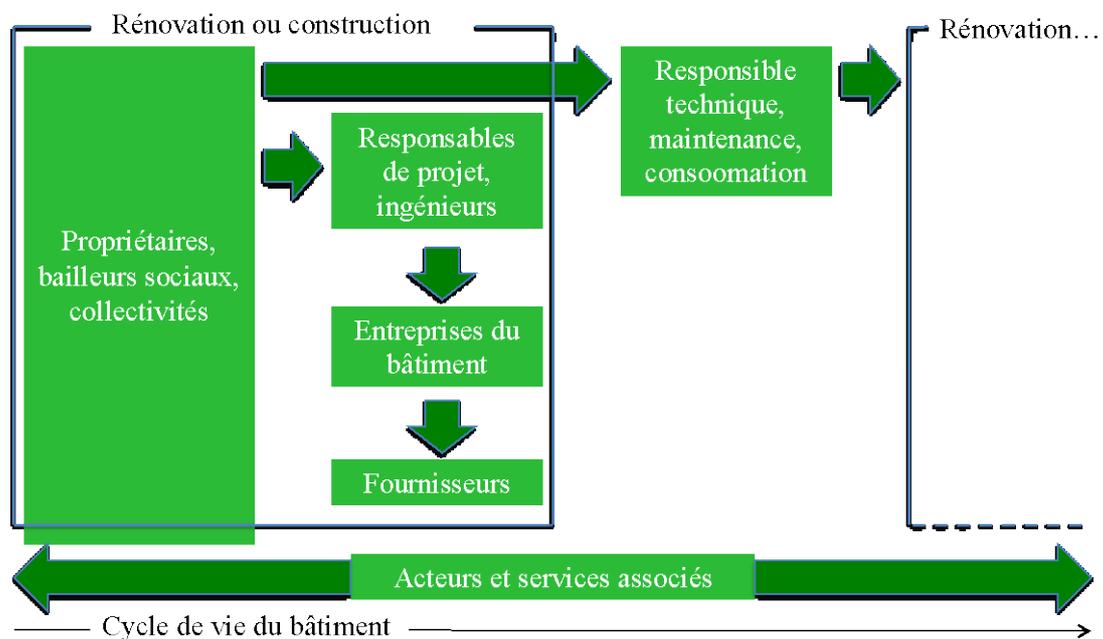


Figure 11 – Filière du bâtiment (PBG, 2009)

La catégorie « acteurs et services associés », dans laquelle une entreprise comme EDF peut être assimilée, vient en support au système d'acteurs de la rénovation. Malgré les interactions importantes tout au long du processus de rénovation, d'exploitation, d'entretien et de maintenance sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, cette catégorie est placée en dehors de ce système telle que présentée dans la figure ci-dessus.

De plus, il faut souligner que le processus de rénovation énergétique n'est pas uniforme, il peut relever :

- D'une volonté d'un maître d'ouvrage de rénover son bâtiment, faisant appel ou non à une maîtrise d'œuvre et/ou assistance à maîtrise d'ouvrage pour

concevoir son projet,

- Des propositions des entreprises et artisans en fonction de leurs compétences et des relations qu'elles entretiennent avec leurs fournisseurs,
- Des tests de performance qui sont parfois réalisés lorsque les projets rentrent dans des démarches de certification (ex : Bâtiment Basse Consommation) mais qui demeurent encore très marginaux dans la rénovation des bâtiments de particuliers, ce qui conduit, de fait, à des modèles économiques pénalisant car la réalisation des travaux par les entreprises se fait sans une réelle prise en compte des actions des autres entreprises engagées, conduisant à des malfaçons qui nuisent à la qualité du résultat.

2.2. Les difficultés des choix rencontrées par les maîtres d'ouvrage

De plus, dans le cas d'un maître d'ouvrage propriétaire occupant, il est seul responsable de ses consommations et doit donc arbitrer entre son confort et sa capacité à financer les investissements à réaliser et les charges associées (ex : facture énergétique, coûts de maintenance).

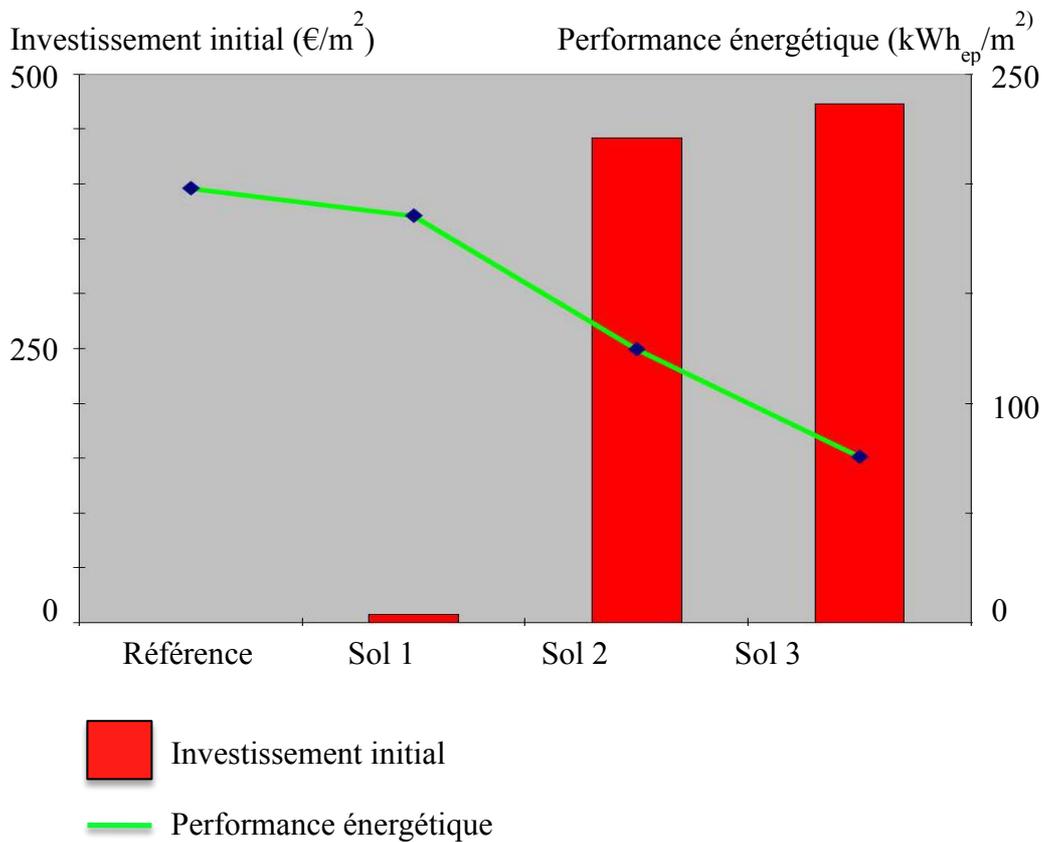
La baisse des aides existantes de l'État et des collectivités ainsi que les prix actuels de l'énergie ne permettent pas de rentabiliser les investissements, malgré l'existence de prêts à taux zéro⁶, sur une durée raisonnable grâce aux seules économies d'énergie réalisées par des travaux de rénovation « multi-lots ». C'est d'autant plus le cas en milieu rural avec une forte présence de forêts, et l'utilisation des affouages permettant de disposer de bois à un tarif très faible comparé aux autres énergies. Ces travaux « multi-lots » vont donc ainsi très peu réduire la facture énergétique destinée au chauffage.

Dans le cas d'un bailleur social, la maîtrise de la facture énergétique de ses occupants lui permet une meilleure garantie du paiement des loyers. Cependant, l'explosion des coûts de maintenance et d'entretien des équipements vient réduire les gains générés par une baisse des consommations énergétiques et oblige à des augmentations de loyers à la limite des tolérances réglementaires rendant constant le niveau de charges pour les occupants.

À titre d'exemple, une comparaison entre trois solutions, pour l'amélioration énergétique d'un collège des années 1970, montre que le temps de retour sur investissement serait proche de 70 ans (Nösperger et al, 2011), pour la solution la plus performante.

La figure suivante (figure 12) illustre cette comparaison en montrant le niveau de performance atteint en fonction de l'investissement engagé sur ce collège.

⁶ Suite au Grenelle de l'environnement, l'État a lancé un dispositif prêts à taux zéro pour les rénovations multi-lots en fonction de critères particuliers, disponibles dans la Loi de finance 2009 n°2008-1425 du 27 décembre 2008



Solution 1 : reparamétrage de la gestion + chaudière à condensation
 Solution 2 : reparamétrage de la gestion + isolation de l'enveloppe
 Solution 3 : solution 2 + pompe à chaleur

Figure 12 – Investissement initial et performance énergétique selon 3 scénarios de travaux (Nösperger et al, 2011)

2.3. Des externalités négatives

Dans ce processus, les entreprises ne font que peu appel à des matériels produits localement car ils sont souvent plus chers pour des niveaux de qualité comparables. Cette logique conduit à une augmentation d'externalités négatives aux niveaux socio-économiques (ex: non développement de filières locales, destruction d'emplois) et environnementaux (ex : augmentation des rejets liés à des circuits de distribution allongés).

Cependant, les entreprises peuvent difficilement être tenues pour seules responsables de ces externalités négatives en ce sens qu'elles agissent également dans une logique de pérennité de leur activité.

Seule l'existence de modes de régulation portés par des dispositifs institutionnels, légitimes et situés territorialement, peut conduire les entreprises à changer leur modèle et prendre en compte ces effets négatifs. On s'aperçoit cependant qu'aucun dispositif institutionnel n'est représenté dans la figure proposée ci-dessus.

Il apparaît donc nécessaire d'intégrer des paramètres supplémentaires dans l'évaluation technico-économique de la performance d'une rénovation énergétique ambitieuse.

Conclusion du Chapitre 1

L'analyse du contexte énergétique en France a mis en exergue l'importance du secteur bâtiment dans les consommations nationales ainsi que sa forte dépendance aux énergies fossiles. Ce constat pointe la nécessité de trouver des solutions pour maîtriser voire réduire ces consommations dans la durée.

En reprenant les taux d'augmentation du parc de 1% par an, on observe que plus de la moitié des bâtiments qui existeront en 2050 existent déjà aujourd'hui et représenteront $\frac{3}{4}$ des consommations d'énergie des bâtiments. Ce constat justifie l'importance de l'effort à consacrer à l'enjeu de la rénovation des bâtiments, ce qui n'empêche pas de maintenir l'effort consenti à la construction des bâtiments neufs (ex : réglementations, matériaux performants, techniques de pose, etc.).

Les bâtiments résidentiels représentent également un enjeu important si on compare leurs consommations à celles des bâtiments tertiaires (hors industrie) mais également en comparant les chiffres d'affaires développés par les filières de ces secteurs et les emplois associés. Le chauffage qui représente près de 75% des consommations du secteur bâtiment oblige à repenser le marché de la rénovation actuelle où les seuls remplacements de fenêtres et de systèmes de chauffage défectueux ne suffisent pas à réduire significativement les consommations énergétiques. Un rapport de l'AIE (Agence Internationale de l'Énergie) de 2011 sur les objectifs français en matière de réduction des consommations énergétiques et d'émissions de CO₂ concluait que : « Malgré les mesures prises, les résultats actuels ne permettront pas d'atteindre les objectifs fixés en 2020 et 2050 ».

Le développement des techniques visant à mieux isoler les bâtiments et à réduire le besoin énergétique doit être favorisé tout en considérant que ces investissements seront lourds à porter pour l'ensemble des acteurs, aussi bien les ménages, que les collectivités et l'État. Comme nous l'avons évoqué précédemment, les calculs économiques traditionnels en temps de retour sur investissement ou coût global ne permettent pas de justifier des investissements importants en matière de réduction massive du besoin énergétique sur les seules économies d'énergies réalisées.

Ce besoin devient de plus en plus pressant au regard des évolutions des prix des énergies et de leur impact sur les ménages conduisant à un phénomène de précarité énergétique de plus en plus fréquent. Pour rappel, près de 3,8 millions de ménages en France dépensent plus de 10% de leurs revenus pour satisfaire leurs besoins énergétiques et rentrent dans ce cadre.

Les problèmes détaillés précédemment éclairent la nécessité de promouvoir des politiques et programmes d'efficacité énergétique favorisant ces travaux de rénovation performants et permettant de répondre à ces enjeux. De nombreux travaux ont déjà été menés dans différents endroits du globe et affichent des résultats plus ou moins significatifs en matière de réduction des consommations énergétiques. Nous proposons d'en faire un état des lieux dans le chapitre suivant.

D'autre part, la mise en œuvre de programmes d'efficacité énergétique qui tiennent compte des spécificités des territoires dans lesquels ils opèrent ainsi que les méthodes d'évaluation des actions d'efficacité énergétique semblent être une question clé pour

permettre aux opérateurs de construire des scénarios compatibles avec leur territoire et de repenser les impacts de ces actions.

Une analyse des travaux portant sur l'évaluation ainsi que la prise en compte de principes de développement durable dans le choix d'actions d'amélioration énergétique est développée dans le chapitre suivant.

Ainsi si nous devons résumer simplement la problématique industrielle et les enjeux auxquels il faut apporter une réponse, nous dirions qu'il s'agit d'apporter un éclairage nouveau à la façon d'évaluer et de gérer la performance globale des bâtiments en respectant les écosystèmes territoriaux auxquels ils appartiennent.

CHAPITRE 2

LE CADRE DE REFERENCE SCIENTIFIQUE DES PROGRAMMES D'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE SECTEUR DU BATIMENT.

Introduction du Chapitre 2

Ce chapitre est structuré en trois sections qui cherchent à éclairer les problèmes soulevés précédemment en les confrontant à l'état des connaissances et des travaux menés dans le domaine de l'amélioration énergétique des bâtiments.

Les difficultés relevées dans le chapitre précédent semblent s'articuler autour de plusieurs champs disciplinaires définis comme suit :

- Les études et travaux sur les programmes d'efficacité énergétique dans l'ensemble des secteurs (ex : transport, bâtiment, industrie, etc.) ;
- Les ouvrages, rapports, publications, conférences autour de la question de l'évaluation des programmes, politiques, actions d'efficacité énergétique. Ce champ étant particulièrement large à traiter, nous nous centrons sur le secteur du bâtiment et en particulier sur les dimensions méthodologiques, économiques et des effets externes de ces programmes d'efficacité énergétique ;
- Les travaux sur le passage de modèles économiques dits « productivistes » à des modèles économiques permettant de considérer les enjeux économiques, sociaux et environnementaux et ne cherchant non pas à vendre un bien d'équipement mais bien une coopération de l'ensemble des acteurs de la filière, du territoire et des bénéficiaires.

Nous concluons ce chapitre sur les leviers, méthodes d'évaluation et les principes de relevant de la conception de programme d'efficacité énergétique situé territorialement.

Section A – Programmes d’efficacité énergétique : présentation et analyse d’expériences internationales, européennes et nationales.

Dans cette section, nous présentons une analyse de quelques expériences de programmes d’efficacité énergétique. Ces programmes se situent à différentes échelles, taille des territoires concernés et lieu géographique, afin d’en présenter une analyse diversifiée :

- Quelques expériences internationales et européennes ;
- Quelques expériences françaises.

Ce choix d’expériences ne prétend pas relater de manière exhaustive la diversité qui existe parmi l’ensemble des programmes actuels ni même de pouvoir relever l’ensemble des composantes qui les définissent.

Il s’agit de mettre en évidence les facteurs clés de succès, les points de blocage et les mécanismes d’évaluation de ces programmes. Pour plus de détails sur ces expériences, on pourra se référer aux travaux de Broc (2006).

1. Analyse d’expériences américaines et européennes

Dans un premier temps, des années 1970 au milieu des années 1990, les programmes sur la demande en énergie étaient conçus avec un objectif de « *resource acquisition* ». Les programmes réalisés visaient à obtenir des économies d’énergie lors de leur réalisation, par la vente et/ou l’installation de matériels performants directement auprès des utilisateurs finaux, et/ou par la promotion de solutions performantes ou bonnes pratiques pour améliorer l’utilisation d’équipements, toujours directement auprès des opérateurs et/ou utilisateurs finaux.

L’objectif des activités était de réduire les appels de pointe dans une optique de gestion de la courbe de charge (*load management*). En 1984, Gellings regroupe l’ensemble des activités sur la demande sous le terme générique de « *Demand-Side Management* » (DSM) ou « Maîtrise de la Demande en Energie » (MDE) (EPRI, 1984).

Cette démarche a ensuite abouti à « *Integrated Resource Planning* » ou Planification Intégrée des Ressources, dans le but d’optimiser les coûts énergétiques (Swisher, 1997) et qui propose de considérer les alternatives d’activités de « Maîtrise de la Demande en Energie » (MDE) au même titre que les projets d’investissements en capacité de production.

Cela traduit l’évolution majeure des approches de planification énergétique consécutive aux chocs pétroliers : « la demande en énergie n’est plus supposée comme une variable externe non maîtrisée mais comme une variable sur laquelle il est possible d’agir » (Gellings, 1996).

Cette évolution a conduit à modifier la manière de satisfaire les besoins en énergie de consommateurs devenus clients. Le produit final n'était alors plus forcément le kWh, mais pouvait être un service rendu ou service énergétique (ex : optimisation d'un système de chauffage). Ce principe a permis l'émergence d'un nouveau secteur d'activité : les « *Energy Services Company* » (ESCO) ou compagnies de services énergétiques, (Vine, 1999).

1.1. Les déterminants de l'expérience Californienne

Comme dit précédemment, les premiers programmes de Maîtrise de la Demande en Énergie avaient pour objectif de simples économies d'énergie et la réduction des appels de pointe. Ces programmes étaient d'avantage orientés sur les consommations d'énergie et peu sur des systèmes de production décentralisés (Vine, 2006).

La qualité de l'évaluation des actions réalisées visant la mise en œuvre de programmes d'efficacité énergétique ambitieux est un des principaux enseignements de l'expérience californienne. Le maintien des engagements financiers dans la durée s'est accompagné d'un renforcement progressif des exigences en termes d'évaluation. Cette étude fait donc le lien entre une évaluation qui doit être menée de manière rigoureuse comme condition de continuité des financements des programmes d'efficacité énergétique.

Le système mis en place en Californie fournit un exemple de dispositif d'évaluation qui a assuré le développement de programmes d'efficacité énergétique.

Les premiers travaux menés dans les années 1980 sur l'analyse coûts/bénéfices ont montré que tous les programmes ne pouvaient être évalués de la même manière.

De plus, les objectifs d'évaluation dépendaient fortement du point de vue adopté par les différentes parties prenantes.

Deux méthodes d'évaluation se confrontaient :

- Les premières techniques étaient surtout basées sur des modèles *ex-ante* et des modèles physiques théoriques. Ces techniques ont montré leurs limites car elles surestimaient généralement les résultats obtenus (ex : gains de consommation, coûts, etc.).
- Il est alors apparu comme nécessaire de renforcer la vérification *ex-post* des résultats réels. Cette méthode a vu émerger un besoin en planification avec, par exemple, la mise en place de "*persistence and retention studies*" (TecMarket Works, 2004) :
 - les études sur la durée de vie effective des actions réalisées ("*persistence studies*") ;
 - les études sur la part d'actions ayant encore des effets après un certain temps ("*retention studies*").

Les premiers programmes de Maîtrise de la Demande en Énergie intervenaient sur plusieurs niveaux:

- Sectorielle : résidentiel, tertiaire, transport... et avec un public défini (ex : ménages, collectivités, etc.) ;
- Technique : avec une association ou non de plusieurs usages de l'énergie (ex : chauffage, éclairage, etc.) et des technologies différentes (ex : pompes à chaleur, Lampe Basse Consommation, etc.) ;
- Énergétique : avec différents sources d'énergie (ex : électricité, fioul, bois, etc.).

La définition des objectifs et l'analyse des résultats se sont peu à peu complexifiées à cause de la nécessité de rendre compte au plus juste des résultats et impacts des programmes d'efficacité énergétique, indispensable pour asseoir la crédibilité de ces programmes, et permettre aux décideurs de définir des politiques cohérentes.

Cela a mené leur évaluation à ne plus se concentrer seulement sur la quantification des impacts finaux, mais aussi à considérer d'autres effets sur les dimensions économiques, sociales et environnementales.

Dans ce contexte, l'analyse de la logique d'intervention est une composante majeure d'un programme de Maîtrise de la Demande en Énergie (MDE) et de son évaluation.

La logique d'intervention est une explication de ce que le programme est censé réaliser et de la façon dont il est censé le réaliser. L'analyse de cette logique et de sa validité permet de mieux comprendre les objectifs, ce qui est une étape importante pour bien cibler l'évaluation (CNE, 1999). Cette analyse est nécessaire pour l'étude de la causalité entre les actions réalisées et les résultats observés.

L'évaluation des programmes d'efficacité énergétique peut être comparée à celle de politiques publiques, car ces programmes sont intrinsèquement liés à l'intervention publique. Ainsi, les objectifs des évaluations sont majoritairement déterminés par les volontés politiques des différents acteurs impliqués dans le programme.

1.1.1. Conditions pour un programme d'efficacité énergétique efficace

L'efficacité d'un programme d'efficacité énergétique est conditionnée par la qualité du dispositif d'évaluation associée. Dans le cas de la Californie, les facteurs clés de succès de ce dispositif d'évaluation sont :

- la continuité : le financement des programmes et des évaluations ainsi que le contexte politique et la recherche d'améliorations ;
- la concertation : elle sous-entend l'implication de l'ensemble des acteurs concernés pour que la mise en œuvre du programme et son évaluation ne soient pas descendantes mais fassent l'objet d'une démarche participative ;
- une mise en place progressive : elle passe par une phase d'apprentissage pour chacun des acteurs, phase qui se poursuit avec des consultations régulières pour améliorer le dispositif au fur et à mesure ;

- la constitution d'un groupe d'experts : il suit l'ensemble du programme et correspond au développement d'un nouveau secteur d'activité et de compétences ;
- un fonctionnement et une structure qui facilitent l'échange et la capitalisation d'expériences.

1.1.2. Les facteurs clés de succès

Dans la continuité de Vine (2006), l'analyse de l'expérience californienne permet de faire ressortir les facteurs clés de succès suivants expliquant la réussite de ce programme :

- une **structure de concertation** où les différents acteurs échangent régulièrement ;
- des **documents** qui fixent les règles principales (ex : les résultats à justifier) et fournissent des démarches à suivre et/ou des recommandations (par ex. comment justifier les résultats) pour la mise en œuvre du programme. De plus, ces documents sont mis à jour régulièrement pour capitaliser les connaissances produites par l'expérience ;
- des **méthodes d'évaluations** structurées sur deux niveaux :
 - des évaluations centralisées pour les résultats standard d'un programme à l'autre (ex : les coûts évités de production d'électricité) ;
 - des évaluations réalisées par chacun des acteurs pour les résultats spécifiques aux programmes (ex : nombre d'actions réalisées) ;
- des **bases de données** qui mettent, à la disposition de tous, l'expérience acquise au fur et à mesure de l'avancement du programme :
 - La base de données des actions et résultats standard permet de réduire les coûts de mise en œuvre et d'évaluation d'un programme. Certains indicateurs sont fixés *ex-ante* à partir d'études réalisées en commun pour tous les acteurs. Cette base de données permet d'éviter de les évaluer à chaque fois, et facilite la comparaison entre les programmes.
 - La base de données des principales actions et principaux résultats spécifiques, classés par type de programme permet à la fois aux gestionnaires et/ou porteurs du programme d'estimer *ex-ante* les impacts de leurs futures actions (en se basant sur les retours d'expériences existants), et d'évaluer les résultats *ex-post* avec les autres références acquises. Car ces valeurs *ex-ante* ne dispensent pas de l'évaluation *ex-post* pour vérifier les résultats obtenus et mesurer les éventuels écarts.
 - La base de données des rapports d'évaluation garantit la transparence du dispositif, puisque les évaluations réalisées sont disponibles à tous. Ces rapports constituent une ressource supplémentaire pour la capitalisation d'expériences.

1.2. Analyse d'expériences européennes

On retrouve une analyse détaillée des programmes d'efficacité énergétique européens et de Maîtrise de la Demande en Énergie dans les travaux d'Irrek (2002). Cette analyse fait apparaître deux choses :

- La variabilité des contextes nationaux selon le niveau d'objectifs et de résultats générés par ces programmes ;
- Les différences de résultats et de retour d'informations selon les pays.

L'Annexe A.2.1 des travaux de Broc (2006) présente les contextes et les activités de Maîtrise de la Demande en Énergie en Europe.

Nous en résumons ici les principales conclusions concernant le lien entre les approches choisies pour les activités et les cadres d'évaluation mis en place.

1.2.1. L'obligation de moyens et l'obligation de résultats

L'obligation de moyens

Deux cas de figure sont à distinguer pour la logique d'obligation de moyens :

- L'obligation est directe : les acteurs « obligés » doivent utiliser une partie de leurs revenus pour réaliser ou accompagner des programmes d'efficacité énergétique (cas du Royaume-Uni de 1994 à 2002).
- L'obligation est indirecte : par exemple, un prélèvement obligatoire sur les ventes d'énergie qui va alimenter un fonds finançant des programmes d'efficacité énergétique (cas du Danemark).

Dans les deux cas, l'évaluation doit répondre à deux objectifs :

- L'organisme en charge de faire appliquer l'obligation doit pouvoir justifier de la légitimité de cette obligation ;
- Les organismes réalisant les programmes rendent compte de la manière dont ils ont utilisé les moyens mis en œuvre.

Le travail d'évaluation est donc ici porté par deux catégories d'acteurs.

Un système d'obligation implique la mise en place d'un dispositif pour enregistrer les actions réalisées. Ainsi ces expériences sont plus documentées et il est plus facile d'évaluer leurs résultats et leur efficacité.

Enfin, la validation des actions réalisées peut prendre diverses formes mais comprend au moins un contrôle ex-post minimum (ex : pièces justificatives à joindre au dossier).

L'obligation de résultats

La logique d'obligation de résultats ne diffère pas tant de celle d'obligation de moyens. La contrainte ne porte pas sur les moyens mis en œuvre, elle définit la performance à atteindre.

Pour être possible et efficace, ce système doit être défini en concertation avec les acteurs en capacité de fournir cette performance et/ou de participer à sa mise en œuvre.

En ce qui concerne l'évaluation, le dispositif global de validation et/ou certification des résultats est similaire à celui d'une obligation de moyens. Seules les méthodes d'évaluation *ex-ante* et *ex-post* se retrouvent renforcées.

- Des méthodes *ex-ante* longues à mener sont nécessaires en cas de garantie de la performance par un acteur obligé ;
- La composante *ex-post* est souvent plus importante également. Le système incite de fait les obligés à réaliser leurs propres évaluations avec pour objectif de rechercher la meilleure rentabilité, aussi bien en termes de types d'actions à choisir, que de manières de les réaliser. Un tel système implique la transparence des méthodes utilisées pour quantifier les résultats et leur assurer une meilleure crédibilité et acceptation par les parties prenantes.

1.2.2. L'importance des contextes nationaux

Les études sur l'efficacité des programmes de Maîtrise de la Demande en Énergie menées (Irrek, 2002) et sur la manière de les évaluer (Lees, 2005 ; Johansen, 1995) ont montré l'importance des contextes nationaux.

Il ressort que l'approche utilisée pour l'évaluation est fortement influencée par le type de politique d'action mis en œuvre, et réciproquement. En effet, les retours d'expérience montrent deux choses :

- Les programmes d'efficacité énergétique avec les meilleurs résultats proviennent des pays ayant appliqué une politique contraignante (obligations de moyens ou de résultats).
- L'application réelle de ces obligations n'est possible que s'il existe un dispositif minimum de suivi et d'évaluation des programmes réalisés.

De fait, les pays pris aujourd'hui comme référence (par ex. Danemark, Autriche, Royaume-Uni) ont suivi un processus d'amélioration continue et itératif (figure 13) :

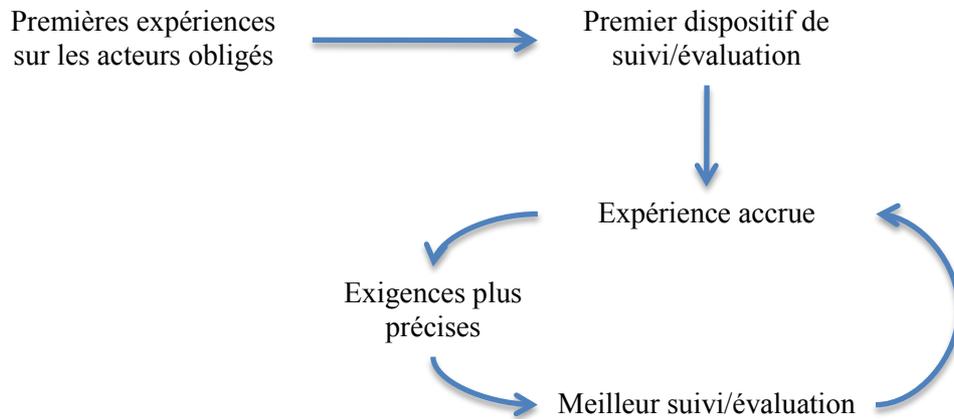


Figure 13 – Progression itérative des exigences et dispositif de suivi et évaluation (Broc, 2006)

À titre d'exemple, le Danemark a d'abord développé une approche des activités de MDE basée sur le modèle américain, avec notamment l'application de l'*Integrated Resource Planning* au début des années 1990. Deux éléments permettent de comprendre le système Danois :

- Les compagnies de distribution assurent la facturation et portent la responsabilité devant le consommateur final ;
- Ces compagnies appliquent le système « ni-profit, ni-perte » pour réguler leurs tarifs.

La production et la fourniture d'électricité ont ensuite été ouvertes à la concurrence, mais la distribution est restée régulée. Ce dispositif a permis de conserver un modèle de programme de Maîtrise de la Demande en Énergie réglementé, puisque les obligations portent sur les compagnies de distribution restées sous le contrôle des autorités de régulation.

Nous proposons un résumé des principales conclusions de l'étude de ce programme :

- L'évaluation n'est pas une question qui se règle de manière définitive, c'est une problématique qui évolue dans le temps. Un des points clés du succès du dispositif danois est qu'il s'est mis en place progressivement en suivant un processus d'amélioration continue grâce à une bonne capitalisation des expériences (ex : outils ENIBASE ou SAVEx). Ces outils ont ensuite été améliorés et continuent de l'être pour optimiser le rapport « valeurs et utilité des résultats obtenus / coûts d'évaluation » ;
- La mise en œuvre de programmes de MDE et leur évaluation représentent de véritables secteurs d'activité professionnelle. Une professionnalisation des acteurs est assurée par un service de formations et d'expertise spécialisés dans ce domaine, auprès d'organismes mettant en œuvre les programmes, et également avec des consultants indépendants qui réalisent ces évaluations ;
- Un programme de MDE et un dispositif d'évaluation efficace doit combiner un

cadre réglementaire clair, une bonne coordination des acteurs, des outils communs de mise en œuvre, et être utile à ceux qui l'alimentent. Toutes ces conditions permettent d'aboutir à une évaluation systématique des programmes, avec en continu, un processus itératif d'amélioration entre les phases de planification des actions du programme et l'évaluation de leurs impacts. D'autre part, il est essentiel que l'évaluation soit adaptée aux besoins et partagée avec les acteurs concernés. Sinon l'évaluation reste perçue négativement comme un contrôle contraignant, et perd sa dimension positive formative ;

- Les méthodes d'évaluation doivent chercher à améliorer le rapport entre les résultats et les coûts d'évaluation.

2. Inventaire d'opérations locales d'efficacité énergétique en France

2.1. Les programmes d'efficacité énergétique en France

Les projets de planification de politiques énergétiques régionales suite à la première vague de décentralisation du début des années 1980 n'ont au final pu être mises en pratique comme elles avaient été conçues.

Depuis le début des années 2000, ces politiques émergent de nouveau sous l'effet de plusieurs éléments :

- Le processus de concertation régionale initié par le Schéma de Services Collectifs de l'Énergie en 2000-2001 a conduit dans certaines régions à la constitution d'un Observatoire Régionale de l'Énergie et à la réalisation de bilans énergétiques régionaux ou de planification énergétique régionale ;
- La mise à contribution des collectivités locales, notamment suite aux travaux menés par le Grenelle de l'Environnement dans les politiques de lutte contre les changements climatiques, avec notamment les incitations aux approches territoriales comme les « Plans Climat Territoriaux ».

Bernard Bourges (2003) a réalisé pour l'ADEME une analyse ciblée sur les programmes d'efficacité énergétique et de leurs outils d'évaluation quantitative afin de définir un programme de planification énergétique locale. Ce travail avait notamment pour objectif d'étudier les déterminants de l'expérience du programme ALEP (*Advanced Local Energy Planning*) de l'AIE (Agence Internationale de l'Énergie) dans le contexte français.

Le programme ALEP visait à « *tester, compléter et diffuser une méthodologie de planification du système énergétique local développée pour la ville de Göteborg au début des années 90* ». Cette approche, basée sur le logiciel Markal « *permet d'optimiser en coût global sous contraintes un système énergétique complexe. (...) Il est très flexible et offre des résultats très riches mais présente les inconvénients de ses avantages : complexe, relativement peu convivial, gourmand en données, coûteux.* » (Bourges, 2003)

Il a par ailleurs analysé les expériences de deux collectivités locales françaises qui ont

cherché à formaliser une approche territoriale de l'efficacité énergétique : la Région Nord Pas de Calais et l'agglomération grenobloise.

Ces études de cas mettent en évidence la question de l'accès aux données comme une difficulté centrale à la mise en œuvre de planification énergétique locale, et le souhait d'agir avant tout de manière concrète. D'où la préférence au développement des énergies renouvelables (EnR), aux réalisations plus rapides et perceptibles par rapport aux actions de MDE, souvent plus complexes à mettre en œuvre et qui appellent des logiques de plus long terme.

Au final, cette étude a permis de mieux identifier, comprendre et hiérarchiser les besoins pour le développement de programmes énergétiques locaux :

- La réalisation de bilans énergétiques doit être envisagée comme un processus progressif qui ne doit pas absorber tous les moyens : une étude d'un nombre limité d'indicateurs est suffisante pour aider à la définition d'un premier plan d'action, qui doit ensuite s'accompagner d'un affinement du suivi et de la connaissance de la situation énergétique locale ;
- La pratique de l'évaluation *ex-ante* à buts prospectifs pour évaluer des potentiels est assez courante, mais doit s'enrichir d'une vision globale du projet et améliorer la qualité de ces estimations en utilisant les retours des expériences réalisées ;
- L'évaluation *ex-post* reste peu pratiquée alors qu'elle est un enjeu majeur au développement de plans d'action, que ce soit pour connaître les résultats réels ou pour améliorer les actions futures. Le développement d'outils pour améliorer les pratiques d'évaluation *ex-post* est donc apparu comme un des besoins prioritaires, en lien avec les questions de système d'information.

2.2. Analyse d'une expérience dans la région Poitou-Charentes

Franck Trouslot a réalisé au début des années 1990 une thèse au sein de l'ADEME Poitou-Charentes sur l'analyse et l'évaluation des politiques de maîtrise de l'énergie dans la région Poitou-Charentes sur la période 1976 à 1993, comme un exemple d'évaluation des actions publiques à l'échelle territoriale (Trouslot, 1995). Affiliée au domaine des sciences économiques, cette thèse traitait d'une approche méthodologique de l'évaluation pour en confronter les approches classiques et proposer des améliorations.

Elle fournit un éclairage très intéressant sur l'analyse des programmes d'efficacité énergétique et de la place de l'évaluation dans le développement de politiques énergétiques locales, et sur son utilisation par les différents acteurs.

La confrontation des concepts d'évaluation à un cas concret, renforcée par la réalisation de l'évaluation au sein même de l'ADEME Poitou-Charentes, permet de croiser approches méthodologiques et pragmatiques et donne toute son originalité à cette thèse.

Les principaux enseignements que nous pouvons identifier sur les méthodes

d'évaluation au niveau local sont :

- L'utilité des résultats fournis par l'évaluation dépend des techniques d'analyse, mais surtout de la qualité et de la diversité des informations collectées et utilisées. L'implication des acteurs dans le processus d'évaluation, des moyens de collecte (systèmes d'information) et de la confrontation des points de vue sont autant de facteurs déterminants ;
- L'évaluation ne doit pas se résumer à un exercice purement technique, mais doit pouvoir fournir une analyse critique des résultats présentés, en prenant en compte les points de vue des différents acteurs concernés et en les relativisant (comparaison avec des références, analyse des incertitudes associées aux résultats) ;
- Sans une analyse critique, l'évaluation ne peut jouer son rôle d'aide à la décision et reste d'une utilité limitée. Elle est vue, soit comme un outil de communication par un seul ou un groupe d'acteurs, soit comme une procédure administrative sans valeur ajoutée ;
- L'amélioration des actions du programme et des méthodes d'évaluation ne se résume pas à développer des outils de traitement de données de plus en plus sophistiqués. D'une part, car leurs résultats dépendront toujours en premier lieu de la qualité des données d'entrées. D'autre part, parce que leurs résultats doivent pouvoir être compris clairement par les destinataires de l'évaluation ;
- Un contrôle *ex-post* des données est nécessaire, ainsi que la définition de règles claires pour les référentiels d'évaluation :
 - l'évaluation doit fournir des résultats sous une forme synthétique et ne pas noyer le destinataire de l'évaluation sous un flot d'informations ;
 - l'évaluation est un champ interdisciplinaire, et le métier d'évaluateur doit évoluer en ce sens.

La thèse de Trouslot apporte aussi des éléments sur la dimension locale des programmes d'efficacité énergétique et de leurs déterminants :

- Le niveau local de l'action et de ses modalités s'adaptent mieux aux besoins des différents publics visés. La proximité permet de mieux comprendre les difficultés rencontrées et d'y apporter des solutions ;
- Le niveau local peut être un lieu important pour le développement d'initiatives et la création de nouvelles approches pour les actions de programmes de MDE ;
- Les jeux d'acteurs locaux sont déterminants dans la compréhension des logiques d'intervention au niveau local ;
- « *L'efficience de l'action régionale doit se trouver dans sa connaissance et sa capacité à mobiliser les acteurs* » (Trouslot, 1995).

Son travail ainsi que celui de Broc (2006) font aussi ressortir les difficultés à pratiquer l'évaluation et à l'intégrer dans les processus de décision, qui peuvent se résumer sous la forme d'un cercle vicieux (figure 14).

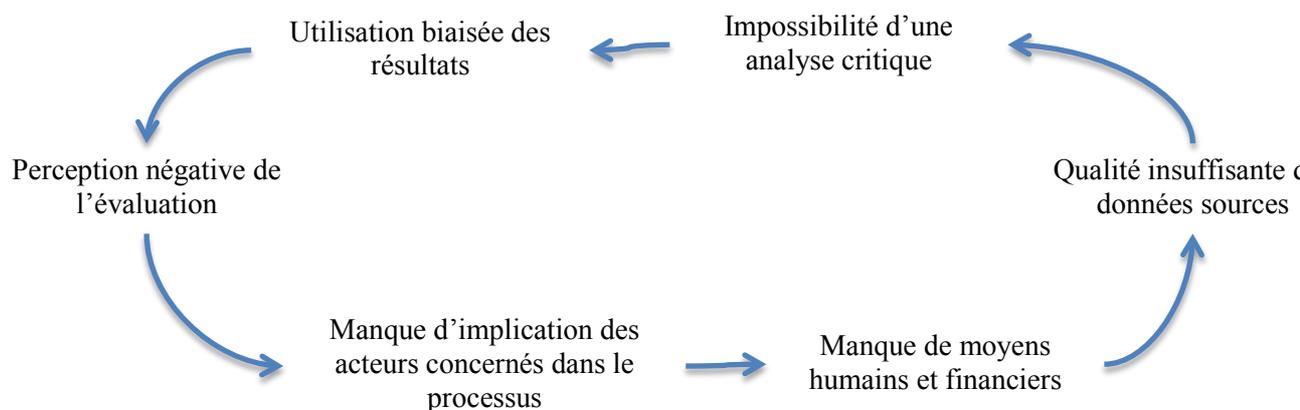


Figure 14 – Cercle vicieux des barrières à une pratique effective de l'évaluation (Trousnot, 1995)

2.3. L'émergence des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) dans les programmes d'efficacité énergétique

Une autre piste de recherche développée consiste à utiliser de nouveaux outils de SIG (Systèmes d'Information Géographique) pour les programmes de MDE.

Le Groupe Télédétection et Modélisation du Centre d'Energétique et des Procédés de l'Ecole des Mines de Paris a réalisé à ce sujet une étude pour les services de l'ADEME (ARMINES, 2002). Ce travail avait pour but de faire un état des lieux des SIG dans les projets des collectivités locales et de faire des propositions pour intégrer cette dimension dans ces démarches.

Il permet en outre une analyse des apports potentiels des SIG à des logiques de planification énergétique locale, notamment :

- L'analyse spatiale des usages finaux pour rendre compte des consommations et cibler les zones d'interventions prioritaires ;
- L'aide à la préparation, mise en œuvre et suivi de plans d'action en repérant les lieux où les actions doivent être réalisées. Une meilleure planification est favorisée ;
- L'intégration d'informations géographiques pour évaluer les coûts d'accès aux réseaux, suivre les schémas d'aménagement des réseaux, connaître les impacts réels d'actions ciblées sur le réseau.

Les gestionnaires de réseau et les autorités concédantes s'intéressent de plus en plus aux potentialités des SIG, dans une logique d'optimisation de leurs activités et de leurs politiques d'investissements.

Une approche géographique de la Maîtrise de la Demande en Électricité utilisant ces outils a par ailleurs été développée par le CIRED (Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement) pour repérer les zones favorables à des actions de MDE en territoires ruraux (Hilal et al, 2005).

Section B – Les scénarios énergétiques : une dimension de l'évaluation des programmes d'efficacité énergétique.

Suite à la section précédente qui a montré l'importance des dispositifs d'évaluation dans la mise en œuvre de programmes d'efficacité énergétique efficace, nous abordons, dans cette section, la dimension technico-économique de ces dispositifs d'évaluation présentés dans la littérature scientifique. Nous focalisons sur plusieurs dimensions de l'évaluation permettant d'éclairer le problème de création de scénario énergétique pour un territoire rural :

- Les méthodes d'évaluation et notamment les méthodes ascendantes et descendantes menées *ex-ante* et *ex-post* ;
- Les facteurs d'ajustement des évaluations menées *ex-ante* ;
- L'évaluation des coûts des économies d'énergie réalisées ;
- L'évaluation des bénéfices non énergétiques et l'analyse globale des impacts d'un programme d'efficacité énergétique.

1. Les différents types et méthodes de l'évaluation

La présentation du cas de la Californie a montré qu'après le premier choc pétrolier de 1973, le développement de programmes d'efficacité énergétique avec des méthodes d'évaluation permettait de déterminer le coût unitaire des économies d'énergie par rapport aux coûts d'investissement de systèmes de production d'énergie. Des protocoles d'évaluation ont ainsi été développés dont le protocole IPMVP (*International Performance Measurement and Verification Protocol*) au milieu des années 1990 par le département de l'énergie américain (Meyers, 2008).

Plusieurs études sur des programmes menées dans différents pays ont mis en exergue également le souhait de développer des méthodes d'évaluation des effets de ces programmes (Aries, 2008 ; Hill, 2010 ; Mirza, 2011). On trouve des travaux qui soulignent des différences importantes des coûts entre différents programmes et qui attestent de la difficulté que pose l'évaluation des économies d'énergie et, à fortiori des externalités, produites par ces programmes d'efficacité énergétique (Arimura, 2009 ; Gillingham, 2009).

L'évaluation des économies d'énergie générées par un programme peut être de différente nature selon qu'elle concerne :

- Une action unitaire d'efficacité énergétique (ex : remplacement d'un système de chauffage défaillant) ;
- Un programme d'efficacité énergétique regroupant l'ensemble des actions unitaires produites. Cette évaluation peut prendre en compte différentes dimensions selon le périmètre d'acteurs et parties prenantes engagées dans

l'évaluation ainsi qu'une estimation des facteurs d'ajustement (ex : effet rebond, persistance, etc.) favorisant une prise en compte d'impacts (ex : Négawatt) plus ou moins larges générés par le programme ;

- Une politique d'efficacité énergétique (ex : Eco Prêt Taux Zéro, crédit d'impôt, etc.) menée généralement par un acteur institutionnel intéressé par les effets sociétaux de la mesure évaluée.

La question de l'évaluation concerne donc différents champs d'investigation (technique, fiscal, réglementaire, économique) tout en prenant en compte qu'une action d'efficacité énergétique réalisée par un propriétaire peut avoir été initiée sans qu'elle ne résulte d'un programme d'efficacité énergétique.

1.1. Les types d'évaluation

Une évaluation dite complète ne peut uniquement prendre en compte les économies générées et les investissements pour analyser les effets d'un programme d'efficacité énergétique (figure 15). Il convient donc de tenir compte :

- Des économies d'énergies : brutes, nettes incluant les effets d'ajustement, la persistance de ces économies dans le temps ;
- Des coûts : directs, de mise en œuvre du programme, de production, etc. ;
- Des impacts ou externalités : environnementaux (ex : CO₂ évités), sociaux (ex : emplois), immatériels (ex : bien-être) ;
- Des processus : contexte, reproductibilité, acteurs, différence entre évaluation *ex-ante* et *ex-post* ;

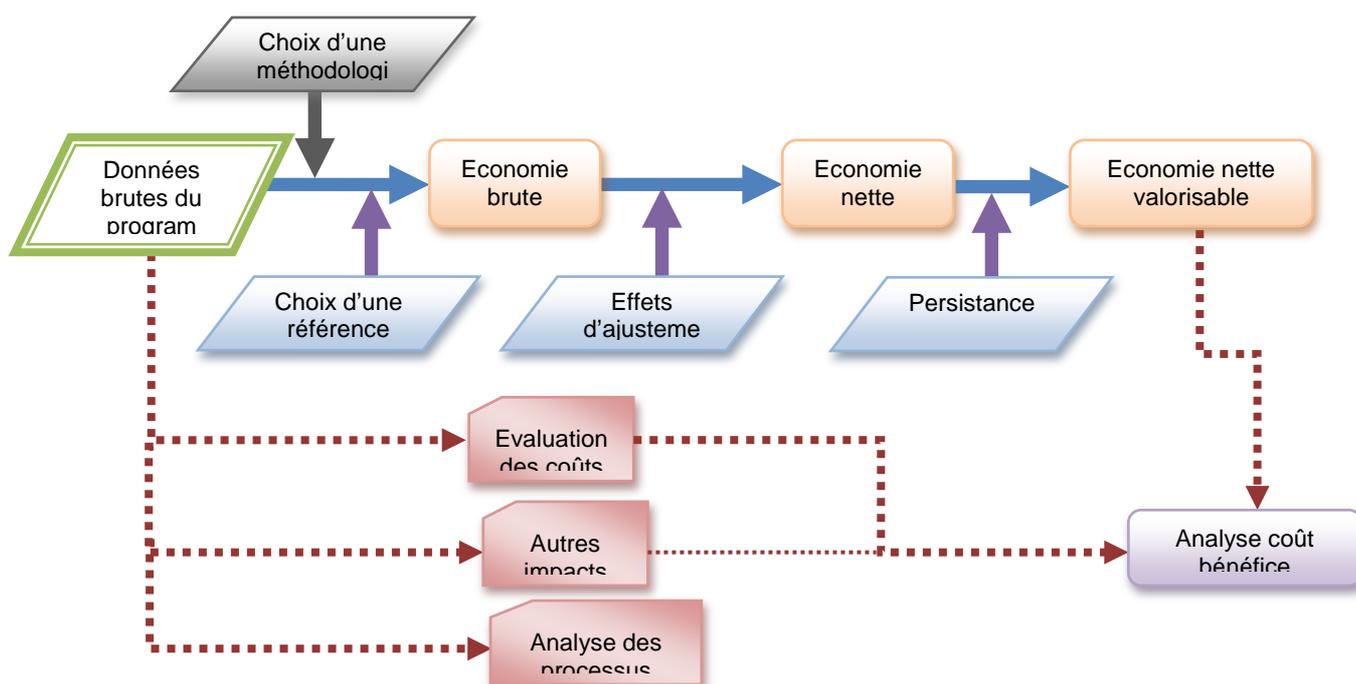


Figure 15 – Schéma de l'évaluation d'un programme d'efficacité énergétique (EDF R&D, 2010)

L'évaluation des économies d'énergies relève de différentes approches selon le moment où l'on se situe par rapport à l'action (avant/après) et l'échelle à laquelle se situe l'action (opération unique/territoire).

Elle peut donc être réalisée soit à partir de sources agrégées (*top-down*) ou détaillées (*bottom-up*), avant (*ex-ante*) ou après (*ex-post*) l'action. Voici quelques exemples d'utilisation d'approches selon la nature du programme d'efficacité énergétique évaluée (figure 16).

| | | |
|----------------|--|---|
| | <i>top-down</i> | |
| <i>ex-ante</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Scénario énergétique • Conception d'objectifs globaux • Conception d'un programme énergétique | <ul style="list-style-type: none"> • Indicateur d'efficacité énergétique • Intensité énergétique • Efficacité d'une politique énergétique <i>ex-post</i> |
| | | |
| | <i>bottom-up</i> | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Certificat d'Économies d'Énergie • Scénario sectoriel • Conception d'une politique énergétique | <ul style="list-style-type: none"> • Contrat de Performance Énergétique • IPMVP |

Figure 16 – Exemples d'utilisation de méthodes d'évaluation (EDF R&D, 2010)

1.1.1. Les évaluations *top-down* et *bottom-up*

La Commission Européenne propose la définition suivante de ces deux méthodes (source : EPC, 2006) :

- La méthode *top-down* : « dans le cadre d'une méthode de calcul ascendante, les économies d'énergie réalisées grâce à la mise en œuvre d'une mesure spécifique visant à améliorer l'efficacité énergétique sont mesurées en kilowattheures (kWh), en joules (J) ou en kilogrammes équivalent pétrole (kgep) et ajoutées aux économies d'énergie résultant d'autres mesures spécifiques visant à l'amélioration de l'efficacité énergétique ».

Cette méthode est généralement basée sur des études statistiques nationales (ex : INSEE, Recensement Général des Populations) des évolutions de consommations moyens de l'énergie en fonction des usages.

Différents effets sont cependant à prendre en compte pour différencier les économies brutes des économies d'énergie nettes réalisées par le programme d'efficacité énergétique (figure 17).

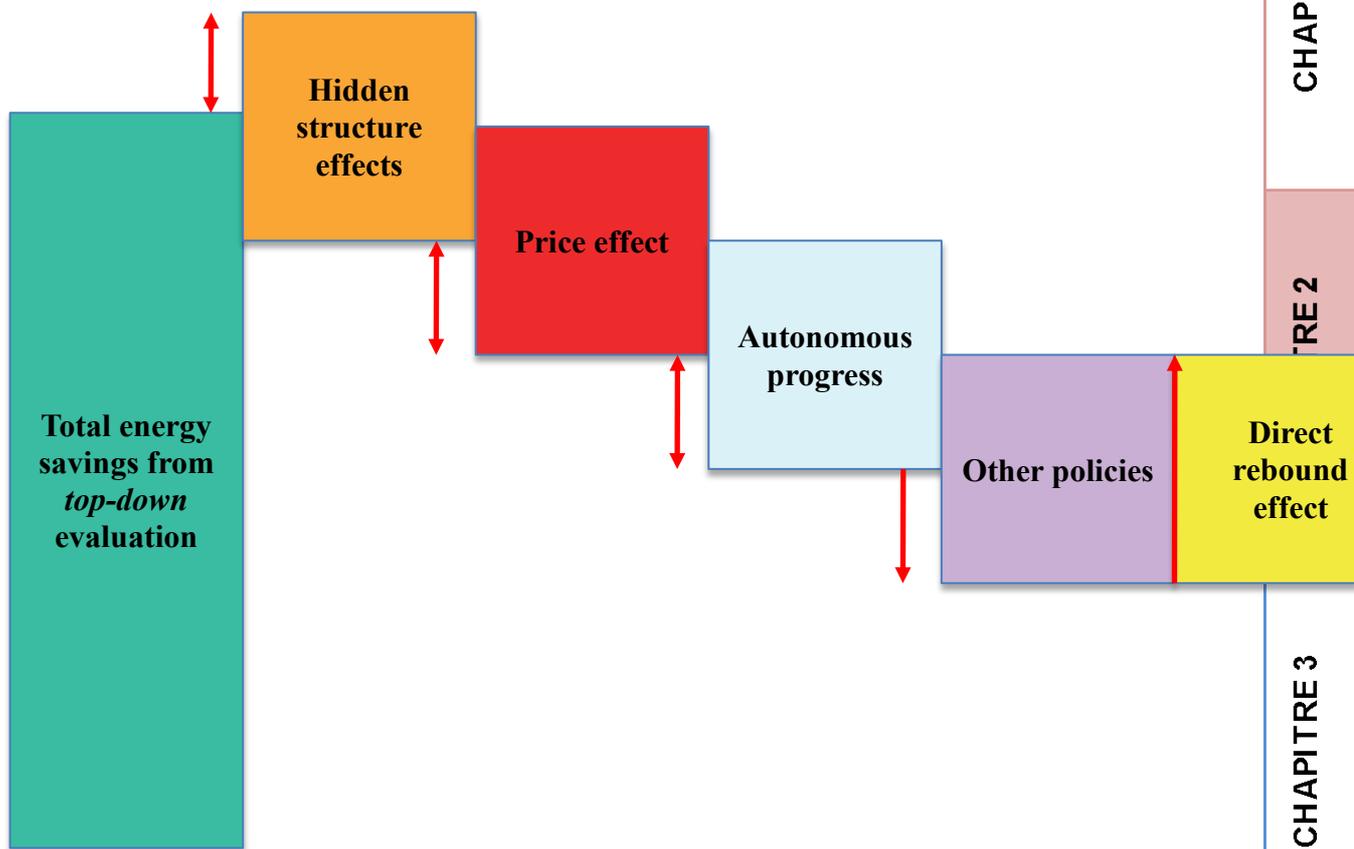


Figure 17 – Effets à déduire dans une analyse top-down (Bosseboeuf, 2009)

- La méthode *bottom-up* : « dans le cadre d'une méthode de calcul descendante, la quantité d'énergie économisée est calculée à partir des économies d'énergie réalisées au niveau national ou à un niveau sectoriel agrégé de manière plus large. Les données annuelles sont ensuite ajustées afin de tenir compte de facteurs externes tels que les degrés-jours, les changements structurels, la gamme de produits, etc., pour obtenir un résultat reflétant fidèlement l'amélioration totale de l'efficacité énergétique... » (Bosseboeuf, 2009).

On retrouve cette méthode dans le dispositif des Certificats d'Économies d'Énergie, notamment dans le secteur bâtiment, en comptabilisant les actions d'efficacité énergétique mises en œuvre. Cependant, elles ne concernent pas l'ensemble des actions réalisées. Une méthode qui prendrait en compte l'ensemble des données détaillées reviendrait à générer des coûts d'évaluation très importants qui peuvent être en décalage avec le périmètre du programme évalué.

1.1.2. Les évaluations *ex-ante* et *ex-post*

L'évaluation *ex-ante* correspond à une estimation *a priori*, c'est-à-dire prospective, des économies d'énergie, et l'évaluation *ex-post* à une approche *a posteriori* ou rétrospective. Deux méthodes qui se distinguent selon le moment où l'on se situe par rapport à l'action :

- Les méthodes *ex-ante* consistent à anticiper les économies potentielles d'un geste d'efficacité énergétique ou d'une mesure sur la base de calculs technique ou économique. Globalement, les évaluations *ex-ante* sont moins coûteuses mais supposent de disposer de données statistiques sur les usages considérés, ou de disposer des compétences pour modéliser les usages étudiés. On retrouve quelques études dans le secteur du bâtiment et notamment dans le résidentiel (Bertholet, 2010 ; Suerkemper, 2011) ;
- Les méthodologies *ex-post* se basent généralement sur une évaluation à partir de données réelles du programme reposant soit sur une mesure avant/après des consommations d'énergie, soit sur une évolution d'indicateurs antérieure et postérieure à l'action. Les analyses *ex-post* sont supposées plus précises car on mesure les économies d'énergie selon une approche avant/après ou en comparaison avec un échantillon témoin. Ces comparaisons, qui supposent que le service énergétique rendu soit bien le même, sont plutôt utilisées dans les secteurs du tertiaire et de l'industrie, par exemple dans le cadre de contrats de performance énergétique. Même si leur application au secteur résidentiel est peu répandue, on trouve de nombreux travaux utilisant cette approche.

Des auteurs ont ainsi calculé, à partir de données de consommation d'énergie du secteur résidentiel, que les gains réalisés par l'isolation du logement étaient de l'ordre de 10% des consommations initiales de chauffage, alors que les études disponibles, basées sur des analyses *ex-ante*, annonçaient des économies de plus de 50%. Cet écart important pour des actions d'isolation, peut être retrouvé dans d'autres travaux et expliqué notamment par un gain en confort important mais également par des calculs *ex-ante* trop simplifiés (CAS, 2010 ; Hong, 2006 ; Metcalf, 1999).

1.1.3. La situation de référence

Plusieurs types de références sont possibles pour mesurer la performance énergétique d'un équipement (figure) :

- en référence au stock : on compare la performance énergétique d'un nouvel équipement à celle de la moyenne des équipements actuellement utilisés pour le même usage,
- en référence au flux : on compare la performance énergétique d'un nouvel équipement à celle de la moyenne des équipements vendus annuellement sur le marché pour le même usage.

Lorsqu'un investissement dans un équipement performant est engagé dans l'intention d'économiser de l'énergie et sur une durée de vie longue, c'est la référence au stock qui est préconisée.

Par ailleurs, pour un programme d'efficacité énergétique se déroulant sur plusieurs années, le choix d'une référence statique, définie une fois pour toute, ou bien dynamique, c'est-à-dire évoluant au cours du déroulement du programme, est également à considérer. On peut donc dans ce cas parler d'économies d'énergie respectivement totales ou additionnelles (figure).

La différence entre la situation de référence, notamment avec une référence statique, et celle observée dans la réalité, permet de déterminer les économies brutes et qu'il conviendra d'appliquer des facteurs correctifs pour estimer les gains nets (figure 18).

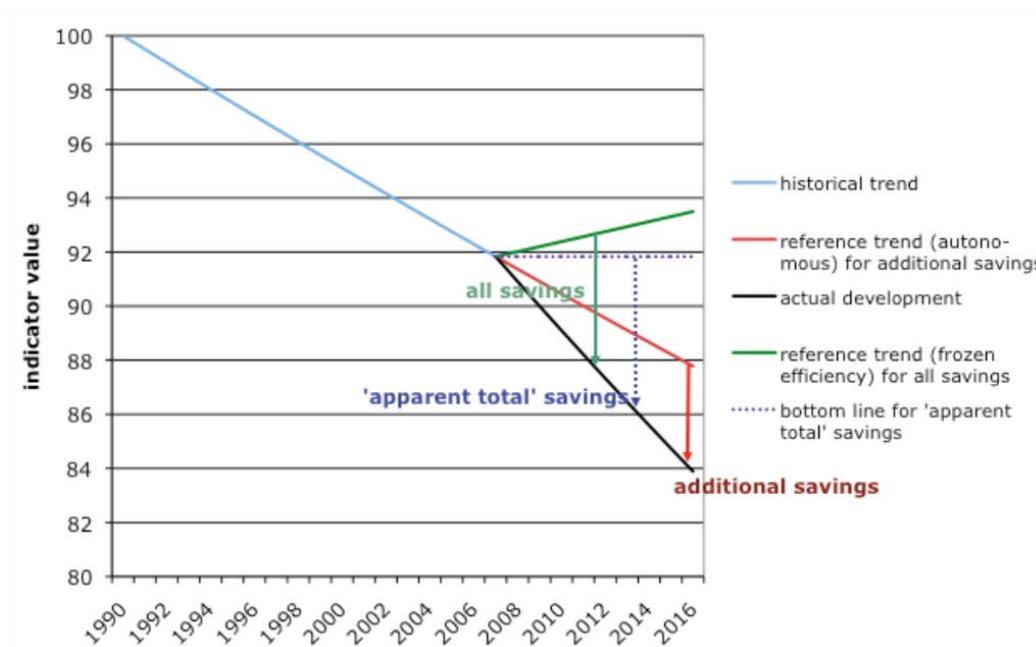


Figure 18 – Influence de la référence sur les économies d'énergie estimées (Thomas, 2010)

1.2. Les facteurs d'ajustement

Des facteurs, tels que le prix des énergies ou le comportement des utilisateurs, ont également un impact sur les évolutions des consommations et doivent être pris en compte dans l'évaluation.

Il convient de présenter l'ensemble des effets modifiant les consommations énergétiques, en incluant ceux qui ne sont pas liés à l'efficacité énergétique. Ces facteurs d'ajustement doivent être clairement identifiés et quantifiés (Reichl, 2010) afin de pouvoir attribuer les gains énergétiques imputables aux actions définies dans le cadre du programme d'efficacité énergétique évalué.

D'un point de vue économique, les facteurs d'ajustement peuvent être regroupés en deux catégories : (Cooremans, 2011 ; Sullivan, 2009 ; Tversky, 1981)

- Les comportements des consommateurs, conduits par des choix individuels qui ne correspondent souvent pas à la maximisation de l'utilité économique. En effet, de nombreuses études ont pu mettre en évidence que les consommateurs n'adoptent en général pas un comportement économique rationnel, au sens de l'*homo aeconomicus*⁷, c'est-à-dire que d'autres considérations non économiques exercent une influence importante sur leurs décisions de consommation ;

⁷ Représentation théorique du comportement humain qui considère l'Homme comme un agent rationnel.

- Les mouvements du marché qui bloquent une allocation optimale des ressources avec notamment la présence d'externalités négatives ou coûts externes, l'existence d'asymétrie d'information ou de contrainte de crédit pour l'investissement.

1.2.1. Effet rebond et intensité d'usage

De nombreux travaux sont menés depuis des années sur l'analyse du confort dans des bâtiments tertiaire et résidentiel (Moezzi et Lutzenhiser, 2010 ; Commission Européenne, 2009). On s'aperçoit qu'en dépit des efforts réalisés pour une rénovation énergétique des bâtiments, les consommations qui s'en suivent ne traduisent pas toujours l'ensemble des gains qui auraient du être théoriquement atteints.

Cette dimension est généralement appelée « effet rebond ». Greening et *al*, (2000) font une distinction entre plusieurs effets rebonds dans le cadre de travaux sur l'efficacité énergétique des logements (Sorrell, 2007 ; Schipper, 2000) :

- L'effet rebond direct : une partie du gain énergétique est compensé par une augmentation de *l'intensité d'usage* ou *intensity of use* ;
- L'effet rebond indirect : ce qui est économisé sur l'énergie est dépensé ailleurs avec des consommations d'énergie associées à cette dépense ;
- *Economy-wide rebound*: l'amélioration de la performance énergétique entraîne une baisse des coûts des biens et services intensifs en énergie plus importante que sur les biens et services moins intensifs.

Cayre et al (2011) nous propose une modélisation (figure 19) de l'effet rebond direct en liant l'intensité d'usage (I) où $I = \text{Conso réelle} / \text{Conso théorique}$ par rapport à la consommation théorique avant et après rénovation.

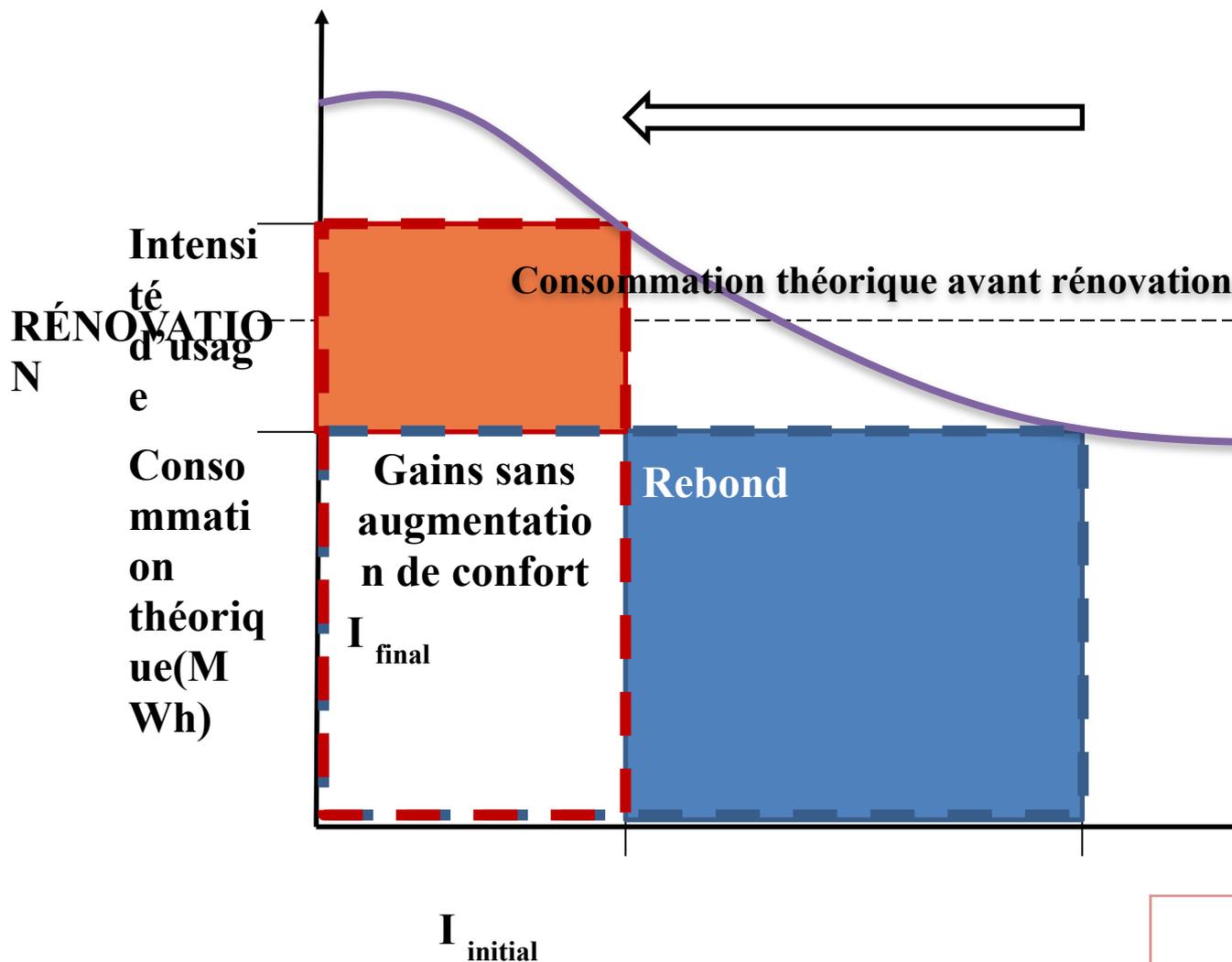


Figure 19 – Modélisation de l'effet rebond (Cayre et al, 2011)

L'augmentation de l'intensité d'usage, que l'on peut assimiler à une augmentation de confort, peut être interprétée comme un effet bénéfique lorsqu'il permet aux occupants de profiter d'une meilleure température de chauffage au sein du logement. Elle demande cependant d'être maîtrisée pour limiter la facture énergétique prévue pour le maître d'ouvrage et permettre à des prestataires de garantir un niveau maximum de consommations faisant appel aux conditions d'usage des équipements mis à disposition, référence à une *gestion coopérative d'un bien partagé indivisible*.

Ainsi, un effet rebond de 20% signifie que 20% du potentiel d'économie d'énergie est "perdu", parce que réinvesti dans une augmentation du niveau demandé du même service rendu (effet rebond direct) ou dans une demande d'un autre service (effet rebond indirect) ou de manière plus diffuse par une croissance dans l'économie (*economy wide effect*).

À court terme, il est encore difficile d'imaginer à un aboutissement de ce type de raisonnement dans le secteur du bâtiment. En effet, le processus actuel de rénovation

de la filière fait encore appel à des logiques productivistes basées sur la vente de matériels et non sur la vente de solutions garantissant une performance.

1.2.2. Le prix de l'énergie

L'objectif de ce paragraphe n'est pas de présenter l'état des connaissances des relations entre le prix des énergies et leurs consommations mais d'apporter quelques éléments quant au lien entre le prix et l'efficacité énergétique à prendre en compte dans le cadre d'une évaluation d'une action ou d'un programme d'efficacité énergétique.

Selon différents auteurs, l'utilisation de différents modèles statistiques sur les évolutions de la consommation de chauffage résidentiel en relation avec le prix des énergies a permis de conclure à l'importance des variables économiques (prix, revenus) (Bernay, 2007 ; Vielle, 2007 ; Haas, 1998) :

- L'effet des variables économiques à court terme sur la demande est indépendant de l'effet des variables techniques ;
- La réaction de court terme diffère considérablement de la réaction de long terme. Il faut distinguer l'effet revenu (baisse directe des consommations de chauffage), dominant à court terme, de l'effet de substitution (changement de source d'énergie ou de système), qui n'intervient qu'au moment du choix d'investissement du ménage ;
- La réaction à un choc de prix diffère selon la source d'énergie utilisée. Les effets de substitutions liés au niveau relatif des prix des différentes énergies doivent donc être intégrés. Les ménages arbitrent entre les différentes sources d'énergie.

Par ailleurs, des études sur le niveau de confort, mettant en relation la consommation actuelle et une consommation de référence (19°C) sur l'ensemble du logement sans intermittence, permettent de montrer que le niveau de confort est bien corrélé avec le prix du service énergétique (Allibe, 2009).

Il pourrait paraître naturel qu'un prix élevé des énergies soit favorable à l'efficacité énergétique car il accroît la rentabilité de l'investissement, mais la réalité est plus nuancée.

Dans le cas de la rénovation énergétique des bâtiments résidentiels, ce ne sont pas les travaux les plus rentables qui sont principalement réalisés car d'autres motivations à caractère non énergétique entrent en ligne de compte dans le choix des solutions techniques. Dans l'exemple du changement de fenêtres, action à faible rentabilité économique directe, nous pouvons citer les déterminants suivants : gains non énergétiques comme le confort thermique, acoustique ou esthétique, l'existence d'une filière bien organisée, d'offres commerciales visibles, la disponibilité de produits adaptés, peu de nuisances associées... (Laurent, 2009)

1.2.3. L'activité économique

Il est clairement établi que la consommation d'énergie est étroitement corrélée à l'activité économique. Ainsi, une baisse de l'activité économique se traduit-elle par une réduction de consommation indépendamment de toute action d'efficacité énergétique. Cette caractéristique s'applique autant pour le secteur tertiaire que pour celui de l'industrie. A titre d'exemple, il a été montré que l'activité économique était le facteur principal de variation des consommations globales de chauffage du secteur des bâtiments tertiaire (Mairet, 2009).

1.2.4. L'effet de structure

L'effet de structure traduit la variation de consommation énergétique provenant de transferts d'activités correspondant à des besoins énergétiques différents. L'élément le plus représentatif de cet effet en France est le transfert de l'économie du secteur industriel vers le tertiaire, moins intensif en énergie.

L'effet de structure existe également dans le secteur résidentiel. On peut notamment mentionner l'exemple de la baisse des consommations de fioul domestique pour les usages « chauffage » et la « production d'eau chaude sanitaire » en France avec un taux de croissance annuel moyen (tcam) de -1,5%/an entre 1990 et 2008. Mais l'efficacité énergétique correspondante (baisse de la consommation unitaire) n'est que de -1,2%/an, les -0,3%/an restant étant dus à la diminution du nombre de logements chauffés au fioul (source : CEREN, 2010).

1.2.5. Les corrections climatiques

Les consommations thermosensibles (sensibles aux variations saisonnières de température) sont en général corrigées par rapport à un climat de référence pour pouvoir être comparées entre elles. Des consommations de chauffage plus faibles avec un hiver doux ne doivent pas être directement attribuées à une amélioration de l'efficacité énergétique.

Pour effectuer cette correction, un climat de référence (climat normal) doit être défini, ainsi qu'une méthode de correction.

Les méthodes employées peuvent différer d'une étude à l'autre. Le climat normal est généralement défini comme la moyenne trentenaire d'une période de référence avec une température intérieure de référence des bâtiments (généralement comprise entre 17°C et 19°C). On peut ainsi quantifier le climat en nombre de « degré-jour ». Le degré jour unifié (DJU) est la somme de l'écart moyen journalier entre la température observée et une température seuil de l'ensemble des jours de la saison de chauffage.

La correction climatique peut être effectuée de manière simple sur la base d'une relation proportionnelle entre le climat de l'année de référence et celui de l'année réelle, exprimée avec un ratio de degré-jours, par exemple pour la base de données ODYSSEE⁸ (ADEME, 2007).

⁸ Correction climatique appliquée à 90% de la consommation de chauffage pour tenir compte de déperditions considérées comme non dépendante des degrés-jours.

Des relations plus complexes sont généralement utilisées. A titre d'exemple, le CEREN (Centre d'Etude et de Recherche Economique sur l'Energie⁹) réalise sa correction climatique, pour les consommations de chauffage du secteur résidentiel, selon l'équation suivante (CEREN, 2009 ; Allibe, 2008 ; CEREN, 2007) :

Consommation théorique après rénovation

avec :

- $CU_{normale}$: consommation unitaire corrigée du climat.
- $CU_{réelle}$: consommation unitaire réelle (mesurée ou estimée).
- DJU : degrés-jours de l'année réelle base 18°C (2250 DJU pour l'année normale établis sur la base des années 1985 à 2004).
- x : coefficient établi selon une relation entre une série de consommations mensuelles moyennes des ménages (différencié par âge du bâtiment, énergie de chauffage et système utilisé) et la série de degrés-jours correspondants établissant une élasticité entre la consommation unitaire et les DJU selon la formule : avec $x=8b/a$.

1.2.6. L'effet d'aubaine

L'effet d'aubaine (ou *free rider effect*) correspond aux actions d'efficacité énergétique qui auraient eu lieu sans l'existence du programme d'économies d'énergie. Autrement dit, ces actions s'intègrent dans les résultats du programme sans pour autant avoir été initiées par lui.

L'estimation de l'effet d'aubaine repose généralement sur différents types d'analyses : enquête, modèle et étude de marché qui peuvent être utilisées simultanément. Le choix d'une méthode dépend du contexte de la mesure d'efficacité énergétique¹⁰. Par ailleurs, en l'absence d'évaluation, une valeur par défaut est parfois retenue (Cook, 2008).

Pour estimer quantitativement l'effet d'aubaine, des enquêtes demandant aux participants s'ils auraient réalisé la même action d'efficacité énergétique en l'absence du programme peuvent être réalisées. Mais ce type d'enquête est la source de biais importants, notamment en raison de l'auto-évaluation des participants (déclaration d'intention) (Vreuls, 2005).

⁹ Groupement d'intérêt économique fondé en 1958, comprenant l'ADEME, EDF, RTE, GDF-Suez...

¹⁰ Par exemple : enquête pour de faible échantillon, modèles pour de nombreux participants, étude de marché pour les mesures destinées à l'industrie (Cook, 2008).

Certains travaux ont également essayé de déterminer de manière *ex-ante* l'effet d'aubaine dans le cas de la rénovation énergétique résidentielle sur la base d'un modèle économétrique à choix discret (Grösche, 2009).

1.2.7. L'effet multiplicatif

L'effet multiplicatif (*spill-over* ou *free driver*) concerne des actions réalisées en dehors du programme d'efficacité énergétique mais inspiré par lui (communication, exemplarité des réalisations, etc.). Le marché est donc conduit à réaliser de l'efficacité par un effet d'entraînement sans que pour autant les acteurs s'intègrent dans le programme évalué.

Des enquêtes auprès d'un groupe de non participant au programme d'efficacité énergétique (auto-déclaration) peuvent servir à évaluer le niveau de l'effet multiplicatif. L'objectif est de tester l'impact d'un programme spécifique, parmi d'autres facteurs, sur la décision des clients notamment lorsqu'une communication importante existe.

Ainsi, lors d'une campagne d'information accompagnée de bon de réduction pour la diffusion de lampes fluocompacte (CFL), l'effet multiplicatif, des clients ayant acheté une CFL suite au programme mais n'ayant pas renvoyé le bon de réduction, a été évalué à 7% contre 31% pour l'effet d'aubaine (Baillargeon, 2011).

1.2.8. Le double comptage

La problématique du double comptage repose sur le fait d'éviter de compter plusieurs fois les mêmes économies d'énergie en évaluant différents programmes ou dispositifs.

Ainsi, un programme d'incitation fiscale comme le crédit d'impôt orienté vers l'utilisateur final et un mécanisme d'obligation comme les Certificats d'Économie d'Énergie en France mis en œuvre par les fournisseurs d'énergie concernent les mêmes actions d'efficacité énergétique sur le secteur résidentiel. En conséquence, la réalisation de certaines actions d'économie d'énergie est la résultante de ces deux programmes.

Cela signifie qu'il convient d'attribuer à chaque programme sa contribution à la réalisation d'une action donnée, même si ce découplage est difficile à effectuer. Cela revient à évaluer le taux recouvrement entre les deux programmes (Broc, 2011).

1.2.9. Les incertitudes

Les facteurs d'ajustement décrits ci-dessus sont multiples et parfois complexes à appréhender. Il faut être conscient que ces facteurs sont difficiles à quantifier et à séparer les uns des autres et que l'évaluateur doit parfois renoncer à en évaluer certains, faute de disponibilité d'informations suffisantes. Leur prise en compte est néanmoins indispensable et permet de corriger le résultat de l'évaluation des économies brutes en appliquant ces facteurs d'ajustement qui permettent de dégager une estimation précise des économies nettes.

Néanmoins, chaque facteur comporte son incertitude propre et l'évaluation finale intègre la résultante des ces incertitudes.

1.2.10. La persistance

La persistance des actions d'efficacité correspond à la durée sur laquelle les économies seront réalisées. Cela concerne tant la durée de vie des équipements performants que la baisse potentielle de leur efficacité ou l'arrêt de certaines actions.

Les formations à l'éco-conduite dans le cadre des Certificats d'Economies d'Energie (CEE) en France ont une durée de vie conventionnelle d'une année et des sessions de rappel doivent être faites pour prolonger la durée prise en compte. A l'opposé, les durées de vie des actions relatives à l'isolation thermique des bâtiments sont particulièrement longues (fixées à 35 ans dans le cadre des CEE).

Selon les sources (ex : étude terrain, donnée constructeur), les valeurs de durée de vie pour un même type d'équipement peuvent être très différentes. A titre d'exemple, la durée de vie d'une chaudière en maison individuelle s'échelonne entre moins de 11 ans et plus de 20 années avec une forte dépendance au type d'énergie utilisée (gaz, fioul, GPL...) (CEREN, 2009) (table 2).

| Actions | Source | |
|--|--------|-----------------|
| | CEE | CWA (CEN WS 27) |
| Isolation du bâti | 35 | <25 |
| Chaudière individuelle, PAC en résidentiel | 16 | 17 |
| Appareil indépendant de chauffage au bois | 10 | |
| Chaudière biomasse | 15 | |
| Programmeur pour chauffage | 15 | 5 |
| Chauffe-eau solaire collectif | 20 | |
| CESI – chauffe eau solaire individuel | 15 | 19 |
| VMC | 16 | |
| Chaudière collective | 21 | |
| Electricité spécifique résidentielle (Réfrigérateur, LFC, coupe veille...) | 10 | 15 |
| Chaufferie biomasse | 15 | |
| Formation d'un chauffeur | 1 | 2 |
| Produit électronique grand public | | 3 |

Table 2 – Exemples de différentes durées de vie conventionnelles selon deux sources différentes, CEE et CEN Workshop Agreement (EDF R&D, 2010)

2. L'évaluation du coût des économies d'énergie

Au-delà de l'évaluation des économies d'énergie, il est en général nécessaire d'estimer les coûts directs des actions d'efficacité énergétique. A partir de ces données, il est alors possible de calculer des indicateurs d'efficacité économique de ces actions.

2.1. Les différents coûts

D'une manière générale, le coût d'une action d'efficacité énergétique peut être divisé en quatre postes (Laurent, 2009) :

- coût principal de l'équipement (ex : chaudière, four) ou des matériaux (ex : isolant) ;
- coût secondaire couvrant les équipements additionnels (ex : système de gestion d'énergie, ballon de stockage, etc.) ;
- coût de main d'œuvre concernant la mise en place de l'équipement ;
- coût « caché » ou coût additionnel concernant diverses dépenses (nettoyage, évacuation des déchets, échafaudage, peinture).

A partir de cette décomposition et des études d'estimation de gisements énergétiques, il est possible de différencier quatre types de coûts différents que l'on retrouve généralement sans pour autant que cela soit précisé :

- Coût normatif incluant les coûts principaux et la main d'œuvre,
- Coût de base incluant le coût normatif et les coûts secondaires,
- Coût complet incluant les coûts de base et les coûts cachés (table 3),
- Coût effectif incluant le coût complet plus les réductions de coût comme le crédit d'impôt, les primes ou les prêts bonifiés, la TVA.

| | EU North | EU moderate | EU South | EU Eastern |
|----------------------------|----------|-------------|----------|------------|
| Semi-detached house | | | | |
| Facade (€/m ²) | 83 | 56 | 42 | 21 |
| Roof | 90 | 60 | 45 | 22 |
| Window | 478 | 343 | 143 | 193 |
| Boiler (€) | 6'687 | 5'416 | 4'594 | 2'756 |
| Multi-family house | | | | |
| Facade | 83 | 56 | 42 | 21 |
| Roof | 90 | 60 | 45 | 22 |
| Window | 478 | 343 | 143 | 193 |
| Boiler (€) | 20'843 | 16'882 | 14'319 | 11'429 |

Table 3 – Exemples de coûts complets d'actions de rénovation pour des bâtiments résidentiels en fonction des zones géographiques (Boermans, 2009)

De même que pour les économies d'énergie, les coûts peuvent être abordés selon une approche en coût global ou en surcoût. L'important, lors de l'évaluation est de connaître les types de coûts que l'on attribue à l'efficacité énergétique. Par exemple, l'achat d'un nouveau réfrigérateur n'est pas fait pour économiser de l'énergie, mais pour renouveler un ancien équipement. L'action d'efficacité énergétique consiste à choisir un équipement à haute performance énergétique (ex : classe A+ ou A++ au lieu de B).

Cela veut dire que seuls le surcoût entre les deux types d'équipement est à prendre en compte. A l'opposé, l'isolation d'une paroi d'un bâti est en général effectuée dans un objectif d'efficacité énergétique et l'ensemble des coûts est à prendre en compte. Une valeur résiduelle de l'investissement au-delà de la période prise en compte dans le calcul économique est possible pour ces équipements à longue durée de vie (Boermans et al, 2011 ; Hermelink, 2009).

La prise en compte des coûts fatals, c'est-à-dire ceux qui auraient eu lieu de toute façon en dehors de toute prise en compte de la performance énergétique, conduit souvent à réduire ou annuler la rentabilité d'une action d'efficacité énergétique (Amstalden, 2007).

Par ailleurs, le choix de l'indicateur et des hypothèses de calcul (évolution du prix des énergies, taux de crédit, taux d'inflation) ne sont pas sans influence sur les résultats obtenues. Ainsi, le temps de retour sur investissement le plus court ne correspond pas nécessairement à l'investissement le plus rentable, bien qu'il semble que cet indicateur soit plus couramment utilisé que la valeur actualisée nette (Jackson, 2010).

2.1.1. Temps de retour sur investissement

Le temps de retour sur investissement (TR) est la durée nécessaire pour recouvrer un investissement initial grâce aux économies d'énergie à venir associées à cet investissement.

Le TR se calcule comme le rapport entre l'investissement initial (I_i) et la différence de la consommation initiale (C_i) et finale (C_f), monétarisées par les prix respectifs des énergies (P_i et P_f) :

$$\frac{I_i}{(C_i P_i - C_f P_f)}$$

(usage normatif)

2.1.2. La valeur actualisée nette

La valeur actualisée nette (VAN) est la valeur totale présente des flux monétaires (Rt_i) actualisés (a), évaluée sur une période donnée (n) :

$$VAN = \frac{C_i P_i - C_f P_f}{(1+a)^i} - I_i$$

Les flux monétaires correspondent aux différents gains et coûts sur la période analysée. La VAN permet de comparer différents types d'investissements sur la base de leurs futurs profits.

A partir de la VAN, on peut également calculer le coût global annualisé (CGA). Il correspond au coût annuel que l'on assumera suite à un investissement initial et des flux monétaires sur la période donnée (n). Il se calcule comme la VAN rapportée à une suite de paiements annuels (annuités) de valeur égale sur la durée de vie (n) de l'investissement (Thomas, 2009) :

$$CGA = \frac{VAN}{\frac{1 - (1+a)^{-n}}{a}}$$

2.1.3. Le taux de rentabilité interne

Le taux de rentabilité interne (TRI) est le taux d'actualisation (a) qui permet d'annuler la VAN sur la période (n) étudiée. Le TRI permet notamment de comparer l'intérêt

financier d'un investissement par rapport à un placement financier. Le TRI doit être perçu comme un indicateur de l'efficacité de l'investissement, au contraire de la VAN qui donne la valeur monétaire de cet investissement.

Il convient donc d'utiliser le TRI pour savoir si un investissement donné est rentable et non pas pour comparer deux types d'investissements entre eux. Ainsi, un premier investissement avec un TRI plus élevé qu'un autre peut néanmoins avoir une VAN plus faible que ce dernier. La VAN est généralement considérée comme un meilleur indicateur que le TRI pour un choix d'investissement, notamment lorsque que la somme des flux monétaires est négative (Jackson, 2010).

2.1.4. Le coût de l'énergie économisée

Le coût brut de l'énergie évitée (CBEE) ou économisée (exprimé en €/MWhcumac) se calcule comme le coût de l'investissement (C_{inv}) divisé par le volume des économies d'énergie annuelles (DE) cumulées sur une période donnée (n) et actualisées (a) :

$$\sum \frac{CG}{1 + \frac{a}{n}} = \frac{E}{\Delta E} * \sum \frac{C}{I_v^n} \frac{a}{1 + \frac{a}{n}}$$

Cette approche permet de s'intégrer au formalisme des Certificats d'Économies d'Énergie qui valorise des économies d'énergie exprimées en kWhcumac.

L'intérêt d'un tel indicateur est d'être indépendant de l'évolution future des prix des énergies. Il est donc intéressant quand l'estimation des prix des énergies sur une longue période est difficile. Néanmoins, d'un point de vue purement financier, il ne représente que la dimension d'investissement car il n'intègre pas les coûts de fonctionnement.

Ce n'est donc pas un indicateur financier classique, mais plutôt un outil spécifiquement dédié aux programmes énergétiques.

Ce type d'indicateur a notamment été utilisé pour évaluer le dispositif de certificats blancs anglais (*Energy Efficiency Commitment*) (Lees, 2008).

2.1.5. Coût actualisé des économies d'énergie

Le calcul du coût actualisé des économies d'énergie (CAEE) ou *Levelized Cost of Energy* est dérivé du coût actualisé de production d'énergie pour un système particulier.

Cette analyse inclut l'ensemble des coûts : investissement initial, maintenance, opération ainsi que le coût du capital. Elle permet, à partir d'un calcul de VAN, de déterminer le prix minimum de vente de l'énergie produite pour assurer la rentabilité d'un projet.

De manière similaire, il est possible de mener la même analyse pour un projet d'efficacité énergétique et de le comparer à des coûts de production d'énergie. Dans ce cas, l'efficacité énergétique est vue comme un moyen de production alternatif (coût de production évitée) (Hayes, 2011).

Le calcul du coût actualisé des économies d'énergie (exprimé en €/kWh) se fait sur la base d'une valeur actualisée nette (VAN), convertie en annuités égales par un coefficient de récupération du capital (*Capital Recovery Factor*), puis divisée par les économies annuelles (EA) :

$$[1 + \frac{(1 - \frac{1}{(1+a)^n})}{a}] \frac{C_{inv}}{EA} = \frac{(1+a)^i}{Rt_i} \Sigma$$

avec :

a = taux d'actualisation (%),

n = durée de vie de l'action d'efficacité énergétique (années),

Rt_i = flux monétaires annuels,

EA = économie d'énergie annuelle (kWh).

2.2. Le taux d'actualisation

Dans la très grande majorité des calculs financiers, un taux d'actualisation est utilisé pour valoriser les flux financiers à venir. Ce taux d'actualisation permet d'intégrer la préférence pour le présent et une moindre valeur pour les gains futurs, financièrement dévalués. Ce taux dépend du point de vue de l'investisseur, avec un besoin de rentabilité à court ou long terme.

- D'un point de vue sociétal, un faible taux d'actualisation est généralement retenu (3 à 6%) car la société se positionne sur le long terme. Ainsi, le taux d'actualisation pour les investissements publics en France est passé de 8% à 4% en 2005. En ce qui concerne une entreprise ou un ménage, le taux est plus élevé. Pour les entreprises, un calcul financier avec un taux d'actualisation explicite est généralement réalisé pour déterminer la pertinence d'un

investissement (5-10%). Le taux d'actualisation des entreprises peut être estimé par le coût moyen pondéré du capital (WACC¹¹).

- Pour les ménages, le taux d'actualisation retenu est plus complexe car peu de personnes, à titre privé, réalisent des calculs financiers avec un taux d'actualisation si tant est qu'ils réalisent des calculs économiques pour le choix de leurs investissements énergétiques. Le taux d'actualisation des ménages devrait théoriquement être assez proche des taux d'intérêt du marché, de l'ordre de 5% à 8%. Cependant, des études ont montré que le taux d'actualisation implicite est parfois très élevé (de 20 à 50%) (Train, 1985).

Cela a été expliqué par certains auteurs comme la sous-évaluation de la rentabilité des actions d'efficacité énergétique par les ménages en raison d'une incertitude sur les prix futurs de l'énergie, ou par un taux d'actualisation classique dans une situation de marché qui amènerait les ménages à exiger une rentabilité plus forte (Jaffe, 1994).

Les investissements dans l'efficacité énergétique sont généralement considérés comme risqués ou peu attractifs en terme d'utilité, et un taux d'actualisation important est usuellement utilisé (AIE, 2008).

3. Les bénéfices non-énergétiques et l'évaluation systémique

L'analyse économique ou le calcul des coûts et des bénéfices nécessite de calculer la valeur d'un bien immatériel appelé aussi le négawatt.

3.1. L'analyse coût-bénéfice élargie

L'analyse d'un programme complet doit être élargie à l'ensemble des coûts et bénéfices du programme et pour l'ensemble des acteurs. Il apparaît alors que certains aspects ne peuvent être monétisés mais restent néanmoins importants pour la réussite du programme.

Nous pouvons les décliner en quatre champs (Ürge-Vorsatz et al, 2011 ; Ruegg et Jordan, 2010) :

Le champ « social » :

- Les conditions de travail ;
- L'impact sur la valorisation personnelle et l'emploi ;
- Les personnes: sécurité, santé ;
- Effets sur la mortalité ;
- Effets sur la morbidité ;
- Énergies fossiles non importées.

Le champ « économique » :

- Logistique et mise en œuvre ;
- Durée de vie et robustesse ;
- Impact capitaliste ;
- Valeur patrimoniale ;

¹¹ WACC : *weighted average cost of capital*

- Capacité d'adaptation ;
- Opportunité d'amélioration des performances.

Le champ « environnemental » :

- Nuisances de chantiers ;
- Impact sur le prélèvement des matières premières ;
- Impact sur le prélèvement des ressources énergétiques ;
- Consommations et rejets ;
- Entretien et maintenance optimisée ;
- Déconstruction (capacité de tri), valorisation ;

Le champ des « connaissances » produites :

- Brevets ;
- Articles, conférences.

En fonction du périmètre des acteurs et du programme, l'intérêt d'une action d'efficacité énergétique est variable avec une rentabilité potentiellement positive ou négative suivant le point de vue adopté (table 4).

| Type de mesure | Pompe à chaleur | Chaudière gaz à condensation | Chaudière et poêle à bois | ECS solaire | Fenêtre |
|--|-----------------|------------------------------|---------------------------|-------------|---------|
| Point de vue de l'utilisateur final | | | | | |
| Coût (*Incrémental) [€/kWh] TVA comprise | 0.1515 | 0.0561 | 0.0727 | 0.2825 | 0.1454 |
| Bénéfice total [€/kWh] | 0.2042 | 0.2136 | 0.1065 | 0.2682 | 0.1351 |
| Ratio bénéfice-coût | 1.35 | 3.81 | 1.46 | 0.95 | 0.93 |
| Point de vue sociétal | | | | | |
| Coût (*Incrémental) [€/kWh] TVA non comprise | 0.0877 | 0.0330 | 0.0436 | 0.1693 | 0.0659 |
| Bénéfice total [€/kWh] | 0.0491 | 0.0536 | 0.0461 | 0.0525 | 0.0615 |
| Ratio bénéfice-coût | 0.53 | 1.39 | 0.93 | 0.30 | 0.89 |

Table 4 – Analyse bénéfice-coût d'actions de rénovation en résidentiel diffus en fonction de point de vue (Clinch, 2003)

Différents acteurs de l'analyse devraient donc être pris en compte :

- Le participant au programme, celui chez qui le programme d'économie d'énergie est mise en œuvre ;
- Le maître d'œuvre du programme d'économie d'énergie ;
- La collectivité ou le bien public (*welfare*) et l'économie nationale, les finances publiques et les contribuables ;
- Les énergéticiens (producteur, transporteur, distributeur, commercialisateur) ;
- Les clients des énergéticiens.

Il est donc clair que l'analyse doit définir son périmètre d'étude au risque de ne pas aboutir. L'ensemble des questions abordées dans une analyse coût-bénéfice peut être résumé dans le tableau suivant (table 5).

D'un point de vue sociétal, certains coûts (crédit impôt, incitation financière des énergéticiens) ne doivent pas être prise en compte car ils ne représentent que des transferts de paiement sans création de valeur ajoutée.

| Périmètre | Bénéfice | Coût |
|--------------|--|--|
| Participant | <ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la facture (taxes incluses) • Incitation financière (ex : prime, coût du capital évité par le prêt bonifié...) • Crédit d'impôt | <ul style="list-style-type: none"> • Coût ou surcoût payé pour l'action d'efficacité énergétique (investissement TVA incluse) |
| Energéticien | <ul style="list-style-type: none"> • Coûts évités de la fourniture d'énergie non délivrée (ventes et transport-distribution) • Ventes d'énergie additionnelles (net de taxe et transport-distribution) en cas de substitution énergétique • Pénalité évitée (certificat d'économie d'énergie) | <ul style="list-style-type: none"> • Coûts additionnels de la fourniture d'énergie (ventes et transport-distribution) • Perte marginale de revenu (net de taxe) • Incitation financière pour les participants (primes, coût du capital des prêts bonifiés) • Coût interne pour la mise en place du programme |
| Société | <ul style="list-style-type: none"> • Coûts évités de la fourniture d'énergie non délivrée (ventes et transport-distribution) • Coût environnementaux évités | <ul style="list-style-type: none"> • Coût ou surcoût payé pour l'action d'efficacité énergétique (TVA exclue) • Coût de la mise en place du programme d'efficacité énergétique (énergéticien) |

Table 5 – Analyse coût-bénéfice d'un programme d'efficacité énergétique (Suerkemper, 2011)

Les aspects non énergétiques (positifs ou négatifs) d'un programme d'efficacité énergétique doivent donc être évalués. C'est parfois ces derniers, comme par exemple le confort dans un logement, qui sont les déclencheurs d'une action d'efficacité énergétique. Par ailleurs, la création d'emplois locaux est également un argument de poids pour la mise en place d'une politique énergétique.

Si l'utilisation moindre d'autres ressources non énergétiques (matériau, eau) ou la diminution des polluants émis (ex : NO_x, SO_x, particules fines, etc.) sont aisément quantifiables en volume, cela reste plus difficile pour d'autres aspects comme le confort, la santé ou l'économie (ex : emploi, productivité, valeur ajoutée, etc.) (Preval, 2010 ; Nevin, 2010 ; Zugravu, 2009 ; Jakob, 2006 ; Rudge, 2003).

Pourtant, ces différents aspects peuvent modifier considérablement l'analyse d'un programme d'efficacité énergétique. Certains auteurs ont pu évaluer des programmes d'efficacité énergétique pour le secteur résidentiel d'un point de vue global (énergie, confort, pollution, santé). Ainsi, une réduction supplémentaire de 10% en 2020 (soit -30% au lieu de -20%) des émissions de CO₂ pourrait faire économiser à la France

3,5 G€/an en dépense de santé¹² selon une évaluation récente, principalement grâce à la réduction de la pollution de l'air (CANE, 2010).

Par ailleurs, certaines études ont permis d'estimer à 1 million le nombre d'emplois potentiellement créés par les dépenses d'efficacité énergétique d'ici 2020 (Wesselink, 2010).

En secteur résidentiel, l'augmentation du confort des ménages peut être quantifiée par le niveau de l'effet rebond direct qui traduit un gain de confort devenu financièrement accessible grâce à la réduction de la facture énergétique. Ce gain est néanmoins dépendant du niveau de revenu en relation avec une certaine restriction énergétique (Clinch, 2001).

La valeur patrimoniale peut également augmenter avec l'amélioration de l'efficacité énergétique, mais à ce jour la valorisation monétaire reste incertaine et donc difficilement évaluable. C'est néanmoins un des objectifs de l'étiquette énergie pour les bâtiments avec le diagnostic de performance énergétique (DPE).

La quantification de l'impact environnemental, notamment sur le changement climatique, peut-être réalisée à partir du prix du dioxyde de carbone sur le marché des échanges de permis d'émission négociables (ETS¹³). Mais la valeur de la tonne de carbone sur le marché ETS ne couvrant qu'une partie des émissions de CO₂, et ne représentant pas correctement, au stade actuel, les coûts environnementaux réels des émissions de CO₂, des travaux sur la valeur tutélaire¹⁴ du carbone ont été menés (Vine, 2010 ; CAS, 2008).

Pour aller plus loin, il convient de s'appuyer sur les études dédiées à l'évaluation des externalités. Elles sont généralement appliquées à la production énergétique, mais également au secteur du transport (Zvingilaite, 2011 ; ExterneE, 2005 ; Anderson, 2004 ; Pearce, 2001 ; Rabl, 2001).

La détermination des bénéfices économiques (ex : emploi, valeur ajoutée) ou sociétaux est parfois réalisée à l'aide de modèles de type entrée/sortie, notamment pour les activités industrielles (Kuckshinrichs, 2010).

¹² Année de vie additionnelles (dues à l'augmentation de l'espérance de vie), réduction du nombre de jours à activité réduite (incluant les jours d'arrêt de travail), pour ceux souffrant de maladie cardiaques ou respiratoires, réduction des jours d'utilisation de médicaments et de consultations pour syndromes respiratoire et réduction des admissions dans les hôpitaux pour ces mêmes pathologies.

¹³ ETS : *Emission Trading Scheme*.

¹⁴ Une valeur dite tutélaire, dans la mesure où la valeur monétaire recommandée ne découle pas directement de l'observation des prix de marché, relève d'une décision de l'État sur la base d'une évaluation concertée.

3.2. L'émergence de l'analyse systémique

L'analyse systémique d'un programme d'efficacité énergétique permet de définir les relations entre les différentes actions et moyens engagés et les résultats observés dans une approche globale (figure 20).

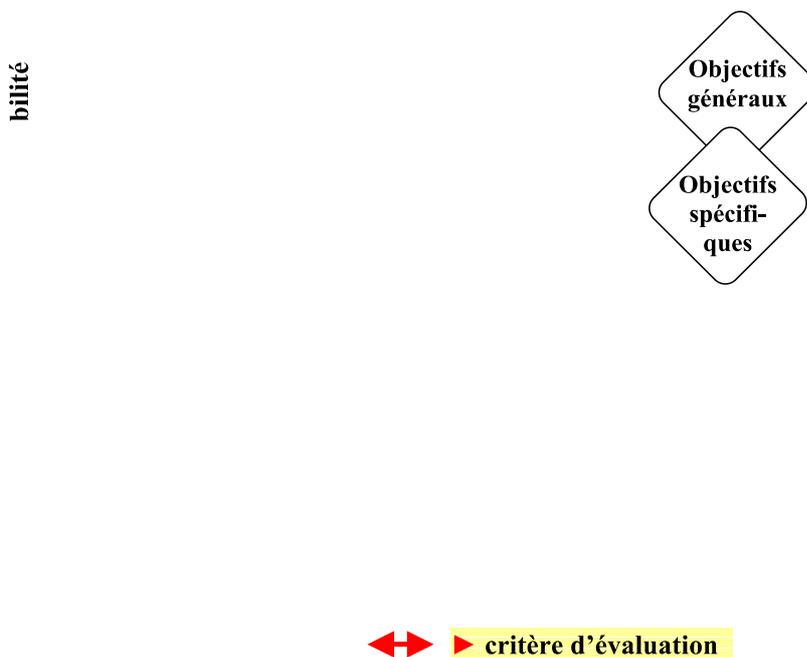


Figure 20 – Analyse systémique d'un programme d'efficacité énergétique (Broc, 2006)

Plusieurs types de relations peuvent être évaluées :

- l'efficacité compare les moyens engagés avec les effets directs produits par le programme ;
- la viabilité mesure les effets à long terme du programme par rapport aux effets immédiats ;
- l'efficacité compare les effets à long terme avec les objectifs initiaux du programme ;
- l'utilité compare les effets à long terme avec les besoins ciblés dans le programme ;
- la pertinence compare les objectifs du programme avec les besoins identifiés sur le terrain.

3.3. Inventaire de ressources pour l'évaluation des programmes d'efficacité énergétique

Il existe un ensemble de guides méthodologiques et pratiques pour l'évaluation qui permettront de développer les différents champs évoqués précédemment. Cette section ayant pour objet un résumé des concepts et des problématiques de l'évaluation, nous conseillons au lecteur soucieux d'approfondir sa connaissance de se reporter à ces documents :

- Le guide du LBNL (*Lawrence Berkeley National Laboratory*) (*monitoring, evaluation, reporting, verification, and certification*) pour des évaluations au niveau national notamment en ce qui concerne les émissions de CO₂ (Vine, 1999) ;
- le guide Européen (*European ex-post evaluation guidebook for DSM and EE service*) présente les concepts de base et permet de se familiariser avec l'évaluation (SRCI, 2001) ;
- La méthode IPMVP (Protocole international de mesure et de vérification de la performance) (EVO, 2009 ; Schiller, 2000) est dédiée à l'évaluation d'actions particulières et sera notamment utile aux entreprises de services énergétiques (voir notamment le chapitre consacré à l'industrie) même si la méthode peut être appliquée à des programmes orientés vers les marchés grand public dans le résidentiel (Kaiser, 2010) ;
- Le guide de l'AIE (*Evaluating energy efficiency policy measures & DSM programmes*) s'adresse plutôt à des évaluations nationales avec une approche pratique et des exemples (Vreuls, 2005) ;
- Le guide de l'EPRI (*Guidebook for Energy Efficiency Program Evaluation, Measurement and Verification*) propose une approche didactique dédiée aux électriciens (Siddiqui, 2008) ;
- Le guide Californien (*The California Evaluation Framework*) est une référence quasi-encyclopédique et détaillée de l'ensemble de la problématique de l'évaluation allant jusqu'aux impacts non énergétiques, l'estimation des incertitudes ou les questions éthiques (Hall, 2006 ; TecMarket, 2004).

Concernant la normalisation, il faut noter que dans le cadre de la définition des services d'efficacité énergétique (norme NF EN 15900), la partie évaluation (appelée « mesurage et vérification ») fait partie intégrante du service et définit des exigences. La vérification de l'amélioration de l'efficacité énergétique doit comporter au minimum les étapes suivantes (AFNOR, 2010) :

- définition de la consommation de référence avec ses facteurs d'ajustement associés ;
- définition de procédures (y compris méthodes de calcul ou d'estimation faisant l'objet d'un accord contractuel) qui assureront la validité des comparaisons de consommation énergétique ;

- élaboration et mise en œuvre du plan de comptage et vérification destinée à évaluer l'amélioration de l'efficacité énergétique réalisée ;
- rapport au client à intervalles convenus. Le rapport doit comporter des précisions sur les actions mises en œuvre, sur l'amélioration de l'efficacité énergétique réalisée et, le cas échéant, la comparaison avec les niveaux ayant fait l'objet d'un accord contractuel.

Pour terminer, l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) recommande un plan d'action en quatre étapes et 10 points pour toute mesure d'efficacité énergétique dès le lancement du projet incluant l'évaluation dès la conception du programme d'efficacité énergétique (AIE, 2010).

Section C – Nouveaux modèles économiques liant enjeux économiques, sociaux et environnementaux : un focus sur l'économie de fonctionnalité.

Dans cette section, nous présentons une analyse des modèles économiques permettant de croiser des solutions liant des produits et des services avec les trois piliers du développement durable : l'économie, le social et l'environnement. Nous revenons ainsi sur la notion de développement durable que nous cherchons à éclairer à la vue des évolutions que ce terme a connu depuis quelques décennies.

Puis, une présentation des modèles économiques qui ont émergé suite au rapport Brundtland à la fin de années 1980 est faite ainsi qu'un lien de ces derniers avec les principes du développement durable.

Enfin, nous développons l'analyse d'un modèle économique, dont le concept n'est pas totalement stabilisé, mais qui semble pertinent pour intégrer des externalités d'ordre sociales et environnementales en répondant à la satisfaction d'un usage, basée sur l'évaluation d'une performance et non sur la vente d'un bien d'équipement.

1. Retour sur les enjeux de la durabilité

1.1. Histoires du développement durable

La Commission mondiale sur l'environnement et le développement, réuni par les Nations Unies de 1983 à 1987, a créé un changement de paradigme avec la notion de développement durable. Depuis, ce terme s'est retrouvé galvaudé avec d'innombrables opérations menées par de multiples acteurs sans une cohérence entre l'ensemble de ces actions. L'objectif de cette partie n'est donc pas de faire un état des lieux de l'ensemble des travaux dans ce domaine mais de s'interroger sur l'histoire qui fonde le développement durable comme il est appliqué aujourd'hui et de montrer les concepts économiques qui ont émergé depuis cet avènement.

Deux approches du développement durable cohabitent :

- Une histoire qui commence dans les années 1960, période de la conférence de Stockholm et s'oriente autour de problématiques d'environnement (Zaccaï, 2000). À cette époque, l'objectif est de poser l'intégration économique de l'environnement dans un monde qui tend à se globaliser.
- Pour Rist (1996), c'est une seconde histoire qui commence avec le rapport issu de la commission Brundtland. C'est dans ce rapport que l'on retrouve le concept de « développement durable » devenu un opérateur politique fort.

Selon Theys (2009), « la balance penche très fortement pour la première histoire » avec des difficultés dans la pratique pour articuler ces dimensions entre elles. De plus, les économistes des ressources ont introduit des éléments de conceptualisation de

cette notion de développement durable en apportant un vocable de soutenabilité faible, forte ou très forte (Dobson, 1996 ; Godard, 1994).

Le rapport Brundtland cherche lui à être à la croisée des chemins entre préoccupations du développement et problématiques écologiques.

- Préoccupations du développement :
 - Attention centrale portée aux facteurs et dynamiques de développement (ou sous-développement) ;
 - Priorité donnée à la satisfaction des besoins fondamentaux (notamment des populations et territoires vulnérables) ;
 - Souci d'une plus grande équité intra générationnelle (réduction de la pauvreté, des inégalités...) avec la volonté de réduire les déséquilibres Nord-Sud.
- Préoccupations écologiques ou environnementales :
 - Priorité donnée à la conservation de la nature et à la prévention des risques majeurs avec une conscience profonde des limites liées à la rareté des ressources ;
 - Souci des biens publics communs (hors marché): climat, océans... ;
 - Attention portée à l'équité intergénérationnelle (générations futures).
- Préoccupations communes :
 - Conception élargie du bien-être et de la richesse (rôle des facteurs économiques et non économiques) et nécessité de leur intégration ;
 - Souci du long (développement) ou très long terme (écologie) ;
 - Attention portée aux articulations entre global (mondialisation, biosphère) et local (territoires, écosystèmes) ;
 - Volonté d'une meilleure gouvernance (démocratisation des décisions, organisation de l'action collective).

C'est deux approches génèrent de lourdes oppositions, à la fois sur le plan conceptuel que sur la dimension politique, selon ce que l'on considère comme substituable ou non. Dit d'une autre manière, il s'agit de savoir quelle importance on attache à l'économie, aux aspects sociaux et à l'environnement.

1.2. Les versions du développement durable

En croisant les dimensions « environnement » et « développement » avec les principes de soutenabilité faible, forte et très forte, on obtient six versions différentes du concept de développement durable (table 6).

Degré de substituabilité entre la nature, l'économie et le social

| Options | Soutenabilité très forte (très faible substituabilité) | Soutenabilité forte (faible substituabilité) | Soutenabilité faible (forte substituabilité) |
|---|--|---|--|
| Intégration économie/environnement | <i>Bioéconomie et décroissance durable</i> (limites absolues à la croissance) | <i>Modernisation écologique et intégration économie-environnement</i> (stratégies gagnant-gagnant, économie verte, etc.) | <i>Croissance soutenue</i> (minimisation des coûts de l'environnement) |
| Stratégie de développement | <i>Économie solidaire et de la « richesse »</i> (sociétés et modes de développement alternatifs) | <i>Le développement durable comme stratégie multi-dimensionnelle de développement</i> (conditions spécifiques du développement durable) | <i>Nouvelle gouvernance et entreprise citoyenne</i> (responsabilité sociale des entreprises, prise en compte des « stakeholders », actions citoyennes, etc.) |

Table 6 – Six conceptions du développement durable (Theys, 2009)

On retrouve trois versions à l'articulation entre « environnement » et « économie » :

- La croissance soutenue : modèle dit productiviste basé sur la minimisation des coûts pour la croissance de contraintes écologiques incontournables.
- La modernisation écologique : on retrouve ce concept développé par Mol, Spaargaren et Janicke avec la possibilité de dépasser la crise écologique à l'intérieur même de la modernité économique et technologique, et de surmonter les contradictions entre économie et écologie. Il est particulièrement présent dans l'ensemble du vocabulaire utilisé actuellement par nos institutions et entreprises (ex : économie verte, consommation durable, fiscalité écologique, etc.).
- La bioéconomie ou décroissance soutenable : modèle qui suggère de repenser la reproduction des systèmes économiques à l'intérieur de celle des systèmes biologiques et naturels. Modèle pensé à l'origine par Roegen, Daly Herman, Passet René, elle est en relation forte avec le concept de décroissance. « Elle fait de l'économie un « sous-système » de la biosphère, dont il s'agit de respecter les spécificités et les limites » (Vivien, 2005 ; Barrier-Lynn, 1980 ; Georgescu-Roegen, 1979).

Trois autres versions sont elles aussi schématiquement représentées et se rejoignent sur la perspective de développement.

- Les nouvelles gouvernances d'entreprises et entreprises citoyennes avec l'émergence des principes de la RSE (Responsabilité Sociale ou Sociétale des Entreprises), prise en compte des externalités, actions citoyennes, etc. ;
- Le développement durable comme stratégie spécifique de développement ;
- Les formes d'économie solidaire et de la richesse, économie alternative et nouvelle forme de mesure de la richesse et du bien-être ;

Cette analyse fait le constat que le développement durable reste encore aujourd'hui « un concept normatif sans norme » (Theys, 2000). L'intérêt d'avoir croisé ces dimensions d'environnement et d'économie avec les principes de soutenabilité met en évidence deux choses.

- Dans un premier temps, il invite à clarifier davantage la notion de développement durable ;
- D'un autre côté, il fait ressortir d'autres modèles émergent sans rester uniquement dans les giron de l'économie des ressources et d'une simple intégration économie et environnement.

2. Les nouveaux modèles économiques

Dans le cadre d'analyse de la théorie de la régulation (Boyer, 2004; Boyer et Saillard, 1994), la dynamique macroéconomique est abordée à travers :

- Le concept de « régime d'accumulation » qui désigne les relations d'ensemble structurant les processus de production, d'accumulation et de répartition de la valeur ;
- Le concept de « mode de régulation » qui désigne les espaces, les outils et les principaux acteurs institutionnels en mesure de contribuer au dépassement des tensions entre acteurs économiques, selon des formes permettant la reproduction élargie de l'accumulation.

La conjugaison de ces deux concepts conduit à mettre en œuvre un régime de développement.

Les dynamiques macroéconomiques reposent, ainsi, sur des dispositifs institutionnels qui permettent d'articuler les comportements microéconomiques, de réguler leurs tensions afin d'autoriser une reproduction élargie, plus ou moins stabilisée selon la temporalité envisagée.

La notion de crise structurelle indique l'existence de contradictions particulièrement aiguës et persistantes, non surmontées dans le temps, qui créent les conditions d'une crise du mode de régulation et, de manière induite, de l'accumulation. La crise financière mondiale peut être lue comme la crise du «mode de régulation financiarisé

» (Aglietta et Rébérioux, 2004) dominant dans les pays de l'OCDE depuis vingt, trente ans.

Elle révèle une crise structurelle de l'accumulation qui ne se limite pas à la sphère financière.

L'exigence de développement durable interroge les régulationnistes (Zuindeau, 2007, 2001; Rousseau et Zuindeau, 2007) quant à la possibilité de se diriger vers un «régime d'accumulation» et un «mode de régulation» répondant aux enjeux d'un tel développement.

2.1. Définition retenue d'un modèle économique

Un modèle économique se définit par les liens systémiques entre :

- un mode de production de la valeur concernant les registres de la performance et leurs liens entre eux (qualité, productivité, externalité, rentabilité) (Tertre, 2006 ; Hubault et Tertre, 2008) ;
- un mode de mobilisation des ressources humaines ;
- un mode de relation marchandes et de relations inter entreprises (passation de marché avec fournisseurs et clients) ;
- un mode de financement des ressources de l'entreprise et de rentabilité du capital.

2.1.1. Les multiples dimensions de la valeur

On retrouve quatre dimensions, intrinsèquement liées, permettant une caractérisation de la valeur produite :

- La qualité de la valeur d'usage des biens ou des effets d'usage des services. Selon Grandhayé (2007), l'analyse de la valeur, qu'il définit comme un «jugement porté sur un produit ou un service», doit être conduite sur plusieurs niveaux d'analyse :
 - L'analyse de la valeur d'usage, caractérisable par le biais de l'analyse fonctionnelle,
 - La valeur d'estime, évaluation portant sur des paramètres plus subjectifs comme les facteurs sémiologiques,
 - La valeur d'échange, dépense afférente à l'usage du produit ou du service.
- Les gains de productivité : capacité à réduire les coûts et ressources nécessaires à la production du bien ou du service proposé ;
- Les externalités « négatives », effets destructeurs de valeur du modèle mis en œuvre tant sur les plans environnementaux que sociaux (ex : santé, sécurité), et « positives », ressources portées par d'autres parties prenantes et ouvrant des perspectives de développement.

- La capacité à transformer les dimensions ci-dessus en une valeur monétaire.

Ces quatre dimensions sont évaluées par de multiples indicateurs en fonction des registres de la performance souhaitée.

2.1.2. Les fonctions d'usage d'un bâtiment

Dans le cadre de ses activités dans le bâtiment, l'utilisateur attend qu'il lui offre les meilleures conditions pour les mener à bien.

La détermination de ces conditions constitue les fonctions d'usage d'un bâtiment indépendamment des éléments perturbateurs extérieurs qui pourraient en entraver le bon déroulement. Ces éléments perturbateurs peuvent être de différents ordres : les intempéries, les riverains, les instances locales et réglementaires.

On retrouve une formulation de ces fonctions d'usage (figure 21) proposée par un collectif réunissant différents organismes de la filière (Gobin et al, 2003).

De plus, un ouvrage n'est pas réalisé pour un instant mais pour une période déterminée (cycle de vie). Une analyse doit ainsi prendre en compte les conditions de son exploitation et la manière de maintenir au meilleur niveau les performances des équipements (table 7).

| | Principe de fonctionnement | Performances d'usage | Performances d'exploitation |
|---|-----------------------------------|--|---|
| Caractérisation pour chaque fonction d'usage | Choix d'un mode de fonctionnement | Niveau de performance et tolérances retenues | Conditions d'exploitation et de maintenance |

Table 7 – Structuration des spécifications d'un ouvrage (Gobin, 2003)

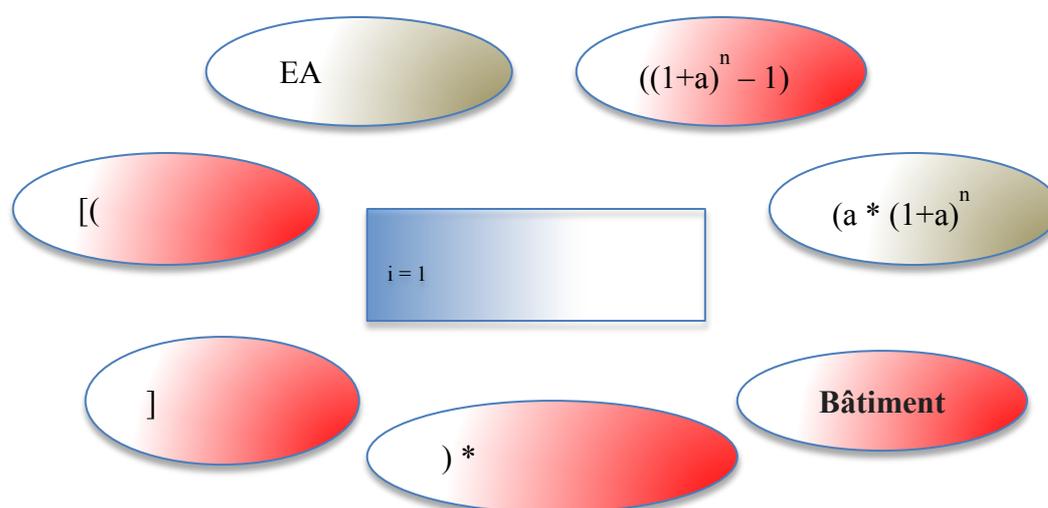


Figure 21 – Les fonctions d'usage d'un bâtiment en construction (Gobin, 2003)

- Fournir les espaces pour mener des activités : Service rendu par l'habitat qui permet à l'utilisateur de disposer d'espaces nécessaires pour accomplir différentes actions menées soit à l'intérieur du groupe familial, soit avec des personnes extérieures ;
- Protéger les biens et outils ainsi que le groupe humain : Service rendu par l'habitat qui permet à l'utilisateur de préserver (mais aussi d'utiliser) ses biens et ses outils malgré les diverses agressions climatiques, environnementales ou d'actions volontaires d'autres personnes ;
- Mettre à disposition les biens et outils : Service rendu par l'habitat qui permet à l'utilisateur d'utiliser les outils nécessités par ses activités et de profiter de ses biens ;
- Fournir une ambiance : Service rendu par l'habitat qui permet à l'utilisateur d'adapter l'ambiance intérieure en fonction de l'ambiance extérieure ;
- Maîtriser les relations : Service rendu par l'habitat qui permet à l'utilisateur de filtrer, d'empêcher ou de favoriser ses contacts avec les autres personnes de l'extérieur et avec les éléments naturels de son environnement ;
- Tirer parti du site : Service rendu par l'habitat qui permet à l'utilisateur de vivre dans un site sans lui porter atteinte ;
- Fonction sémiologique : Qualité du vécu de l'habitat par l'utilisateur. C'est donc ce qui fait la différence entre une somme aride de composants techniques et l'appropriation de l'habitat.

Il est indispensable de retenir qu'un cahier des charges fonctionnelles transcrit un contexte particulier qui influe sur la nature des choix pour un ou les maîtres d'ouvrage. Cette méthode peut être assimilée à un outil de type industriel, favorisant ainsi une logique cumulative dans la construction.

2.2. Les modèles économiques suite à l'émergence du concept de développement durable

Il semble que quatre modèles économiques se distinguent sur la base des expériences actuelles (table 8).

Ces modèles ont également comme limites que les conditions de passage d'une dynamique microéconomique à une dynamique macroéconomique puissent les mettre en difficulté par le biais de ruptures significatives (Tertre, 2011).

| | Absence d'implication territoriale | Présence d'implication territoriale |
|-----------------------------|---|--|
| Logique industrielle | Modèle industriel propre | Modèle de l'écologie industrielle |
| Logique servicielle | Modèle serviciel durable | Modèle de l'économie de fonctionnalité |

Table 8 – Présentation synthétique des quatre modèles (Tertre, 2011)

2.2.1. Le modèle « industriel propre »

Le modèle industriel propre tente de rendre l'activité productive conforme aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et cherche à renouveler la conception du traitement des déchets afin de se préoccuper de la biodiversité.

L'innovation porte:

- Sur la conception, la production et la vente de « produits propres », c'est-à-dire des produits dont l'usage est moins polluant, et dont les composants sont facilement recyclables ;
- Sur les équipements utilisés dans la production afin de réduire la consommation d'énergie, de diminuer les émissions de CO₂, voire de basculer vers l'usage d'énergies renouvelables (énergies non fossiles et circuits courts, éolien, solaire...), d'opérer des changements dans l'usage de produits intermédiaires considérés comme moins polluants ;
- Sur l'organisation et le management de l'entreprise en cherchant à faire en sorte que l'évolution de l'organisation et ses modes d'évaluation de la performance intègrent de nouveaux objectifs identifiés comme relevant de l'environnement.

Des effets positifs remarquables à l'échelle macroéconomique :

- Une modification des modalités de la concurrence en valorisant les comportements des ménages et des entreprises. Elle tend à généraliser des comportements considérés comme vertueux ;
- Un impact sur les investissements immatériels des entreprises en agissant sur les secteurs d'activité relevant de l'économie de la connaissance (ex : bureaux d'études, groupes de recherches appliqués) ;
- Une conception et utilisation de nouveaux indicateurs en phase avec des objectifs de préservation de l'environnement.

Des limites au modèle :

- Il n'existe pas de découplage de la croissance économique avec la croissance des flux de matières. En particulier, il peut exister un effet rebond très classique en économie industrielle ;
- Les différentes dimensions du développement durable (croissance économique, environnement, équité sociale) ne sont pas articulées les unes aux autres, mais juxtaposées ;
- L'évolution des modes de gouvernance des entreprises ne constitue pas une donnée. Le primat des acteurs financiers peut être maintenu, sans prise en compte de l'implication potentielle d'autres acteurs porteurs de préoccupations en termes de modes de vie et d'équité sociale.

En définitive, le « modèle industriel propre » met en œuvre des stratégies qui permettent de sensibiliser les acteurs économiques, sociaux et institutionnels aux enjeux du développement durable.

Mais il ne s'inscrit pas, sur le plan macroéconomique, dans une perspective de développement durable. Ces contradictions invitent les acteurs économiques et les chercheurs à envisager d'autres modèles.

2.2.2. Le modèle de « l'écologie industrielle »

L'orientation majeure de ce modèle consiste à faire des déchets des uns les ressources des autres, voire à envisager les relations interindustrielles sur le mode de l'économie circulaire associée au cycle de vie des produits.

La dimension systémique de l'approche de l'écologie industrielle a pour finalité de concevoir les produits en intégrant non seulement leur usage final, mais aussi les différentes étapes intermédiaires contribuant à leur réalisation.

L'aspect territorial est, ici, déterminant. Pour reprendre des analyses en termes de proximité (Rallet et Torre, 1995; Colletis et al, 1997), la proximité géographique s'adosse à une proximité institutionnelle au sens où les territoires sont sollicités dans leur capacité à générer des ressources partagées, tant des ressources matérielles, énergies et flux de matières, que des ressources immatérielles (Tertre, 2008).

Des distinctions avec le modèle « industriel propre » :

- Le renouvellement des relations interindustrielles et la possibilité de mutualiser l'usage et le financement de certains investissements ;
- L'implication des acteurs territoriaux, notamment à travers la fiabilité et la pertinence des réseaux relevant de l'économie de la connaissance qu'ils animent ;
- L'émergence de nouveaux dispositifs d'évaluation qui ne portent plus simplement sur les produits eux-mêmes, mais sur les conditions de leur recyclage et le recyclage des déchets apparus en cours de production.

Les limites du modèle

- « L'effet rebond » se reproduit dans la mesure où la croissance de la valeur ajoutée reste dépendante de la matière transformée, et où la croissance du chiffre d'affaires s'appuie sur la croissance en volume des ventes ;
- La seconde limite du modèle tient, comme le modèle industriel propre à l'absence de modification des modes de vie.

Tout comme le modèle industriel propre, ce modèle économique d'entreprise offre peu de leviers quant à l'articulation des trois dimensions du développement durable. Ces dernières apparaissent juxtaposées les unes aux autres, des contradictions pouvant émerger constamment entre elles.

2.2.3. Le modèle « serviciel »

Qu'elles soient d'un secteur d'origine industrielle ou d'un secteur de services, les entreprises engagées dans une dynamique servicielle restent garantes de la durée de vie des biens qu'elles mobilisent, de leur possible recyclage et de leur maintenance, d'une part, et des effets d'usage en vigueur comme des conditions d'accessibilité aux services que représente leur offre, d'autre part.

Or, la prise en charge du service comme de son accessibilité crée les conditions d'une articulation d'objectifs relevant d'enjeux environnementaux et d'enjeux sociaux.

Le modèle serviciel peut se présenter sous deux formes distinctes renvoyant à une dynamique économique et sociale identique:

=> Certaines entreprises industrielles tentent de remplacer la vente d'un bien d'équipement aux ménages ou aux entreprises par la vente d'un service dont l'effet se substitue à la valeur d'usage de l'équipement qu'en aurait eue le client en cas d'achat de ce dernier. L'entreprise industrielle ne vend plus les droits de propriété de l'équipement, mais vend un service.

=> Certaines entreprises de services engagent une réflexion et une stratégie d'offre concernant l'accessibilité de leurs services qui vont tenir compte des modes de vie de leurs clients. Il s'agit alors de concevoir et de promouvoir des services qui induisent des comportements chez les bénéficiaires considérés comme vertueux quant aux enjeux de développement durable.

Caractéristiques et distinction avec les modèles économiques précédents :

- Une dynamique de création de valeur qui intègre l'action des clients et l'évolution de leur mode de vie ;
- L'opportunité de fixer la valeur ajoutée, à travers son expression monétaire, sur la base d'une relation marchande fondée sur la vente d'un service intégrant la qualité de son accessibilité et ses liens avec le développement durable ;
- Une rentabilité financière, adossée à une capacité d'agir sur la performance d'usage des équipements ;

- L'opportunité d'articuler intrinsèquement les enjeux sociaux aux enjeux environnementaux ;
- Le découplage flux de matières/croissance de la valeur ajoutée fondé sur la création de valeur immatérielle.

Des limites au modèle :

- Les dispositifs d'évaluation doivent s'étendre aux comportements des bénéficiaires directs et indirects dans le cadre de la coproduction du service ;
- Une nouvelle façon de gérer le temps de travail et des innovations institutionnels de la part des territoires à l'échelle locale ;
- Une place centrale du bénéficiaire, dans la phase de production du service, redéfinissant les logiques de coopération sur les dimensions entreprise-client mais également entreprise-fournisseurs ;
- L'innovation induisant la prise en compte de l'engagement du bénéficiaire dans la coproduction du service, la compréhension des évolutions possibles de ses comportements suppose de faire remonter la connaissance qu'en ont les salariés en situation de face-à-face.

Si le modèle serviciel présente de nouvelles opportunités quant aux possibilités de lier enjeux environnementaux et enjeux sociaux, il n'induit pas de nouvelles formes de gouvernance mobilisant, en particulier, les institutions territoriales.

Cette limite majeure affaiblit le lien de ce modèle économique d'entreprise avec l'élaboration d'un nouveau mode de régulation qui servirait de point d'appui, sur le plan macroéconomique, à l'émergence d'un nouveau régime de développement.

3. L'émergence d'une économie de fonctionnalité

3.1. Une définition de l'économie de fonctionnalité

Il semble que Stahel (1986) soit le premier à avoir proposé un modèle économique consistant à vendre un service plutôt qu'un produit, permettant de prendre en compte des objectifs de durabilité. Cette perspective permettait d'introduire la dimension de l'usage des biens encourageant le prestataire du service à repousser l'obsolescence des ressources matérielles engagées.

Cette notion a été développée en passant de la vente d'un service à celle d'une solution liant produits et services avec l'émergence du concept de *Product Service System* (PSS) (Morelli, 2006 ; Mont, 2002)

Dans un travail de la Fondation Concorde (2010), Bourg explique que « ce modèle doit permettre de passer de la vente d'un bien à un modèle basé sur l'usage de ce bien intégrant *un droit d'usage* et la *fin de l'obsolescence programmée* des équipements matériels ». Cette définition semble se rapprocher du modèle serviciel décrit précédemment sans faire référence aux implications d'institutions territoriales que ce

modèle induit.

Nous retiendrons la définition proposée par Tertre (2011), à savoir qu'on entend par « modèle de l'économie de la fonctionnalité les dynamiques de coproduction par des prestataires et des bénéficiaires de solutions liant, de manière intégrée, produits et services afin de répondre à des attentes de ménages (business to consumer) ou d'entreprises (business to business) intégrant de nouvelles exigences environnementales et sociales.

En d'autres termes, le périmètre de l'action considérée comme activité productive s'est déplacé, de même que le périmètre des acteurs concernés et engagés dans cette dynamique productive. »

C'est précisément ce qui le différencie d'un modèle économique dit *serviciel* car il ne s'agit plus d'une décision stratégique de l'entreprise à l'échelle de son activité mais d'une réflexion à l'échelle de son secteur d'activité initial.

Il conduit ainsi à dissocier la croissance économique de la croissance des flux de matière et incite à utiliser d'autres indicateurs dans l'évaluation de la valeur créée qui prennent en compte la performance sociale, environnementale et économique ainsi que la gestion coopérative de biens partagés indivisibles comme le bien-être ou le confort dans un bâtiment (Tertre, 2006 ; Zacklad, 2006).

3.2. Distinction avec le « modèle serviciel »

L'aspect spécifique de ce modèle tient essentiellement dans la conception et la réalisation de « solutions » s'appuyant sur l'intégration de biens et de services de telle manière que cette dernière provoque un changement de niveau systémique des dimensions « fonctionnelles » permettant de traiter les externalités négatives produites antérieurement et de capter les externalités ressources disponibles sur le plan territorial.

3.3. Les obstacles à sa diffusion

- Le passage, d'un dispositif de vente à l'acte, à un dispositif de vente à l'accès intégrant une vente de performance ;
- Les bénéficiaires auront à s'engager et à respecter certaines conventions en matière comportementale. Ils tiendront compte du fait qu'ils n'ont pas de droit de propriété sur les équipements utilisés dans le cadre de la proposition fonctionnelle. Cet engagement devra aussi être évalué ;
- La capacité de faire partager au réseau de partenaires les mêmes démarches économiques de création de valeur et de mutualisation du financement des investissements immatériels ;
- Nouveau régime de productivité, c'est-à-dire de levier de productivité soutenu par des dispositifs institutionnels renouvelés vis-à-vis des gains de productivité industriels. Les conventions devront avoir une dimension fortement territorialisée ;

- Les rapports entre entreprises et territoires devront être renouvelés sur la base de la considération de la prise en charge collective des externalités négatives produites et la possibilité de mobiliser des externalités ressources, notamment d'ordre immatériel.

La capacité d'innover en matière de « mode de régulation » est certainement le levier le plus pertinent pour envisager, un régime de développement qui permette de se dégager du régime industriel et financiarisé et de prendre en charge les exigences d'un développement durable.

L'économie de la fonctionnalité semble se présenter comme un modèle pertinent, assurant une possibilité d'articuler, le micro et le macro, le local et le global, dans une telle perspective.

Mais cela demande aux acteurs sociaux, économiques et institutionnels d'adopter des approches de rupture avec les modèles précédents.

Conclusion du Chapitre 2

Dans ce chapitre, nous avons développé l'analyse de plusieurs cas d'expériences, à l'internationale et en France, de programmes d'efficacité énergétique qui a pointé plusieurs facteurs clés permettant d'accroître les possibilités de réussite de ces programmes :

- La possibilité pour les différents acteurs de pouvoir échanger régulièrement ;
- La présence de documents qui fournissent des démarches à suivre et/ou des recommandations pour la mise en œuvre du programme. Ces documents doivent être mis à jour régulièrement pour capitaliser les connaissances produites par l'expérience ;
- La présence de méthodes d'évaluations structurées sur deux niveaux :
 - des évaluations centralisées pour les résultats standard d'un programme à l'autre ;
 - des évaluations réalisées par chacun des acteurs pour les résultats spécifiques aux programmes ;
- La disponibilité pour tous les acteurs de bases de données qui partagent l'expérience acquise tout au long du programme :

Les travaux portant sur les méthodes d'évaluation des programmes d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment ont permis d'éclaircir deux dimensions :

- Les types, méthodes et facteurs d'ajustement nécessaires à prendre en compte, lors de la construction de scénarios énergétiques, ainsi que dans l'évaluation économique des solutions techniques envisagées ;
- La valeur générée par les bénéfices non-énergétiques des actions d'efficacité énergétique réalisées dans le secteur du bâtiment, et, le besoin d'une évaluation systémique permettant de mieux valoriser ces puits de valeur à partager entre les parties prenantes des programmes d'efficacité énergétique.

L'analyse du concept de développement durable a permis, de montrer le besoin de clarifier cette notion, et l'émergence de modèles économiques dépassant les logiques productivistes et de l'économie des ressources et de l'environnement.

Cet état de l'art et de la littérature a souligné :

- Les leviers pour implémenter un programme d'efficacité énergétique efficace,
- Les différentes méthodes d'évaluation et facteurs d'ajustement à considérer pour estimer de la manière la plus pertinente à la fois la conception collaborative de scénarios locaux d'efficacité énergétique mais également les réels impacts de ces programmes ;

- Le besoin de principes dans la phase de conception des programmes d'efficacité énergétique pour envisager les différents aspects du développement durable et réduire les effets négatifs, destructeurs d'une partie de la valeur des solutions produites actuellement.

Conclusion de la Partie I

Dans un premier temps, nous étions revenus sur la nécessité de s'occuper de la rénovation énergétique des bâtiments à cause de leur dépendance aux énergies fossiles et de l'augmentation du prix des énergies rendant difficile de maîtriser leurs budgets énergétiques pour les ménages et les collectivités.

Ce constat ayant pour effet d'augmenter les situations de précarité énergétique pour les ménages, notamment pour se chauffer.

Ces problèmes montraient l'importance de développer des politiques et programmes d'efficacité énergétique répondant à ces enjeux.

Dans un second temps, nous sommes revenus sur l'état des travaux et publications dans plusieurs champs disciplinaires relevant de l'analyse des programmes d'efficacité énergétique, de leur évaluation et des modèles économiques permettant de mieux prendre en compte les aspects économiques, environnementaux et sociaux avec un focus sur l'économie de fonctionnalité.

L'étude des modèles économiques, et particulièrement celui de l'économie de fonctionnalité, a montré qu'il était possible de concevoir de nouvelles solutions. Évaluées sur une performance, elles répondent à des enjeux de durabilité en coopération avec les acteurs du territoire, institutionnels et privés.

La transition vers ce modèle économique ne peut se faire en une seule étape.

Sur la base de ces travaux, notre problématique scientifique s'oriente vers le développement d'un nouveau cadre d'analyse des programmes d'efficacité énergétique des bâtiments existants permettant une évaluation multi-dimensionnelle de la valeur produite. Des étapes seront nécessaires pour enclencher des dynamiques favorisant une transition qui permette aux acteurs de disposer d'un temps d'adaptation suffisant.

C'est ce point particulier qui sera développé dans la partie suivante avec la recherche d'une nouvelle offre participant à une amélioration durable des écosystèmes territoriaux. Nous présenterons notre contribution à cet objectif dans le cadre de deux expérimentations.

PARTIE II

PROPOSITION D'UNE MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION D'UN PROGRAMME D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Introduction de la Partie II

Cette partie présente la méthodologie de conception d'un programme d'efficacité énergétique développée dans le cadre de cette recherche. Elle est composée de la manière suivante.

Un premier chapitre (Chapitre 3) traitant du contexte territorial et d'un état du parc de bâtiments des départements de Meuse et de Haute-Marne, ainsi que du programme d'accompagnement économique porté par EdF dans lequel se situe ce travail. Une description des terrains expérimentaux est également présentée.

Un second chapitre orienté sur notre proposition d'un processus global intégré de conception collaborative de programme d'efficacité énergétique des bâtiments en milieu rural. Trois propositions sont exposées relevant :

- De principes favorisant la mise en œuvre de dynamiques dans les modèles économiques ;
- D'une méthode conception de scénarios locaux d'efficacité énergétique et de son système d'évaluation ;
- D'un processus d'étude en six composantes favorisant la coopération et la mise en œuvre de ces programmes par leurs responsables.

À l'issue de cette partie, nous aurons proposé une première réponse à la problématique scientifique construite et présentée dans le chapitre précédent.

CHAPITRE 3

PRESENTATION ET ANALYSE DES ECOSYSTEMES TERRITORIAUX ET DES TERRAINS EXPERIMENTAUX.

Introduction du Chapitre 3

Dans un premier temps, ce chapitre présente le contexte territorial dans lequel se situe l'action de l'industriel EDF à savoir, les départements de Meuse et de Haute-Marne.

Il fait un état des lieux de la situation du parc de bâtiments de ces départements autour de deux dimensions :

- Une étude du parc de bâtiments : les types de bâtiments, leurs volumes, leur vétusté ;
- Une analyse des consommations énergétiques des parcs résidentiels et tertiaires ainsi que la courbe de charge électrique avec les différents usages consommateurs d'énergie.

Dans un deuxième temps, le programme d'accompagnement économique porté par EDF sur les écosystèmes Meusien et Haut-Marnais depuis 2006 est analysé. L'axe « Maîtrise de l'énergie » de ce programme d'accompagnement fait l'objet d'une attention particulière car la recherche se situe dans ce contexte et ce dernier apporte donc une vision terrain nécessaire pour concevoir notre première proposition méthodologique. L'étude de cet axe est déclinée de la manière suivante:

- L'objet du programme de « maîtrise de l'énergie » et le dispositif de soutien à l'offre d'actions d'efficacité énergétique et à la demande aux niveaux des différentes catégories de maîtres d'ouvrage ;
- Les enjeux, résultats et difficultés du programme mené sur la période 2006-2010. Notre recherche ayant commencé pendant le second semestre 2009, nous disposons des résultats du programme depuis cette période.

D'autre part, les terrains expérimentaux sur lesquels la méthode a été construite puis appliquée sont présentés en détail.

Section A – La Meuse et la Haute-Marne : deux écosystèmes ruraux avec un parc de bâtiments vétustes et énergivores.

Cette section cherche à établir un constat sur les situations économiques et énergétiques des départements de Meuse et de Haute-Marne en lien avec le secteur du bâtiment.

Les données n'étant pas toujours simples à collecter, notamment lorsque les institutions locales, à une échelle départementale, ne sont pas en mesure de les fournir pour des raisons de coûts d'études trop élevés, nous avons croisé certaines données statistiques pour pouvoir les comparer avec d'autres territoires et à des échelles différentes.

Le contexte énergétique des bâtiments montre que les tendances dégagées dans la première partie se confirment ainsi que quelques particularités propres aux territoires investigués.

1. Les bâtiments en Meuse et Haute-Marne

L'analyse des données issues des recensements généraux de la population de 1999 et 2006 par l'INSEE croisé avec les enquêtes des logements de 2002 permet d'établir une segmentation précise des types de logements par période d'achèvement et d'énergie ainsi que des répartitions entre maisons individuelles (MI) et logements collectifs (LC) (table 9).

| | Charbon | Fuel | Gaz | GPL | Elec | Bois | TOTAL |
|----------------------|------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| MI avant 1948 | 421 | 20'062 | 8'260 | 1'715 | 4'333 | 25'108 | 59'899 |
| LC avant 1948 | 50 | 1'300 | 4'448 | 307 | 3'460 | 1'002 | 10'567 |
| MI avant 1974 | 94 | 11'143 | 5'993 | 571 | 1'985 | 5'210 | 24'996 |
| LC avant 1974 | 63 | 3'148 | 11'144 | 255 | 930 | 500 | 16'040 |
| MI avant 1981 | 24 | 3'524 | 1'609 | 263 | 4'058 | 4'141 | 13'619 |
| LC avant 1981 | 0 | 704 | 2'200 | 44 | 850 | 23 | 3'821 |
| MI avant 1989 | 0 | 1'758 | 1'449 | 172 | 2'672 | 4'462 | 10'513 |
| LC avant 1989 | 0 | 152 | 930 | 55 | 1'000 | 20 | 2'157 |
| MI ap 1990 | 0 | 1'957 | 1'542 | 335 | 1'283 | 1'782 | 6'899 |
| LC ap 1990 | 0 | 52 | 840 | 158 | 730 | 20 | 1'800 |
| TOTAL | 652 | 43'800 | 38'415 | 3'875 | 21'301 | 42'268 | 150'311 |

Table 9 – Répartition en nombre de logements par période d'achèvement et par énergie de chauffage des bâtiments de Meuse et de Haute-Marne

Cependant, il est difficile de différencier des logements disposant de systèmes d'appoint et des modes de consommation liées aux usages des habitants. Afin d'évaluer les consommations finales des logements, les logements vacants et les résidences secondaires sont déduits du total.

Une comparaison est établie avec les données issues des études menées par les

ADEME régionales et l'AREL¹⁵ pour mesurer leur pertinence. Trois constats peuvent être établis :

- Une forte vétusté du parc de logements avec plus de 74% (111'502) (figure 22) des logements dont la période d'achèvement précède la première réglementation thermique. Ces valeurs permettent en partie d'expliquer l'importante moyenne de consommations des logements (+350 kWh/m²/an) relevées dans les données de l'ADEME Lorraine et Champagne-Ardenne (AREL, 2008 ; CRCA, 2008) ;
- L'importance du fioul en matière d'énergie de chauffage pour les logements datant d'avant 1975. Cet ensemble est fortement émissif en GES lié au taux de CO₂ élevé à 300gCO₂/KWh (valeur DPE) dégagé par le fuel ;
- Une forte présence de logements équipés avec des systèmes bois (ex : cuisinières bois) mais dont les rendements restent très faibles à cause de leur vétusté et leur utilisation (figure 23).

L'agrégation des données précédentes aux valeurs de consommations unitaires statistiques régionalisées permet de dresser une représentation des consommations d'énergies finales en 2005 en Meuse et Haute-Marne pour les secteurs résidentiel et tertiaire (CEREN, 2010).

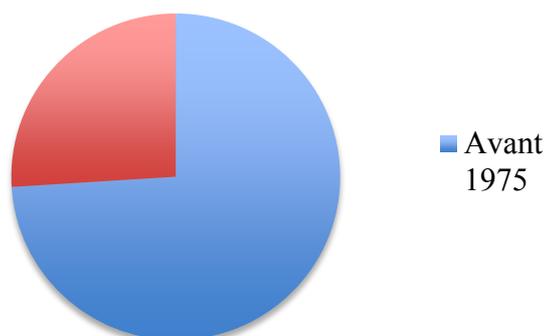


Figure 22 – Période d'achèvement des logements en Meuse et Haute-Marne avant et après 1975

¹⁵ Agence Régionale de l'Environnement de Lorraine

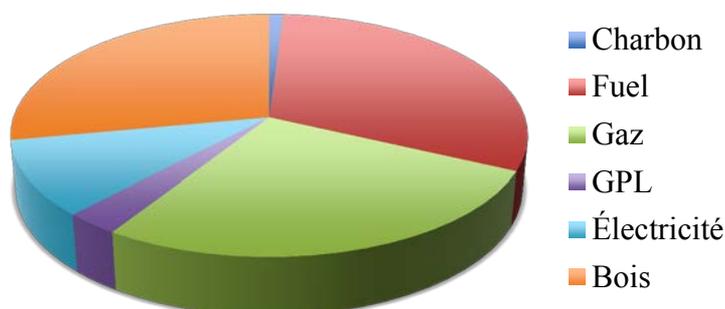


Figure 23 – Mix énergétique des logements d'avant 1975 en Meuse et Haute-Marne

2. Des indicateurs comparés à trois échelles territoriales

Nous proposons une analyse de chiffres clés à plusieurs échelles territoriales afin d'éclaircir quelques spécificités des terrains d'expérimentation (table 10) :

- Les départements de Meuse (55) et de Haute-Marne (52), les départements sur lesquels EdF mène son programme d'efficacité énergétique des bâtiments depuis 2006 (cf. PII.C3.SB.2.) ;
- Les régions de Lorraine et Champagne-Ardenne, les régions des deux départements de Meuse et de Haute-Marne ;
- La France pour avoir une comparaison avec les valeurs nationales.

| | Meuse | Haute-Marne | Lorraine | Champagne-Ardenne | France |
|--|---------|-------------|-----------|-------------------|------------|
| Population | 193'696 | 186'470 | 2'346'361 | 1'338'000 | 65'027'000 |
| Superficie (km²) | 6'248 | 6'211 | 23'547 | 25'606 | 675'417 |
| Densité (hab/m²) | 31 | 30 | 100 | 52 | 97 |
| Logements | 92'032 | 98'087 | 1'116'027 | 648'200 | 31'000'000 |
| Entreprises du bâtiment | 945 | 966 | 9'250 | 5'530 | 300'000 |
| Age moyen | 40 | 41 | 39 | 39 | 39 |
| Niveau de vie des ménages (€/an) | 14'000 | 13'800 | 15'000 | 16'000 | 15'800 |
| Émissions de CO₂ pour les bâtiments (en Mtonnes) | | 815 | 5'000 | 3'600 | 90'000 |

Table 10 – Chiffres clés des départements, régions et France

Quelques particularités relevées dans l'analyse des chiffres de la table précédente montrent :

- Les départements de Meuse et de Haute-Marne représentent près de 0,6% de la population nationale ;
- Les départements considérés, Meuse et Haute-Marne, sont les plus petits en matière de volume de population de leur région respective, Lorraine et Champagne-Ardenne ;
- Un âge moyen plus élevé que la moyenne nationale. Cela est d'autant plus significatif dans les villages, très retirés à la campagne, avec des populations âgées et peu de jeunes arrivants ;
- Les médianes des niveaux de vie de ménages n'étaient pas disponibles pour les deux villages. Cependant, bien que la moyenne soit plus élevée, le niveau de vie des ménages de ces deux départements reste globalement inférieur à la moyenne nationale et celle de leur région respective ;
- Un ratio des émissions directes de CO₂ plus élevé que la moyenne nationale qui s'explique par la présence de logements plus grands et plus énergivores que la moyenne nationale.

3. Les détails du climat territorial

L'analyse du climat (EDF R&D, 2009) (figure 24) permet de mieux comprendre les valeurs élevées en matière de besoins de chauffage (figure 25). Des hivers avec des températures plus basses que les moyennes nationales détériorent un peu plus les coefficients de performance (COP) des pompes à chaleur (PAC).

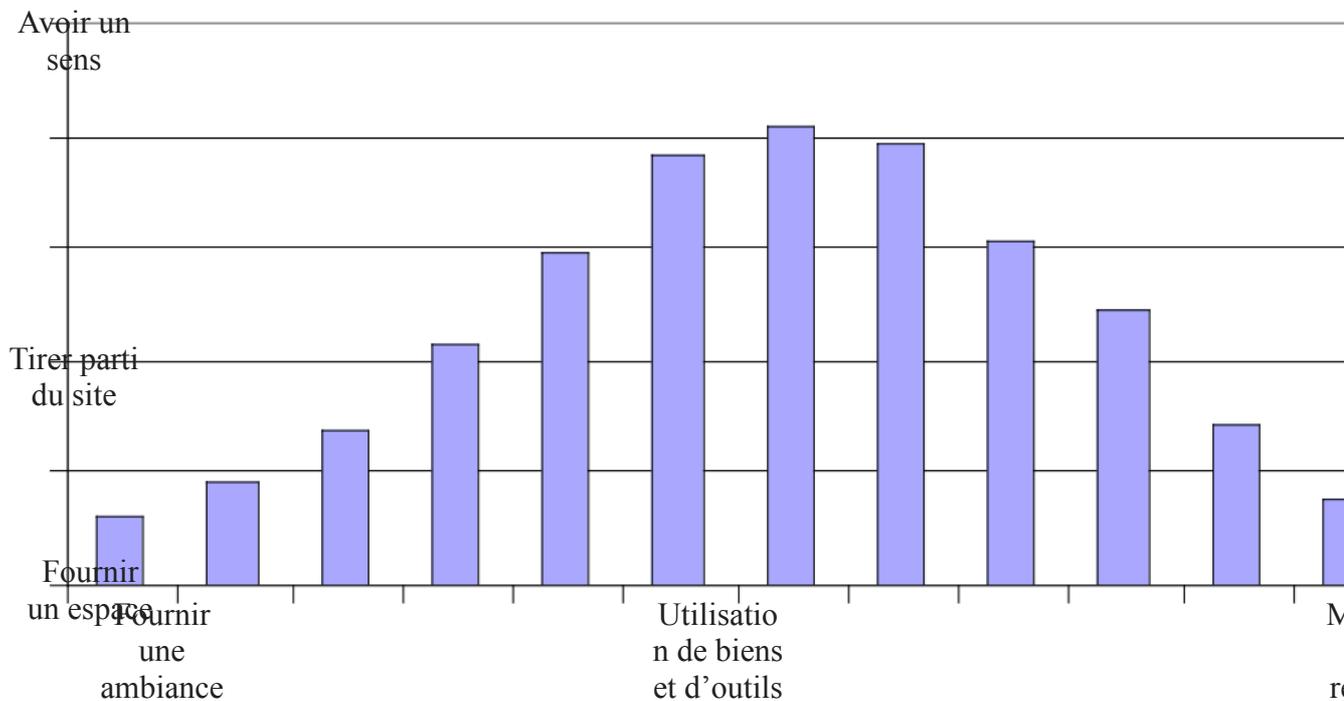
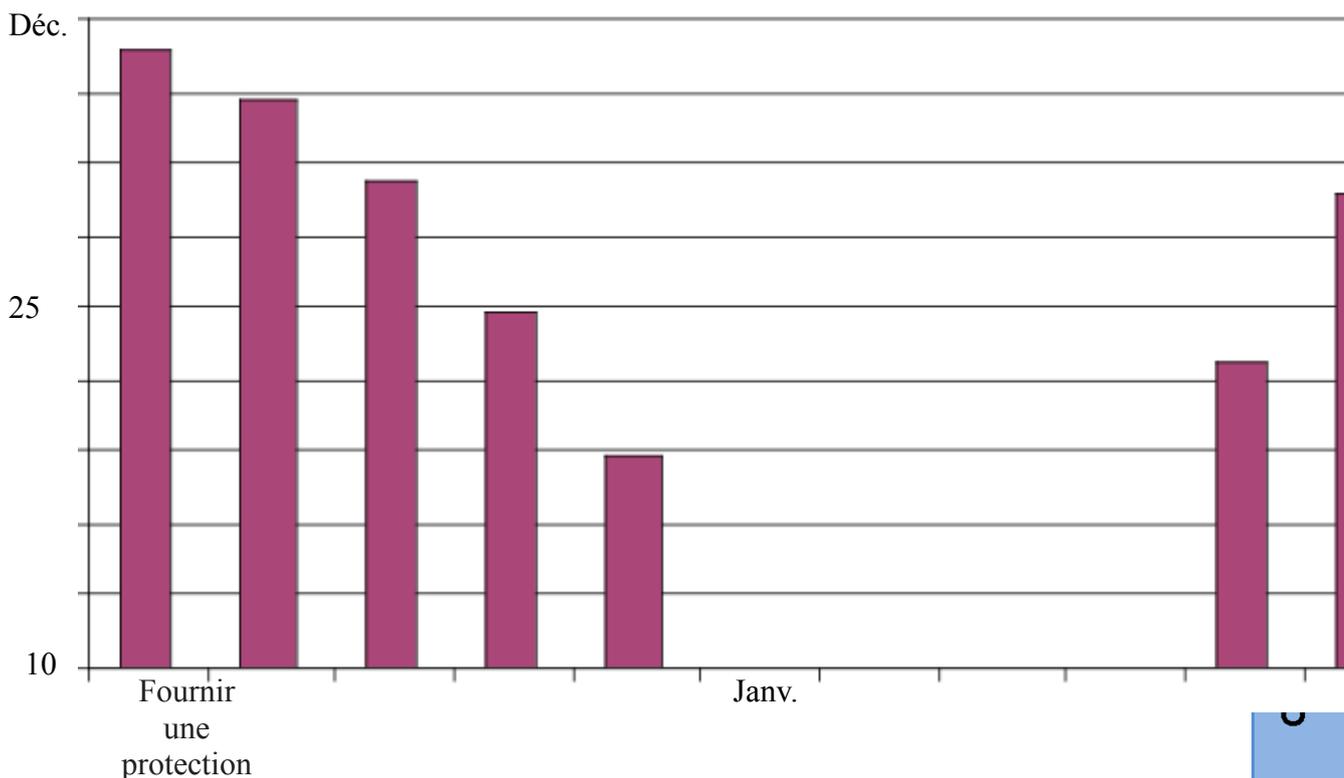


Figure 24 – Température moyenne en Meuse et Haute-Marne sur l'année, en °C (EdF R&D, 2009)

La présence d'un besoin de chauffage dans la première période jusqu'à mai est cohérente avec les périodes de fonctionnement des systèmes de chauffage pour les bailleurs sociaux (du 15 octobre au 15 mai). Cette analyse de la consommation électrique est généralisée pour définir des profils de consommations mensualisés.

CHAPITRE 1



CHAPITRE 4

Figure 25 – Besoin de chauffage calculé en pourcentage selon écart T° normale à 19°

4. Le contexte énergétique en Meuse et Haute-Marne

4.1. Les consommations des bâtiments résidentiels

Les bâtiments résidentiels de Meuse et de Haute-Marne consomment près de 3,8 TWh d'énergie finale par an contre 770 TWh pour l'ensemble des bâtiments en France (figure 26).

La particularité du mix énergétique des bâtiments résidentiel dans ces deux départements se situe à deux niveaux :

- Une plus faible dépendance aux énergies fossiles que pour la moyenne nationale avec environ 50% d'énergies fossiles pour satisfaire l'ensemble des usages énergétiques ;
- Une forte présence de bois pour le chauffage liée à une forte densité de forêts, notamment en Meuse.

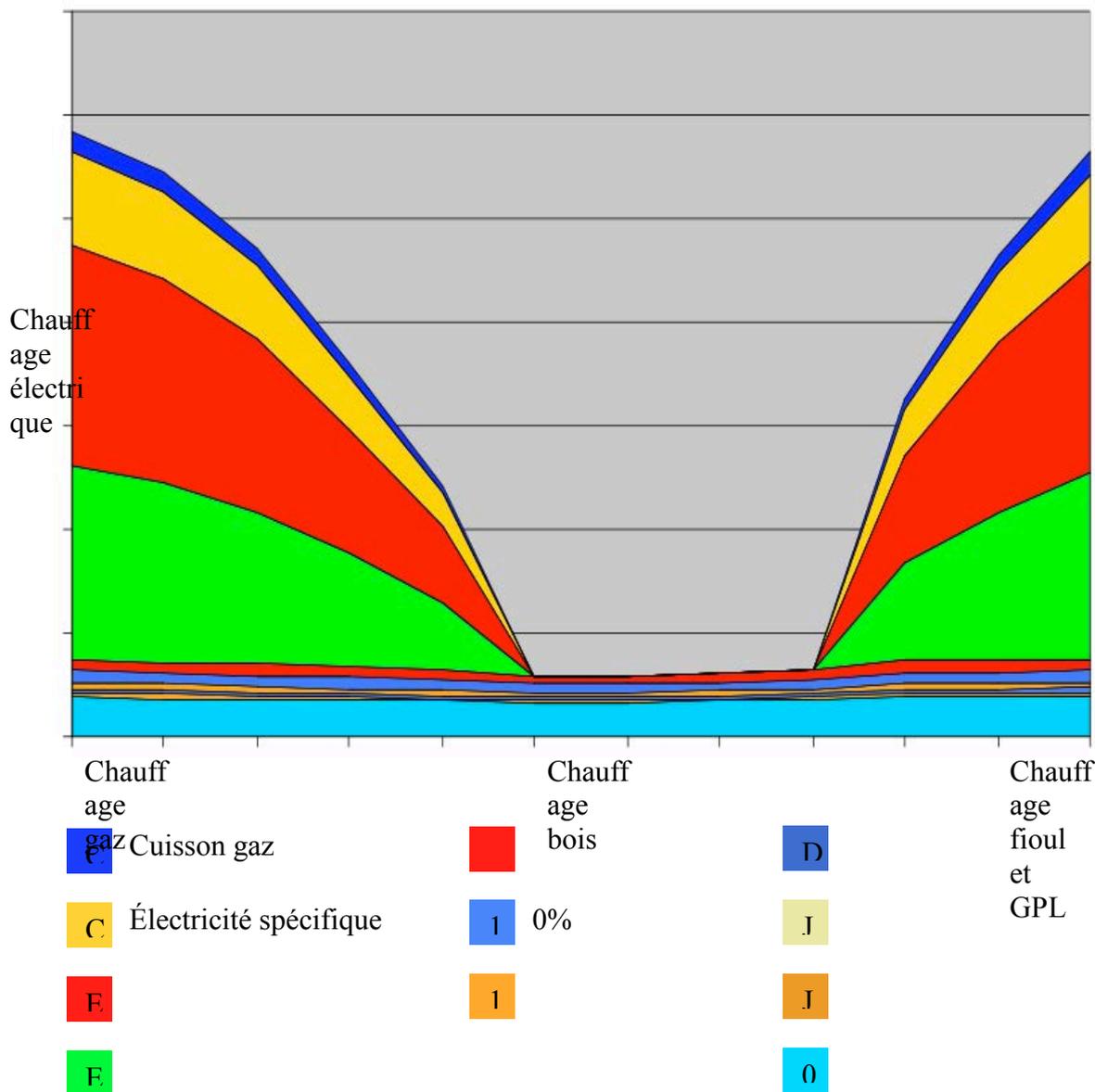


Figure 26 – Consommations mensuelles en énergie finale des bâtiments résidentiels par usage, en TWh, en Meuse et Haute-Marne, en 2005 (notre recherche)

4.2. Les consommations des bâtiments tertiaires

Les consommations énergétiques des bâtiments tertiaires en Meuse et Haute-Marne ne représentent que 22% des consommations de l'ensemble du secteur bâtiment (figure 27). Cette valeur, en dessous de la moyenne nationale, s'explique pour deux raisons :

- Des territoires ruraux avec peu d'habitants et des institutions locales dimensionnées pour des territoires pourvus d'une faible dynamique démographique ;
- Peu de sociétés de service et de zones commerciales.

Trois différences significatives se dégagent comparé au secteur des bâtiments en résidentiel :

- La consommation de bois comme énergie de chauffage est nettement moins importante. Cela s'explique par la faible présence de système de chauffage bois de forte puissance pour les grands ensembles tertiaires. Cette tendance est en train d'évoluer avec le développement des réseaux de chaleur initié dans le cadre du « fond chaleur » piloté par l'ADEME ;
- La consommation de gaz est la plus importante pour répondre au besoin de chauffage. Le gaz, qui était la troisième énergie en matière de volume consommé pour les logements, est la plus représentée pour les bâtiments en tertiaire ;
- Le poids de l'électricité spécifique est plus important que dans les logements. Cette différence s'explique majoritairement par la densité d'équipements multimédia dans les institutions locales et les sociétés de service.

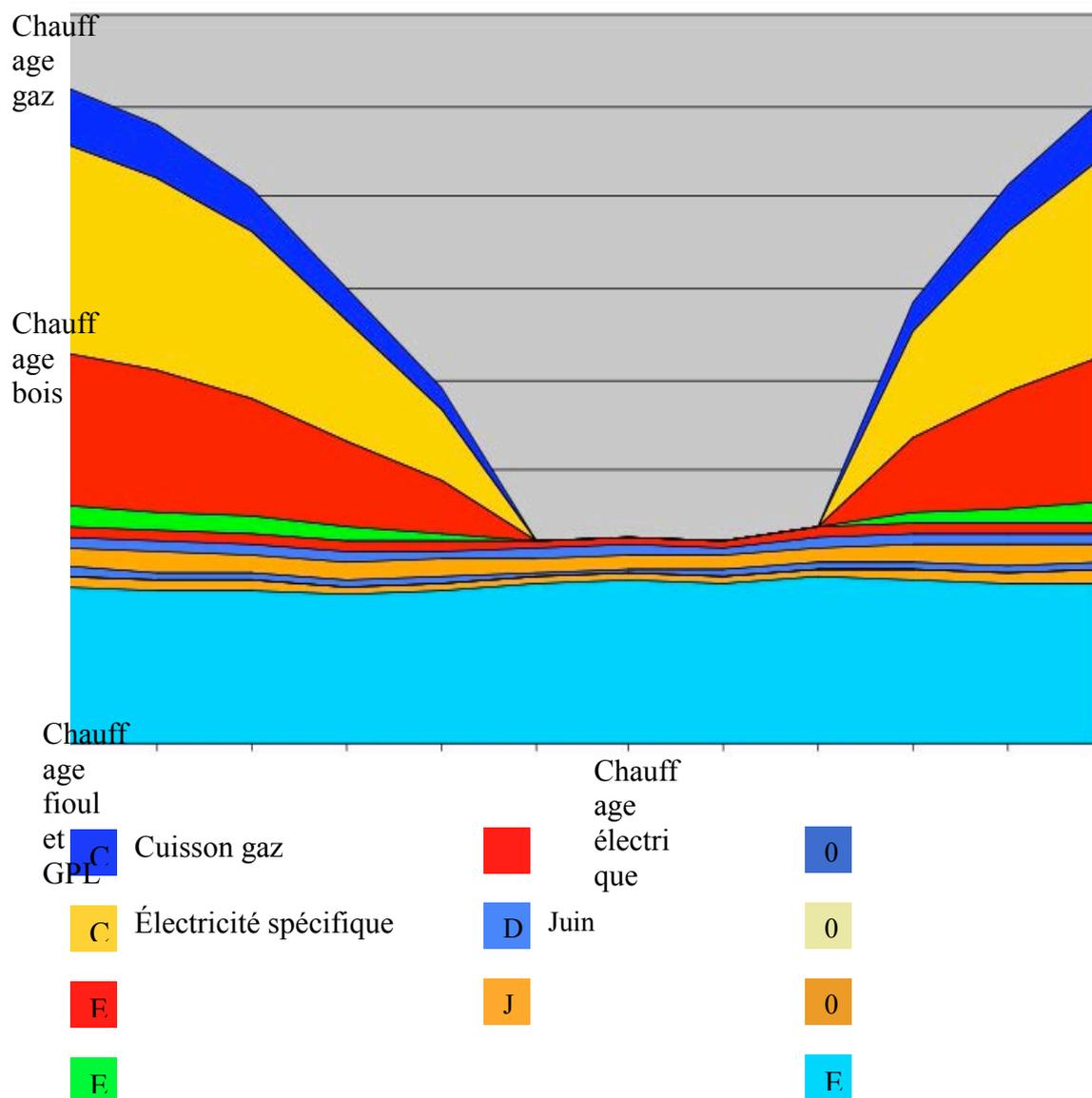


Figure 27 – Consommations mensuelles en énergie finale des bâtiments tertiaires par usage, en TWh, en Meuse et Haute-Marne, en 2005 (notre recherche)

4.3. La courbe de charge électrique

La courbe de charge annuelle des usages électriques dans les bâtiments de Meuse et de Haute-Marne présente de fortes saisonnalités du fait des besoins de chauffage qui sont relativement importants dans ces départements. Le « creux » de l'été est cependant plus court en terme de temps car les périodes de chauffage commencent plus tôt en automne et finissent plus tard vers la fin du printemps (figure 28).

Les besoins en climatisation sont moindre que la moyenne nationale mais tendent à augmenter depuis quelques années.

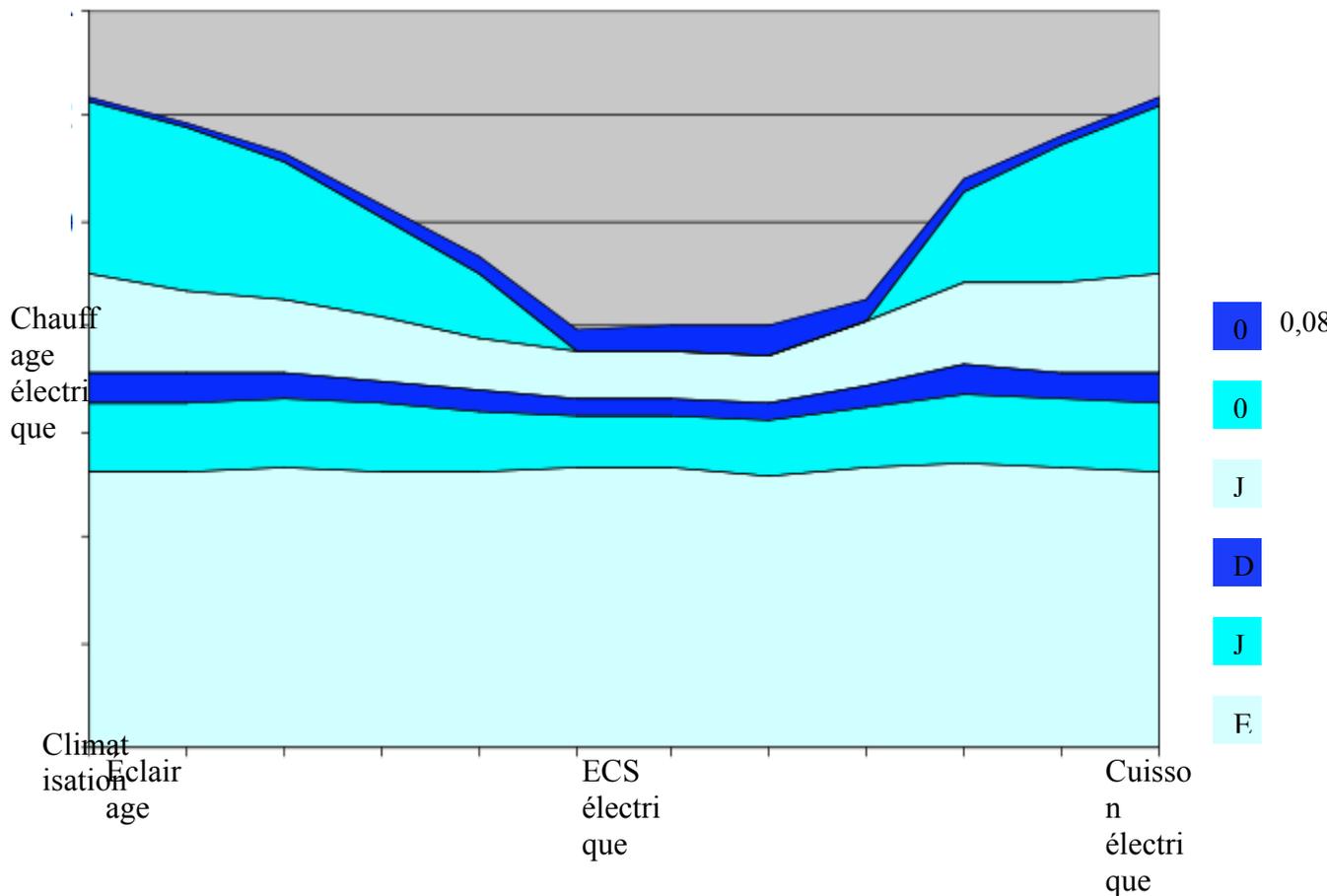


Figure 28 – Courbe de charge annuelle des usages électriques dans les bâtiments, en TWh, en Meuse et Haute-Marne, en 2005 (notre recherche)

4.4. Les consommations des bâtiments de Meuse et Haute-Marne

Les données agrégées des consommations des bâtiments en résidentiel et en tertiaire ne transforment pas fondamentalement les tendances dégagées lors de l'analyse sectorielle (figure 29).

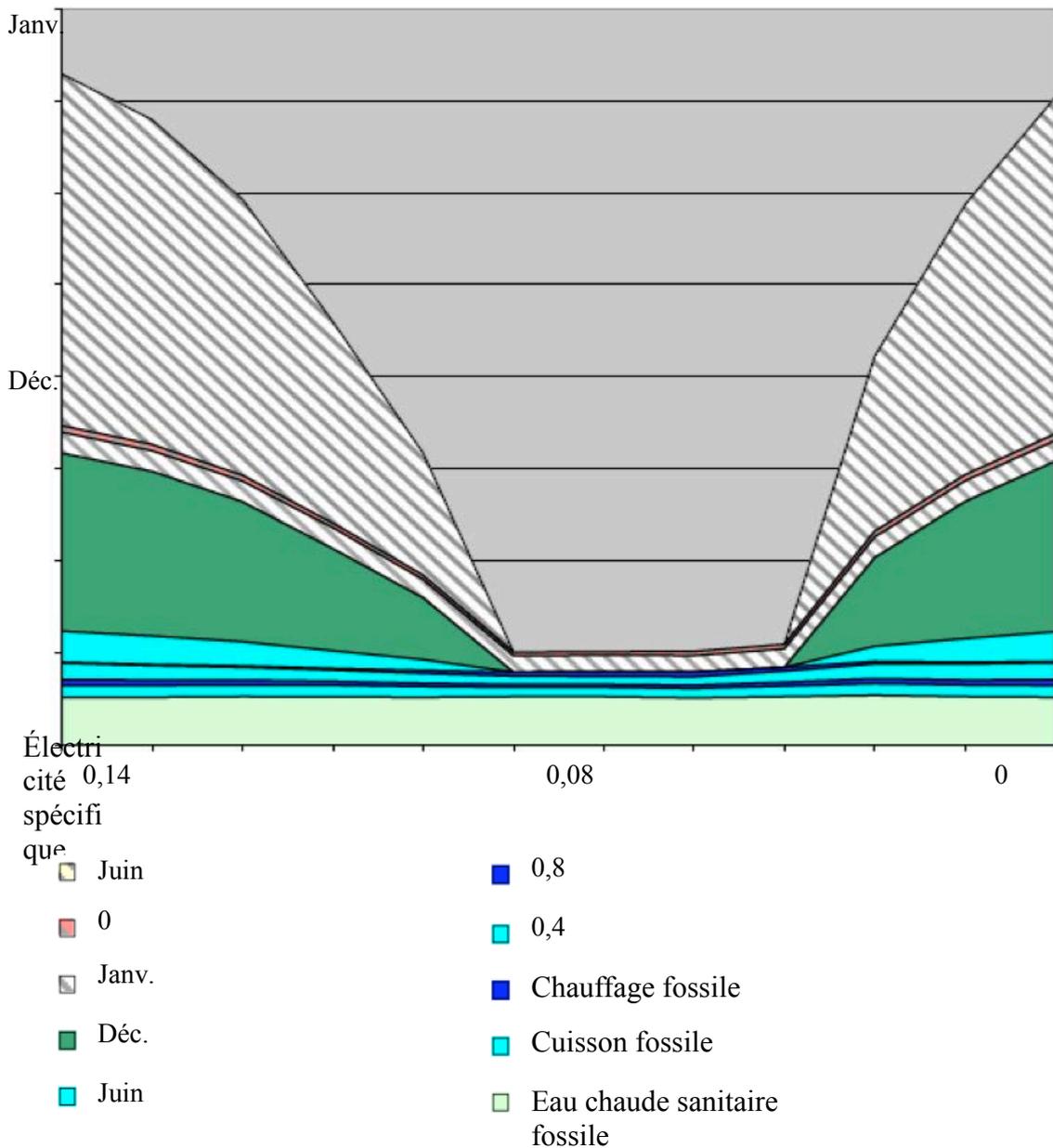


Figure 29 – Consommations mensuelles en énergie finale des bâtiments par usage, en TWh, en Meuse et Haute-Marne, en 2005 (notre recherche)

Pour conclure, les deux tendances qui ressortent sont les suivantes :

- Les énergies fossiles sont très présentes avec une dépendance à plus de 60% pour les besoins en chauffage ;
- Le bois est une énergie importante pour ces territoires. Mal utilisé actuellement avec des bâtiments très énergivores et des systèmes à faibles rendements, cette ressource pourrait répondre aux besoins de plus de ménages et bâtiments tertiaires à condition de réduire les besoins unitaires des bâtiments déjà équipés avec des systèmes consommant du bois comme énergie de chauffage.

Section B – Analyse et enjeux des écosystèmes territoriaux et présentation des terrains d’expérimentation.

Dans cette section, le contexte particulier des départements de Meuse et de Haute-Marne dans le cadre du programme porté par EdF est présenté.

La déclinaison de ce programme d’accompagnement économique du laboratoire de Bure-Saudron, dans deux villages de Meuse et de Haute-Marne, permet de comprendre les enjeux de ce programme avec un focus sur l’axe « Maîtrise de l’énergie », dans lequel ce travail de recherche s’inscrit.

Lancé en 2006, ce programme d’efficacité énergétique donne lieu à une analyse sur plusieurs niveaux :

- Les principes du programme et les solutions proposées aux différentes cibles de maîtres d’ouvrage dans le secteur des bâtiments (ex : propriétaires particuliers, bailleurs sociaux, collectivités). L’analyse de l’offre porte à la fois sur les dispositifs de soutien à la demande (ex : maîtres d’ouvrages) mais également sur ceux de soutien à l’offre d’actions d’efficacité énergétique (ex : entreprises et artisans, fabricants de matériels) ;
- Les objectifs et les résultats du programme à la fin de la période quinquennale du programme de « Maîtrise de l’énergie » en 2010 ;
- Une critique des résultats et les limites et difficultés rencontrées dans la mise en œuvre du programme pendant l’ensemble de la période.

1. Le programme d’accompagnement économique du laboratoire de Bure-Saudron.

Dans la cadre de l’accueil d’un laboratoire souterrain de recherche sur l’enfouissement de déchets nucléaires à vie longue (figure 30), les industriels du nucléaire Edf, AREVA et le CEA¹⁶ ont du mettre en place un programme d’accompagnement économique dans les départements de Meuse et de Haute-Marne¹⁷.

¹⁶ Commissariat à l’Énergie Atomique

¹⁷ Loi n°2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs

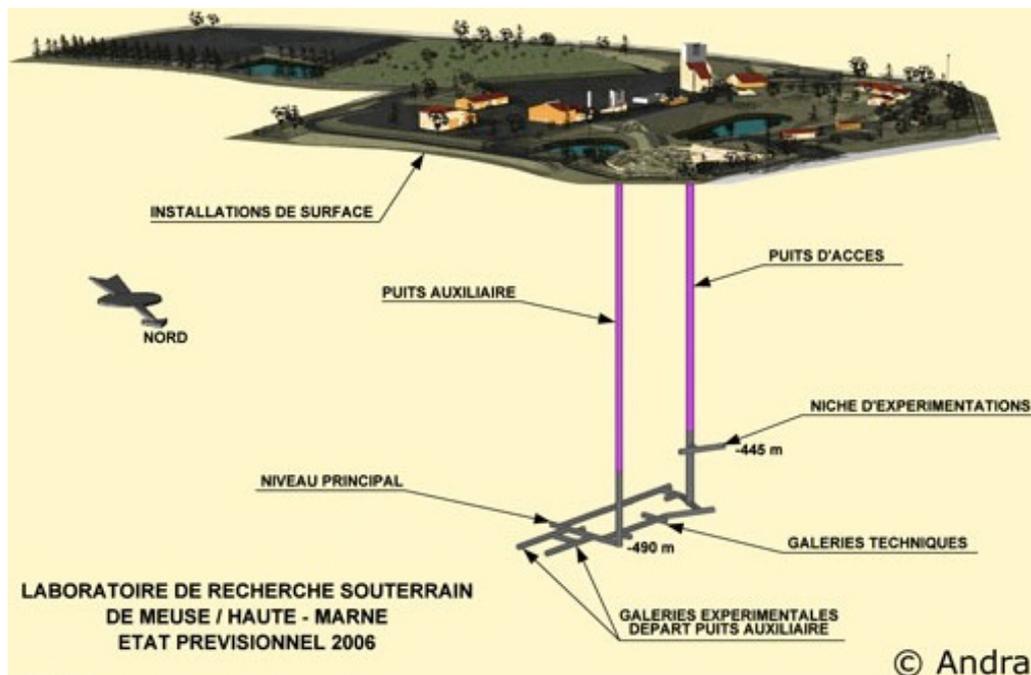


Figure 30 – Laboratoire de recherche souterrain à Bure-Saudron

Initialement, ce programme était déployé sur une première période de cinq ans, de 2006 à 2010. Il comprenait quatre axes :

- Un axe « biomasse » : l'objectif est de favoriser l'utilisation de ressources agricoles locales pour valoriser la biomasse et produire des biocarburants, du bois de chauffage ou de l'électricité par gazéification du bois ;
- Un axe « valorisation du potentiel métallurgique local » : l'objectif est le développement de partenariats et l'amélioration des processus chez les métallurgistes locaux pour leur permettre de devenir des fournisseurs de l'industrie nucléaire entre autres ;
- Un axe « développement économique local » avec plusieurs dimensions :
 - une aide financière est proposée aux entreprises locales pour accompagner la création d'emplois ;
 - l'implantation de certaines activités des industriels du nucléaire (ex : bâtiments des archives d'EdF et d'AREVA, plateforme logistique d'EdF) ;
 - l'appui aux projets des collectivités locales avec la constitution de deux Groupements d'Intérêt Public (GIP) pour piloter ces projets ;
- Un axe « Maîtrise de l'énergie » porté par EdF : l'objectif est de faire des deux départements des territoires d'excellence en matière de performance énergétique des bâtiments et systèmes utilisés.

2. Le programme d'efficacité énergétique « en Meuse et Haute-Marne, ensemble économisons l'énergie »

2.1. Les principes du programme

Le groupe EdF a lancé en 2006 un grand programme basé sur la maîtrise de la demande en énergie (MDE) intitulé « En Meuse et en Haute-Marne, ensemble économisons l'énergie » avec trois objectifs principaux :

- Développer l'efficacité énergétique des bâtiments localement et contribuer ainsi au développement d'une activité économique durable, porteuse d'emplois pour les deux départements.
- Mettre en place une stratégie de départements « pilotes », en matière d'efficacité énergétique des bâtiments, apportant une contribution renforcée aux objectifs nationaux de réduction des émissions de CO₂.
- Maîtriser voire réduire la facture énergétique des habitants et des collectivités territoriales.

2.2. Les objectifs du programme en Meuse et Haute-Marne

EdF a mobilisé, sur la période 2006/2010, 20M€ et une équipe de 7 personnes dédiées aux territoires avec des objectifs quantitatifs ambitieux :

- Rénover 11'000 logements individuels privés avec un budget alloué de 8,3 millions d'euros ;
- Rénover 5'000 logements sociaux sur les deux départements avec un budget alloué de 4,6 millions d'euros.
- Aider à la construction de 2000 logements sociaux.
- Accompagner la rénovation ou la construction de 700 bâtiments communaux ou départementaux avec un budget alloué de 5,1 millions d'euros. Pour rappel, le nombre de collectivités en Meuse et Haute-Marne se situe autour de 900.

Le volume de travaux induits était estimé à 90M€ sur la période, générant 300 emplois. Les résultats d'une étude menée par un consultant local (I+C) a montré que le volume de travaux était proche de 140M€, dépassant ainsi l'objectif initial. Cependant, le nombre d'emplois créé dans la filière a été d'environ 250, un peu en dessous de l'objectif.

Les entreprises ont donc profité d'une augmentation de leur chiffre d'affaires qui ne s'est pas traduite en création d'emplois mais dans l'amélioration du niveau de vie des artisans et le remplissage des carnets de commande sur une période plus longue qu'elle n'était.

2.3. Les dimensions de l'offre

Les actions de ce programme portent conjointement sur la demande et sur l'offre :

- Dynamisation de la demande sur les segments logement social, tertiaire public et habitat individuel :
 - Pour les particuliers propriétaires de logements individuels, elle se décline en un financement exceptionnel (ex : primes éco-avantage) et des prêts à taux zéro (ex : Prêt taux 0% lancé en 2006 sur 10 ans et désormais sur 15 ans suite aux lois Grenelle) à condition que les matériels utilisés répondent aux critères techniques définis dans un référentiel technique élaboré par EdF Recherche et Développement. Cette aide est cumulable avec d'autres aides nationales (ex : crédit d'impôt) et/ou régionales (ex : aide sur les chauffe-eau solaire).

Ces conditions peuvent varier en fonction des actions d'efficacité énergétique réalisées lors des travaux :

- Une offre pour la rénovation d'un seul lot de travaux (ex : isolation des combles ou changement des ouvrants) ;
- Une offre concernant les systèmes (ex : mise en œuvre d'une pompe à chaleur, poêle à bois) ;
- Une offre concernant les actions dites « multi-lots », avec le remplacement de plusieurs lots de travaux aussi bien sur le bâti que les systèmes.

En retour, EdF reçoit des Certificats d'Économie d'Énergie (CEE) en fonction des actions d'efficacité énergétique réalisées, remplissant son obligation nationale en matière d'économies d'énergie.

Les financements à taux zéro s'appuient sur le dispositif national pour la période réglementaire et l'autre partie est assurée par Domofinance, une filiale de financement appartenant à 45% à EdF et 55% à Cetelem.

Ces projets de rénovation « multi-lots » sont généralement accompagnés d'un diagnostic de la performance énergétique des bâtiments, sans nécessairement qu'il corresponde au Diagnostic de Performance Énergétique réglementaire.

- Pour les collectivités et les bailleurs sociaux, le dispositif d'accompagnement propose des aides financières sous forme de subvention en fonction d'un référentiel technique évoluant tous les ans et plus exigeant en matière de performance énergétique que celui des particuliers.

L'offre se décline de la manière suivante :

- Une aide sur le bâti uniquement en cas de rénovation multi-lots ;

- Une aide sur le remplacement du système de chauffage uniquement en cas de rénovation antérieure du bâti. Les systèmes de chauffage aidés doivent uniquement avoir recours à des énergies non fossiles depuis 2010.

Comme pour les particuliers, EDF reçoit des CEE. Cependant, ces certificats ne sont pas tous récupérés à cause de la dispersion des opérations sur les territoires et représentent une perte quant à l'obligation d'Edf en matière d'économies d'énergie.

Deux groupements d'intérêt public (GIP) en Meuse et Haute-Marne, présidés par les présidents des deux conseils généraux, ont chacun été doté d'une somme de 9,15 millions d'euros à partir de 2006 et 20 millions d'euros depuis 2010. Cette recette était censée être équivalente à la recette fiscale d'une collectivité locale pour la présence sur son territoire d'une centrale nucléaire dotée de deux réacteurs nucléaires de 900 MW.

Des chartes de développement, renégociées deux fois par an, définissent les secteurs de développement prioritaires :

- Pour le GIP Meuse :
 - Soutenir le développement local ;
 - Structurer l'espace départemental ;
 - Soutenir le développement touristique ;
 - Accroître la notoriété du département ;
 - Promouvoir le développement économique et l'emploi.
- Pour le GIP Haute-Marne :
 - Préparer l'emploi de demain ;
 - Améliorer le cadre de vie et les équipements collectifs ;
 - Décloisonner l'activité et les bassins de vie ;
 - Développer le tourisme et la notoriété du département ;
 - Favoriser l'activité économique.
- Dynamisation de l'offre en aidant les entreprises et artisans locaux à se positionner sur le marché de l'efficacité énergétique des bâtiments par le biais d'accompagnement dans la démarche de certification et/ou d'aides à la création d'emplois pérennes.
 - Pour les artisans : Les artisans porteurs de l'offre EDF sont conventionnés par l'industriel. Les commerciaux d'EDF orientent vers ces entreprises les particuliers qui souhaitent réaliser des travaux ou être conseillés sur la mise en œuvre.
Pour être conventionné, les entreprises doivent s'affranchir d'une cotisation d'un montant forfaitaire et suivre des formations à la fois sur les matériels, la mise en œuvre des travaux et l'étanchéité. Les entreprises développent ainsi leurs compétences.

- Pour les industriels : Les industriels locaux, fabricants de matériels liés à l'efficacité énergétique des bâtiments (ex : entreprises de fenêtres), se voient accompagnés sur l'amélioration de leur processus qualité et de la performance de leurs produits afin d'obtenir les certifications à des coûts accessibles pour des petites entreprises (ex : opération Thermofen avec la certification de fenêtres à châssis en bois pour 7 entreprises locales) et d'être en conformité avec le référentiel technique local.

2.4. Les résultats du programme sur la période 2006-2010

2.4.1. Les actions d'efficacité énergétique réalisées

La grande majorité des bâtiments étant de type résidentiel, il est logique que la grande majorité des actions soit réalisée chez les particuliers et les bailleurs sociaux (figure 31).

Cependant, ces actions sont réalisées à 60% en Haute-Marne chez les particuliers et les rénovations de bâtiments de collectivités, ce qui montre une dynamique plus forte qu'en Meuse.

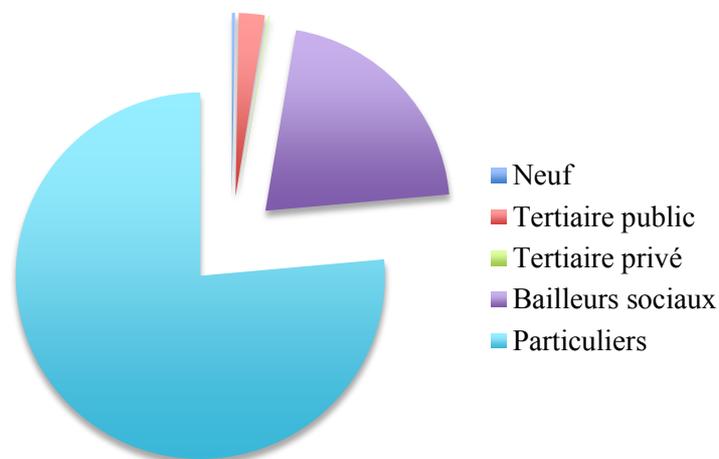


Figure 31 – Nombre d'actions d'efficacité énergétique réalisées dans les bâtiments sur les deux départements, par secteur, sur la période 2006-2010 (Ducassou, 2012)

En matière de volume, les résultats chez les particuliers ont dépassé les objectifs avec près de 16'000 actions d'efficacité énergétique réalisées dans les logements individuels privés. Du côté des bailleurs sociaux, le résultat était proche de l'objectif avec 4'600 logements sociaux rénovés à fin 2010.

Plus de la moitié (53%) des actions d'efficacité énergétique réalisées concernent le changement des ouvrants. Plus de 42% des actions concernent également le changement de systèmes de chauffage et la mise en œuvre de chauffe-eau solaire individuel (CESI) (figure 32).

Seul 5% de l'ensemble des actions réalisées dans ce programme sont liées à des

travaux d'isolation qu'il s'agisse des combles, murs et planchers. On retrouve également de façon marginale les installations de chauffe-eau solaire individuel (CESI).

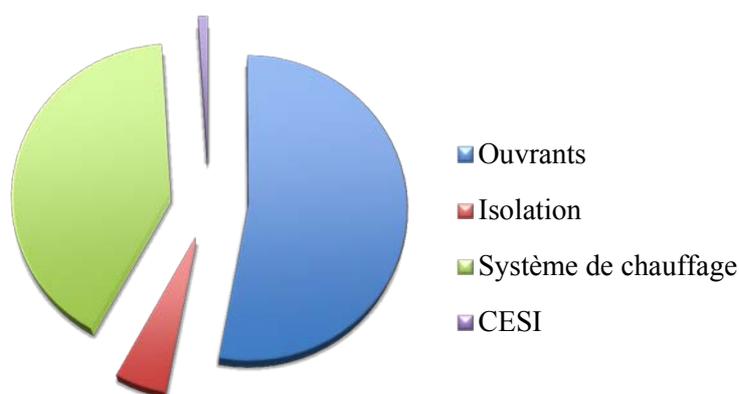


Figure 32 – La répartition des actions d'efficacité énergétique sur les départements de Meuse et de Haute-Marne, sur la période 2006-2010 (Ducassou, 2012)

Si on croise les données précédentes concernant les offres mono-lot et multi-lots avec celles des types d'actions réalisées, on s'aperçoit que la majorité des actions multi-lots impliquent principalement le remplacement d'un système de chauffage défaillant avec un changement des ouvrants.

Cette solution, bien que n'ayant que peu d'effet sur la réduction du besoin de chauffage, permet cependant de réduire les consommations d'énergie grâce à un meilleur rendement du nouveau système et de bénéficier des aides de l'État lors de remplacement d'au moins deux lots de rénovation.

2.4.2. Les économies d'énergie

Le volume important d'actions chez les particuliers induit des économies d'énergie plus importantes dans ce secteur (figure 33).

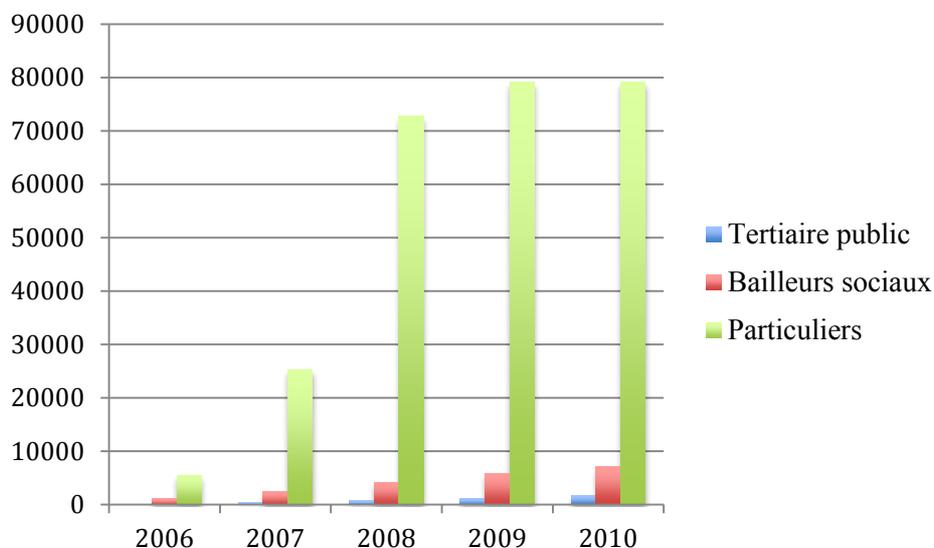


Figure 33 – Économies d'énergie réalisées dans les bâtiments sur les deux départements, par secteur, en MWh, sur la période 2006-2010 (Ducassou, 2012)

Le lancement des offres aux collectivités n'a commencé opérationnellement qu'en 2007 ce qui permet de comprendre leur absence lors des deux premières années.

Bien que les gains chez les particuliers semblent beaucoup plus importants que ceux des autres secteurs, il faut rappeler que le secteur tertiaire public consomme beaucoup moins que les particuliers.

Par exemple, un gain de 920 MWh dans l'éclairage public en 2012 représente une amélioration de 3,4% de la consommation totale d'énergie pour l'éclairage public à l'échelle du département.

2.4.3. Les émissions de CO₂ économisées

Le parc des bâtiments de Meuse et Haute-Marne émet un volume d'émissions de CO₂ annuel proche de 815'000 tonnes. Les actions réalisées dans le cadre du programme de « Maîtrise de l'énergie » ont permis de réaliser un gain de plus de 20'000 tonnes de CO₂ en 2010 (figure 34).

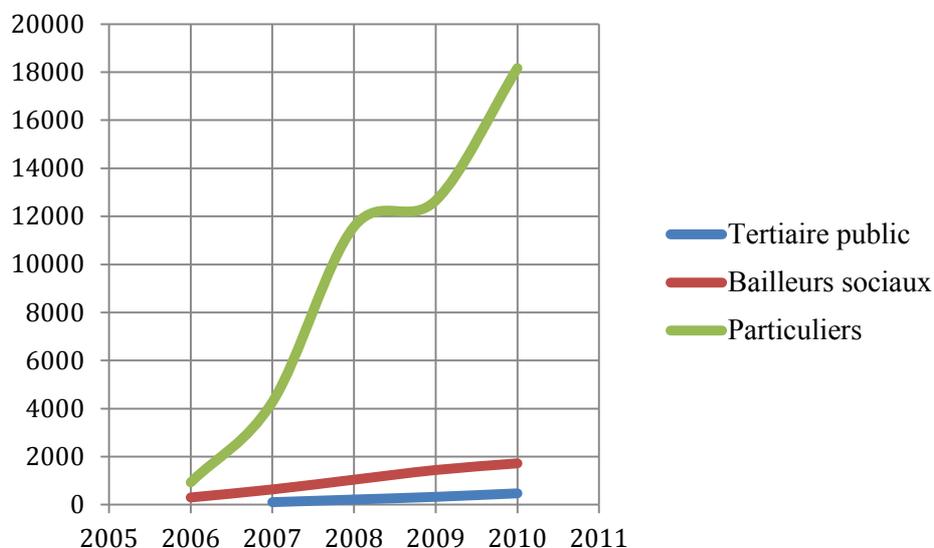


Figure 34 – Gains en matière d'émissions de CO2 réalisées dans les bâtiments des deux départements, par secteur, en tonnes, sur la période 2006-2010 (Ducassou, 2012)

2.4.4. Offres mono-lot et multi-lots

Pour rappel, une offre mono-lot n'implique qu'une seule action d'efficacité énergétique (ex : changement des ouvrants) alors qu'une offre multi-lots induit la présence d'au moins deux actions d'efficacité énergétique pour le même bâtiment.

La figure suivante illustre la répartition des offres selon qu'elles intègrent une ou plusieurs actions d'efficacité énergétique.

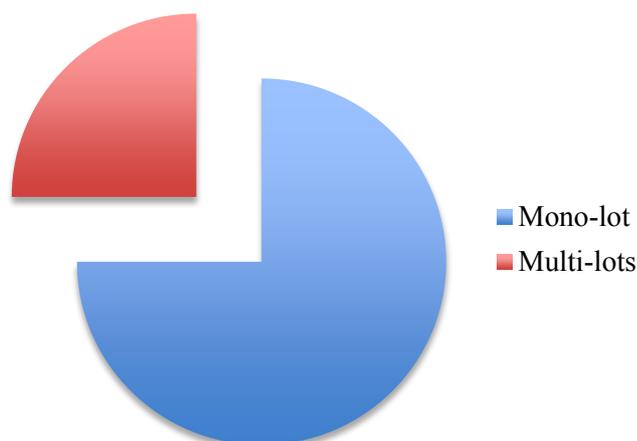


Figure 35 – La répartition des offres mono-lot et multi-lots sur les départements de Meuse et de Haute-Marne, sur la période 2006-2010 (Ducassou, 2012)

On s'aperçoit que plus de 75% des chantiers réalisés ne concernent le remplacement

que d'un seul lot de rénovation (figure 35).

Cela s'explique, en partie, par le peu d'intérêt des entreprises et artisans à proposer des actions de rénovation énergétique qu'il ne pourrait réaliser eux-mêmes et qui pénaliserait la rentabilité de leur prestation.

Par exemple, un chauffagiste en proposant une action d'isolation du bâti risque de réduire le besoin de chauffage nécessaire pour le bâtiment et ainsi diminuer la puissance de la chaudière à installer et également son coût. La marge de ce corps de métier se réalisant en partie sur la vente de matériel, il verrait ainsi baisser son chiffre d'affaires en préconisant une action qui aurait certainement des avantages pour le bénéficiaire.

2.5. Les limites du programme

L'analyse des résultats à l'issue de la période 2006-2010 a fait ressortir de nouvelles problématiques :

- Le trop faible poids des travaux d'isolation thermique de l'enveloppe des bâtiments, qui sont pourtant le premier levier de réduction du besoin de chauffage et des consommations d'énergies fossiles ;
- La difficulté pour les entreprises et artisans de vendre et de réaliser des rénovations multi-lots indispensables pour diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre des logements conformément aux dispositions prises dans le cadre des engagements internationaux ;
- Le déficit actuel et à venir de main d'œuvre qualifiée dans la filière ;
- Des modèles d'affaires qui pénalisent financièrement l'amélioration des performances des composants, et donc la diminution massive des besoins de chauffage ;
- L'absence d'une vision partagée sur l'avenir énergétique des territoires avec les autres parties prenantes de programmes d'efficacité énergétique (ex : ANAH¹⁸, ADEME) et les institutions locales. Cependant, les actions menées par les conseils régionaux dans l'élaboration de Plans Climats Territoriaux (PCT) ont permis d'apporter des éléments d'éclaircissement au moins à l'échelle régionale.

À l'issue de la première phase sur la période 2006-2010, EDF a souhaité associer les objectifs de ce programme avec le projet de remplacer les énergies fossiles dans l'ensemble des bâtiments de Meuse et Haute-Marne à l'horizon 2050.

EDF et les institutions départementales ont ainsi décidé de lancer deux expérimentations à l'échelle de deux villages, un en Meuse, l'autre en Haute-Marne pour construire collectivement une méthodologie pour atteindre cet objectif.

¹⁸ Agence Nationale de l'Amélioration de l'Habitat

2.6. Les terrains expérimentaux

Les deux villages sont de petites tailles, avec 433 habitants à Dammarie-sur-Saulx (figure 36) et 141 à Epizon (figure 37) pour respectivement 212 et 89 bâtiments de logements. La majorité des habitants sont des propriétaires occupants (PO). On retrouve également une vingtaine de logements sociaux (BS) sur la collectivité de Dammarie-sur-Saulx.



Figure 36 – Le village de Dammarie-sur-Saulx (image GoogleMap)



Figure 37 – Le village d'Epizon (image GoogleMap)

L'écart entre le nombre de logements total et le nombre de bâtiments, ayant fait l'objet d'une enquête, est lié à la présence de logements vacants et de quelques résidences secondaires.

La grande majorité des logements de ces villages sont des maisons individuelles (figure 38). Les appartements sont en majorité gérés par le bailleur social de la Meuse (OPH Meuse) et les collectivités.

La faible mitoyenneté de ces bâtiments nécessitera une isolation des parois plus importante du fait du taux important des surfaces en contact avec l'extérieur.

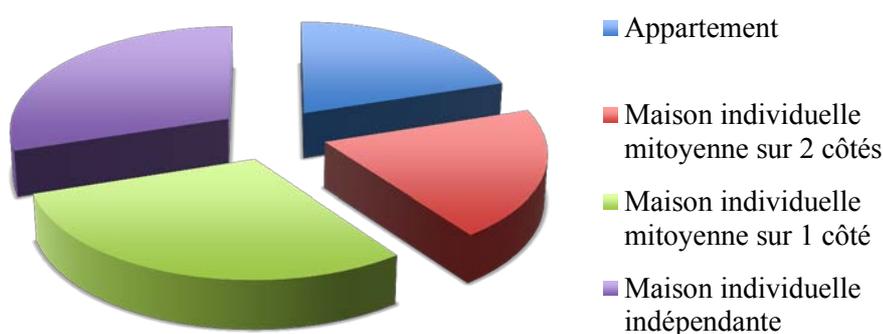


Figure 38 – Typologie des logements des deux villages (notre recherche)

Le parc de bâtiments des deux villages est vétuste avec plus de 50% des bâtiments construits avant 1915 (figure 39). Avec l'intégration des 15% de bâtiments construits entre 1915 et 1975, date de la première réglementation thermique dans les bâtiments, on observe que près de 65% des bâtiments des deux collectivités ont vu leur période d'achèvement être antérieure aux premières exigences en matière de performance énergétique.

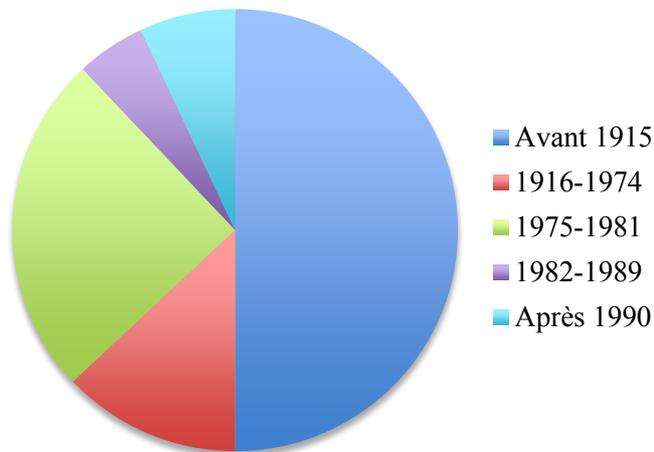


Figure 39 – Année d'achèvement des bâtiments des deux villages (notre recherche)

Les deux villages ont connu un développement urbanistique semblable avec la présence d'un cœur de villages pourvu des bâtiments les plus vétustes et qui constituent la majorité du parc (figure 40).

Le reste des bâtiments des deux villages est majoritairement constitué de maisons traditionnelles et de pavillons en bordure de village construits plus récemment.

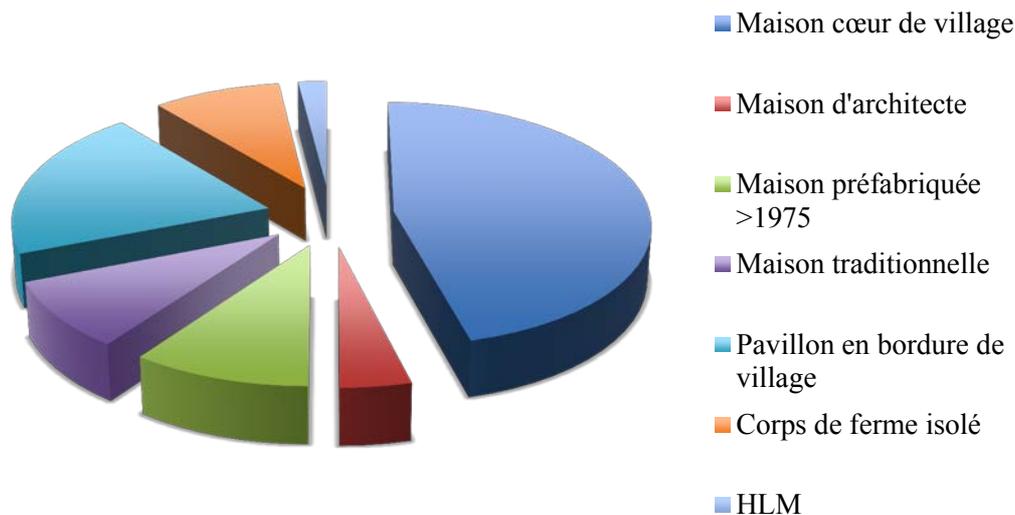


Figure 40 – Type des bâtiments des deux villages (notre recherche)

Comme mentionné précédemment, les possibilités d'affouages pour les habitants dans les villages de Dammarie-sur-Saulx et d'Epizon, justifient une forte présence de bois comme énergie de chauffage. Cependant, la vétusté des systèmes utilisant cette ressource fait qu'elle est souvent associée à une autre énergie pour satisfaire les besoins de chauffage (figure 41).

À l'instar du mix énergétique des deux départements, le fioul est également une énergie très présente pour le chauffage.

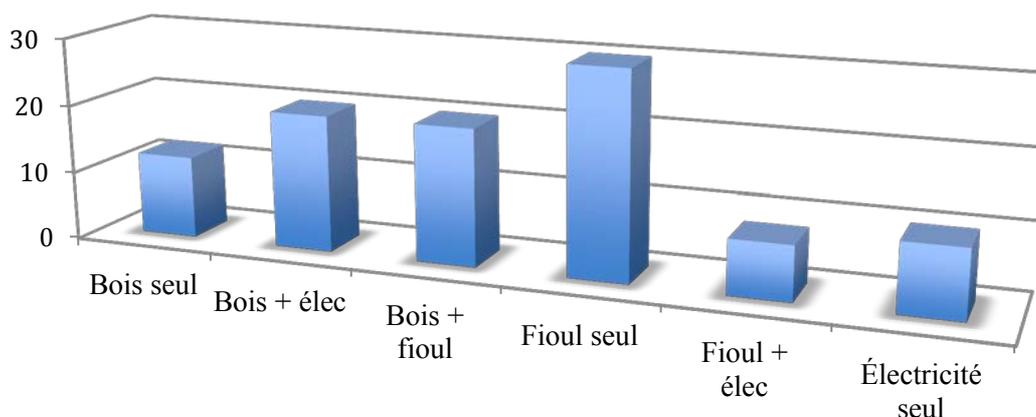


Figure 41 – Principales énergies de chauffage des deux villages (notre recherche)

Dans le tableau suivant (table 11), les consommations énergétiques ainsi que la facture associée sont évaluées selon des usages conventionnels. Elles ne prennent pas en compte le fait que les habitants ne payent pas le bois grâce aux affouages. Cependant, ces affouages nécessitent du temps et un investissement matériel pour produire le bois qui ne serait pas pris en compte avec une valorisation à 5€/stère comme il est proposé actuellement par les deux collectivités. Il est ici valorisé à hauteur de 38€/stère qui correspond au prix de vente moyen pratiqué aux particuliers sur les territoires concernés.

| | Dammarié-sur-Saulx | Epizon |
|---|-----------------------|---------|
| Habitants | 433 | 141 |
| Logements | 212 (143 PO et 23 BS) | 89 |
| Consommations (MWh) dont : | 5 700 | 2'580 |
| - Bois | 1'700 | 890 |
| - GPL | 200 | 210 |
| - Fioul | 2'500 | 830 |
| - Électricité pour le chauffage | 300 | 200 |
| - Électricité cuisson, ECS et spécifique | 1 000 | 450 |
| Facture énergétique (€) | 478'000 | 246'000 |
| Émissions de CO₂ (tonnes) | 902 | 368 |

Table 11 – Chiffres clés des deux villages expérimentaux en 2010 (notre recherche)

Par ailleurs, la présence massive de bois permet d'expliquer un ratio carbone relativement faible malgré des logements fortement consommateurs. En effet, la valeur carbone du bois ($13\text{gCO}_2/\text{kWh}$) utilisé dans ce calcul est celui de la méthode Bilan Carbone délivrée par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME, 2005).

Conclusion du Chapitre 3

Ce chapitre a permis, dans un premier temps, de faire un état de la situation du secteur énergétique des bâtiments dans les départements de Meuse et de Haute-Marne. Deux tendances se dégagent :

- Les besoins en énergies fossiles sont très importants, avec une dépendance à plus de 60% pour les besoins en chauffage. Les consommations énergétiques de chauffage représente près de 75% des consommations énergétiques totales dans les bâtiments.
- Une forte présence de bois comme énergie sur ces territoires. Cette ressource pourrait répondre aux besoins de plus de ménages et bâtiments tertiaires, à condition de réduire les consommations unitaires des bâtiments déjà équipés avec des systèmes consommant du bois pour se chauffer.

Dans un second temps, l'analyse du programme d'accompagnement économique, du laboratoire de Bure-Saudron sur son axe « Maîtrise de l'énergie », a révélé les objectifs et la diversité des actions menées par EDF.

Elle a également permis d'en montrer certaines limites, notamment :

- Le manque de travaux d'isolation thermique des bâtiments ;
- La difficulté pour les entreprises de vendre des rénovations multi-lots ;
- Le déficit de main d'œuvre qualifiée dans la filière ;
- Des modèles d'affaires qui pénalisent financièrement l'amélioration des performances des composants et de la mise en œuvre ;

En conséquence, elle montre le besoin pour l'industriel EDF de disposer d'un processus de conception de programmes d'efficacité énergétique mieux ancrés avec leurs territoires et leurs acteurs. Il devra être opérationnel pour les responsables de projets en suivant les étapes pas à pas.

Ce processus devra également permettre d'évaluer la mise en œuvre d'un scénario énergétique qui permettra de réduire voire supprimer les consommations d'énergies fossiles des bâtiments en améliorant significativement l'isolation. Il éclaircira les résultats attendus sur des indicateurs simples, comme les économies d'énergie potentielles, les gains en émission de CO₂, et les coûts d'investissement.

Des principes, mis en œuvre dès la conception du programme et partagés par les acteurs, devront également permettre de fédérer la filière et d'élargir le champ des parties prenantes. Cela favorisera la conception de nouvelles solutions pour les maîtres d'ouvrage, afin de privilégier des actions « multi-lots » de rénovation des bâtiments.

Enfin, une grille d'analyse et d'évaluation adaptée permettra d'observer les différents impacts autres que quantitatifs des nouvelles solutions d'efficacité énergétique testées sur les terrains expérimentaux d'Epizon en Haute-Marne et de Dammarie-sur-Saulx en Meuse dans le cadre du programme « Villages 2050 ».

CHAPITRE 4

PROPOSITION D'UN PROCESSUS GLOBAL INTEGRE DE CONCEPTION COLLABORATIVE DE PROGRAMMES D'EFFICACITE ENERGETIQUE DES BATIMENTS EN MILIEU RURAL.

Introduction du Chapitre 4

Ce chapitre cherche, dans une première partie, à mieux prendre en compte les aspects du développement durable, dès la phase de conception des programmes d'efficacité énergétique en lien avec les territoires.

Deux propositions sont formulées :

- une *ex-ante* avec des principes favorisant la mise en œuvre de dynamiques, dans les modèles économiques en place, et, dans les fonctionnements et relations entre les acteurs ;
- l'autre *ex-post* avec une grille permettant d'analyser les effets de ce programme sur d'autres dimensions que celles uniquement quantitatives.

Dans une seconde partie, nous proposerons une méthode de construction de scénarios énergétiques locaux avec son dispositif d'évaluation. L'ensemble des étapes, méthodes et données nécessaires seront déclinées afin d'aboutir à des éléments de restitution exploitables par des responsables de programmes d'efficacité énergétique locaux.

Enfin, ce chapitre mettra en œuvre une ingénierie globale, permettant la conception collaborative et la mise en œuvre de programmes d'efficacité énergétique locaux avec des objectifs ambitieux. Elle proposera un processus en six composantes. Ces composantes sont éclaircies suite à la présentation des cas d'expériences de la première partie (cf. P.I.C2.SA.) et des travaux issus de la gestion des projets d'innovation.

Section A – L'économie de fonctionnalité : proposition de principes pour concevoir des programmes d'efficacité énergétique et d'une grille d'analyse adaptée.

Dans cette section, l'objectif poursuivi est double :

- Proposer des principes, pour repenser les projets d'efficacité énergétique en lien avec les territoires où ils s'appliquent, afin d'articuler les aspects du développement durable dès leur phase de conception ;
- Proposer une grille méthodologique, d'analyse des programmes d'efficacité énergétique adaptée, pour questionner les modèles économiques en place et structurer les réflexions qu'ils suscitent.

Pour y parvenir, un éclaircissement du concept de fonctionnalité est présenté ainsi qu'une méthode pour initier une dynamique relevant d'un modèle d'économie de fonctionnalité.

La deuxième partie est consacrée à la présentation des dimensions de l'analyse d'un programme d'efficacité énergétique à travers le prisme du modèle de l'économie de fonctionnalité.

1. Contribution des principes de l'économie de la fonctionnalité à la création de valeur dans le processus de rénovation

Comme elle a été présentée précédemment, la notion d'économie de la fonctionnalité relève d'une combinaison intégrée et insécable de produits et de services dont la transaction porte sur :

- Un ensemble cohérent et intégré d'opérations ;
- La promesse d'une performance (résultat évaluable) ;

Elle constitue un nouveau modèle encore en cours de développement dont nous rappelons les points saillants :

- L'intégration d'externalités dans le processus de réponse au besoin fonctionnel. Il s'agit de comprendre les motivations d'un maître d'ouvrage à rénover son bâtiment pour atteindre une plus grande efficacité énergétique, puisqu'il a été montré que cette démarche ne pouvait rentrer dans une logique purement financière. Le choix de rénover intègre donc une prise en compte d'externalités qui n'ont pas été formalisées sous la forme d'un besoin fonctionnel ;
- Les externalités créées lors de ce processus peuvent constituer des ressources, soit pour la réalisation de l'ouvrage, soit pour un autre acteur devenant partenaire du programme ;

- Le suivi, des interactions entre les acteurs du processus et son territoire, doit permettre de construire des solutions cohérentes avec les spécificités des territoires, et, de favoriser les évolutions institutionnelles pour accompagner ses nouveaux dispositifs de collaboration et de conception de ces solutions ;
- Une création de valeur désolidarisée de la production matérielle. Cela déclenche une augmentation de la valeur provenant des gains d'intégration des opérations, ainsi que de la valorisation des impacts environnementaux et sociaux.

Le processus de réponse au besoin fonctionnel est co-réalisé par le prestataire de la solution, ses partenaires et le client en relation de confiance. Ce modèle économique suppose également de revoir les dispositifs d'évaluation de la performance globale et locale.

La mise en œuvre de principes permettant d'articuler enjeux économiques, sociaux et environnementaux, dans un programme d'efficacité énergétique des bâtiments, tente d'intégrer cette approche.

L'un des intérêts de la démarche entreprise consiste à interpréter le positionnement des modèles économiques en place pour dégager des pistes d'action permettant de concevoir des solutions en adéquation avec les exigences de développement durable.

L'analyse du modèle économique doit permettre d'apprécier les modes de production de la valeur non pas uniquement d'un point de vue monétaire mais sur la base « de jugements de valeur construits socialement et institutionnellement » (Hubault et Tertre, 2008).

1.1. Repenser le concept de fonctionnalité

Dans la lignée de Mont (2002), du Tertre (2011) et Zacklad (2006), le terme de fonctionnalité doit être considéré dans une approche *constructiviste*, renvoyant « à la création, contingente, d'un système d'acteurs et à la satisfaction d'un problème de clients, qui ne se limite pas à la consommation d'un bien ou d'un service, mais consiste en une solution globale qui prend en charge l'ensemble d'un processus composé de plusieurs maillons. »

S'arrêter à l'utilité d'une offre ou d'un service n'a rien de problématique s'il n'est pas cantonné à un raisonnement statique et utilitariste.

La fonctionnalité doit s'appuyer sur une manière évolutive de s'approprier un produit ou un service, qui intègre des dimensions sémiologiques, contractuelles, matérielles et immatérielles, supposant une proximité géographique avec le ou les bénéficiaires.

Le passage à l'économie de fonctionnalité ne doit pas être vu comme un moyen d'ajouter de nouvelles fonctions à un produit ou service existant mais de revoir l'offre dans sa globalité, avec un souci d'intégration, proposée par un prestataire ou un groupement de prestataires à un ou plusieurs bénéficiaires.

L'idée n'est pas de proposer une solution de rénovation la plus performante possible, sous-entendu la plus chère aussi, mais de prendre en compte les besoins exprimés par

le maître d'ouvrage (ex : confort accru, accessibilité, accès à la ressource).

Dans le secteur du bâtiment, cette tâche est généralement dévolue à un maître d'œuvre mais leur présence est rare sur le marché de la rénovation énergétique pour les particuliers car l'investissement moyen est trop faible pour permettre le financement d'une prestation adéquate.

1.2. Quelle méthode pour initier une dynamique d'économie de fonctionnalité ?

L'une des premières difficultés du modèle de l'économie de la fonctionnalité consiste à déterminer « le périmètre d'externalités » qu'une institution locale ou une stratégie d'entreprises est à même de prendre à sa charge.

D'après Tertre (2009), il s'agit alors « d'identifier le système d'acteurs concernés, mais aussi le périmètre d'acteurs pertinents à associer à l'élaboration puis à la production de la solution se présentant sous la forme d'une intégration de produits et de services située territorialement. »

Ce premier processus invite à la création de dispositifs institutionnels, à l'initiative d'acteurs privés ou publics, dont l'objet serait, de favoriser l'identification de ces périmètres d'acteurs et d'enjeux, et d'accumuler les expériences que représente ce processus.

Deux écueils sont possibles:

- Le premier consiste à vouloir prendre en charge un périmètre d'externalités trop large qui conduit à se détourner de l'opérationnalité compte tenu de la complexité des enjeux à traiter et des relations inter organisationnelles à mettre en œuvre. Le capital de confiance, de pertinence, de compétences, n'est pas suffisant pour répondre aux attentes du projet, ce qui le fait échouer.
- Le second relève de la prise en compte d'un « périmètre d'enjeux » trop étroit ne permettant pas d'élaborer une solution articulant les trois axes du développement durable. C'est l'objectif d'articulation intégrée des enjeux du développement durable à la solution qui échoue alors.

Le cheminement entre ces deux écueils suppose une coopération entre les acteurs initiant et suivant les projets et les acteurs assumant des responsabilités dans les dispositifs institutionnels locaux.

1.3. Quels principes pour articuler des dimensions de durabilité à l'échelle des territoires et nouveaux modèles économiques ?

Dans le cadre de travaux du Club Économie de la fonctionnalité et Développement Durable (CEFDD) animé par la structure ATEMIS, essaimage de l'Université Paris VII, huit principes ont été émis. Leur but est de fixer des orientations d'action favorisant l'émergence de nouveaux modèles économiques d'entreprise conformes aux exigences de territoires répondant à des objectifs de durabilité, notamment en matière de performance énergétique (Tertre et Vuidel, 2008) (figure 42).

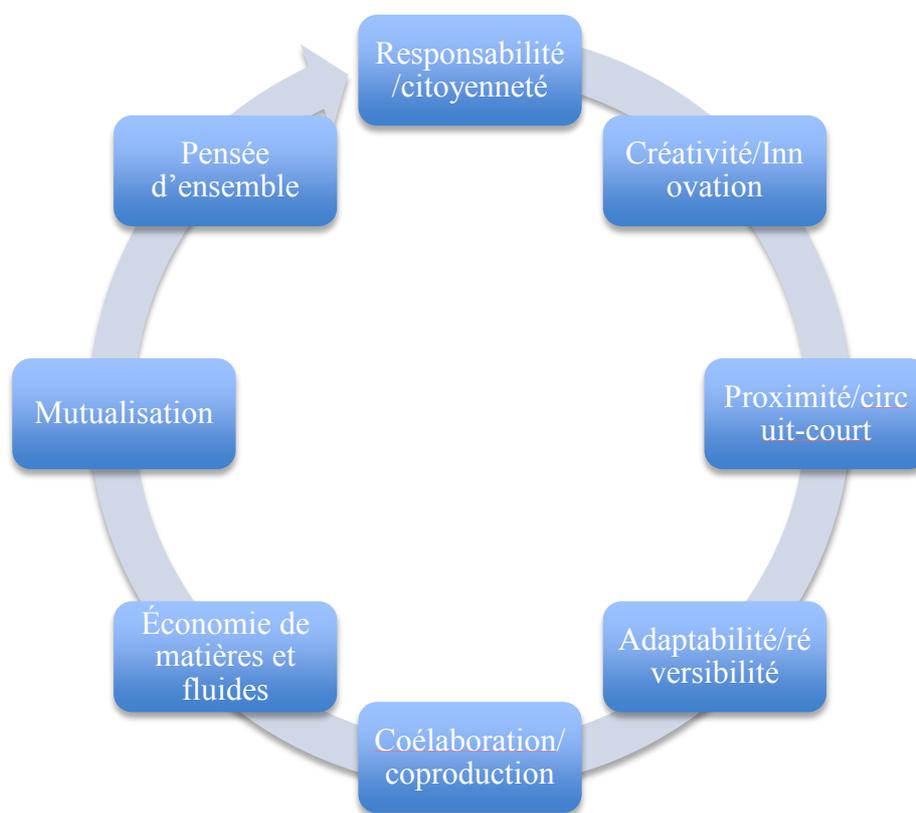


Figure 42 – Représentation schématique des principes issus de l'économie de fonctionnalité pour un programme d'efficacité énergétique (adaptée de Terre et Vuidel, 2008)

- Proximité/circuit-court : il s'agit de réduire le nombre d'intermédiaires en identifiant des ressources locales. Le bois, disponible en quantité importante sur les territoires concernés, doit permettre de limiter les besoins en énergies d'importation (ex : fioul domestique) tout en conservant une activité endogène ;
- Économie de matières et de fluides : la solution proposée vise à réduire d'au moins 50% les besoins énergétiques du bâtiment en matière de chauffage. Elle doit également prendre en compte les effets relevés par l'analyse du cycle de vie des matériaux ;
- Adaptabilité/réversibilité: les solutions proposées devront favoriser une évolution du bâtiment dans le temps en fonction des changements possibles (ex : création d'un réseau de chaleur) ;
- Mutualisation : la prise en compte des externalités dans la dynamique économique locale conduit à mutualiser certaines dépenses entre acteurs (ex : entreprises, administrations, habitants etc.). Cela peut porter, à la fois sur des dépenses d'investissement, comme sur des dépenses de fonctionnement. Une telle logique conduit à remettre en cause partiellement le droit de propriété et son transfert ;

- Co-élaboration/coproduction: tous les acteurs intéressés pourront être associés à l'élaboration du processus. Dans un premier temps, cela impliquera des échanges d'avis et d'opinions, afin de construire des solutions qui soient conformes à leurs attentes. Ce dispositif pourra évoluer en fonction des engagements pris par ces différents acteurs. Pour la phase de réalisation des projets, les entreprises devront rentrer dans une démarche de coproduction.
- Créativité et innovation : dans cette perspective, l'innovation repose sur des exigences de créativité. Les dispositifs impulsés par les acteurs territoriaux devront mettre en œuvre des méthodologies, des technologies favorisant les pratiques de créativité.
- Pensée d'ensemble intégrant l'opérationnel : l'aspect opérationnel de la démarche est essentiel pour mobiliser les acteurs dans la durée. Le dispositif proposé devra permettre aux acteurs d'être représentés, tout en conservant une flexibilité quant à leurs disponibilités à chacune des étapes du processus.
- Responsabilité de tous et citoyenneté: les consommations énergétiques dans un bâtiment sont intrinsèquement liées aux modes de vie, de production et de mises en œuvre des équipements des produits et services fournis. Le programme devra proposer des solutions d'accompagnement pour, optimiser l'exploitation du bâtiment, et, limiter les risques de moindre qualité lors de la mise en œuvre.

La seule application de ces quelques principes ne suffit pas à remplir les différentes caractéristiques d'un modèle relevant de l'économie de la fonctionnalité.

En conséquence, nous souhaitons analyser si la mise en œuvre de ces principes contribue à faire évoluer les dynamiques, de systèmes et processus mis à contribution dans les projets de rénovation énergétique des bâtiments, pour garantir une meilleure qualité et une meilleure prise en compte des aspects économiques, sociaux et environnementaux.

2. Quelle grille méthodologique d'analyse des programmes d'efficacité énergétique dans le secteur des bâtiments ?

Au fur et à mesure des présentations de cas, stratégies d'entreprises et nouvelles offres, lors de séances du CEFDD, des dimensions structurantes de ces projets ont été identifiées.

Une grille d'analyse a été formalisée afin de bâtir la présentation des cas autour de cinq dimensions (Tertre et Vuidel, 2011).

2.1. Les objectifs de l'analyse

Elle vise à répondre à quatre objectifs principaux :

- Contribuer à organiser la présentation des projets territoriaux d'efficacité énergétique;

- Structurer et orchestrer les réflexions que ces programmes suscitent ;
- Permettre de tirer des éléments opératoires favorisant le transfert d'expérience ;
- Aider à la préparation de la restitution d'expérimentations.

2.2. Les dimensions de l'analyse

Les dimensions de l'analyse passées au prisme de l'économie de fonctionnalité portent sur :

- Le modèle économique en action :
Il s'agit d'identifier :
 - la valeur ajoutée (au sens des effets de qualité) produite par telle ou telle solution ;
 - la valeur monétaire perçue par les parties prenantes ;
 - comment sont mutualisés, ou non, les investissements immatériels entre les différentes parties prenantes ;
 - la façon dont est conçu le système d'évaluation de la performance offerte ;
 - le lien entre ce que le projet prévoit et la performance générée réellement (en sachant qu'en « régime de fonctionnalité », c'est la performance qui est vendue et pas le service) ;
 - la dynamique de croissance sous-tendue par l'expérimentation.
- Les systèmes d'acteurs :
Chaque cas comporte plusieurs systèmes d'acteurs tant au niveau d'EdF, des réseaux d'entreprises partenaires, qu'au niveau des décideurs politiques. Par souci didactique, il est important de restituer les éléments de contexte territoriaux. En particulier, la nature de la légitimité sur laquelle s'appuie chaque acteur et les spécificités des ressources mobilisées sont à mentionner.
- La dimension marketing :
Chaque expérience présente une dimension « marketing », au sens originel du terme, à mettre en évidence. L'analyse permet d'identifier le cas échéant un « déplacement du niveau systémique de l'offre » notamment lorsque la logique de l'économie de la fonctionnalité est adoptée. Cela peut revenir, à :
 - « endogénéiser » des externalités c'est-à-dire, pour EdF, à s'emparer d'effets induits de ses actions pour les intégrer dans sa stratégie et tenter d'en faire un atout ;
 - essayer de créer de nouvelles trajectoires de développement.

Cela nécessite de faire partager des représentations communes en adoptant une vision systémique de son activité (ex : implication de parties prenantes parfois initialement considérées comme des « exécutants »).

- La question du travail et des compétences :

Cette question est à la fois incidente et centrale, puisqu'elle touche à l'éventuelle transformation des métiers des personnes impliqués dans ces projets. L'organisation, du travail et de l'entreprise, est généralement modifiée ; le rapport au travail également, de même que les systèmes d'évolution des compétences, de carrière, d'évaluation de la coopération...

- Les dynamiques du changement :
Le « changement » de périmètre de l'action (saut systémique) mobilise des innovations d'ordre technique, organisationnel, relationnel... Ces innovations supposent des changements des formes de pensée, des formes de conscience s'inscrivant dans l'histoire des territoires. Il s'agit d'identifier les dispositifs d'accompagnement et de suivi qui ont été mis en place (ex : sensibilisation, formation de la filière).

En définitive, la grille méthodologique de présentation des projets proposée ici ne constitue pas une fin en soi mais des repères pour l'action.

Elle permettra de questionner les effets du programme d'efficacité énergétique mis en œuvre sur d'autres dimensions que celles liées aux économies d'énergie.

De cette manière, ce nouveau dispositif d'évaluation pourra servir à apporter un nouveau regard, sur le programme de Meuse et de Haute-Marne et ses actions, ainsi que sur les deux expérimentations de façon à ce qu'il soit plus efficace en tenant compte de finalités diverses (ex : création d'emplois, effets sur les dynamiques d'acteurs, etc.).

Section B – Proposition d'une méthode de construction de scénarios locaux d'efficacité énergétique appliquée au bâtiment.

Dans cette section, l'ensemble de la méthode de construction de scénarios locaux d'efficacité énergétique pour le secteur du bâtiment est présenté. Elle répond tout d'abord aux questions suivantes :

- Quelles contraintes pour le scénario ?
- Quelle situation de départ prendre en compte ?
- Quelles dimensions du bâtiment traiter ?

Puis elle définit, les étapes rendues nécessaires pour l'adaptation de ces scénarios à une échelle micro territoriale correspondante aux tailles des collectivités servant d'expérimentations. Cette partie revient en conséquence sur les objectifs, les étapes de la réalisation, ainsi que sur les éléments de restitution du scénario d'efficacité énergétique des bâtiments.

1. Le choix de contraintes du scénario d'efficacité énergétique des bâtiments

La conception d'un scénario local d'efficacité énergétique des bâtiments suppose de répondre *ab initio* à deux questions principales :

- Quel sera le niveau des consommations d'énergie des bâtiments à l'horizon temporel choisi ?
- Quel mix énergétique permettra de satisfaire à cette consommation ?

La qualité des contraintes valorise la robustesse des hypothèses qui seront choisies collectivement. Elles se déclinent en plusieurs secteurs :

- Les besoins en électricité, au vue des capacités de production actuelles et des choix politiques prévus, doivent rester proches des valeurs actuelles et tenir compte des possibles systèmes de production décentralisés (ex : panneaux photovoltaïques, cogénération gaz et bois, etc.) ;
- Le recours à la biomasse doit se faire dans des volumes donnés par les experts pour éviter des recours à une biomasse importée ;
- L'évaluation, liée aux changements de comportement et l'effet rebond constaté, peut ou non être comptabilisée dans le scénario. Seule une évaluation *ex-post* permettra de vérifier les résultats réels et de mesurer l'effet des comportements et autres facteurs d'ajustements du scénario et programmes d'efficacité énergétique ;

- Le recours à des technologies et systèmes peut tenir compte des développements à court et long terme de ces technologies. Le scénario peut s'arrêter, soit aux technologies disponibles sur le marché au moment de la conception du scénario, soit les prendre en compte sur la période choisie ;
- Le niveau des investissements doit rester cohérent avec les budgets des ménages, des collectivités et de l'État.

2. La prise en compte de la situation de départ

En 2005, les bâtiments ont consommé 5,3 TWh d'énergie finale (ou facturée au client) dont près de 2,8 TWh d'énergies fossiles.

Les usages thermiques suivants représentent plus de 80% des consommations d'énergie finale et sont dépendants à plus de 60% des énergies fossiles :

- Chauffage des bâtiments,
- Production d'eau chaude sanitaire,
- Cuisson des aliments.

Aujourd'hui, les besoins de chauffage sont surtout assurés par des fossiles stockés soit dans les cuves (ex : fioul domestique), soit dans des réservoirs souterrains (ex : gaz naturel), puis par de la biomasse (ex : stock de bois) et également par de l'électricité (ex : d'origine nucléaire, hydraulique et fossiles).

Le scénario doit donc permettre de réduire au minimum l'usage des énergies fossiles dans les bâtiments, sans augmenter significativement la demande en électricité annuelle, ni dégrader la saisonnalité de la courbe de charge.

Les usages spécifiques d'électricité (ex : éclairage, électroménager) doivent également être pris en compte en raison de leur impact sur la demande en électricité.

3. Les principes de l'efficacité énergétique des bâtiments

Pour obtenir une réduction significative des consommations énergétiques des bâtiments, trois types d'action doivent être combinés :

- L'isolation du bâtiment pour réduire les besoins de chauffage ;
- L'utilisation des meilleurs équipements et systèmes pour assurer les services énergétiques ;
- Le recours aux énergies renouvelables locales pour assurer la plus grande partie des consommations énergétiques restant à couvrir.

L'équilibre entre ces trois leviers peut être choisi soit par une méthode d'optimisation soit choisi *a priori*.

Il est possible de choisir dans un premier temps, d'isoler les bâtiments existants au niveau maximum de ce qu'il est possible de faire sur le territoire donné. Dans un second temps, une mise en œuvre d'équipements et de systèmes permettant de remplacer efficacement les systèmes utilisant des énergies fossiles et de maîtriser au

mieux les consommations électriques. Ces équipements doivent faire appel principalement à des énergies renouvelables.

4. La méthode de conception du scénario

La figure suivante (figure 43) illustre les étapes avec les données nécessaires pour concevoir le scénario d'efficacité énergétique appliqué au bâtiment : Les éléments propres à la situation de référence ont déjà été évoqués précédemment (cf. PII.C3.SA.1., PII.C3.SA.2., PII.C3.SA.3., PII.C3.SA.4.). Les hypothèses sont reprises et déclinées dans le détail à la suite de ce document. Les résultats seront présentés dans la troisième partie (cf. PIII.C5.SB.2.4.).

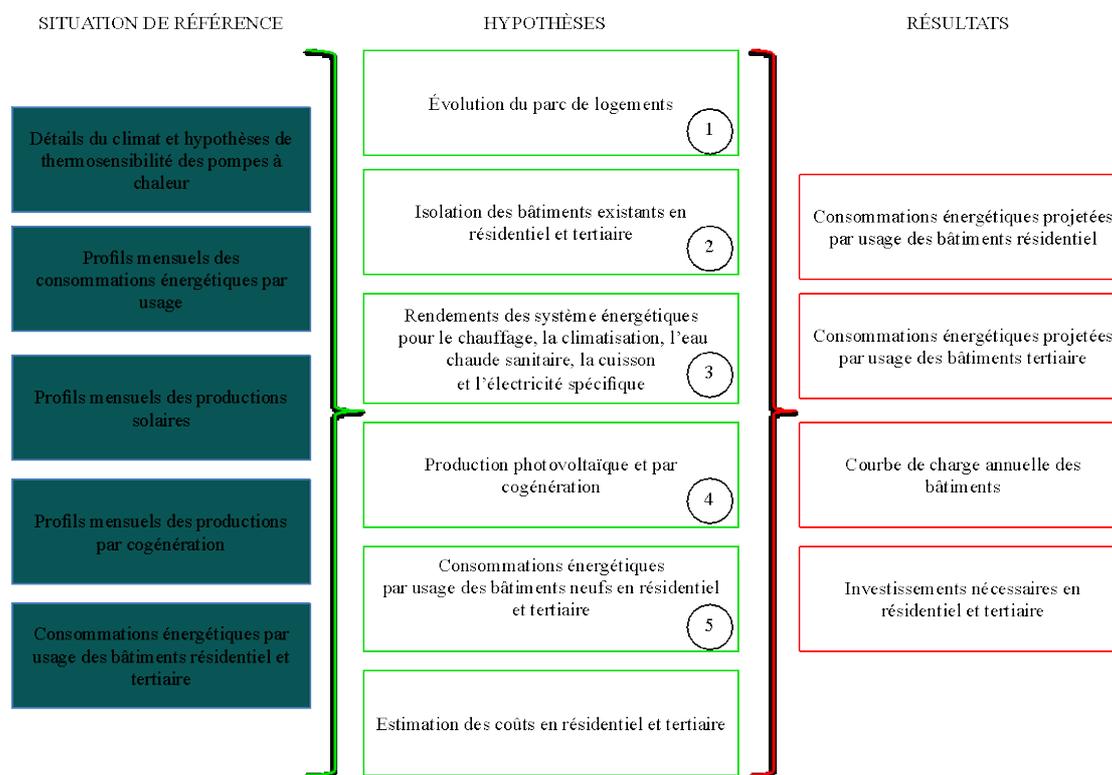


Figure 43 – Représentation schématique de la méthode de conception des scénarios énergétiques (notre recherche)

4.1. Les bâtiments neufs

La prise en compte d'un taux de démolition et d'un taux de réaffectation doit permettre d'évaluer un taux de croissance annuel des parcs de bâtiments résidentiels et tertiaires cohérents avec les territoires.

L'évolution du parc doit prendre en compte les statistiques en matière d'attractivité des territoires mais également de baisse tendancielle du nombre moyen d'occupants par logement. Malgré les évolutions démographiques prévues par les spécialistes dans les prochaines décennies, la concentration des populations a tendance à se faire principalement vers les villes et grandes agglomérations. C'est pourquoi les

hypothèses choisies restent alignées avec les valeurs prévues par les statistiques de l'INSEE en région (INSEE Lorraine, 2006).

La réglementation en vigueur impose déjà des constructions au label BBC (Bâtiment Basse Consommation) avec des besoins énergétiques en chauffage faible (50 kWh/m²/an) et assurés par des techniques de pompes à chaleur et biomasse.

Les bâtiments tertiaires doivent passer leurs consommations de 60 à 50 kWh/m²/an conformément aux dispositions du Grenelle de l'Environnement.

4.2. L'isolation des bâtiments existants

Les bâtiments résidentiels et tertiaires, du fait de leur profil de consommations et d'efforts à fournir différents, sont traités séparément. On distingue quatre segments distincts de bâtiments en fonction de leur système de chauffage.

- Un segment « gaz », tenant compte des systèmes individuels et collectifs ;
- Un segment « bois », regroupant les chaudières au bois, les inserts, foyers, cuisinières bois, poêles. Les logements consommant à la fois du bois et de l'électricité pour se chauffer rentrent dans ce segment ;
- Un segment « électricité » pour les logements utilisant un système de chauffage électrique à effet Joule, ou thermodynamique ;
- Un segment « autres fossiles » pour les chaudières au fioul, GPL et charbon et les systèmes de chauffage urbain.

En choisissant la totalité des bâtiments à rénover et pour lesquels les actions peuvent techniquement s'appliquer, cinq gestes de rénovation du bâti sont à considérer :

- L'isolation thermique par l'intérieur et l'extérieur ;
- Les remplacements des simples vitrages par des doubles vitrages ;
- L'isolation des combles et/ou toits ;
- L'isolation des planchers ;
- Les systèmes de ventilation naturelle sont a minima remplacés par des systèmes contrôlés hygro-réglables.

Le calcul tient compte de deux effets pouvant réduire le gain potentiel théorique des actions d'efficacité énergétique appliquées au bâti :

- L'effet rebond qui est relevé lorsque le confort du bâtiment traité était insuffisant avant les actions d'efficacité énergétique ;
- Les malfaçons qui peuvent traduire une action mal réalisée (ex : rupture d'étanchéité, surface non isolée, etc.).

4.3. Le choix de systèmes énergétiques performants

4.3.1. Les systèmes de chauffage

Les technologies de production de chaleur, destinées à assurer le remplacement des systèmes de chauffage actuels, font toutes appel aux énergies renouvelables.

La biomasse est considérée quasiment comme neutre, en émissions directes de carbone, si elle est issue de forêts gérées durablement. Cependant, sa combustion provoque d'autres polluants (ex : particules, COV) et peut causer des pollutions de l'air dangereuses en cas de trop forte densité.

Les systèmes faisant appel à la biomasse et pris en compte dans le scénario sont multiples :

- Des chaudières individuelles à bûches et granulats, poêles et inserts performants, installés en zone rurale et en remplacement de systèmes à bois existants et peu performants ;
- Des chaudières collectives à bois, avec des polluants plus simples à traiter que celles d'installations individuelles diffuses, dans les immeubles et pour les réseaux de chaleur.

Les pompes à chaleur (PAC) font également appel à des technologies et ressources différentes :

- Pour les logements à effet Joule, des systèmes de pompes à chaleur, principalement air-air, avec une technologie réversible permettant le refroidissement d'été ;
- Pour remplacer des systèmes à énergies fossiles, des pompes à chaleur haute température air-eau voire eau-eau si le site le permet.

Les coefficients de performance (COP) des pompes à chaleur sont directement liés aux écarts entre les températures extérieures, particulièrement en cas de région froide, et la température intérieure souhaitée. Quelques principes doivent être définis pour évaluer la thermosensibilité de ces systèmes :

- Le rendement ou COP de la pompe à chaleur est proportionnel au rapport T° condenseur / (T° condenseur – T° évaporateur). Le condenseur est la source chaude, l'évaporateur la source froide.
- La PAC la plus thermosensible prend la chaleur dans l'air ambiant et la restitue dans des radiateurs du circuit de chauffage (pompe à chaleur haute température air-eau). La température du condenseur est supérieure de quelques degrés (pincement de l'échangeur) à la température de départ de l'eau des radiateurs ;
- Cette température de départ d'eau augmente avec le besoin de chauffage, avec une loi à peu près linéaire ;
- La température au condenseur est inférieure de quelques degrés (pincement de l'échangeur) à la température extérieure ;

- Cette hypothèse de thermosensibilité est appliquée à l'ensemble du parc de pompe à chaleur, ce qui est une approximation par excès, car les PAC eau/eau sont beaucoup moins thermosensibles. »

4.3.2. La production d'eau chaude sanitaire

Les consommations d'eau chaude sanitaire, bien que plus faibles que les consommations de chauffage, sont plus difficiles à traiter et les solutions à mettre en œuvre restent coûteuses.

Le besoin en eau chaude sanitaire dépend du nombre de personnes dans le bâtiment. La réduction des consommations énergétique de ce segment est principalement lié aux comportements des occupants (ex : douches au lieu de bains, laver sa vaisselle en machine, programme nécessitant moins d'eau pour les machines à laver, etc.).

Les leviers techniques sont moins nombreux :

- Les systèmes de chauffage utilisant la biomasse et produisant également l'eau chaude sanitaire ;
- Les équipements solaires, avec appoint électrique ou bois ;
- Les pompes à chaleur produisant de l'eau chaude sanitaire avec accumulation (ex : pompe à chaleur haute température soit dédiée soit en double service chauffage-ECS).

La majorité des bâtiments d'ici 2050 devrait être équipée avec l'un des trois systèmes décrits précédemment avec très peu de pompe à chaleur dédiée pour la production d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments résidentiels.

4.3.3. La cuisine à l'électricité

L'enjeu d'efficacité énergétique sur ce poste reste limité. Cependant, un remplacement total des équipements recourant aux énergies fossiles (gaz et GPL) par des systèmes électriques suppose qu'un changement culturel continue de s'opérer bien que déjà amorcé depuis quelques années.

4.3.4. L'usage de la climatisation

Les impacts du changement climatique peuvent influencer sur les consommations énergétiques liées à l'usage de la climatisation dans les années à venir. Les équipements en matière de climatisation des logements ont d'ailleurs augmenté ces dernières années.

D'ici 2050, il est possible de considérer que 25% des bâtiments résidentiels et 50% des bâtiments tertiaires seront climatisés.

4.4. La production décentralisée à base d'énergies renouvelables

Les usages de la biomasse en chauffage sont assurés soit par des systèmes de chauffage individuels soit par une cogénération centralisée associée à un réseau de chaleur existant ou neuf. La technologie retenue est une turbine à vapeur à contre-pression d'un rendement électrique de 15%.

Les profils mensuels de production photovoltaïque et solaires sont basés sur les données résultantes d'une simulation avec le logiciel CALSOL de l'Institut National de l'Energie Solaire [cf. Annexe C4.SB.4.7.]. Les productions solaires sont logiquement plus faibles que celles obtenus en moyenne nationale.

La production décentralisée d'électricité par le photovoltaïque est développée sur 25% des maisons individuelles équipées avec 2 kW crête d'ici 2050.

4.5. Les consommations d'électricité spécifique

La contrainte de respect de la demande en électricité pour concevoir un programme pertinent nécessite de maîtriser les consommations en matière d'électricité spécifique. Bien que ces consommations soient en constante augmentation liées à la croissance des consommations multimédia, il reste important de continuer l'effort sur des usages comme l'éclairage et le froid électroménager.

À titre d'exemple, dans le secteur tertiaire, les consommations en matière d'électricité spécifique augmentent que de 15% quand la surface du parc de bâtiments augmente de 43%.

5. L'adaptation du scénario à une échelle micro territoriale

Nous entendons par échelle micro territoriale, l'adaptation de la méthode présentée précédemment à l'échelle d'un village ou d'une petite ville.

5.1. Les objectifs du scénario d'efficacité énergétique

Les scénarios de ces programmes d'efficacité énergétique adaptés à une échelle locale doivent permettre d'obtenir :

- Un outil de simulation présentant des données réelles au regard de l'objectif de conception d'une offre énergétique visant à aboutir à des bâtiments non consommateur d'énergie fossile à l'horizon 2050.
- Un outil de communication destiné à plusieurs publics : habitants des villages concernés, partenaires publics ou privés du programme, et autres services d'EdF.
- Un outil de suivi des chantiers effectués ou programmés sur les territoires concernés.

Le scénario, conformément aux attentes des acteurs locaux, doit restituer :

- Les résultats des diagnostics de performance énergétique des bâtiments effectués auprès des potentiels bénéficiaires des collectivités, propriétaires particuliers, bailleurs sociaux et maître d'ouvrage ;
- Les chantiers et actions d'efficacité énergétique effectués, programmés, ou anticipés, bâtiment par bâtiment ;

- Les impacts énergétiques et économiques des travaux et actions d'efficacité énergétique effectués ou à effectuer.

Cette restitution s'opère sur une échelle de temps menant à l'objectif 2050, au travers de bilans d'étapes. Les années choisies ne constituent pas une obligation mais ont été choisies en cohérence avec les actions prévues par le programme d'efficacité énergétique mis en œuvre :

- 2010 : année de lancement de ce travail et situation de départ en matière de consommations énergétiques des bâtiments ;
- 2011 : première année de lancement des programmes d'efficacité énergétique expérimentaux et premiers résultats ;
- 2012 : deuxième année après le lancement du programme, résultats et retours d'expérience ;
- 2013 : troisième année après le lancement du programme, chantiers et actions d'efficacité énergétique à venir ;
- 2015 : retour sur les projets bailleurs sociaux et collectivités, dont le temps de mise en œuvre est plus long du fait de démarches administratives lourdes (ex : appels d'offre) ;
- 2020 : bilan par rapport aux objectifs européens en matière, de réduction de la consommation énergétique, de présence des énergies renouvelables et de réduction des émissions de CO₂ ;
- 2030 : possibilité d'intégrer les lancements probables de nouveaux matériels et équipements aujourd'hui dans les laboratoires (ex : système de micro cogénération bois pour l'équipement de maisons individuelles). ;
- 2050 : bilan par rapport aux objectifs internationaux en matière de réduction des consommations énergétiques et des émissions de CO₂.

5.2. Les restitutions du scénario

- Une visualisation pour chacun des bâtiments impactés selon un code de couleur à quatre niveaux (gris/rouge/jaune/vert), afin de signaler les bâtiments concernés par chacun des travaux, et proposer une évolution progressive dans le temps.
 - Gris : bâtiments non impactés par les travaux concernés ou par le bilan d'étape ;
 - Rouge : situation énergétique de départ du bâtiment ;
 - Jaune : bâtiment partiellement impacté, et pour lequel des travaux restent à réaliser afin d'atteindre l'objectif particulier lié au programme ;
 - Vert : bâtiment ayant atteint totalement les objectifs du programme.

- Des jauges proposant une visualisation de l'évolution globale du village au travers d'indicateurs agrégés :
 - Les émissions de CO₂ ;
 - La facture énergétique à l'échelle de la collectivité ;
 - Le mix énergétique ;
 - L'impact économique.

5.3. Les étapes du processus de conception des scénarios micro territoriaux

5.3.1. Les données d'entrée

5.3.1.1. Les diagnostics de performance énergétique

Deux cas de figure se présentent pour produire les données propres aux bâtiments et nécessaires à l'élaboration de scénario :

- Une évaluation *ex-ante/top-down* pour quantifier les consommations énergétiques des bâtiments. Cette méthode n'étant que peu efficace lorsque le territoire est de faible importance et que les données disponibles se situent à l'échelle régionale ;
- Une campagne de diagnostics de performance énergétique menée dans les bâtiments de la collectivité. Cette méthode, bien que coûteuse, permet d'avoir une évaluation assez fine pour quantifier les consommations énergétiques, la facture d'énergie réelle des habitants et de mieux connaître leurs comportements et usages.

Dans les expériences menées, les données sont issues de campagnes de diagnostics de performance énergétique menées par des agents EdF auprès de chacun des propriétaires des habitations situées sur les villages concernés par le programme.

Une méthode par questionnaire a été réalisée comprenant 36 questions [cf. Annexe C4.SB.5.3.1.1.a.] que l'on peut regrouper de la manière suivante :

- Les informations générales sur les occupants : adresse, coordonnées téléphoniques, âge, type de ménage (ex : couple, célibataire avec ou sans enfant, etc.), statut d'occupation (locataire ou propriétaire), taux d'occupation du logement, nombre d'années d'occupation ;
- Les informations générales sur le bâtiment : type de bâtiment (ex : corps de ferme, pavillon, etc.), type de logement (ex : maisons individuelles, appartements), mitoyenneté (ex : aucune, une face, deux faces), surface habitable, nombre de pièces, année de construction, forme et compacité, nombre de niveaux, nombre d'étages, hauteur sous plafond, configuration du plancher, configuration de toiture, orientation du bâtiment ;
- Le branchement électrique : compteur, option tarifaire, raccordement (ex : TGBT, monophasé, etc.) ;

- La situation de départ du bâti : des fenêtres, des murs, de la toiture, du plancher, inertie et ponts thermiques ;
- Les énergies et système de chauffage : type de chauffage, consommations actuelles, température des pièces de vie et des autres pièces, programmation, date d'installation ;
- La production d'eau chaude sanitaire : système utilisé (ex : ballon lié à la chaudière, ballon indépendant, etc.), usages de l'eau chaude sanitaire (ex : douches, bains) ;
- La ventilation : date du système, type de système (ex : ventilation naturelle, ventilation mécanique contrôlée, ventilation double-flux, etc.), présence de bouches naturelles, présence d'humidité, temps d'ouverture moyen des ouvrants ;
- Les appareils électroménagers et l'éclairage : sèche-linge, lave-linge, réfrigérateur, équipements multimédias, type d'ampoules, temps moyen d'utilisation quotidien ;
- Comportement et gestion du confort : modification des températures de chauffe, congés, fermeture des volets ;
- Souhaits de rénovation : amélioration du logement, aides et conseils, capacité d'investissement, présence d'énergies renouvelables souhaitée, etc. ;

Les résultats de ces diagnostics sont saisis, dans un second temps, par des agents EdF au travers de logiciels de calcul thermique (ex : Objectifs Travaux, BAO Promodul).

Les données de sortie sont agrégées et retravaillées sous la forme d'un tableau standardisé, qui propose des données, bâtiment par bâtiment, d'une double nature : réels et prospectifs [exemple en Annexe C4.SB.5.3.1.1.b.].

5.3.1.2. Cartographie cadastrale

Les feuilles cadastrales, concernées par les secteurs des territoires donnés, sont obtenues auprès des services du Centre des Impôts Foncier, dont dépendent les collectivités.

Les feuilles font l'objet d'une opération de vectorisation, afin de récupérer les données géolocalisées suivantes :

- Parcelles cadastrales : pour déterminer les limites des propriétés ;
- L'emprise des bâtiments ;
- Les points d'adressage, nécessaires à l'opération de géocodage des habitants.

Enfin, un tracé complémentaire des voiries intérieures du village est réalisé. Toutes les données sont gérées sous un environnement logiciel professionnel de cartographie.

5.3.1.3. Géocodage des données au bâtiment

Cette opération permet de relier le fichier Excel des habitants avec la cartographie cadastrale des bâtiments.

Pour réaliser cette opération, les différentes bases de données font l'objet d'opérations de préparation au géocodage : validation, enrichissement des adresses et normalisation.

La base de données est enfin géocodée sur le référentiel d'adresses constitué à l'étape cartographique.

5.3.1.4. Recueil d'informations complémentaires

Une campagne de recueil des données dans les collectivités concernées par le programme doit permettre de collecter les informations suivantes :

- Photographie de l'ensemble des façades visibles depuis les rues publiques, strictement reliées aux objets cartographiques au travers d'identifiants uniques ;
- Hauteur des bâtiments à la gouttière ;
- Confirmation du géopositionnement des habitants avec leur logement.

5.3.2. Modélisation 3D des bâtiments

Cette opération nécessite la mise en œuvre des données d'entrée suivante :

- Emprise cartographique des bâtiments (x,y),
- Hauteur(s) des bâtiments (z),
- Photographies de façade des bâtiments.

L'opération se déroule en deux étapes :

- Modélisation des formes saillantes de chacun des bâtiments,
- Application des textures photographiques issues de la campagne de recueil.

Les deux étapes précédentes (modélisation et le recueil d'informations complémentaires), bien que facultatives dans la mise en œuvre du scénario d'efficacité énergétique permettent plusieurs choses :

- Obtenir une représentation du village et visualiser le positionnement d'un potentiel réseau de chaleur ;
- Avoir un état des façades et des éléments architecturaux au début de l'opération ;
- Suivre l'évolution du patrimoine architecturale au fur et à mesure des actions d'efficacité énergétique réalisées (ex : effet de la pose d'une isolation thermique extérieure).

5.3.3. Préparation des données collectées et des données de projection des actions d'efficacité énergétique

Le tableur Excel fait l'objet de plusieurs opérations de traitement :

- Géocodage des habitants et attribution d'un identifiant cartographique unique ;
- Regroupement des opérations et actions d'efficacité énergétique années par années, afin de déterminer les bâtiments impactés par ces actions;
- Analyse et retraitement des informations, afin d'alimenter de façon agrégée les valeurs qui permettent la mise en œuvre des indicateurs de couleur.

Les valeurs sont classées en deux catégories :

- Actions d'efficacité énergétique sur le bâti ;
- Actions sur les systèmes énergétiques ;

Ces valeurs sont restituées, à la fois en valeur absolue (consommations en kWh, émissions de CO₂ en tonnes, heures travaillées par les entreprises pour réaliser les actions d'efficacité énergétique), et en valeur relative (ex : évolution du mix énergétique) [exemple en Annexe C4.SB.5.3.3.].

5.3.4. Mise en œuvre du scénario

Le scénario est suivi dans un ordre strictement chronologique, en suivant celui fourni par les acteurs du programme d'efficacité énergétique.

Cette organisation chronologique prend chaque nouvelle séquence (année de référence) comme point de départ pour mesurer les effets des futures actions d'efficacité énergétique réalisées.

Les temps de visualisation des différentes étapes et textes associés sont calibrés, afin d'assurer un temps de lecture et d'appropriation suffisant, mais toujours adaptés pour ne pas dépasser une durée globale de présentation du scénario entre 8 et 10 minutes.

Section C – Proposition d’un processus d’étude pour concevoir un programme d’efficacité énergétique.

Dans cette section, nous proposons un processus basé sur six composantes recensées dans le cadre de l’analyse de projets d’innovation.

Cette analyse de composantes des projets conclut sur la proposition d’un processus d’étude pour concevoir un programme d’efficacité énergétique opérationnel pour les responsables de projets et pouvoir partager sur celui-ci avec les acteurs locaux.

1. Les composantes d’un projet d’innovation

Comme il est montré dans la figure suivante (figure 44), les responsables de projets sont supposés reprendre les éléments disponibles dans les composantes proposées à chaque phase du projet.

Pour permettre l’opérabilité de ce processus, une séquence de phases disposées chronologiquement est proposée, reprenant les travaux menés au laboratoire ERPI dans le cadre d’un travail de recherche financé par Groupama (Le Bezvoet, 2013). Six composantes sont présentées pour la construction de ce processus d’étude.

À chaque phase de cette séquence correspond une base de données des différentes composantes : tâches, ressources, compétences, méthodes et outils, livrables ou objets intermédiaires de conception et des indicateurs d’évaluation.

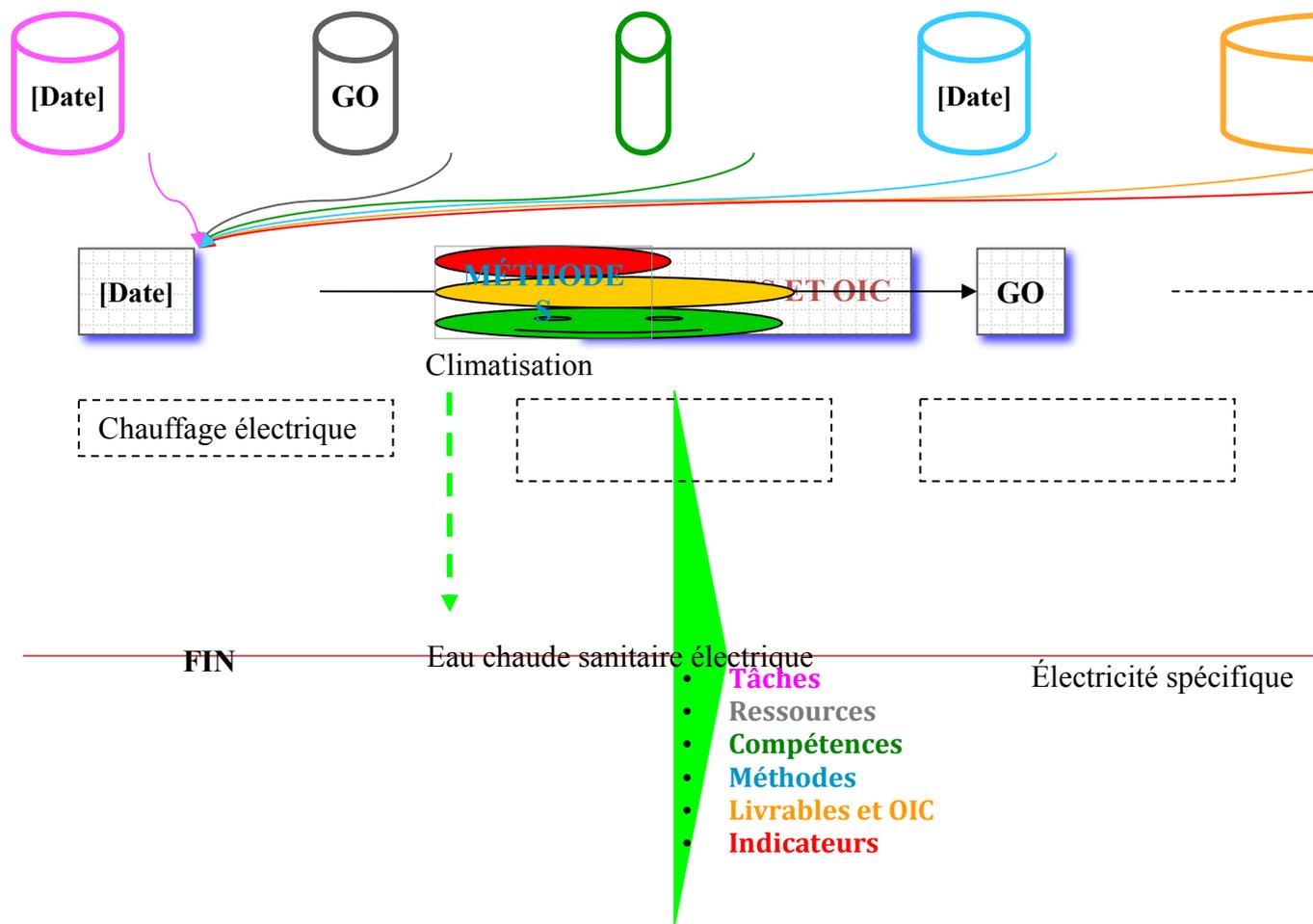


Figure 44 – Grille d’analyse avec six composantes d’un projet (Le Bezvoet, 2013)

De nombreux termes et appellations sont utilisés pour décrire et caractériser un projet. Afin de proposer un processus d’étude pour concevoir un programme d’efficacité énergétique et suite à l’analyse de différents programmes (cf. PI.C2.SA), une analyse de la littérature est proposée sur les champs de la gestion de projet, et particulièrement ceux de la gestion de projets d’efficacité énergétique. L’objectif est d’identifier les composants génériques de la gestion de programme d’efficacité énergétique.

2. Adaptation du modèle à la conception de programmes d’efficacité énergétique

2.1. La composante « tâche »

Une tâche est une partie d’un travail assigné et attendu par une personne au sein d’une organisation (ex : entreprise, association, etc.). Aldanondo (2010) qualifiait la conception ou le développement d’un projet comme la synergie d’activités et de tâches supportées par des ressources (ex: technologiques, humaines, etc.).

La gestion de projets nécessite une segmentation en plusieurs parties pour faciliter le suivi. Cela signifie qu'un projet doit être composé d'un ensemble d'activités ou de tâches qui sont généralement inter-reliées les unes aux autres (Mota et al, 2009).

La division du travail en tâches suppose une répartition des responsabilités. Une répartition des responsabilités mal formalisée, entre les parties prenantes d'un projet, et une faible utilisation de méthodes, peuvent entraîner des difficultés entre certains acteurs, ainsi qu'une mauvaise qualité de la réalisation dans le processus de construction et/ou rénovation d'un bâtiment (Lam et al, 2010).

La méthode du PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) de planification des tâches permet de maîtriser le projet de manière chronologique, par la juxtaposition de certaines tâches et par l'optimisation du temps le déroulé des tâches d'un projet. Les porteurs de projets sont ensuite responsables, de l'allocation des tâches et, de la définition des objectifs associés à chacune de ces tâches (Stummer et Zuchi, 2010).

Mota (2009) indique que les relations, entre le responsable de l'ensemble du projet avec les responsables des tâches de ce projet, semblent influencer directement la qualité d'un projet. Lehner (2009) va plus loin, en affirmant que le résultat final d'un projet ne peut exister qu'avec des phases de coopération entre les acteurs sur certaines tâches et, que le seul responsable de cette tâche ne pouvait donner les mêmes résultats.

Cependant, la formalisation des tâches d'un projet reste fortement corrélée à la taille de l'entreprise. Peu de PME et TPE utilisent des tableaux de suivi des responsables de chaque tâche au sein de l'entreprise. La plupart d'entre elles considèrent qu'elles n'ont pas besoin de ce travail de formalisation. C'est ce que Turner (2010) explique avec la phrase : « Ils savent quel travail doit être fait et qui doit le faire ».

Les actions de communication sont incluses dans les tâches. Fugui (2008) constate que la communication sur les questions environnementales est particulièrement difficile dans les zones rurales du fait des peu de moyens et d'infrastructures de haute technologie (ex : réseau fibre, 4G, etc.).

En pratique, les actions et activités menées impactent les personnes faisant parties d'un même projet. Selon Seiler (2012), les tâches, l'équipe et les ressources associées à un projet sont les facteurs les plus importants dans la motivation des membres de l'équipe projet suivi du niveau de responsabilité des personnes au sein du projet. Toujours selon Seiler, le facteur qui ressort le plus pour les responsables de projets est la définition « d'une tâche claire, compréhensible et intéressante, » tout en étant « soutenu par sa hiérarchie » et disposant « d'une équipe de travail soudée et cherchant à dépasser ses objectifs » autant que d'avoir une influence sur des décisions d'ordre stratégique ».

Les tâches semblent se révéler comme une composante fondamentale de la conception d'un projet, et plus particulièrement d'un projet d'efficacité énergétique. La méthode de conception d'un programme d'efficacité énergétique proposera une planification générique des tâches ainsi que d'une base de données permettant de l'adapter en fonction du type et de la dimension du programme.

2.2. La composante « ressources »

Les ressources signifient tout ce qui peut être utilisé pour un projet : les matières premières, les immobilisations, les équipements et matériels ainsi que les compétences. Nous reviendrons sur cette dernière composante par la suite. Pour satisfaire la réalisation des tâches, les ressources représentent un des éléments essentiels d'un projet.

Selon Ketchen (2007) et Sok (2011), les ressources sont des éléments critiques d'un projet, car ils ne représentent qu'une valeur potentielle. Et seul un nombre et un volume suffisant de ressources est nécessaire, pour passer du concept à un prototype industriel (Story et al, 2011).

Plusieurs auteurs proposent des caractérisations différentes des ressources :

- Tangible et intangible (Carbonara, 2004) ;
- Sens du flux : la ressource est-elle disponible à l'intérieur ou à l'extérieur du périmètre initial du projet ;
- Mode des ressources (Lind et al 2012) : la ressource croise-t-elle le périmètre du projet une (unidirectionnelle) ou plusieurs fois (multidirectionnelle) ;

Pour Mouzas et Ford (2011), les modèles économiques et de transactions actuels sont caractérisés par une hétérogénéité des ressources, des activités et des acteurs.

L'information et la connaissance sont également considérées comme des ressources et peuvent être transmises soit par écrit (ex : documentation scientifique, référentiel technique, courriers internet, notes, etc.) soit par oral (ex : communication interne et externe, conférences, etc.). Il semble qu'une des responsabilités d'un chef de projet réside dans la création des bonnes conditions d'échanges entre les parties prenantes d'un projet.

Les ressources sont importantes, non pas seulement pour la réalisation des projets, mais pour faciliter les échanges entre projets et organisations. La gestion des interactions des ressources, entre les organisations, permet le développement d'alliances stratégiques pouvant influencer la conception et les résultats de nouveaux produits (Mason, 2012 ; Ma et al, 2011). Pour rappel, c'était un des intérêts relevés dans le modèle de l'écologie industrielle (Partie I, Chapitre 2, Section C).

Chou et Zolkiewski (2012) expliquent que les entreprises technologiques se « débrouillent » en développant l'échange de ressources avec leurs réseaux de partenaires.

Dans le champ de la construction et de la rénovation des bâtiments, Li et Colombier (2009) constatent que le développement des projets, intégrant une dimension bas carbone, va déclencher une rupture du fonctionnement de l'ensemble de la filière bâtiment. Ils relient mieux et différemment les ressources, financières, techniques et humaines, pour proposer des produits plus performants énergétiquement.

Les ressources semblent se révéler comme une seconde composante fondamentale de la conception d'un projet d'efficacité énergétique. La méthode de conception d'un programme d'efficacité énergétique proposera une base de données de l'ensemble des ressources nécessaires à la réalisation et la mise en œuvre du programme.

2.3. La composante « compétences et connaissances »

Les compétences concernent les aptitudes à réaliser une tâche, induisant les compétences intellectuelles et physiques, et constituent un élément important dans l'analyse des projets. Souder et Moenaert (1992) et Blazevic et Lievens (2004) voient les membres d'une équipe d'un projet d'innovation comme des réservoirs de connaissance.

Pendant le projet, les membres développent leurs compétences et leurs connaissances. Ce développement de compétences est un des facteurs de réussite d'un projet d'efficacité énergétique avec des résultats performants (Teerajetgul et al, 2009).

Les responsables du projet doivent rester conscients du niveau de compétences de l'équipe sans se concentrer sur quelques membres (Liu et al, 2010). Cela signifie que certaines compétences ne peuvent s'exprimer sans le soutien d'autres compétences disponibles au sein du projet.

Par exemple, dans les projets d'innovation, il est observé que l'une des exigences, pour acquérir de nouvelles compétences, est directement corrélée au nombre de réseaux de partenaires associés au projet (Freel et Jong, 2009).

Nonaka et Takeuchi (1995), Teerajetgul (2009) et Krog (2002) décomposent les connaissances en trois dimensions :

- Explicite : connaissance pouvant être traduite dans un langage formel ;
- Implicite : connaissance ne pouvant être traduite dans un langage formel ;
- Tacite : connaissance intrinsèque à l'individu. On retrouve plusieurs termes pour qualifier les connaissances tacites avec « compétences », « savoir-faire », « expertise » qui sont utilisés pour décrire les connaissances nécessaires à la réalisation d'un projet (Teerajetgul et al, 2009) ;

Dans le secteur de la construction et de la rénovation des bâtiments, Li et Colombier (2009) observent que les experts participant au projet sont multidisciplinaires (ex : ingénieur thermicien, économiste de la construction, réglementations, etc.) et qu'une grande diversité des compétences techniques est présente selon les lieux et les projets (Lam et al, 2010).

Berkel (2010) a établi que les domaines de compétences pour les NCPC (*National Cleaner Production Centres*) suivent quatre directions principales :

- Politique ;
- Environnementale ;
- Technologique ;
- Sociologique.

Dans la continuité, Testa (2011) ajoute que de plus fortes réglementations environnementales stimulent la qualité et les progrès des compétences des acteurs d'un projet d'efficacité énergétique à la fois sur les dimensions techniques et sur les savoir-faire des personnes.

Les compétences semblent se révéler comme la troisième composante de la conception d'un projet et plus particulièrement d'un projet d'efficacité énergétique. La méthode de conception d'un programme d'efficacité énergétique proposera une analyse des compétences nécessaires à la conception, la mise en œuvre et le suivi d'un programme.

2.4. La composante « méthodes »

Les chefs de projets soulignent l'importance de méthodes formalisées pendant les phases du projet. En plus de ces méthodes, Bernstein et Singh (2006) soulignent la nécessité de décomposer le projet en plusieurs phases avec leurs méthodes associées pour répondre aux attentes du projet.

Dans la continuité, Boly (2004) explique qu'une méthode pour mener à bien un projet d'innovation suppose une approche en multi phases avec des principes de fonctionnement.

Les méthodes peuvent être considérées comme des ressources, relevant d'une dimension particulière principalement appuyées par des documents techniques et multiples cahiers des charges. On retrouve une grande diversité de méthodes qui peuvent être utilisées dans la conception de programmes d'efficacité énergétique, nous cherchons à en éclairer une partie :

- Techniques de créativité : brainstorming, la méthode 4W2H (*who, what, where, when, how, how much*), mind mapping, méthode TRIZ (*Theory for solving problems inventively*), la méthode des « six chapeaux » et du « latéral thinking » de Bono (Tayeb et Perret, 2008) ;
- Les méthodes de résolution des problèmes : méthode FMECA (*Failure modes, effects and Criticality Analysis*), les diagrammes d'Ishikawa, la méthode MAUT (*Multi Attribute Utility Theory*) ;
- Les analyses statistiques et de probabilité : analyse de Linchpin, les tests de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) sur l'évaluation des échantillons (Lam et al, 2010) ;
- Les méthodes de l'analyse stratégique et de la prise de décision : forces de Porter, matrice BCG, analyse SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*), méthode PESTEL (politique, économique, social, technologique, environnemental, législation), la méthode 4P du marketing-mix, analyse de cycle de vie, matrice de Ansoff, pyramide de Maslow, la matrice McKinsey (Boly, 2004 ; Griffin, 1997) ;
- Les méthodes d'analyse économique : analyse de la valeur, ciblage des coûts, QFD (*Quality Function Deployment*) ;

- Les méthodes de prospective : analyse morphologique, méthode MACTOR (analyse stratégique des acteurs), méthode MICMAC (Analyse des variables clés d'un projet), Delphi ;
- Les méthodes de l'intelligence économique : analyse de marché, management des connaissances ;
- Les méthodes d'analyse des projets de développement durable dans le bâtiment : méthode DPE (Diagnostic de Performance Énergétique), méthode HQE (Haute Qualité Environnementale), la méthode PHPP (*Passive House Planning Package*), BREEAM (*British Research Establishment Environmental Assessment Method*) (Yang et al, 2010) ;

Les méthodes semblent se révéler comme la quatrième composante de la conception d'un projet d'innovation. La méthode de conception d'un programme d'efficacité énergétique proposera une analyse des méthodes et outils utilisés depuis la conception jusqu'à la mise en œuvre et au suivi du programme.

2.5. La composante « livrables ou objets intermédiaires de conception »

Le concept « d'objet intermédiaire » a montré, depuis quelques années, sa richesse et son apport au travers d'analyses de cas des activités de conception des organisations (Tichkiewitch et Brissaud, 2000).

D'après Godjo (2003), en analysant les séquences des objets intermédiaires de conception (OIC) qui évoluent au fur et à mesure du projet, une représentation de l'ensemble du processus peut être obtenue. Par conséquent, un projet peut être caractérisé comme un ensemble d'objets intermédiaires de conception de différentes natures et formes.

D'après Bernstein et Singh (2006), l'objectif principal d'un projet peut être défini par « l'objet final de conception ».

Une situation souhaitée qui pourra favoriser la réussite d'un projet peut également être considérée comme un objet intermédiaire de conception (Waarts et al, 2002).

Selon Jeantet (1996), un objet intermédiaire de conception présente quatre caractéristiques :

- Le caractère éphémère ;
- La virtualité ;
- La faculté de construire un consensus ;
- Subjectivité et objectivité à la fois.

À ces quatre caractéristiques, ils rajoutent également une caractéristique de dimension dans l'espace :

- En deux dimensions : sur papier (ex : contrats, dessins et esquisses, etc.) ou électronique (ex : mails, présentations, etc.) ;
- En trois dimensions : prototype, bâtiment à certaines phases du chantier.

Selon Vinck (2006, 2009), les objets intermédiaires de conception favorisent les représentations, les échanges et la médiation des acteurs d'un projet.

Certains auteurs parlent même « d'objets frontières » (Star et Griesemer, 1989) permettant « de connecter des mondes différents et par conséquent des communautés qui n'ont pas l'habitude de travailler ensemble ».

Les OIC ou livrables intermédiaires semblent se révéler comme la cinquième composante fondamentale de la conception d'un projet d'innovation. La méthode de conception d'un programme d'efficacité énergétique recensera l'ensemble des livrables intermédiaires ayant été produits, depuis la conception jusqu'à la mise en œuvre et au suivi du programme.

2.6. La composante « indicateurs »

Un indicateur est assimilable à une variable de suivi d'un projet (Fernandez, 1999). Les responsables de projet ont souligné l'importance d'inclure des indicateurs dès la phase de conception (Bernstein et Singh, 2006).

Les indicateurs couvrent un large champ des composantes d'un projet parmi lesquelles on retrouve, entre autres :

- Les livrables et objets intermédiaires de conception : critères de validation des livrables ;
- Les tâches : indicateurs de réalisation, indicateurs intermédiaires d'avancement ;
- Les ressources : disponibilité, financement, etc. ;

Dans le domaine de l'efficacité énergétique, les indicateurs sont utilisés pour obtenir des certifications notamment pour des bâtiments répondant à des critères de développement durable (ex : bâtiments HQE, bâtiments passifs) (Li et Colombier, 2009).

Le dispositif des certificats d'économie d'énergie (CEE) peut être considéré comme un indicateur universel des consommations d'énergie, basé sur une modélisation des consommations en énergie primaire sous certaines conditions d'utilisation (Brounen et Kok, 2011).

Pour l'évaluation de l'efficacité énergétique des bâtiments, en construction et rénovation, Yang (2010) a proposé une liste de 83 indicateurs groupés au sein de cinq catégories :

- Besoins énergétiques de chauffage et climatisation: isolation du bâti, qualité de l'air, orientation, taux d'ensoleillement, ventilation ;
- Efficacité énergétique des équipements : système de chauffage, système de ventilation, pompe à eau, etc. ;

- Gestion et maîtrise d'œuvre du bâtiment : qualifications, compétences, etc. ;
- Utilisation d'énergies renouvelables ;
- Confort intérieur et santé : taux d'humidité, luminosité, acoustique, etc.) ;

Les indicateurs proposés, bien qu'ayant été construits avec les acteurs et responsables des programmes expérimentaux, restent contestables (Hubault et Tertre, 2008 ; Dejours, 2003) et ne représentent pas une analyse de l'ensemble des indicateurs possibles pour évaluer un programme d'efficacité énergétique. Ils pourront être adaptés en fonction des dimensions et des attentes des parties prenantes du programme.

Les indicateurs semblent se révéler comme la sixième composante de la conception d'un projet d'efficacité énergétique. La méthode de conception d'un programme d'efficacité énergétique recensera l'ensemble des indicateurs créés et utilisés depuis la conception jusqu'à la mise en œuvre et au suivi du programme.

Conclusion du Chapitre 4

Dans ce chapitre, plusieurs propositions ont été formulées :

- La première avec des principes favorisant la mise en œuvre de dynamiques, dans les modèles économiques en place, et, dans les fonctionnements et relations entre les acteurs et une grille adaptée permettant d'analyser les effets de ce programme sur d'autres dimensions que celles uniquement quantitatives.
- Une méthode de construction de scénarios énergétiques locaux avec son dispositif d'évaluation.
- Une ingénierie globale, permettant la conception collaborative et la mise en œuvre de programmes d'efficacité énergétique locaux avec des objectifs ambitieux. Ce processus a été adapté sur l'analyse des projets d'efficacité énergétique expérimentaux suivis pendant ces trois années.

Les détails de ces composantes restent des éléments simples qui ont été construits en coopération avec les responsables des programmes d'efficacité énergétique et les acteurs de ces actions d'efficacité énergétique.

Cette méthode permettra, aux responsables de ces projets et aux parties prenantes de la filière du bâtiment et du territoire, de développer collectivement de nouvelles solutions en matière d'efficacité énergétique, ce qui aura pour effet de réduire significativement les consommations énergétiques.

Conclusion de la Partie II

La première partie concluait sur la nécessité de concevoir des programmes d'efficacité énergétique permettant de réduire, voire remplacer, l'utilisation des énergies fossiles dans les bâtiments (cf. Partie I).

L'analyse des situations énergétiques des départements et villages expérimentaux a montré que les tendances nationales, en matière de consommations énergétiques, étaient relativement semblables malgré. Quelques spécificités, liées au contexte rural des terrains et par conséquent de ses habitants, peuvent se dégager.

Dans le cadre de l'accompagnement du laboratoire de Bure-Saudron depuis 2006, EDF souhaite orienter les objectifs de son programme d'efficacité énergétique vers un remplacement des énergies fossiles dans les bâtiments en réduisant le besoin énergétique et en utilisant des systèmes biomasse et électriques. Cet objectif est évidemment fixé sur le long terme à la vue des investissements nécessaires à sa réalisation.

La contribution formulée apporte quelques éléments de réponse et prend en compte les facteurs clés de succès issus de la première partie :

- La capacité des acteurs à pouvoir échanger ;
- La conception de documents qui fournissent la marche à suivre et les recommandations ;
- La présence de méthodes d'évaluations structurées ;
- La disponibilité à tous les acteurs des données tout au long du programme.

Ces propositions s'expriment dans trois dimensions :

- Des principes issus du modèle de l'économie de fonctionnalité pour penser des programmes d'efficacité énergétique ne prenant pas seulement en compte les enjeux propres à l'énergie mais également les enjeux économiques, sociaux et environnementaux pour les territoires. La grille méthodologique d'analyse doit permettre d'élargir le champ de l'évaluation et observer les bénéfices générés plus largement que par la seule quantification des gains en kWh ;
- Une méthode de construction de scénarios locaux d'efficacité énergétique appliquée aux bâtiments. Cette méthode permet de définir une situation de référence et le choix de contraintes pour le scénario. Dans notre cas, ces contraintes pèsent sur l'obligation de remplacer les énergies fossiles des bâtiments dans recourir à un usage massif d'autres énergies. Elle décompose les hypothèses nécessaires à la construction d'une trajectoire énergétique pour les territoires et permettra d'évaluer les économies d'énergie réalisées en fonction des investissements consentis. Elle est également adaptée pour de petites collectivités afin d'évaluer, opération par opération, les impacts à l'échelle de la collectivité ;

- Un processus d'étude pour concevoir collectivement un programme d'efficacité énergétique pour les bâtiments qui fait appel à six composantes et met à disposition les phases de sa construction pas-à-pas pour des responsables de programmes.

L'application de ces propositions sur les terrains expérimentaux, dans le cadre de programmes spécifiques menée avec EdF, doit répondre à l'enjeu de remplacement des énergies fossiles dans les bâtiments. Les résultats, ainsi que les difficultés et limites rencontrées, sont présentés dans le chapitre suivant.

PARTIE III

CONTRIBUTION À LA CONCEPTION DE PROGRAMMES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS SUR DEUX ECOSYSTEMES TERRITORIAUX

Introduction de la Partie III

Cette partie présente les résultats des propositions précédentes dans le cadre des programmes d'efficacité énergétique de Meuse et Haute-Marne, de « Villages 2050 » et de l'opération SAVECOM.

Ces résultats sont structurés de la manière suivante :

Un premier chapitre (Chapitre 5) qui détaille l'ensemble du processus des programmes d'efficacité énergétique à chaque phase. Toutes les composantes de ces programmes sont détaillées, aussi bien au niveau des hypothèses des scénarios ainsi que des outils qui ont été développés pendant leur mise en œuvre (ex : outil visuel de présentation des scénarios).

Le chapitre 6 revient sur l'ensemble des résultats de ces programmes en respectant la logique d'économie de fonctionnalité comme filtre d'analyse. Elle permet d'identifier les multiples effets bénéfiques ainsi que les nouvelles offres issues de ces actions. Elle élargit également le champ de l'analyse de la performance à des dimensions autres que les simples économies d'énergies, en traitant des systèmes d'acteurs, de la dimension marketing de l'offre, de la question du travail ainsi que des dynamiques présentes pour initier le changement.

Enfin, les limites observées pendant les expérimentations sont relatées afin de proposer des pistes de recherche et d'amélioration de la méthodologie développée dans le cadre de ce travail.

CHAPITRE 5

L'APPLICATION DU PROCESSUS GLOBAL INTEGRE DE CONCEPTION COLLABORATIVE SUR DEUX ECOSYSTEMES TERRITORIAUX « VILLAGES 2050 ».

Introduction du Chapitre 5

Ce chapitre fait état des observations et résultats de l'application de la contribution proposée dans la partie précédente sur les terrains expérimentaux de Dammarie-sur-Saulx et d'Epizon.

Tout d'abord, le programme est décliné sur l'ensemble de ses composantes et montre, à chaque étape, les ressources qui ont été nécessaires à sa conception et mise en œuvre.

Une analyse des acteurs permet de comprendre les logiques relationnelles et d'identifier les compétences qui ont été nécessaires.

L'analyse des méthodes fait un constat des techniques requises pour concevoir et aboutir aux multiples livrables qui ont été générés.

Le recensement des indicateurs utilisés permet d'appréhender qualitativement l'évaluation portée à chaque étape du processus.

Dans un second temps, l'application de la méthode de construction de scénarios énergétiques fait ressortir, les objectifs énergétiques à définir et, les contraintes économiques à prendre en compte, pour permettre la réalisation d'un territoire avec des bâtiments non consommateurs d'énergies fossiles, à l'horizon 2050, à l'échelle des deux départements.

Une première trajectoire appliquée aux deux villages expérimentaux permet de mesurer les objectifs à fixer, à court et moyen terme, pour tendre vers cet horizon. Un retour d'expérience des deux premières années montre la corrélation entre les objectifs prévus et les résultats relevés.

La troisième partie revient sur les composantes des phases d'assistance à maîtrise d'ouvrage, de réalisation et de suivi des programmes. Elle fait état, des actions menées depuis la conception de la solution proposée au maître d'ouvrage, du montage financier des projets, de la réalisation des actions d'efficacité énergétique sur les bâtiments et jusqu'au suivi dans la durée de ces actions aux échelles individuelle et collective.

Section A – La phase de conception des programmes d’efficacité énergétique « Villages 2050 ».

Cette section présente l’ensemble des tâches du processus et l’ensemble des composantes qui ont été nécessaires à la conception du programme d’efficacité énergétique « Villages 2050 ».

Les travaux en amont : l’analyse des acteurs et des parties prenantes, les rencontres, l’élaboration des multiples livrables et indicateurs, et les ressources mobilisées, y sont relatées en détail.

De multiples rencontres avec les différentes parties prenantes ont été menées tout au long de ce processus et ont contribué à structurer ce travail :

- Une douzaine de rencontres avec des maîtres d’ouvrage propriétaires occupants avant et après leurs travaux de rénovation ;
- Une vingtaine de rencontres avec les responsables de la collectivité et les dispositifs institutionnels locaux ;
- Suivi de quatre entreprises tout au long du processus.

1. Présentation d’ensemble du processus du programme d’efficacité énergétique « Villages 2050 »

Le processus proposé est décliné sous la forme de tâches chronologiques. Ces tâches peuvent être regroupées dans quatre phases traditionnelles de la gestion de projet de la conception jusqu’au suivi (figure 45) :

- Une première phase de conception du programme d’efficacité énergétique. Elle se décompose en différentes tâches :
 - Une analyse des acteurs du programme et de leurs influences dans la conception et la mise en œuvre d’actions d’efficacité énergétique sur les territoires ;
 - La construction du scénario énergétique sur lequel nous revenons en détail dans la section suivante (PIII.C5.SB) ;
 - Les rencontres avec les parties prenantes pour échanger sur les sujets, méthodes, objectifs et composantes qui constitueront le programme ;
 - La formation des entreprises locales pour leur permettre de répondre aux exigences des cahiers des charges et aux référentiels techniques mis en œuvre ;

- Les rencontres entre les potentiels maîtres d'ouvrage propriétaires particuliers, entreprises, artisans et acteurs du programme (ex : CAUE, équipe d'EdF, etc.) pour présenter les offres et partager des conseils ;
- Une enquête de premier niveau des maîtres d'ouvrage pour évaluer l'éligibilité de leurs projets sur des critères simples (ex : bâtiment datant d'avant 1990 pour satisfaire aux contraintes réglementaires pour obtenir un prêt taux zéro, situation du bâtiment, etc.) ;
- Une seconde phase d'assistance à maîtres d'ouvrage allant de l'analyse spécifique de sa situation et de son bâtiment jusqu'à son acceptation de la solution proposée :
 - Un diagnostic de performance énergétique permettant d'analyser de manière conventionnelle les consommations énergétiques du bâtiment et d'évaluer les gains énergétiques potentiels ;
 - Une préconisation de travaux, d'investissements et d'une performance énergétique conformément au cahier des charges et au référentiel technique construit avec les parties prenantes ;
 - La réalisation des devis par les entreprises ou artisans en tenant compte du référentiel technique ;
 - La validation des projets de rénovation par un comité de suivi, constitué des parties prenantes du programme, disposant de l'ensemble des éléments.
- Une troisième phase constituée de montage des dossiers d'aides et de financement des investissements consentis et d'autre part de réalisation des actions d'efficacité énergétique préconisées répondant aux critères de performance tant dans les matériaux utilisés que dans la mise en œuvre. Cette phase s'achève par le règlement des prestations fournies par les entreprises à l'issue du chantier et d'un test de performance énergétique du bâtiment rénové :
 - L'analyse, en fonction du projet et des lots à rénover, des aides et subventions disponibles et accompagnement des maîtres d'ouvrage pour le montage des dossiers ;
 - Réalisation des travaux par les entreprises et artisans sélectionnés conformément aux préconisations proposées. Un suivi de chantier, réalisé par un des acteurs du programme et rendant compte au comité de suivi, permet d'identifier les possibles difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre des travaux ;
 - Réalisation d'un test de performance énergétique qui se matérialise par un test de perméabilité à l'air évaluant les déperditions énergétiques du bâtiment.

- Une dernière phase de suivi tant au niveau des offres que des résultats des premiers chantiers dans la durée. Ce suivi devra se faire à la fois à l'échelle des logements individuels que des bâtiments de la collectivité. Il faut noter que l'offre ne va pas jusqu'à la proposition d'un Contrat de Performance Énergétique consistant à ce qu'un prestataire garantisse les consommations et prenne tout ou partie du risque de surconsommation à sa charge. Le suivi des consommations dans la durée a pour seul objet de vérifier la pertinence et la pérennité des actions d'efficacité énergétique initiés par le programme.

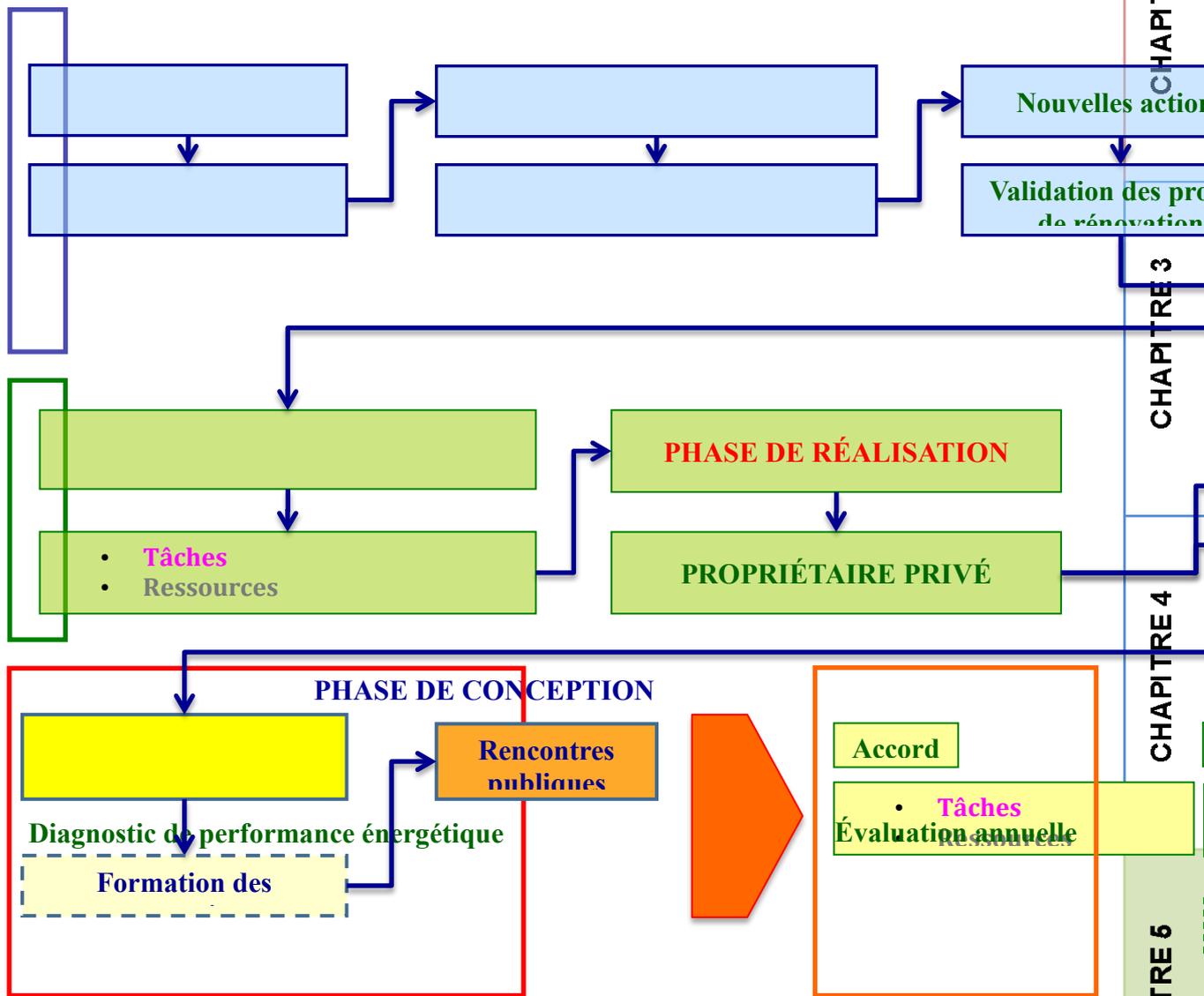


Figure 45 – Représentation schématique de la séquence des quatre phases et de leurs tâches du processus de conception du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 » (notre recherche)

2. La phase de conception

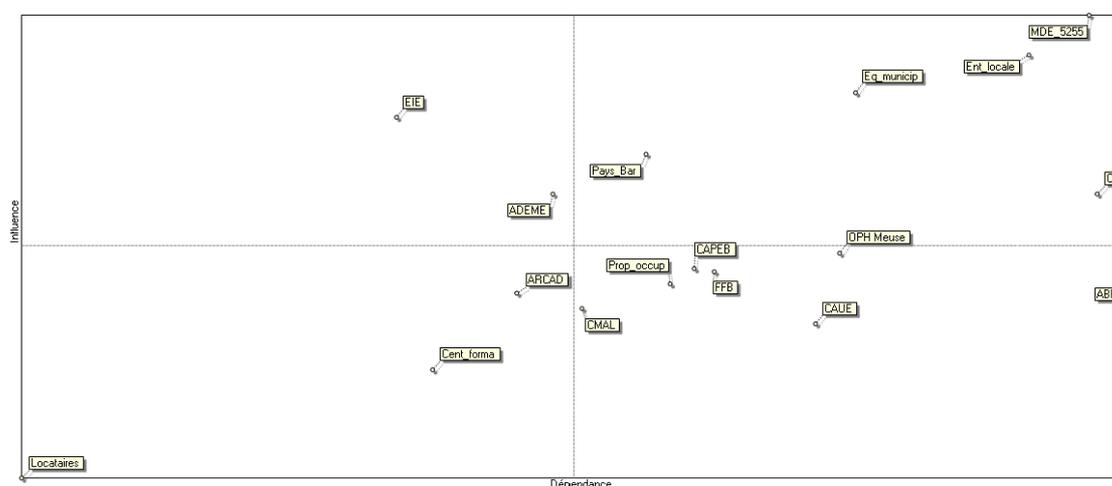
2.1. L'analyse des acteurs

L'analyse des acteurs a été, en partie, produite à l'aide d'outils issus des travaux sur la prospective stratégique développés par le LIPSOR (Laboratoire d'investigation en prospective, stratégie et organisation) (IAAT, 2005).

Ces outils peuvent permettre de produire des représentations graphiques et analyses à plusieurs niveaux :

- L'analyse des variables clés d'un projet qui est construite avec l'ensemble des parties prenantes. La simulation peut être réalisée avec le logiciel MicMac ;
- L'analyse stratégique des acteurs qui propose une représentation graphique des influences et dépendances des acteurs vis-à-vis des autres acteurs. Cette étude est réalisée avec le logiciel Mactor ;
- Les outils de création de scénarios de prospective avec l'analyse morphologique ;

Une analyse des acteurs a été réalisée au cours de cette expérimentation avec la méthode Mactor (figure 46). Celle-ci a permis de caractériser la dépendance et la motricité des acteurs du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 ».



Légende :

- MDE 52-55 : Équipe EdF du programme « Villages 2050 »
- Ent_locale : Entreprises et artisans locaux
- Eq_municip : Équipes municipales des deux collectivités
- CG : Conseils Généraux des deux départements
- ABF : Architecte des Bâtiments de France
- CAUE : Conseil en Architecture, Urbanisme et Environnement
- OPH Meuse : Bailleur social présent à Dammarie-sur-Saulx
- CAPEB : Confédération des Artisans et des Petites Entreprises du Bâtiment
- FFB : Fédération Française du Bâtiment
- Pays_Bar : Pays Barrois
- Prop_occup : Propriétaires occupants
- CMAL : Centre Meusien de l'Amélioration de l'Habitat
- Cent_forma : Centres de formation (ex : AFPA, AMIFOP)
- EIE : Espace Info Énergie
- Localaires : Locataires des bâtiments dans les deux collectivités
- ARCAD : Agence Régionale de la Construction et de l'Aménagement Durable en Champagne-Ardenne

Les entreprises locales, les membres de l'équipe municipale et les initiateurs du programme de « Maîtrise de la Demande en Énergie » d'EdF (MDE 52-55) font partie des acteurs à la fois les plus dépendants mais également moteurs dans le programme « Villages 2050 ».

Les dispositifs institutionnels dédiés à l'accompagnement des projets d'efficacité énergétique sont fortement représentés avec une influence plus marquée sur les collectivités que sur les propriétaires occupants. Les locataires n'ont eux que très peu d'influence sur le programme du fait qu'ils décident que très marginalement de réaliser des actions d'efficacité énergétique coûteuses dans un bâtiment qui ne leur appartient pas.

2.2. Les rencontres avec les parties prenantes

L'étape de conception de la solution doit intégrer les différentes parties prenantes dans son processus pour faciliter l'analyse des ressources disponibles, des enjeux et objectifs à poursuivre pour les territoires concernés.

Elle s'appuie sur les connaissances des acteurs locaux (ex : élus, institutionnels), des experts (ex : EdF R&D, EIE, ARCAD, CAUE) et des usagers des bâtiments (propriétaires occupants et locataires) pour choisir et adapter les variables clés des scénarios énergétiques proposés et élaborer les référentiels et cahiers des charges qui seront mis en œuvre dans le cadre de ces programmes.

Suite à la validation du scénario énergétique, le lancement d'un appel à projet [Annexe C5.SA.2.2.a.] accompagné d'un référentiel technique [Annexe C5.SA.2.2.b] a été réalisé avec les parties prenantes du programme. Sa réalisation a nécessité cinq réunions d'une journée avec l'ensemble des parties prenantes pour valider les exigences en matière de qualité et performance des matériels [cf. compte-rendu en Annexe C5.SA.2.2.c.].

Il s'est accompagné d'une charte d'engagement à destination des entreprises pour les contraindre à respecter certaines règles à différents niveaux (cf. PIII.C5.SA.2.3).

Cette tâche a recouru à des méthodes de communication multiples et utilisant différents canaux :

- De nombreuses rencontres regroupant les élus, les entreprises avec leurs organisations professionnelles (CAPEB, FFB) et les dispositifs institutionnels (ex : ADEME, ARCAD) ont été menées chaque semaine pendant les six mois de cette phase pour concevoir et présenter l'appel à projets « Villages 2050 » ;
- Des modes de rencontres (ex : réunion public, journées d'échanges, etc.) entre les maîtres d'ouvrage, les porteurs du programme et les entreprises du bâtiment concernées par l'appel à projets avec les supports de communication associés ;

- Une méthode d'échanges entre les parties prenantes en dehors des seules réunions physiques à la fois sur des documents et/ou des remarques à formuler. La mise en place d'une plateforme informatique avec un accès réservé aux membres a permis de satisfaire ce besoin.

La constitution d'un comité de suivi, regroupant quelques experts présents chez les différentes parties prenantes, a été le dernier objet des rencontres entre acteurs. Ce comité de suivi a été mandaté pour deux choses :

- Suivre et rendre compte aux différentes parties prenantes, des résultats, questionnements et difficultés rencontrés pendant les différentes étapes du programme ;
- Vérifier la conformité et valider les projets de rénovation des maîtres d'ouvrage propriétaires particuliers et collectivités avant le lancement des recherches de financement et des travaux.

L'évaluation de ces échanges entre les parties prenantes s'est basée sur le nombre d'acteurs présents à chacune de ces rencontres et la capacité des membres à converger vers un consensus sur les différents livrables souhaités.

2.3. La charte d'engagement et la formation des entreprises

Une charte à destination des entreprises a été élaborée pour les contraindre à s'engager à respecter certaines règles simples à chacune des étapes de mise en œuvre de leur projet [Annexe C5.SA.2.3.]. L'une des principales contraintes de cette charte a été d'obliger les entreprises et artisans à se grouper, soit temporairement (GME), soit dans la durée (GIE), pour réaliser le projet global de rénovation et garantir collectivement la qualité des résultats des travaux :

2.3.1. Les contraintes de participation pour les entreprises au programme

Les entreprises doivent répondre aux exigences suivantes :

- Avoir au préalable effectué les démarches et formalités administratives nécessaires prévues par les dispositions en vigueur et indispensable à l'exercice de leur activité ;
- Posséder les compétences professionnelles requises, acquises par une formation initiale ou continue, et/ou par une pratique confirmée ;
- Être à jour de leurs obligations sociales et fiscales et disposer en permanence des assurances légalement obligatoires (ex : assurance décennale) ainsi que d'une couverture responsabilité civile professionnelle, couvrant les prestations et travaux qu'elles réalisent auprès du maître d'ouvrage, garantissant les conséquences pécuniaires en cas de dommages de toute nature causés au tiers et à ses clients ;

- Avoir une convention de partenariat avec le programme d'EdF de Meuse et Haute-Marne valide à date ;
- Ne pas faire l'objet d'une procédure ou de l'ouverture d'une procédure de redressement et/ou de liquidation judiciaire ;
- Avoir assisté et faire assister les différents intervenants du chantier à une formation spécifique développée dans le cadre du programme expérimental [Annexe C5.SA.2.3.1.]. Elle a plusieurs objectifs :
 - Former tous les intervenants aux conditions d'une rénovation globale performante ;
 - Développer la capacité d'expertise thermique et l'évaluation des projets ;
 - Mettre en œuvre des solutions techniques dépassant les exigences de la réglementation thermique 2012 et conformes au cahier des charges du programme « Village 2050 » ;
 - Créer une dynamique de groupe entre les artisans.

Elles se déroulent sur deux jours :

- Premier jour :
 - Rappel des caractéristiques du bâtiment et des préconisations proposées respectant le cahier des charges du programme ;
 - Analyse des faiblesses techniques à améliorer pour une rénovation performante ;
 - Étude de cas sur le chantier et processus de mise en œuvre.
- Deuxième jour qui se coupe généralement en deux demi-journées :
 - Formation-action en cours de réalisation du chantier ;
 - Rappels sur l'étanchéité à l'air à certains points du bâtiment ;
 - Évaluation et retour d'expérience du cas rencontré.

2.3.2. Les obligations des entreprises vis-à-vis des maîtres d'ouvrage

Les entreprises et artisans choisis par les maîtres d'ouvrage ont de multiples obligations à tous les niveaux du projet individuel de rénovation depuis sa conception jusqu'à son suivi.

En amont du projet :

- Assister le maître d'ouvrage dans la réalisation des demandes administratives en conformité avec le code de l'urbanisme ;
- Réaliser un bilan initial des consommations énergétiques et de l'état du bâtiment à l'aide du logiciel BAO® Promodul niveau pro expert à minima (ou équivalent) ou des règles ThC-ex ;
- Formuler une proposition de rénovation thermique (technique et économique)

portant sur l'ensemble des parois opaques (murs, toit et sol), des parois vitrées et de la ventilation, conforme au référentiel technique attendu. Ces propositions devront comprendre :

- Le descriptif des travaux à réaliser de chaque lot (y compris lot étanchéité à l'air si nécessaire pour l'atteinte de la performance au niveau d'étanchéité attendue) et leur coût ;
 - Le prix global et forfaitaire du projet ;
- Respecter la totalité du cahier des charges sauf dans l'hypothèse où un ou plusieurs des lots du bâtiment seraient conformes aux exigences de la réglementation thermique dans l'existant en vigueur ;
 - Les offres sont examinées par une cellule de validation technique d'EdF pour la validation des aides potentielles, qui pour tout cas spécifique, saisira le comité de suivi du programme ;
 - Réaliser un bilan thermique projeté après travaux à l'aide du logiciel BAO® Promodul niveau pro expert à minima (ou équivalent) ou des règles ThC-ex ;
 - Assister le maître d'ouvrage dans son dépôt de demande de label si celui-ci le souhaite ;
 - Informer le maître d'ouvrage sur les démarches nécessaires, en particulier celles relatives aux déclarations préalables de travaux ;
 - Informer le maître d'ouvrage et l'assister sur l'ensemble des dispositifs d'aides existants et sur la préparation des différents documents de demande d'aides.

Pendant la réalisation des travaux :

- Assurer la coordination des travaux de rénovation thermique pour atteindre le niveau de performance et de mise en œuvre attendu dans le référentiel technique ;
- Réaliser les travaux commandés dans le respect des règles de l'art, normes et textes réglementaires applicables, et selon les modalités prévues dans le contrat ;
- Sensibiliser les différents corps de métier intervenants sur l'étanchéité à l'air attendue du projet de rénovation ;
- Apporter les solutions techniques pour la bonne mise en œuvre de l'étanchéité à l'air et s'assurer de la réalisation de celles-ci par les différents intervenants, le cas échéant ;
- Assurer que les travaux et matériaux installés sont conformes aux spécifications techniques telles que décrites dans le référentiel technique mais également au contrat signé entre le maître d'ouvrage et les entreprises.

À l'issue des travaux :

- Assister le maître d'ouvrage lors de la phase de réception des travaux ;
- Mettre en œuvre tous les travaux de reprise nécessaires à la levée des éventuelles réserves.
- Faire réaliser le cas échéant, un test d'étanchéité à la fin des travaux par un bureau de contrôle indépendant ;
- Apporter ou faire apporter les corrections nécessaires suite au test d'étanchéité ou aux remarques du bureau de contrôle, si la performance attendue n'est pas atteinte ;
- Apporter ou faire apporter les corrections nécessaires si le référentiel technique n'est pas atteint.

2.4. Les rencontres avec le public

Plusieurs évènements ont fait l'objet de rencontre avec le public dans différentes circonstances :

- Des réunions publiques dans les villages où les habitants étaient conviés afin de leur présenter les objectifs du programme, les détails de l'offre et les étapes à suivre pour concevoir leur projet d'amélioration de l'efficacité énergétique de leur bâtiment. Selon la collectivité, entre 5 et 10% des habitants des deux villages étaient présents à ces réunions publiques [Annexes C5.SA.2.4.a. et C5.SA.2.4.b.] ;
- Des journées de rencontre entre les parties prenantes (entreprises, experts EdF, experts des territoires, élus) et les particuliers afin de favoriser le partage d'expériences et permettre aux particuliers de pouvoir se faire une première idée sur les entreprises en présence. Une dizaine d'entreprises, tout corps de métier confondus, était présente à ces journées de rencontres, qui se sont tenues deux samedis avec une trentaine d'habitants ;
- Des journées de restitution des expériences et des projets réalisés. Ces journées se composent de visites d'opérations réalisées et d'échanges avec les propriétaires ayant réalisés les travaux et témoignant de leurs expériences ;
- Une dizaine d'articles, dans la presse locale et de la commune, a été produite pour déployer la connaissance de l'offre auprès des habitants sur les collectivités expérimentales [Annexe C5.SA.2.4.c.].

2.5. L'enquête préliminaire

Cette enquête préliminaire permet de valider un premier niveau d'éligibilité des bâtiments et des projets des maîtres d'ouvrage en fonction de quelques dispositions légales à respecter [Annexe C5.SA.2.5.]. Elle prend en compte :

- Les aspects liés aux bâtiments : date de construction du logement, résidence principale ou autre, travaux de rénovation antérieurs, travaux non commencés ;
- Les aspects liés au maître d'ouvrage : statut du futur emprunteur (ex : SCI familial, propriétaire particulier), âge de l'emprunteur, aides ou crédit d'impôt déjà accordés ;

Réalisées à l'issue des réunions publiques, ces enquêtes permettent une première évaluation du volume potentiel de bâtiments à rénover, induisant un niveau d'aides associées pour soutenir les projets, ainsi qu'une idée du nombre de maîtres d'ouvrage intéressés par un projet d'efficacité énergétique de leur bâtiment.

3. Synthèse des composantes associées à la phase de conception du programme d'efficacité énergétique des bâtiments « Villages 2050 »

La figure ci-dessous (figure 47) présente une synthèse graphique selon l'analyse des six composantes de la phase de conception d'un programme d'efficacité énergétique des bâtiments.

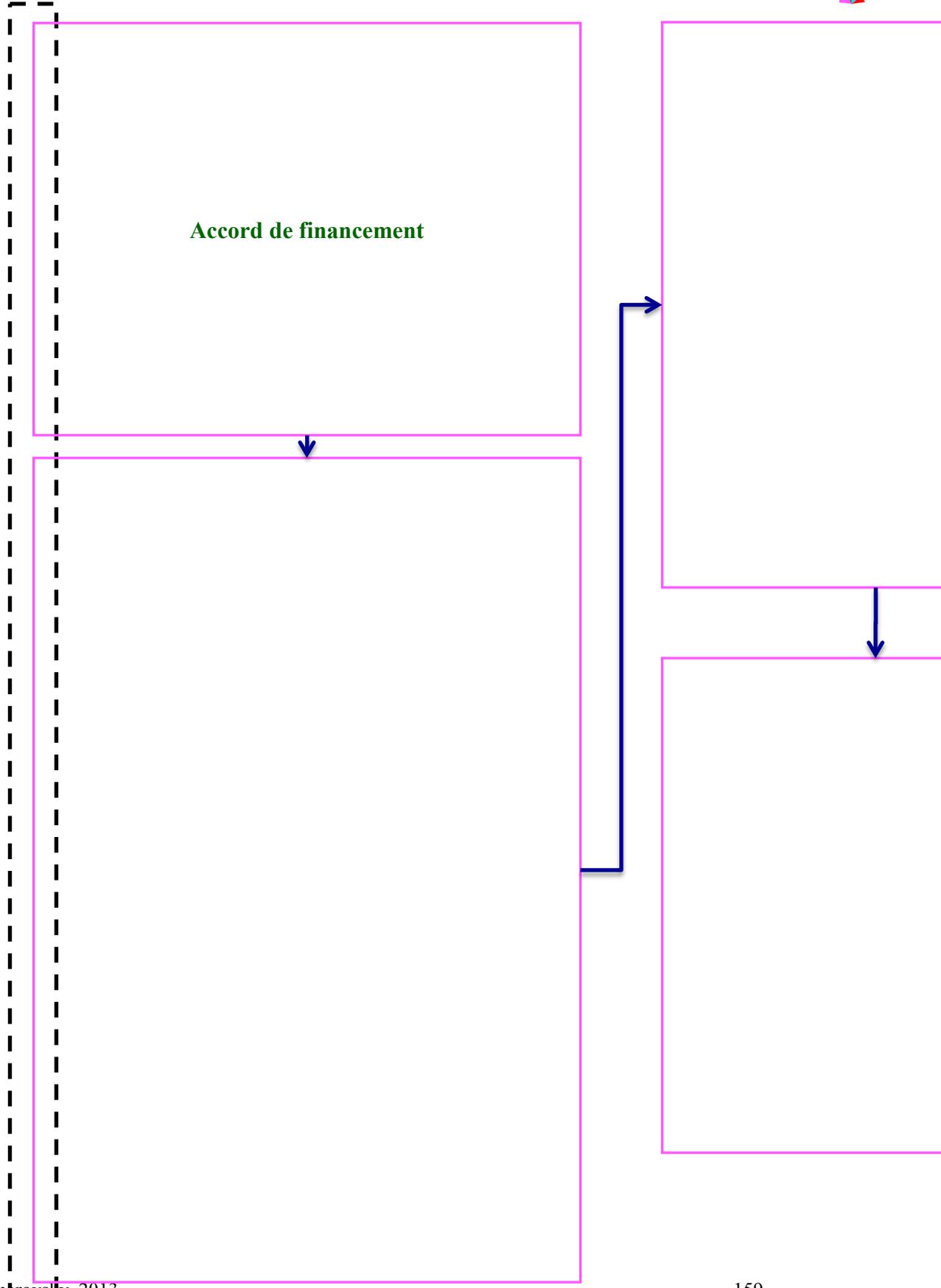


Figure 47 – Les composantes à chaque étape de la phase de conception du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 » (notre recherche)

Elle permet ainsi de fournir une vision d'ensemble aux acteurs et parties prenantes associés lors de cette phase. À l'issue de cette phase, les parties prenantes ont encore la possibilité de décider de lancer ou non la seconde étape du programme, si les conditions leur semblent favorables ou non (ex : incapacité de financement des travaux par les ménages, peu de maîtres d'ouvrage intéressés, inéligibilité réglementaire des bâtiments).

Section B – Les scénarios d’efficacité énergétique de Meuse et Haute-Marne et des deux villages expérimentaux : application de notre méthode de construction de scénarios.

Dans cette section, nous présentons l’opérationnalisation de notre méthode de construction des scénarios énergétiques des départements de Meuse et Haute-Marne ainsi que des deux villages en suivant la méthode proposée (cf. PII.C4.SB).

L’objectif énergétique poursuivi de ces scénarios étant de supprimer les énergies fossiles dans les bâtiments à l’horizon 2050, nous appliquons les principes de l’efficacité énergétique des bâtiments successivement et de manière cohérente : la mise en œuvre d’une isolation performante dans un premier temps, suivie de l’adaptation de systèmes performants pour compenser le besoin énergétique nécessaire pour un usage confortable, notamment en matière de chauffage.

Les scénarios départementaux présentent une analyse distincte des secteurs résidentiel et tertiaire et projettent un mix énergétique en 2050 respectant les contraintes stipulées par les parties prenantes du programme. Une étude des impacts énergétiques, environnementaux et économique est associée.

Cette section conclue sur la réalisation des scénarios des deux collectivités qui ont accueillies l’expérience « Villages 2050 ».

1. Expérimentation sur les cas de Meuse et Haute-Marne

1.1. Les hypothèses du scénario énergétique

La construction des scénarios énergétiques a demandé de multiples compétences disponibles chez les experts d’EdF R&D (ex : génie thermique, analyse statistique, modélisation) pour disposer des informations propres aux consommations statistiques des bâtiments et de méthodes de construction de scénarios énergétiques tenant compte des disparités des territoires.

Des données sur les ressources énergétiques et économiques :

- la vétusté ;
- l’évolution et les contraintes architecturales du parc des bâtiments, les détails du climat ;
- les profils des consommations, des usages énergétiques (ex : chauffage, mode de cuisson, eau chaude sanitaire, éclairage) ;
- les modes de production pertinents utilisant des énergies renouvelables (principalement le bois dans ces cas).

Ces données ont été collectées directement sur les territoires par, méthodes d’enquêtes, réunions d’échanges avec les experts des territoires et, capitalisation des rapports, référentiels et publications dans ces domaines produits par les multiples organismes appartenant au territoire (ex : Architecte des Bâtiments de France, agences locales de l’énergie, ADEME en région) dans sa dimension la plus large.

Le scénario d'efficacité énergétique des bâtiments de Meuse et Haute-Marne respecte six contraintes partagées par les parties prenantes du programme :

- Le remplacement total, dans la mesure du possible, des consommations d'énergies fossiles ;
- La demande totale d'électricité des bâtiments doit rester proche de la valeur actuelle soit 1,22 TWh/an (résidentiel et tertiaire agrégés) ;
- Le recours supplémentaire à la biomasse doit rester dans les fourchettes basses données par les spécialistes. La valeur donnée par l'ONF préconise une consommation maximum ne dépassant pas les 2 TWh en 2050 ;
- Les gains potentiels liés aux changements de comportement ne sont pas comptabilisés ;
- Les technologies déployées doivent être disponibles et compatibles avec les filières du bâtiment qui réaliseront les travaux ;
- Les investissements doivent rester accessibles pour les ménages et l'Etat.

Seule l'hypothèse sur le taux d'équipement en cogénération bois demeure élevée (60% pour les logements équipés de chaudières bois) mais reste cohérente avec les spécificités des territoires où la ressource en bois est abondante.

La mise en œuvre chronologique des principes de l'efficacité énergétique (cf. PII.C4.SB.3.), à savoir l'isolation du bâtiment, l'amélioration des services énergétiques et l'apport des énergies renouvelables aux différents usages énergétiques, conformément à la méthode proposée, permet de produire une estimation des consommations, actuelles et à venir, en fonction de la performance des équipements installés.

1.2. Les hypothèses du secteur résidentiel

1.2.1. L'évolution du parc de logements

L'INSEE a présenté différents scénarios de l'évolution de la démographie en Lorraine et notamment en Meuse à l'horizon 2020. Le choix est de prendre l'hypothèse d'une évolution stable (INSEE Lorraine, 2006) mais avec un nombre moyen de personnes/logement plus faible lié aux changements des modes de vie (séparations, familles monoparentales en nombre croissant) (CRL, 2002).

Les hypothèses sur le parc de logements sont basées sur les résidences principales qui représentent près de 83% du parc global, les 17% restant étant partagés entre les résidences secondaires et les logements vacants (table 12).

| Nombre de logements en 2005 (en millions) | Nombre de logements en 2050 (en millions) | Démolition de logements existants (en milliers/an) | Parc antérieur à 2006 en 2050 (en millions) | Logements neufs post 2005 en 2050 (en millions) |
|---|---|--|---|---|
| 0,15031 | 0,18 | 0,1 | 0,14581 | 0,03419 |

Table 12 – Les hypothèses sur le parc de logements pour la Meuse et Haute-Marne (notre recherche)

1.2.2. Les consommations de chauffage en résidentiel

La substitution des énergies fossiles est majoritairement orientée vers le bois (80% contre 20% pour l'électricité) présent en forte quantité sur les territoires (table 13 en deux parties).

Deux hypothèses restent relativement optimistes :

- Les parts de marché du neuf pour le bois définies à 80% et permettraient potentiellement une baisse du besoin en électricité en 2050 ;
- L'autre valeur réside dans la part de logements équipés en unité de cogénération bois (60%) qui réduirait l'impact de la courbe de charge dans la période hivernale, où les besoins sont importants.

Cependant, selon ces hypothèses, les consommations finales en énergie de chauffage entre 2005 et 2050 passeraient de 2,99TWh/an à 1,49TWh/an soit une réduction par deux pour les consommations finales.

| SIMULATION USAGE CHAUFFAGE scénario sans fossiles | |
|---|--|
| Parc antérieur à | |
| | |

Table 13 – Les hypothèses de consommations des bâtiments résidentiels en Meuse et Haute-Marne pour l’usage chauffage, par énergie, en 2005 et 2050 (notre recherche)

1.2.3. Les consommations d’eau chaude sanitaire

Les usages eau chaude sanitaire (ECS) et cuisson sont également calculés sans énergies fossiles. Les hypothèses en équipements solaires et l’amélioration des rendements moyens des systèmes permettent de réduire les consommations de 0,44TWh/an à 0,36TWh/an (table 14).

| SIMULATION USAGES EAU CHAUDE SANITAIRE ET CUISSON scénario sans fossiles | | | |
|--|---------------|---------|--|
| Evolution besoins | Choix énergie | Système | |

Conso

Table 14 – Les hypothèses de consommations des bâtiments résidentiels en Meuse et Haute-Marne pour l’usage eau chaude sanitaire, par énergie, en 2005 et 2050 (notre recherche)

1.2.4. Les consommations d’électricité spécifique

Les besoins en matière d’électricité spécifique sont traités de deux manières : une croissance en matière de produits bruns liée à l’augmentation du taux d’équipement des ménages et des réductions significatives en passant à des systèmes d’éclairage basse consommation (-60%) (table 15).

Table 15 – Les hypothèses de consommations électriques des bâtiments résidentiels en Meuse et Haute-Marne pour les usages spécifiques, par usage, en 2005 et 2050 (notre recherche)

1.2.5. La production d'électricité décentralisée

Le développement de la filière photovoltaïque et les tarifs de rachat de l'électricité soutiennent la croissance du taux d'équipement des logements. L'hypothèse d'un taux d'équipement en 2050 de 25% des maisons individuelles permet de produire près de 65GWh/an (table 16).

%

Table 16 – Les hypothèses de productions électriques décentralisées des bâtiments résidentiels en Meuse et Haute-Marne pour le photovoltaïque, en 2005 et 2050 (notre recherche)

Table 17 – Les hypothèses de productions électriques décentralisées des bâtiments résidentiels en Meuse et Haute-Marne pour la cogénération bois, en 2005 et 2050 (notre recherche)

Suite aux hypothèses sur les taux d'équipement en cogénération bois (la cogénération gaz n'étant pas traitée), la production d'électricité pourrait s'élever à plus de 132GWh/an pendant la période de plus forte demande (table 17).

La simulation permet de réduire les consommations d'énergies finales des bâtiments résidentiels de près de 40% tout en remplaçant l'ensemble des énergies fossiles par du bois et de l'électricité pour passer de 3,87TWh/an à 2,33TWh/an. La part d'électricité

supplémentaire est compensée, et même réduite de 21%, par la production photovoltaïque et la cogénération bois pour un besoin en électricité au réseau passant de 0,71TWh/an en 2005 à 0,56TWh/an en 2050.

1.3. Le scénario du secteur tertiaire

1.3.1. L'évolution du parc de bâtiments

Pour rappel, ce secteur représente 23% des consommations finales du parc de bâtiments en Meuse et Haute-Marne.

Le mix énergétique du secteur tertiaire en Meuse et Haute-Marne est sensiblement différent du secteur résidentiel. Néanmoins, les données disponibles sur ce secteur sont plus difficiles à collecter, la méthodologie employée s'appuie donc sur des valeurs régionales de consommations et une évaluation par les ADEME Lorraine et Champagne-Ardenne des surfaces tertiaires (privées et publiques) estimées à 3,9 millions de m² pour les deux départements.

On s'aperçoit que la part du bois en énergie de chauffage est proportionnellement très inférieure à ce qu'elle est dans le secteur résidentiel. Le fioul reste prédominant comme énergie de chauffage (34%). La part de l'électricité est élevée dans l'ensemble des consommations tous usages confondus (47%) du secteur tertiaire. Cette valeur s'explique par le besoin en électricité spécifique et notamment pour l'éclairage, usage important dans les activités de ce secteur.

Les hypothèses d'évolution du secteur tertiaire sur les 45 prochaines années anticipent un important déploiement des activités de services et donc une croissance des surfaces actuelles pour passer de près de 4 millions de m² en 2005 à une valeur proche de 5,6 millions de m² en 2050 dans le scénario (table 18).

| Nombre de m ² en 2005 (en millions) | Taux d'évolution du parc en m ² de 2000 à 2050 | Croissance 2005-2050 des m ² | Démolition de m ² existants (en milliers/an) | m ² antérieur à 2006 en 2050 (en millions) | m ² neufs post 2005 en 2050 (en millions) |
|--|---|---|---|---|--|
| 3,9040 | 0,8% | 43% | 0,0250 | 2,7797 | 2,8080 |

Table 18 – Les hypothèses sur le parc de bâtiments tertiaires pour la Meuse et Haute-Marne (notre recherche)

1.3.2. Les consommations de chauffage en tertiaire

Les hypothèses d'évolution des besoins de chauffage et climatisation pour les nouveaux bâtiments tertiaires sont basées sur des hypothèses nationales qui nécessiteront d'être affinées avec des valeurs territoriales.

Néanmoins, le scénario prévoit des taux d'équipement en climatisation relativement élevés et des valeurs de consommations pour l'usage chauffage conformes aux dispositions des lois du Grenelle de l'environnement.

De la même manière que dans le scénario résidentiel, la simulation de l'usage

chauffage suppose l'intégration d'hypothèses multiples pour remplacer les énergies fossiles par de l'électricité et de la biomasse en fonction du besoin mesuré (table 19).

Les bâtiments utilisés dans ce secteur, dont la vétusté est moins grande que dans le résidentiel, ne permettent pas de disposer de baisses de besoin après rénovation du bâti aussi importantes (20%).

Les substitutions aux énergies fossiles sont réparties, pour le neuf et l'existant, entre l'électricité à 20% et le bois à 80%.

Les rendements thermiques des chaudières bois (67%) étant inférieurs à ceux des systèmes électriques (253% pour une pompe à chaleur), une augmentation de la ressource bois (de 30 GWh en 2005 à 488 GWh en 2050) est nécessaire pour répondre au besoin de chauffage du secteur tertiaire.

L'équipement en cogénération bois est une hypothèse élevée (75% de m² équipés cogénération). Ce fort déploiement permet de répondre à l'ensemble des besoins électriques pour l'usage chauffage (45GWh).

Les consommations finales pour l'usage chauffage toutes énergies confondues en 2050 s'élèveront à 586,3GWh contre 567,2GWh en 2005. Cette valeur en 2050 deviendra inférieure à la valeur 2005, une fois la production par cogénération déduite (59,8GWh).

SIMULATION USAGE CHAUFFAGE scénario sans fossiles

Parc antérieur à 2006

Table 19 – Les hypothèses de consommations des bâtiments tertiaires en Meuse et Haute-Marne pour l'usage chauffage, par énergie, en 2005 et 2050 (notre recherche)

1.3.3. Les consommations d'eau chaude sanitaire

Les consommations finales pour les usages ECS et cuisson diminuent légèrement entre 2005 et 2050 pour passer d'environ 140GWh à 126GWh (table 20).

Table 20 – Les hypothèses de consommations des bâtiments tertiaires en Meuse et Haute-Marne pour l'usage eau chaude sanitaire, par énergie, en 2005 et 2050 (notre recherche)

1.3.4. Les consommations d'électricité spécifique

Des efforts ont déjà été consentis dans le secteur tertiaire pour réduire les consommations en matière d'électricité spécifique. Néanmoins, des gains sont encore possibles notamment pour l'éclairage (table 21).

L'augmentation des consommations dans les usages ci-dessous est liée à l'importante croissance des surfaces tertiaires que le scénario prend comme hypothèse.

Table 21 – Les hypothèses de consommations électriques des bâtiments tertiaires en Meuse et Haute-Marne pour les usages spécifiques, par usage, en 2005 et 2050 (notre recherche)

1.3.5. La production d'électricité décentralisée

L'hypothèse de surface de toit équipé en photovoltaïque en 2050 est importante (75%). Elle permet de prendre en charge plus de 70% du besoin en climatisation avec des effets de saisonnalité corrélés (besoin en climatisation en 2050 proche de

130GWh) (table 22).

Le potentiel de production par cogénération est proche de 60GWh par an. Le rendement électrique est défini volontairement comme faible pour limiter le potentiel de production (table 23).

| PRODUCTION PHOTOVOLTAIQUE |
|---------------------------------|
| Surface de toit équipé PV |

Table 22 – Les hypothèses de productions électriques décentralisées des bâtiments tertiaires en Meuse et Haute-Marne pour le photovoltaïque, en 2005 et 2050 (notre recherche)

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

Table 23 – Les hypothèses de productions électriques décentralisées des bâtiments résidentiel en Meuse et Haute-Marne pour la cogénération bois, en 2005 et 2050 (notre recherche)

La simulation montre que les consommations d'énergies finales en 2050 n'évoluent quasiment pas (1,12TWh/an en 2005 contre 1,27TWh/an en 2050). Cette augmentation est fortement liée à l'hypothèse de croissance du parc de bâtiments tertiaires.

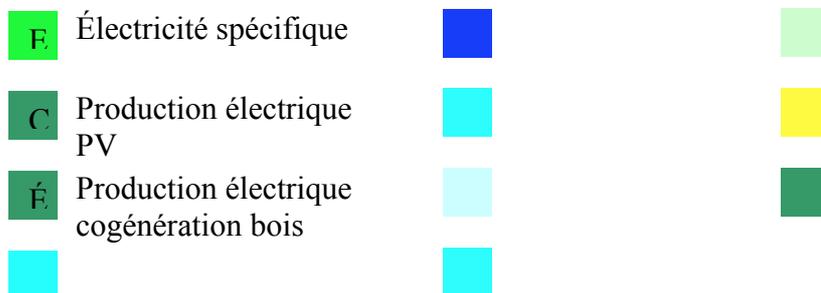
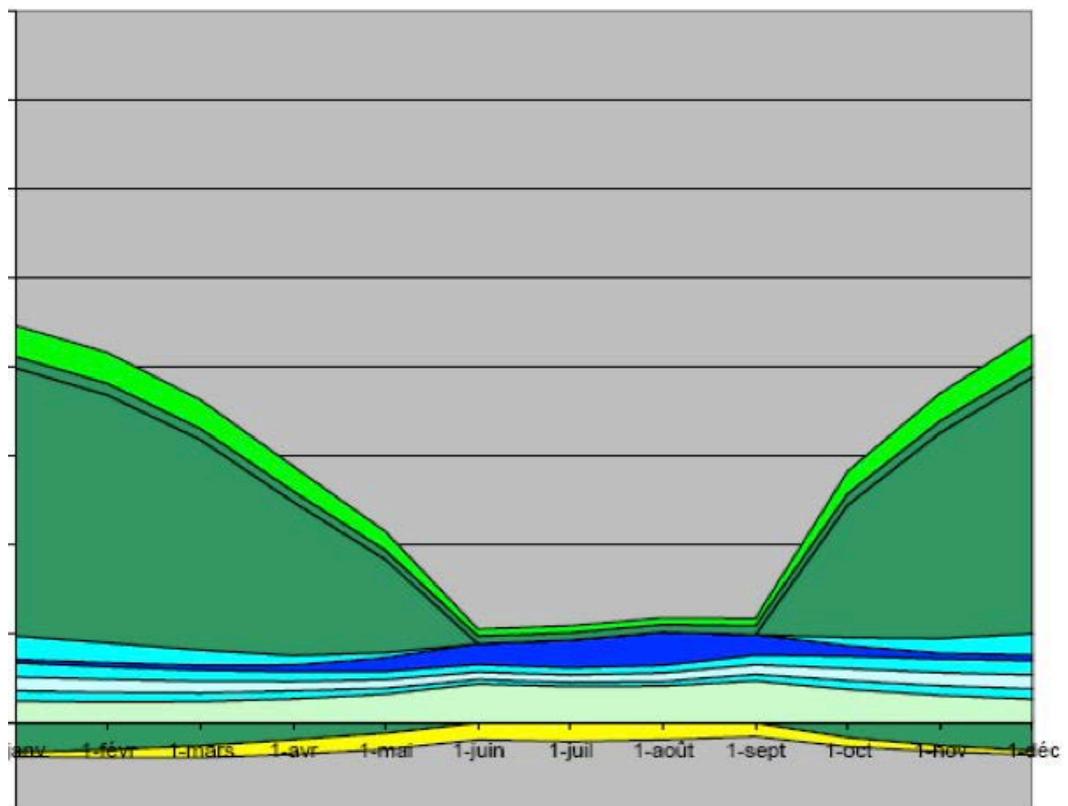
Cependant, malgré ce développement, la demande en électricité au réseau n'augmenterait pas (532GWh en 2005 contre 527GWh en 2050). Le besoin en ressource bois se verrait significativement augmenté tout en restant dans des fourchettes acceptables pour les territoires (30GWh en 2005 contre 509GWh en 2050).

1.4. Les résultats énergétiques et économiques

Les principaux résultats peuvent être déclinés de la manière suivante :

- La suppression de l'ensemble des énergies fossiles dans les différents usages qui les nécessitent ;
- Une baisse de 11,6% du besoin en électricité au réseau après défalcation des productions photovoltaïque et cogénération bois. Cette valeur pouvant être diminuée en valorisant les hypothèses de logements bois dans le neuf ;

- Ce scénario évite la totalité des émissions directes des énergies fossiles remplacées par de la biomasse, de l'électricité et des EnR.
L'évaluation des émissions des bâtiments de la Meuse et de la Haute-Marne est de l'ordre de 815'000 tonnes de CO₂ par an. L'estimation de ces émissions est évaluée selon les valeurs du Diagnostic de Performance Energétique¹⁹, et permettrait d'éviter près de 720'000 tonnes de CO₂ sachant qu'elle ne nécessite pas de modifications majeures du parc électrique actuel ;
- L'usage de la climatisation augmente de plus de 130GWh pendant la période d'été. Cette croissance est cependant compensée par le développement de la production photovoltaïque pendant cette même période (figure 48).



¹⁹ Arrêté du 15 septembre 2006 relatif aux méthodes et procédures applicables au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine, JORF n°225, Texte 11, 28 Septembre 2006

Figure 48 – Consommations d'énergies finales projetées en 2050 des bâtiments en Meuse et Haute-Marne, par usage, en TWh (notre recherche)

- Les pics d'électricité entre 2005 et le scénario 2050 en décembre et janvier sont liés à la croissance du nombre de pompes à chaleur dont les COP sont amoindris avec des températures négatives. L'évolution que connaissent ces technologies depuis les dix dernières années devrait permettre d'anticiper une amélioration des systèmes lors des vingt prochaines années. En effet, sur une phase de 40 ans, il sera nécessaire de prévoir le renouvellement des systèmes dont la durée de vie est de l'ordre de 25 ans.
- Le choix du développement de la cogénération bois présente l'avantage majeur de produire de l'électricité avec plus de 192GWh/an pendant la période d'hiver. La période de renouvellement des systèmes d'ici 25 ans devrait faciliter le déploiement de ces technologies qui restent encore marginales et aux coûts relativement élevés pour la période actuelle.
- La croissance de 100GWh/an en matière d'électricité spécifique s'explique par l'importante croissance des taux d'équipement des ménages et du besoin énergétique des systèmes (téléviseurs, multimédia...) (figure 49).

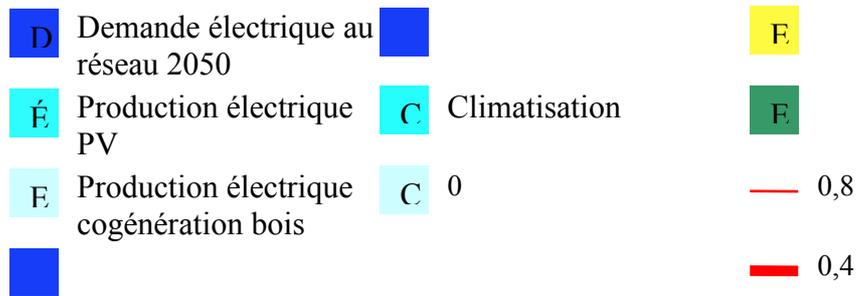
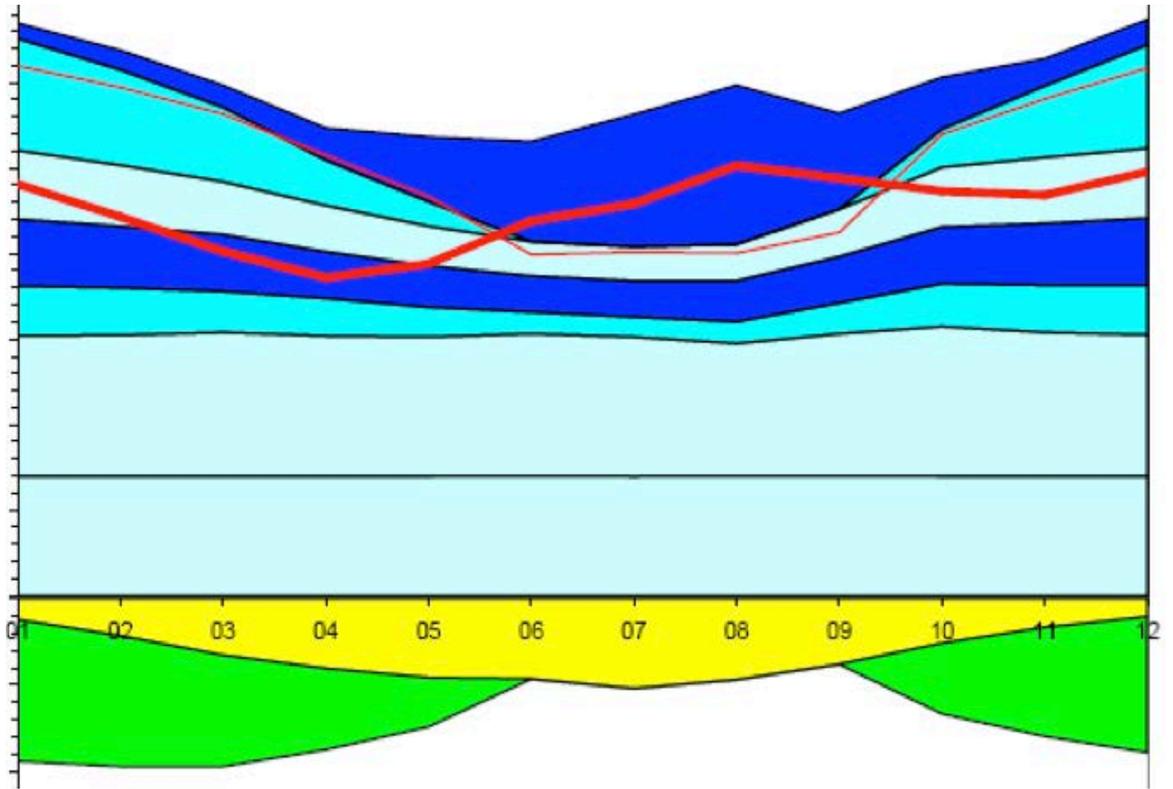


Figure 49 – Courbe de charge électrique annualisée projetée en 2050 des bâtiments en Meuse et Haute-Marne, par usage, en TWh (notre recherche)

Les principaux résultats quantitatifs sont présentés, en synthèse, dans le tableau suivant (table 24).

| | 2005 | 2050 |
|--|--------------|--------------|
| Consommations de bois (en TWh) | 1,3 | 1,9 |
| Consommations d'électricité (en TWh) | 1,2 | 1,43 |
| Consommations d'énergies fossiles (en TWh) | 2,8 | Environ 0 |
| Émissions de CO ₂ (en tonnes) | 815 000 | 95 000 |
| Évolution du nombre de résidences principales | 150 000 | 180 000 |
| Évolution du parc tertiaire (en m ²) | 3,9 millions | 5,6 millions |

Table 24 – Synthèse des résultats du scénario énergétique des bâtiments de Meuse et Haute-Marne (notre recherche)

Les investissements totaux pour la rénovation du bâti et systèmes du parc de logements résidentiels en Meuse et Haute-Marne dans le cadre du scénario 2050 « sans fossiles » seraient de l'ordre de 4,1 milliards d'euros (table 25). Près des trois quarts de ces investissements seraient affectés à la rénovation de l'enveloppe des bâtis en favorisant l'isolation et la baisse des déperditions thermiques de manière générale.

Bien que ces valeurs paraissent élevées, il est nécessaire de lisser l'ensemble de l'investissement annuel à consentir sur les quarante prochaines années : de l'ordre de 103 millions d'euro par an pour la rénovation de près de 151'000 logements (résidences principales) et la construction de plus de 30'000 résidences principales supplémentaires.

Cela représente alors un investissement par ménage de l'ordre de 25'000 euros. Il est intéressant de noter que cette estimation rentre dans les montants consentis dans le cadre de l'éco-prêt à taux zéro pour la rénovation des logements.

Les coûts d'investissement n'intègrent que la phase de mutation du secteur pour supprimer les énergies fossiles. Les coûts du renouvellement des systèmes qui aurait tout de même lieu dans un scénario tendanciel sont donc à ajouter aux investissements présentés dans une période proche de 2030.

| | Milliards € |
|--|----------------|
| Rénovation du bâti | 2,0231 |
| Pompe à chaleur chauffage rénovation | 0,4194 |
| Système biomasse chauffage rénovation | 0,5163 |
| Sous-total bâti et chauffage réno | 2,9589 |
| Bâti neuf BBC | 0,2715 |
| Pompe à chaleur chauffage neuf | 0,0402 |
| Système biomasse chauffage neuf | 0,0880 |
| Sous-total bâti et chauffage neuf | 0,3996 |
| Pompe à chaleur dédiée ECS | 0,0100 |
| Solaire thermique ECS | 0,1913 |
| Part ECS pompe à chaleur double service | 0,0454 |
| Part ECS biomasse double service | 0,1435 |
| Sous-total ECS | 0,3902 |
| Sous-total hors PV | 3,7487 |
| Photovoltaïque (PV) | 0,3713 |
| TOTAL | 4,1200 |

Table 25 – Synthèse des coûts d’investissements pour le secteur des bâtiments résidentiel (notre recherche)

Dans le secteur tertiaire, le manque de précision de certaines données oblige à garder une réserve mais permet d’apporter une évaluation des coûts d’investissement de l’ensemble du secteur bâtiments.

Un approfondissement des différentes infrastructures (tertiaire public et tertiaire privé) présentes sur les territoires permettraient de mieux évaluer les investissements à réaliser pour que ce secteur puisse stopper sa dépendance aux énergies fossiles pour l’ensemble de ses usages.

Néanmoins, la difficulté à lisser les consommations pour ces multiples infrastructures implique des variations dans les investissements à prévoir selon les catégories (hôtels, piscines municipales, supermarchés...). En effet, ils nécessitent des besoins très différents pour améliorer l’efficacité énergétique des bâtiments.

L’installation de systèmes photovoltaïques représente une part importante avec 46% des investissements consentis. Ces bâtiments présentent également des surfaces généralement mieux adaptées pour le déploiement de ce type de systèmes.

Ce secteur pourrait donc assurer sa mutation pour un budget de l'ordre de 1,5 milliard d'euros. Cela représente un investissement annuel de 37 millions d'euros soit un coût de 268 euros par m² de surface tertiaire (table 26).

Il sera également nécessaire de procéder à une meilleure évaluation des investissements à consentir pour le déploiement de systèmes à cogénération bois car le scénario implique une part importante de ces systèmes. Cependant, ils restent encore peu présents à ce jour et seront à prévoir lors de la phase de renouvellement des systèmes à l'orée 2030/2035.

| | Milliards € |
|--|----------------|
| Rénovation du bâti | 0,2383 |
| Pompe à chaleur chauffage rénovation | 0,1368 |
| Système biomasse chauffage rénovation | 0,0785 |
| Sous-total bâti et chauffage réno | 0,4536 |
| Bâti neuf BBC | 0,1412 |
| Pompe à chaleur chauffage neuf | 0,0449 |
| Système biomasse chauffage neuf | 0,0697 |
| Sous-total bâti et chauffage neuf | 0,2559 |
| Pompe à chaleur dédiée ECS | 0,0051 |
| Solaire thermique ECS | 0,0750 |
| Part ECS pompe à chaleur double service | 0,0089 |
| Part ECS biomasse double service | 0,0345 |
| Sous-total ECS | 0,1135 |
| Sous-total hors PV | 0,8229 |
| Photovoltaïque (PV) | 0,6915 |
| TOTAL | 1,5144 |

Table 26 – Synthèse des coûts d'investissements pour le secteur des bâtiments tertiaires (notre recherche)

L'ensemble des investissements à consentir pour permettre à l'ensemble du parc de bâtiments en Meuse et Haute-Marne d'être libéré des énergies fossiles est de l'ordre de 5,6 milliards d'euros sur la période 2010-2050 (table 27).

En agrégeant l'ensemble de ces investissements, on s'aperçoit que plus de 40% est destiné à la rénovation du bâti existant.

Le développement de systèmes photovoltaïques représente également une grande part des investissements avec plus de 1 milliard d'euros. Il reste à noter que la part destinée à la micro cogénération bois devra être réévaluée pour affiner les coûts d'investissements nécessaires du scénario.

Ces valeurs semblent cohérentes avec les investissements quantifiés dans le scénario national avec 1'149 milliards d'euros pour remplacer l'ensemble des énergies fossiles du parc de bâtiments résidentiel et tertiaire.

| | Milliards € |
|--|----------------|
| Rénovation du bâti | 2,2614 |
| Pompe à chaleur chauffage rénovation | 0,5563 |
| Système biomasse chauffage rénovation | 0,5949 |
| Sous-total bâti et chauffage réno | 3,4125 |
| Bâti neuf BBC | 0,4127 |
| Pompe à chaleur chauffage neuf | 0,0851 |
| Système biomasse chauffage neuf | 0,1577 |
| Sous-total bâti et chauffage neuf | 0,6555 |
| Pompe à chaleur dédiée ECS | 0,0151 |
| Solaire thermique ECS | 0,2663 |
| Part ECS pompe à chaleur double service | 0,0089 |
| Part ECS biomasse double service | 0,0543 |
| Sous-total ECS | 0,5136 |
| Sous-total hors PV | 1,0627 |
| Photovoltaïque (PV) | 5,6343 |
| TOTAL | 5,6533 |

Table 27 – Synthèse des coûts d'investissements pour l'ensemble du secteur des bâtiments de Meuse et de Haute-Marne (notre recherche)

2. Expérimentation sur les villages expérimentaux

Les projections à 2050 des scénarios des deux villages sont celles issues du modèle Meuse et Haute-Marne.

Cependant, au delà du modèle de Meuse et Haute-Marne qui montrait une image des territoires en 2005 et une autre en 2050, ces scénarios locaux proposent un suivi chronologique de mise en œuvre d'un programme permettant de remplacer à terme les consommations d'énergies fossiles dans le secteur des bâtiments.

2.1. Les situations de référence

Les collectivités expérimentales ayant été choisies à la fin de l'année 2009, l'année 2010 est l'année de référence pour établir une situation de départ.

La description des deux collectivités ayant été proposée dans la deuxième partie (cf. PII.C3.SB.2.6.), seuls quelques indicateurs choisis par parties prenantes du programme sont repris en synthèse dans le tableau suivant (table 28).

| | Dammarie-sur-Saulx | Epizon |
|--|---------------------------|---------------|
| Habitants | 433 | 141 |
| Logements | 212 (143 PO et 23 BS) | 89 |
| Consommations (MWh) dont : | 5'700 | 2'580 |
| - Bois | 1'700 | 890 |
| - GPL | 200 | 210 |
| - Fioul | 2'500 | 830 |
| - Électricité pour le chauffage | 300 | 200 |
| - Électricité cuisson, ECS et spécifique | 1'000 | 450 |
| Facture énergétique (€) | 478'000 | 246'000 |
| Émissions de CO ₂ (tonnes) | 902 | 368 |

Table 28 – Situation de référence des collectivités expérimentales en 2010 (notre recherche)

2.2. Les scénarios énergétiques des deux villages expérimentaux

Les deux premières années relatent les résultats réels des chantiers réalisés pendant les années 2011 et 2012.

Dans le cas de Dammarie-sur-Saulx, le lancement du scénario est réalisé à partir de 2008 car la construction d'une maison d'accueil pour personnes âgées (MARPA) avec des standards élevés en matière d'efficacité énergétique avait permis de lier des relations entre les équipes du programme d'EdF et les élus de la collectivité qui portaient fortement cette thématique de performance énergétique du bâtiment.

Les années suivantes, 2013 et 2015, anticipent les travaux qui ne sont pas encore réalisés notamment dans les logements sociaux avec des procédures plus longues pour lancer la mise en œuvre.

L'année 2030 intègre une dimension technologique supplémentaire avec les équipements de micro cogénération bois. Cette étape a été rajoutée sur un simple aspect qualitatif afin de montrer le potentiel physique d'équipement. Les gains n'ont pas été intégrés car les rendements de ces systèmes restent difficiles à prévoir. De

plus, cela n'était pas nécessaire pour remplacer l'ensemble des énergies fossiles à l'échelle de ces deux collectivités.

Les années 2020 et 2050 sont des années de bilan pour comparer les gains réalisés dans ces collectivités par rapport aux objectifs de la feuille de route de la Commission Européenne pour 2020 et de Kyoto en 2050.

Pour chaque année, les indicateurs sont mis à jour en fonction des actions d'efficacité énergétique réalisées dans les bâtiments des collectivités.

Pour l'année 2011 :

L'année 2011 fait état des premiers travaux lancés pendant le second semestre 2010 et l'année écoulée avec leurs impacts présentés dans le tableau suivant (table 29). Deux secteurs ont été touchés :

- Les propriétaires occupants avec des travaux de rénovation du bâti ;
- L'éclairage public avec l'équipement de système Sodium Haute Pression : les économies financières et énergétiques sur ce secteur sont de l'ordre de 22% [cf. Annexe C5.SB.5.2.a.].

| | Dammarie-sur-Saulx | Epizon |
|--|--------------------|---------|
| Consommations (MWh) dont : | 5'700 | 2'330 |
| - Bois | 1'530 | 710 |
| - GPL | 190 | 170 |
| - Fioul | 2'430 | 820 |
| - Électricité pour le chauffage | 280 | 180 |
| - Électricité cuisson, ECS et spécifique | 1'030 | 450 |
| Facture énergétique (€) | 462'000 | 225'000 |
| Investissements cumulés (€) | 268'000 | 235'000 |
| Émissions de CO ₂ (tonnes) | 872 | 346 |

Table 29 – Chiffres clés des collectivités expérimentales en 2011 (notre recherche)

Pour l'année 2012 :

Pendant l'année 2012, un réseau de chaleur bois raccorde les bâtiments de la collectivité pour leur besoin énergétique de chauffage [cf. Annexes C5.SB.5.2.b et C5.SB.5.2.c.]

Initialement, ce réseau de chaleur devait être étendu aux logements de particuliers. Cependant, cela n'a pas été possible à cause d'une double contrainte réglementaire. D'une part, les bâtiments ne font que peu appel à de la chaleur pour produire le besoin en chauffage restant suite à des fortes actions d'isolation. La taille du réseau de chaleur n'étant pas réduite, le rendement du réseau est dégradé et ne satisfait plus aux exigences réglementaires. Aucune aide publique n'est donc attribuée. Deux cas de figure sont possibles :

- Soit limiter l'isolation des bâtiments pour garantir une consommation suffisante et un système de vente de chaleur avec une rentabilité plus forte ;
- Soit réduire la taille du réseau de chaleur afin d'assurer un rendement suffisant. Ce deuxième choix est celui qui a été fait en excluant les bâtiments de particuliers malgré l'intérêt sur les aspects énergétiques.

D'autre part, le dispositif de vente de chaleur par un acteur public (dans ce cas la commune) à des clients privés et l'établissement d'un plan d'affaires pérenne anticipant les raccordements au fur et à mesure des travaux réalisés par les particuliers, ont été difficiles à mettre en œuvre.

| | Dammarie-sur-Saulx | Epizon |
|--|--------------------|---------|
| Consommations (MWh) dont : | 5'210 | 2'280 |
| - Bois | 1'490 | 750 |
| - GPL | 190 | 110 |
| - Fioul | 2'280 | 760 |
| - Électricité pour le chauffage | 230 | 210 |
| - Électricité cuisson, ECS et spécifique | 1'030 | 450 |
| Facture énergétique (€) | 445'000 | 218'000 |
| Investissements cumulés (€) | 736'000 | 275'000 |
| Émissions de CO ₂ (tonnes) | 836 | 317 |

Table 30 – Chiffres clés des collectivités expérimentales en 2012 (notre recherche)

Pour l'année 2013 :

Les résultats de l'année 2013 sont établis sur la base des données collectées pendant la phase d'enquêtes et de diagnostics de performance énergétique (table 31).

Certains propriétaires particuliers ont prévu de réaliser leurs travaux en 2013, la grande majorité sur les lots du bâti, et également quelques systèmes de chauffage pour des logements satisfaisant au référentiel technique.

Les travaux de rénovation des logements sociaux sont également programmés pour cette année. Il aura fallu une période de deux ans entre les premiers échanges avec l'office responsable des logements sociaux, l'OPH Meuse, et la réalisation des projets de travaux, liée à l'inertie importante dans la commande publique.

Deux évènements ont été ajoutés avec la présence des premiers véhicules électriques pour des particuliers s'étant déclarés intéressés par l'acquisition de ce type de transport.

L'adaptation de moteur à vitesse variable sur les stations de pompage des eaux et la disparition progressive des poêles à pétrole sont prises en compte dans les gains énergétiques à l'échelle de la collectivité.

| | Dammarie-sur-Saulx | Epizon |
|--|---------------------------|---------------|
| Consommations (MWh) dont : | 4'450 | 1'730 |
| - Bois | 1'480 | 440 |
| - GPL | 150 | 70 |
| - Fioul | 1'550 | 550 |
| - Électricité pour le chauffage | 230 | 210 |
| - Électricité cuisson, ECS et spécifique | 1'040 | 460 |
| Facture énergétique (€) | 380'000 | 172'000 |
| Investissements cumulés (€) | 1'237'000 | 643'000 |
| Émissions de CO ₂ (tonnes) | 624 | 233 |

Table 31 – Chiffres clés des collectivités expérimentales en 2013 (notre recherche)

Pour l'année 2015 :

L'année 2015 propose de prolonger le réseau de chaleur existant aux raccordements de quelques logements de particuliers ayant réalisés des travaux d'amélioration du bâti en anticipant une évolution de la réglementation.

Par exemple, les nouvelles réglementations (ex : Règlementation Thermique 2012) en matière d'efficacité énergétique ont permis d'assouplir considérablement les contraintes de respect du patrimoine architectural lorsqu'il s'agit de travaux visant à améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment.

| | Dammarie-sur-Saulx | Epizon |
|--|---------------------------|---------------|
| Consommations (MWh) dont : | 4'430 | 1'510 |
| - Bois | 1'540 | 390 |
| - GPL | 150 | 60 |
| - Fioul | 1'470 | 400 |
| - Électricité pour le chauffage | 230 | 200 |
| - Électricité cuisson, ECS et spécifique | 1'040 | 460 |
| Facture énergétique (€) | 370'000 | 154'000 |
| Investissements cumulés (€) | 1'280'000 | 740'000 |
| Émissions de CO ₂ (tonnes) | 601 | 180 |

Table 32 – Chiffres clés des collectivités expérimentales en 2015 (notre recherche)

Pour l'année 2020 :

L'année 2020 est celle du bilan des opérations et de la vérification si les objectifs prescrits par l'Union Européenne sont atteints (table 33) :

- Émissions de gaz à effet de serre : elles suivent une trajectoire qui permettrait de les réduire respectivement de 33% pour le village de Dammarie-sur-Saulx et de 47% pour le village d'Epizon. Ces valeurs sont supérieures à l'objectif de réduction de 20% des émissions de CO₂ d'ici 2020 demandé par l'UE ;
- Consommations énergétiques : elles sont réduites de 22% pour Dammarie-sur-Saulx et 41% pour Epizon. Ces valeurs sont également supérieures aux objectifs de 20% d'ici 2020 ;
- Part des énergies renouvelables : bien que la consommation de bois soit en baisse, la part des énergies renouvelables reste supérieure à 20% dans le mix énergétique. Elle est de 26% en 2020 à Epizon et de 33% à Dammarie-sur-Saulx.

L'ensemble des objectifs de l'Union Européenne est donc atteint sur la base des résultats de ce scénario.

| | Dammarie-sur-Saulx | Epizon |
|--|--------------------|---------|
| Consommations dont : | - 22% | - 41% |
| - Bois | - 6% | - 56% |
| - GPL | - 19% | - 73% |
| - Fioul | - 41% | - 52% |
| - Électricité pour le chauffage | - 22% | 0% |
| - Électricité cuisson, ECS et spécifique | + 0% | + 3% |
| Facture énergétique | - 23% | - 37% |
| Investissements cumulés (€) | 1 280 000 | 740 000 |
| Émissions de CO ₂ | - 33% | - 47% |

Table 33 – Gains des collectivités expérimentales en 2020 (notre recherche)

Pour l'année 2030 :

Du fait de leur spécificité rurale, les territoires favorisent l'implantation de centrales de micro cogénération.

Cette technologie possède l'avantage de produire de l'électricité au moment où le système de chauffage fonctionne, induisant un effet positif sur la courbe de charge lorsque les besoins en électricité sont importants en hiver.

Pour l'année 2050 :

En 2050, l'usage des énergies fossiles dans tous les bâtiments est totalement remplacé (table 34) par d'autres énergies moins émettrices de CO₂ grâce à une isolation performante et à des systèmes à haut rendement.

Les contraintes du scénario sont respectées (table 35) :

- Recours supplémentaires à la biomasse en cohérence avec les ressources du territoire ;
- Maîtrise de la demande totale en électricité ;
- L'ensemble des technologies utilisées, sauf les systèmes de micro-cogénération dont les effets n'ont pas été intégrés, sont disponibles dans les filières présentes ;
- Les investissements restent accessibles pour les ménages, les entreprises, les collectivités et l'État.

Les objectifs de Kyoto en matière de réduction par quatre des émissions de CO₂ d'ici 2050 sont atteints avec plus de 90% de réduction dans les deux collectivités.

| | Dammarie-sur-Saulx | Epizon |
|--|---------------------------|---------------|
| Consommations (MWh) dont : | 2'220 | 1'030 |
| - Bois | 1'130 | 460 |
| - GPL | 0 | 0 |
| - Fioul | 0 | 0 |
| - Électricité pour le chauffage | 90 | 110 |
| - Électricité cuisson, ECS et spécifique | 1'000 | 460 |
| Facture énergétique (€) | 191'000 | 105'000 |
| Investissements cumulés (€) | 4'273'000 | 2'112'000 |
| Émissions de CO ₂ (tonnes) | 92 | 38 |

Table 34 – Chiffres clés des collectivités expérimentales en 2050 (notre recherche)

| | Dammarie-sur-Saulx | Epizon |
|--|---------------------------|---------------|
| Consommations dont : | - 61% | - 60% |
| - Bois | - 31% | - 48% |
| - GPL | - 100% | - 100% |
| - Fioul | - 100% | - 100% |
| - Électricité pour le chauffage | - 69% | - 46% |
| - Électricité cuisson, ECS et spécifique | + 3% | + 4% |
| Facture énergétique | - 60% | - 43% |
| Émissions de CO ₂ | - 90% | - 90% |

Table 35 – Gains des collectivités expérimentales en 2050 (notre recherche)

3. L'outil visuel de présentation des scénarios

Les deux images suivantes (figures 50 et 51) illustrent pour chacune des deux collectivités, le livrable de restitution qui a été présenté à l'ensemble des parties prenantes. Ce livrable se présente sous la forme d'un document vidéo²⁰ didactique de moins de dix minutes et déclinant, année par année, l'ensemble des événements relatés précédemment.

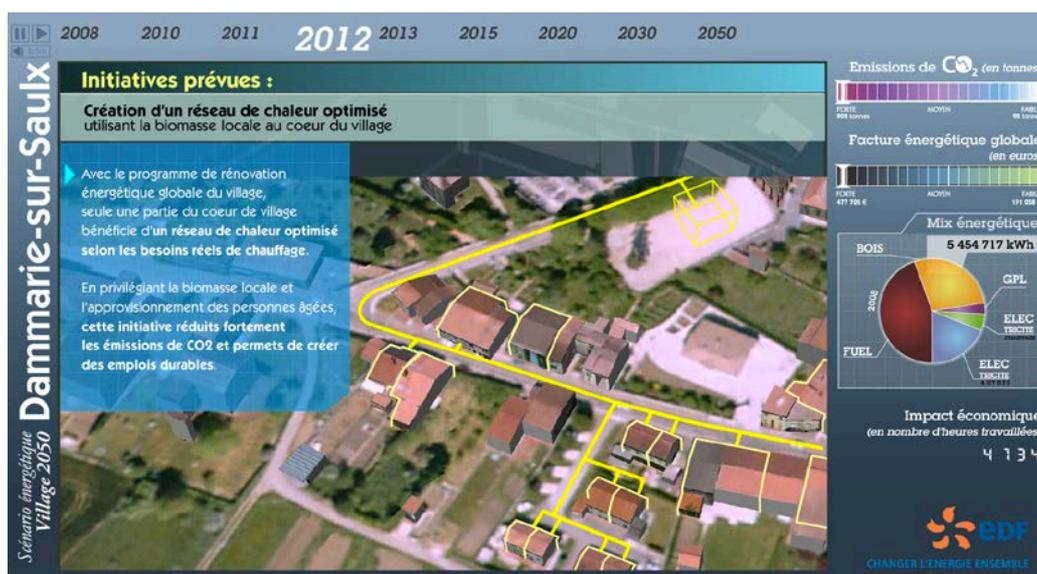


Figure 50 – Capture d'écran du scénario énergétique de Dammarie-sur-Saulx (notre recherche)



Figure 51 – Capture d'écran du scénario énergétique d'Épizon (notre recherche)

²⁰ Ces scénarios sont accessibles aux adresses suivantes :

Dammarie-sur-Saulx : <http://www.grenelplus.fr/villages2050/scenario-energetique-dammarie-sur-saulx.html>

Epizon : <http://www.grenelplus.fr/villages2050/scenario-energetique-epizon.html>

Pour chaque année, on voit les différents indicateurs évoluer sur quatre dimensions (émissions de CO₂, facture énergétique, mix énergétique et investissements) lors des différentes actions d'efficacité énergétique réalisées.

Pour mesurer les investissements, l'unité retenue a été le nombre d'heures de travail pour les entreprises du bâtiment ayant réalisés les travaux et non des volumes exprimés en euros.

Ce scénario a été une des ressources prépondérantes pour l'étape de rencontre avec les parties prenantes du programme. Elles ont permis de bâtir les exigences, du référentiel technique, du cahier des charges des projets et, des éléments de formations dispensées aux entreprises de réalisation.

À ce jour, une version dynamique de cet outil est en cours de finalisation par la R&D d'EdF. En effet, une version beta permet de simuler directement l'impact d'actions d'efficacité énergétique sur le territoire à la différence de la version statique actuelle qui nécessite une mise à jour de la base de données pour pouvoir visualiser les effets.

Section C – Les phases de mise en œuvre et de suivi des programmes.

Dans cette section, nous présentons les trois phases, d'assistance à maîtrise d'ouvrage, de réalisation et, de suivi du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 ».

Dans un premier temps, l'application des diagnostics de performance énergétique avec leurs préconisations, de travaux, de performance et de coût, montre comment les données réelles sont collectées et, permet de présenter un dossier complet aux parties prenantes du programme qui peuvent vérifier l'ensemble des éléments. La constitution des entreprises en groupement vise à présenter une offre globale tenant compte de l'ensemble des lots du bâtiment à rénover.

Dans un second temps, nous observons, tout d'abord, les dispositifs mis en œuvre pour accompagner le montage des dossiers d'aides et la réalisation des travaux. Ensuite, le suivi des programmes est présenté sous la forme de premiers résultats mesurés sur le terrain. En effet, les travaux dans le bâtiment se réalisant sur des périodes longues, le temps de la thèse a seulement permis d'avoir un retour de deux ans sur le suivi du programme.

Cette section conclut sur une synthèse des composantes de la méthodologie de conception du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 » et met en exergue les facteurs clés de réussite par rapport au fonctionnement traditionnel de rénovation des bâtiments.

1. La phase d'assistance à maîtrise d'ouvrage

On entre dans cette phase dès que les informations nécessaires pour vérifier l'éligibilité du logement en terme de législation (ex : usage du bâtiment à titre de logement, bâtiment construit avant 1990) sont connues et que les devis ont été formalisés par les entreprises en respectant les préconisations et les délais impartis.

Cette phase propose un dispositif d'accompagnement qui consiste à soutenir la demande en proposant des aides financières supplémentaires à celles déjà proposées sur le reste des départements de Meuse et Haute-Marne pour les maîtres d'ouvrage (propriétaires, bailleurs sociaux et collectivité) désireux de réaliser des projets de rénovation conformes aux critères du programme.

Suite à un diagnostic énergétique de leurs bâtiments, les maîtres d'ouvrage rencontrent les entreprises et sont également accompagnés pour le montage administratif de leurs dossiers, le suivi et la vérification de la conformité de leurs projets avec le référentiel technique construit préalablement.

Une recherche de l'ensemble des aides supplémentaires (ex : crédit d'impôt, subventions) disponibles est proposée pour réduire la charge à porter par le maître d'ouvrage. Le versement direct de l'aide financière à laquelle le maître d'ouvrage a droit à l'issue des travaux garantit aux entreprises le paiement d'une partie du chantier en cas de défaut de celui-ci.

D'autre part, la validation par un comité de suivi constitué des parties prenantes du programme permet de limiter le taux de rejets des dossiers et apporte une garantie supplémentaire au maître d'ouvrage.

1.1. Les diagnostics de performance énergétique

Les diagnostics de performance énergétique sont réalisés chez les maîtres d'ouvrage et nécessitent une heure. Pour les particuliers, les données sont collectées par un agent d'EdF spécialisé sur l'efficacité énergétique des bâtiments alors que c'est un bureau d'étude thermique indépendant qui a réalisé l'étude des bâtiments de la collectivité [cf. Annexe C5.SC.1.1.a.]. Pour les particuliers, les résultats sont présentés sous la forme d'un document d'une vingtaine de pages [exemple en Annexe C5.SC.1.1.b.], et donnés au maître d'ouvrage. En synthèse, ce document relate différents éléments au maître d'ouvrage :

- Un récapitulatif des données d'entrée : les informations générales du bâtiment, les travaux d'amélioration déjà effectués, les équipements présents et les comportements actuels ;
- Une synthèse des performances actuelles calculées selon une méthode conventionnelle pour faire état du niveau de déperditions, des dépenses, des consommations énergétiques et des émissions de CO₂ ;
- Une typologie des travaux à réaliser en fonction des particularités du bâtiment ;
- Une synthèse des résultats après travaux en matière de consommations énergétiques du bâtiment, de la facture estimée et des émissions de CO₂ associées ;
- Une estimation du coût des travaux.

En agrégeant l'ensemble des données collectées lors des diagnostics de performance énergétique des deux villages, un constat des lots à rénover peut être établi.



Figure 52 – Analyse des ouvrants dans les bâtiments existants des deux villages (notre recherche)

Selon le référentiel technique, tous les ouvrants doivent être au minimum à double vitrage voire triple vitrage à haute performance. Plus de la moitié des fenêtres sont encore des simples vitrages (figure 52).

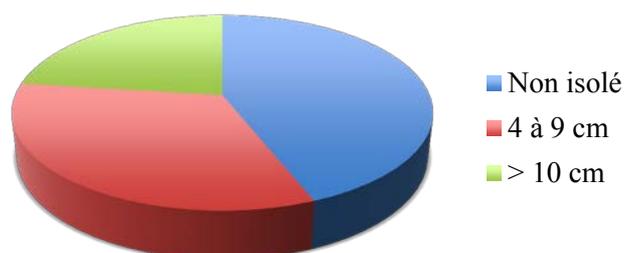


Figure 53 – Épaisseur d'isolation des murs dans les bâtiments existants des deux villages (notre recherche)

Plus de trois quarts des bâtiments disposent d'une isolation des murs ne satisfaisant pas aux exigences avec moins de 10 cm d'isolant. De plus, ces isolants datent de plus de 10 ans avec des propriétés thermiques dégradées (figure 53).

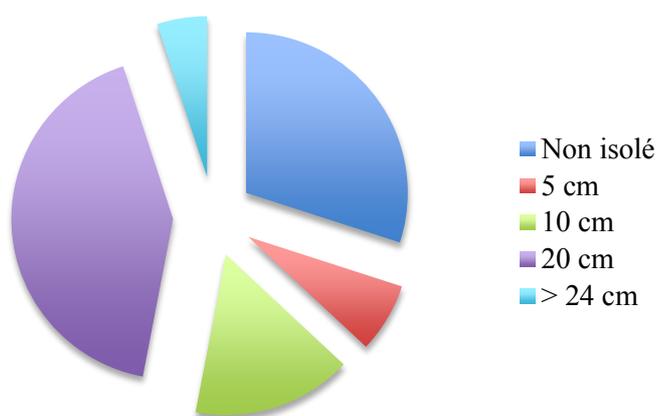


Figure 54 – Épaisseur d'isolation des combles perdues et toits dans les bâtiments existants des deux villages (notre recherche)

L'isolation des combles a déjà été réalisée dans plus de la moitié des bâtiments diagnostiqués (figure 54). Cependant, le potentiel de gains reste encore important sachant que ces travaux ne nécessitent généralement que peu d'investissements notamment lorsqu'il s'agit de combles perdues.



Figure 55 – Analyse des systèmes de ventilation dans les bâtiments existants des deux villages (notre recherche)

La majorité des bâtiments sont équipés de système de ventilation naturelle (figure 55). Le référentiel technique impose à minima la mise en place d'une ventilation mécanique contrôlée hygroréglable. Cela représente près de 95% des bâtiments à traiter.

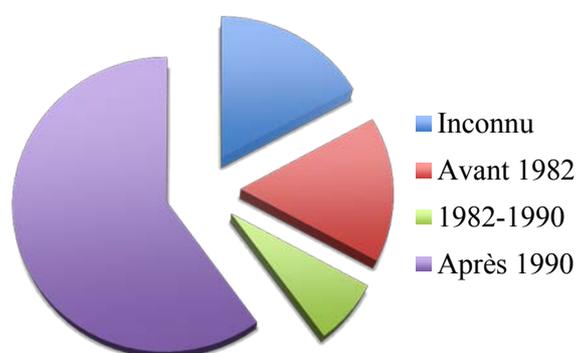


Figure 56 – Vétusté des systèmes de chauffage dans les bâtiments existants des deux villages (notre recherche)

Un peu moins de la moitié des systèmes de chauffage datent de plus de 20 ans (figure 56). Dans près de 40% des bâtiments, il s'agit encore de cuisinières bois assurant à la fois l'usage chauffage et l'usage cuisson.

Les rendements de ces systèmes étant très faibles, un gain important sera réalisé lors du passage à un système à haut rendement. Cependant, l'attache culturelle à ces anciens systèmes nécessitera un changement de comportement pour aller vers une meilleure performance énergétique.

1.2. Les préconisations

Dans le tableau suivant (table 36), on retrouve une synthèse des lots à rénover par type de logement. On observe que près de 10% des logements ont les cinq lots à rénover (combles, murs, ouvrants, sols et la ventilation).

| Type de logements | Lots à rénover | | | | | Nombre de logements |
|-------------------|----------------|------|----------|-----|-------------|---------------------|
| Maison 1 | COMBLES | MURS | OUVRANTS | SOL | VENTILATION | 17 |
| Maison 2 | | MURS | OUVRANTS | SOL | VENTILATION | 7 |
| Maison 3 | | | OUVRANTS | SOL | VENTILATION | 2 |
| Maison 4 | | | | SOL | VENTILATION | 5 |
| Maison 5 | | | | | VENTILATION | 10 |
| Maison 6 | | | | | | 6 |
| Maison 7 | | MURS | | SOL | VENTILATION | 5 |
| Maison 8 | | MURS | | | VENTILATION | 5 |
| Maison 9 | | MURS | | | | 9 |
| Maison 10 | | MURS | | SOL | | 2 |
| Maison 11 | | MURS | OUVRANTS | | VENTILATION | 5 |
| Maison 12 | | MURS | OUVRANTS | | | 6 |
| Maison 13 | COMBLES | | | | | 0 |
| Maison 14 | COMBLES | MURS | | | | 8 |
| Maison 15 | COMBLES | MURS | OUVRANTS | | | 12 |
| Maison 16 | COMBLES | MURS | OUVRANTS | SOL | | 16 |
| Maison 17 | COMBLES | MURS | | SOL | VENTILATION | 6 |
| Maison 18 | COMBLES | MURS | | | VENTILATION | 11 |
| Maison 19 | COMBLES | | OUVRANTS | | | 4 |
| Maison 20 | COMBLES | | OUVRANTS | | VENTILATION | 0 |
| Maison 21 | COMBLES | MURS | OUVRANTS | | VENTILATION | 9 |
| Maison 22 | COMBLES | | OUVRANTS | SOL | | 1 |
| Maison 23 | COMBLES | | OUVRANTS | SOL | VENTILATION | 1 |
| Maison 24 | | | OUVRANTS | | | 5 |
| Maison 25 | | | OUVRANTS | | VENTILATION | 8 |
| Maison 26 | | | | SOL | | 3 |
| Maison 27 | | MURS | OUVRANTS | SOL | | 8 |
| Maison 28 | | | OUVRANTS | SOL | | 1 |
| Maison 29 | COMBLES | | | SOL | | 0 |
| Maison 30 | COMBLES | | | | VENTILATION | 2 |
| Maison 31 | COMBLES | MURS | | SOL | | 5 |
| Maison 32 | COMBLES | | | SOL | VENTILATION | 2 |
| | | | | | | 181 |

Table 36 – Lots à rénover par type de logement (notre recherche)

Avec plus de 85% des logements nécessitant la rénovation d’au moins deux lots, alors que le ratio moyen du nombre de lots rénové pour des bâtiments en France est inférieur à 1,5, le besoin d’accompagner les maîtres d’ouvrage à planifier leurs travaux semble de plus en plus prégnant.

Les investissements moyens seraient d’environ 18’000€ pour l’amélioration du bâti et 11’000€ pour les systèmes de chauffage.

Ils permettraient une baisse de la facture énergétique moyenne conventionnelle avant travaux de 3’294€ par ménage à 1’724€ après rénovation de l’enveloppe et 1’318€ après le changement des systèmes de chauffage pour une réduction des émissions de CO₂ passant de 6,2 tonnes à 2,2 puis 0,6 par ménage.

1.3. La formalisation des devis et la validation des projets

À l'issue de cette phase, le maître d'ouvrage doit disposer de plusieurs éléments :

- Un diagnostic thermique de son bâtiment afin d'avoir une vision d'ensemble des consommations du bâtiment à usage conventionnel ainsi que des faiblesses thermiques du bâtiment.
- Une recommandation de travaux en corrélation avec le diagnostic réalisé et respectant le cahier des charges de l'expérimentation « Villages 2050 ». Cette recommandation est associée à un objectif de performance pour l'enveloppe du bâtiment.
- Une évaluation des investissements afin de pouvoir comparer en connaissance de cause les propositions des groupements d'entreprises.

Un comité de suivi disposant des éléments précités valide le projet de rénovation et le lancement de la phase de montage des dossiers d'aides. Il peut, le cas échéant, être tenu d'invalider un dossier ou demander des précisions si les préconisations des entreprises ne satisfont pas aux exigences du cahier des charges et/ou référentiel technique.

À l'instar de la figure précédente, la figure suivante (figure 57) présente la déclinaison des bases de données sur l'ensemble des tâches de la seconde phase du programme.

Lors de cette phase, l'analyse est principalement orientée sur chaque projet de rénovation et débouche sur l'engagement ou non du maître d'ouvrage à réaliser la prestation conformément aux exigences du programme.

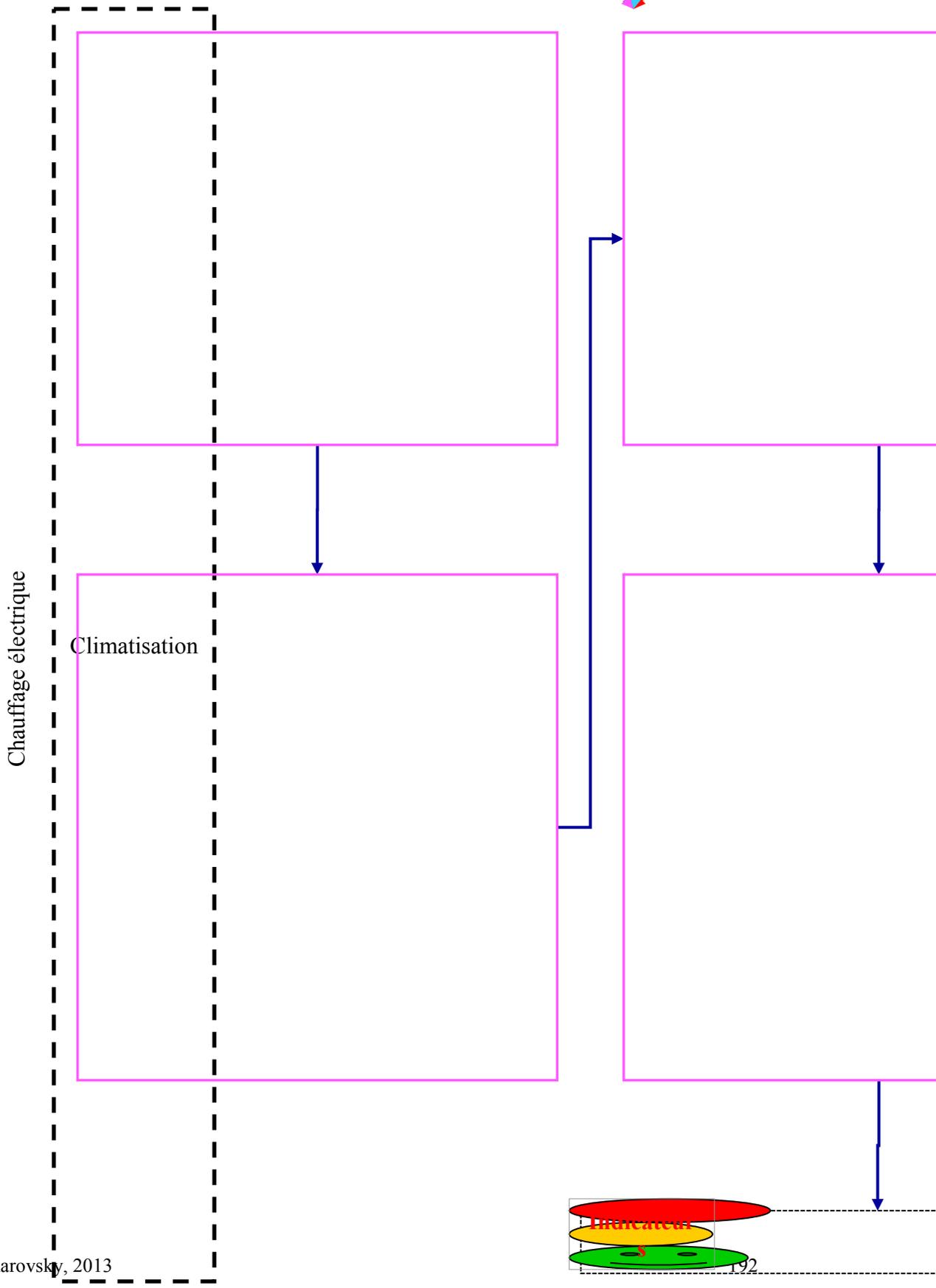
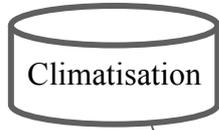
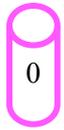


Figure 57 – Les composantes à chaque étape de la phase d’assistance à maîtrise d’ouvrage du programme d’efficacité énergétique « Villages 2050 » (notre recherche)

2. Les phases de réalisation et de suivi

2.1. Le montage financier et les travaux de rénovation

Bien que le programme soit construit pour répondre à des enjeux à l’échelle de la collectivité, il n’en reste pas moins que chaque projet de rénovation répond à des critères techniques et/ou socio-économiques différents. La solution mise en œuvre doit ainsi permettre de prendre en compte les attentes et besoins des maîtres d’ouvrage pour la réalisation de leur rénovation (ex : changements des volets, aménagement des combles).

Elle s’accompagne généralement d’autres rénovations et/ou adaptations des équipements du bâti (ex : changement des volets) produisant des effets supplémentaires quant à la performance du résultat.

Le niveau des aides peut ainsi varier en fonction des souhaits du maître d’ouvrage d’aller plus loin que le cahier des charges initial, en matière de performance énergétique (table 37).

Les aides peuvent également provenir d’organismes de soutien pour lutter contre la précarité énergétique (ex : programme de l’ANAH « Habiter mieux ») en fonction des critères économiques du ménage. Enfin, les aides peuvent également être issues de la région Lorraine, notamment sur les installations de chauffe-eau solaire individuel avec une prime moyenne de 700€. La région Lorraine propose également des prêts à taux zéro en contrepartie des certificats d’économie d’énergie générés par les actions d’efficacité énergétique mises en œuvre.

Le montant d’aides moyen par projet, accordé par EdF dans le cadre de ces expérimentations, est d’environ 7’560€ sur la base des 20 premiers chantiers réalisés parmi les propriétaires particuliers et les 23 logements sociaux.

| LOTS DE TRAVAUX | Aide d’EdF Meuse et Haute- Marne (€) | Aide supplémentaire d’EdF « Villages 2050 » (€) | TOTAL des aides sur les deux collectivités (€) |
|----------------------------------|---|--|--|
| Isolation extérieure totale | 2’500 | 2’500 | 5’000 |
| Isolation extérieure partielle | 1’500 | 1’500 | 3’000 |
| Isolation mur intérieur | 1’500 | 1’500 | 3’000 |
| Isolation des combles et toiture | 1’250 | 1’250 | 2’500 |
| Isolation plancher | 0 | 2’500 | 2’500 |

| | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| VMC double-flux | 1'000 | 1'000 | 2'000 |
| Chaudière bois | 1'000 | 1'000 | 2'000 |
| Pompe à chaleur | 1'000 | 1'000 | 2'000 |
| VMC hygroréglable | 750 | 750 | 1'500 |
| Poêle à bois | 750 | 750 | 1'500 |
| Chauffe-eau solaire | 750 | 0 | 750 |
| Chaudière condensation fioul | 250 | 0 | 250 |
| Chaudière condensation gaz | 250 | 0 | 250 |
| Ouvrants Thermofen | 500 | 500 | 1'000 |
| Ouvrants | 250 | 250 | 500 |

Table 37 – Aides financières accordées par EdF dans le cadre des expérimentations Villages 2050 par type de lot traité (notre recherche)

Les travaux sont réalisés par les groupements d'entreprises sélectionnées et suivis à différents moments du chantier pour vérifier la bonne conformité des matériels mis en œuvre et de la qualité de la réalisation.

Les ouvrants dits « Thermofen » sont plus aidés que les autres ouvrants. Thermofen est l'acronyme de « Thermo- » pour thermique et « -fen » pour fenêtre. Cette action collective vise à accompagner des menuiseries locales vers la certification NF Acotherm. La validation de cette certification permettra aux produits, bois, PVC et aluminium, de ces fabricants locaux d'accéder au référentiel technique élaboré dans les programmes et d'être diffusable par la filière locale (figure 58). Ainsi, EdF, à l'origine dans la création de ce dispositif, verse une aide forfaitaire supplémentaire. Ce projet réunit un grand nombre d'acteurs :

- L'Europe dans le cadre des projets Européens et le Fond Européen de Développement Régional (FEDER) ;
- Les DRIRE Lorraine et Champagne-Ardenne ;
- Les Chambres de Commerce et d'Industrie de Meuse et de Haute-Marne ;
- Les Chambres des Métiers et de l'Artisanat de Meuse et de Haute-Marne ;
- Les organisations professionnelles (CAPEB et FFB) de Meuse et de Haute-Marne ;
- Le FCBA, Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction et Ameublement pour la validation des résultats et la délivrance de la certification des fenêtres bois ;
- Le Critt Bois d'Epinal qui réalise les tests selon le cahier des charges délivré par l'organisme de certification ;

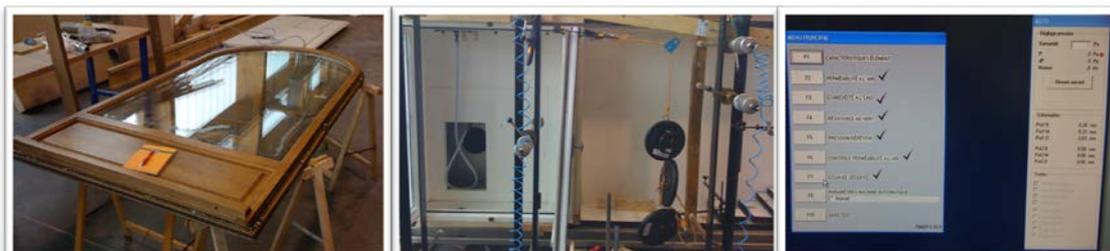


Figure 58 – Prises de vue lors de la certification d'une fenêtre bois réalisé par le CRITT d'Epinal dans le cadre de l'opération Thermofen (notre recherche)

La validation de cette phase est effectuée par un test de perméabilité à l'air du bâtiment afin de valider la performance des travaux réalisés. En cas de défaillance lors du test, les entreprises sont engagées à corriger leurs erreurs et reprendre les malfaçons constatées. Un second test est réalisé pour vérifier la bonne conformité des travaux.

À l'issue des 5 premiers chantiers, nous avons pu constater une difficulté pour les entreprises à obtenir la performance attendue en matière de continuité de l'étanchéité et de rupture des ponts thermiques.

Ces tests ont été l'occasion pour les entreprises d'améliorer leurs compétences de mise en œuvre. En effet, les tests sur les 10 chantiers suivants ont montré que la performance était atteinte dès le premier essai.

La figure suivante (figure 59) présente la déclinaison des bases de données sur l'ensemble des tâches de la troisième phase du programme.

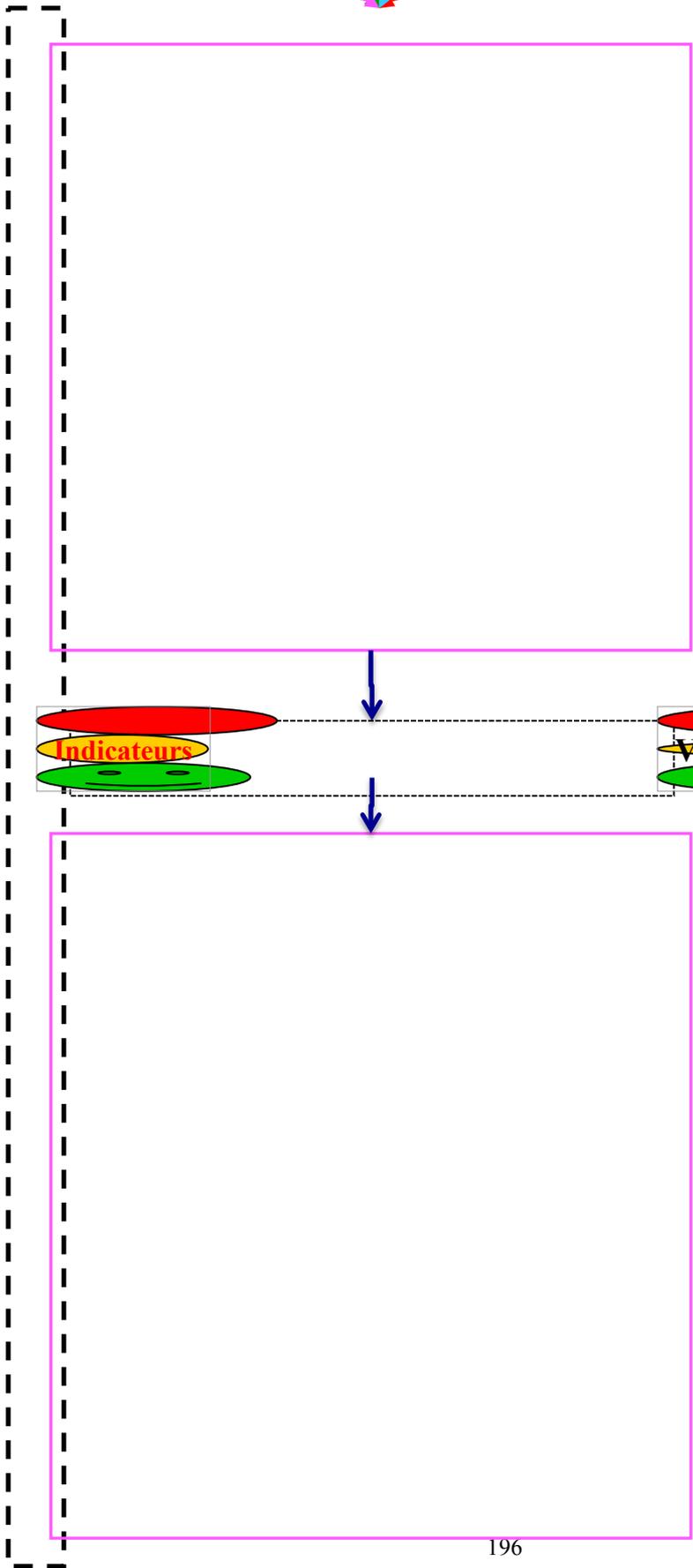


Figure 59 – Les composantes à chaque étape de la phase de réalisation du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 » (notre recherche)

2.2. Le suivi du programme, des travaux résidentiels et collectivités

Cette phase commence lorsque les premiers projets de rénovation sont réalisés et qu'une analyse des résultats à deux échelles peut être menée (figure 60) :

- à l'échelle du projet individuel (ex : performance énergétique du bâtiment, satisfaction du maître d'ouvrage) ;
- à l'échelle de la collectivité (ex : nombre de projets traités, économies d'énergie réalisés).

Un suivi du programme dans la durée est actuellement en cours de développement. Il s'agira de décider du processus d'accompagnement du programme.

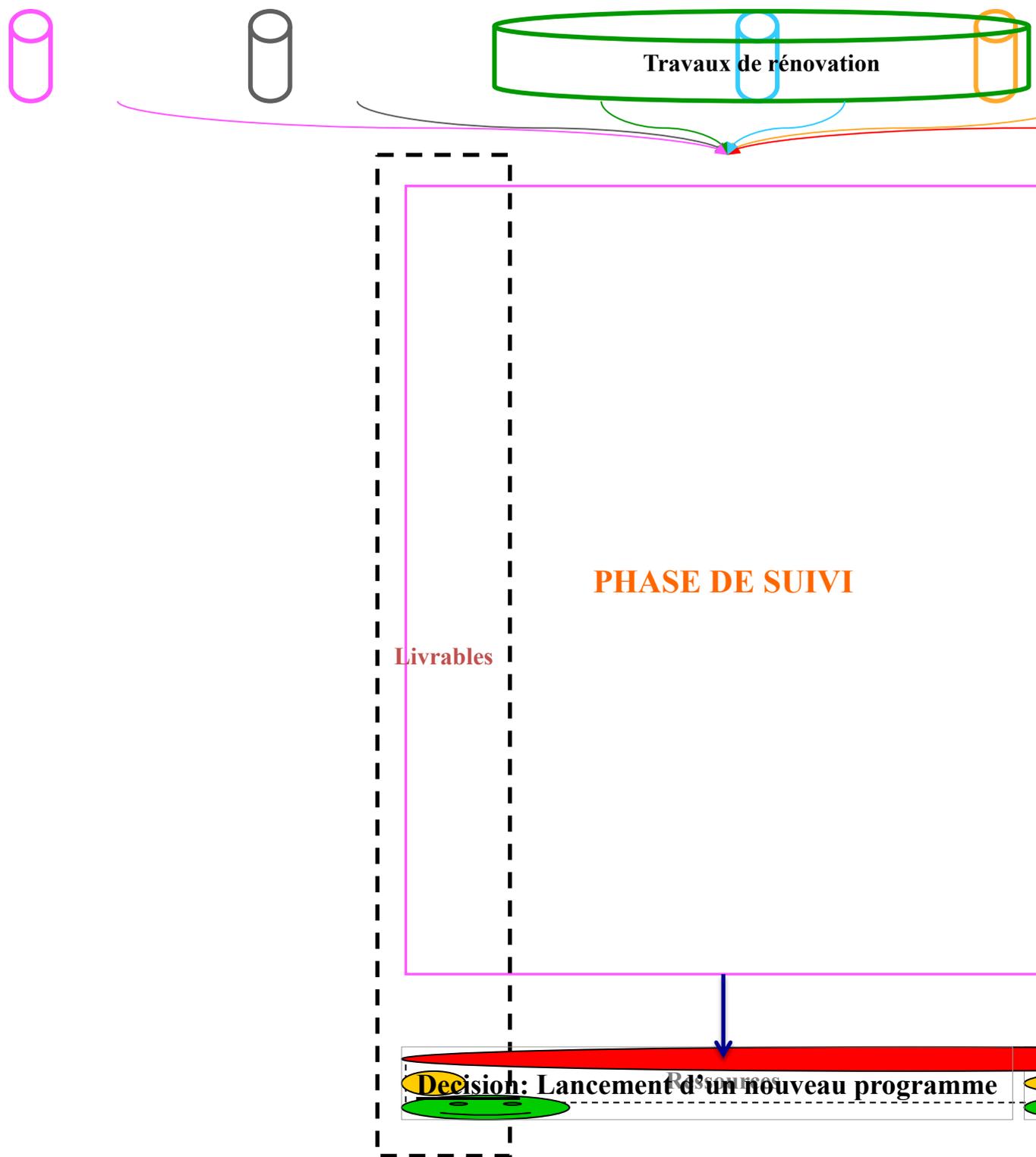


Figure 60 – Les composantes de la phase de suivi du programme d’efficacité énergétique « Villages 2050 » (notre recherche)

Les améliorations majeures apportées par notre méthode se situent à plusieurs niveaux :

- Une offre financière et d'efficacité énergétique adaptée et pertinente avec les territoires ;
- Un diagnostic particulier préconisant des travaux conformes aux intérêts de la collectivité et de ses administrés intégrant une fourchette de coûts d'investissements permettant de comparer les devis des entreprises ;
- Une garantie de performance de l'enveloppe du bâtiment, avec un suivi de chantier et une vérification à l'issue du chantier par un test de perméabilité à l'air ;
- Des travaux réalisés par des groupements d'entreprises et d'artisans formés ayant répondu à l'appel à projets, et avec un mandataire responsable des travaux de ses confrères devant le maître d'ouvrage ;
- L'accompagnement dans la recherche et le montage des dossiers d'aides proposées par d'autres organismes.

En conclusion, on s'aperçoit que l'innovation ne se situe pas tant dans la rupture technologique que sur une réarticulation des étapes favorisant l'atteinte de performances supérieures aux projets traditionnels de rénovation des bâtiments que l'on retrouve dans ces villages ruraux.

3. Synthèse selon les 6 composantes de la méthodologie de conception d'un programme d'efficacité énergétique

En analysant la caractéristique de chacune des tâches sur l'ensemble des phases du processus, on s'aperçoit que l'on retrouve les composants détaillés dans le chapitre 4 (cf. PII.C4.SC).

- **Tâches :**

Sur les deux premières phases, les tâches sont principalement des enquêtes et analyses (usagers, typologie et consommations des bâtiments, parties prenantes, ressources territoriales, diagnostic énergétique, caractéristiques des projets de rénovation) et des recommandations (choix des travaux, évaluation des investissements, préconisation d'un performance énergétique).

La création de dispositif de formations des entreprises, de situations d'échanges entre parties prenantes (réunions publiques, journées de rencontre entre maîtres d'ouvrage, entreprises du bâtiment et experts conseils) font également partie des tâches du processus.

Ces formations ne sont pas considérées comme des ressources car il ne s'agit pas de formations existantes mais de dispositifs de formation développés dans le cadre des expériences menées.

Dans les deux dernières phases, on retrouve les tâches liées à la réalisation de l'ouvrage (réalisation du projet, suivi de chantier) et à l'évaluation du résultat (tests de perméabilité à l'air, enquête de satisfaction, retour et partage d'expériences avec les parties prenantes).

- **Ressources :**

Comme décrit dans l'état de l'art, les ressources considérées n'intègrent pas les aspects humains que l'on retrouve dans la composante « compétences ».

Une faible part des ressources nécessaires est disponible en interne (études des bâtiments, outils de scénarios énergétiques, outils de calcul thermique, réglementations nationales) à part les bâtiments proprement dits. La majorité est externe à la structure de l'industriel et disponibles chez les parties prenantes du programme (cadastre, études thermiques, réglementations locales, aides financières, crédit d'impôt, matériels et technologies pour les travaux et l'analyse de la performance).

- **Compétences :**

La réalisation de l'ensemble des tâches fait appel à un grand nombre de compétences au sein desquelles on trouve celles :

- Des élus locaux représentent une catégorie d'acteurs fondamentale dans le processus ;
- D'opérateur, portée dans l'expérience par EDF, et qui a eu un rôle prépondérant dans les deux premières phases pour assurer le lien entre les parties prenantes et maintenir une dynamique ;
- Des entreprises et artisans qui sont au cœur du processus de réalisation des travaux et un levier incontournable pour garantir une performance optimale de l'ouvrage ;
- Une catégorie d'experts (recherche et développement, territoriaux) qui apporte à la fois une compétence technique (bureau d'études, architectes, gestion de la forêt) mais également des informations sur les particularités des territoires et les principes de fonctionnement des habitants (ex : affouages, contraintes architecturales), utiles pendant la phase de construction des scénarios notamment.

- **Méthodes :**

Quatre catégories de méthodes, suivies dans le processus, peuvent être distinguées.

- les méthodes liées au domaine financier
- celles faisant appel à la gestion de projets (ex : appel à projets) ;
- celle de la construction de scénarios d'efficacité énergétique (ex : calcul de consommations conventionnelles)
- les méthodes d'enquêtes et du travail en groupe (ex : enquête habitants, comité de suivi).

- **Livrables et OIC :**

Les livrables objectivés dans le processus sont évidemment les bâtiments rénovés (livrable 3D) avec des performances correspondant au cahier des charges. C'est d'ailleurs le seul livrable dont se soucie le maître d'ouvrage.

Cependant, l'atteinte de cet objectif nécessite la production d'un grand nombre de livrables intermédiaires.

On retrouve l'ensemble de ces livrables dans la catégorie des livrables 2D (cahier des charges, référentiel technique, appel à projets, charte d'engagement, diagnostic des bâtiments, devis des entreprises, contrats, fiches descriptives des projets, résultats des tests de perméabilité à l'air).

- **Indicateurs :**

Les indicateurs peuvent également être regroupés par catégorie :

- Les indicateurs énergétiques (ex : ratio des énergies fossiles, niveau de performance de l'enveloppe des bâtiments) ;
- Les indicateurs économiques (ex : éligibilité financière des ménages, chiffre d'affaires des entreprises, nombre d'entreprises engagées, emplois) ;
- Les indicateurs sociaux (ex : capacité de financement des ménages, facture énergétique des ménages) ;
- Les indicateurs territoriaux (ex : adhésion des parties prenantes, émissions de gaz à effet de serre, satisfaction des maîtres d'ouvrage) ;
- Autres indicateurs de suivi de projet.

La synthèse des éléments évoqués précédemment peut être représentée sous la forme d'une représentation graphique (figure 61), dans la continuité de l'état de l'art, détaillant l'ensemble du processus sur toutes ses composantes.

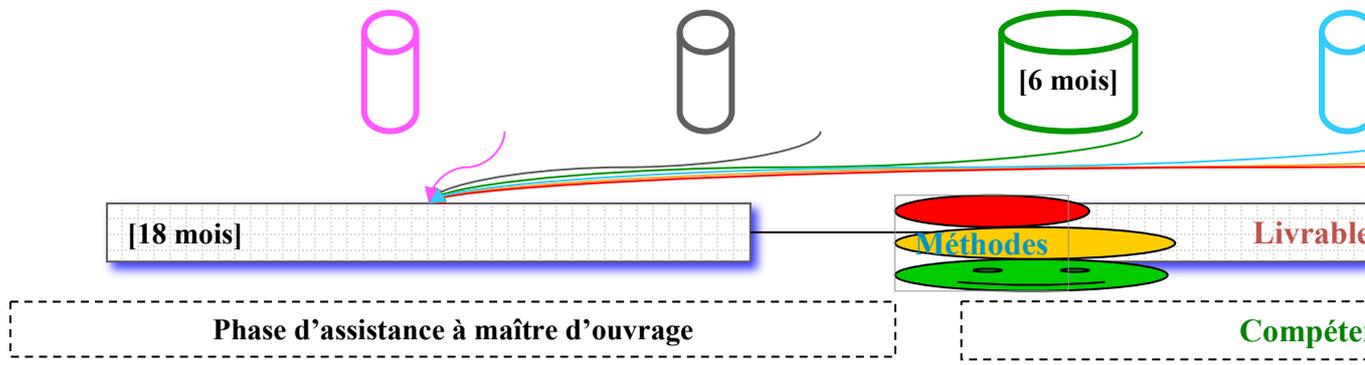


Figure 61 – Les composantes des phases de conception, assistance à maîtrise d’ouvrage, réalisation et suivi du programme d’efficacité énergétique « Villages 2050 » (notre recherche)

Conclusion du Chapitre 5

À l’issue de ce chapitre, nous avons observé les résultats de l’application de deux propositions sur les terrains de Meuse et Haute-Marne et dans le cadre du programme « Villages 2050 », à savoir :

- Le scénario d’efficacité énergétique avec pour objectif le remplacement des énergies fossiles à l’horizon 2050 dans l’ensemble des bâtiments des deux départements ;
- L’ensemble du processus depuis la conception jusqu’au suivi des programmes d’efficacité énergétique sur toutes leurs composantes permettant de répondre à l’objectif de remplacement des énergies fossiles dans les bâtiments ;

Les premiers résultats montrent que la trajectoire énergétique suivie par les deux villages atteignent voire dépassent les objectifs du scénario énergétique. Plusieurs leviers, mis en œuvre à différentes phases du programme, ont été actionnés pour obtenir ces résultats :

- Une analyse des acteurs ainsi que de multiples rencontres afin de prendre en compte les objectifs et intérêts de chacune des parties prenantes à chaque étape du programme ;
- L’élaboration d’une charte d’engagement des entreprises à la fois vis-à-vis, des maîtres d’ouvrage mais également, des parties prenantes du programme. Elle stipule notamment l’obligation de groupement des entreprises pour faire une proposition globale de rénovation ;
- Les rencontres entre particuliers, entreprises et structures d’aides et de conseils afin d’apporter une vision globale du projet de rénovation ;
- La mise en œuvre de diagnostics permettant de dresser des préconisations techniques répondant au cahier des charges, construit collectivement, du programme ;
- Des préconisations en matière de coûts d’investissements apportant une référence au maître d’ouvrage lors du choix des entreprises et artisans ;
- La validation par un comité *ad hoc*, composé des acteurs du programme, des devis et projets présentés par les entreprises ;
- L’accompagnement des maîtres d’ouvrage pour le montage des dossiers de financement ;

- Le suivi des travaux, notamment lors des premiers chantiers d'un groupement, à différentes phases afin de limiter les malfaçons et assurer la performance du résultat final ;
- La mise en œuvre d'un test de perméabilité pour contrôler la mise en œuvre et vérifier la performance atteinte ;
- Le suivi dans la durée, aux échelles de la collectivité et individuelle, afin de vérifier la bonne conformité des travaux dans la durée et évaluer les gains réalisés.

Enfin, ces programmes produisent des effets bénéfiques pour de multiples acteurs. Une analyse de ces effets selon la grille méthodologique proposée précédemment est présentée dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 6

ANALYSE DES EFFETS ET RESULTATS SELON LE MODELE DE L'ECONOMIE DE FONCTIONNALITE ET LIMITES RENCONTREES.

Introduction du Chapitre 6

Le chapitre précédent a éclairé les étapes et résultats de deux propositions :

- Construire un scénario d'efficacité énergétique des bâtiments pour deux départements et deux villages avec l'objectif de remplacer l'ensemble des énergies fossiles à l'horizon 2050 ;
- Une méthode de conception collaborative de programme d'efficacité énergétique à destination des responsables de projets.

L'analyse des premiers résultats, après deux années d'expérimentations, a montré que les trajectoires énergétiques de ces collectivités corrélaient les objectifs du scénario proposé. Cependant, ces économies d'énergie ne représentent pas les seuls impacts positifs pour les bénéficiaires, la collectivité, la filière et EDF.

Dans ce chapitre, nous proposons de réaliser une analyse de ces résultats en suivant la grille méthodologique relevant du modèle de l'économie de fonctionnalité proposée dans la Partie II (cf. PII.C4.SA.2.) sur les deux écosystèmes territoriaux.

Cette grille doit permettre d'évaluer :

- Les effets bénéfiques pour les différentes parties prenantes qui ont été engagées dans les programmes ;
- Les bouleversements dans les méthodes de travail liés aux changements des relations et actions des acteurs au sein du programme. Le développement et la diversification des compétences seront également traités ;
- La dimension « marketing », autrement dit, les modalités de rencontres de l'offre et la demande ;
- Les leviers qui ont favorisé ce changement et les écarts avec le processus classique de rénovation.

Nous concluons sur les principaux résultats observés et les limites rencontrées lors des différentes phases des programmes Meuse et Haute-Marne ainsi que « Villages 2050 ».

Section A – Les résultats du programme et ses effets bénéfiques pour les différents acteurs.

Dans cette section, nous faisons une synthèse des résultats significatifs du programme à la fois sur les aspects quantitatifs et qualitatifs.

Cette synthèse repose sur l'identification de la valeur ajoutée produite pour les différentes parties prenantes impliquées dans le programme « Villages 2050 », à savoir :

- Les particuliers ;
- Les entreprises et artisans du bâtiment,
- La collectivité au sens du territoire ;
- L'industriel EdF.

1. L'analyse des résultats

Le programme « Villages 2050 » se déroulant au sein du programme Meuse et Haute-Marne, et étant comparé à d'autres programmes nationaux d'efficacité énergétique sur d'autres territoires, il est important d'identifier les effets directs de « Villages 2050 » sur les actions réalisées sur ce territoire et ceux liés à une tendance nationale.

Des études menées chaque année par un cabinet de conseil (i.e. I+C,) commandité par EdF, ont permis de comparer les actions réalisées sur les deux départements avec celles observées sur leurs deux régions respectives (Lorraine et Champagne-Ardenne). Deux effets de levier à la fois quantitatif et qualitatif ont ainsi pu être identifiés. En prenant l'exemple des pompes à chaleur pour les illustrer, on observe que :

- D'un point de vue qualitatif, les systèmes récents disposent de performances supérieures à la moyenne des deux régions. Ce surcroît de performance s'explique par la présence d'un référentiel technique plus exigeant que celui exigé à minima par les réglementations nationales ;
- D'un point de vue quantitatif, la progression des installations de pompe à chaleur sur la période 2008-2010 est de +88% en région Lorraine et Champagne-Ardenne pour +143% dans les deux départements. À la vue de la dynamique économique plus faible de ces deux départements au sein de leurs régions respectives, le différentiel de progression peut être imputé principalement au programme Meuse et Haute-Marne.

On retrouve également ces mêmes tendances sur les deux villages expérimentaux. Cependant, les actions restent principalement orientées sur les systèmes de chauffage et les ouvrants et peu sur l'isolation du bâtiment contrairement aux résultats de « Villages 2050 » où l'action est concentrée sur la rénovation du bâti. On note une forte accélération du taux d'isolation des bâtiments sur ces deux villages qui peuvent être mis au crédit des programmes menés.

Les effets bénéfiques sont également propres aux parties prenantes et cibles du

programme et peuvent être d'origine multiples.

2. Les effets bénéfiques pour les entreprises et artisans

Étant à la fois partenaire et destinataire de l'offre, les entreprises et artisans bénéficient d'un apport d'affaires et d'un soutien marketing, allant plus loin que le modèle du partenariat national EDF Bleu Ciel. Plus de 27 entreprises se sont engagées dans le programme et ont fait suivre la formation à 32 de leurs salariés.

Les entreprises de bâtiment spécialistes de l'isolation voient un surcroît d'activité lié à l'exigence de traiter l'ensemble des lots de l'enveloppe du bâtiment. Ce surcroît d'activité se produit à deux échelles.

- Tout d'abord, à l'échelle de la collectivité, des propriétaires qui avaient un projet de rénovation sont tentés de faire évoluer leur projet pour bénéficier de l'offre de financement et d'être accompagnés. Cela permet d'augmenter le volume d'activité au niveau du territoire.

Bien que l'échelle des deux villages soit faible pour réaliser des statistiques robustes, on observe qu'en moyenne, entre quatre et cinq projets simples de rénovation énergétique étaient réalisés sur ces collectivités. Les premiers résultats montrent une accélération importante du nombre de projets sur une des deux collectivités, celle de Dammarie-sur-Saulx, avec presque 25% des bâtiments de la collectivité rénovés aux standards du programme « Villages 2050 ».

Cette augmentation du volume de projets représente également un surcroît de chiffre d'affaires pour les entreprises engagées.

Le faible intérêt des particuliers d'Epizon à effectuer des travaux réside principalement dans le fait qu'une offre antérieure de ravalement de façade sans isolation leur avait été proposée par un autre acteur. Une partie des propriétaires intéressés y ayant souscrit, ils se trouvaient ainsi limités budgétairement pour s'engager dans de nouveaux travaux.

- Dans un second temps, à l'échelle de chaque projet, les propriétaires soucieux de rénover un ou plusieurs lots de leurs logements en profitent pour rénover des lots supplémentaires par rapport à leurs projets initiaux. On assiste donc à une augmentation de la valeur produite par projet.

En effet, les 19 chantiers de 2011 et les 23 de 2012 ont nécessité un investissement moyen de 18'026€ par ménage. Cette valeur est presque quatre fois supérieure à la moyenne nationale (4'899€, cf. PI.C1.SB.1.). Cette valeur est d'autant plus remarquable, que le niveau de revenus des ménages est plus faible que sur le reste du territoire national.

Le surplus d'investissement consenti représente un surcroît de chiffre d'affaires pour les entreprises directement imputable au programme « Villages 2050 ».

Il faut noter qu'une des entreprises a pris près de 70% des parts de marché des travaux commandés. Les entreprises engagées dans le programme

restaient en libre concurrence devant les propriétaires. L'enquête réalisée auprès des propriétaires a montré que les qualités de présentation, d'écoute et d'explication du projet ont été les facteurs qui les ont convaincus de choisir cette entreprise.

D'autre part, cette entreprise a bénéficié d'un très fort bouche-à-oreille, favorisé par la dimension rurale des villages expérimentaux, entre les premiers maîtres d'ouvrage satisfaits par la prestation et les autres habitants.

Les églises des villages faisant parties du patrimoine classé, les propriétaires se doivent de tenir compte de certaines contraintes lorsqu'ils souhaitent procéder à des travaux de rénovation touchant à la partie extérieure du bâtiment (ex : ouvrants, ITE). Traditionnellement, le dossier est monté par le maître d'ouvrage avec l'entreprise puis transmis en mairie pour validation de la demande de permis de construire. Cette étape, arrivant traditionnellement à l'issue du processus de conception du projet de rénovation, peut générer des difficultés entre les préconisations faites par l'entreprise et la réponse aux exigences réglementaires.

Dans l'expérience « Villages 2050 », l'intégration de cette expertise, avec un membre des Architectes des Bâtiments de France en amont de la conception des projets, formalisée au sein du cahier des charges, a permis de réduire à la fois le risque de rejet du projet au moment de la demande en mairie mais également de réduire le temps de validation administrative du dossier.

Cela a un double intérêt :

- Le particulier voit son projet se réaliser plus rapidement ;
- L'entreprise réduit le temps entre le montage du projet et la réalisation des travaux entraînant un effet positif sur sa trésorerie. D'autre part, la baisse du taux de rejet des dossiers permet également d'optimiser le temps passé en amont des projets améliorant le taux de validation des affaires et limitant les temps perdus en prospection commerciale notamment pour un artisan indépendant.

3. Les effets bénéfiques pour les particuliers

La nouvelle offre de rénovation répond à un objectif d'efficacité énergétique, de performance et de confort. L'acte de rénovation du maître d'ouvrage dépasse le simple cadre du remplacement d'un équipement défaillant.

En premier lieu, la collecte d'informations réalisée a permis de connaître l'état des bâtiments et de définir les lots à rénover pour respecter les conditions du cahier des charges défini collectivement. Ainsi, le particulier connaît d'avance les lots qui doivent être traités, dispose d'une meilleure information pour éviter de changer uniquement les matériels qu'il juge défaillants. Cela permet une meilleure planification des travaux.

Le dispositif construit dans le cadre de ces expériences les a conduit systématiquement à faire évoluer leurs projets initiaux vers des projets rénovant

jusqu'aux cinq lots de l'enveloppe du bâtiment. Cette amélioration de la qualité de la rénovation permet d'accroître le gain sur la facture énergétique et le gain en terme de confort pour les occupants.

De plus, l'offre de financement a également permis aux propriétaires de couvrir une partie plus importante de leur besoin de financement que l'investissement qu'il pensait consentir.

Cependant, on s'aperçoit que l'aide octroyée, couvrant parfois jusqu'à 40% du montant total des travaux n'est pas toujours suffisante pour justifier un temps de retour acceptable par les seules économies d'énergie. L'aide directe moyenne par projet consentie par EdF a été de 7'560€ et l'aide totale de 8'029€. Cette valeur n'intègre pas le gain sur le prêt taux zéro et les crédits d'impôt identiques dans les autres programmes.

On observe que la motivation des propriétaires est principalement orientée sur une recherche d'amélioration du confort bien qu'elle ne soit pas nommée. Il s'agit d'un confort perçu pendant l'exploitation du bâtiment.

Après une enquête menée auprès d'une dizaine de particuliers ayant réalisés des travaux d'amélioration de l'efficacité énergétique, la plupart d'entre eux ne se rappelaient pas le montant de leur investissement. Le montant des travaux et les nouvelles charges énergétiques restant supportables pour leur budget, le gain en confort, à la fois thermique et logistique, est le premier motif de satisfaction mis en avant par les propriétaires occupants.

Dans le cas de nos villages, la moitié des projets concerne des logements utilisant la ressource bois provenant des affouages pour le chauffage. Le prix du stère de bois varie en fonction de la capacité de chacun à pouvoir le produire par lui-même entre 5€/stère sur pied et environ 38€/stère prêt à être stocké.

Pour ces propriétaires qui produisent leur bois, les intérêts à envisager des travaux de rénovation de l'enveloppe du bâtiment consistent donc à limiter les actions de manutention inhérentes à l'usage de bois (approvisionnement, stockage, gestion du feu, mouvements liés aux chargements du bois) et améliorer le confort (thermique, sensation d'humidité, usage des biens) au sein du logement.

4. Les effets bénéfiques pour la collectivité

Comme il avait été relevé par Guennec et Nösperger (2011) dans le programme Meuse (55) et Haute-Marne (52) porté par EdF, le programme « Villages 2050 » génère un surcroît de valeur ajoutée pour les entreprises de bâtiment et par conséquent un surcroît de dépense à la fois pour ces entreprises et pour les ménages. Une partie de ces dépenses va être réalisée au sein des territoires concernés que ce soit pour les distributeurs locaux de matériels, ou bien, en donnant lieu à de la consommation, supposée locale.

De plus, les artisans achètent leur matériel auprès des succursales locales des distributeurs professionnels. Il est donc possible de considérer qu'une partie des investissements en matériel acheté par les artisans correspond à de la valeur ajoutée

locale. La quantification de cette valeur reste cependant difficile à appréhender.

Par ailleurs, les territoires disposent d'un parc de logements plus performant grâce aux actions d'efficacité énergétique réalisées. Cela favorisera l'attractivité de ces collectivités à deux niveaux :

- grâce à la création d'emplois, directs et indirects, générés par le programme ;
- dans la perspective de création du site de stockage. En effet, la proximité des collectivités avec le potentiel futur site de stockage des déchets radioactifs pourrait faciliter les salariés du site à vivre près de leur lieu de travail dans des logements performants.

Le programme pensé initialement intégrait la création d'un réseau de chaleur bois qui devait alimenter à la fois les bâtiments de la collectivité ainsi qu'une partie des logements de particuliers.

Ce réseau de chaleur devait favoriser la réduction du volume de bois consommé à l'échelle des collectivités, en mutualisant les droits d'affouage des particuliers, et en facilitant les conditions d'utilisation pour les particuliers.

En effet, la création d'un réseau géré par la collectivité aussi bien pour l'entretien que pour la gestion du combustible, permet aux habitants de ne plus s'occuper eux-mêmes de leur bois, réduisant ainsi les risques en matière d'accident, et d'éviter la logistique contrainte par l'utilisation de vieux poêles à bois.

Ce réseau devait être adapté à des bâtiments ayant subis les travaux d'isolation préconisés pour être raccordés.

En appliquant ce dispositif, cela devait induire une réduction de 29% de la consommation de bois tout en favorisant une augmentation de près de 48% du nombre de bâtiments utilisant une énergie produite localement.

Les contraintes réglementaires, obligeant des niveaux de rendement minimum des réseaux, ont fait échouer cette partie du projet et ont fait évoluer les acteurs vers le choix de systèmes énergétiques individuels.

D'autre part, la réduction significative des émissions de CO₂ est l'une des externalités environnementales prises en compte dans ce programme. En réduisant le besoin et en s'orientant vers le remplacement des systèmes énergétiques utilisant des énergies fossiles, le programme doit amener à diviser par près de 10 les émissions de CO₂ calculées à l'échelle des deux villages.

Pour les bâtiments ayant déjà subis des travaux exclusivement sur l'enveloppe et non sur le système, le programme a déjà engendré une réduction par trois des émissions de CO₂.

Enfin, les connaissances produites par ces programmes ont contribué à la réflexion et à l'élaboration des Plans Climat Territoriaux pour les deux départements.

5. Les effets bénéfiques pour l'industriel EdF

Les avantages pour l'entreprise EdF, porteuse du programme, sont multiples.

Le programme « Villages 2050 » permet tout d'abord à EdF de répondre à ses objectifs en matière de réduction des consommations énergétiques (dispositif des Certificats d'Économie d'Énergie).

Bien que le volume moyen de CEE par bâtiment soit supérieur à ce qu'on trouve sur le reste du territoire, ils ne suffisent pas à compenser les aides financières apportées par EdF.

Comme il a été évoqué précédemment, les aides consenties sur les deux départements et les villages expérimentaux sont liées à l'accompagnement économique du Laboratoire de Bure-Saudron.

Des actions similaires sur d'autres territoires, avec des niveaux d'aides plus faibles, auraient seulement un temps de retour sur investissement allongé. Il s'agirait de convaincre les maîtres d'ouvrage de réaliser ces actions en accentuant la proposition sur les gains supplémentaires en confort.

Par ailleurs, en réduisant le besoin énergétique des bâtiments, ce programme contribue à lisser la courbe de charge électrique réduisant l'appel à des systèmes de production coûteux et fortement émetteurs de CO₂ même si le volume de bâtiments traités ne représente évidemment qu'un impact très marginal pour le réseau. En effet, les systèmes de production utilisés pour répondre aux besoins énergétiques dits « de pointe » correspondant à certains usages journaliers (ex : cuissons aux heures de repas) ont principalement recours à des énergies fossiles.

Le renforcement des compétences des entreprises de réalisation des travaux permet à EdF de disposer d'un avantage concurrentiel supplémentaire par rapport aux autres énergéticiens.

En effet, les fournisseurs d'énergie utilisent des réseaux d'entreprises partenaires (ex : Bleu Ciel d'EdF, Dolce Vita de GdF Suez) pour réaliser les travaux de rénovation énergétique pour leurs clients.

En développant les capacités de ses partenaires à réaliser des projets avec une performance accrue, elle donne l'image d'une entreprise qui recherche un meilleur service pour ses clients.

La conception et les résultats de ces programmes ont produit un grand nombre d'articles de presse, via différents organismes locaux où EdF était associée à une action positive pour les territoires. Bien que la communication locale ne soit pas un indicateur pris en compte par EdF, cette communication hors marchande est à mettre au crédit des programmes.

Enfin, ces programmes ont renforcé les relations avec des acteurs internes et externes au Groupe EdF pour différents motifs :

- Le développement de nouvelles offres en relation avec EdF Recherche et Développement (EdF R&D), la Direction Marketing d'EdF et la Direction Commerce d'EdF ;

- La création de connaissances avec plusieurs organismes de recherche :
 - EdF R&D et le *Climate Change Institute* de l'Université d'Oxford autour de l'analyse des compétences de la filière de réalisation des travaux pour réaliser des rénovations à haute performance énergétique. Les programmes « Meuse et Haute-Marne » et « Villages 2050 » font partie, entre autres, des terrains analysés au titre de cette collaboration ;
 - EdF R&D et ATEMIS, essaimage de l'Université Paris VII, sur l'analyse des modèles économiques des programmes d'efficacité énergétique.

Cet échange renforcé avec EdF R&D a permis le lancement de trois nouvelles thèses dans le cadre d'un projet avec l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) :

- Une première thèse sur le renforcement de l'analyse fonctionnelle du bâtiment ;
- Une seconde sur l'étude des externalités et les modèles économiques liés au bâtiment et à son territoire, et notamment dans le cadre de bâtiment de la collectivité ;
- Une troisième sur les leviers pour préparer les acteurs locaux à l'utilisation de d'une méthode de conception et d'évaluation des programmes.

Ces travaux, lancés depuis juillet 2012, devront déboucher sur la formalisation d'une méthode et d'un outil favorisant l'approche systémique des programmes d'efficacité énergétique des bâtiments.

6. La création de nouvelles offres

Ce programme permet de tester un processus et un panel de produits et services donnant lieu à la définition de nouvelles offres commerciales que pourrait proposer EdF.

Trois offres significatives ont émergé depuis le lancement de ces expérimentations et leurs premiers résultats avec des modèles et cibles différents :

6.1. L'offre Rénovation Bas Carbone ou RBC

Cette offre d'EdF, à destination des particuliers, voit un doublement des aides consenties sur le reste des deux départements, au même titre que pour « Villages 2050 », à condition qu'un maître d'ouvrage rénove l'ensemble des lots de travaux non conformes à la réglementation thermique actuelle. Cette offre, en résidentiel diffus, permet aux propriétaires occupants, non résidents des villages faisant l'objet d'une offre spécifique, d'obtenir des aides supplémentaires.

6.2. L'offre « Villages 2050 »

Le modèle développé dans le cadre des deux villages expérimentaux a été étendu à deux autres collectivités des deux départements, l'une à Velaines en Meuse, l'autre dans la Communauté de Communes de Poisson en Haute-Marne.

Ces deux nouvelles expériences ont débuté en Janvier 2012 avec les premières rencontres entre les parties prenantes. À ce stade, les réunions publiques ont été tenues avec une forte affluence des particuliers notamment dans la commune de Velaines où plus de 10% des habitants étaient présents. À ce stade, les premiers groupements d'entreprises sont en formation avec des travaux qui devraient commencer avant la fin de l'année 2012.

6.3. L'offre SAVECOM

Lancé en mars 2012, l'offre SAVECOM²¹ va plus loin que l'expérimentation « Villages 2050 » en matière de performance dans les logements. En effet, l'évaluation de la performance énergétique ne repose pas uniquement sur les résultats d'un test de perméabilité à l'air. La performance promise dans cette offre garantit une consommation réelle dans la durée. Cette durée est fixée sur une période entre 3 et 5 ans selon les cas. À la différence de « Villages 2050 », le programme SAVECOM a généré la mise en place d'une société de type SCIC²² avec des acteurs publics et privés. Cette expérience, dont la première évaluation du modèle d'affaires sera menée fin 2013, réunit une dizaine d'acteurs membres d'une assemblée générale composée de six collègues :

- Un collègue « collectivités territoriales » avec la Ville de Commercy et la Communauté de Communes ;
- Un collègue « énergéticiens » avec EdF ;
- Un collègue « partenaires du développement local » avec SAFIDI, société d'aide au financement du développement industriel local appartenant au Groupe EdF ;
- Un collègue « professionnels du bâtiment » réunissant huit entreprises et artisans locaux ;
- Un collègue « propriétaires et locataires » permettant aux bénéficiaires des offres d'être représentés ;
- Un collègue « salariés » de l'entreprise SAVECOM.

La direction de l'entreprise est assurée par un Président, élu au conseil municipal de Commercy, et un directeur général.

Le choix de cette forme juridique de structure a reposé sur deux critères :

- Le statut de société coopérative assure à chaque sociétaire une voix au conseil d'administration quelque soit le montant en capital détenu ;
- Le statut d'intérêt collectif permet à chaque acteur de contribuer au projet en

²¹ Société pour l'Avenir Énergétique de Commercy

²² Société Coopérative d'Intérêt Collectif

confrontant ses pratiques avec les autres acteurs. Elle implique la création d'une dynamique de territoire autour de la problématique de l'efficacité énergétique dans les logements.

D'autre part, avec une capitalisation des acteurs publics à un maximum de 20% du capital total, ce type de structure limite les risques pour la collectivité en cas d'échec du programme.

La société SAVECOM propose une solution composée de plusieurs services articulés et insécables.

Un service « Technique » :

- Un audit thermique débouchant sur la réalisation d'un modèle prévisionnel des consommations ;
- Une préconisation et la consultation des entreprises ;
- Une maîtrise d'œuvre assurant la coordination, surveillance et la réception des travaux ;
- Une mise en place et le suivi d'un système de mesure et d'évaluation en temps réel des performances énergétiques en rapport avec les usages et les conditions climatiques. Ce système, mis en place chez le particulier, lui permet de voir en temps réel s'il ne dépasse pas le niveau de consommation prévu au contrat et de modifier ses usages en cas de nécessité.

Un service « Administratif » :

- Une recherche de solutions de financements ;
- Une coordination des différents intervenants (ex : artisans, banques, organismes d'aide...) ;
- La constitution et le traitement des dossiers.

Un service « Juridique » :

- L'élaboration des contrats de performance énergétique ;
- L'aide à la constitution juridique des groupements d'entreprises ;
- L'élaboration des conventions de travaux ;
- Le contrôle de la conformité des engagements aux réglementations en vigueur.

Le mode opératoire de SAVECOM est basé sur le premier modèle issu de l'expérimentation « Villages 2050 ».

Bien que les phases ne soient pas constituées de la même manière, on retrouve les grandes tendances (figure 62).

- Une partie de la phase de conception avec une pré-qualification des dossiers et de leur potentiel ;
- Une phase d'assistance à maîtrise d'ouvrage avec le diagnostic de performance énergétique, les préconisations de travaux et de performance, la validation administrative et technique des dossiers ;
- Une phase de réalisation et de suivi de chantier débouchant sur un test de perméabilité à l'air du bâtiment rénové ;

- Le suivi dans la durée des actions réalisées.

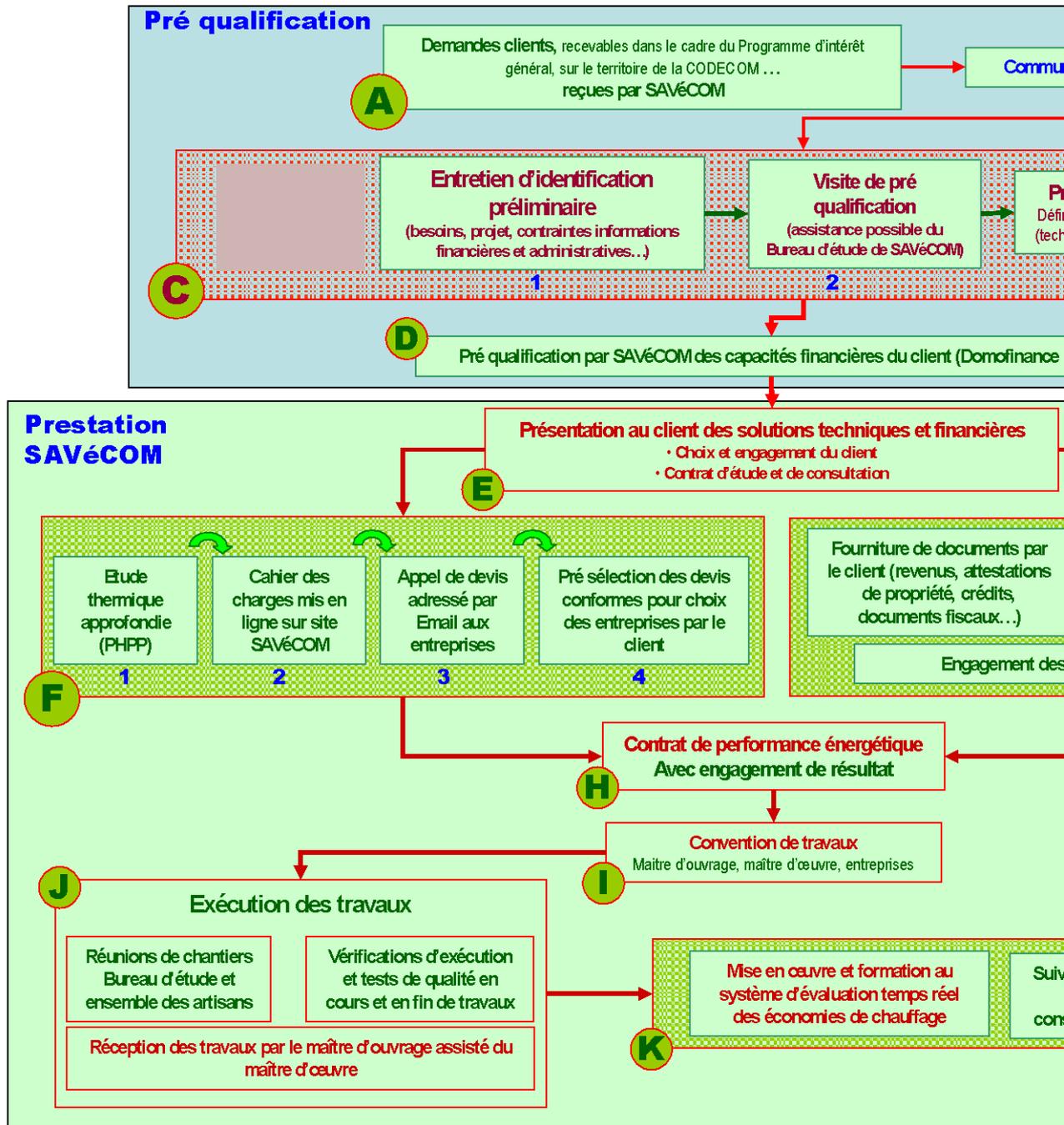


Figure 62 – Processus de l'offre proposée par SAVÉCOM

La rupture avec le modèle précédent repose sur des changements à deux niveaux :

- Un diagnostic approfondi dont l'objet est d'évaluer les consommations actuelles et futures en fonction des conditions de confort choisi par les occupants. C'est sur cette évaluation que seront définis les critères de performance à respecter

contractuellement par le bénéficiaire. Cette évaluation est assurée par un bureau d'étude thermique membre de la société ;

- La mise en œuvre d'un contrat de performance énergétique liant la société SAVECOM et le bénéficiaire sur une période définie. Ce contrat prévoit une valeur de consommation et donc de budget énergétique qui sera atteint après les travaux. En cas de surconsommations liées à des facteurs autres qu'une mauvaise utilisation de l'occupant, le contrat de performance énergétique prévoit que SAVECOM est responsable et doit indemniser le client à hauteur du préjudice.

L'objectif quantitatif de la société est de réaliser une quinzaine d'opérations sur la première année 2012. Sur la deuxième année, l'objectif est de 25 opérations dispersées sur le territoire de la collectivité de Commercy.

À la fin du premier semestre 2012, SAVECOM enregistre cinq opérations en cours et achève son premier chantier.

Les premières actions de communication ont été réalisées avec la mise en place d'un site Internet²³ ainsi qu'une première réunion publique à destination des particuliers pour leur présenter l'offre.

²³ <http://www.savecom-commercy.fr>

Section B – Évaluation des effets du programme dans une logique d'économie de la fonctionnalité et limites rencontrées.

Dans cette section, nous déclinons les autres dimensions de la grille méthodologique d'analyse des programmes de l'efficacité énergétique issue du modèle de l'économie de fonctionnalité autour :

- Des acteurs mis à contribution ;
- De la dimension marketing de l'offre ;
- Des changements dans les méthodes de travail et de développement des compétences ;
- Des dispositifs d'accompagnement de ce changement.

1. Les systèmes d'acteurs

Les acteurs concernés par ce programme font parties du périmètre classique de la filière de réalisation des travaux. Cependant, les différences interviennent au niveau des relations qu'elles entretiennent avec les autres acteurs et de la prise en compte de leurs objectifs et contraintes.

Au delà du programme Meuse et Haute-Marne qui avait déjà accéléré le processus de rénovation « multi-lots » et intégrait quelques acteurs traditionnels de la filière (ex : la filiale de financement Domofinance, CAPEB et FFB), celui-ci permet de ne plus laisser le maître d'ouvrage seul, pour définir son projet de rénovation, mais de lui apporter des outils et méthodes d'accompagnement dans cette démarche tout en recherchant une amélioration supplémentaire des performances énergétiques du bâtiment.

Cela change déjà du processus traditionnel qui consiste pour le maître d'ouvrage à faire appel à différents spécialistes qui proposeront une solution en adéquation avec leur capacité à réaliser la prestation. Par exemple, en cas de chaudière défectueuse, un chauffagiste n'aura que peu d'intérêts à préconiser une solution intégrant de l'isolation réduisant la puissance de la nouvelle chaudière, et pénalisant ainsi sa propre activité.

L'obligation de se constituer en groupement pour pouvoir porter l'offre bouleverse le fonctionnement des entreprises et artisans habitués à travailler sur la réalisation du lot qui leur incombe. Certaines entreprises font parties de plusieurs groupements. La présence d'une entreprise mandataire pour le groupement et responsable vis-à-vis du maître d'ouvrage permet de limiter les renvois entre entreprises en cas d'éventuelles malfaçons. Ainsi le maître d'ouvrage n'a plus qu'un seul interlocuteur qui fait le lien avec les autres entreprises de réalisation des travaux.

L'implication de l'équipe municipale est une des composantes majeures de ce programme. En effet, la commune a été partie prenante dès sa genèse. Donnant une meilleure information et connaissance à ses habitants au sujet de la première phase, à savoir la collecte des informations sur l'ensemble des bâtiments nécessitant de passer une heure dans chaque logement, elle a aussi été un relais pour les habitants lorsqu'ils ont un projet de travaux pour leurs logements.

Dans le même temps, elle a pu mieux faire valoir ses attentes (ex : maîtrise de la facture énergétique pour les habitants, proposition systématique d'écomatériaux). Sa présence tout au long du programme a également favorisé le développement de ses relations avec EDF mais également avec les experts et organismes présents sur leur territoire.

Le travail de conception du programme avec les experts des organismes et institutions locaux a participé à l'enrichissement du programme. Tout d'abord, en matière de prise en compte des spécificités locales grâce à une connaissance multidisciplinaire (ex : architecture, thermique, urbanisme, sociologie) puis dans la définition d'objectifs partagés.

Cela aura conduit à un meilleur copartage du programme par une partie de ces acteurs dont certains sont initialement opposés aux actions et objectifs de l'industriel EDF.

L'une des principales absences dans les parties prenantes du programme réside chez les fabricants de matériels et équipements. En effet, à l'échelle des deux départements et à fortiori des deux villages, il est difficile d'attirer des fabricants dans cette démarche. De plus, le programme visant à accompagner les entreprises locales, peu d'industriels existent en dehors de quelques menuiseries, présents notamment dans l'opération Thermofen (cf. PIII.C1.SC.2.1).

L'absence de cette catégorie d'acteurs, maillon important de la filière, réduit les capacités à maîtriser les prix des matériels et équipements mis en œuvre et a fait porter la pression de maîtrise des coûts d'investissement sur les entreprises et artisans réalisant les travaux.

2. La dimension marketing

Dans un processus classique, la rencontre entre l'offre et la demande se fait généralement lorsqu'un maître d'ouvrage (MOA) souhaite remplacer un appareil défectueux ou procéder à des améliorations de son logement. Dans ce cas, le MOA n'aura accès qu'à une partie de l'offre existante en fonction des entreprises rencontrées.

Ici l'offre proposée cherche à répondre à la problématique suivante : comment réduire la facture énergétique tout en améliorant le confort et le bâtiment avec des niveaux d'investissements supportables pour les maîtres d'ouvrage ?

On retrouve majoritairement deux cas de figures :

- Soit les usagers se satisfont d'une température intérieure plus faible (ex : 17°C) que celle appliquée après les travaux et une partie du gain sera convertie en confort supplémentaire (ex : 21°C) ;

- Soit le niveau de confort est atteint et le gain se fera sur la baisse des consommations énergétiques.

L'offre intègre également une cohérence dans les travaux qui sont préconisées. Cette cohérence est rendue obligatoire par le changement des lots ne répondant pas au cahier des charges pour bénéficier des aides supplémentaires.

Si on observe les résultats, on voit une nette évolution des offres « multi-lots » depuis le lancement de ces programmes :

- En 2008, après les deux premières années du programme Meuse et Haute-Marne, les offres « multi-lots » représentaient 3% des travaux de rénovation sur les deux départements ;
- En 2011, les offres « multi-lots » représentent 16% des travaux de rénovation sur les deux départements contre 11% à l'échelle nationale. Cette proportion est encore faible mais la tendance à la hausse se poursuit ;
- En 2012, sur les deux villages, les offres « multi-lots » représentent 100% des travaux réalisés.

La découverte de l'offre par les habitants se produit par l'intermédiaire de journées de rencontres où sont présents les entreprises et artisans partenaires du programme ainsi que différents experts des organismes d'accompagnement des projets de rénovation des bâtiments (cf. PIII.C1.SA.2.4.). Tous les corps de métiers étant représentés, cela facilite une approche globale de son projet de rénovation pour le maître d'ouvrage.

Selon leur besoin, les propriétaires peuvent rencontrer plusieurs groupements d'entreprises en concurrence et élaborent avec elles leur cahier des charges. Au final, ils peuvent choisir de travailler avec telle ou telle entreprise en fonction des devis présentés. Dans le même temps, les entreprises proposent des prestations à des tarifs contrôlés et n'augmentent pas leurs marges en s'octroyant le gain de l'aide financière, venant réduire le coût total des travaux à la charge du maître d'ouvrage.

Ainsi, ce travail a donné lieu à la construction d'une politique de prix des projets de réalisation à un niveau acceptable à la fois pour les entreprises et les MOA.

Les actions de communication ont pris différentes dimensions selon les acteurs qui les ont portées.

Deux réunions publiques où l'ensemble des habitants étaient conviés par l'intermédiaire d'un courrier signé par EDF et les mairies concernées, ainsi qu'un encart dans les journaux municipaux, ont permis de présenter la démarche avant la phase des diagnostics des bâtiments. Ces réunions, où 10% des propriétaires étaient présents, ont complété les deux journées de rencontres avec les entreprises évoquées précédemment.

La phase de diagnostics a elle-même contribué à diffuser de l'information sur les caractéristiques de leur bâtiment et l'objet du programme « Villages 2050 ».

Quelques mois après le lancement des premiers projets, on observe que « le bouche à oreille » entre les habitants s'opère. Quelques entreprises se retrouvent systématiquement choisies par les maîtres d'ouvrage suite à la réalisation des premiers projets :

- On retrouve 3 entreprises sur les 27 engagées qui réalisent 62% des lots à rénover.
- Une d'elle draine 43% des investissements consentis par les ménages pour les seize premiers projets de rénovation qui s'élèvent au total à près de 280K€.

Les retours des enquêtes menées auprès des propriétaires occupants ont permis de montrer les principales raisons de ce choix :

- Une première rencontre avec une écoute de l'artisan des attentes du maître d'ouvrage, et une explication précise des travaux à réaliser ;
- Une seconde étude de la performance énergétique du bâtiment pour confirmer les prescriptions du diagnostic initial ;
- Des devis, conformes aux prescriptions et transmis dans des délais jugés rapides (environ 15 jours) ;
- Une bonne prise en charge des nuisances de chantiers et une présence régulière du chef d'entreprise pour vérifier le bon déroulement du chantier ;
- La qualité des réalisations.

3. La question du travail, de la formation et des compétences

Le changement de modèle économique renvoie à un autre rapport au travail. Dans ce contexte, cela revient plus particulièrement à déplacer et diversifier les compétences des acteurs du processus. Les méthodes de travail se retrouvent bouleversées à la fois dans leur fonctionnement interne mais également avec leur environnement du fait du changement des relations entre les acteurs.

Le repositionnement des organismes d'État au sein des parties prenantes, garantes de la bonne conformité réglementaire des projets de rénovation (ex : contraintes du patrimoine classé) intervenant en amont des projets, les a fait évoluer vers une démarche de préconisation plutôt que dans une démarche de sanction dans laquelle ils se situent originellement.

Les entreprises et artisans se retrouvent à devoir prendre en compte les travaux réalisés par d'autres entreprises et à limiter les malfaçons que l'on retrouve de manière récurrente sur les chantiers (ex : rupture du film isolant par l'électricien qui doit poser des prises de courant). Sans quoi, elles devront reprendre une partie des travaux en cours ou à l'issue du chantier si la performance n'est pas atteinte. Cette prise de conscience du travail de l'autre devient un objectif commun aux entreprises et de surcroît pour le mandataire du groupement qui en est responsable devant le maître d'ouvrage.

Ce changement de position le contraint ainsi à être attentif à la qualité de sa propre prestation et de celles des autres corps de métiers mis à contribution dans la réalisation du projet de rénovation.

La présence de la collectivité dans le programme oblige également les entreprises à

respecter certaines règles (ex : temps de réalisation des devis, qualité de la relation avec le maître d'ouvrage) sous peine d'être rapidement identifiées et d'être écartées du processus si elles n'y répondent pas après quelques remontées lors des comités de suivi.

L'utilisation de matériaux écologiques, l'approche globale de la rénovation d'un bâtiment, le montage des dossiers administratifs (ex : dossiers de financement, fiche d'attestation de travaux) sont autant de facteurs qui nécessitent le développement de formation pour favoriser l'émergence de projets réalisés avec une coopération entre plusieurs acteurs.

Dans « Villages 2050 », les dispositifs de formation se sont davantage orientés vers les entreprises et artisans en leur proposant des modules, développés avec les organismes locaux de formation professionnelle (ex : AMIFOP), portant sur une analyse des projets de rénovation *in situ* afin de mieux connaître les spécificités des bâtiments et limiter les erreurs de réalisation.

De nouvelles compétences ont été développées, tant par les entreprises qui ont réalisé des projets de rénovation à forte valeur ajoutée que par l'ensemble des acteurs participant à la conception d'un programme d'efficacité énergétique.

Cependant, la mise en œuvre d'un programme « massif » de rénovation énergétique globale a révélé des difficultés pour faire suivre les dispositifs de financement de ces projets. En effet, on peut s'apercevoir que les dossiers peuvent parfois mettre entre quatre et six mois pour obtenir l'aval des organismes de financement. Cette période s'explique par une rigueur parfois trop grande demandée par les organisations financières quant au formalisme des dossiers qui leurs sont transmis par les entreprises.

D'autre part, les entreprises ont toujours des difficultés à présenter des dossiers complets, de surcroît quand il y en a plusieurs pour un même projet.

Dans ce processus, EdF devient un acteur engagé conjointement sur les prises de décisions des travaux d'efficacité énergétique mais également sur les effets sociaux et économiques qu'elles génèrent. En accompagnant les bénéficiaires tout au long du processus, l'entreprise passe d'un statut d'énergéticien à celui de conseiller en efficacité énergétique. Cette étape avait commencé préalablement aux programmes suivis avec la proposition de diagnostics de performance énergétique et de mise en relation avec des entreprises partenaires.

Dans ce contexte, EdF va plus loin en adaptant les solutions préconisées avec les spécificités des territoires.

D'autre part, la fonction des commerciaux n'est plus simplement de proposer des offres mais de conseiller les maîtres d'ouvrage sur leurs projets de rénovation énergétique de leurs bâtiments. Ces commerciaux ont d'ailleurs bénéficié de formations dispensées par EdF R&D afin de transformer la démarche commerciale en préconisations respectant un cahier des charges local.

Enfin, la collecte des financements est également une des compétences qui a été acquise dans ce programme. Portée par EdF, elle a permis à des particuliers de profiter d'aides supplémentaires (ex : ANAH, caisse de retraite) selon certaines conditions (ex : niveau de revenus).

4. Les dynamiques du changement

En observant chacune des étapes du programme « Villages 2050 », on peut s'apercevoir que quasiment aucune ne constitue un véritable changement avec ce qui peut déjà être réalisé dans le cadre d'autres programmes de rénovation des bâtiments. Ici, nous ne voulons pas signifier qu'elles sont systématiquement réalisées dans un processus classique de rénovation d'un bâtiment mais qu'elles ne constituent pas intrinsèquement un changement par rapport à ce qui existe sur le reste du territoire.

Cependant, force est de constater que les résultats sont qualitativement et quantitativement supérieurs, si on en reste à la maille de la collectivité par rapport aux chantiers extra communaux.

La rupture se situe ainsi directement au sein du processus de rénovation en intégrant et repositionnant certains acteurs et étapes bouleversant leurs fonctionnements internes, leurs relations avec d'autres acteurs et également leurs méthodes de travail. On voit ainsi s'opérer les prémices de la constitution « de nouvelles sphères fonctionnelles relevant de processus de déssectorisation et resectorisation », liée au déplacement systémique de la solution auquel Laurent et Tertre (2008) font allusion.

Les principaux leviers d'accompagnement de ce changement peuvent être synthétisés de la manière suivante :

- La formation dispensée aux entreprises et artisans ;
- L'utilisation de nouveaux logiciels développés dans le cadre de ces programmes, notamment par EdF R&D, pour définir les actions de performance énergétique à réaliser ;
- La présence de compétences, internes et externes, pour concevoir et identifier les solutions et technologies à mettre en œuvre mais également dans la maîtrise des artisans qui installent ces solutions ;
- Des offres construites collectivement, et basé sur un objectif de performance, favorisant leur diffusion et leur compréhension par les bénéficiaires potentiels ;

L'objectif de performance sur le besoin énergétique du bâtiment en matière de chauffage représente une des dimensions qui fait passer la solution d'un dispositif de vente de simples lots d'isolation ou de systèmes de chauffage à un dispositif de vente intégrant une performance.

La méthode d'évaluation de cette performance *in fine* se caractérise par les tests de perméabilité à l'air vérifiant le résultat des travaux tout en s'affranchissant des critères de labels ou autres certifications. On a pu s'apercevoir que l'objectif de performance revêt une forme de garantie de « bonne qualité » des travaux aux yeux du maître d'ouvrage mais ne constitue pas son principal critère.

Il peut être considéré comme un indicateur quantitatif pertinent vu des deux parties, entreprises et maîtres d'ouvrage, afin d'obtenir des effets significatifs sur le confort

ressenti au sein du bâtiment.

Les entreprises et artisans adhérents au programme avec l'obligation de se constituer en groupement est également une des composantes ayant favorisé l'accompagnement du changement. Groupées, elles sont contraintes de proposer des solutions « multi-lots » garantissant un meilleur résultat qualitatif et développent ainsi de nouveaux réseaux de compétences à forte valeur ajoutée avec d'autres entreprises locales.

Cette analyse des dynamiques du changement ne serait pas complète sans présenter les dispositifs de pilotage qui les ont accompagnés.

- Du côté de la collectivité, quelques élus dont les maires ont été présents tout au long du processus assurant un rôle de relais entre les acteurs industriels, institutionnels et les habitants.
- Les institutionnels, de natures diverses, représentant une vingtaine de personnes ont été parties prenantes tout au long de la phase de conception du programme. Ils restent présents dans un comité de suivi des nouveaux projets et en étroites relations avec les équipes municipales.
- Les entreprises et artisans n'ont été que peu présents lors de la phase de conception du programme, le lien se faisant par le biais de leurs organisations professionnelles. Elles se sont surtout manifestées lors du lancement de l'appel à projet et des rencontres avec les maîtres d'ouvrage. Au cœur du processus de réalisation des travaux, elles remontent les difficultés rencontrées et leurs besoins lors des comités de suivi et des passages sur les chantiers des différentes parties prenantes.
- EDF a pour sa part mis à disposition une équipe de six personnes pour l'étape de conception et de suivi du programme « Villages 2050 ». Trois pour l'accompagnement des propriétaires occupants et au suivi des entreprises locales et trois autres pour la relation avec les collectivités et le bailleur social responsable de 22 logements.

Conclusion du Chapitre 6

Dans ce chapitre, nous avons révélé les multiples effets bénéfiques qui ont été dégagés par les différentes parties prenantes dans le cadre des expérimentations menées. Elles peuvent être synthétisées de la manière suivante :

- Une progression du volume d'activité pour les entreprises ;
- Une augmentation de la valeur produite par projet de rénovation ;
- Une baisse du risque de rejet des dossiers et une réduction du temps de traitement par les institutions parties prenantes ;
- Un accompagnement depuis la conception jusqu'à la réalisation de la rénovation énergétique du maître d'ouvrage ;
- Une performance énergétique atteinte supérieure à la moyenne nationale et un confort accru pour les occupants ;
- Une augmentation de la valeur ajoutée locale pour les territoires ;
- Une attractivité supplémentaire pour les territoires ;
- La création d'emplois ;
- La réduction des émissions de CO₂ ;
- Le renforcement des partenariats pour l'industriel EdF ;
- Le développement des compétences pour la filière ;
- Le lissage de la courbe de charge, entraînant un effet positif sur les besoins de production ;
- La production de CEE supplémentaires ;
- La création de nouvelles offres ;
- La production de connaissances

Cependant, certaines limites observées offrent des perspectives d'amélioration pour d'autres programmes d'efficacité énergétique à venir.

Conclusion de la Partie III

Dans cette partie, nous sommes revenus sur l'application et les résultats des propositions formulées dans le cadre des programmes d'efficacité énergétique de Meuse et de Haute-Marne ainsi que « Villages 2050 » :

- Un scénario d'efficacité énergétique adapté au contexte local et permettant de remplacer progressivement les énergies fossiles des bâtiments en réduisant significativement leur besoin énergétique et avec l'installation de systèmes utilisant de la biomasse et électriques ;
- Un processus de conception collaboratif de programmes d'efficacité énergétique appliqués au secteur des bâtiments avec l'ensemble de ses composantes ;
- Une méthode d'évaluation dépassant les seuls aspects quantitatifs des actions réalisées dans le cadre des expériences menées sur les départements ainsi que dans les deux villages de Dammarie-sur-Saulx et Epizon.

Ces résultats ont été produits grâce à l'articulation de plusieurs facteurs majeurs :

- L'obligation de groupement des entreprises et artisans pour proposer une solution « multi-lots » de rénovation du bâtiment ;
- L'implication de l'équipe municipale, comme garante des intérêts de la collectivité, et relais d'information auprès des habitants ;
- Les échanges entre l'équipe municipale, EDF, les organismes et institutions locales pour concevoir des solutions cohérentes selon les spécificités des territoires ;
- La proposition d'une solution de rénovation évaluée sur une performance et non sur la mise en œuvre des équipements ;

Cependant, certaines difficultés ont été rencontrées pendant le déroulement et offrent des perspectives d'amélioration pour ces programmes d'efficacité énergétique des bâtiments :

- L'absence des fabricants et équipementiers dans les parties prenantes ;
- La production de dossiers partiels par les entreprises et un temps de traitement, notamment des dossiers de financement, dans des délais peu raisonnables par les organismes bancaires ;
- La promotion par les installateurs et artisans de solutions dépassant leur seul périmètre d'intervention, notamment dans les projets « multi-lots ». En effet, le secteur du bâtiment fonctionne sur un système où les relations de confiance, en dehors du cadre contractuel, prennent du temps à émerger. Cela passe par

une phase de consolidation des partenariats d'EdF obtenue, en partie, dans le cadre de ces programmes.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Dans la première partie, nous avons tout d'abord mis en évidence le besoin de réduire les énergies fossiles dans les consommations énergétiques des bâtiments. L'émergence et l'accélération du nombre de programmes et politiques d'efficacité énergétique à travers le monde montre l'importance de cette préoccupation pour les gouvernements actuels. Cependant, les résultats actuels de ces actions montrent que les objectifs, aux horizons 2020 et 2050, ne seront pas atteints.

Puis, l'état des connaissances sur la conception des programmes d'efficacité énergétique a révélé qu'il était riche d'enseignement et présentait un matériau méthodologique conséquent. Il a servi de fondement à l'ensemble de notre travail. Nous avons dégagé deux niveaux de conclusions de son analyse :

- Les facteurs clés de succès d'un programme d'efficacité énergétique et de son évaluation :
 - La prise en compte des facteurs et effets d'ajustement lors de la construction d'un scénario énergétique pour dimensionner de manière cohérente les gains potentiels ;
 - Les acteurs et parties prenantes doivent pouvoir échanger et disposer de l'ensemble des documents pour assurer la crédibilité de l'évaluation ;
 - La nécessité d'avoir plusieurs dispositifs d'évaluation pour comparer à la fois les résultats d'un programme à un autre mais également les résultats spécifiques au programme d'un acteur à un autre ;
 - Le besoin d'élargir le périmètre de l'évaluation aux bénéfices non-énergétiques, induisant une remise en question de l'approche en temps de retour sur investissement.
- La nécessité de développer de nouveaux modèles économiques pour articuler :
 - La vente d'un objectif de performance plutôt que d'un bien d'équipement, relevant de la combinaison insécable de produits et services, permettant de répondre à un usage ;
 - Le lien avec le territoire, rendu fondamental par les notions de service et de performance, nécessitant un réseau de partenaires disponibles localement notamment dans le secteur du bâtiment ;
 - Les enjeux du développement durable : en dissociant croissance économique de la croissance des flux de matière, il doit inciter à utiliser d'autres indicateurs dans l'évaluation de la valeur créée qui prennent en compte la performance sociale, environnementale et économique.

Cependant, l'état des connaissances a également montré que peu d'informations étaient disponibles sur les méthodes et outils utilisés lors de la mise en œuvre de ces programmes dont la zone d'action s'applique généralement à de grands territoires.

Dans la deuxième partie, nous avons développé une contribution s'appuyant sur le déroulement de deux expérimentations, ceux d'EdF en Meuse et Haute-Marne et des deux villages au sein de ces mêmes départements.

- La proposition de huit principes pour concevoir un programme d'efficacité énergétique favorisant l'émergence de nouvelles solutions :
 - Proximité/circuit-court ;
 - Économie de matières et de fluides ;
 - Adaptabilité/réversibilité ;
 - Mutualisation ;
 - Co-élaboration/coproduction ;
 - Créativité et innovation ;
 - Pensée d'ensemble intégrant l'opérationnel ;
 - Responsabilité de tous et citoyenneté ;

- Une grille méthodologique d'analyse sur cinq dimensions a été proposée pour mieux évaluer les multiples effets des programmes au-delà des seules économies d'énergie :
 - L'analyse du modèle économique ;
 - La dimension marketing ;
 - Le travail, la formation et les compétences ;
 - Les dynamiques du changement ;
 - Les systèmes d'acteurs.

- Une méthode de construction de scénarios permettant d'établir une situation de référence et une vision prospective des consommations énergétiques des bâtiments d'un territoire. L'objectif de l'industriel EdF était d'évaluer la faisabilité de remplacer les énergies fossiles des bâtiments suite à une étude menée à l'échelle de la France par la direction Recherche et Développement en 2008. Le scénario devait proposer une restitution des consommations et investissements ainsi que des impacts économiques et environnementaux à l'horizon 2050 pour les territoires concernés ;

- Un processus d'étude pour favoriser la collaboration entre les parties prenantes et mettre en œuvre les premières étapes d'un programme d'efficacité énergétique pour initier la dynamique de remplacement des énergies fossiles des bâtiments. Ce processus d'étude a été décliné en six composantes pour assurer une meilleure opérationnalité par les responsables de ces programmes.

Ces propositions, enrichies de l'expérience acquise sur le programme de Meuse et de Haute-Marne, ont été appliquées sur les terrains expérimentaux de Dammarie-sur-Saulx et Epizon, deux villages ruraux de ces mêmes départements.

Dans la troisième partie, l'analyse des résultats a montré que les premières tendances semblaient corrélées voire dépasser les objectifs du scénario énergétique, notamment

sur la commune de Dammarie-sur-Saulx. Plusieurs leviers ont été mis en exergue dans le chapitre 5 pour expliquer ces résultats :

- La conception collective des documents ressources du programme avec l'ensemble des parties prenantes et l'implication des acteurs, notamment les équipes municipales ;
- Deux méthodes d'évaluation :
 - Une méthode *ex-ante/top-down* pour construire le scénario et fournir une situation de référence ;
 - Une méthode *ex-post/bottom-up* avec des diagnostics de performance énergétique menés avant et après les travaux pour évaluer les résultats des actions d'efficacité énergétique et observer les écarts avec les résultats attendus ;
- La conception d'une solution de rénovation globale adaptée au territoire et garantissant une performance et non la seule installation des équipements ;
- La réalisation de ces solutions globales de rénovation par des groupements d'entreprises solidaires.

D'autre part, la grille méthodologique d'analyse a révélé des effets bénéfiques supplémentaires pour différents acteurs :

- Les entreprises et artisans voient une progression de leur volume d'affaires global et par projet ainsi qu'une augmentation de leurs compétences en matière de mise en œuvre de projets de rénovation globale du bâtiment ;
- Les maîtres d'ouvrage et/ou occupant enregistrent une réduction de leur facture énergétique et une augmentation de leur confort. De plus, ils sont accompagnés à toutes les étapes depuis la conception de leur projet jusqu'aux travaux réalisés avec la performance objectivée atteinte ;
- Le territoire voit une augmentation de son attractivité par l'intermédiaire de plusieurs facteurs. En effet, le soutien à l'emploi local et non délocalisable, la mise à disposition d'un habitat énergétiquement performant, la recherche d'une performance environnementale avec la réduction significative des émissions de CO₂ sont autant de paramètres pour soutenir voire favoriser cette attractivité ;
- L'industriel EDF avec la récupération de CEE supplémentaires, la création de nouvelles offres, le développement de ses compétences en interne et le renforcement des relations avec ses partenaires.

Ces travaux ont permis d'apporter une contribution à plusieurs titres :

- Apporter une première méthode opérationnelle au responsable de projets pour mettre en œuvre des programmes d'efficacité énergétique adaptés au territoire sur lesquels ils s'appliquent et cherchant à articuler les enjeux du

développement durable, au delà du simple objectif de réduction des consommations d'énergies ;

- Disposer d'une méthode de construction de scénarios locaux d'efficacité énergétique. Dans notre cas, le scénario devait répondre à un objectif de remplacement des énergies fossiles mais, au delà des seuls responsables de programmes, tout élu ou responsable de services techniques d'une collectivité pourra utiliser cette méthode pour établir une première évaluation de la situation énergétique de sa commune et réaliser des projections en fonction de ses propres contraintes et hypothèses ;
- Un enrichissement de l'état de l'art et de pratiques dans les disciplines sur lesquelles nous avons choisi de travailler, notamment sur les méthodes de conception de solutions répondant à un objectif de performance appliquées à l'efficacité énergétique des bâtiments.

Sur le plan scientifique, nos résultats plaident pour la pertinence de nos propositions. Cependant, leur robustesse reste limitée vu le faible échantillon que représentent les deux villages expérimentaux et la disparité des actions réalisées entre ces deux communes. Les nouvelles applications sur deux nouvelles collectivités pourront servir à renforcer ou faire évoluer certaines composantes de la méthode. L'implication de nouvelles parties prenantes et compétences, comme des fabricants de matériels et/ou maîtres d'œuvre, pourrait également permettre de faire évoluer les solutions conçues pour obtenir de meilleures performances.

D'autre part, l'expérimentation SAVECOM permettra d'observer si la garantie contractuelle d'une performance énergétique dans la durée bouleverse les modèles en place. Le contexte semi-urbain dans lequel opère SAVECOM, la communauté de communes de Commercy, permettra également d'évaluer la transposition de la méthode à une échelle territoriale supérieure à celle des deux villages. Cela induit des périmètres d'acteurs plus importants, en partie liés à la forme juridique de la structure, avec une complexité des relations plus grandes entre les acteurs. La mutualisation du risque financier, supporté collectivement par les partenaires, marque également un renforcement du principe de mutualisation.

Ces programmes déclenchent également d'autres impacts positifs difficilement « monétarisables » comme la cohésion sociale, le renforcement des relations de confiance, la qualité de vie, le progrès du « travailler ensemble », etc. La nouvelle méthode d'analyse proposée permet d'identifier les axes d'amélioration pour qu'un programme d'efficacité énergétique allie efficacement relais de croissance et enjeux du développement durable. Ces travaux pourront inspirer la conception de programmes locaux d'efficacité énergétique en insistant sur le développement d'une nouvelle organisation de la filière locale du bâtiment promouvant des solutions basées sur la fourniture d'une performance plutôt que d'un bien d'équipement.

REFERENCES

ADEME, 2010a. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, *Observatoire Permanent de l'amélioration Énergétique du logement (OPEN), Résultats 2006/2008*, Campagne 2009

ADEME, 2010b. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, *Bâtiment, Énergie et Environnement*, Collection Chiffres Clés, Édition 2010

ADEME, 2007. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, *Evaluation and Monitoring of Energy Efficiency in the New EU Member Countries and the EU-25*, ISBN 978-2-86817-967-3, p.127

ADEME CA, 2008. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie de Champagne-Ardenne, *Energie et Environnement, Les chiffres clés de la Champagne-Ardenne*, Ed. 2001, p.6

ADEME L. 2006. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie de Lorraine, *Energie et Emissions de CO₂ en Lorraine, Chiffres clés (1990-1999 et 2002)*, Ed. 2004, p.54-63

ADEME, 2005. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, *Note de cadrage sur le contenu CO₂ du KWh par usage en France*

AFNOR, 2010. *NF EN 15900 - Services d'efficacité énergétique. Définitions et exigences*, août, p.12

Aglietta M., Rébérioux A., 2004. *Dérives du capitalisme financier*, Éditions Albin Michel, Paris

AIE, 2010. *Monitoring, Verification and Enforcement. Improving compliance within equipment energy efficiency programmes*, OECD/IEA, p.59

AIE, 2008. International Energy Agency, *Promoting energy efficiency Investments. Case studies in the residential sector*, OECD/IEA and AFD, (61 2008 03 1 P1) ISBN 978-92-64-04214-8, p.326

Aldanondo M., Vareilles E., Abeille J., Coudert T., Geneste L., 2010. *System Design and Design Planning: An Interaction Identification*, 8th International Conference of Modeling and Simulation – MOSIM'10 – May 10-12 – Hammamet – Tunisia: "Evaluation and Optimization of innovative production systems of goods and services"

Allibe B., 2009. *Impact of comfort level on dwelling space heating energy demand: a retrospective and prospective study*, Behavior Energy and Climate Change Conference - BECC 2009 – Washington DC, November

Allibe B., 2008. *Comparaison entre consommations de chauffage théoriques et estimées du secteur résidentiel français. Cas des maisons individuelles*, Travail de fin

d'étude, Ecole Nationale supérieure des Mines de Paris, p.57

Amstalden R.W., Kost M., Nathani C., Imboden D.M., 2007. *Economic potential of energy-efficient retrofitting in the Swiss residential building sector: The effects of policy instruments and energy price expectations*, Energy Policy 35, p.1819–1829

Anderson D., Coelho S.T., Doucet G., Freudenschuss-Reichl I., Jefferson M., Jochem E., Karekezi S., Khatib H., McDade S., McDonald A.M., Moreira J.R., Nakicenovic N., Reddy A., Rogner H., Smith K.R., Turkenburg W.C., Wilkins G., Williams R.H., 2004. *World energy assessment overview:2004 update, Part VI. Policies and Actions to Promote Energy for Sustainable Development*, United Nations Development Programme, United Nations Department of Economic and Social Affairs, World Energy Council, p.67-75

AREL, 2008. Agence Régional de l'Environnement Lorraine, *Bilan Energie et Gaz à effet de serre de la Région Lorraine 2005*, Fiches par bassins 2, 7, 9, 12

AREL, ADEME Lorraine, 2005. Direction Régionale de l'Environnement, *Synthèse et Chiffres clés*

Aries M., Newsham G.R., 2008. *Effect of daylight saving time on lighting energy use: A literature review*, Energy Policy 36, p.1858–1866

Arimura T.H., Newell R.G., Palmer K., 2009. *Cost-Effectiveness of Electricity Energy Efficiency Programs*, Resources for the Future, RFF DP 09-48, p.40

ARMINES, 2002. *Etude de définition d'une couche logicielle de systèmes d'information géographique (SIG) pour la Maîtrise de la Demande d'Electricité*. rapport final de la convention ARMINES - ADEME (département Maîtrise de la Demande d'Electricité) n°01- 07-011, août

Baillargeon P., Schmitt B., Michaud N., Megdal L., 2011. *Evaluating the market transformation impacts of a DSM program in the Province of Quebec*, Energy Efficiency, DOI 10.1007/s12053-011-9118-6

Barrier-Lynn C., 1980. Questions à la bioéconomie, *Cahiers du Germe*, n° 4

Berkel R.V., 2010. *Evolution and diversification of National Cleaner Production Centres (NCPCs)*, Journal of Environmental Management 91, p.1556-1565

Bernay A., 2007. *Impact des prix sur la demande de chauffage : Etude empirique sur le secteur résidentiel Français*, Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master 2 Recherche en Econométrie, Université Paris I, p.94

Bernstein B., Singh P.J., 2006. *An integrated innovation process model based on practices of Australian biotechnology firms*, Technovation 26, p.561-572

Bertholet J-L., Cabrera D., Lachal B., Seal T., 2010. *Evaluation of Energy Efficiency program in Geneva. Evaluation methodologies for two subprograms using bottom-up*

approach, Counting on Energy Programs: It's Why Evaluation Matters, Paris, France: International Energy Program Evaluation Conference, June, p.18

Blazevic V., Lievens A., 2004. *Learning during the new financial service innovation process: Antecedents and performance effects*, Journal of Business Research 57, p.374-391

Boermans T., Bettgenhäuser K., Hermelink A., Schimschar S., 2011. *Cost optimal building performance requirements. Calculation methodology for reporting on national energy performance requirements on the basis of cost optimality within the framework of the EPBD*, European Council for an Energy Efficient Economy, p.38

Boermans T., Bettgenhäuser K., 2009. *Major renovation - definition in monetary terms*, Ecofys GmbH, p.10

Boly V., 2004. *Ingénierie de l'innovation : organisation et méthodologies des entreprises innovantes*, 1^{ère} édition, Hermes Sciences Publication, Paris.

Bosseboeuf D., Lapillonne B., 2009. *Top down methodologies to assess energy savings for the energy service directive*, European Council for an Energy Efficiency Economy – ECEEE'09 summer study – Act! Innovate! Deliver! Reducing energy demand sustainably, 1-6 Juin, Nice, France, p.659-668

Boyer R., 2004. *La théorie de la régulation, une analyse critique*, Éditions La Découverte, 2nd édition Paris

Boyer R., Saillard Y., 1994. *La théorie de la régulation : l'état des savoirs*, Éditions La Découverte, 1^{ère} édition, Paris

Broc J.S., Osso D., Baudry P., Adnot J., Bodineau L., Bourges B., 2011. *Consistency of the French white certificates evaluation system with the framework proposed for European Energy Services Directive*, Energy Efficiency, n°4, p.371-392

Broc J.S., 2006. *L'évaluation ex-post des opérations locales de maîtrise de la demande en énergie - Etat de l'art, méthodes bottom-up, exemples appliqués et approche du développement d'une culture pratique de l'évaluation*, Thèse de l'école des Mines de Paris, p.282

Brounen D., Kok N., 2011. *On the economics of energy labels in the housing market*, Journal of Environmental Economics and Management 62, p.166-179

CANE, 2010. Climate Action Network Europe, *30% Why Europe should strengthen its 2020 climate action*, p.20

Carbonara N., 2004. *Innovation processes within geographical clusters: a cognitive approach*, Technovation 24, p.17-28

CAS, 2010. Centre d'Analyse Stratégique, *Les choix énergétiques dans l'immobilier résidentiel à la lumière de l'analyse économique*, La note de veille, avril, n°172, p.9

CAS, 2008. Centre d'Analyse Stratégique, *La valeur tutélaire du carbone*, La note de veille, n°101, p.8

Cayre E., Allibe B., Osso D., Laurent M-H., 2011. *There are people in the house! How the results of purely technical analysis of residential energy consumption are misleading for energy policies*, ECEEE Summer study, Energy efficiency first: The foundation of a low-carbon society, Juin

CEREN, 2010. *Evolutions des consommations unitaires des résidences principales (1973-2008)*, étude 0102, p.145

CEREN, 2009. *Suivi du parc et des consommations d'énergie*, volume 2, étude 9102, p.180

CEREN, 2009. *Panel installateurs 2008*, Etude 9112, p.137

CEREN, 2007. *Modèle de correction climatique des consommations de chauffage du secteur résidentiel*, étude 6106, p.36

CGDD, 2010. Conseil Général du Développement Durable, *Bilan énergétique de la France pour 2009*, Sous direction des statistiques de l'énergie, juin.

Chou H.-H., Zolkiewski J., 2012. *Managing resource interaction as a means to cope with technological change*, Journal of Business Research 65, p.188-195

Clinch J.P., Healy J.D., 2003. *Valuing improvements in comfort from domestic energy-efficiency retrofits using a trade-off simulation model*, Energy Economics 25, p.565-583

Clinch J.P., Healy J.D., 2001. *Cost-benefit analysis of domestic energy*, Energy Policy 29, p.113-124

CNE, 1999. Conseil National de l'Evaluation, *L'évaluation au service de l'avenir*

Colletis G., Gilly J.-P., Pecqueur B., 1997. *Firmes et territoires: entre nomadisme et ancrage*, *Espaces et Société*, L'Harmattan, n° 88-89

Commission Européenne, 2009. *Interaction schemes for successful energy demand side management. Building blocks for a practicable and conceptual Framework, Changing behavior*, The seventh Framework programme

Commission Européenne, 2008. *Stratégie sur le réchauffement climatique, Limiter le réchauffement de la planète à 2 degrés Celsius – Route à suivre à l'horizon 2020*

Cook G., 2008. *Attribution Methodology Wars: Self-Report Methods versus Statistical Number Crunching—Which Should Win?*, ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, p.50-60

Cooremans C., 2011. *Make it strategic! Financial investment logic is not enough*, Energy Efficiency

CRCA, 2008. Conseil Régional Champagne-Ardenne, l'ADEME, MEDDAT, Plan Climat Energie Champagne-Ardenne, Fiche territoriale de la Haute-Marne, Septembre, p.4-7

CRL, 2002. Conseil Régional Lorraine, ADEME Lorraine, *Energie Environnement en Lorraine, Perspectives 2020*, Avril, p.10-21

Dobson A., 1996. *A Typology of Environmental Sustainabilities*, Environmental Policies, vol. 5, n° 3, p. 401-428

Ducassou Q., 2012. *Évaluation de l'impact du programme MDE sur Haute-Marne et Meuse en termes d'économie d'énergie et de réduction de gaz à effet de serre*, Mémoire ingénieur INSA Strasbourg, Juin

EDF R&D, 2010. Osso D. *Document de travail sur l'évaluation*

EDF R&D, 2009, Document de travail, Valeurs climatiques en Degrés Jour Unifié (DJU) par département en France

EPC, 2006. European Parliament and Council, *Directive 2006/32/EC on energy end-use efficiency and energy services of 5 April 2006*

EPRI. 1984. *Demand-Side Management Vol 1 Overview of Key Issues*. report EA/EM- 3597 of the Electric Power Research Institute.

EVO, 2009. Efficiency Valuation Organization, *Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance énergétique, Concepts et options pour l'évaluation des économies d'énergie et d'eau*, Volume 1, p.145

ExternE, 2005. *Externalities of Energy - Methodology 2005 Update*, Edited by Peter Bickel and Rainer Friedrich, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung — IER Universität Stuttgart, Germany, EUR 21951, p.287

Fernandez, A., 1999. Les nouveaux tableaux de bord pour piloter l'entreprise, Editions d'Organisation, juillet, ISBN 270812210X.

Fondation Concorde, 2010. *L'économie de la fonctionnalité : vers un nouveau modèle économique durable*, Nouvelles visions : pour une société de la connaissance, Éditions Fondation Concorde

Freel M., de Jong J.P.J. (de), 2009. Market novelty, competence-seeking and innovation networking, *Technovation* 29, 873-884.

Fugui, L., Bing, X., Bing, X., 2008. *Improving public access to environmental information in China*, *Journal of Environmental Management* 88, 1649-1656.

Gaterell M.R., McEvoy M.E., 2005. *The impact of energy externalities on the cost effectiveness of energy efficiency measures applied to dwellings*, *Energy and Buildings* 37, p.1017-1027

Gellings C.W., 1996. *Then and now: The perspective of the man who coined the term 'DSM'*. *Energy Policy* **24** (4), p. 285-288.

Georgescu-Roegen N., 1979. *Demain la décroissance, entropie, écologie, économie*, éditions Marcel Faure, Lausanne

Gillingham K., Newell R.G., Palmer K., 2009. *Energy Efficiency Economics and Policy*, Resources for the Future, RFF DP09-13, p.35

Gobin C., 2003. *Analyse fonctionnelle de la construction*, Techniques de l'ingénieur, n°C-3052

Godard O., 1994. *Le développement durable, paysage intellectuel*, Nature, Sciences, Société, p.309-322.

Godjo T., Marouze C., Boujut J.F., Giroux F., 2003. *Analysis of the use of intermediary objects involved in the design of food processing equipment in developing countries. The case of peanut processing plant in Benin*. International CIRP Design Seminar, May 12-14, Grenoble, France

Grandhaye J-P., 2007. *Analyse fonctionnelle et analyse de la valeur des produits, procédés et services*, Gestion de la qualité, École Nationale Supérieure en Génie des Systèmes industriels

Greening L.A. et al, 2000. *Energy efficiency and consumption - the rebound effect, a survey*, *Energy Policy*, Volume 28, Issues 6-7, June, p.389-401

Griffin A., 1997. PDMA research on new product development practices: Updating trends and benchmarking best practices. *Journal of Product Innovation Management*, vol. 14, p.429-458

Grösche P., Schmidt C.M., Vance C., 2009. *Identifying free-riding in energy-conservation programs using revealed preference data*, *Ruhr Economic papers*, 99, p.25

Guenneec J., Nösperger S., 2011. *L'économie de la fonctionnalité comme grille de lecture d'un programme de rénovation énergétique*, *L'économie de la fonctionnalité : une voie nouvelle vers un développement durable*, Éditions Octarès, Collection travail, subjectivité, entreprises, territoires, p.119-136

Haas R., Schipper L., 1998. *Residential energy demand in OECD-countries and the role of irreversible efficiency improvements*, *Energy Economics* 20, p.421-442

Hall N., Roth J., Best C., Barata S., Jacobs P., Keating K., Kromer S., Megdal L., Peters J., Ridge R., Trottier F., Vine E., 2006. *California Energy Efficiency Evaluation Protocols: Technical, Methodological, and Reporting Requirements for Evaluation Professionals {a.k.a. Evaluators' Protocols}*, TecMarket Works, p.292

Hayes S., Nadel S., Kushler M., York D., 2011. *Carrots for utilities : providing financial returns for utility investments in energy efficiency*, ACEEE rapport n°U111, p.62

Hermelink H., 2009. *How deep to go: remarks on how to find the cost optimal level for building renovation*, Ecofys GmbH, PBENDE084668 - European Council for an Energy Efficient Economy, p.18

Hilal M., Nadaud F., de Gouvello C., 2005. *Maîtrise de la demande d'électricité en milieu rural: Comment délimiter les bassins d'intervention? Espace Géographique*, 34 (1), p.29-48

Hill S.I., Desobry F., Garnsey E.W., Chong Y-F., 2010. *The impact on energy consumption of daylight saving clock changes*, Energy Policy 38, p.4955–4965

Hong S.H., Oreszczyn T., Ridley I., 2006. the Warm Front Study Group, *The impact of energy efficient refurbishment on the space heating fuel consumption in English dwellings*, Energy and Buildings 38, p.1171–1181

Hubault F., Tertre C., 2008. *Le travail d'évaluation*, Évaluation du travail, travail d'évaluation, Éditions Octarès, Collection le travail en débats, p.95-114

IAAT, 2005. Institut Atlantique d'Aménagement du Territoire, *Guide méthodologique du travail en commun*, Élaborer une stratégie prospective

INSEE, 2011. I. Devalière, P. Briant, S. Arnault, La précarité énergétique : avoir froid ou dépenser trop pour se chauffer, INSEE Première, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), division Logement INSEE, n°1351, mai

INSEE Lorraine, 2006. *Meuse : le rebond démographique, prélude au rebond économique ?*, n° 47, Mars

Irrek W., Thomas S., Abrahams H., Kirchner L., Mobaven F.B., Pietzner K., 2002. *Review of Demand-Side Management Programmes in the European Union countries*. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, report for the Italian Ministry for the Environment and IPSEP, Wuppertal, April

Jackson J., 2010. *Promoting energy efficiency investments with risk management decision tools*, Energy Policy 38, p.3865–3873

Jaffe A., Stavins R., 1994. *The energy-efficiency gap :What does it mean?*, Energy Policy 22, p.804-810

Jakob M., 2006. *Marginal costs and co-benefits of energy efficiency investments. The case of the Swiss residential sector*, Energy Policy 34, p.172–187

Jeanet A., Tiger H., Vinck D., Tichkiewitch S., 1996. La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit, in Terssac, G., (de) et Friedberg, E., *Coopération et conception*, Editions Octarès, Toulouse, p.87-100

Kaiser M.J., Pulsipher A.G., 2010. *Preliminary assessment of the Louisiana Home Energy Rebate Offer program using IPMVP guidelines*, Applied Energy 87, p.691–702

Ketchen D.J., Hult T.G.M., Slater S.F., 2007. *Toward greater understanding of market orientation and the resource-based view*, Strategic Management Journal, 28(9), p.961-964

Krogh G.V., Ichijo K., Nonaka I., 2002. *Enabling knowledge creation*, Oxford University Press, Inc.: New York

Kuckshinrichs W., Kronenberg T., Hansen P., 2010. *The social return on investment in the energy efficiency of buildings in Germany*, Energy Policy 38, p.4317–4329

Lam P.T.I., Chan E.H.W., Poon C.S., Chau C.K., Chun K.P., 2010. *Factors affecting the implementation of green specifications in construction*, Journal of Environmental Management 91, p.654-661

Lam P.T.I., Kumaraswamy M.M., Ng T.S.T., 2007. *International treatise on construction specification problems from a legal perspective*. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 133 (3), July, p.229-237

Laurent M-H., Osso D., Cayre E., 2009. *Energy savings and costs of energy efficiency measures: a gap from policy to reality?*, European Council for an Energy Efficiency Economy – ECEEE'09 summer study – Act! Innovate! Deliver! Reducing energy demand sustainably, 1-6 Jun 2009, Nice, France, p.571-581

Laurent C., Tertre C. (du), 2008. *Secteurs et territoires dans les régulations émergentes*, Paris, Éditions L'Harmattan, Économiques

Le Bezvoët M., 2013. *Thèse en cours de dépôt, soutenance prévue au premier trimestre 2013.*

Lees E., 2008. *Evaluation of the Energy Efficiency Commitment 2005-2008*, December, p.105

Lehner J.M., 2009. *The staging model: The contribution of classical theatre directors to project management in development contexts*, International Journal of Project Management 27, p.195-205

Li J., Colombier M., 2009. *Managing carbon emissions in China through building energy efficiency*, Journal of Environmental Management, 90, p.2436-2447

Lind F., Holmen E., Pedersen A-C., 2012. *Moving resources across permeable project boundaries in open network contexts*, Journal of Business Research 65, p.177-185

Liu J.Y-C., Chen H.H-G., Jiang J.J., Klein G., 2010. *Task completion competency and project management performance: The influence of control and user contribution*, International Journal of Project Management 28, p.220-227

- Ma C., Yang Z., Yao Z., Fisher G., Fang E.(Er), 2012. The effect of strategic alliance resource accumulation and process characteristics on new product success: Exploration of international high-tech strategic alliances in China. *Industrial Marketing Management*, 41, 469-480
- Mairet N., Decellas F., 2009. *Determinants of energy demand in the French service sector: A decomposition analysis*, *Energy Policy* 37, p.2734-2744
- Marchand C., Laurent M-H, Rezakhanlou R., Bamberger Y., 2008. Le bâtiment sans énergie fossile ?, *Revue Futuribles*, Juillet Août 2008, n°343, p. 79-100
- Mason K., 2012. A commentary on “The role of actors in combining resources into complex solutions”, *Journal of Business Research*, 65, p.151-152
- Metcalf G.E., Hassett K.A., 1999. *Measuring the energy savings from home improvement investments: Evidence from Monthly Billing Data*, *The Review of Economics and Statistics* 81, p.516-528
- Meyers S., Kromer S., 2008. *Measurement and verification strategies for energy savings certificates: meeting the challenges of an uncertain world*, *Energy Efficiency* 1, p.313–321
- Mirza F.M., Bergland O., 2011. *The impact of daylight saving time on electricity consumption: Evidence from southern Norway and Sweden*, *Energy Policy* 39, p.3558–3571
- Moezzi M., Lutzenhiser L., 2010. *What’s missing in Theories of the residential energy user*, ACEEE Summer study on energy efficiency in buildings
- Mont O.K., 2002. *Clarifying the concept of product-service system*, *Journal of Cleaner Production* 10, p. 237-245
- Morelli N., 2006. *Developing new product service systems (PSS) : methodologies and operational tools*, *Journal of Cleaner Production* 14, p.1495-1501
- Mota C.M., Almeida A.T., Alencar L.H., 2009. *A multiple criteria decision model for assigning priorities to activities in project management*, *International Journal of Project Management* 27, p.175-181
- Mouzas S., Ford D., 2011. *Contracts as a facilitator of resource evolution*, *Journal of Business Research*, JBR-07419, No of pages 3
- Nations Unies, 1998. *Protocole de Kyoto à la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>
- Nevin R., 2010. *Energy-efficient housing stimulus that pays for itself*, *Energy Policy* 38, p.4–11
- Nonaka, I., Takeuchi, H., 1995. *The knowledge-creation company*. New York: Oxford

Nösperger S., Gobin C., Tertre C., 2011. *Coût global élargi d'une rénovation énergétique: vers une méthode d'évaluation inspirée de l'économie de fonctionnalité*, L'économie de la fonctionnalité : une voie nouvelle vers un développement durable, Éditions Octarès, Collection travail, subjectivité, entreprises, territoires, p. 137-160

PBG, 2009. Plan Bâtiment Grenelle, *Rapport du comité de filière « métiers du bâtiment »*, Comité stratégique du Plan Bâtiment du Grenelle de l'Environnement

Pearce D., 2001. *Energy Policy and Externalities: An Overview*, Paper prepared for OECD Nuclear Energy Agency, Keynote address to Workshop on Energy Policy and Externalities: the Life Cycle Analysis Approach PARIS November 15-16, p.19

PNAEE, 2011. Plan d'action de la France en matière d'efficacité énergétique, Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement

Preval N., Chapman R., Pierse N., Howden-Chapman P., 2010. *Evaluating energy, health and carbon co-benefits from improved domestic space heating: A randomized community trial*, Energy Policy 38, p.3965–3972

Rabl A., Spadaro J.V., 1999. *Damages and costs of air pollution: an analysis of uncertainties*, Environment International 25, p.29-46

Rallet A., Torre A., 1995. *Économie industrielle et Économie spatiale*, Economica, Paris

Reichl J., Kollmann A., 2010. *Strategic homogenisation of energy efficiency measures: an approach to improve the efficiency and reduce the costs of the quantification of energy savings*, Energy Efficiency 3, p.189-201

Rist G., 1996. *Le Développement, histoire d'une croyance occidentale*, Presses de Sciences Po, Paris

Rousseau S., Zuindeau B., 2007. *Théorie de la régulation et développement durable*, Revue de la régulation, n° 1, juin

Rudge J., Gilchrist R., 2003. *Measuring the health impact of temperatures in dwellings: Investigating excess winter morbidity and cold homes in the London Borough of Newham*, Journal of Economic Psychology 24, p.49–64

Ruegg R.T., Jordan G.B., 2010. *New Benefit-Cost Studies of Renewable and Energy Efficiency Programs of the U.S. Department of Energy: Methodology and Findings*, Counting on Energy Programs: It's Why Evaluation Matters, Paris, France: International Energy Program Evaluation Conference, June, p.12

Schiller Associates, *M&V Guidelines: Measurement and Verification for Federal Energy Projects -Version 2.2*, U.S. Department of Energy - Federal Energy Management Program, (2000) 340p

Schipper L., 2000. *On the rebound: the interaction of energy efficiency, energy use and economic activity. An introduction*, Energy Policy Volume 28, Issues 6-7, June, p. 351-353

Seiler S., Lent B., Pinkowska M., Pinazza M., 2012. *An integrated model of factors influencing project managers' motivation — Findings from a Swiss Survey*, International Journal of Project Management 30, p.60-72

Siddiqui O., 2008. *Guidebook for Energy Efficiency Program Evaluation, Measurement and Verification*, Electric Power Research Institute ref. 1016083, p.100

Sok P., O'Cass A., 2011. *Achieving superior innovation-based performance outcomes in SMEs through innovation resource-capability complementarity*, Industrial Marketing Management 40, p.1285-1293

Sorrell S., 2007. *The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency*, A report produced by the Sussex Energy Group for the Technology and Policy Assessment function of the UK Energy Research Centre, october

Souder W.E. and Moenaert R.K., 1992. *Integrating marketing and R&D project personnel within innovation projects: an information uncertainty model*, Journal of Management Studies, Vol. 29, No. 4, p.485-512

Spadaro J.V., Rabl A., 2001. *Damage costs due to automotive air pollution and the influence of street canyons*, Atmospheric Environment 35, p.4763–4775

SRCI, 2001. SRC International A/S, *An European ex-post evaluation guidebook for DSM and EE service programmes*, p.111

Stahel W.R., 1986. *Hidden Innovation*, Science and Public Policy

Stale E.J., David T.H., 1995. *European B/C Analysis methodology – a guidebook for B/C evaluation of DSM and Energy Efficiency Services Programmes*. ECEEE 1995 Summer Study

Star S.L., Griesemer J., 1989. Institutional ecology, Translation and coherence. Amateurs and professionals in Berkeley's Museum of vertebrate zoology, 1907-1939, Social Studies of Science 19, p.387-420

Story V., O'Malley L., Hart S., 2011. Roles, role performance, and radical innovation competences, Industrial Marketing Management 40, p.952-966

Stummer M., Zuchi D., 2010. Developing roles in change processes – A case study from a public sector organisation, International Journal of Project Management 28, p.384-394

Suerkemper F., Thomas S., Osso D., Baudry P., 2011. *Cost-effectiveness of energy efficiency programmes – evaluating the impacts of a regional programme in France*, Energy Efficiency

Sullivan M.J., 2009. *Behavioral Assumptions Underlying Energy Efficiency Programs for Businesses*, Prepared for CIEE Behavior and Energy Program, California Institute for Energy and Environment, Freeman, Sullivan & Co., p.49

Swisher J.N., de Martino Jannuzzi G., Redlinger R.Y., 1997. *Tools and methods for integrated resource planning: improving energy efficiency and protecting the environment*, november

Tayeb L., Perret F-L., 2008. *Créativité & innovation : l'intelligence collective au service du management de projet*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Paris

TecMarket Works, Megdal & Associates, Architectural Energy Corporation, RLW Analytics, et al., 2004. *The California Evaluation Framework*. K2033910, Revised September

Teerajetgul W., Chareonngam C., Wethyavivorn P., 2009. *Key knowledge factors in Thai construction practice*, International Journal of Project Management 27, p.833-839

Tertre C. (du), 2011. *Modèles économiques d'entreprise, dynamique macroéconomique et développement durable*, L'économie de la fonctionnalité : une voie nouvelle vers un développement durable, Éditions Octarès, Collection travail, subjectivité, entreprises, territoires, p. 35

Tertre C. (du), Vuidel P., 2011. *Ville durable et nouveaux modèles économiques*, séance du Club Économie de la Fonctionnalité et du Développement Durable

Tertre C. (du), 2009. *Le développement durable: quelles articulations micro-macro? Une approche institutionnaliste*, Le développement durable: la seconde étape, Éditions de l'Aube, p.61-114

Tertre C. (du), Vuidel P., 2008. *Grille méthodologique de présentation des cas*, Club Économie de la Fonctionnalité et du Développement Durable

Tertre C. (du), 2008. *Investissements immatériels et patrimoine collectif immatériel*, in C. Laurent, C. du Tertre (dir.), *Secteurs et territoires dans les régulations émergentes*, Éditions L'Harmattan, Paris, p.81-98

Tertre C. (du), 2006. *Ouvrir le champ de l'évaluation de la performance au registre des externalités*, Le développement durable c'est enfin du bonheur, Éditions de l'Aube, Collection essai

Testa F., Iraldo F., Frey M., 2011. *The effect of environmental regulation on firms' competitive performance: The case of the building & construction sector in some EU regions*, Journal of Environmental Management 92, p.2136-2144

Theys J., 2009. *Le développement durable vingt ans après : plaidoyer pour une seconde étape*, Le développement durable: la seconde étape, Éditions de l'Aube

Theys J., 2000. *Le développement durable et la confusion des (bons) sentiments*, Développement durable, villes et territoires, note CPVS n° 13, Centre de prospective du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, janvier

Thomas S., 2009. *Methodologies and algorithms for estimating energy savings potentials and levelized costs of saving one unit of energy (electricity)*, Budget Allocation Charts Workshop Beirut, p.25

Tichkiewitch S., Brissaud D., 2000. *Co-ordination between product and process definitions in a concurrent engineering environment*, CIRP Annals - Manufacturing Technology, 49(1), p.75-78

Train K., 1985. *Discount rates in consumers, energy-related discussions: a review of the literature*, Energy 10, p.1243- 1253

Trouslot F., 1995. *L'évaluation des actions publiques à l'échelon local : illustration et analyse critique à partir de l'exemple de la politique de maîtrise de l'énergie en Poitou-Charentes*. doctorat ès Sciences Economiques, Université de Poitiers, Faculté de Sciences Economiques, décembre

Turner R., Ledwith A., Kelly J., 2010. *Project management in small to medium-sized enterprises: Matching processes to the nature of the firm*, International Journal of Project Management 28, p.744-755

Tversky A., Kahneman D., 1981. *The framing of decisions and the psychology of choice*, Science 211, p.453-458

Ûrge-Vorsatz D., Novikova A., Sharmina M., 2011. *Counting good: quantifying the co-benefits of improved efficiency in buildings*, ECEEE Summer study, Energy efficiency first: The foundation of a low-carbon society, Juin

Vielle M., 2007. *Les déterminants économiques de la demande en énergie du secteur résidentiel*, Ordecys - Operations Research Decisions and Systems, p.63

Vinck D., 2009. *De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière : Vers la prise en compte du travail d'équipement*, Revue d'anthropologie des connaissances, Vol. 3, n° 1, p. 51-72

Vinck D. 2006. Dynamique d'innovation et de conception et rôle des objets intermédiaires. Ecole d'été du GDR TIC et société « Les supports de la connaissance : Technologies, Médiatisation, Apprentissage », 11-15 septembre, Autrans

Vine E., Hall N., Keating K.M., Kushler M., Prah R., 2010. *Emerging Issues in the Evaluation of Energy Efficiency Programs: The US Experience*, Counting on Energy Programs: It's Why Evaluation Matters, Paris, France: International Energy Program Evaluation Conference, June, p.14

Vine E., Rhee C.H., Lee K.D., 2006. *Measurement and evaluation of energy efficiency programs: California and South Korea*. Energy 31 (6-7), p.1100-1113

Vine E., Sathaye J., 1999. *Guidelines for the Monitoring, Evaluation, Reporting, Verification, and Certification of Energy-Efficiency Projects for Climate Change Mitigation*, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, p.146

Vivien F.D., 2005. *Le Développement soutenable*, Éditions La Découverte, collection Repères

Vreuls H., 2005. *Evaluating energy efficiency policy measures & DSM programmes. volume I. evaluation guidebook*, International Energy Agency, p.173

Waarts E., Everdingen van Y.M., Hillegersberg van J., 2002. *The dynamics of factors affecting the adoption of innovation*, The Journal of Product Innovation Management 19, p.412-423

Wesselink B., Harmsen R., Eichhammer W., 2010.. *How to triple the impact of energy saving policies in Europe*, Energy savings 2020, p.116

Yang Y., Li B., Yao,R., 2010. *A method of identifying and weighting indicators of energy efficiency assessment in Chinese residential buildings*, Energy Policy 38, p.7687-7697

Zaccaï E., 2002. *Le Développement durable, dynamique et constitution d'un projet*, éditions Peter Lang, Bruxelles

Zacklad M., 2006. *L'économie de fonctionnalité encadrée dans la socio-économie des transactions coopératives: dynamique servicielle et fidélisation soutenable*, Actes du colloque de Cerisy, *L'économie des services pour un développement durable*, Prospective VIII, en cours d'édition

Zugravu N., 2009. *Green jobs – a co-benefit of EU climate policies: myths and realities*, European Council for an Energy Efficiency Economy – ECEEE'09 summer study – Act! Innovate! Deliver! Reducing energy demand sustainably, 1-6 Juin, Nice, France, p.159-170

Zuindeau B., 2007. *Regulation School and Environment : Theoretical Proposals and Avenues of Research*, Ecological Economics, vol. 62, n° 2, p.281-290

Zuindeau B., 2001. *L'analyse des externalités environnementales: éléments pour un programme de recherche régulationniste*, Géographie, Économie, Société, vol. 3, n° 1, p.71-92

Zvingilaite E., 2011. *Human health-related externalities in energy system modelling the case of the Danish heat and power sector*, Applied Energy 88, p.535–544

GLOSSAIRE

| | |
|-------|--|
| ABF | Architecte des Bâtiments de France |
| ADEME | Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie |
| AIE | Agence Internationale de l'Énergie |
| ANAH | Agence Nationale de l'Amélioration de l'Habitat |
| ANDRA | Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs |
| ARCAD | Agence Régionale de la Construction et de l'Aménagement Durable en Champagne-Ardenne |
| AREL | Agence Régionale de l'Environnement en Lorraine |
| BS | Bailleur social |
| BTP | Bâtiment et Travaux Publics |
| CAPEB | Confédération des Artisans et Petites Entreprises du Bâtiment |
| CAUE | Conseil Architecture, Urbanisme et Environnement |
| CEA | Commissariat à l'Énergie Atomique |
| CEE | Certificat d'économie d'Énergie |
| CESI | Chauffe-eau solaire individuel |
| CG | Conseil Général |
| CMAL | Centre Meusien de l'Amélioration de l'Habitat |
| COP | Coefficient de performance |
| COV | Composé Organique Volatil |
| DPE | Diagnostic de Performance Énergétique |
| ECS | Eau chaude sanitaire |
| EdF | Électricité de France |
| EIE | Espace Info Énergie |
| EnR | Énergies renouvelables |
| EnRt | Énergies renouvelables thermiques |
| FFB | Fédération Française du Bâtiment |
| GES | Gaz à effet de serre |
| GIE | Groupement d'Intérêt Économique |
| GIP | Groupement d'Intérêt Public |

| | |
|-----|--|
| GME | Groupement Momentané d'Entreprises |
| GPL | Gaz de pétrole liquéfié |
| HQE | Haute Qualité Environnementale |
| LC | Logement collectif |
| MDE | Maîtrise de l'Énergie ou Maîtrise de la Demande en Énergie |
| MI | Maison individuelle |
| MOA | Maître d'ouvrage |
| MOE | Maître d'œuvre |
| ONF | Office Nationale des Forêts |
| OPH | Office Public de l'Habitat |
| PAC | Pompe à chaleur |
| PCT | Plan Climat Territorial |
| PO | Propriétaire occupant |
| SIG | Systèmes d'Informations Géographiques |
| Tn | Température normale |
| UE | Union Européenne |

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION GÉNÉRALE..... | 11 |
| PARTIE I : Le cadre de référence de la problématique : les programmes d'efficacité énergétique des bâtiments au centre des préoccupations industrielles actuelles..... | 15 |
| Introduction de la Partie I..... | 15 |
| Chapitre 1 : L'émergence des programmes d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment..... | 16 |
| Introduction du Chapitre 1..... | 16 |
| Section A – Contexte et enjeux des programmes d'efficacité énergétique des bâtiments..... | 17 |
| 1. Les caractéristiques du contexte énergétique en France..... | 17 |
| 1.1. Les consommations d'énergies par secteur..... | 17 |
| 1.2. Le mix énergétique du secteur bâtiment..... | 18 |
| 1.3. Les usages énergétiques dans le bâtiment..... | 18 |
| 1.4. La courbe de charge annuelle et effet de l'usage chauffage..... | 20 |
| 2. Les enjeux liés à ce contexte énergétique..... | 21 |
| 2.1. Les enjeux socio-économiques..... | 21 |
| 2.2. Les enjeux en matière d'emploi..... | 23 |
| 2.2. Les enjeux en matière de développement durable..... | 23 |
| Section B – Les nœuds technico-économiques rencontrés dans les programmes d'efficacité énergétique dans le secteur bâtiment..... | 25 |
| 1. Le marché de la rénovation énergétique des bâtiments..... | 25 |
| 2. Des modèles économiques qui pénalisent la filière..... | 27 |
| 2.1. La filière du bâtiment..... | 27 |
| 2.2. Les difficultés des choix rencontrés par les maîtres d'ouvrage..... | 28 |
| 2.3. Des externalités négatives..... | 29 |
| Conclusion du Chapitre 1..... | 31 |
| Chapitre 2 : Le cadre de référence scientifique des programmes d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment. | 33 |
| Introduction du Chapitre 2..... | 33 |
| Section A – Programmes d'efficacité énergétique : présentation et analyse d'expériences internationales, nationales et infra nationales..... | 34 |
| 1. Analyse d'expériences américaines et européennes..... | 34 |
| 1.1. Les déterminants de l'expérience Californienne..... | 35 |
| 1.1.1. Conditions pour un programme d'efficacité énergétique efficace..... | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 1.1.2. Les facteurs clés de succès..... | 37 |
| 1.2. Analyse d'expériences européennes..... | 38 |
| 1.2.1. L'obligation de moyens et l'obligation de résultats..... | 38 |
| 1.2.2. L'importance des contextes nationaux..... | 39 |
| 2. Inventaire d'opérations locales d'efficacité énergétique en France..... | 41 |
| 2.1. Les programmes d'efficacité énergétique en France..... | 41 |
| 2.2. Analyse d'une expérience dans la région Poitou-Charentes..... | 42 |
| 2.3. L'émergence des Systèmes d'Informations Géographiques dans les programmes d'efficacité énergétique..... | 44 |
| Section B – Les scénarios énergétiques : une dimension de l'évaluation des programmes d'efficacité énergétique..... | 46 |
| 1. Les différents types et méthodes de l'évaluation..... | 46 |
| 1.1. Les types d'évaluation..... | 47 |
| 1.1.1. Les évaluations <i>top-down</i> et <i>bottom-up</i> | 48 |
| 1.1.2. Les évaluations <i>ex-ante</i> et <i>ex-post</i> | 49 |
| 1.1.3. La situation de référence..... | 50 |
| 1.2. Les facteurs d'ajustement..... | 51 |
| 1.2.1. Effet rebond et intensité d'usage..... | 52 |
| 1.2.2. Le prix de l'énergie..... | 53 |
| 1.2.3. L'activité économique..... | 54 |
| 1.2.4. L'effet de structure..... | 54 |
| 1.2.5. Les corrections climatiques..... | 54 |
| 1.2.6. L'effet d'aubaine..... | 55 |
| 1.2.7. L'effet multiplicatif..... | 56 |
| 1.2.8. Le double comptage..... | 56 |
| 1.2.9. Les incertitudes..... | 57 |
| 1.2.10. La persistance..... | 57 |
| 2. L'évaluation du coût des économies d'énergie..... | 58 |
| 2.1. Les différents coûts..... | 58 |
| 2.1.1. Temps de retour sur investissement..... | 60 |
| 2.1.2. La valeur actualisée nette..... | 60 |
| 2.1.3. Le taux de rentabilité interne..... | 60 |
| 2.1.4. Le coût de l'énergie économisée..... | 61 |
| 2.1.5. Coût actualisé des économies d'énergie..... | 61 |
| 2.2. Le taux d'actualisation..... | 62 |
| 3. Les bénéfices non-énergétiques et l'évaluation systémique..... | 63 |
| 3.1. L'analyse coût-bénéfice élargie..... | 63 |
| 3.2. L'émergence de l'analyse systémique..... | 67 |
| 3.3. Inventaire de ressources pour l'évaluation des programmes d'efficacité énergétique..... | 68 |
| Section C – Nouveaux modèles économiques liant enjeux économiques, sociaux et environnementaux : un focus sur l'économie de fonctionnalité..... | 70 |
| 1. Retour sur les enjeux de la durabilité..... | 70 |
| 1.1. Une histoire du développement durable..... | 70 |
| 1.2. Les versions du développement durable..... | 71 |
| 2. Les nouveaux modèles économiques..... | 73 |
| 2.1. Définition retenue d'un modèle économique..... | 74 |

| | |
|---|-----------|
| 2.1.1. Les multiples dimensions de la valeur..... | 74 |
| 2.1.2. Les fonctions d'usage d'un bâtiment..... | 75 |
| 2.2. Les modèles économiques suite à l'émergence du concept de développement durable..... | 76 |
| 2.2.1. Le modèle « industriel propre »..... | 77 |
| 2.2.2. Le modèle de « l'écologie industrielle »..... | 78 |
| 2.2.3. Le modèle « serviciel »..... | 79 |
| 3. L'émergence d'une économie de fonctionnalité..... | 80 |
| 3.1. Une définition de l'économie de fonctionnalité..... | 80 |
| 3.2. Distinction avec le « modèle serviciel »..... | 81 |
| 3.3. Les obstacles à sa diffusion..... | 81 |
| Conclusion du Chapitre 2..... | 83 |
| Conclusion de la Partie I..... | 85 |
| PARTIE II : Proposition d'une méthodologie de conception d'un programme d'efficacité énergétique des bâtiments..... | 87 |
| Introduction de la Partie II..... | 87 |
| Chapitre 3 : Présentation et analyse des écosystèmes territoriaux et des terrains expérimentaux..... | 88 |
| Introduction du Chapitre 3..... | 88 |
| Section A – La Meuse et la Haute-Marne : deux écosystèmes territoriaux ruraux avec un parc de bâtiments vétustes et énergivores..... | 89 |
| 1. Les bâtiments en Meuse et Haute-Marne..... | 89 |
| 2. Des indicateurs comparés à trois échelles territoriales..... | 91 |
| 3. Les détails du climat territorial..... | 92 |
| 4. Le contexte énergétique en Meuse et Haute-Marne..... | 93 |
| 4.1. Les consommations des bâtiments résidentiels..... | 93 |
| 4.2. Les consommations des bâtiments tertiaires..... | 94 |
| 4.3. La courbe de charge électrique..... | 95 |
| 4.4. Les consommations des bâtiments de Meuse et Haute-Marne..... | 96 |
| Section B – Analyse et enjeux des écosystèmes territoriaux et présentation des terrains d'expérimentation..... | 98 |
| 1. Le programme d'accompagnement économique du laboratoire de Bure- Saudron..... | 98 |
| 2. Le programme d'efficacité énergétique « en Meuse et Haute-Marne, ensemble économisons l'énergie »..... | 100 |
| 2.1. Les principes du programme..... | 100 |
| 2.3. Les objectifs du programme en Meuse et Haute-Marne..... | 100 |
| 2.2. Les dimensions de l'offre..... | 101 |
| 2.4. Les résultats du programme sur la période 2006-2010..... | 103 |
| 2.4.1. Les actions d'efficacité énergétique réalisées..... | 103 |
| 2.4.2. Les économies d'énergie..... | 104 |
| 2.4.3. Les émissions de CO ₂ économisées..... | 105 |
| 2.4.4. Offres mono-lot et multi-lots..... | 106 |

| | |
|--|------------|
| 2.5. Les limites du programme..... | 107 |
| 2.6. Les terrains expérimentaux..... | 108 |
| Conclusion du Chapitre 3..... | 113 |
| Chapitre 4 : Proposition d'un processus global intégré de conception collaborative des programmes d'efficacité énergétique des bâtiments en milieu rural..... | 115 |
| Introduction du Chapitre 4..... | 115 |
| Section A – L'économie de fonctionnalité : proposition de principes pour concevoir des programmes d'efficacité énergétique et d'une grille d'analyse adaptée..... | 116 |
| 1. Contribution des principes de l'économie de la fonctionnalité à la création de valeur dans le processus de rénovation..... | 116 |
| 1.1. Repenser le concept de fonctionnalité..... | 117 |
| 1.2. Quelle méthode pour initier une dynamique d'économie de fonctionnalité ?..... | 118 |
| 1.3. Quels principes pour articuler des dimensions de durabilité à l'échelle des territoires et nouveaux modèles économiques ?..... | 118 |
| 2. Quelle grille méthodologique d'analyse des programmes d'efficacité énergétique dans le secteur des bâtiments ?..... | 120 |
| 2.1. Les objectifs de l'analyse..... | 120 |
| 2.2. Les dimensions de l'analyse..... | 121 |
| Section B – Proposition d'une méthode de construction de scénarios locaux d'efficacité énergétique appliquée aux bâtiments..... | 123 |
| 1. Le choix de contraintes du scénario d'efficacité énergétique des bâtiments..... | 123 |
| 2. La prise en compte de la situation de départ..... | 124 |
| 3. Les principes de l'efficacité énergétique des bâtiments..... | 124 |
| 4. La méthode de conception du scénario..... | 125 |
| 4.1. Les bâtiments neufs..... | 125 |
| 4.2. L'isolation des bâtiments existants..... | 126 |
| 4.3. Le choix de systèmes énergétique performants..... | 127 |
| 4.3.1. Les systèmes de chauffage..... | 127 |
| 4.3.2. La production d'eau chaude sanitaire..... | 128 |
| 4.3.3. La cuisine à l'électricité..... | 128 |
| 4.3.4. L'usage de la climatisation..... | 128 |
| 4.4. La production décentralisée à base d'énergies renouvelables..... | 128 |
| 4.5. Les consommations d'électricité spécifique..... | 129 |
| 5. L'adaptation du scénario à une échelle micro territoriale..... | 129 |
| 5.1. Les objectifs du scénario d'efficacité énergétique..... | 129 |
| 5.2. Les restitutions du scénario..... | 130 |
| 5.3. Les étapes du processus de conception des scénarios micro territoriaux..... | 131 |
| 5.3.1. Les données d'entrée..... | 131 |
| 5.3.1.1. Les diagnostics de performance énergétique..... | 131 |
| 5.3.1.2. Cartographie cadastrale..... | 132 |
| 5.3.1.3. Géocodage des données au bâtiment..... | 133 |
| 5.3.1.4. Recueil d'informations complémentaires..... | 133 |
| 5.3.2. Modélisation 3D des bâtiments..... | 133 |

| | |
|---|------------|
| 5.3.3. Préparation des données collectées et des données de projection des actions d'efficacité énergétique..... | 134 |
| 5.3.4. Mise en œuvre du scénario..... | 134 |
| Section C – Proposition d'un processus d'étude pour concevoir un programme d'efficacité énergétique..... | 135 |
| 1. Les composantes d'un projet d'innovation..... | 135 |
| 2. Adaptation du modèle à la conception de programmes d'efficacité énergétique.. | 136 |
| 2.1. La composante « tâche »..... | 136 |
| 2.2. La composante « ressources »..... | 137 |
| 2.3. La composante « compétences et connaissances »..... | 138 |
| 2.4. La composante « méthodes »..... | 139 |
| 2.5. La composante « livrables ou objets intermédiaires de conception »..... | 140 |
| 2.6. La composante « indicateurs »..... | 141 |
| Conclusion du Chapitre 4..... | 143 |
| Conclusion de la Partie II..... | 144 |
| | |
| PARTIE III : Contribution à la conception de programmes d'efficacité énergétique des bâtiments sur deux écosystèmes territoriaux..... | 147 |
| Introduction de la Partie III..... | 147 |
| | |
| Chapitre 5 – Le processus global intégré de conception collaborative sur deux écosystèmes territoriaux « Villages 2050 »..... | 148 |
| Introduction du Chapitre 5..... | 148 |
| | |
| Section A – La phase de conception des programmes d'efficacité énergétique « Villages 2050 »..... | 149 |
| 1. Présentation d'ensemble du processus du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 »..... | 149 |
| 2. La phase de conception..... | 151 |
| 2.1. L'analyse des acteurs..... | 151 |
| 2.2. Les rencontres avec les parties prenantes..... | 153 |
| 2.3. La charte d'engagement et la formation des entreprises..... | 154 |
| 2.3.1. Les contraintes de participation pour les entreprises au programme..... | 154 |
| 2.3.2. Les obligations des entreprises vis-à-vis des maîtres d'ouvrage..... | 155 |
| 2.4. Les rencontres avec le public..... | 157 |
| 2.5. L'enquête préliminaire..... | 157 |
| 3. Synthèse des composantes associées à la phase de conception du programme d'efficacité énergétique des bâtiments « Villages 2050 »..... | 158 |
| | |
| Section B – Les scénarios d'efficacité énergétique de Meuse et Haute-Marne et des deux villages expérimentaux : application de notre méthode de construction de scénarios..... | 159 |
| 1. Expérimentation sur les cas de Meuse et Haute-Marne..... | 159 |

| | |
|---|------------|
| 1.1. Les hypothèses du scénario énergétique..... | 159 |
| 1.2. Les hypothèses du secteur résidentiel..... | 160 |
| 1.2.1. L'évolution du parc de logements..... | 160 |
| 1.2.2. Les consommations de chauffage en résidentiel..... | 161 |
| 1.2.3. Les consommations d'eau chaude sanitaire en résidentiel..... | 162 |
| 1.2.4. Les consommations d'électricité spécifique en résidentiel..... | 162 |
| 1.2.5. La production d'électricité décentralisée en résidentiel..... | 170 |
| 1.3. Le scénario du secteur tertiaire..... | 171 |
| 1.3.1. L'évolution du parc de bâtiments..... | 171 |
| 1.3.2. Les consommations de chauffage en tertiaire..... | 171 |
| 1.3.3. Les consommations d'eau chaude sanitaire..... | 173 |
| 1.3.4. Les consommations d'électricité spécifique..... | 173 |
| 1.3.5. La production d'électricité décentralisée..... | 173 |
| 1.4. Les résultats énergétiques et économiques..... | 174 |
| 2. Expérimentation sur les villages expérimentaux..... | 180 |
| 2.1. Les situations de référence..... | 181 |
| 2.2. Les scénarios énergétiques des deux villages expérimentaux..... | 181 |
| 3. L'outil visuel de présentation des scénarios..... | 181 |
| Section C – Les phase d'assistance à maîtrise d'ouvrage, de mise en œuvre et de suivi des programmes..... | 182 |
| 1. La phase d'assistance à maîtrise d'ouvrage..... | 182 |
| 1.1. Les diagnostics de performance énergétique..... | 183 |
| 1.2. Les préconisations..... | 185 |
| 1.3. La formalisation des devis et la validation des projets..... | 187 |
| 2. Les phases de réalisation et de suivi..... | 188 |
| 2.1. Le montage financier et les travaux de rénovation..... | 188 |
| 2.2. Le suivi du programme, des travaux résidentiel et collectivités..... | 191 |
| 3. Synthèse selon les 6 composantes de la méthodologie de conception d'un programme d'efficacité énergétique..... | 193 |
| Conclusion du Chapitre 5..... | 196 |
| Chapitre 6 – Analyse des résultats selon le modèle de l'économie de fonctionnalité et limites rencontrées..... | 199 |
| Introduction du Chapitre 6..... | 199 |
| Section A – Les résultats du programme et ses effets bénéfiques pour les différents acteurs..... | 200 |
| 1. L'analyse des résultats..... | 200 |
| 2. Les effets bénéfiques pour les entreprises et artisans..... | 201 |
| 3. Les effets bénéfiques pour les particuliers..... | 202 |
| 4. Les effets bénéfiques pour la collectivité..... | 203 |
| 5. Les effets bénéfiques pour l'industriel EdF..... | 205 |
| 6. La création de nouvelles offres..... | 206 |
| 6.1. L'offre Rénovation Bas Carbone ou RBC..... | 206 |
| 6.2. L'offre « Villages 2050 »..... | 206 |
| 6.3. L'offre SAVECOM..... | 207 |

| | |
|--|------------|
| Section B – Évaluation des effets du programme dans une logique d'économie de la fonctionnalité et limites rencontrées..... | 211 |
| 1. Les systèmes d'acteurs..... | 211 |
| 2. La dimension marketing..... | 212 |
| 3. La question du travail, de la formation et des compétences..... | 214 |
| 4. Les dynamiques du changement..... | 216 |
| Conclusion du Chapitre 6..... | 218 |
| Conclusion de la Partie III..... | 219 |
| CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE..... | 221 |
| Bibliographie..... | 225 |
| Glossaire..... | 239 |
| Table des matières..... | 241 |
| Table des figures..... | 249 |
| Liste des tableaux..... | 255 |
| Table des annexes..... | 259 |

TABLE DES FIGURES

| N° | Titre | Source | Page |
|---------------------|---|--------------------------------------|------|
| INTRODUCTION | | | |
| 1 | La démarche de recherche suivie | | 13 |
| PARTIE I | | | |
| Chapitre 1 | | | |
| 2 | Évolution de la consommation d'énergie finale de la France entre 1970 et 2009, corrigée des variations climatiques, par secteur | CGDD, 2010 | 17 |
| 3 | Consommation d'énergie finale dans le secteur résidentiel et tertiaire corrigée des variations climatiques, en Mtep, entre 1970 et 2009 | CGDD, 2010 | 18 |
| 4 | Consommation mensuelle en énergie finale des bâtiments, en TWh, par usage | Marchand et al, 2008 | 19 |
| 5 | Taux de pénétration de technologies sélectionnées, en pourcentage de ménages équipés, entre 1900 et 2008 | Federal Reserve Bank of Dallas, 1997 | 20 |
| 6 | Consommation mensuelle d'électricité des bâtiments, en TWh, par usage | Marchand et al, 2008 | 2 |
| 7 | Part des travaux réalisés par les entreprises du BTP ¹⁹ en 2010 | ADEME, 2010b | 21 |
| 8 | Poids économique des architectes et de la maîtrise d'œuvre, en chiffre d'affaires en K€, par secteur en 2010 (source :) | ADEME, 2010b | 21 |
| 9 | Évolution des prix des principales énergies consommées dans les bâtiments, sur la période de 2002 à 2010 | PNAEE, 2011 | 22 |
| 10 | Coûts moyens TTC par intervention de travaux d'amélioration de la performance énergétique | ADEME, 2010b | 26 |
| 11 | Filière du bâtiment | PBG, 2009 | 27 |
| 12 | Investissement initial et performance énergétique selon 3 scénarios de travaux | Nösperger et al, 2011 | 29 |
| Chapitre 2 | | | |
| 13 | Progression itérative des exigences et dispositif de suivi et évaluation | Broc, 2006 | 40 |
| 14 | Cercle vicieux des barrières à une pratique effective de l'évaluation | Trouslot, 1995 | 44 |
| 15 | Schéma de l'évaluation d'un programme d'efficacité énergétique | EDF R&D, 2010 | 47 |

| | | | |
|----|--|-------------------|----|
| 16 | Exemples d'utilisation de méthodes d'évaluation | EDF R&D, 2010 | 48 |
| 17 | Effets à déduire dans une analyse top-down | Bosseboeuf, 2009 | 49 |
| 18 | Influence de la référence sur les économies d'énergie estimées | Thomas, 2010 | 51 |
| 19 | Modélisation de l'effet rebond | Cayre et al, 2011 | 52 |
| 20 | Analyse systémique d'un programme d'efficacité énergétique | Broc, 2006 | 67 |
| 21 | Les fonctions d'usage d'un bâtiment en construction | Gobin, 2003 | 75 |

| | | | |
|-------------------|---|-----------------|-----|
| PARTIE II | | | |
| Chapitre 1 | | | |
| 22 | Période d'achèvement des logements en Meuse et Haute-Marne avant et après 1975 | CEREN, 2010 | 90 |
| 23 | Mix énergétique des logements d'avant 1975 en Meuse et Haute-Marne | Notre recherche | 91 |
| 24 | Température moyenne en Meuse et Haute-Marne sur l'année, en °C | EDF R&D, 2009 | 92 |
| 25 | Besoin de chauffage calculé en pourcentage selon écart T° normale à 19° | EDF R&D, 2009 | 93 |
| 26 | Consommations mensuelles en énergie finale des bâtiments résidentiels par usage, en TWh, en Meuse et Haute-Marne, en 2005 | Notre recherche | 94 |
| 27 | Consommations mensuelles en énergie finale des bâtiments tertiaires par usage, en TWh, en Meuse et Haute-Marne, en 2005 | Notre recherche | 95 |
| 28 | Courbe de charge annuelle des usages électriques dans les bâtiments, en TWh, en Meuse et Haute-Marne, en 2005 | Notre recherche | 96 |
| 29 | Consommations mensuelles en énergie finale des bâtiments par usage, en TWh, en Meuse et Haute-Marne, en 2005 | Notre recherche | 96 |
| 30 | Laboratoire de recherche souterrain à Bure | Notre recherche | 99 |
| 31 | Nombre d'actions d'efficacité énergétique réalisées dans les bâtiments sur les deux départements, par secteur, sur la période 2006-2010 | Ducassou, 2012 | 103 |
| 32 | Économies d'énergie réalisées dans les bâtiments sur les deux départements, par secteur, en MWh, sur la période 2006-2010 | Ducassou, 2012 | 104 |

| | | | |
|-------------------|--|------------------------|-----|
| 33 | Gains en matière d'émissions de CO2 réalisées dans les bâtiments des deux départements, par secteur, en tonnes, sur la période 2006-2010 | Ducassou, 2012 | 105 |
| 34 | La répartition des offres mono-lot et multi-lots sur les départements de Meuse et de Haute-Marne, sur la période 2006-2010 | Ducassou, 2012 | 106 |
| 35 | La répartition des actions d'efficacité énergétique sur les départements de Meuse et de Haute-Marne, sur la période 2006-2010 | Ducassou, 2012 | 106 |
| 36 | Le village de Dammarie-sur-Saulx | GoogleMap | 108 |
| 37 | Le village d'Epizon | GoogleMap | 108 |
| 38 | Typologie des logements des deux villages | Notre recherche | 109 |
| 39 | Année d'achèvement des bâtiments des deux villages | Notre recherche | 110 |
| 40 | Type des bâtiments des deux villages | Notre recherche | 110 |
| 41 | Principales énergies de chauffage des deux villages | Notre recherche | 111 |
| Chapitre 2 | | | |
| 42 | Représentation schématique des principes issus de l'économie de fonctionnalité pour un programme d'efficacité énergétique | Tertre et Vuidel, 2008 | 119 |
| 43 | Grille d'analyse des six composantes d'un projet | Le Bezvoet, 2013 | 125 |
| 44 | Représentation schématique du processus d'étude pour la conception de programmes d'efficacité énergétique des bâtiments | Le Bezvoët, 2013 | 135 |

| PARTIE III | | | |
|-------------------|---|-----------------|-----|
| Chapire 1 | | | |
| 45 | Représentation schématique de la séquence des phases et des tâches du processus de conception du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 » | Notre recherche | 151 |
| 46 | Motricité et dépendance des acteurs simulées avec le logiciel Mactor | Notre recherche | 152 |
| 47 | Les composantes à chaque étape de la phase de conception du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 » | Notre recherche | 158 |
| 48 | Consommations d'énergies finales projetées en 2050 des bâtiments en Meuse et Haute-Marne, par usage, en TWh | Notre recherche | 168 |
| 49 | Courbe de charge électrique annualisée projetée en 2050 des bâtiments en Meuse et Haute-Marne, par usage, en TWh | Notre recherche | 169 |
| 50 | Capture d'écran du scénario énergétique de Dammarie-sur-Saulx (Meuse) | Notre recherche | 180 |
| 51 | Capture d'écran du scénario énergétique d'Épizon (Haute-Marne) | Notre recherche | 180 |
| 52 | Analyse des ouvrants dans les bâtiments existants des deux villages | Notre recherche | 183 |
| 53 | Épaisseur d'isolation des murs dans les bâtiments existants des deux villages | Notre recherche | 184 |
| 54 | Épaisseur d'isolation des combles perdus et toits dans les bâtiments existants des deux villages | Notre recherche | 184 |
| 55 | Analyse des systèmes de ventilation dans les bâtiments existants des deux villages | Notre recherche | 185 |
| 56 | Vétusté des systèmes de chauffage dans les bâtiments existants des deux villages | Notre recherche | 185 |
| 57 | Les composantes à chaque étape de la phase d'assistance à maîtrise d'ouvrage du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 » | Notre recherche | 188 |
| 58 | Prises de vue lors de la certification d'une fenêtre bois réalisé par le CRITT d'Epinal dans le cadre de l'opération Thermofen | Notre recherche | 190 |
| 59 | Les composantes à chaque étape de la phase de réalisation du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 » | Notre recherche | 191 |
| 60 | Les composantes de la phase de suivi du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 » | Notre recherche | 192 |

| | | | |
|-------------------|---|-----------------|-----|
| 61 | Les composantes des phases de conception, assistance à maîtrise d'ouvrage, réalisation et suivi du programme d'efficacité énergétique « Villages 2050 » | Notre recherche | 195 |
| Chapitre 2 | | | |
| 62 | Processus de l'offre proposée par SAVECOM | Notre recherche | 209 |

LISTE DES TABLEAUX

| N° | Titre | Source | Page |
|-------------------|---|------------------|------|
| PARTIE I | | | |
| Chapitre 1 | | | |
| 1 | Segmentation du marché de l'amélioration énergétique par type de travaux | ADEME, 2010a | 26 |
| Chapitre 2 | | | |
| 2 | Exemples de différentes durées de vie conventionnelles selon deux sources différentes, CEE et CEN Worskhop Agreement | EDF R&D, 2011 | 58 |
| 3 | Exemples de coûts complets d'actions de rénovation pour des bâtiments résidentiel en fonction des zones géographiques | Boermans, 2009 | 59 |
| 4 | Analyse bénéfice-coût d'actions de rénovation en résidentiel diffus en fonction de point de vue | Clinch, 2003 | 64 |
| 5 | Analyse coût bénéfice d'un programme d'efficacité énergétique | Suerkemper, 2011 | 65 |
| 6 | Six conceptions du développement durable | Theys, 2011 | 72 |
| 7 | Structuration des spécifications d'un ouvrage | Gobin, 2008 | 75 |
| 8 | Présentation synthétique des quatre modèles | Tertre, 2011 | 77 |
| PARTIE II | | | |
| Chapitre 3 | | | |
| 9 | Répartition par période d'achèvement et par énergie de chauffage des bâtiments de Meuse et de Haute-Marne | | 89 |
| 10 | Chiffres clés des départements, régions et France | | 91 |
| 11 | Chiffres clés des deux villages expérimentaux en 2010 | | 111 |

| PARTIE III | | |
|-------------------|---|-----|
| Chapitre 5 | | |
| 12 | Table – Les hypothèses sur le parc de logements pour la Meuse et Haute-Marne | 161 |
| 13 | Les hypothèses de consommations des bâtiments résidentiel en Meuse et Haute-Marne pour l’usage chauffage, par énergie, en 2005 et 2050 | 162 |
| 14 | Les hypothèses de consommations des bâtiments résidentiel en Meuse et Haute-Marne pour l’usage eau chaude sanitaire, par énergie, en 2005 et 2050 | 162 |
| 15 | Les hypothèses de consommations électriques des bâtiments résidentiel en Meuse et Haute-Marne pour les usages spécifiques, par usage, en 2005 et 2050 | 163 |
| 16 | Les hypothèses de productions électriques décentralisées des bâtiments résidentiel en Meuse et Haute-Marne pour le photovoltaïque, en 2005 et 2050 | 163 |
| 17 | Les hypothèses de productions électriques décentralisées des bâtiments résidentiel en Meuse et Haute-Marne pour la cogénération bois, en 2005 et 2050 | 163 |
| 18 | Les hypothèses sur le parc de bâtiments tertiaires pour la Meuse et Haute-Marne | 164 |
| 19 | Les hypothèses de consommations des bâtiments tertiaires en Meuse et Haute-Marne pour l’usage chauffage, par énergie, en 2005 et 2050 | 165 |
| 20 | Les hypothèses de consommations des bâtiments tertiaires en Meuse et Haute-Marne pour l’usage eau chaude sanitaire, par énergie, en 2005 et 2050 | 166 |
| 21 | Les hypothèses de consommations électriques des bâtiments tertiaires en Meuse et Haute-Marne pour les usages spécifiques, par usage, en 2005 et 2050 | 166 |
| 22 | Les hypothèses de productions électriques décentralisées des bâtiments tertiaires en Meuse et Haute-Marne pour le photovoltaïque, en 2005 et 2050 | 167 |
| 23 | Les hypothèses de productions électriques décentralisées des bâtiments résidentiel en Meuse et Haute-Marne pour la cogénération bois, en 2005 et 2050 | 167 |
| 24 | Synthèse des résultats du scénario énergétique des bâtiments de Meuse et Haute-Marne | 170 |
| 25 | Synthèse des coûts d’investissements pour le secteur des bâtiments résidentiel | 171 |
| 26 | Synthèse des coûts d’investissements pour le secteur des bâtiments tertiaires | 172 |

| | | |
|----|--|-----|
| 27 | Synthèse des coûts d'investissements pour l'ensemble du secteur des bâtiments de Meuse et de Haute-Marne | 173 |
| 28 | Situation de référence des collectivités expérimentales en 2010 | 174 |
| 29 | Chiffres clés des collectivités expérimentales en 2011 | 175 |
| 30 | Chiffres clés des collectivités expérimentales en 2012 | 176 |
| 31 | Chiffres clés des collectivités expérimentales en 2013 | 177 |
| 32 | Chiffres clés des collectivités expérimentales en 2015 | 177 |
| 33 | Gains des collectivités expérimentales en 2015 | 178 |
| 34 | Chiffres clés des collectivités expérimentales en 2050 | 179 |
| 35 | Gains des collectivités expérimentales en 2050 | 179 |
| 36 | Lots à rénover par type de logement | 186 |
| 37 | Aides financières accordées par EDF dans le cadre des expérimentations Villages 2050 | 189 |

TABLE DES ANNEXES

| N° | Page cité | Titre | Page |
|-------------------|-----------|--|------|
| PARTIE II | | | |
| Chapitre 4 | | | |
| C4.SB.4.7. | 129 | Simulation avec le logiciel Calsol (INES) | 261 |
| C4.SB.5.3.1.1.a. | 131 | Questionnaire | 263 |
| C4.SB.5.3.1.1.b. | 132 | Tableur partiel faisant état de la situation de référence et des actions d'efficacité énergétique à réaliser bâtiment par bâtiment | 268 |
| C4.SB.5.3.3. | 134 | Exemple de résultats projetés d'actions d'efficacité énergétique année par année | 269 |

| | | | |
|-------------------|-----|---|-----|
| PARTIE III | | | |
| Chapitre 5 | | | |
| C5.SA.2.2.a. | 153 | Appel à projet "Villages 2050" | 270 |
| C5.SA.2.2.b. | 153 | Référentiel technique "Villages 2050" | 278 |
| C5.SA.2.2.c. | 153 | Compte-rendu des ateliers | 299 |
| C5.SA.2.3. | 154 | Charte d'engagement des entreprises | 309 |
| C5.SA.2.3.1. | 154 | Formation des entreprises "Villages 2050" | 317 |
| C5.SA.2.4.a. | 157 | Affiche de la réunion publique de Dammarie-sur-Saulx | 323 |
| C5.SA.2.4.b. | 157 | Flyer aux habitants pour la réunion publique à Epizon | 324 |
| C5.SA.2.4.c. | 157 | Journal du village de Dammarie-sur-Saulx | 325 |
| C5.SA.2.5. | 157 | Enquête de préqualification | 326 |
| C5.SB.5.2.a. | 175 | Étude de l'éclairage public de Dammarie-sur-Saulx | 328 |
| C5.SB.5.2.b. | 175 | Étude d'un réseau de chaleur à Epizon | 340 |
| C5.SB.5.2.c. | 175 | Étude d'un réseau de chaleur à Dammarie-sur-Saulx | 365 |
| C5.SC.1.1.a. | 183 | Audit énergétique de l'école Dammarie-sur-Saulx | 370 |
| C5.SC.1.1.b. | 183 | Exemple de DPE type pour les particuliers | 386 |

Estimation de la production d'électricité photovoltaïque pour la localité choisie

Technologie PV:

Entrer la puissance PV pic installée kWp

Pertes système estimées (%) [0.0;100.0]

Inclinaison des modules [0;90] deg.

Orientation des modules [-180;180] (E:-90 S:0) deg.

Utiliser inclinaison et orientation choisie

Trouver l'inclinaison optimale pour une certaine orientation

Trouver l'inclinaison et l'orientation optimales

Montre la performance d'un système de suivi à deux axes

Montre le graphe de l'horizon

Montre l'irradiation dans le plan PV

Appuyer pour confirmer votre choix

Pour cette localité, il est aussi possible:

- 1) Visualiser [moyennes mensuelles d'irradiation globale](#)
- 2) Voir [variation journalière de l'éclairement](#)

Localité: 48°46'6" Nord, 5°9'33" Est, Elevation: 236 mètres s.n.mer,

Ville la plus proche: Bar-le Duc, France (42 km distante)

Puissance nominale du système PV: 1.0 kW (silicone cristallin)

Inclinaison des modules: 35.0° (optimale)

Orientation (azimuth) des modules: -1.0° (optimale)

Pertes estimées dues à la température: 7.2% (en utilisant les données locales de température)

Perte estimée due aux effets de réflectance angulaire: 2.9%

Autres pertes (cables, changeur, etc): 14.0%

Pertes combinées du système PV: 24.1%

Ce graphique et ce tableau montrent la quantité estimée d'électricité qu'on peut attendre chaque mois d'un système photovoltaïque avec les paramètres que vous avez choisis (avec l'inclinaison et l'orientation optimales, si demandées). Il montre aussi la production moyenne quotidienne et annuelle attendues.

| Production d'électricité PV pour: Puissance nominale=1.0 kW, Pertes système=14.0% | | |
|---|-------------------------------|---------------------------------|
| Inclin.=35 deg., Orient.=-1 deg. | | |
| Mois | Production mensuelle (kWh) | Production journalière (kWh) |
| Jan | 30 | 1.0 |
| Fev | 53 | 1.9 |
| Mar | 81 | 2.6 |
| Avr | 100 | 3.3 |
| May | 113 | 3.7 |
| Juin | 115 | 3.8 |
| Juil | 129 | 4.2 |
| Aout | 116 | 3.7 |
| Sep | 94 | 3.1 |
| Oct | 64 | 2.1 |
| Nov | 41 | 1.4 |
| Dec | 26 | 0.8 |
| Moyenne annuelle | 80 | 2.6 |
| Production totale annuelle (kWh) | | 963 |



Réf. Dossier

Enquête sur les économies d'énergie

1. votre logement

Quel est le type de votre logement ?

Maison individuelle indépendante Appartement Rez-de-Chaussée

Maison individuelle mitoyenne 1 coté intermédiaire

Appartement

Maison individuelle mitoyenne 2 cotés étage

Appartement dernier

Quelle est la surface habitable de votre logement ?

□□□□□ m²

Nombre d'étages de l'immeuble : □□

Hauteur sous plafond :

□□□,□□□ m

Quelle est la période de construction de votre logement ?

Avant 1915 1916-48 1949-74 1975-81 1982-89
 Après 1990

Quelle est la forme de votre maison ou immeuble ?

forme compacte complexe forme allongée ou en L forme

Quelle est la configuration sous plancher ?

sur sol ou terre-plein total ou **cave** vide-sanitaire sous-sol partiel sous-sol

Quelle est la configuration sous toiture ?

Combles perdus complexe Combles aménagées Toiture terrasse Toiture

Quelle est l'orientation de votre bâtiment ?

Nord / Sud Est / Ouest Sud-Est / Nord-Ouest Sud-Ouest / Nord-Est

2. votre bâti

Aviez-vous déjà rénové votre logement ?

années de rénovation : , ,

Avez-vous remplacé vos fenêtres ?

année de rénovation :

Bois PVC Métal
 Sur-vitrage Double vitrage 4/16/4 Double vitrage performant (4/16/4 Argon)

Avez-vous isolé vos murs ?

année de rénovation :

Isolation par l'intérieur Isolation par l'extérieur

Épaisseur : cm <= 4 cm 6 cm 8 cm 10 cm >= 12 cm

Polystyrène expansé Polystyrène extrudé Polyuréthane
 Laine de roche Laine de verre Isolant fibreux (chanvre, laine de bois, ouate de cellulose)

Avez-vous isolé votre toiture ?

année de rénovation :

Épaisseur : cm <= 5 cm 10 cm 16 cm 20 cm >= 24 cm

Polystyrène expansé Polystyrène extrudé Polyuréthane
 Laine de roche Laine de verre Isolant fibreux (chanvre, laine de bois, ouate de cellulose)

Avez-vous isolé votre plancher ?

année de rénovation :

Épaisseur : cm <= 4 cm 6 cm 8 cm 10 cm >= 12 cm

Polystyrène expansé Polystyrène extrudé Polyuréthane
 Laine de roche Laine de verre Isolant fibreux (chanvre, laine de bois, ouate de cellulose)

3. vos énergies de chauffage

Electricité Gaz naturel Fioul GPL Bois ou Charbon Réseau collectif Réseaux de chaleur

collectif

Chauffage Eau Chaude Eau Chaude Eau Chaude Eau Chaude Eau Chaude
 Eau Chaude Cuisson Cuisson Cuisson Cuisson
 Rafraîchissement

Consommations combustibles (disponibles sur vos factures annuelles – inclure bois gratuit)

total 2006 : [] [] [] [] kWh Gaz [] [] [] [] litres Fioul [] [] [] [] tonnes

GPL [] [] [] [] stères Bois

total 2007 : [] [] [] [] kWh Gaz [] [] [] [] litres Fioul [] [] [] [] tonnes

GPL [] [] [] [] stères Bois

total 2008 : [] [] [] [] kWh Gaz [] [] [] [] litres Fioul [] [] [] [] tonnes

GPL [] [] [] [] stères Bois

Quel est le niveau de température intérieure moyen de votre pièce principale ?

estimation avant travaux [] [] °C

estimation après travaux

[] [] °C

| Date d'installation de votre système de chauffage principal avant travaux | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> avant 1982 <input type="checkbox"/> entre 1982 et 1989 <input type="checkbox"/> après 1990 | |
| Avant travaux | Après travaux |
| <p>Individuel Gaz/Fioul/GPL</p> <p><input type="checkbox"/> Chaudière murale standard</p> <p><input type="checkbox"/> Chaudière au sol standard (gaz/fioul/gpl)</p> <p><input type="checkbox"/> Chaudière basse température (plancher)</p> <p><input type="checkbox"/> Chaudière basse température (radiateurs)</p> <p><input type="checkbox"/> Pompe à chaleur en relève de chaudière</p> | <p><input type="checkbox"/> Mise en place Programmeur-Délesteur</p> |
| <p>Individuel Bois</p> <p><input type="checkbox"/> Cheminée ou insert bois d'agrément</p> <p><input type="checkbox"/> Poêle ou insert bois de chauffage régulier</p> <p><input type="checkbox"/> Poêle performant bois type 'Flamme verte'</p> <p><input type="checkbox"/> Chaudière bois à bûches</p> | <p>Individuel Gaz/Fioul</p> <p><input type="checkbox"/> Chaudière à condensation (plancher)</p> <p><input type="checkbox"/> Chaudière à condensation (radiateurs)</p> <p><input type="checkbox"/> Chaudière basse température (plancher)</p> <p><input type="checkbox"/> Chaudière basse température (radiateurs)</p> |
| <p>Individuel Electricité</p> <p><input type="checkbox"/> Convecteurs électriques</p> <p><input type="checkbox"/> Panneaux rayonnants électriques</p> <p><input type="checkbox"/> Plancher rayonnant électrique</p> <p><input type="checkbox"/> Autre : à préciser</p> | <p>Individuel Bois</p> <p><input type="checkbox"/> Chaudière bois performante ('classe 3')</p> <p><input type="checkbox"/> Chaudière automatique (granulés / plaquettes)</p> <p><input type="checkbox"/> Poêle ou insert bois 'Flamme verte'</p> |
| | <p>Individuel Electricité</p> <p><input type="checkbox"/> Pompe à Chaleur Air/air</p> <p><input type="checkbox"/> Pompe à Chaleur Air/eau</p> <p><input type="checkbox"/> Pompe à Chaleur Eau/eau</p> <p><input type="checkbox"/> Rafrâichissement - PAC réversible ?</p> |

4. la production d'eau chaude sanitaire (ECS)

Date du système de production avant travaux

- avant 1982 entre 1982 et 1989 après 1990

Quel est le type de votre système de production d'ECS ?

- ECS individuel ECS collectif
 Production instantanée
 Accumulation ou micro-accumulation
 Solaire

Quel est le nombre d'occupants de votre logement ?

avant travaux : après travaux :

5. la ventilation de votre logement

Date du système de ventilation avant travaux

- avant 1982 entre 1982 et 1989 après 1990

Vous bouches d'aérations naturelles sont-elles ?

- toutes ouvertes toutes fermées

Quel est le type de votre système de ventilation ?

- Ventilation naturelle
 Ventilation mécanique contrôlée (VMC) simple flux
 Ventilation mécanique contrôlée (VMC) hygrométrique
 Ventilation Double Flux

Aviez-vous des problèmes d'humidité dans certaines pièces avant travaux ?

- Oui Non

Quel est le temps d'ouverture moyen des fenêtres par jour ?

- 10 minutes de 10 à 30 min de 30 min à 1h
autres : minutes par jour

6. vos appareils électroménagers et votre éclairage

Avez-vous des appareils fortement consommateurs d'énergie ?

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Lave-linge 2 à 3x/semaine | <input type="checkbox"/> Lave-linge 2 à 3x/jour | <input type="checkbox"/> Lave-linge 1x/jour |
| <input type="checkbox"/> Ecran TV Plasma | <input type="checkbox"/> Equipements audio-video | <input type="checkbox"/> Nbr de ordinateurs <input type="text"/> <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> Réfrigérateur américain | <input type="checkbox"/> Réfrigérateur-Congélateurs | <input type="checkbox"/> Nbr de Congélateurs <input type="text"/> <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> Sèche-linge | <input type="checkbox"/> Lave-vaisselle | <input type="checkbox"/> |
| Aquariums >100 l | | |
| <input type="checkbox"/> Spa, Balnéo ... | <input type="checkbox"/> Autres : | <input type="checkbox"/> Autres : |
| | | |

Quel type d'éclairage utilisez vous?

- Présence d'un ou plusieurs lampes halogènes

- Eclairage Mixte (halogène, incandescent, basse consommation)
- Econome - plus de 4 ampoules basse consommation

7. votre démarche de rénovation de votre logement

Selon vous, quels sont les autres impacts des travaux sur votre logement :

- Plus value pour votre logement
- Performances énergétiques meilleures
- Confort d'ambiance amélioré
- Confort d'utilisation
- Esthétique améliorée
- Sécurité
- Acoustique amélioré
- Autre, à préciser :
.....

Pendant vos vacances, laissez-vous en veille vos équipements et votre chauffage ?

- Non
- Oui
- En cas d'absence prolongée (>1semaine)
- Autres :

Abaissez-vous la température de consigne de chauffage ?

- Non
- Oui
- Pendant la nuit
- En cas d'absence
- Autres :

Pour votre confort, avez-vous modifié votre température de chauffage après travaux ?

- Non
- Oui
- Température intérieure de consigne/confort moindre
- Température intérieure de consigne/confort plus élevée

Fermez-vous les volets la nuit ?

- Non
- Oui
- partiellement, sur une façade

**ANNEXE C4.SB.5.3.3. – EXEMPLES DE RESULTATS PROJETS D’ACTIONS
D’EFFICACITE ENERGETIQUE ANNEE PAR ANNEE**

| Années | MIX ENERGETIQUE en Kw/h | IMPACT ECONOMIQUE | | |
|--------|-------------------------|-------------------|---------|-----|
| | | CO2 | FACTURE | |
| | 100 | -48 | -100 | -46 |
| | | 4 | -90 | -57 |

**« Accompagner l'amélioration énergétique globale
de maisons individuelles existantes »**

**Règlement APPEL A PROJETS
« VILLAGES 2050 »
DAMMARIE SUR SAULX
EPIZON**

1. CONTEXTE : REDUIRE LES BESOINS DE CHAUFFAGE DES LOGEMENTS EXISTANTS, pour atteindre en 2050 une ambition de bâtiment sans énergies fossiles

L'Ambition des expérimentations « villages 2050 » :

Les départements de la Meuse et de la Haute-Marne ont souhaité dès 2006 être pilotes en matière de maîtrise de la demande d'énergie, en partenariat avec EDF, dans le cadre de l'accompagnement économique du laboratoire de Bure-Saudron.

Le programme « En Meuse et en Haute-Marne ensemble, économisons l'énergie I », pour la maîtrise de l'énergie et la réduction des émissions de gaz à effet de serre a été lancé fin 2006, pour la période 2006-2010. Il a permis de rénover sur la période plus de 15 000 maisons individuelles, 4000 logements sociaux et 450 bâtiments publics.

Souhaitant amplifier cette action pour la période 2011-2020, EDF et les départements de la Meuse et de la Haute-Marne, en lien avec les professionnels du bâtiment et leurs organisations professionnelles lancent deux expérimentations pilotes « **Villages 2050** », visant à vérifier la faisabilité technique, économique et sociale d'une politique de rénovation systématique du bâti existant, pour en diminuer les besoins de chauffage d'un facteur deux, et le recours aux énergies peu émettrices de CO₂ : le bois, ressource locale, et le chauffage électrique thermodynamique.

Dans ce cadre, EDF lance le présent appel à projets sur les villages de DAMMARIE SUR SAULX et d' EPIZON (ci-après dénommé l'« **Appel à projets** ») portant sur les maisons individuelles existantes afin d'en réduire fortement les besoins de chauffage par une rénovation systématique du bâti, de les raccorder lorsque c'est possible au réseau de chaleur bois qui sera mis en place sur ces deux communes, et en option d'installer un système de chauffage bois ou thermodynamique.

L'expérience acquise lors de cet appel à projets permettra à EDF, et aux deux départements, en coopération avec les professionnels du bâtiment et l'ensemble des parties prenantes locales, de définir les conditions éventuelles de généralisation aux deux départements de ce dispositif unique pour la période 2011-2020, dans le cadre de l'accompagnement économique du laboratoire de Bure-Saudron. Dammarie et Epizon deviendront alors les vitrines de la démarche « Bâtiments sans énergies fossiles » des deux départements.

Le présent règlement, ci-après le « **Règlement** » détermine les conditions à remplir pour répondre à l'Appel à projets lancé par EDF ; le 16 juin 2010 et pour faire ainsi bénéficier leurs clients d'un accompagnement financier spécifique (ci-après dénommé « **Accompagnement financier expérimental** »), dans le cadre de l'offre « Grenel'plus » d'EDF en Meuse et en Haute-Marne.

Cet Accompagnement financier expérimental a pour but d'inciter un maître d'ouvrage qui a un projet de rénovation énergétique global à faire réaliser les travaux par un groupement d'entreprises qui se sera engagé au préalable à respecter un **Acte d'engagements** garantissant la bonne définition, la bonne mise en œuvre et la bonne exécution des travaux d'isolation thermique.

Cet Appel à projets n'exclut pas d'autres dispositifs et/ou aides (par exemple de la Région Lorraine, ou d'autres ; ou d' EDF sous réserve d'en respecter les conditions)

2. ORGANISATEURS ET OBJET DE L'APPEL A PROJETS :

2.1 Organismes :

Cet Appel à projets est lancé par

Electricité de France, société anonyme au capital de 924 433 331 euros, immatriculée au RCS de Paris sous le n°B 552 081 317 dont le siège social est situé 22-30 avenue de Wagram 75008 PARIS, faisant élection de domicile aux fins du dit Appel à projets : 7/8 Place de l'Europe - 52100 SAINT DIZIER de seconde part, ci après désignées –« les **Organismes** »

2.2 Objet de l'Appel à projets :

Le présent Appel à projets a pour objet le développement de travaux d'améliorations thermiques de maisons individuelles existantes en :

☒ multipliant et encourageant les rénovations thermiques globales privilégiant l'isolation du bâti ;

☒ poursuivant la mise en oeuvre de matériaux et matériels thermiquement performants certifiés ;

☒ permettant au Maître d'ouvrage d'être accompagné dans son projet de rénovation thermique par un professionnel du bâtiment, personne physique ou morale intervenant dans le domaine de la rénovation énergétique ci après désignée le « Prestataire »

☒ en promouvant les produits d'isolation de type bio-sourcés

La durée de l'Appel à projets commençant le 16 Juin 2010 et se terminant le 31 décembre 2010 à minuit.

A cette date l'Appel à projet sera alors clôturé et donnera lieu à un nouveau dispositif. Les Organismes feront part de cet arrêt sur le site www.grenelplus.fr (onglet « partenaires »)

Les Organismes se réservent le droit d'arrêter à tout moment et sans préavis l'Appel à projets ; les Organismes feront part de cet arrêt sur le site www.grenelplus.fr .

3. DESTINATAIRES ET ETENDUE DE L'APPEL A PROJETS :

3.1 Destinataires :

• Tout professionnel du bâtiment, entreprise générale ou intervenant en groupement, personne physique ou morale, partenaire du programme « En Meuse et en Haute-Marne, ensemble, économisons l'énergie », intervenant dans le domaine de la rénovation énergétique (ci-après désignée le « Prestataire ») et désirant présenter un projet dans le cadre de l'Appel à projets, doit au préalable :

- signer l'annexe 1 précisant les engagements à respecter pour un accompagnement efficace du maître d'ouvrage pour la réalisation de son projet de rénovation énergétique ci-après désignée « **l'Acte d'engagements** », ce document est disponible sur le site www.grenelplus.fr;
- s'engager à respecter l'intégralité de l'Acte d'engagements ;
- disposer d'une convention de partenariat « En Meuse et en Haute-Marne, ensemble, économisons l'énergie » en cours de validité et respecter toutes ses obligations conventionnelles
- disposer en permanence de toutes les assurances professionnelles se rapportant aux prestations et aux travaux qui sont exécutés dans le cadre d'un projet faisant l'objet du présent Appel à projets ;
- envoyer l'Acte d'engagements signé à la Cellule Qualité d'EDF à l'adresse suivante : EDF, Cellule Qualité, 1 rue Gabriel Voisin – BP 1042 – 51688 REIMS Cedex 2 ou par mail alain.chauvet@edf.fr ou laurent.jallon@edf.fr à afin de figurer sur la liste établie et mise à jour périodiquement par les Organismes (cette liste est disponible sur le site www.grenelplus.fr).

3.2 Territoire et bâtiments concernés :

L'Appel à projets concerne uniquement les logements individuels existants remplissant les conditions cumulatives suivantes :

- être achevés **avant le 1^{er} janvier 1990** ;
- être la propriété soit de l'occupant, soit d'un seul bailleur personne privée, ou SCI familiale (ci-après dénommé indifféremment le « Maître d'ouvrage des travaux » ou « MOA ») ;
- être situés sur les communes de DAMMARIE SUR SAULX en Meuse ou d'EPIZON en Haute-Marne;
- et faire l'objet par le Prestataire d'un accompagnement dans le cadre de l'exécution de travaux d'amélioration thermique conforme à l'Acte d'engagements et à son référentiel technique.

Tout logement individuel existant remplissant ces conditions cumulatives est ci-après désigné le « Projet ».

4. PRESENTATION D'UN PROJET :

Pour présenter un Projet, le Prestataire, avec l'accord préalable et écrit du Maître d'ouvrage, doit adresser -entre le **16 juin 2010 et le 31 décembre 2010** à minuit- à l'adresse suivante : EDF, Cellule Qualité, 1 rue Gabriel Voisin – BP 1042 – 51688 REIMS Cedex 2 ou par mail alain.chauvet@edf.fr ou laurent.jallon@edf.fr

- **la fiche de renseignements** (voir modèle en annexe 2) dûment complétée. Cette fiche de renseignements est également disponible sur le site www.grenelplus.fr ;

Les Organismes accuseront réception de cette fiche par retour de mail ou par courrier si le Prestataire ne dispose pas d'une adresse électronique.

Dans le cas contraire, le Prestataire sera informé par les Organismes par retour de mail ou par courrier si le Prestataire ne dispose pas d'une adresse électronique que son Projet ne peut plus faire l'objet d'un Accompagnement financier expérimental de la part des Organismes du fait de la clôture de l'Appel à projets.

Toute fiche de renseignements incomplète ou mal renseignée ne fera pas l'objet d'un accusé de réception et le Prestataire en sera informé par mail ou par courrier si le Prestataire ne dispose

pas d'une adresse électronique avec la possibilité pour le Prestataire de renvoyer une fiche complète ou bien renseignée.

5. CRITERES D'ELIGIBILITE D'UN PROJET - ACCOMPAGNEMENT FINANCIER EXPERIMENTAL POUR CHAQUE PROJET :

5.1 Critères d'éligibilité d'un Projet :

5.1.1 Conditions requises :

Pour prétendre au bénéfice de l'Accompagnement financier expérimental, le Projet, après la réalisation des travaux relatifs et sans réserve du MOA, devra répondre à l'ensemble des conditions **cumulatives** suivantes :

- avoir été mené par le Prestataire en respectant l'ensemble des engagements prévus par l'**Acte d'engagements**,

- avoir présenté et chiffré au MOA les offres spécifiques du programme « VILLAGES 2050 »

- respecter le référentiel technique précisé à l'annexe 6. Pour se faire, un contrôle par sondage pourra être effectué par un organisme désigné unilatéralement par les Organismes ; le coût de ce contrôle est pris en charge par le groupe EDF.

Les Organismes se réservent le droit de déclencher le contrôle à tout moment de façon inopinée pendant le déroulement des travaux. A l'issue de ce contrôle, un rapport est établi par l'organisme désigné par les Organismes. Ce rapport est transmis au Prestataire ; si ce rapport révèle des anomalies, les Organismes demandent par écrit au Prestataire de procéder ou de faire procéder dans le délai impératif imparti et décidé unilatéralement par les Organismes, aux mises en conformité nécessaires, puis de leur faire parvenir une déclaration écrite précisant les travaux modificatifs effectués. La non-présentation ou le refus par le Prestataire d'établir une déclaration de non-conformité entraînent le rejet du dossier du Projet. En fonction de l'importance des anomalies relevées lors du contrôle, les Organismes peuvent faire effectuer un contrôle complémentaire, dont le paiement est à la charge du Prestataire, afin de s'assurer de la réalisation des travaux de mise en conformité. Pour tout Projet nécessitant une déclaration de mise en conformité de la part du Prestataire, l'absence de réception par les Organismes de cette déclaration dans le délai impératif imparti par les Organismes vaut rejet du dossier du Projet ;

- faire l'objet d'un **procès verbal contradictoire sans réserve du MOA** portant sur les travaux exécutés dans le cadre du Projet. En cas de réserve(s), le Prestataire s'engage à la (les) lever dans un délai impératif de 3 mois à compter de la date d'émission de cette(s) réserve(s) ;

- être achevé intégralement sans réserve du MOA dans un délai impératif de 6 mois à compter de la date de l'accusé de réception par les Organismes et la Cellule de validation technique collective du dossier dûment complété relatif au Projet ;

Les conditions évoquées ci-dessus sont modifiables sans préavis par les organismes.

5.1.2 Pièces justificatives pour prétendre au versement de l'accompagnement financier expérimental:

Pour prétendre au versement de l'accompagnement financier expérimental par les Organismes, le prestataire doit adresser pour chaque Projet, aux organisateurs au plus tard le 31 décembre 2010 à l'adresse suivante : EDF, Cellule Qualité, 1 rue Gabriel Voisin – BP 1042 – 51688 REIMS Cedex 2, un dossier (ci-après désigné le « Dossier ») composé de l'intégralité des documents suivants dûment complétés et signés :

Etude BAO Promodul niveau pro expert à minima (ou similaires) ou étude thermique de type réglementaire (méthode TH CE ex) transmis à la cellule technique d'EDF

. L'ensemble des justificatifs demandés dans le cadre de la convention de partenariat avec EDF « En Meuse et en Haute-Marne, ensemble, économisons, l'énergie »

. Toutes les Autorisations nécessaires pour permettre aux Organismes de communiquer sur le Projet (un modèle de ces autorisations est joint en annexe 3) ;

. L'ensemble des pièces justificatives nécessaires à l'instruction des offres spécifiques, notamment Grenel'Plus

.. Une copie des procès-verbaux de réception sans réserve du MOA de chaque lot du Projet ;

. Le rapport du test d'étanchéité, lorsqu'il a eu lieu ;

Les Organismes se réservent le droit de demander au Prestataire la communication de documents complémentaires.

Le Prestataire doit se soumettre à l'ensemble des contrôles.

Si l'examen des documents n'appelle pas de réserves, les Organismes en informent par écrit le Prestataire.

Si l'examen des documents appelle des réserves, les Organismes en informent par écrit le Prestataire ; ce dernier doit alors compléter et/ou mettre en conformité ces documents et les transmettre aux Organismes.

La validité d'un Dossier est de deux mois à compter de sa première date de réception par les Organismes. Tout Dossier qui n'a pas été complété et/ou mis en conformité par le Prestataire puis reçu par les Organismes dans un délai impératif de deux mois à compter de sa première date de réception par les Organismes, sera rejeté de plein droit et le Prestataire en sera informé par écrit par les Organismes.

En cas de disparition d'un Prestataire ou de cessation de ses activités durant la phase de réalisation des travaux relatifs au Projet, le tiers éventuel reprenant ou poursuivant les activités du Prestataire initial (seulement dans l'hypothèse d'une opération emportant transmission universelle du patrimoine au profit du successeur) devra procéder aux formalités indiquées au 3.1. du présent règlement. Dans l'hypothèse où ces conditions ne sont pas remplies, les Organismes en informent le tiers éventuel par mail sous réserve qu'il ait communiqué ses coordonnées. Le tiers éventuel s'engage à respecter cette information et renonce expressément à exercer à l'encontre des Organismes tout recours gracieux ou contentieux à ne pas prétendre à une quelconque indemnisation à titre de dommages et intérêts.

L'Organisme impose que les travaux soient réalisés par des groupements d'entreprises, sous forme de groupements temporaires ou permanents. L'Accompagnement financier expérimental sera versé par les Organismes lorsque tous les travaux seront terminés, et ce par tous les prestataires. En aucun cas, un prestataire ne se verra verser l'Accompagnement financier expérimental s'il est le seul de son groupement à avoir fini les travaux.

5.1.3 Calcul du montant de l'Accompagnement financier expérimental versé par les Organismes :

• 5.1.3.1 Calcul du montant de l'Accompagnement financier expérimental versé par le Groupe EDF

Le montant de l'Accompagnement financier expérimental susceptible d'être versé par projet par le groupe EDF au client du Prestataire, dans le cadre de l'offre Grenel'plus d'EDF est repris dans le **tableau des aides** expérimentales « Villages 2050 » en annexe4

Des exemples de calcul de l'Accompagnement financier expérimental versé par les Organismes si toutes les conditions du Règlement sont respectées sont présentés en annexe 5

6. VALORISATION DES PROJETS :

En participant à l'Appel à projets, le Prestataire accepte expressément de céder à titre gratuit aux Organismes le droit d'utiliser et de diffuser son nom, prénom, son adresse, son image, la dénomination et/ou marque de son entreprise, et ses éventuelles interviews pour la communication interne et externe des Organismes.

Cette cession gratuite inclut notamment, le droit de reproduction et le droit de représentation, seuls ou combinés à d'autres éléments, le droit d'adaptation, de traduction, le droit d'inclure toute marque ou logo.

Ces droits sont cédés à titre gratuit pour le monde entier et sur tous supports connus ou à découvrir, et pour une diffusion sur tous médias, et notamment presse, télévision, réseaux on-line et off-line (Internet, Intranet, Extranet) connus ou à découvrir, pour une durée de cinq (5) années à compter de la signature de l'autorisation de communiquer.

Les Projets ayant fait l'objet de l'Accompagnement financier expérimental pourront faire l'objet de communications par les Organismes sous différentes formes et notamment sous les formes suivantes :

- Fiche décrivant la réalisation
- Visite chantier ou après réalisation avec presse
- Publi-reportage
- Utilisation du descriptif et témoignage sur média électronique
- Utilisation du descriptif et témoignage dans des manifestations publiques type forum, colloque.....

7. LOI INFORMATIQUE ET LIBERTES :

Les données à caractère personnel recueillies dans le cadre de l'Appel à projets seront traitées conformément à la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 modifiée. Leur traitement fera l'objet d'une déclaration auprès du Correspondant Informatique Libertés (CIL) d'EDF et d'une déclaration auprès de la Commission Nationale Informatique et Libertés par EDF et par les départements de la Meuse et de la Haute Marne.

Le Prestataire sera informé que les données personnelles le concernant et celles des Maîtres d'Ouvrage des travaux sont nécessaires. Les données collectées sont destinées aux Organismes responsables du traitement, qui utilisent ces données pour la gestion de l'Appel à

projets et, le cas échéant, à des fins de communication, conformément aux dispositions du présent Règlement.

Conformément à la loi précitée, le Prestataire et les Maîtres d'Ouvrage des travaux disposent d'un droit d'accès, de rectification, de suppression et d'opposition sur les données les concernant.

Pour l'exercice de ces droits, les demandes doivent être adressées par écrit à :

EDF, Cellule Qualité, 1 rue Gabriel Voisin – BP 1042 – 51688 REIMS Cedex 2

8. RESPONSABILITE :

La responsabilité des Organismes ne pourra en aucun cas être engagée si l'Appel à projets devait être modifié ou annulé, ou sa durée reportée ou écourtée. Ainsi, les Organismes se réservent, dans tous les cas, de plein droit, sans préavis et à tout moment, la possibilité de modifier le contenu du présent Règlement ainsi que la durée de l'Appel à projets, de reporter les dates annoncées, de modifier le contenu de l'acte d'engagements visé à l'annexe 1 ou même d'annuler l'Appel à projets chaque Prestataire ayant présenté un Projet renonçant expressément à prétendre à une quelconque indemnisation à titre de dommages et intérêts et s'engageant à faire le nécessaire auprès des Maîtres d'ouvrage des travaux afin qu'ils renoncent également expressément à prétendre à une quelconque indemnisation à titre de dommages et intérêts.

Toutefois, les Projets qui ont été signalés par le Prestataire par le biais de la fiche de renseignements et qui ont fait l'objet d'un accusé de réception adressé par les Organismes avant la date d'effet de la modification ou de l'annulation ou la diminution de la durée de l'Appel à projets ou du report, restent valables.

L'envoi de la fiche de renseignements et/ou du Dossier par le Prestataire ne modifie en rien sa responsabilité vis-à-vis du Maître d'Ouvrage des travaux. Le Prestataire demeure seul responsable des solutions qu'il préconise et qu'il met en oeuvre dans le cadre du Projet. Les Organismes ne pourront en aucun cas encourir une quelconque responsabilité au titre de la conception et/ou de la réalisation des travaux et/ou des matériaux utilisés ainsi qu'au titre des prestations d'accompagnement exécutées par le Prestataire dans le cadre du Projet.

ANNEXES

Annexe 1 – Acte d'engagements

Annexe 2 – Fiche de renseignement relative au Projet

Annexe 3 - Autorisation du MOA des travaux sur la communication

Annexe 4 – Tableau des aides financières expérimentales Dammarie sur Saulx et Epizon

Annexe 5 – Exemple chiffré de calcul de l'accompagnement financier expérimental

Annexe 6 – référentiel technique

Annexe 7 – Récapitulatif des pièces constitutives du dossier

**REFERENTIEL TECHNIQUE DE RENOVATION
VILLAGES 2050
POUR MAISONS INDIVIDUELLES – EDF
DAMMARIE/SAULX
EPIZON**

Sommaire

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Introduction - Objectifs | 3 |
| 1.1 | Contexte | 3 |
| 1.2 | Objectifs | 3 |
| 1.3 | Description de la méthode..... | 4 |
| 1.4 | RT Existant par éléments..... | 4 |
| 1.5 | Champ d'application | 4 |
| 1.6 | Méthode..... | 4 |
| 1.7 | Principe d'élaboration..... | 4 |
| 2 | Niveaux de performances exigés | 6 |
| 2.1 | Isolation des parois opaques | 6 |
| 2.2 | Traitement des ruptures d'isolation..... | 12 |
| 2.3 | Etanchéité à l'air..... | 13 |
| 2.4 | Ouvrants..... | 14 |
| 2.5 | Protections solaires et caissons de volets roulants | 15 |
| 2.6 | Génération et émission de chaleur | 15 |
| 2.7 | Gestion et pilotage du chauffage..... | 16 |
| 2.8 | Distribution de chaleur et d'ECS..... | 16 |
| 2.9 | Ventilation | 17 |
| | Annexe 1 - Détermination des épaisseurs d'isolants à mettre en place | 18 |
| | Annexe 2 - Equivalents aux résistances thermiques | 19 |

1 Introduction - Objectifs

1.1 Contexte

Dans le cadre de l'accompagnement économique du laboratoire de Bure-Saudron, la Meuse et la Haute-Marne, en partenariat avec EDF, ont souhaité dès 2006, être leaders en matière de Maîtrise de la Demande en Energie.

Le programme « En Meuse et en Haute-Marne ensemble, économisons l'énergie! » a permis aux entreprises et artisans haut-marnais et meusiens de mener près de 15 000 chantiers de rénovation de maisons particulières depuis 2006.

EDF, en lien avec les deux départements et les collectivités concernées lance deux opérations pilotes « Villages 2050 » à Dammarie sur Saulx et à Epizon, dès le 17 juin.

Il s'agit de rénover les bâtiments publics et les maisons individuelles, pour diviser au moins par deux les besoins de chauffage.

Cette opération fait l'objet d'un appel à projets destiné aux groupements d'entreprises locaux afin de proposer, aux propriétaires, des travaux de rénovation qui pourraient être aussi l'occasion de permettre aux entreprises de se former à la mise en oeuvre de matériaux bio-sourcés, ou techniques innovantes .

1.2 Objectifs

L'objectif de ce référentiel est de mettre à disposition des acteurs de l'appel à projets une méthode pour déterminer les épaisseurs d'isolation à mettre en oeuvre pour parvenir, avec une maison de volumétrie moyenne, au niveau de performance « village 2050 » avec une génération de chaleur de référence.

Le référentiel impose donc les niveaux de performance minimaux de l'enveloppe thermique de la maison après rénovation.

1.3 Description de la méthode

Le référentiel s'appuie sur plusieurs types de maisons individuelles rencontrées sur le village de DAMMARIE/SAULX et EPIZON et renvoie le niveau de performance de l'enveloppe nécessaire pour assurer un niveau de déperditions cibles du bâti, tendant à en moyenne diviser au moins par 2 les besoins de chauffages.

Pour quantifier le niveau d'isolation des parois, le référentiel utilise la résistance thermique ($m^2.K/W$), inverse du coefficient de transmission thermique (U). Ce choix est dû à l'additivité des résistances thermiques permettant de déduire la résistance thermique de l'isolation nécessaire par simple soustraction avec celle du porteur et de l'isolation existante éventuelle.

Ce référentiel est valable en fonction des connaissances techniques actuelles Il est évolutif au fur et à mesure des retours d'expériences et des innovations.

1.4 RT Existant par éléments

Tous les niveaux de performance minimaux imposés à travers ce rapport sont conformes à la RT2005 Existant.

1.5 Champ d'application

Localisation

Cette méthode est prévue pour être appliquée aux maisons individuelles/appartements situées sur les villages de DAMMARIE/SAULX et EPIZON.

Elles doivent être formées d'un seul corps de bâtiment et peuvent être mitoyennes.

1.6 Méthode

Il est impératif de définir dès la prise en main du projet quels seront les volumes dans ou hors de l'enveloppe chauffée, pour savoir rigoureusement quelles parois seront soumises aux impératifs d'isolation.

On se référera aux tableaux de la partie 2 pour savoir quels niveaux d'exigence sont imposés à l'enveloppe, et pour connaître les mises en œuvre à appliquer ainsi que les autres niveaux d'exigence (équipements techniques et enveloppe) indépendants de la structure.

1.7 Principe d'élaboration

Le présent référentiel a été établi sur la base d'une collaboration entre tous les acteurs du projet « village 2050 ». Les exigences données dans ce référentiel correspondent aux performances nécessaires pour parvenir à l'objectif moyen de

réduction de 50% des besoins de chauffages des logements traités sur les villages de DAMMARIE/SAULX et EPIZON, avec l'hypothèse d'un générateur de chaleur assurant le chauffage avec un rendement annuel sur PCI égal à 1 (équivalent à celui d'une chaudière à condensation). Il est ainsi sous-entendu que les maisons plus compactes équipées de cette solution de chauffage atteindront largement le niveau d'exigences et inversement.

2 Niveaux de performances exigés

L'objectif, c'est que l'enveloppe soit entièrement traitée, soit les 5 lots:

- Isolation toiture
- Isolation des murs (par l'intérieur ou par l'extérieur)
- Isolation des fenêtres et ouvrants
- Isolation en sous face des planchers (si réalisable)
- Ventilation

On admet de ne pas remplacer les composants à la performance au moins égale à la Règlementation actuelle dans l'existant.

Si les composants ne sont pas à ce niveau de performance, il faut impérativement les remplacer par des composants au niveau du référentiel thermique EDF MDE 52 55. Dans ce cas, il y a une aide expérimentale au changement de composant qui vient s'ajouter à l'offre EDF Grenel'plus/Eco avantage et aux autres aides existantes.

Les tableaux ci après rassemblent et définissent le niveau de performance imposé pour chaque lots de travaux.

Les hypothèses de mise en œuvre de l'isolation, indissociables de chaque cas, sont décrites dans la partie suivante. Les résistances thermiques indiquées ci-après désignent la paroi entière, c'est-à-dire le porteur et les différentes couches d'isolation. On se rapportera à l'annexe 1 pour calculer l'épaisseur exacte d'isolant à mettre en place.

2.1 Isolation des parois opaques

| Matériel et équipements | RT Existant | Crédit d'impôt | Référentiel technique MDE 52-55 |
|--|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Isolants sur plancher bas sur sous-sol, sur vide sanitaire ou passage ouvert | R \geq 2 m ² K/W (vide sanitaire ou volume non chauffé) R \geq 2,3 m ² K/W (plancher bas donnant sur l'extérieur) | R \geq 2,8 m ² K/W | R \geq 2,8 m ² K/W |
| Isolation des murs donnant sur l'extérieur (isolants à l'intérieur) | R \geq 2,3 m ² K/W | R \geq 2,8 m ² K/W | R \geq 3,2 m ² K/W |
| Isolation des murs donnant sur l'extérieur (isolants à l'extérieur) | R \geq 2,3 m ² K/W | R \geq 2,8 m ² K/W | R \geq 3,2 m ² K/W |

La densité d'isolant minimale exigée sera de 40Kg/m³ ou matériau rigide

Tous les types d'isolants peuvent être pris en compte dans cette méthode, sauf les isolants dits « minces » (Isolants Mince Réfléchissants, « IMR »), qui devront être proscrits dans le calcul des résistances thermiques en place ou à prévoir.

L'isolation des parois opaques doit faire appel à des matériaux portant la marque ACERMI ou CSTBAT ou certifiés CSTB certifié avec suivi CTAT (Comité thermique de l'avis technique) ou d'un document technique d'application (DTA)

valide du CstB avec suivi CTAT ou d'un agrément temporaire délivré par le CSTB (Pass'innovation).

Leur mise en œuvre doit tenir compte de leurs aptitudes d'emploi définies par les normes de l'AFNOR, les DTU et les avis techniques, les agréments techniques européens, les cahiers de prescriptions techniques du CSTB ou les règles techniques professionnelles, si ces documents existent pour le procédé.

2.1.1 Isolation des murs extérieurs

2.1.1.1 Dispositions propres aux structures

Description et hypothèses

Les maisons rencontrées sur les deux villages sont en , pierre tendre, en briques creuses ou pleines, de terre cuite ou de terre crue, en blocs de granulats (parpaings), en béton plein ou en béton cellulaire, avec des planchers à entrevous, en voutains, en béton plein ou à solivage bois.

Ces maisons donnent lieu à des ponts thermiques importants aux jonctions de planchers et murs intérieurs avec les murs extérieurs, on préférera donc, dans la mesure du possible, les isoler par l'extérieur.

Mise en œuvre – Isolation par l'extérieur

Les isolations sous enduit ou sous bardage sont également traitées. Il est simplement nécessaire de prendre en compte l'éventuelle présence de montants dans l'isolation pour le calcul des épaisseurs à mettre en place (c.f. tableau en annexe 2).

Un retour d'isolant doit impérativement être prévu sur l'embrasure des fenêtres et portes si celles-ci ne sont pas installées au nu extérieur. Celui-ci aura une épaisseur minimale de 2cm.

Les éventuelles descentes d'eaux pluviales doivent être déposées et réinstallées devant l'isolant pour ne pas provoquer de ponts thermiques.

Dans le cas où le débord de toiture est faible et risque de ne pas couvrir l'épaisseur nécessaire vis-à-vis de l'isolant de façade, on aura recours à des isolants plus performants (polystyrène gris Th32 par exemple) pour diminuer l'épaisseur à mettre en place, ou, en dernier recours, une rallonge de la toiture sera indispensable.

En partie inférieure, l'isolant extérieur sera posé avec une descente d'isolant d'au moins 30cm devant le soubassement sous le nez de dalle....avec des matériaux prévus à cet effet.

Mise en œuvre – Isolation par l'intérieur

Dans tous les cas, une attention toute particulière devra être portée sur la migration d'humidité pour s'assurer qu'aucun risque de condensation dans le mur après travaux n'est encouru....

On veillera en particulier à se prémunir des problèmes de migration d'humidité par la pose d'un régulateur de vapeur continu du côté chaud et par la pose d'un isolant n'entraînant pas de risques d'accumulation d'humidité due à la condensation entre le mur et l'isolant intérieur. Un soin particulier sera apporté à l'approche de ce problème dans le cas de planchers sur solivages bois; la jonction des solives avec le mur extérieur formant un léger pont thermique, elle sera particulièrement soumise à l'accumulation d'humidité risquant ainsi à moyen terme une rupture mécanique due au pourrissement.

Dans ce cas, la pose d'un régulateur vapeur perméable à la vapeur d'eau sera impérative.

Cas du complément d'une isolation existante

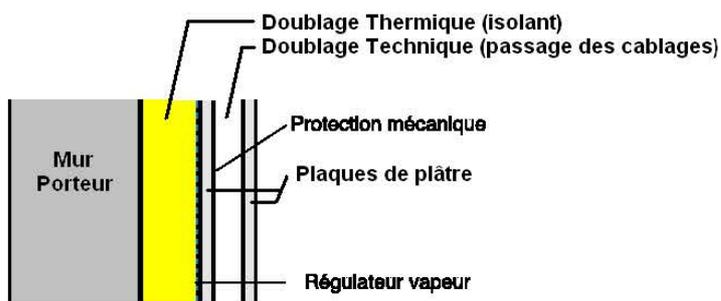
Dans le cas d'une isolation par l'extérieur, dans le cas où une isolation intérieure est déjà en place, l'isolation extérieure sera ouverte à la diffusion d'humidité (pour éviter d'emprisonner l'humidité dans la paroi), et une étude de migration d'humidité sera impérativement réalisée pour s'assurer qu'aucun risque n'est encouru.

D'autre part, l'entreprise d'isolation veillera aux risques de remontées capillaires la paroi et les prendra en compte lors du choix de la solution d'isolation.

2.1.1.2 Dispositions propres à l'isolation par l'intérieur

Doublage technique (*Recommandé*)

Pour le doublage intérieur des murs, la mise en œuvre d'un doublage technique sera privilégiée, consistant à réaliser un premier doublage au mur, purement



thermique, d'épaisseur au moins supérieure au 2/3 de l'épaisseur totale exigée et muni de l'écran vapeur, avec un complément intérieur par un doublage technique pour le passage des gaines, éventuellement rempli d'isolant insufflé après la fermeture des habillages. Cette

solution permet de ne pas percer le écran vapeur pour faire passer les câblages et n'a qu'un faible impact sur l'emprise totale du complexe isolant.

2.1.2 Isolation des murs intérieurs

Murs Mitoyens

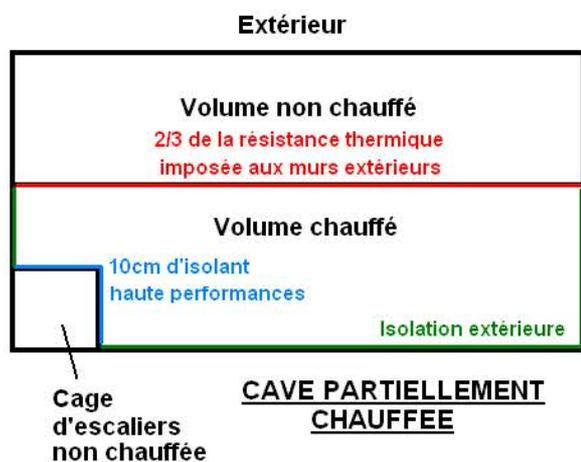
Les parois mitoyennes à la limite de l'enveloppe thermique (entre deux maisons) ne sont pas considérées comme déperditives et ne sont théoriquement pas soumises à l'impératif d'isolation. Toutefois, par sécurité et hors aspects réglementaires, il est préconisé de les isoler intégralement dans les cas où le volume mitoyen ne sera pas effectivement chauffé (inoccupation du logement, absences prolongées des habitants ou usage de la pièce impliquant l'absence de chauffage). Ils devront avoir une résistance thermique équivalente aux 2/3 de celle des murs extérieurs.

On veillera ici aussi aux problèmes de capillarité dans la paroi, pour ne pas enfermer l'humidité entre les isolations de chaque logement.

Cages d'escaliers

Les murs intérieurs séparant une cage d'escalier d'une cave ou d'un grenier non chauffé seront forfaitairement isolés par un doublage de 10cm d'un isolant à haute performance (Th32), soit une résistance thermique de 3,2 m².K/W. De même pour les sous face d'escaliers donnant sur une cave. En cas d'impossibilité, il sera envisageable de déplacer les limites de l'enveloppe (en incluant la dite cage d'escaliers dans l'enveloppe thermique), pour n'isoler qu'un petit volume en cave et en combles plutôt que toute la cage d'escaliers.

Dans l'hypothèse d'une trappe d'accès à des combles perdus, il est nécessaire d'isoler la trappe par la moitié de la résistance thermique posée au plancher des combles.



Autres cas

Les surfaces plus importantes séparant une pièce chauffée d'une pièce non chauffée (cas des sous sol partiellement chauffés par exemple) devront avoir une résistance thermique équivalente aux 2/3 de celle des murs extérieurs.

2.1.3 Isolation des dalles inférieures

Deux cas sont pris en compte : l'isolation en sous-face de dalle ou l'isolation sous chape de plancher.

Les cas d'entrevous isolés sont considérés équivalents aux isolations en sous-face.

Pénalisation des ponts thermiques Intégrés

Dans le cas de fixations ou de suspentes métalliques traversantes assurant la tenue mécanique de l'isolant ou du faux plafond, on augmentera de 44% la résistance thermique de l'isolation à mettre en place.

Isolation sous chape

Dans les cas de soubassements en béton ou les refends lourds ne se prolongent pas du sous-sol à l'étage principal, cette mise en œuvre sera préférée à l'isolation en sous-face pour supprimer les ponts thermiques de liaison Dalle Inférieure – Refend. Les isolants mis en œuvre devront répondre aux classes de compressibilité nécessaire (DTU 26.2/52.1).

Migration d'humidité

Les problèmes dus à la présence d'eau dans les murs (aussi bien par condensation de la vapeur d'eau que par remontée capillaire) devront être anticipés, comme pour les murs extérieurs.

Cas des Impossibilités techniques

En cas d'isolation des murs par l'extérieur l'isolant extérieur sera posé avec une descente d'isolant d'au moins 50cm devant le soubassement sous le nez de dalle....avec des matériaux prévus à cet effet.

Dans les cas non tenables une étude approfondie sera demandée. Un avis sera donné par le comité technique « village 2050 ».

2.1.4 Isolation des rampants de combles et planchers de combles perdus

| Matériel et équipements | RT Existant | Crédit d'Impôt | Référentiel technique MDE 52-55 |
|---|---|----------------------------------|------------------------------------|
| Isolants des planchers de combles perdus | $R \geq 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ | $R \geq 5 \text{ m}^2\text{K/W}$ | |
| Isolants des rampants de combles aménagés | $R \geq 4 \text{ m}^2\text{K/W}$ (perte de la | | |

Norme de densité minimale demandée = 40Kg/m³

Mise en œuvre en rampants

L'isolation peut être placée entre chevrons et/ou sous chevrons, et en cas de réfection lourde de la toiture, en sur-toiture (sarking, toiture chaude). Dans le premier cas, plusieurs solutions sont envisageables :

- L'isolation par panneaux ou rouleaux d'isolants : dans ce cas on préférera la mise en œuvre en deux couches croisées, l'une entre chevrons, l'autre sous chevrons.
- L'isolation par insufflation en caissons (ouate de cellulose ou équivalents).

Dans tous les cas ils impératif de réaliser l'isolation des rampants en cohérence avec l'isolation des murs extérieurs (par l'intérieur ou par l'extérieur), selon la configuration du projet, pour réaliser une jonction continue (aussi bien des isolations que de la membrane d'étanchéité à l'air) à la base des rampants.

En cas de réfection de la toiture, ou si l'intérieur doit être préservé, l'isolation en sarking sera préférée.

Dans le cas de fixations ou de suspentes métalliques traversantes assurant la tenue mécanique de l'isolant ou du faux plafond, on augmentera de 44% la résistance thermique de l'isolation à mettre en place.

Mansardes

Les mansardes seront isolées au niveau d'exigence donné pour les rampants.

Mise en œuvre au plancher de combles perdus

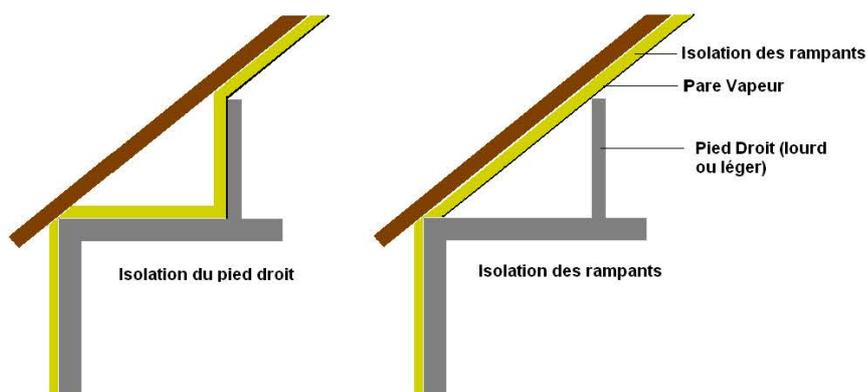
Dans ce cas de figure, les solutions d'isolation en rouleaux, panneaux, en vrac ou en caissons sont envisageables. Si les combles doivent encore être praticables (espace de stockage non chauffé) et si l'isolant est soumis à tassement, un plancher sur solivage devra être réalisé et l'isolation placée entre ces solives.

La résistance thermique à mettre en place respectera les mêmes exigences que celle indiquée pour les rampants.

Pied-droits

Les piédroits de rampants seront aussi impérativement isolés de manière continue, soit en les rentrant dans le volume chauffé (isolation continue sous les rampants rejoignant la façade), soit en les excluant (isolation le long de la paroi

verticale du rampant puis au sol jusqu'à la façade). Dans ce dernier cas l'isolation mise en place sera de même épaisseur que celle des rampants.



2.1.5 Isolation des toitures terrasses

Les toitures terrasses et les terrasses praticables situées en toiture d'un volume chauffé feront l'objet d'une isolation de même résistance thermique que dans l'hypothèse d'une toiture en rampants. Cette isolation aura impérativement lieu par le dessus.

Dans le cas d'une isolation par l'extérieur des murs extérieurs, il sera impératif d'isoler l'acrotère pour assurer la continuité de l'isolation extérieure des murs et de l'isolation de la toiture.

2.2 Traitement des ruptures d'isolation

Tous les ponts thermiques particuliers devront, dans la mesure du possible, être traités, c'est-à-dire isolés.

Traitement des ponts thermiques « réguliers »

Chaque jonction de parois mettant en jeu une des limites extérieures de l'enveloppe présente potentiellement une rupture d'isolation, selon le type d'isolation choisie. Les différents paragraphes décrivant l'isolation des parois opaques évoquent le traitement des éventuels ponts thermiques qui leur sont liés.

Tous les isolants doivent être en contact.

Dans les cas de rénovation totale, on isolera les murs de refend des parois extérieures.

Dans le cas de fixations ou de suspentes métalliques traversantes assurant la tenue mécanique de l'isolant ou d'un faux plafond, on augmentera de 44% la résistance thermique de l'isolation à mettre en place.

2.3 Etanchéité à l'air

Cas du traitement de ce lot :

en cas de traitement des lots parois et toits y compris la compatibilité du système de chauffage avec la ventilation.

Le niveau d'étanchéité à l'air de l'enveloppe sera imposé à $1,2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$.

Critères :

Les principaux points de mise en œuvre mettant en jeu l'étanchéité à l'air (fenêtres, etc.) sont traités dans les paragraphes respectifs.



Approche générale du chantier

Les différentes entreprises participant à la rénovation devront être sensibilisées aux problèmes d'étanchéité à l'air en amont, pour pouvoir noter les éventuelles faiblesses et pouvoir les corriger.

Ecran-vapeur

Pour l'isolation des rampants, de planchers de combles et des murs par l'intérieur, l'isolant doit être impérativement protégé par un écran-vapeur placé du côté chaud de la paroi, disposé de façon parfaitement étanche. Ce écran-vapeur assurera ainsi l'étanchéité à l'air de la maison. Des scotchs agréés (ref : proclima, tyvek, vario pour exemple) seront placés aux jonctions de lés entre eux et avec les poutres, et aux points où un percement aura été réalisé

pour un passage de gaines. De même, tous les raccords avec les dormants de menuiseries seront scotchés.

Le recours à la mousse polyuréthane expansé (sauf cas de mousses agréées pour cet usage) pour combler une faiblesse d'étanchéité à l'air sera proscrit au profit de mastic et d'adhésif de raccords, ou d'accessoires destinés à cet usage (manchons de gaines, etc.).

Chauffage :

La compatibilité des flux d'air avec les systèmes de chauffage à combustion devra être contrôlée par un chauffagiste pour permettre un bon fonctionnement de l'installation.

2.4 Ouvrants

Niveau de performances

| Matériel et équipements | RT Existant | Crédit d'impôt | Référentiel technique MDE 52-55 |
|-------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Fenêtre ou porte-fenêtre ALU | | $U_w \leq 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $U_w \leq 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| | $U_w \leq 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Cas général) | | |
| Fenêtre ou porte-fenêtre bois | $U_w \leq 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (menuiserie coulissante) | $U_w \leq 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $U_w \leq 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| Fenêtre ou porte-fenêtre PVC | | $U_w \leq 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $U_w \leq 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ |

Fenêtres et baies existantes

Les fenêtres déjà en place peuvent être considérées conformes au RT existant décrit ci-dessus si elles ont été posées postérieurement à 2004, sur des menuiseries en bois ou en PVC.

Pour les fenêtres antérieures à 2004, seuls le marquage ou la facture peuvent attester du niveau de performance.

Fenêtres et baies neuves

En cas de remplacement, il convient de mettre en œuvre des menuiseries bénéficiant de préférence du certificat de qualité Acotherm (ou qui s'appuie sur un référentiel équivalent) ou d'un avis technique du CSTB avec suivi du CTAT pour les menuiseries PVC, aluminium à rupture de pont thermique et mixtes. Les menuiseries issues de la charte Menuiseries 21 ou thermofen seront acceptées.

Pour maintenir une cohérence architecturale de certains bâtiments, un double fenêtrage est possible dans la mesure où les fenêtres ajoutées restent conformes au référentiel ci-dessus.

Mise en œuvre

Les fenêtres sont préférentiellement mises en œuvre au droit de l'isolation du mur (à l'intérieur ou à l'extérieur selon le cas, à l'extérieur en présence des deux), en cas d'impossibilité, un retour d'isolant sera impérativement réalisé sur l'embrasure jusqu'au châssis, l'idéal étant de fixer le rail des volets roulants sur ce retour et non pas en l'interrompant.

Leur mise en œuvre doit tenir compte de leurs aptitudes d'emploi définies par les normes de l'AFNOR, DTU et les avis techniques, les agréments techniques européens ou les cahiers de prescriptions techniques du CSTB.

Leur pose sera réalisée dans tous les cas avec compribandé ou adhésif d'étanchéité à l'air (et de préférence les deux) sur tout leur périmètre pour rejoindre le porteur ou les montants d'ossature et assurer l'étanchéité à l'air des jonctions.

2.5 Protections solaires et caissons de volets roulants

Pour des considérations de confort d'été, des protections solaires doivent être prévues sur toutes les fenêtres et baies orientées au Sud et sur les fenêtres de toit. Sur les autres orientations, les protections présentes avant rénovation devront être maintenues ou remplacées pour ne pas dégrader le confort d'été (disposition de la RT Existant). Pour les bâtiments refroidis, des protections solaires sont impératives sur toutes les baies non orientées au Nord.

La mise en œuvre de ces protections doit faire l'objet d'une application particulière pour ne pas créer de discontinuités dans l'isolation de l'enveloppe.

Dans le cas de coffrets de volets roulants, ceux-ci seront de préférence posés à l'extérieur du mur (pour des raisons d'étanchéité à l'air), et, dans le cas d'une isolation par l'extérieur, soit devant la menuiserie, soit en prévoyant un retour d'isolant de 3cm entre le mur et le caisson (de même pour les brises soleil orientables). Dans le cas où ils doivent impérativement être installés à l'intérieur, on veillera à ne mettre en place que des coffrets isolés ($U_c < 2 \text{ W/m}^2\text{.K}$), ou à isoler les coffrets existants avec un isolant thermique sur le maximum d'épaisseur disponible. Ils seront, de plus, préférés avec une commande électrique ou à minima avec une tringle mais pas une sangle, toujours pour des considérations d'étanchéité à l'air.

Enfin, les volets battants seront acceptés et même privilégiés, d'une part du fait de leur faible impact sur l'enveloppe et d'autre part car ne causant aucune atteinte à l'étanchéité à l'air.

Si possible préférer volets roulants isolés

2.6 Génération et émission de chaleur

Les équipements de production de chaleur seront conformes au référentiel MD/52/55 et placés par défaut à l'extérieur de l'enveloppe chauffée, mais seront acceptés à l'intérieur sous réserve de motivation.

Les réseaux de radiateurs existants devront être équipés de vannes thermostatiques et d'équilibrage.

En cas de système de chauffage dans le local chauffé il conviendra de vérifier la compatibilité avec système de ventilation....Contrôle par un chauffagiste des flux d'air pour permettre un bon fonctionnement de l'installation

2.7 Gestion et pilotage du chauffage

Chaque logement dont le lot chauffage aura été modifié devra être équipé de dispositifs permettant d'assurer les fonctions suivantes :

Programmation hebdo du chauffage entre les modes « confort » et « eco » à partir d'un boîtier situé en ambiance.

Fonction « hors gel » de l'installation programmable

Pour les chauffages électriques une programmation tarifaire et un délestage obligatoire pour les logements dont la puissance de chauffage est supérieure à 3KW

2.8 Distribution de chaleur et d'ECS

Les parties du réseau situées hors du volume chauffé feront l'objet d'une isolation de classe 4 au minimum, les parties de réseau situées dans le volume chauffé ne nécessitant pas d'isolation à savoir :

| diam ext du conduit (sans isolant) (mm) | coef de perte UI (W/m.K) | conductivité thermique | | | |
|---|-----------------------------|------------------------|------|------|------|
| | | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 |
| 10 | 0,18 | 6 | 11 | 19 | 31 |
| 20 | 0,19 | 13 | 23 | 36 | 56 |
| 30 | 0,21 | 19 | 31 | 49 | 72 |
| 40 | 0,22 | 24 | 38 | 58 | 84 |
| 60 | 0,25 | 30 | 47 | 70 | 99 |
| 80 | 0,28 | 35 | 54 | 77 | 107 |
| 100 | 0,31 | 38 | 58 | 82 | 112 |

2.9 Ventilation

Performances

La rénovation inclura la mise en œuvre d'une ventilation mécanique, soit à simple flux de type HygroB, soit à double flux à récupération de chaleur (rendement minimum de l'échangeur supérieur ou égal à 85%) en cas d'étanchéité à l'air d'une valeur maxi de $1,2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ et dans tous les cas avec des ventilateurs économes en énergie (double flux : consommation inférieure à $0,50 \text{ Wh}/\text{m}^3$ d'air ventilé pour les deux ventilateurs, simple flux : consommation inférieure à $0,25 \text{ Wh}/\text{m}^3$). L'étanchéité à l'air sera alors vérifiée.

Mise en œuvre

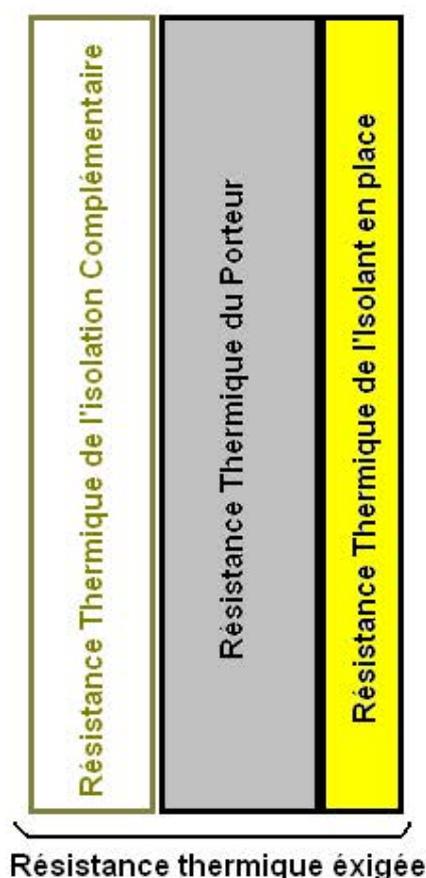
Elle doit être conforme aux normes XP P 50-410 (DTU 68.1) et NF P 50-411-1 et 2 (DTU 68.2).

Dans le cas d'une ventilation double flux, la centrale de traitement d'air sera dans la mesure du possible installée à l'intérieur du volume chauffé et ses gaines vers l'extérieur seront isolées. Dans le cas où elle ne peut être installée à l'intérieur, toutes ses gaines seront impérativement isolées jusqu'au volume chauffé. Les gaines de ventilation double-flux passant dans les parois seront isolées.

Annexe 1 - Détermination des épaisseurs d'isolants à mettre en place

Comme évoqué précédemment, les résistances thermiques indiquées dans les exigences de la partie 3 caractérisent la paroi entière¹. Pour déterminer l'épaisseur d'isolant à installer, il faudra donc en déduire la résistance thermique du mur existant, c'est-à-dire du porteur et de l'éventuel isolant déjà en place (dans le cas où celui-ci sera conservé).

A partir de la valeur exigée en partie 3, on se référera aux tableaux de l'annexe 2, page 17, pour obtenir la résistance thermique du porteur, et aux tableaux des pages 18, 19 et 20 pour obtenir la résistance thermique de l'éventuel isolant déjà en place. Par déduction, on obtient la résistance thermique restant à mettre en place pour satisfaire aux exigences du référentiel.



$$\begin{aligned} \text{Résistance thermique minimale de l'isolation complémentaire} = & \\ & \text{Résistance thermique exigée} \\ & - \text{Résistance thermique du porteur} \\ & - \text{Résistance thermique de l'isolant en place} \end{aligned}$$

¹ Les résistances thermiques superficielles sont déjà déduites et ne doivent donc pas être prises en compte

La résistance thermique d'un isolant, exprimée en m².K/W, se calcule selon la relation suivante :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda}$$

Où : e est l'épaisseur de la couche isolante, en mètres

λ est la conductivité thermique de l'isolant, en W/m.K

Le tableau ci-dessous récapitule les conductivités thermiques des matériaux isolants courants selon leur nature et donne la résistance thermique correspondante pour plusieurs épaisseurs types (calculée selon la formule ci-dessus).

| Types d'Isolants - Conductivités Courantes | | Epaisseur de l'isolant (cm) | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| Type d'isolant | Conductivité | Résistance Thermique Equivalente (m ² .K/W) | | | | | | | | | | | |
| Isolants Fibreux Rigides (fibres de bois) | Th45 | 1,8 | 2,2 | 2,7 | 3,1 | 3,6 | 4,0 | 4,4 | 4,9 | 5,3 | 5,8 | 6,2 | 6,7 |
| | Th42 | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,3 | 3,8 | 4,3 | 4,8 | 5,2 | 5,7 | 6,2 | 6,7 | 7,1 |
| Isolants Fibreux Souples (laines minérales ou végétales, etc.), en panneaux ou en vrac | Th44 | 1,8 | 2,3 | 2,7 | 3,2 | 3,6 | 4,1 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 5,9 | 6,4 | 6,8 |
| | Th42 | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,3 | 3,8 | 4,3 | 4,8 | 5,2 | 5,7 | 6,2 | 6,7 | 7,1 |
| | Th40 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 |
| | Th38 | 2,1 | 2,6 | 3,2 | 3,7 | 4,2 | 4,7 | 5,3 | 5,8 | 6,3 | 6,8 | 7,4 | 7,9 |
| | Th35 | 2,3 | 2,9 | 3,4 | 4,0 | 4,6 | 5,1 | 5,7 | 6,3 | 6,9 | 7,4 | 8,0 | 8,6 |
| | Th32 | 2,5 | 3,1 | 3,8 | 4,4 | 5,0 | 5,6 | 6,3 | 6,9 | 7,5 | 8,1 | 8,8 | 9,4 |
| | Th30 | 2,7 | 3,3 | 4,0 | 4,7 | 5,3 | 6,0 | 6,7 | 7,3 | 8,0 | 8,7 | 9,3 | 10,0 |
| Polystyrène Expandé (EPS) ou Extrudé (XPS) | Th38 | 2,1 | 2,6 | 3,2 | 3,7 | 4,2 | 4,7 | 5,3 | 5,8 | 6,3 | 6,8 | 7,4 | 7,9 |
| | Th35 | 2,3 | 2,9 | 3,4 | 4,0 | 4,6 | 5,1 | 5,7 | 6,3 | 6,9 | 7,4 | 8,0 | 8,6 |
| | Th32 | 2,5 | 3,1 | 3,8 | 4,4 | 5,0 | 5,6 | 6,3 | 6,9 | 7,5 | 8,1 | 8,8 | 9,4 |
| Polyuréthane (PUR) | Th28 | 2,9 | 3,6 | 4,3 | 5,0 | 5,7 | 6,4 | 7,1 | 7,9 | 8,6 | 9,3 | 10,0 | 10,7 |
| | Th26 | 3,1 | 3,8 | 4,6 | 5,4 | 6,2 | 6,9 | 7,7 | 8,5 | 9,2 | 10,0 | 10,8 | 11,5 |
| | Th25 | 3,2 | 4,0 | 4,8 | 5,6 | 6,4 | 7,2 | 8,0 | 8,8 | 9,6 | 10,4 | 11,2 | 12,0 |
| | Th24 | 3,3 | 4,2 | 5,0 | 5,8 | 6,7 | 7,5 | 8,3 | 9,2 | 10,0 | 10,8 | 11,7 | 12,5 |
| | Th23 | 3,5 | 4,3 | 5,2 | 6,1 | 7,0 | 7,8 | 8,7 | 9,6 | 10,4 | 11,3 | 12,2 | 13,0 |
| Verre Cellulaire | Th50 | 1,6 | 2,0 | 2,4 | 2,8 | 3,2 | 3,6 | 4,0 | 4,4 | 4,8 | 5,2 | 5,6 | 6,0 |
| | Th45 | 1,8 | 2,2 | 2,7 | 3,1 | 3,6 | 4,0 | 4,4 | 4,9 | 5,3 | 5,8 | 6,2 | 6,7 |
| | Th42 | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,3 | 3,8 | 4,3 | 4,8 | 5,2 | 5,7 | 6,2 | 6,7 | 7,1 |

Les deux tableaux ci-après donnent la résistance thermique en fonction de l'épaisseur d'un isolant quelconque de conductivité thermique donnée, selon sa mise en œuvre (toute surface ou entre montants).

| | | Conductivité thermique du matériau (Th, en mW/m.K) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 |
| Épaisseur de l'isolant (cm) | 1 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| | 2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,9 |
| | 3 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 |
| | 4 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,7 |
| | 5 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 |
| | 6 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 |
| | 7 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 |
| | 8 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,5 |
| | 9 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,5 | 3,6 | 3,8 | 3,9 |
| | 10 | 2,5 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,3 |
| | 11 | 2,8 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,7 | 3,8 | 3,9 | 4,1 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 |
| | 12 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,8 | 3,9 | 4,0 | 4,1 | 4,3 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 5,0 | 5,2 |
| | 13 | 3,3 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,9 | 4,1 | 4,2 | 4,3 | 4,5 | 4,6 | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,4 | 5,7 |
| | 14 | 3,5 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,9 | 4,0 | 4,1 | 4,2 | 4,4 | 4,5 | 4,7 | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,4 | 5,6 | 5,8 | 6,1 |
| | 15 | 3,8 | 3,8 | 3,9 | 4,1 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,5 | 4,7 | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,4 | 5,6 | 5,8 | 6,0 | 6,3 | 6,5 |
| | 16 | 4,0 | 4,1 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,6 | 4,7 | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,3 | 5,5 | 5,7 | 5,9 | 6,2 | 6,4 | 6,7 | 7,0 |
| | 17 | 4,3 | 4,4 | 4,5 | 4,6 | 4,7 | 4,9 | 5,0 | 5,2 | 5,3 | 5,5 | 5,7 | 5,9 | 6,1 | 6,3 | 6,5 | 6,8 | 7,1 | 7,4 |
| | 18 | 4,5 | 4,6 | 4,7 | 4,9 | 5,0 | 5,1 | 5,3 | 5,5 | 5,6 | 5,8 | 6,0 | 6,2 | 6,4 | 6,7 | 6,9 | 7,2 | 7,5 | 7,8 |
| | 19 | 4,8 | 4,9 | 5,0 | 5,1 | 5,3 | 5,4 | 5,6 | 5,8 | 5,9 | 6,1 | 6,3 | 6,6 | 6,8 | 7,0 | 7,3 | 7,6 | 7,9 | 8,3 |
| | 20 | 5,0 | 5,1 | 5,3 | 5,4 | 5,6 | 5,7 | 5,9 | 6,1 | 6,3 | 6,5 | 6,7 | 6,9 | 7,1 | 7,4 | 7,7 | 8,0 | 8,3 | 8,7 |
| | 21 | 5,3 | 5,4 | 5,5 | 5,7 | 5,8 | 6,0 | 6,2 | 6,4 | 6,6 | 6,8 | 7,0 | 7,2 | 7,5 | 7,8 | 8,1 | 8,4 | 8,8 | 9,1 |
| | 22 | 5,5 | 5,6 | 5,8 | 5,9 | 6,1 | 6,3 | 6,5 | 6,7 | 6,9 | 7,1 | 7,3 | 7,6 | 7,9 | 8,1 | 8,5 | 8,8 | 9,2 | 9,6 |
| | 23 | 5,8 | 5,9 | 6,1 | 6,2 | 6,4 | 6,6 | 6,8 | 7,0 | 7,2 | 7,4 | 7,7 | 7,9 | 8,2 | 8,5 | 8,8 | 9,2 | 9,6 | 10,0 |
| | 24 | 6,0 | 6,2 | 6,3 | 6,5 | 6,7 | 6,9 | 7,1 | 7,3 | 7,5 | 7,7 | 8,0 | 8,3 | 8,6 | 8,9 | 9,2 | 9,6 | 10,0 | 10,4 |
| | 25 | 6,3 | 6,4 | 6,6 | 6,8 | 6,9 | 7,1 | 7,4 | 7,6 | 7,8 | 8,1 | 8,3 | 8,6 | 8,9 | 9,3 | 9,6 | 10,0 | 10,4 | 10,9 |
| | 26 | 6,5 | 6,7 | 6,8 | 7,0 | 7,2 | 7,4 | 7,6 | 7,9 | 8,1 | 8,4 | 8,7 | 9,0 | 9,3 | 9,6 | 10,0 | 10,4 | 10,8 | 11,3 |
| | 27 | 6,8 | 6,9 | 7,1 | 7,3 | 7,5 | 7,7 | 7,9 | 8,2 | 8,4 | 8,7 | 9,0 | 9,3 | 9,6 | 10,0 | 10,4 | 10,8 | 11,3 | 11,7 |
| | 28 | 7,0 | 7,2 | 7,4 | 7,6 | 7,8 | 8,0 | 8,2 | 8,5 | 8,8 | 9,0 | 9,3 | 9,7 | 10,0 | 10,4 | 10,8 | 11,2 | 11,7 | 12,2 |
| | 29 | 7,3 | 7,4 | 7,6 | 7,8 | 8,1 | 8,3 | 8,5 | 8,8 | 9,1 | 9,4 | 9,7 | 10,0 | 10,4 | 10,7 | 11,2 | 11,6 | 12,1 | 12,6 |
| | 30 | 7,5 | 7,7 | 7,9 | 8,1 | 8,3 | 8,6 | 8,8 | 9,1 | 9,4 | 9,7 | 10,0 | 10,3 | 10,7 | 11,1 | 11,5 | 12,0 | 12,5 | 13,0 |
| | 31 | 7,8 | 7,9 | 8,2 | 8,4 | 8,6 | 8,9 | 9,1 | 9,4 | 9,7 | 10,0 | 10,3 | 10,7 | 11,1 | 11,5 | 11,9 | 12,4 | 12,9 | 13,5 |
| | 32 | 8,0 | 8,2 | 8,4 | 8,6 | 8,9 | 9,1 | 9,4 | 9,7 | 10,0 | 10,3 | 10,7 | 11,0 | 11,4 | 11,9 | 12,3 | 12,8 | 13,3 | 13,9 |
| | 33 | 8,3 | 8,5 | 8,7 | 8,9 | 9,2 | 9,4 | 9,7 | 10,0 | 10,3 | 10,6 | 11,0 | 11,4 | 11,8 | 12,2 | 12,7 | 13,2 | 13,8 | 14,3 |
| | 34 | 8,5 | 8,7 | 8,9 | 9,2 | 9,4 | 9,7 | 10,0 | 10,3 | 10,6 | 11,0 | 11,3 | 11,7 | 12,1 | 12,6 | 13,1 | 13,6 | 14,2 | 14,8 |
| | 35 | 8,8 | 9,0 | 9,2 | 9,5 | 9,7 | 10,0 | 10,3 | 10,6 | 10,9 | 11,3 | 11,7 | 12,1 | 12,5 | 13,0 | 13,5 | 14,0 | 14,6 | 15,2 |
| | 36 | 9,0 | 9,2 | 9,5 | 9,7 | 10,0 | 10,3 | 10,6 | 10,9 | 11,3 | 11,6 | 12,0 | 12,4 | 12,9 | 13,3 | 13,8 | 14,4 | 15,0 | 15,7 |
| | 37 | 9,3 | 9,5 | 9,7 | 10,0 | 10,3 | 10,6 | 10,9 | 11,2 | 11,6 | 11,9 | 12,3 | 12,8 | 13,2 | 13,7 | 14,2 | 14,8 | 15,4 | 16,1 |
| | 38 | 9,5 | 9,7 | 10,0 | 10,3 | 10,6 | 10,9 | 11,2 | 11,5 | 11,9 | 12,3 | 12,7 | 13,1 | 13,6 | 14,1 | 14,6 | 15,2 | 15,8 | 16,5 |
| | 39 | 9,8 | 10,0 | 10,3 | 10,5 | 10,8 | 11,1 | 11,5 | 11,8 | 12,2 | 12,6 | 13,0 | 13,4 | 13,9 | 14,4 | 15,0 | 15,6 | 16,3 | 17,0 |
| | 40 | 10,0 | 10,3 | 10,5 | 10,8 | 11,1 | 11,4 | 11,8 | 12,1 | 12,5 | 12,9 | 13,3 | 13,8 | 14,3 | 14,8 | 15,4 | 16,0 | 16,7 | 17,4 |

**ATELIER « VILLAGES 2050 » N°1 : ANALYSE DU BATI
28 avril 2010**

Présents : M. Lechaudel Maire de Dammarie ; M. Huot Maire d'Epizon, M. Humblet Adjoint d'Epizon, Mme Bonnet, M. Legrand CODECOM de la Haute-Saulx ; M. Foudraïne Cmal/Pact Arim ; M. Maire CAUE de la Meuse, M.Gronthal conseil général de la Meuse ; Mme Bertin, M. Antoine, M. Flouest, M. Brouillard Pays Barrois, Mme Lanceau EIE ARCAD ; Mme Allaneau ADEME ; M. Weiland, M. Mouilleaux OPH Meuse ; M. Febvre FFB 52 ; M.Busseuil FFB 55 ; Mme Barth, M. Lochet, M. Leporini, M. Philippon, M. Kotnarovsky EDF

COMPTE-RENDU :

Adaptation de la grille de collecte (« diagnostics ») pour y ajouter une nouvelle classe « année de chauffage »

Etablir sur quelques cas types de logements une étude thermique plus poussée, par un BET agréé.
Un BET agréé devra valider les éléments techniques du cahier des charges

Prendre contact avec le GIP pour aborder potentiel de soutien (produits) et de mutualisation des approvisionnements.

Intégrer le fait que soit prévu un dispositif de suivi des consommations : pour faire un bilan dans un an (relevé de compteurs/consommations à faire réaliser par les habitants)

Prochain Atelier 5 mai 9H : lieu Mairie d'Epizon

- ➔ Retour sur la globalité des diagnostics de Dammarie sur Saulx
- ➔ Travail sur le référentiel technique (gardes fous) et types de bouquets de travaux
- ➔ Chantiers écoles et formations
- ➔ Echanges avec différents artisans et entreprises de Meuse et Haute-Marne et les acteurs du projet sur les aspects de référentiel technique et les différents types de matériaux
- ➔ Mutualisation des approvisionnements
- ➔ Des experts techniques (notamment FFB) établissent leurs avis sur l'Isolation thermique par l'Extérieur (ITE à 5 cm du sol, précautions particulières ...)
- ➔ Contrôles de conformité, tests de perméabilité

- Inviter SDAP et ABF ainsi que la Région (F Waterlot)

Atelier du 12 mai 9H : lieu Mairie de Dammarie sur Saulx

- Méthodologie de sensibilisation des habitants : qui, quand, quels sujets, dates...
- Caler la (les) date(s) de réunions de restitution début juin avec les habitants
- Travailler sur 2 niveaux d'accompagnement : 1^{er} niveau cible : division par 2 des besoins de chauffage (de déperditions) et 2eme niveau : aller plus loin encore

**ATELIER « VILLAGES 2050 » N°2 : REFERENTIEL TRAVAUX
05 mai 2010**

Présents : M. Huot Maire d'Epizon, M. Humblet Adjoint d'Epizon, M. Perotin Adjoint de Dammarie sur Saulx ; M. Legrand CODECOM de la Haute-Saulx ; Mme Bertin, Mme Pauly, M. Flouest Pays Barrois ; Mme Lanceau EIE ARCAD 52 ; M. Saily ARCAD ; M. Loustalot EIE 52 ; M. Diehl EIE sud 55 ; M. Tournois Capeb 55 ; M. Nicole, M. Febvre FFB52 ; M. Poirot Ent Poirot ; M. Moreno Maître d'œuvre ; M. Weiland, M. Mouilbeaux OPH Meuse ; M. Raoul MDE CG55 ; M. Perney AFPA 52 ; M. Lochet, M. Leporini, M. Philippon, M. Kotnarovsky EDF

COMPTE-RENDU :

Etablir sur quelques cas types de logements **une étude thermique plus poussée**, par un BET agréé.
Un BET agréé devra valider les éléments techniques du cahier des charges

Prendre contact avec le GIP pour aborder potentiel de soutien (produits) et de mutualisation des approvisionnements.

Intégrer le fait que soit prévu un dispositif de suivi des consommations : pour faire un bilan dans un an (relevé de compteurs/consommations à faire réaliser par les habitants).

EDF met à disposition des membres de l'Atelier sous la Base Partagée les **données anonymes de l'étude et des diagnostics**.

EDF complète la base de données par des éléments qualitatifs : sur les aspects de comportement ou décisionnel

EDF voit avec un BET les aspects de tests d'étanchéité (à faire lorsque 5 lots rénovés a minima, niveau maximum de débit d'air préconisé ?...)

EDF propose d'accompagner de manière spécifique uniquement les **rénovations globales sur les 5 lots** (toiture- combles, murs, plancher, ouvrants, VMC) ; sauf sur les lots ont déjà été rénovés dans le passé et s'ils sont au niveau des seuils de la RT dans l'Existant (valeurs « garde fous »)

Les échanges avec les artisans et entreprises de Meuse et Haute-Marne et les acteurs du projet sur les différents types de matériaux, notamment biosourcés ont montré qu'il fallait à la fois laisser le choix aux habitants sur les différents types d'isolants

respectant à la fois des niveaux de performances et de certification et également d'explorer 3 pistes dans le domaine des matériaux de type biosourcés :

- ➔ le **béton de chanvre** (présent notamment dans l'Aube). M. Nicole prend les contacts
- ➔ la **ouate de cellulose** (l'EIE évoque le fabricant Vosgien NRGAI). Anthony Leporini prend le contact
- ➔ la **laine ou fibre de bois** : M. Raoul a évoqué le Pole Fibre

Pour ces produits, le groupe a évoqué la piste de **mutualisation des approvisionnements**.

D'autre part, l'EIE nous communique le **guide des matériaux isolants**, qui pourrait servir lors des réunions de sensibilisation des habitants aux différents matériaux d'isolation (avantages/inconvénients...)

Atelier du 12 mai 9H : lieu Mairie de Dammarie sur Saulx

- ➔ Statistiques par type de travaux potentiels des logements de Dammarie
- ➔ Projet de référentiel technique applicable sur les Villages de Dammarie et Epizon
- ➔ Présentation du Guide des matériaux isolants (EIE Lorraine)
- ➔ Méthodologie de sensibilisation des habitants : qui, quand, quels sujets, dates...
- ➔ Caler la (les) date(s) de réunions de restitution début juin avec les habitants
- ➔ Travailler sur 2 niveaux d'accompagnement : 1^{er} niveau cible : division par 2 des besoins de chauffage (de déperditions) et 2^{eme} niveau : aller plus loin encore
- ➔ Projet de Chantiers écoles et formations (cahier des charges avec appel à projet)

Atelier du 19 mai 9H : lieu Mairie d' Epizon

- ➔ Des experts techniques (notamment FFB) établissent leurs avis sur l'Isolation thermique par l'Extérieur (ITE à 5 cm du sol, précautions particulières ...)

ATELIER « VILLAGES 2050 » N°3 :
12 mai 2010

Présents : M. Huot Maire d'Epizon, M. Humblot Adjoint d'Epizon, M. Lechaudel Maire de Dammarie sur Saulx ; Mme Bertin, M. Flouest Pays Barrois ; Mme Lanceau EIE ARCAD 52; M. Diehl EIE sud 55 ; M. Nicole, M. Husset professionnels du bâtiment ; M. David Merlier MNE ; M. Weiland, M. Mouilbeaux OPH Meuse ; M. Raoul MDE CG55 ; M. Dubois MDE CG55 ; ; M. Brilland Jonathan NrGaia ; M. Possemé le bâtiment associé ; M. Lochet, M. Leporini, M. Philippon, M. Kotnarovsky EDF

COMPTE-RENDU :

Présentation sur les **matériaux bio-sourcés** :

Intervention de M. Christophe Posseme, du Bâtiment Associé, sur la laine et le béton de chanvre.

Intervention M. Jonathan Brilland- Le Morellec sur les isolants à base de ouate de cellulose produits par NRGAI, dans les Vosges.

Pistes évoquées : chantiers pilotes menés avec certains groupements d'entreprises, transmission de savoir-faire aux professionnels locaux, mutualisation d'approvisionnements et de chantiers groupés

Présentation des **travaux induits** pris en charge dans le cadre des eco-ptz et des Grenel'Plus et discussion sur les travaux qui ne seraient pas pris en charge dans ce cadre.

La conclusion du débat : les travaux induits sont pris en charge pour certains (liste diffusée par le ministère) ; par contre, les financements spécifiques porteront sur les **lots thermiques uniquement**.

Présentation des montants d'Eco avantages selon les types de bouquets de travaux.

Le groupe a évoqué également la possibilité pour les propriétaires de solliciter les aides du Conseil Régional de Lorraine.

L'EIE a la connaissance du référentiel et peut donc présenter sur demande le montant des aides mobilisables auprès de la Région Lorraine pour chaque projet.

Dans tous les cas, la meilleure des solutions de financement sera à rechercher pouvant apporter le meilleur avantage aux particuliers concernés.

Le dispositif du Conseil Régional de Lorraine est **mis en PJ** de ce compte-rendu

Les conclusions des échanges ont indiqué que les groupements d'entreprises qui seront éligibles aux aides spécifiques de l'opération Villages 2050 devront être partenaires EDF du programme « En Meuse et en Haute-Marne, ensemble, économisons l'énergie » ; étant dans la démarche d'accompagnement économique local de la Meuse et de la Haute-Marne.

Les commandes passées par les collectivités le seront conformément au code des marchés publics.

Le Comité Partenaires FFB CAPEB 55 52 sera interrogé sur le fait que les groupements meusiens et haut-marnais puissent proposer leurs offres sur les 2 villages.

Revue et amendement du projet de référentiel technique en séance.

Ce dernier sera modifié avec la prise en compte des remarques formulées en séance et renvoyé aux membres de l'Atelier de travail pour finalisation

Nous saisissons des éléments sur les usages spécifiques et les mettrons à disposition

Nous avons déjà mis sous la base partagée Quicker le tableau des consommations de chauffage

Sur les aspects d'isolation par l'extérieur, les avis, les rappels réglementaires et recommandations d'experts , que ce soit notamment ceux de l'architecte des Bâtiments de France ou le SDAP, le CAUE ou encore un expert de la FFB seront intégrés, et devront être pris en considération par les professionnels et les particuliers

Anthony Leporini demandera à Mme Caussin-Delrue, du Conseil Général de la Meuse, le cahier des charges techniques du PIG, pour regarder les exigences demandées aux professionnels dans le domaine du suivi et de la mise en œuvre (photos...).

40 foyers pourraient selon une première approche établie par M. Fourdraine être éligibles au PIG.

Présentations du projet de cahier des charges de formations in situ : formations actions en amont du chantier et à l'occasion de tests de perméabilité (**cf. Pièce jointe**).

Premiers échanges sur les actions de sensibilisation des habitants

Deux types de réunions ont été actées :

Une 1^{ère} vers la mi juin de restitutions collective et individuelles des diagnostics et cahier des charges, annoncer aussi les aides du CMAL/ARIM , ... (date restant à fixer)

Puis une réunion par Village de type « salon Eco-Habitat » : permettant à l'ensemble des acteurs de l'opération d'être connus des habitants :EIE, CAUE, Mission Habitat du CG 55, H&D, Pays Barrois, EDF et aux groupements de professionnels de présenter leurs prestations et offres avec 2 dates déjà planifiées :

samedi 26 juin 10H 18H à Epizon

samedi 3 juillet 10H 18H à Dammarie sur Saulx

Le Pays Barrois fait état de la proposition d'opération collective d'information/sensibilisation présentée le 25 mars dernier et précise que cette opération ne pourra être mise en œuvre que sur demande et portage de la Codecom de la Haute Saulx ou de la Mairie de Dammarie.

L'EIE précise que son intervention pourra se faire dans la cadre d'une convention avec la commune de Dammarie sur Saulx.

Ces 2 points seront à finaliser le 19 mai

Atelier du 19 mai 9H : lieu Mairie d' Epizon

- ➔ Des experts techniques (notamment FFB) établissent leurs avis sur l'Isolation thermique par l'Extérieur (ITE à 5 cm du sol, précautions particulières ...)
- ➔ Appel à projet Groupements d'entreprises
- ➔ Restitutions des diagnostics d'EPIZON
- ➔ Relecture du cahier des charges techniques
- ➔ Finalisation de la sensibilisation des populations

ATELIER « VILLAGES 2050 » N°4 :
19 mai 2010

Présents : M. Huot Maire d'Epizon, M. Humblot Adjoint d'Epizon, M. Lechaudel Maire de Dammarie sur Saulx ; Mme Bertin, Pays Barrois ; Mme Lanceau EIE ARCAD 52; M. Loustalot EIE 52 ; Mme Guillaumot CAUE 52 ; M. Nicole, M. Uehli, M. Febvre FFB52, M. Possamaï Capeb 52 ; M. Tournois Capeb 55 ; M. Royer, M. Husset, professionnels du bâtiment ; M. Weiland OPH Meuse ; Mme Barth, M. Lochet, M. Leporini, M. Philippon, M. Kotnarovsky EDF

COMPTE-RENDU :

Présentation des éléments de **diagnostics sur Epizon** (cf. PJ)

Les caractéristiques de diagnostic initial sont assez comparables à celles de Dammarie (50% de fenêtres déjà changées par exemple...)

Dans la partie sensibilisation, les membres de l'Atelier auront à déployer un **argumentaire spécifique pour les affouagistes**, dont le budget actuel « chauffage » est limité (confort, praticité...)

Présentation du **projet de référentiel technique** pour les logements particuliers (Version 5).

Chaque membre de l'Atelier fait remonter d'ici le 26 mai ses remarques complémentaires.

Ce référentiel sera relu et validé par un bureau d'études thermiques et la demande a été adressée à Fluid Concept. Fluid concept présentera le 2 juin ses conclusions

Un Comité technique sera constitué incluant un BET pour traiter les cas devant déroger au référentiel technique et devra statuer sur l'acceptation des dérogations ou formuler des alternatives techniques

Ce Comité technique servira à faire un retour d'expériences qui permettra d'enrichir le référentiel technique régulièrement.

Sur la partie **sensibilisation des habitants**, il a été convenu que 2 soirées de restitutions collectives et individuelles des diagnostics auront lieu :

Le 17/6/2010 : à Epizon : 18H

Le 24/6/2010 : à Dammarie à partir de 18H30

Ces soirées réuniront les acteurs de ce projet notamment : Commune, CODECOM, Pays, CG, EIE, EDF, entreprises ; et permettront une **première sensibilisation** des habitants sur l'intérêt de travaux de rénovation globale.

Deux journées permettront ensuite aux habitants d'entrer en contact avec les professionnels ayant répondu à l'appel à projet en groupements d'entreprises, qui présenteront leurs offres et prestations
-> les **Eco-Rencontres de la Rénovation de l'Habitat** à Epizon – le 26 juin de 10H à 18H

➔ les **Eco-Rencontres de la Rénovation de l'Habitat** à Dammarie sur Saulx - le 03 juillet de 10H à 18H

Ces eco-rencontres mobiliseront aux cotés des professionnels notamment : les EIE, l'ANAH, EDF, Commune et CODECOM, CAUE, BET, CG, Pays, Pact Arim...

Un programme de sensibilisation sur l'année sera construit en lien avec les collectivités, pour sensibiliser dans la durée les habitants. Ce programme sera finalisé lors de l'atelier suivant. Le groupe a évoqué l'idée de chantiers « école » liés aux quelques « super volontaires » pionniers qui pourraient « organiser la démonstration » et participer à la phase de sensibilisation/pédagogie

Atelier du 26 mai 9H : lieu Mairie de Dammarie

- ➔ Des experts techniques (notamment FFB) établissent leurs avis sur l'Isolation thermique par l'Extérieur (ITE à 5 cm du sol, précautions particulières ...)
- ➔ **Projet d'Appel à projet** Groupements d'entreprises
- ➔ Intervention du **fabricant de chaudières** Bois Hargassner
- ➔ Relecture du référentiel technique
- ➔ Finalisation du programme de sensibilisation des populations sur 2010

**ATELIER « VILLAGES 2050 » N°5 :
26 mai 2010**

COMPTE-RENDU :

Intervention du **fabricant de chaudières** Bois Hargassner

Chaudière Puissance jusqu'à 200 kW ; cascade possible de 2 ou 3 chaudières Bois pour les réseaux de chaleur.

Une ou des visites d'installations de réseau de chaleur bois pourra faire partie du programme de sensibilisation.

Hargassner nous fait des propositions de sites à visiter et d'autre part Jacques Grondhal, du Conseil Général, communiquera ce qui a été fait dans le cadre de Meuse Energies Nouvelles.

Pour les 2 soirées de restitutions des diagnostics aux habitants, le groupe propose aux autorités publiques de prendre la parole pour expliquer ce que leurs services réalisent comme missions et leurs modalités d'intervention.

le 17 juin : à Epizon : 18H interventions du CG, CODECOM, Commune, ADEME et EIE, Préfecture, et identification des parties prenante.

le 24 juin à Dammarie sur Saulx à partir de 18H30 : interventions du CG, CODECOM, Pays, Commune, ADEME et EIE et identification des parties prenantes.

Le Pays Barrois a rappelé l'intérêt d'une action collective de sensibilisation dans la durée, qui pourrait impliquer notamment: l'EIE, le CAUE, la CCI... Un tour de table des acteurs intéressés doit être mené pour finaliser le dossier qui pourrait bénéficier de fonds Leader.

David Raoul de la Maison de l'Emploi a proposé que soit envisagé avec les groupements le souhaitant un partenariat avec Pole Emploi pour favoriser la formation de personnes en insertion sur certaines rénovations des Villages 2050.

Atelier du 2 juin 9H : lieu Epizon

- ➔ Remarques sur l'appel à projet pour les Groupements d'entreprises
- ➔ Projet des aides financières et simulation financière
- ➔ Version finale du référentiel technique
- ➔ Finalisation du programme de sensibilisation des populations sur 2010

Acte d'Engagements

pour un accompagnement efficace du Maître d'ouvrage pour la réalisation de son projet de rénovation énergétique – document en vigueur au 16 juin 2010

ARTICLE 1er - GENERALITES:

EDF lance le 16 juin 2010, en lien avec les conseils généraux de Meuse et de Haute-Marne un appel à projets sur les maisons individuelles existantes afin d'en réduire la consommation énergétique (ci-après désigné l'« Appel à projets ») dont le règlement APPEL A PROJETS « VILLAGES 2050 » (ci-après désigné « Le Règlement ») est disponible sur le site www.grenelplus.fr

ou sur simple demande par mail ou courrier auprès de EDF à l'adresse suivante : EDF, Cellule Qualité, 1 rue Gabriel Voisin – BP 1042 – 51688 REIMS Cedex 2 ou par mail à alain.chauvet@edf.fr ou laurent.jallon@edf.fr

Cet Appel à projets a pour but d'inciter le maître d'ouvrage qui a un projet de rénovation thermique qui répond aux critères fixés à l'article 3.2 du Règlement (ci-après désigné « le Projet ») à faire réaliser ces travaux par un professionnel du bâtiment, personne physique ou morale, intervenant dans le domaine de la rénovation énergétique (ci-après désigné « Le Prestataire ») qui se sera au préalable engagé à respecter le présent Acte d'engagements ainsi que le Règlement.

ARTICLE 2 - OBJET DE L'ACTE D'ENGAGEMENTS :

Le présent acte d'engagements (dénommé ci-après « l'Acte d'engagements ») énonce les engagements que prend le Prestataire vis à vis des départements de Meuse et de Haute-Marne et d'EDF, ainsi qu'à l'égard du maître d'ouvrage des travaux de rénovation énergétique (ci-après « le Maître d'Ouvrage ») afin de l'accompagner efficacement dans son projet de rénovation et lui permettre d'obtenir un résultat de qualité.

Le Prestataire qui s'engage à respecter l'ensemble des engagements précisés dans le Règlement et dans l'Acte d'engagements pour les projets de rénovation qu'il réalisera, est seul autorisé à concourir à l'Appel à projets organisé par EDF (ci-après « les Organismes »).

Pour se faire, le Prestataire devra au préalable retourner, signé et paraphé sur toutes les pages, le présent Acte d'engagements - revêtu de la mention suivante « *Je m'engage à respecter l'ensemble des engagements visés dans le présent Acte d'engagements pour tout projet de rénovation thermique présenté dans le cadre de l'Appel à projets « Villages 2050 ».* » - à l'adresse suivante : : EDF, Cellule Qualité, 1 rue Gabriel Voisin – BP 1042 – 51688 REIMS Cedex 2 ou par mail à alain.chauvet@edf.fr ou laurent.jallon@edf.fr

Le Prestataire soussigné, accepte que le présent Acte d'engagements peut être modifié unilatéralement, à tout moment et sans préavis par les Organismes. Dans cette hypothèse, les Organismes informeront par écrit chaque Prestataire déjà signataire et demanderont à ce Prestataire de signer le nouvel Acte d'engagements

et de le renvoyer aux Organismes s'il souhaite toujours pouvoir concourir à l'Appel à projets.

Tant que le nouvel Acte d'engagements ne sera pas retourné signé, le Prestataire reconnaît qu'il ne pourra plus présenter de nouveaux dossiers postérieurs à la date de modification du nouvel Acte d'engagements.

Engagements du signataire :

Nom :

Prénom :

Qualité :

du signataire

N° Agrément DOMOFINANCE :

entreprise générale (rubrique A) *

groupement d'entreprises *, agissant en tant que mandataire (désigné à la rubrique A. ci-dessous) de ce groupement d'entreprises, habilité par l'ensemble du ou des cotraitant(s) de ce groupement désigné(s) à la rubrique B. ci-après à signer le présent Acte d'engagements en vertu du document d'habilitation en date du (joint en annexe)

groupement solidaire*

groupement conjoint*

mandataire solidaire*

mandataire non solidaire*

*cocher la case qui convient

Rubrique A. :

Raison sociale :

.....
.....

Adresse :

Code postal :

Bureau distributeur :

Téléphone :

Fax :

Courriel :

Numéro SIRET :

Numéro au registre du commerce :

Ou au répertoire des métiers :

Ou au RCS :

Code NAF :

N°Agrément DOMOFINANCE :

Rubrique B :

En cas de groupement composé du mandataire indiqué à la rubrique A du groupement ainsi que du ou des cotraitants suivants :

Cotraitant n°1 :

Raison sociale :

.....
.....

Adresse :

Code postal :

Bureau distributeur :

Téléphone :

Fax :

Courriel :

Numéro SIRET :

N°Reg. com. :

N°rép. Métiers :

Ou au RCS :

Code NAF/APE :

N°Agrément DOMOFINANCE :

Suite de la Rubrique B :

Cotraitant n°2 :
Raison sociale :
.....
.....
.....
Adresse :
.....
Code postal :
Bureau distributeur :
Téléphone :
Fax :
Courriel :
Numéro SIRET :
N° Reg. com. :
N° rép. Métiers :
Ou au RCS :
Code NAF/APE :

N° Agrément DOMOFINANCE :

Cotraitant n°3 :
Raison sociale :
.....
.....
.....
Adresse :
.....
Code postal :
Bureau distributeur :
Téléphone :
Fax :
Courriel :
Numéro SIRET :
N° Reg. com. :
N° rép. Métiers :
Ou au RCS :
Code NAF/APE :
N° Agrément DOMOFINANCE :

Cotraitant n°4 :
Raison sociale :
.....
.....
.....
Adresse :
.....
Code postal :
Bureau distributeur :
Téléphone :
Fax :

N° Agrément DOMOFINANCE :

Courriel :

Numéro SIRET :

N° Reg. com. :

N° rép. Métiers :

Ou au RCS :

Code NAF/APE :

N° D'agrément DOMOFINANCE :

ci-après dénommé(s) indifféremment « je » ou « nous » ou le(s) « Prestataire(s) »

Déclare (déclarons) sur l'honneur :

- avoir au préalable effectué les démarches et formalités administratives nécessaires prévues par les dispositions en vigueur et nécessaires à l'exercice de mon (notre) activité,
- posséder les compétences professionnelles nécessaires, acquises par une formation initiale ou continue, et/ou par une pratique confirmée,
- être à jour de mes (nos) obligations sociales et fiscales et disposer en permanence des assurances légalement obligatoires (assurance décennale notamment) ainsi que d'une couverture Responsabilité Civile Professionnelle, couvrant les prestations et travaux que je (nous) réalise(ons) auprès du Maître d'Ouvrage, garantissant les conséquences pécuniaires de sa (notre) responsabilité en cas de dommages de toute nature causés au tiers et à ses clients,
- Avoir une convention de partenariat avec EDF « En Meuse et en Haute-Marne, ensemble, économisons l'énergie » valide à date
- ne pas faire l'objet, à la date de signature de l'Acte d'engagements, ou n'a pas fait l'objet pendant l'année précédant la signature de l'Acte d'engagements, d'une procédure ou de l'ouverture d'une procédure de redressement et/ou de liquidation judiciaire,

Je m'engage (nous nous engageons) également sans réserve, conformément aux dispositions du Règlement et du présent Acte d'engagements à respecter l'intégralité des engagements suivants pour tout Projet que j'(que nous) adresserai(ons) aux Organismes à l'adresse suivante : EDF, Cellule Qualité, 1 rue Gabriel Voisin – BP 1042 – 51688 REIMS Cedex 2 conformément aux dispositions du Règlement de l'Appel à projets.

Ainsi, soumis à une obligation de conseil, je (nous) m'(nous)engage(ons) à :

2.1. Accompagner efficacement le Maître d'Ouvrage en amont du projet de rénovation :

Le Prestataire s'engage à accompagner le Maître d'Ouvrage afin de l'aider dans sa prise de décision concernant son projet de rénovation thermique.

A cette fin, le Prestataire s'engage à exercer un rôle de conseil dans la préparation de ce Projet et notamment à :

- assister le Maître d'ouvrage dans la réalisation des demandes administratives en conformité avec le code de l'urbanisme
- réaliser un **bilan initial des consommations énergétiques** et de l'état du bâtiment à l'aide du logiciel BAO® Promodul niveau pro expert à minima (ou équivalent) ou des règles Th C-E ex ;
- formuler un projet de rénovation thermique (technique et économique) portant sur l'ensemble des parois opaques (murs, toit et sol), parois vitrées et la ventilation conformes au référentiel technique attendu dans le cadre de l'Appel à projet « VILLAGES 2050 » décrit à l'annexe 6 du règlement de l'Appel à projets (ci-après désignée « le **Référentiel technique** »);
- Respecter la totalité du cahier des charges sauf dans l'hypothèse où un ou plusieurs des postes du logement seraient conformes aux exigences de la RT dans l'existant en vigueur,
- Les offres sont examinées par la cellule de validation technique d'EDF ; qui pour tout cas spécifique, saisira un **Comité de validation Technique collectif** « VILLAGES 2050 »
- réaliser un bilan thermique projeté après travaux à l'aide du logiciel BAO® Promodul niveau pro expert à minima (ou équivalent) ou des règles Th C-E ex ;
- assister le Maître d'Ouvrage dans son dépôt de demande de label auprès de Promotelec si celui-ci le souhaite ;
- porter à la connaissance du Maître d'Ouvrage le présent Acte d'engagements ;
- informer le Maître d'Ouvrage sur les démarches nécessaires, en particulier celles relatives aux déclarations préalables de travaux.
- Informer le MOA et l'assister sur l'ensemble des dispositifs d'aides existants et l'assister sur la préparation des différents documents de demande d'aides

2.2. Contractualiser ses engagements avec le Maître d'Ouvrage :

Le Prestataire s'engage à réaliser et à remettre une proposition chiffrée au Maître d'Ouvrage, selon ses conditions économiques et financières habituelles dans le respect des dispositions en vigueur relatives notamment à la liberté des prix et de la concurrence, au droit fiscal, à la protection du consommateur, sans que cette liste soit limitative ou exhaustive. Cette proposition chiffrée sera établie à partir notamment du ou des devis correspondant aux travaux tels que décrits dans son offre globale de rénovation thermique.

Cette proposition chiffrée devra comprendre au minimum :

- Le descriptif des travaux à réaliser de chaque lot (y compris lot étanchéité à l'air si nécessaire pour l'atteinte de la performance étanchéité attendue) et leur coût,
- le respect du présent Acte d'engagements et du règlement de l'Appel à projets « Villages 2050 »,
- Et Le prix global et forfaitaire du Projet.

Le ou les devis ainsi que le contrat seront joints en annexe de la proposition.

Le Prestataire fournira également au Maître d'Ouvrage les attestations d'assurances professionnelles se rapportant aux prestations et aux travaux proposés dans le cadre de la proposition chiffrée.

Une fois la proposition chiffrée acceptée par le Maître d'Ouvrage, le Prestataire s'engage à signer avec ce dernier un contrat qui reprendra à minima l'ensemble des engagements du Prestataire et du Maître d'Ouvrage décrits dans le présent Acte d'engagements.

2.3. Concernant la phase de réalisation des travaux :

Le Prestataire, dans le cadre de la réalisation du projet de rénovation thermique, s'engage à :

- assurer la **coordination des travaux** de rénovation thermique pour atteindre le niveau de performance et de mise en œuvre attendus dans le Référentiel technique,
- réaliser les travaux commandés dans le respect des règles de l'art, normes et textes réglementaires applicables, et selon les modalités prévues dans le contrat,
- **sensibiliser les différents intervenants sur la parfaite étanchéité à l'air** attendue du projet de rénovation (La perméabilité à l'air de la maison sous une dépression de 4 pascals devra être, après travaux de rénovation, inférieure à la valeur précisée dans le Référentiel technique, le cas échéant),
- assister et faire assister les différents intervenants du chantier à une formation à l'étanchéité à l'air si celle-ci est organisée par le groupe EDF
- apporter les solutions techniques pour la bonne mise en œuvre de l'étanchéité à l'air et s'assurer de la réalisation de celles-ci par les différents intervenants, le cas échéant
- et s'assurer que les travaux et matériaux installés sont conformes aux spécifications techniques telles que décrite dans le Référentiel technique mais également au contrat signé entre le Maître d'Ouvrage et le Prestataire

2.4. Concernant le contrôle des travaux :

Le Prestataire s'engage à :

- faire réaliser le cas échéant, un test d'étanchéité à la fin des travaux par un bureau de contrôle selon les modalités prévues par le règlement de l'Appel à projets « Villages 2050 » ;

- apporter ou faire apporter les corrections nécessaires suite au test d'étanchéité ou aux remarques du bureau de contrôle, si la performance attendue n'est pas atteinte ;
- s'assurer que l'ensemble des travaux réalisés et matériaux installés sont conformes aux spécifications techniques telles que décrites dans le Référentiel technique mais également aux devis proposés ;
- et apporter ou faire apporter les corrections nécessaires si le Référentiel technique n'est pas atteint.

2.5. Réception des travaux:

Le Prestataire s'engage à :

- Assister le Maître d'Ouvrage lors de la phase de réception des travaux,
- Et mettre en œuvre tous les travaux de reprise nécessaire à la levée des éventuelles réserves.

ARTICLE 3 – DUREE DES ENGAGEMENTS :

Je (nous) reconnais(sons) que mes (nos) engagements dans le cadre de l'Acte d'engagements se terminent lorsque pour chaque Projet, je (nous) les ai (avons) intégralement respectés.

Fait à, le

Le Prestataire,

Signature précédée de la mention manuscrite suivante : « Je m'engage à respecter l'ensemble des engagements visés dans le présent Acte d'engagements pour tout projet de rénovation thermique présenté dans le cadre de l'Appel à projets « Villages 2050 »

Signature par la personne morale chef de file (mandataire) ou par toutes les entreprises

■ Public

Les professionnels (du dirigeant au compagnon) qui interviendront dans le cadre du projet « Villages 2050 Meuse & Haute Marne » et d'autres artisans qui souhaiteront se former afin de mettre ensuite en œuvre des démarches de rénovations globales performantes.

■ Objectifs

- * Former tous les intervenants aux conditions d'une rénovation globale performante

- * Développer la capacité d'expertise thermique et l'évaluation des projets

- * Mettre en œuvre des solutions techniques dépassant les exigences de la RT 2012 et conformes au cahier des charges « rénovation globale performante : village 2050 »

- * Créer une dynamique de groupe entre les artisans : objectif commun de performance à l'étanchéité

- * Accès au challenge : « Partenariat Meuse & Haute-Marne : Economisons l'énergie ».

■ Contenu global

Module 1.1 :

Les caractéristiques du bâtiment dans les respects des règles de l'art , normes et textes réglementaires applicables et cahier des charges « rénovation globale performante : village 2050 »

Durée : 1 jour

- ½ jour : formation générale et sensibilisation aux faiblesses techniques à améliorer
- ½ jour : étude de cas sur le chantier

Module 1.2-1 : Formation Action « Chantier PIERRE »

- Rappels sur la parfaite étanchéité à l'air du bâtiment & formation à la mise en œuvre : techniques et matériaux

Durée : 1 jour (des ½ journées positionnées aux moments clefs du chantier)

Module 1.2-2 : Formation Action « Chantier PARPAING AGGLOMERE »

Durée : 1 jour (idem module 1.2)

Module 1.2-3 : Formation Action « Chantier BRIQUE »

Durée : 1 jour (idem module 1.2)

La formation est basée sur 2 jours (module 1.1 et 1 module 1.2)

La formation pourra être complétée par 1 ou 2 autres modules 1.2 optionnels (dossiers de financement complémentaires).

*Nota : nous avons identifié **3 types de construction** qui induisent des préconisations différentes donc des formations différentes de 2 x ½ j (nature des matériaux, architecture, chaleur surfacique, confort d'été, etc ...).*

■ Contenu détaillé

Module 1.1. Premier jour avant le démarrage du chantier :

Rappel des caractéristiques du bâtiment dans le respect des règles de l'art, normes et textes réglementaires applicables et cahier des charges « rénovation globale performante : village 2050 » :

- identifier les technologies d'amélioration énergétique des bâtiments résidentiels ou tertiaires existants :

- isolation toiture
 - isolation des murs (par l'intérieur ou par l'extérieur)
 - isolation des fenêtres et ouvrants
 - isolation en sous face des planchers (si réalisable)
 - ventilation
- mise en œuvre des technologies d'isolation des parois verticales opaques et des planchers bas
- mise en œuvre des technologies d'isolation des toitures et des planchers hauts
- mise en œuvre des technologies liées aux ouvrants, fermetures et protections solaires
- mise en oeuvre des technologies de ventilation (VMC).

Les faiblesses techniques à améliorer pour une rénovation performante :

- rappel sur le fonctionnement thermique du bâtiment
- les ponts thermiques intégrés et les ponts structurels
- l'impact d'une mauvaise étanchéité à l'air en rénovation
- technique permettant une continuité thermique optimale
- principe de perspiration des parois sur le bâti ancien (pathologies liées aux techniques et matériaux employés)

- durée de vie et performances des matériaux :
 - présentation d'échantillons
 - prise en compte de tous les critères thermiques dont l'inertie et la chaleur surfacique, ...

Etude de cas sur le chantier et processus de mise en œuvre

Module 1.2 (pierre)

Formation action en cours de réalisation du chantier : moments clefs (2x 1/2 j)

Rappel sur l'étanchéité à l'air d'un bâtiment :

- comprendre les enjeux de la perméabilité à l'air des bâtiments vis-à-vis de la réglementation et vis-à-vis de la garantie de qualité
- identifier les principaux défauts récurrents d'étanchéité
- connaître les points clés d'une bonne étanchéité à l'air
- comprendre et analyser les résultats des tests d'étanchéités sur les bâtiments rénovés.

Formation action aux moments clefs du chantier :

- raccords d'étanchéité à l'air notamment autour des huisseries
- ventilation

- fabrication et pose des structures doubles ou simples et des écrans-vapeur
- choix des matériaux en fonction des supports et de l'efficacité recherchée
- choix des techniques spécifiques.

Formation & évaluation du cas rencontré :

- point sur les matériaux et techniques utilisées
- identification des points forts et des faiblesses
- évaluation de l'impact en terme de maîtrise de l'énergie (avant et après travaux).

Module 1.3 (parpaing aggloméré) idem

Module 1.4 (brique) idem

■ Durée : de 2 à 4 jours (8 heures / jour)

1 jour : Les caractéristiques du bâtiment dans les respects des règles de l'art , normes et textes réglementaires applicables, cahier des charges « rénovation globale performante : village 2050 »

et étude de cas sur le chantier (point de départ des travaux).

1 jour x 3 types de chantier : formation action en cours de réalisation du chantier & la parfaite étanchéité à l'air d'un bâtiment.

■ Dates (à définir)

A l'ouverture du chantier : les caractéristiques du bâtiment dans les respects des règles de l'art , normes et textes réglementaires applicables, cahier des charges « rénovation globale performante : village 2050 »

En cours de travaux et aux moments clefs : Suivi et analyse & étanchéité à l'air d'un bâtiment

■ Tarif (20 € x 8 heures = 160 € /jour)

160,00 €/jour/personne pour les 2 x 4 sessions expérimentales

■ Validation

Chaque participant se verra remettre un pass-formation lui ouvrant l'accès au chantier

■ Lieu de réalisation

Dammarie Sur Saulx et Epizon

■ Vos interlocuteurs

AMIFOP, 8 Parc Bradfer, 55000 Bar-Le-Duc

03 29 79 36 55

Contact

Christine AUTIER

christin.autier@amifop.fr

Afpa Haute-Marne, 66 avenue du Général Giraud, 52100 Saint Dizier

03 25 56 19 97

Chargée de Clientèle

Yvelise BERTAUD

yvelise.beraud@afpa.fr

06 72 88 58 04

Assistante

Nathalie BRAWAND

nathalie.brawand@afpa.fr

03 25 56 98 05

Formateur
25 56 98 07

Arnaud POINSEL

arnaud.poinsek@afpa.fr

03

■ Méthodes et supports pédagogiques

Lors du démarrage du stage, un premier moment est consacré à une rapide présentation mutuelle, ainsi que les objectifs individuels et collectifs de l'opération VILLAGE 2050.

La méthode pédagogique développée par l'AFPA et l'AMIFOP pour ce projet se caractérise par 2 éléments clés :

D'une part un **apprentissage "proactif"** qui développe chez les salariés l'autonomie nécessaire dans leur travail quotidien dans le cadre de leur emploi. En effet, après une séquence de présentation de la formation et d'ajustement/personnalisation du programme court, chaque salarié met en œuvre son parcours de formation accompagné par le formateur AFPA & AMIFOP.

A chaque étape celui-ci présente, fait la démonstration, explique, corrige et valide le passage à la séquence suivante.

D'autre part, une **pédagogie centrée sur l'apprenant et ancrée sur les mises en situations professionnelles**. Dans le cas présent c'est le chantier « école » qui facilitera la mise en œuvre de cette pédagogie.

Le formateur met en œuvre une démarche pédagogique en fonction du niveau du public accueilli, des styles d'apprentissage, des difficultés d'apprentissage rencontrées, du contenu de la formation et des objectifs à atteindre. Le formateur a recours à différentes méthodes pédagogiques :

affirmative (apports théoriques, exposés, démonstrations,...), participative (questionnement) ou active (mises en situation, étude de cas, travaux de groupe, ...).

Le formateur favorisera **la dynamique de groupe autour d'objectifs communs** de réussite du projet de performance globale.

**ANNEXE C5.SA.2.4.A. – AFFICHE DE LA REUNION PUBLIQUE DE
DAMMARIE-SUR-SAULX**



**ANNEXE C5.SA.2.4.B. – FLYER AUX HABITANTS POUR LA REUNION
PUBLIQUE D'EPIZON**

PROGRAMME D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE **Epizon / Réunion d'information** JEU. 22 AVRIL / SALLE DES FÊTES / À 18 HEURES

Une démarche conjointe entre la Commune, EDF, le Conseil Général de la Haute-Marne, la Communauté de communes, l'ADEME... concernant les économies d'énergie va être menée sur notre commune.

Une réunion d'information vous est proposée
le samedi 22 avril à 18h à la salle des fêtes,

afin de vous présenter les modalités précises de l'opération construite avec EDF. Vous êtes attendus nombreux à ce rendez-vous, vous y recevrez toutes les informations souhaitées et pourrez poser toutes vos questions.

La démarche proposée par EDF et le Conseil Général dans notre village, est de procéder à des diagnostics thermiques sur l'ensemble des logements et bâtiments, afin d'avoir une bonne représentation de la situation énergétique et thermique des bâtiments, de calculer les niveaux de déperditions, d'isolation, etc...

Cette opération, qui doit être la plus complète possible, donnera une idée précise de l'état actuel de performance de nos logements et des sources potentielles d'économie d'énergie.

Ces diagnostics seront réalisés courant avril ; puis EDF nous restituera les conclusions des analyses de ces diagnostics et nous pourrons ensuite, courant mai, travailler sur des pistes de solutions techniques pour économiser davantage l'énergie.

Ces diagnostics sont sans engagement ultérieur, ils sont gratuits (coût pris en charge par EDF) et seront menés par des agents connus de la municipalité.

Vous pourrez le soir de la réunion prendre directement RDV avec le diagnostiqueur d'EDF sur le créneau souhaité.

Au 22 avril, venez nombreux !

Monsieur le Maire d' Epizon





DAMMARIE SUR SAULX

Bulletin n°92

Avril 2010

L'écho du village

LE MOT DU MAIRE

**DIRECTEUR DE
PUBLICATION**

Christian LECHAUDEL

**REDACTION : Promotion et
Développement de l'Activité
Communale**

**Régine VICTORION,
Jean-Paul LAFLOTTE,
Patrick RAULIN,
Nathalie PONSIGNON,
Pascale RAULOT,
Stéphanie GARCONNET**

Comme chacun sait, maîtriser l'énergie c'est avant tout l'économiser en s'inscrivant principalement sur l'isolation.

EDF va financer sur notre village, un diagnostic gratuit pour tous les habitants qui le souhaitent. Les besoins vont être quantifiés et des prix attractifs pour les travaux d'isolation seront proposés pour ceux qui les accepteront.

Cette action s'inscrit dans le cadre d'un partenariat entre EDF, le Conseil Général, les entreprises du bâtiment et la commune. Ce projet va beaucoup plus loin que ce qui était proposé jusqu'alors ; c'est faire de Dammarie un village pilote pour une application concrète des nouvelles normes envisagées à l'horizon 2050, dans les domaines de l'isolation et des consommations énergétiques dans le cadre du Grenelle de l'environnement.

Le Maire,
Christian LECHAUDEL

CHECK LIST
AVANT ENVOI RDV OTX RBC

- Le(s) logement(s) construit(s) **avant 1990**

- C'est le **demandeur** (le futur emprunteur) qui est **propriétaire** du bien

- Le bâtiment est initialement prévu à **usage d'habitation / le local a –t-il été habité avant /**
pouvez nous fournir la taxe d'habitation / ou acte notarié

- Il s'agit de la **résidence principale** du propriétaire ou mise en location d'ici 6 mois

- Il s'agit d'un projet impliquant **plusieurs lots d'isolation et a priori tous les lots de l'enveloppe non conformes à la RT dans l'existant (murs, combles, ouvrants, plancher, vmc)**

- le projet de rénovation doit se faire **dans les 6 mois à venir** au maximum

- le ou les installateur(s) pressenti(s) ou déjà choisi(s) sont des installateurs **partenaires** du programme ou sont en cours de conventionnement avec EDF (les travaux se feront avec des partenaires EDF du programme MDE5255)

- Les **travaux ne sont pas commencés** (pas de prêt possible si travaux commencés)

- Si SCI, il s'agit d'une **SCI familiale (non soumise à l'impôt sur les sociétés, sera au nom du client et non de la SCI)**

- Il n'y a **pas déjà eu d'autre « ECO PTZ »** (au sens de l'état) dans ce(s) logement(s) (ptz mono-lot EDF antérieurs possibles)

- Y a-t-il d'autres dossiers de subvention en cours pour ce projet

Si oui Lesquels : Ces subventions sont elles soumises à cession des CEE ?

EDF a bien le rôle moteur dans le cadre de la loi POPE (1 seul obligé)

Age du client (**doit avoir atteint 81 ans avant fin du prêt**, ECO PTZ compris entre 3 et 10 ans)

Le Client a des aides de L'ANAH ou du Conseil général (Passage du dossier en RBC Solidaire)

OPÉRATION VILLAGE 2050

AUDIT ÉNERGÉTIQUE
Dammarie sur Saulx

Éclairage public

Maîtrise d'œuvre :

Fluid'CONCEPT

N° 280 - ZAC de la Petite Champagne - BP 119
88303 NEUFCHATEAU CEDEX

tél. : 03.29.94.15.34. - fax : 03.29.94.28.81. e-mail : fluid-concept@fluid-concept.fr



Date : 09 juin 2010

L'audit énergétique présent est réalisé pour le compte de la **Commune de DAMMARIE-sur-SAULX**.

Le présent document traite de l'éclairage public de la commune de DAMMARIE-sur-SAULX

L'étude portera sur la recherche d'améliorations énergétiques et techniques

Ce diagnostic est présenté sous la forme de :

- 1 - Fiche d'identité Armoire "PETITE RUE"
- 2 - Fiche d'identité Armoire "RUE DE VERDUN"
- 3 - Fiche d'identité Armoire "RUE DU GRAND JARDIN"
- 4 - Fiche d'identité Armoire "RUE DU FOURNEAU"
- 5 - Fiche d'identité Armoire "RUE DE MORLEY"
- 6 - Fiche d'identité Armoire "RUE DES ROMAINS"
- 7 - Récapitulatif
- 8 - Luminaires existants et projet
- 9 - Estimation des travaux
- 10 - Conclusion

Audit énergétique de l'éclairage public

Armoire "PETITE RUE"

| EMPLACEMENT | NOMBRE | SOURCE EXISTANT | | | SOURCE PROJET | | | PUISSANCE EXISTANT (W) | PUISSANCE PROJET (W) |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------|------------|---------------|---------------|--------------|------------------------|----------------------|
| | | TYPE | PUISSANCE (W) | LUMINAIRE | TYPE | PUISSANCE (W) | LUMINAIRE | | |
| Petite Rue | 5 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 100 | TYPE 4 | 625 | 500 |
| Place de la Mairie | 2 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 100 | TYPE 4 | 250 | 200 |
| Place du Prieuré | 3 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 70 | TYPE 4 | 375 | 210 |
| Place du Prieuré | 4 | HAL | 500 | PROJECTEUR | HAL | 500 | NON REMPLACE | 2 000 | 2 000 |
| Rue de Brauvilliers | 5 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 100 | TYPE 4 | 625 | 500 |
| La Grande Rue | 6 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 100 | TYPE 4 | 750 | 600 |
| Rue des Rosiers | 1 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 70 | TYPE 4 | 125 | 70 |
| Ruelle des Chennevières | 1 | SHP | 100 | TYPE 3 | SHP | 100 | NON REMPLACE | 100 | 100 |
| Avenue de Verdun | 6 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 100 | TYPE 4 | 750 | 600 |
| Rue du Grand Près | 2 | BF | 125 | TYPE 2 | SHP | 70 | TYPE 5 | 250 | 140 |
| PUISSANCE TOTALE : | | | | | | | | 5 850 | 4 920 |

Légende des sources lumineuses :

BF = Ballon Fluorescent à vapeur de mercure
 HAL = Halogène
 SHP = Sodium Haute Pression

Consommation de l'existant (du 04/09/2008 au 04/09/2009) : **8 413 kWh**
Consommation estimée du projet (sur une année) : **7 076 kWh**
Economie réalisée (sur une année) : **1 337 kWh**

Consommation de l'existant (du 04/09/2008 au 04/09/2009) : **894,18 ! H.T.**
(prix moyen du kWh de l'année précédente = 0,1061 ! H.T.)
Consommation estimée du projet (sur une année) : **750,72 ! H.T.**
Economie financière (sur une année) : **143,46 ! H.T.**

Audit énergétique de l'éclairage public

Armoire "AVENUE DE VERDUN"

| EMPLACEMENT | NOMBRE | SOURCE EXISTANT | | | SOURCE PROJET | | | PUISSANCE EXISTANT (W) | PUISSANCE PROJET (W) | |
|------------------|--------|-----------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------------------|----------------------|------------|
| | | TYPE | PUISSANCE (W) | LUMINAIRE | TYPE | PUISSANCE (W) | LUMINAIRE | | | |
| Avenue de Verdun | 8 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 100 | | TYPE 4 | 1 000 | 800 |
| Rue de la Motte | 2 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 70 | | TYPE 4 | 250 | 140 |
| | | | | | | | | PUISSANCE TOTALE : | 1 250 | 940 |

Legende des sources lumineuses :

BF = Ballon Fluorescent à vapeur de mercure
 HAL = Halogène
 SHP = Sodium Haute Pression

Consommation de l'existant (du 04/09/2008 au 04/09/2009) : **1 894 kWh**
Consommation estimée du projet (sur une année) : **1 424 kWh**
Economie réalisée (sur une année) : **470 kWh**

Consommation de l'existant (du 04/09/2008 au 04/09/2009) : **323,87 ! H.T.**
 (prix moyen du kWh de l'année précédente = 0,1705 ! H.T.)
Consommation estimée du projet (sur une année) : **242,84 ! H.T.**
Economie financière (sur une année) : **81,03 ! H.T.**

Audit énergétique de l'éclairage public

Armoire "RUE DU GRAND JARDIN"

| EMPLACEMENT | NOMBRE | SOURCE EXISTANT | | | SOURCE PROJET | | | PUISSANCE EXISTANT (W) | PUISSANCE PROJET (W) |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|------------------------|----------------------|
| | | TYPE | PUISSANCE (W) | LUMINAIRE | TYPE | PUISSANCE (W) | LUMINAIRE | | |
| Avenue de Verdun | 2 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 100 | TYPE 4 | 250 | 200 |
| Chemin Paul Petit | 2 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 70 | TYPE 4 | 250 | 140 |
| Rue du Grand Jardin | 10 | BF | 125 | TYPE 2 | SHP | 70 | TYPE 5 | 1 250 | 700 |
| PUISSANCE TOTALE : | | | | | | | | 1 750 | 1 040 |

Legende des sources lumineuses :

BF = Ballon Fluorescent à vapeur de mercure

HAL = Halogène

SHP = Sodium Haute Pression

Consommation de l'existant (du 04/09/2008 au 04/09/2009) : **3 341 kWh**

Consommation estimée du projet (sur une année) : **1 986 kWh**

Economie réalisée (sur une année) : **1 355 kWh**

Consommation de l'existant (du 04/09/2008 au 04/09/2009) : **355,47 ! H.T.**

(prix moyen du kWh de l'année précédente = 0,1063 ! H.T.)

Consommation estimée du projet (sur une année) : **211,06 ! H.T.**

Economie financière (sur une année) : **144,41 ! H.T.**

Audit énergétique de l'éclairage public

Armoire "RUE DU FOURNEAU"

| EMPLACEMENT | NOMBRE | SOURCE EXISTANT | | | SOURCE PROJET | | | PUISSANCE EXISTANT (W) | PUISSANCE PROJET (W) |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------|-----------|---------------|---------------|--------------|------------------------|----------------------|
| | | TYPE | PUISSANCE (W) | LUMINAIRE | TYPE | PUISSANCE (W) | LUMINAIRE | | |
| Rue du Fourneau | 16 | SHP | 150 | TYPE 3 | SHP | 150 | NON REMPLACE | 2 400 | 2 400 |
| Rue des Ormes | 12 | BF | 125 | TYPE 2 | SHP | 70 | TYPE 5 | 1 500 | 840 |
| PUISSANCE TOTALE : | | | | | | | | 3 900 | 3 240 |



Consommation de l'existant (du 04/09/2008 au 04/09/2009) : **4 709 kWh**
Consommation estimée du projet (sur une année) : **3 912 kWh**
Economie réalisée (sur une année) : **797 kWh**

Consommation de l'existant (du 04/09/2008 au 04/09/2009) : **455,21 ! H.T.**
(prix moyen du kWh de l'année précédente = 0,0966 ! H.T.)
Consommation estimée du projet (sur une année) : **377,91 ! H.T.**
Economie financière (sur une année) : **77,30 ! H.T.**

Legende des sources lumineuses :

BF = Ballon Fluorescent à vapeur de mercure

HAL = Halogène

SHP = Sodium Haute Pression

Audit énergétique de l'éclairage public

Armoire "RUE DE MORLEY"

| EMPLACEMENT | NOMBRE | SOURCE EXISTANT | | | SOURCE PROJET | | | PUISSANCE EXISTANT (W) | PUISSANCE PROJET (W) | |
|-------------------------|--------|-----------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------------------|----------------------|--------------|
| | | TYPE | PUISSANCE (W) | LUMINAIRE | TYPE | PUISSANCE (W) | LUMINAIRE | | | |
| Rue de Morley | 8 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 100 | | TYPE 4 | 1 000 | 800 |
| Ruelle des Chennevières | 1 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 70 | | TYPE 4 | 125 | 70 |
| La Grande Rue | 2 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 100 | | TYPE 4 | 250 | 200 |
| Place du Pont | 3 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 100 | | TYPE 4 | 375 | 300 |
| | | | | | | | | PUISSANCE TOTALE : | 1 750 | 1 370 |



Consommation de l'existant (du 04/09/2008 au 04/09/2009) : **4 015 kWh**
Consommation estimée du projet (sur une année) : **3 143 kWh**
Economie réalisée (sur une année) : **872 kWh**

Consommation de l'existant (du 04/09/2008 au 04/09/2009) : **492,96 ! H.T.**
(prix moyen du kWh de l'année précédente = 0,1225 ! H.T.)

Consommation estimée du projet (sur une année) : **385,04 ! H.T.**
Economie financière (sur une année) : **107,92 ! H.T.**

Legende des sources lumineuses :

BF = Ballon Fluorescent à vapeur de mercure
 HAL = Halogène
 SHP = Sodium Haute Pression

Audit énergétique de l'éclairage public

Armoire "RUE DES ROMAINS"

| EMPLACEMENT | NOMBRE | SOURCE EXISTANT | | | SOURCE PROJET | | | PUISSANCE EXISTANT (W) | PUISSANCE PROJET (W) |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|------------------------|----------------------|
| | | TYPE | PUISSANCE (W) | LUMINAIRE | TYPE | PUISSANCE (W) | LUMINAIRE | | |
| Place du Pont | 2 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 100 | TYPE 4 | 250 | 200 |
| Rue au-dela du Pont | 10 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 100 | TYPE 4 | 1 250 | 1 000 |
| Rue des Romains | 1 | BF | 125 | TYPE 1 | SHP | 70 | TYPE 4 | 125 | 70 |
| PUISSANCE TOTALE : | | | | | | | | 1 625 | 1 270 |



Consommation de l'existant (du 04/09/2008 au 04/09/2009) : **2 799 kWh**
Consommation estimée du projet (sur une année) : **2 188 kWh**
Economie réalisée (sur une année) : **611 kWh**

Consommation de l'existant (du 04/09/2008 au 04/09/2009) : **305,96 ! H.T.**
(prix moyen du kWh de l'année précédente = 0,1090 ! H.T.)
Consommation estimée du projet (sur une année) : **238,44 ! H.T.**
Economie financière (sur une année) : **67,52 ! H.T.**

Legende des sources lumineuses :

BF = Ballon Fluorescent à vapeur de mercure
 HAL = Halogène
 SHP = Sodium Haute Pression

Audit énergétique de l'éclairage public

Récapitulatif

| EMPLACEMENT | PUISSANCE EXISTANT (W) | PUISSANCE PROJET (W) | CONSUMMATION EXISTANT (kWh) | CONSUMMATION PROJET (kWh) | CONSUMMATION EXISTANT (€ H.T.) | CONSUMMATION PROJET (€ H.T.) | ECONOMIE REALISEE (kWh) | ECONOMIE FINANCIERE (€ H.T.) |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Armoire "PETITE RUE" | 5 850 | 4 920 | 8 413 | 7 076 | 894 | 751 | 1 337 | 143,46 |
| Armoire "AVENUE DE VERDUN" | 1 250 | 940 | 1 894 | 1 424 | 324 | 243 | 470 | 81,03 |
| Armoire "RUE DU GRAND JARDIN" | 1 750 | 1 040 | 3 341 | 1 986 | 355 | 211 | 1 355 | 144,41 |
| Armoire "RUE DU FOURNEAU" | 3 900 | 3 240 | 4 709 | 3 912 | 455 | 378 | 797 | 77,30 |
| Armoire "RUE DE MORLEY" | 1 750 | 1 370 | 4 015 | 3 143 | 493 | 385 | 872 | 107,92 |
| Armoire "RUE DES ROMAINS" | 1 825 | 1 270 | 2 799 | 2 188 | 306 | 238 | 611 | 67,52 |
| TOTAL : | 16 125 | 12 780 | 25 171 | 19 728 | 2 828 | 2 206 | 5 443 | 621,65 |

Soit une économie de : **22** %

Luminaires existants et projet

Luminaire existant type 1 :



Caractéristiques :

Source = Ballon Fluorescent
Puissance = 125 W

Remarque = mauvais rendement
= vétuste

Luminaire existant type 2 :



Caractéristiques :

Source = Ballon Fluorescent
Puissance = 125 W

Remarque = mauvais rendement
= éclair le ciel

Luminaire existant type 3 :



Caractéristiques :

Source = Sodium Haute Pression
Puissance = 150 W

Remarque = non remplacé

Luminaire projet type 4 :



Caractéristiques :

Source = Sodium Haute Pression
Puissance = 70 ou 100 W suivant le cas

Remarque = meilleur rendement
= meilleur rendu des couleurs

Luminaire projet type 5 :



Caractéristiques :

Source = Sodium Haute Pression
Puissance = 70 W

Remarque = meilleur rendement
= meilleur rendu des couleurs

Nota : les photos des luminaires du projet ne sont pas contractuelles

Estimation des travaux

| EMPLACEMENT | NOMBRE | LUMINAIRE EXISTANT | LUMINAIRE PROJET | | PRIX UNITAIRE (H.T.) | PRIX TOTAL (H.T.) |
|-------------------------|--------|--------------------|------------------|-----------|----------------------|--------------------|
| | | TYPE | TYPE | PUISSANCE | | |
| Petite Rue | 5 | TYPE 1 | TYPE 4 | 100 W | 410,00 ! | 2 050,00 ! |
| Place de la Mairie | 2 | TYPE 1 | TYPE 4 | 100 W | 410,00 ! | 820,00 ! |
| Place du Prieuré | 3 | TYPE 1 | TYPE 4 | 70 W | 380,00 ! | 1 140,00 ! |
| Rue de Brauvilliers | 5 | TYPE 1 | TYPE 4 | 100 W | 410,00 ! | 2 050,00 ! |
| La Grande Rue | 8 | TYPE 1 | TYPE 4 | 100 W | 410,00 ! | 3 280,00 ! |
| Rue des Rosiers | 1 | TYPE 1 | TYPE 4 | 70 W | 380,00 ! | 380,00 ! |
| Avenue de Verdun | 16 | TYPE 1 | TYPE 4 | 100 W | 410,00 ! | 6 560,00 ! |
| Rue de la Motte | 2 | TYPE 1 | TYPE 4 | 70 W | 380,00 ! | 760,00 ! |
| Chemin Paul Petit | 2 | TYPE 1 | TYPE 4 | 70 W | 380,00 ! | 760,00 ! |
| Rue de Morley | 8 | TYPE 1 | TYPE 4 | 100 W | 410,00 ! | 3 280,00 ! |
| Ruelle des Chennevières | 1 | TYPE 1 | TYPE 4 | 70 W | 380,00 ! | 380,00 ! |
| Place du Pont | 2 | TYPE 1 | TYPE 4 | 100 W | 410,00 ! | 820,00 ! |
| Rue au-dela du Pont | 10 | TYPE 1 | TYPE 4 | 100 W | 410,00 ! | 4 100,00 ! |
| Rue des Romains | 1 | TYPE 1 | TYPE 4 | 70 W | 380,00 ! | 380,00 ! |
| Rue du Grand Près | 2 | TYPE 2 | TYPE 5 | 70 W | 920,00 ! | 1 840,00 ! |
| Rue du Grand Jardin | 10 | TYPE 2 | TYPE 5 | 70 W | 920,00 ! | 9 200,00 ! |
| Rue des Ormes | 12 | TYPE 2 | TYPE 5 | 70 W | 920,00 ! | 11 040,00 ! |
| | | | | | TOTAL : | 48 840,00 ! |

Legende des travaux :

- Les travaux consistent au remplacement de la totalité des luminaires (hors mâts) par un équipement de type 4 ou 5 suivant le cas (voir page précédente).
- Seul les équipements de la "Rue du Fourneau" et les projecteurs de mise en valeur de l'église seront conservés.
- La mise en place des luminaires de type 4 intègre la dépose des équipements existants, la mise en place du nouveau luminaire sur le mât existant avec la nouvelle console, le câblage et le raccordement sur le réseau existant.
- La mise en place des luminaires de type 5 intègre la dépose des équipements existants, la mise en place du nouveau luminaire sur le mât existant, le câblage et le raccordement sur le réseau existant.

- L'état des armoires de gestion de l'éclairage public n'a pas été traité car celle-ci sont très récentes et équipées d'horloges astronomiques permettant déjà une gestion optimum de l'installation.

- La réalisation des travaux tels que décrits à la page précédentes, apporterait à la commune en premier lieu un meilleur confort visuel au-delà des économies financières et énergétiques de l'ordre de 22%.

Nota :

- Une autre alternative pour le remplacement des luminaires serait le passage avec des équipements de nouvelle génération à base de LEDs.

- cette alternative, d'un coût d'environ 1 150 ! H.T. par équipement n'apporte pas de réelles économies énergétiques par rapport à la solution chiffrée en base, mais réduit considérablement les coûts d'entretien et de relamping puisque la durée de vie des LED est estimé habituellement entre 15 et 25 ans ou 100 00 heures d'utilisation.



Maître d'Ouvrage :

Commune de Epizon

Mairie - 10 rue St Amand - 52230 Poissons

Tél./fax : 03 25 94 51 78

**CHAUFFERIE BOIS
AUTOMATIQUE
à Epizon**

ÉTUDE de FAISABILITÉ



Maîtrise d'œuvre :

Fluid'CONCEPT

10 rue St Jean - 88300 NEUFCHATEAU

Tél. : 03 29 94 15 34 - fax : 03 29 94 28 81

le 10 juin 2008

SOMMAIRE

| | ! " # \$ |
|---|----------|
| I - PRÉAMBULE | % |
| II - DESCRIPTION des BÂTIMENTS à RACCORDER | |
| 2.1 - <u>CANTINE</u> | & |
| 2.2 - <u>GROUPE SCOLAIRE</u> | ' |
| 2.3 - <u>LOGEMENT COMMUNAL</u> | (|
| 2.4 - <u>LOGEMENT SCOLAIRE</u> |) |
| 2.5 - <u>MAIRIE</u> | * |
| 2.6 - <u>MAISON FORESTIÈRE</u> | + |
| III - TABLEAUX de SYNTHÈSE | |
| 3.1 - <u>TABLEAU DE SYNTHÈSE DES DONNÉES INITIALES</u> | , |
| 3.2 - <u>ANALYSE des PUISSANCES et DENSITÉ ÉNERGÉTIQUE</u> | - |
| 3.3 - <u>DÉFINITION DES BESOINS DE LA CHAUFFERIE CENTRALE</u> | % |
| IV - DETERMINATION de la CHAUFFERIE CENTRALE | |
| 4.1 - <u>IMPLANTATION GÉOGRAPHIQUE : CHOIX DU SITE</u> | %% |
| 4.2 - <u>CONTRAINTES</u> | %& |
| 4.3 - <u>CARACTÉRISTIQUES DES COMBUSTIBLES BOIS</u> | % |
| 4.4 - <u>SOLUTION TECHNIQUE</u> | % |
| V - ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET FINANCIÈRE | |
| 5.1 - <u>TABLEAU des INVESTISSEMENTS</u> | % |
| 5.2 - <u>TABLEAU des COÛTS D'EXPLOITATION</u> | % |
| 5.3 - <u>COÛTS des ENERGIES</u> | % |
| 5.4 - <u>TABLEAU de SYNTHÈSE des COÛTS d'EXPLOITATION</u> | % |
| 5.5 - <u>BILAN</u> | & |
| VI - CONCLUSION | && |
| ANNEXE A - Plan de réseaux | &' |
| ANNEXE B - Plan de chaufferie | &(|
| ANNEXE C - Coupe de chaufferie | &) |

2.1 - Cantine

Description :

S** 4" \$% (8 L(C#\$%\$

Z% \1" \$%1, C" \$%

Z% \1" % # 23- , \$%



Bâtiment : Caractéristiques

! " " # \$ % \$ % # " () * + " "
0 1 ' 2 ' 3 \$ % 4 * 1 2 # \$ "
: (; 1 8 \$ % 4 * 1 2 # "

| | |
|---------|-----|
| - . . / | |
| 567 | % 9 |
| 6 < = | % > |

Construction

? @ \$ % \$ % ,) A

] \$ K % \$ Z 3 4 * 1 C C # \$ %

B 1 ' C \$ D A

L, \$ ' \$ % . 3 8 % Q , # \$ C % * ' % (1 @ ' N \$ % . % % %

E, * " 3 4 \$ '

C 1 ' % \$ ' \$ % , \$, " % Q , #

F (, + ' \$

3 (8 @ \$ C Q , # C % * ' % . 3 8 % & : P 2 " , + " % 1 , , \$ C

B \$ " 1, C \$, \$

E: S % % (1 @ \$ % , + * N \$

Déperditions avec surpuissance

5. % H

Installation thermique :

Principe

S 4 * 1 & , V \$ % * K % (L * " \$ A
S, ' 3 1, 4 % & , * \$ 1 ' % % @ ' \$ + 4 \$ ' 8 (C # + X 1 \$ A
E ' (& A Q S 0 % # \$ % % % 4 * 1 & , V \$ A

Année de réalisation

- . . /

Puissance installée

- < 16- % H

Énergie actuelle

J * K % (L * " \$

Consommation annuelle estimée :

Chauffage:

Prod. ECS:

Consommation annuelle

| | |
|-----------|------|
| 5 % < M | GN |
| 5 < % = - | GH 4 |
| 5 P 8 | FQE |

| | |
|---------|------|
| 5 6- | GN |
| 5 % 7 . | GH 4 |
| . P 8 | FQE |

Coût annuel

| | |
|---------|------|
| 5 % - 5 | RFFS |
|---------|------|

| | |
|-----|------|
| 5 M | RFFS |
|-----|------|

Besoins utiles :

Rendement global de production

. P =

. P =

Besoins utiles

5- % - . GH 4

5 % = M GH 4

2.2 - Groupe scolaire

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|-----------|--|-----------------------|---|-----------|---|-------------------|-----------------------|--|
| Description : X'(10\$%3(9,' \$%(6 Q A#% Z% \$%* 9\$A%\$%9 AAS?% Z%\1" \$% ' +;\$%(' -,' %Q 1' %\$A% " 2 " +A% " %* A%RS? Z%\1" \$%* 9\$% 19;%3+), #A?% | |  | | | | | | | | | | |
| Bâtiment : | Caractéristiques | <table border="1"> <tr> <td>! ""#\$%\$%#" () * + ("</td> <td>- . . /</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0 1' 2' 3\$%4* 12# \$</td> <td>55.</td> <td>% 7</td> </tr> <tr> <td>8(916 \$%4* 12#</td> <td>: %; -</td> <td>% <</td> </tr> </table> | ! ""#\$%\$%#" () * + (" | - . . / | | 0 1' 2' 3\$%4* 12# \$ | 55. | % 7 | 8(916 \$%4* 12# | : %; - | % < | |
| ! ""#\$%\$%#" () * + (" | - . . / | | | | | | | | | | | |
| 0 1' 2' 3\$%4* 12# \$ | 55. | % 7 | | | | | | | | | | |
| 8(916 \$%4* 12# | : %; - | % < | | | | | | | | | | |
| Construction | <table border="1"> <tr> <td>=>' \$%\$% ,) ?</td> <td>0,6 0\$% \$ Z&\$Z34* 1AA# \$</td> </tr> <tr> <td>@1' A%B#?</td> <td>* RRQ %\$% . 36 %\ \$#A% ' %\ 1>9 R\$% . %Q%</td> </tr> <tr> <td>C9 " 34\$'</td> <td>A1' %\$' '\$%\$, %\ (\$#%1\$%* " A%\$A% ' +\$A%R " " &,\$A%</td> </tr> <tr> <td>D\ ,+1'\$</td> <td>3(6 >\$A%\ \$#A% ' % . 36 %88 Q" , + (" %1, \$A</td> </tr> <tr> <td>@\$ " 1, A\$, \$</td> <td>C8N%Q\ 1>\$% , +* R\$</td> </tr> </table> | =>' \$%\$% ,) ? | 0,6 0\$% \$ Z&\$Z34* 1AA# \$ | @1' A%B#? | * RRQ %\$% . 36 %\ \$#A% ' %\ 1>9 R\$% . %Q% | C9 " 34\$' | A1' %\$' '\$%\$, %\ (\$#%1\$%* " A%\$A% ' +\$A%R " " &,\$A% | D\ ,+1'\$ | 3(6 >\$A%\ \$#A% ' % . 36 %88 Q" , + (" %1, \$A | @\$ " 1, A\$, \$ | C8N%Q\ 1>\$% , +* R\$ | |
| =>' \$%\$% ,) ? | 0,6 0\$% \$ Z&\$Z34* 1AA# \$ | | | | | | | | | | | |
| @1' A%B#? | * RRQ %\$% . 36 %\ \$#A% ' %\ 1>9 R\$% . %Q% | | | | | | | | | | | |
| C9 " 34\$' | A1' %\$' '\$%\$, %\ (\$#%1\$%* " A%\$A% ' +\$A%R " " &,\$A% | | | | | | | | | | | |
| D\ ,+1'\$ | 3(6 >\$A%\ \$#A% ' % . 36 %88 Q" , + (" %1, \$A | | | | | | | | | | | |
| @\$ " 1, A\$, \$ | C8N%Q\ 1>\$% , +* R\$ | | | | | | | | | | | |
| Déperditions avec surpuissance | <table border="1"> <tr> <td>EF</td> <td>%</td> </tr> </table> | EF | % | | | | | | | | | |
| EF | % | | | | | | | | | | | |
| Installation thermique : | | | | | | | | | | | | |
| Principe | <table border="1"> <tr> <td>N4* 1&,\$ %& ,) &1\$9%1%21 \$97B, \$" "\$%\$% . . . 9U N,' 31, A%& * \$1' A%& > , \$+4\$' 6 (A# +V1\$? C' (&7% N0% &#0\$ " &* " \$%\$3+ , V1\$?</td> </tr> </table> | | N4* 1&,\$ %& ,) &1\$9%1%21 \$97B, \$" "\$%\$% . . . 9U N,' 31, A%& * \$1' A%& > , \$+4\$' 6 (A# +V1\$? C' (&7% N0% �\$ " &* " \$%\$3+ , V1\$? | | | | | | | | | |
| N4* 1&,\$ %& ,) &1\$9%1%21 \$97B, \$" "\$%\$% . . . 9U N,' 31, A%& * \$1' A%& > , \$+4\$' 6 (A# +V1\$? C' (&7% N0% �\$ " &* " \$%\$3+ , V1\$? | | | | | | | | | | | | |
| Année de réalisation | <table border="1"> <tr> <td>- . . /</td> </tr> </table> | | - . . / | | | | | | | | | |
| - . . / | | | | | | | | | | | | |
| Puissance installée | <table border="1"> <tr> <td>J: % 5-</td> <td>%</td> </tr> </table> | | J: % 5- | % | | | | | | | | |
| J: % 5- | % | | | | | | | | | | | |
| Énergie actuelle | <table border="1"> <tr> <td>21\$9</td> </tr> </table> | | 21\$9 | | | | | | | | | |
| 21\$9 | | | | | | | | | | | | |
| Consommation annuelle estimée : | | | | | | | | | | | | |
| | Chauffage: | | | | | | | | | | | |
| Consommation annuelle | <table border="1"> <tr> <td>F%- ;</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>F: %5.</td> <td>H 4</td> </tr> <tr> <td>/ Q</td> <td>DL C</td> </tr> </table> | F%- ; | 9 | F: %5. | H 4 | / Q | DL C | | | | | |
| F%- ; | 9 | | | | | | | | | | | |
| F: %5. | H 4 | | | | | | | | | | | |
| / Q | DL C | | | | | | | | | | | |
| Coût annuel | <table border="1"> <tr> <td>F%JJ</td> <td>MDDN</td> </tr> </table> | F%JJ | MDDN | | | | | | | | | |
| F%JJ | MDDN | | | | | | | | | | | |
| Besoins utiles : | | | | | | | | | | | | |
| Rendement global de production | <table border="1"> <tr> <td>. G;</td> </tr> </table> | | . G; | | | | | | | | | |
| . G; | | | | | | | | | | | | |
| Besoins utiles | <table border="1"> <tr> <td>/ 5%5E</td> <td>H 4</td> </tr> </table> | | / 5%5E | H 4 | | | | | | | | |
| / 5%5E | H 4 | | | | | | | | | | | |

2.3 - Logement communal

Description :

99%(C\$5 \$" *%*, #%" %D' \$%\$%D% 0-)("% \$) *R\$?
 99%(C\$5 \$" *%(" %#" (>#?



Bâtiment : Caractéristiques

! ""#\$%\$%(")*; '*("
 ., +0' \$%10, /##\$
 7(8 5 \$%10, /##

| | |
|----------------|-----|
| " ("%(""", \$ | |
| 234 | % 6 |
| 9: 3 | %; |

Construction

| | |
|----------------|------------------------------------|
| <= \$%\$%>? | %\$[N&\$N 10,)#\$ |
| @ +) %A*? | @0\(" "\$+\$%(, +0" *\$%(" %)(\$% |
| B@'' 1\$+ |), +% ' 03%(" %10, /## |
| C(-, \$ | ' (5 =%) (%\$) %0" -*(" %- \$) |
| @\$", -) \$+\$ | B7M%0%(", = \$%*+0C\$ |

Déperditions

| | |
|----|----|
| 2D | %F |
|----|----|

Installation thermique :

Principe

M10, &R\$ -" &>&, \$ 0, /, \$8\$ " \$ ' -"\$ \$ &\$ 23338
 \$*% "\$%\$%2T338?
 M+ , -%0&0\$, +) %9(= " %%1 \$-5 () *0*VY \$?
 B+(&?%M. % &#XS" &0" \$%\$ \$' +VY \$?

Année de réalisation

| |
|----------------|
| " ("%(""", \$ |
|----------------|

Puissance installée

| | |
|----------------|----|
| " ("%(""", \$ | %F |
|----------------|----|

Énergie actuelle

| |
|--------|
| /, \$8 |
|--------|

Consommation annuelle estimée :

Consommation annuelle

| | |
|-------|------|
| G4: H | 8 |
| GD%2H | EF 1 |
| GH | CKB |

Coût annuel

| | |
|------|------|
| G0 3 | LCCM |
|------|------|

Besoins utiles :

Rendement global de production

| |
|------|
| 3.42 |
|------|

Besoins utiles

| | |
|-------|------|
| G9%4: | EF 1 |
|-------|------|

2.4 - Logement scolaire

Description :

98%(P\$6 \$" -% ,† V8" %) \$3%#3(\$>
 98%(P\$6 \$" -/#" () #%" % Y6 \$9\$6 T@01\$%#3(\$>



Bâtiment : Caractéristiques

! ""#\$%\$%#() * † "
 0 1' 2' 3\$%4* 12#
 8(916 \$%4* 12#

| | |
|---------|-----|
| - . . / | |
| 5. | % 7 |
| : 5/ | % ; |

Construction

<=' \$%\$%,>
 ? 1' @A
 B9" 34'
 C(,H' \$
 ? \$" 1, @, \$

| |
|---|
| 0,6 T\$%\$[N&N4* 1@# |
| ? * \ (" " \$, \$% (1' " - \$% (" % @ \$ |
| @' %, & \$% @ , † , \$% (" % @ \$ |
| 3(6 = \$ @ @ \$ \$ @ # , † (" % , \$ @ |
| B8 M90% (1 = \$% , + * P\$ |

Déperditions

| | |
|-------|-----|
| : : E | % G |
|-------|-----|

Installation thermique :

Principe

M4* 1&Q\$% & , & 1\$%\$% 1%21\$9R, - \$ " %\$%\$% / . . 96
 M' 31, -% & , * - \$ 1' @
 B' (& -% MO% & # T\$ " & * " - \$% \$ 3+ , U1\$ >

Année de réalisation

| |
|---------|
| - . . / |
|---------|

Puissance installée

| | |
|-------------------|-----|
| " (" % (" " 1\$ | % G |
|-------------------|-----|

Énergie actuelle

| |
|-------|
| H1\$9 |
|-------|

Consommation annuelle estimée :

Consommation annuelle

| | |
|---------|------|
| - % E- | \$ |
| - : % / | FG 4 |
| : D | CJ B |

Coût annuel

| | |
|---------|------|
| - % : K | LCCM |
|---------|------|

Besoins utiles :

Rendement global de production

| |
|-------|
| . D I |
|-------|

Besoins utiles

| | |
|-----------|------|
| : % / / | FG 4 |
|-----------|------|

2.5 - Mairie

Description :

XY+7 \$" %B1'%%#NB% (7 M\$" *"-#B%
 %%" \$B'::%\$%?,?:(-4V] 1\$@
 %%" \$B'::%\$%("),*,:#@
 %%" \$G-B4\$" \$+6@
 %%\$B%1'\$*1C&\$%A *',,\$@



Bâtiment : Caractéristiques

| | | |
|-------------------------|---------|-----|
| ! ""#\$%\$%#"() * + (" | - . . / | |
| 0 1' 2' 3\$%4* 12# \$ | - 56 | % 8 |
| 9 (:17 \$%4* 12# | ; 6< | % = |

Construction

| | |
|-------------------|--|
| > ?' \$%\$%,) @ | _ \$L[&\$[34* 1BB#\$%9Q# N\$ |
| A 1' B%G@ | 7 * (" " \$, \$% " %4\$' \$%B(# \$%1" ,] 1\$7 \$" +%1% &Sb% |
| D:*" 34\$' | B1'%S' '\$%4\$, " %B(# %2\$ " B% %B' :\$%\$%("),*,:#b |
| E(,+1'\$ | 3(7 ? :\$% (" %B(# %5, " + (" %4 , \$B |
| A \$" 1, B\$, \$ | D9S%9% (1? :\$% , +* N\$ |

Déperditions

| | |
|----|----|
| F- | %H |
|----|----|

Installation thermique :

Principe

S4* 1&V \$% & , &1S :\$%19# L%4(M" \$@
 S, '31, %& & * \$1' B@
 D' (& @S0# \$%9% %4* 1&V \$@

Année de réalisation

| |
|---------|
| - . . / |
|---------|

Puissance installée

| | |
|----------|----|
| - F%6- % | %H |
|----------|----|

Énergie actuelle

| |
|---------------|
| K* L%9(M" \$ |
|---------------|

Consommation annuelle estimée :

Chauffage:

Prod. ECS:

Consommation annuelle

| | |
|----------|------|
| F%5. | GN |
| / - %- F | GH 4 |
| F7 | EQD |

| | |
|-------|------|
| QJ | GN |
| Q ; | GH 4 |
| . P.O | EQD |

Coût annuel

| | |
|---------|------|
| / % . 6 | REES |
|---------|------|

| | |
|----|------|
| Q< | REES |
|----|------|

Besoins utiles :

Rendement global de production

| |
|------|
| . B5 |
|------|

| |
|------|
| . B5 |
|------|

Besoins utiles

| | |
|----------|------|
| F/ % / < | GH 4 |
|----------|------|

| | |
|-----|------|
| CF, | GH 4 |
|-----|------|

2.6 - Maison forestière

Description :

OP+5 \$"-%(" %#")#E%(5 Q @#%R" %
'\$ST&\$T 1*. @#%@"%' "\$%*)\$



| | | |
|---------------------------------------|---|---|
| Bâtiment : Caractéristiques | ! " " # \$ % & \$ % # " () * + (" | " (" % (" " . \$ |
| | / . ' 0 - \$ % 1 * . 0 # \$ 7 (8 5 \$ % 1 * . 0 # | 234 % 6 94 : % ; |
| Construction | < = ' \$ % & \$ % ,) > | [\$ T & \$ T 1 * . @ # \$ % % *) \$ % ' & \$ @ @ . @ |
| | ? . ' @ # A > | Q \$ ' \$ % K - 5 % (" % @ # \$ |
| | B 8 " - 1 \$' | @ ' % - * 8 (" % 1 * . 0 # E % (" % @ # |
| | C (, + '\$ | - (5 = \$ @ @ # @ @ ' 2 K % 5 % & 7 E 0 " , + (" % , \$ @ |
| | ? \$ " . , @ ' , \$ | B 7 N % & (. = \$ % , + * Z \$ % - % (@ % @ 5 C \$ % , + * Z \$ |
| Dépanditions avec surpuissance | D 4 E | % G |

Installation thermique :

| | |
|-----------------------------|---|
| Principe | N 1 * . & U \$ % & ,) & . \$ 8 % % (@ % H - 1 \$ N ' - . , % * & * \$. ' @ B ' (& % N / % & # C \$ " & * " \$ % \$ - + , W \$ > |
| Année de réalisation | " (" % (" " . \$ |
| Puissance installée | " (" % (" " . \$ % G |
| Énergie actuelle | = (@ % H - 1 \$ |

Consommation annuelle estimée :

| | |
|------------------------------|----------------------------|
| Consommation annuelle | 1 9 @ |
| | : J % K K FG 1 : E CL B |
| Coût annuel | D % 3 I M C C N |

Besoins utiles :

| | |
|---------------------------------------|----------------|
| Rendement global de production | K B 9 |
| Besoins utiles | 9 J % 3 K FG 1 |

III - TABLEAUX de SYNTHÈSE

3.1 - TABLEAU DE SYNTHÈSE DES DONNÉES INITIALES

| | Données actuelles : | | Besoins Utiles pour futures sous-stations : | Puissances souscrites par sous-station : |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|---|--|
| Cantine | !"# \$!% !* +, !% !01234!% | &! !() & &- &! 5' | "# \$!% & !. /) | "# !% &/ |
| Groupe scolaire | !"# \$!% !* +, !% !01234!% | ' &! . / 6-(' &)) | "# \$!% 6. !7. (| "# !% (' -' |
| Logement communal | !"# \$!% !* +, !% !01234!% | (5!' & (- (5)/ | "# \$!% (7!/ 8) | "# !% &5 |
| Logement scolaire | !"# \$!% !* +, !% !01234!% | 7&! 86 &-8 7!&&(| "# \$!% &&!666 | "# !% &&-' |
| Mairie | !"# \$!% !* +, !% !01234!% | 67!(5/ . -6 6! 7' | "# \$!% . ' !&/ . | "# !% . 7 |
| Maison forestière | !"# \$!% !* +, !% !01234!% | 65!6// 6-& 7!/ 8(| "# \$!% . 5!58/ | "# !% 7' -6 |

| | | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------|
| Totaux tous bâtiments confondus | kWh !* +, !% !01234!% | 250 601 7&-' 7&! . ' | kWh : 215 376 | kW : 146 |
|--|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------|

3.2 - ANALYSE des PUISSANCES et DENSITÉ ÉNERGÉTIQUE

L'analyse de ce tableau et du plan de réseau situé en annexe nous mène aux conclusions suivantes :

1 - Étude des réseaux de chaleur :

Pour la construction de la chaufferie, un local est mis à la disposition par la Mairie. Ce local est situé à proximité du projet maison de l'énergie.

La consommation par mètre linéaire de raccordement jusqu'au réseau principal est la suivante :

- Cantine: 2,9MWh/ml
- Groupe scolaire :2,1MWh/ml
- Logement communal : 0,94MWh/ml
- Logement scolaire : 6,2MWh/ml
- Mairie : 0,23MWh/ml
- Maison forestière : 1,14MWh/ml

Le ratio consommation/ml du bâtiment Mairie est inférieur à la limite fixée arbitrairement par l'ADEME à 1,5MWh/ml. C'est pour cela qu'il est préférable d'étudier deux solutions à des niveaux d'investissements différents :

- la première est de raccorder tous les bâtiments.
- la seconde est de raccorder tous les bâtiments sauf la Mairie.

2 - Bilan de puissance :

Le calcul de puissance de la chaufferie centrale correspond à la somme des puissances de chaque bâtiment. Il sera appliqué un coefficient de foisonnement. L'appel de puissance maximal a lieu pour la relance du matin, hors les locaux Mairie et cantine ne seront pas occupés au même moment. Leurs puissances maximales ne seront donc pas appelées en même temps.

La chaudière bois sera dimensionnée pour couvrir 90% de la consommation. Cette chaudière sera accompagnée d'une chaudière au fuel qui fonctionnerait pour fournir l'appoint de puissance par grand froid. En cas de panne, cette chaudière fuel servirait pour le secours. Sa puissance sera telle que 80% de la puissance totale sera secourue.

Les productions d'eau chaude sanitaire existantes et associées à la production de chaleur seront remplacées par des ballons d'accumulation électrique.

3.3 - DÉFINITION DES BESOINS DE LA CHAUFFERIE CENTRALE

| | | Un | solution 1 : avec Mairie | solution 2 : sans Mairie |
|-------------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------|-----------------------------|
| Puissance Chaufferie | ! "#\$%&'()*+,%(-)X&Y\$+"-\$%&'#& | . / | 012 | 0345 |
| | 7+(8):()9+&*&(; (&* | < | =454 | =>51 |
| | ! (?(\$)?@X % A | < | =5B | 254 |
| | ! "#\$%&'()*@",*%&*(| . / | 005- | 25B |
| | ! "#\$%&'(); %&#%&D(, @ | . / | 149 | 108 |

Puissance chaudière bois)E +" ?" &(') +" F(?" ?) : ()=3< G

\$+#" &)D' #\$\$%&' () : ()H

| | Un | 89 | 65 |
|--|-----|----|----|
| | . / | | |

Puissance appoint/secours

! "#\$%&'()* | % : # ?)%D+&*15(' + " 5

| | Un | 136 | 102 |
|--|-----|-----|-----|
| | . / | | |

| | | Un | Sol. 1 | Sol. 2 |
|---------------------------------------|---|---------|---------|----------|
| Consommations | 7+&\$+; ; %&#&\$)" #(\$)\$+"-\$%&'#&\$ | . / | 00B)462 | 02(=)06C |
| | L; @#-?%#&): (\$)?@M' %&#&\$)(A\$%&*(\$ | < | 35C | 35C |
| | 7+&\$+9?@", *%&*(| . / | 140 | 44= |
| | ! (?(\$)?@X % A | < | 4254 | C45 |
| | 7+&\$+9?@", *%&*(| . / | 6>)34C | 4=)34B |
| | 7+&\$+9" #(') % & # ?) (&*%&*(| . / | C=C)=66 | C36)=2= |
| | N(& ; (&*) : ()% % & # ?)%)O+5 | < | >4 | >4 |
| 7+&\$+9?@", *%&*(| . / | 23)336 | 10)B=2 | |
| 7+&\$+; ; %&#&)' % & # ?) (&*%&*(| . / | 4BC)=>1 | CB3)B2B | |
| | PQ! | 4351 | 005 | |

| | | Un | Plaquettes | Plaquettes |
|------|------------------------------------|---------|------------|------------|
| Silo | L" +&+; # | R | 03 | 03 |
| | S&(?M)D(#(')D' #\$\$%&' ()K?" ? | . / R | 0)B>C | 0)>>C |
| | U" %&#&@ V&B(?M | . / | 0B>C4 | 0>>C4 |
| | VW,"; ()" # | ; 4 | 065> | C35C |
| | ! (?(\$): () @#%M)E(\$'(%&)*& G | < | C3 | C3 |
| | ! (?(\$): () ? ; D,\$\$%M | < | 43 | 43 |
| | VW,"; (); #&# ")\$#+ | m! | 43 | 32 |

IV - DETERMINATION de la CHAUFFERIE CENTRALE

4.1 - IMPLANTATION GÉOGRAPHIQUE : CHOIX DU SITE

J + # % # . (* 4 X = - X ' \$ () \$ + ' & / # K & Y) 5 # . (* () * 1 , = ' / \$:) * , - 1 D \$ 1 ' . (% \$ # Y) . 5 # (. / & ' # % = # //) / .
 - . # 6 . + * 1 . # 2 3 * 4 . + * 4 & X \$ + - . # 9 + . / D) 7 H & > 1 * 1 / . % & 1 > /) . L (. / &) * 4 ' # + * , . &) () | 1 . (\$ + () # - .
 (* \$ % & D . 7
 H " * & 2 # & 1 " % E . ((\$ 1 (" / , (. + * " # " > 1 * 1 / " . 4 ' # % 4 . + * 7

| | |
|--|---|
| H \$ % # () * 1 , " = " # //) / . " . " # 6 . + * 1 . # " 4 & X \$ + " . " # 9 + . / D) | |
| descriptif : | |
| # " 2 3 * 4 . + * . (* 1 + . " & + % . + . " 4 & X \$ + " < & 2) * . 5 1) (. / & / , + \$ 6 , " + " 4 & X \$ + " . " # 9 + . / D) 7 | |
| avantages | inconvenients |
| ! " % \$ + % (() \$ + + & Y . (" " \$ 1 * (" - X ' \$ +) 2 # , (" , (. & 1 : " . % " . * < 1 4) . (" = " / \$:) * , ! " & % # , " - & % // (" # 6 / & X \$ + " - 1 . " = " # " # . E \$ / 4 . " . : X * & + * " . ! " # % # \$ () \$ + + , " . //) / . " 1 + " 2 3 * 4 . + *) 4 ' \$ / * & + * 5 ' . / 4 . * * & + * - . " # 4) * . / " # " + 1 X & + % " 6 X 1 . # ! " + , % (() * . " & (" # " % , & * \$ + " . " 2 3 * 4 . + * 7 | ! " 1 X (& + % " . " # % & 1 > /) . " ? @ A B C 5 & * . + *) \$ + " & 1 : " . D , (" % \$ 1 ' . " > 1 " . (" & \$ X ! " * . // &) + " & * 1 / . # + . " . / 4 . * * & + * & (" 1 + " , % & / D . 4 . + * D / & 6) & Y . " = " 4 \$ + (" - 9 + * // . / # " () # 7 \$ F " # + , % (() * , " . " / . 4 ' # " # " () # " = " # &) . " . " % & 4) \$ + (\$ 1 > # 1 / ! " 8 / , & * \$ + " - 9 + " 1) * * . / - 1 " \$ 1 / # (" . & 1 : " 1 (, . (|
| CONCLUSION | |
| 8 . * . 4 ' # % 4 . + * . (* / . * + 1 7 # + , % (() * " # / , + \$ 6 & *) \$ + " - 1 " 2 3 * 4 . + * H & % // (" \$ 1 / # " - , % & / D . 4 . + * + , % (() * / & 1 1 . # 1 . (" / & 6 & 1 : " . " / . 4 2 # X) " . " - . " 6 S Y) 7 | |



4.2 - CONTRAINTES

| Local situé à proximité du projet maison de l'énergie. | |
|--|---|
| sécurité | <p>! (0\$%&' +& /3/*)& %0(; 1&01& 2 H5 C J K* +B* 0::&1& &% %0# \$& 2)≠ 1L/ ; , 0 MN O\$ 7PHQ</p> <p>!"9R/\$ & /"0; ; *' %0' "SDT0)&%# 01%&/"* "+30L&10 1&"0&13' /'& '# * / ; 1\$ 0"GVMB</p> <p>!"* ++A%+B* 0::&1& ; \$&+ / ; &(0\$0)& / ; 1&01</p> <p>!"%3+C* ?& ; &"+3# 90%\$)&*" 0"D&EF ; &FGB* 0%% &</p> <p>!"# \$&"&' (")* +& ; &" - "& /\$ +&01%2"(30 ; 1&"4"56# 8 ; &'%9)&</p> <p>!"+3::1& / ; &" +30(01& ;)&+1\$-0&"2")& / ; 1&01">31+&"4" ; +)* \$* ?&@</p> |
| intégration dans le site | <p>!"9R/\$ & /"0; \$% ' /0(*% ; \$ (* +/"L0&)* L3\$0 *' /</p> <p>!"(&0 ; &'# 3 ; \$\$/ \$' " ; &"L3\$0(301(&# &/1& ; ; +B* 1?&# & /</p> <p>!"B* 0/&01 ; &"B&# \$; &"2" ; /0 ; \$1</p> |
| nuisances | <p>%0' 3 1&%X</p> <p>!)\$1* \$0' %7 2 M :3\$% (* 1 %&# * \$ & (* 1 +* # \$' 9&' ' & 30 /" +3(&)&J K* L3\$ (09)\$-0& ; /" /" (&0" :1 <0& / ; &0)&% 0\$0' +&%0' /"1A%)\$ \$; &%J</p> <p>L30&))&%X</p> <p>!"9R/\$ & /"0; \$% ' /0(*% ; \$ (* +/"L0&)* L3\$0 *' /</p> |
| règlement d'urbanisme | <p>T\ ^"X(*% ; \$ +3# (* /\$ \$;</p> |
| rejets atmosph. | <p>%&3')" * 1L/ ; " ; 0"MH0\$)&/"7PPH# 3 ; \$ \$)" &"75" * 3 /"7PPP</p> <p>` *)&01%# * . \$* *)&%-& (1# ; &%2"77"a " ; 1 M"01?" E"0&+%"0X</p> <p>!"(30%0&1&%" L&+%" 0Y\$V4)3' &"X7Y5"# ?Z # 8</p> <p>!"# 3' 3. W/& ; &" + 193' &">G\ @XMY5"# ?Z # 8</p> <p>!" +3# (3% %3 1? *' \$-0&%X5"# ?Z # 8</p> <p>!"3. W/& ; 1" E3/&"Z \ . @X55"# ?Z # 8</p> <p>!" ; \$. W/& ; &%0: 1&" ^ \ M@X55"# ?Z # 8</p> |

4.3 - CARACTÉRISTIQUES DES COMBUSTIBLES BOIS

4.3.1 - *Plaquettes bois*

Livraison de plaquettes forestières issues de fabrications locales diverses :

- Bois communal ou forêts locales. Les plaquettes sont fabriquées en forêt directement après exploitation des grumes destinées entre autre à l'industrie.
- Scieries locales équipées de broyeur. Les plaquettes sont fabriquées par des scieries locales à partir des dosses et autres résidus de bois.

Caractéristiques moyennes :

| | | |
|------------------------------|------------------|--------------------------|
| ▪ humidité | | : 35 % maximum |
| ▪ PCI | | : 3 100 kWh/t |
| ▪ masse volumique | | : 300 Kg/m ³ |
| ▪ énergie volumique | | : 930 kWh/m ³ |
| ▪ granulométrie | | |
| | <i>longueur</i> | : 20 à 30 mm |
| | <i>largeur</i> | : 15 à 20 mm |
| | <i>épaisseur</i> | : 5 à 8 mm |
| ▪ teneur en sciures et fines | | : 2 % maximum |

4.3.2 - *Granulés de bois*

Livraison de granulés fabriqués à partir de sciures. Affinées par broyage, séchées, criblées et tamisées, elles sont introduites dans une presse à granulés ou extrudeuse.

Caractéristiques moyennes :

| | | |
|---------------------|-----------------|----------------------------|
| ▪ humidité | | : 10 % maximum |
| ▪ PCI kWh/t | | : 4 600 kWh/t |
| ▪ masse volumique | | : 725 Kg/m ³ |
| ▪ énergie volumique | | : 6 345 kWh/m ³ |
| ▪ granulométrie | | |
| | <i>longueur</i> | : 15 mm |
| | <i>diamètre</i> | : 6 mm |
| ▪ taux de cendres | | : 0,5 % maximum |

4.4 - SOLUTION TECHNIQUE

4.4.1. - Chaudière bois :

Stockage :

Un silo situé à l'intérieur du bâtiment (à côté de la chaufferie) permettant des livraisons de plaquettes de calibre varié par déchargement par soufflerie devra assurer une autonomie de 10 jours à pleine puissance.

Désilage :

Pour optimiser le coût du silo, il est préféré un système de désilage par bras rotatif comprenant :

- 4 bras rotatifs articulés avec ressort de rappel de tension
- un plancher incliné en bois ou béton évitant le stockage "mort" de bois
- une trappe d'accès en point bas pour vidange éventuelle du silo et accès entretien

Transport :

Une vis de transfert assurera la liaison silo/chaufferie. Elle sera motorisée et bénéficiera d'un système de déblocage par inversion du sens de rotation ainsi qu'une trappe de visite avec anti-bourrage.

Le bois sera ensuite déversé dans la vis d'entrée chaudière à travers un clapet coupe feu.

Un système de sprinkler sera mis en place pour la sécurité incendie.

Générateur :

La chaudière à bois automatique couvrira 90 % des besoins et comprendra :

- un échangeur équipé d'un serpentin de refroidissement. L'habillage sera réalisé en tôle d'acier peinte avec un isolant laine de roche de 8 cm.
- un foyer réfractaire à haute température, il sera équipé d'un allumeur électrique et d'une vis de décentrage qui évacuera automatiquement les cendres et les suies dans un cendrier dont l'autonomie est de plusieurs semaines
- une chambre de combustion verticale avec dépoussiéreur, puis un échangeur tubulaire équipé de turbulateurs automatiques

Traitement des fumées :

Une filtration pour limiter les poussières sera effectuée par un extracteur dépoussiéreur. Les poussières résiduelles seront extraites et récupérées dans un container.

Il sera installé un conduit de fumées double peau inox avec 50 mm d'isolation.

Automatismes et régulation :

La régulation aura pour gestion le fonctionnement des différentes fonctions de la chaudière (combustion, allumage, décentrage, sécurité...). Elle gèrera la modulation de puissance entre 25 et 100 % et contrôlera la combustion en continu par la sonde d'oxygène en agissant sur l'amenée du bois et le débit d'air, en fonction de la qualité du bois et de la puissance demandée.

Elle comprendra un tableau de commande avec signaux lumineux de défaut.

4.4.2. - Dispositif d'appoint et de secours :

Une chaudière fuel d'appoint et de secours en acier couvrira 80% de la puissance totale. Elle sera commandée en cas de forte demande hivernale ou en période d'inter-saison quand la chaudière bois ne fonctionne plus.

Elle servira de chaudière de secours, néanmoins si sa puissance est insuffisante, il sera prévu sur la chaudière bois la possibilité de passer du mode automatique au mode manuel (fonctionnement à bûches). Cette possibilité permet d'assurer son fonctionnement en cas de panne sur le désileur ou le transporteur, tels que vis cassée ou panne moteur.

V - ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET FINANCIÈRE

5.1 - TABLEAU DES INVESTISSEMENTS

| | solution 1 : avec Mairie | solution 2 : sans Mairie |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
| <u>Aménagement des abords</u> | | |
| . Installation de chantier | 720,00 ! HT | 720,00 ! HT |
| . Terrassements (hors fouilles pour réseau de chaleur) | 2 500,00 ! HT | 2 500,00 ! HT |
| . Voirie (hors fouilles pour réseau de chaleur) | 3 200,00 ! HT | 3 200,00 ! HT |
| . Espaces verts | 780,00 ! HT | 780,00 ! HT |
| Total Aménagements abords | 7 200,00 ! HT | 7 200,00 ! HT |
| <u>Réseaux divers</u> | | |
| . Réseaux AEP | 500,00 ! HT | 500,00 ! HT |
| . Réseaux EU | 400,00 ! HT | 400,00 ! HT |
| . Réseaux EP | 1 225,00 ! HT | 1 225,00 ! HT |
| . Réseaux BT | 620,00 ! HT | 560,00 ! HT |
| . Réseaux TBT | 161,00 ! HT | 161,00 ! HT |
| Total Réseaux divers | 2 906,00 ! HT | 2 846,00 ! HT |
| <u>Construction du local chaufferie</u> | | |
| . Installation de chantier | 300,00 ! HT | 300,00 ! HT |
| . Gros œuvre silo (percements, consolidations, dallage) | 13 500,00 ! HT | 10 800,00 ! HT |
| . Gros œuvre chaufferie (percements, consolidations, dallage) | 8 600,00 ! HT | 5 700,00 ! HT |
| . Charpente / Couverture (création de la trappe) | 10 500,00 ! HT | 9 600,00 ! HT |
| . Menuiseries métalliques / Serrurerie | 3 600,00 ! HT | 3 600,00 ! HT |
| . Finitions extérieures des façades | 1 200,00 ! HT | 1 000,00 ! HT |
| . Finitions intérieures | 2 800,00 ! HT | 2 300,00 ! HT |
| Total Construction local chaufferie | 40 500,00 ! HT | 33 300,00 ! HT |
| <u>Équipement technique</u> | | |
| . Alimentation automatique chaudière bois | 7 290,00 ! HT | 6 590,00 ! HT |
| . Chaudière bois et équipement | 19 710,00 ! HT | 14 387,00 ! HT |
| . Chaudière fuel et équipement | 7 609,93 ! HT | 5 935,08 ! HT |
| . Bâche tampon hydraulique | 1 850,00 ! HT | 1 235,00 ! HT |
| . Raccordements hydrauliques | 2 845,00 ! HT | 2 432,00 ! HT |
| . Compteur de calories | 1 340,00 ! HT | 1 160,00 ! HT |
| . Conduit de fumées | 3 735,00 ! HT | 3 362,00 ! HT |
| . Aménagement des locaux (plomberie, électricité...) | 2 800,00 ! HT | 2 640,00 ! HT |
| Total Équipement technique | 47 179,93 ! HT | 37 741,08 ! HT |
| <u>Réseau urbain de distribution</u> | | |
| . Fouille et remblais | 36 000,00 ! HT | 18 000,00 ! HT |
| . Canalisations en tubes fer pré-isolées | 48 504,00 ! HT | 24 264,00 ! HT |
| Total Réseau urbain | 84 504,00 ! HT | 42 264,00 ! HT |

| | solution 1 : avec Mairie | solution 2 : sans Mairie |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Sous-station | | |
| . Création de la sous-station Groupe scolaire | 9 674,00 ! HT | 9 674,00 ! HT |
| . Création de la sous-station Cantine | 8 600,00 ! HT | 8 600,00 ! HT |
| . Création de la sous-station Logement communal | 7 500,00 ! HT | 7 500,00 ! HT |
| . Création de la sous-station Logement scolaire | 7 500,00 ! HT | 7 500,00 ! HT |
| . Création de la sous-station Mairie | 8 390,00 ! HT | |
| . Création de la sous-station Maison forestière | 6 500,00 ! HT | 6 500,00 ! HT |
| . Remplacement des productions d'ECS | 860,00 ! HT | 430,00 ! HT |
| . Compteurs de calories logements | 1 400,00 ! HT | 1 400,00 ! HT |
| Total Sous-stations | 50 424,00 ! HT | 41 604,00 ! HT |
| TOTAL INVESTISSEMENT TRAVAUX | 232 713,93 ! HT | 164 955,08 ! HT |

| | HONORAIRES ETUDES | HONORAIRES ETUDES |
|--|------------------------------|------------------------------|
| . Taux de rémunération : études, contrôle, sécurité etc... | 11% | 11% |
| TOTAL HONORAIRES ETUDES | 25 598,53 ! HT | 18 145,06 ! HT |

| | | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| COÛT D'OBJECTIF | 258 312,46 ! HT | 183 100,13 ! HT |
| TVA 19,6% | 50 629,24 ! | 35 887,63 ! |
| | 308 941,70 ! TTC | 218 987,76 ! TTC |

TABLEAU DES COÛTS ÉVITÉS

C'est l'investissement dans les chaufferies existantes pour les 15 années à venir si pas de chaufferie au bois.

| | COÛTS ÉVITÉS | COÛTS ÉVITÉS |
|---|-----------------------|-----------------------|
| . Chaufferie Groupe scolaire - rempl. de petit matériel | 1 200,00 ! HT | 1 200,00 ! HT |
| . Chaufferie Cantine - rempl. de petit matériel | 670,00 ! HT | 670,00 ! HT |
| . Chaufferie Logement communal rempl. de petit matériel | 2 350,00 ! HT | 2 350,00 ! HT |
| . Chaufferie Logement scolaire - rempl. de petit matériel | 550,00 ! HT | 550,00 ! HT |
| . Chaufferie Mairie - rempl. de petit matériel | 720,00 ! HT | |
| . Chaufferie Maison forestière - rempl. de chaufferie | 2 650,00 ! HT | 2 650,00 ! HT |
| Total Réno. Chaufferies existantes | 8 140,00 | 7 420,00 |
| TOTAL COÛT ÉVITÉ | 8 140,00 ! HT | 7 420,00 ! HT |
| TVA 19,6% | 1 595,44 ! | 1 454,32 ! |
| en ! TTC | 9 735,44 ! TTC | 8 874,32 ! TTC |

5.2 - TABLEAU des COÛTS D'EXPLOITATION

| ETAT EXISTANT | Un. | solution 1 : avec Mairie | solution 2 : sans Mairie |
|--|--------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Consommation annuelle des bâtiments | kWh | 215 376 | 169 272 |
| | Tep | 21,6 | 17,1 |
| Coût de revient annuel | ! TTC | 21 464 | 16 038 |
| Entretien courant | | | |
| Montant annuel du P2 (dépannage et petit matériel) | ! TTC | 1 600 | 1 400 |
| Coût d'exploitation total état existant | ! TTC | 23 064 | 17 438 |

ETAT FUTUR : CHAUFFERIE AU BOIS

| | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|
| Consommation totale | | | |
| Consommation annuelle chaufferie centrale à l'entrée | kWh | 352 984 | 250 565 |
| Consommation annuelle chaufferie centrale à la sortie | kWh | 292977 | 207969 |
| Part bois | % | 90 | 90 |
| Part appoint | % | 10 | 10 |
| Consommation de plaquettes forestières | | | |
| Consommation bois chaufferie centrale | kWh | 317 685 | 225 508 |
| | Tep | 27,3 | 19,4 |
| | tonne | 102,5 | 72,7 |
| | m ³ | 342 | 242 |
| Prix moyen du kWh de plaquettes forestières | c! TTC | 2,419 | 2,419 |
| Coût conso énergie bois | ! TTC | 7 686 | 5 456 |
| Consommation d'appoint au fuel : | | | |
| Consommation appoint | kWh | 35 298 | 25 056 |
| | Tep | 3,0 | 2,2 |
| Prix moyen énergie d'appoint | c! TTC | 10,021 | 10,021 |
| Coût conso de secours | ! TTC | 3 537 | 2 511 |
| Traitement des cendres | | | |
| Imbrûlé | % | 1,0 | 1,0 |
| Quantité | tonne | 1,5 | 1,1 |
| Prix mise en décharge / tonne | ! TTC | 330 | 330 |
| Coût consommation auxiliaires électriques | ! TTC | 495 | 363 |
| Consommation auxiliaires électriques | | | |
| Puissance installée | kW | 14,0 | 9,0 |
| Consommation électrique | kWh | 9 240 | 5 940 |
| Prix moyen élec / kWh | c! TTC | 9,438 | 9,438 |
| Coût consommation auxiliaires électriques | ! TTC | 872 | 561 |
| Abonnements | | | |
| Electricité | ! TTC | 192 | 192 |
| Coût des abonnements en énergie | | 192 | 192 |
| Contrat d'exploitation | | | |
| Conduite de l'installation | ! TTC | 2 500 | 2 160 |
| Entretien annuel, petit matériel et dépannage | ! TTC | 1600 | 1200 |
| Coût contrat d'exploitation | ! TTC | 4 100 | 3 360 |
| Coût d'exploitation total chaufferie bois | ! TTC | 16 882 | 12 442 |

5.3 - COUTS des ENERGIES

Mise à jour : juin 2008

FIOWL DOMESTIQUE :

1,0041 ! uro TTC/litre

10,021 Cts ! uro TTC/kWh

PROPANE :

1 334 ! uro TTC/tonne

10,357 Cts ! uro TTC/kWh

GAZ NATUREL:

4,504 Cts ! uro TTC/kWh

ELECTRICITE :

Étude du prix moyen du kWh (Tarif Bleu 36kVA) :

| | Taxes locales | Prix unit HT | TVA | TTC | |
|----------------|---------------|--------------|-------|---------|----------------|
| Heures Pleines | 8% | 7,870 | 19,6% | 10,850 | c! TTC / kWh |
| Heures Creuses | 8% | 4,630 | 19,6% | 6,610 | c! TTC / kWh |
| Abonnement | | 97,350 | 5,5% | 191,900 | ! uro TTC / an |

| | répartition | c ! TTC/Kwh |
|------------------------------|-------------|--------------|
| Heures Pleines | 66,7% | 10,850 |
| Heures Creuses | 33,3% | 6,610 |
| Coût du kWh électrique moyen | 100,0% | 9,438 |

BOIS :

Étude du prix moyen du kWh (hors évacuation cendres)

| | humidité | kg/m3 | PCI kWh/t | ! TTC/t | c! TTC/kWh |
|--------------------------------|----------|-------|-----------|---------|--------------|
| Plaquettes forestières | | | | | |
| Sans transport | 35% | 300 | 3100 | 58,00 | 1,871 |
| Avec transport | 35% | 300 | 3100 | 75,00 | 2,419 |
| Granulés bois | | | | | |
| Livraison par camion souffleur | 10% | 725 | 4600 | 243,00 | 5,283 |

Bûche

<http://www.bucheafeu.com/infos.htm>

| | kWh/stère | | kWh/tonne | |
|---------|-----------|------|-----------|----------|
| | mini | maxi | mini | maxi |
| | 1500 | 2000 | 4000 | 4850 |
| moyenne | 1750 | | 4425 | |
| | 3,5 | | | ct! /kWh |

5.4 - TABLEAU de SYNTHÈSE des COÛTS d'EXPLOITATION

| | Un. | solution 1 : avec Mairie | solution 2 : sans Mairie |
|---|--------|-----------------------------|-----------------------------|
| <u>DONNÉES INITIALES</u> | | | |
| - consommation chaufferies existantes | Tep | 21,6 | 17,1 |
| - exploitation, chaufferies existantes | ! TTC | 23 064 | 17 438 |
| <u>CHAUFFERIE BOIS</u> | | | |
| - consommation chaufferie centrale | Tep | 30,4 | 21,6 |
| - exploitation, chaufferie centrale | ! TTC | 16 882 | 12 442 |
| - écart performantiel annuel | ! TTC | 6 182 | 4 995 |
| - investissement total travaux | ! TTC | 232 714 | 164 955 |
| - part de travaux subventionnable (79%) | ! TTC | 183 844 | 130 315 |
| - taux de subvention ADEME | % | 30 | 30 |
| - taux de subvention REGION | % | 20 | 20 |
| - taux de subvention DEPARTEMENT + DIVERS | % | 20 | 20 |
| - subvention EDF (50% de la chaudière) | ! TTC | 16146 | 12544 |
| - subvention estimée | ! TTC | 144 837 | 103 764 |
| - investissement résiduel pour la Mairie | ! TTC | 87 877 | 61 191 |
| - honoraires et études | ! TTC | 30 616 | 21 701 |
| - coûts évités | ! TTC | 9 735 | 8 874 |
| - surcoûts réels | ! TTC | 108 758 | 74 018 |
| <u>Temps de retour sur investissement résiduel</u> | années | 17,6 | 14,8 |

5.5 - BILAN

BILAN SOLUTION N° 1 (Avec Mairie) SANS EVOLUTION DES PRIX

BILAN FINANCIER D'EXPLOITATION ANNUEL

| | | |
|-------------------------------------|--------|------------|
| Coût d'exploitation actuel | 23 064 | ! TTC / an |
| Coût d'exploitation chaufferie bois | 16 882 | ! TTC / an |
| Economie engendrée | 6 182 | ! TTC / an |

Temps de retour sur investissement :

17,6 ans

ÉCONOMIE REJET DE GAZ À EFFET DE SERRE

| | | |
|------------------------------|--------|----------------|
| Rejet de GES actuel | 56 316 | kg eq CO2 / an |
| Rejet de GES chaufferie bois | 15 496 | kg eq CO2 / an |
| Rejet de GES évité | 40 820 | kg eq CO2 / an |

BILAN SOLUTION N° 1 (avec Mairie) AVEC EVOLUTION HYPOTHÉTIQUE DES PRIX

HYPOTHÈSES :

| | | |
|---|-------|----------|
| Evolution du coût de l'énergie d'origine pétrolière : | + 5 | % par an |
| Evolution du coût de l'énergie (electricité, bois) : | + 2,5 | % par an |
| Evolution du coût d'entretien : | + 1,5 | % par an |

| | Coût en début de période | Coût durant l'année de fin soit 12 ans plus tard |
|-----------------------------------|--------------------------|--|
| Etat actuel : | | |
| Part énergie d'origine pétrolière | 19 381 ! TTC/an | 34 806 ! TTC/an |
| Part énergie autre | 2 083 ! TTC/an | 2 801 ! TTC/an |
| Part entretien | 1 600 ! TTC/an | 1 913 ! TTC/an |
| Avec chaufferie bois : | | |
| Part énergie d'origine pétrolière | 3 537 ! TTC/an | 6 352 ! TTC/an |
| Part énergie autre | 8 750 ! TTC/an | 11 768 ! TTC/an |
| Part entretien | 4 595 ! TTC/an | 5 494 ! TTC/an |

Temps de retour sur investissement :

12,2 ans

BILAN SOLUTION N° 2 (sans Mairie) SANS EVOLUTION DES PRIX

BILAN FINANCIER D'EXPLOITATION ANNUEL

| | | |
|-------------------------------------|--------|------------|
| Coût d'exploitation actuel | 17 438 | ! TTC / an |
| Coût d'exploitation chaufferie bois | 12 442 | ! TTC / an |
| Economie engendrée | 4 995 | ! TTC / an |

Temps de retour sur investissement :

14,8 ans

ÉCONOMIE REJET DE GAZ À EFFET DE SERRE

| | | |
|------------------------------|--------|----------------|
| Rejet de GES actuel | 41 961 | kg eq CO2 / an |
| Rejet de GES chaufferie bois | 10 948 | kg eq CO2 / an |
| Rejet de GES évité | 31 013 | kg eq CO2 / an |

BILAN SOLUTION N° 2 (sans Mairie) AVEC EVOLUTION HYPOTHÉTIQUE DES PRIX

HYPOTHÈSES :

| | | |
|---|-------|----------|
| Evolution du coût de l'énergie d'origine pétrolière : | + 5 | % par an |
| Evolution du coût de l'énergie (électricité, bois) : | + 2,5 | % par an |
| Evolution du coût d'entretien : | + 1,5 | % par an |

| | Coût en début de période | Coût durant l'année de fin soit 11 ans plus tard |
|-----------------------------------|--------------------------|--|
| État actuel : | | |
| Part énergie d'origine pétrolière | 13 955 ! TTC/an | 21 649 ! TTC/an |
| Part énergie autre | 2 083 ! TTC/an | 2 601 ! TTC/an |
| Part entretien | 1 400 ! TTC/an | 1 601 ! TTC/an |
| Avec chaufferie bois : | | |
| Part énergie d'origine pétrolière | 2 511 ! TTC/an | 3 895 ! TTC/an |
| Part énergie autre | 6 208 ! TTC/an | 7 753 ! TTC/an |
| Part entretien | 3 723 ! TTC/an | 4 257 ! TTC/an |

Temps de retour sur investissement :

11,1 ans

VI - CONCLUSION

Ce document a été réalisé afin d'étudier la faisabilité de créer une chaufferie bois collective pour la commune de Epizon.

Ce projet a été détaillé en deux solutions. La première solution intègre tous les bâtiments étudiés. La seconde solution prend en compte tous les bâtiments sauf la Mairie qui est jugée trop éloignée par rapport à la chaufferie.

Pour ces deux solutions l'éloignement des bâtiments est important, il engendre des pertes de chaleur du réseau enterré de l'ordre de 35 % de la consommation totale pour la première solution et de 22 % pour la deuxième solution.

Néanmoins, l'étude économique nous amène à un retour sur investissement de l'ordre de 17 ans pour la solution n°1, et de l'ordre de 15 ans pour la solution n°2. Ces solutions sont donc jugées satisfaisantes lorsque l'on sait que la durée de vie de l'équipement thermique est de l'ordre de 20 à 25 ans.

Cependant, la solution n°1 étant le réseau le plus long son coût d'investissement à charge de la Mairie est de 109 000! TTC. La solution n°2 quant à elle, son coût d'investissement à charge de la Mairie est de 74 000! TTC.

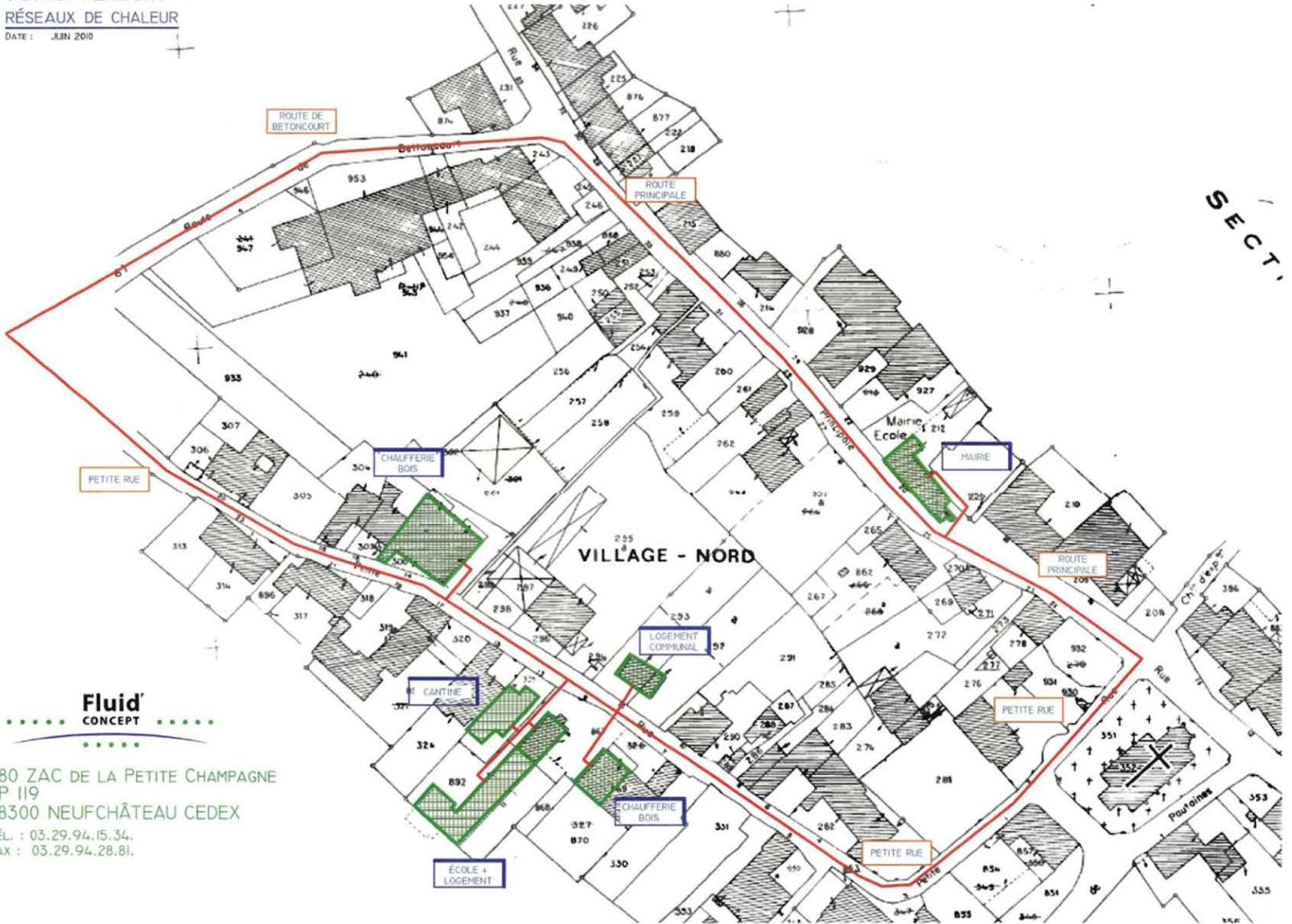
La solution n°2 permet d'effectuer une économie de 28,6% alors que la solution n°1 permet d'effectuer une économie de 26,2%, soit plus faible.

L'étude montre également l'intérêt environnemental de cette opération, caractérisé par la suppression du rejet de 40 tonnes/an de gaz à effet de serre pour la première solution et par la suppression du rejet de 31 tonnes/an de gaz à effet de serre pour la deuxième solution.

Nous constatons que le raccordement de la Mairie n'est pas favorable au projet. Aussi, nous émettons plutôt un avis favorable pour la solution n°2 qui n'inclut pas le bâtiment Mairie. Nous rappelons à la Mairie que l'investissement résiduel de cette 2ème solution est estimé à 74 000 ! TTC.

Si la solution n°2 venait à être retenue, il sera conseillé pour le bâtiment Mairie d'être amélioré thermiquement (voir fiches d'améliorations jointes à cette étude).

EPIZON
OPÉRATION "VILLAGE 2050"
RÉSEaux DE CHALEUR
DATE : JUN 2010



Fluid
CONCEPT

280 ZAC DE LA PETITE CHAMPAGNE
BP 119
88300 NEUFCHÂTEAU CEDEX
TÉL. : 03.29.94.15.34.
FAX : 03.29.94.28.81.

ANNEXE A - Plan de réseaux

SECT'



0

!"#\$! \$# %&! (# \$!) *(+!#%

*, - . / 012324

- - 57 83 7. 93: ; 3 =>?>
- @@ 6A. 72 <6BB. <8C32
- : AA D: 83 B. 72. : : 6/A7 6- <12 / <696DE 4=F

!"#\$%&()*+*),- &/) 01 234 3 5 67/ %)/ 8 8 - &/ % 98 : +* , ;)*- <=4 > ' ?

| / < 7G 72 | : 6EA | : AA |
|------------------------------------|----------------|---------------|
| H5B3 H<A3D<C | ?I==J K oL: 5 | >IMMU K oL: 5 |
| H3/A3 %D3 | >IN> J K oL: 5 | >I=NJ K oL: 5 |
| H5B3 J 6AA O<6783 %D3I %D3 8DH. 7/ | ?IPMU K oL: 5 | >IQQJ K oL: 5 |
| ; R/A 37/2 B. : : D76DE | >IPNJ K oL: 5 | >I@ J K oL: 5 |
| "T"(+ % &! (# | ?I>UJ K oL: 5 | >I=J K oL: 5 |

@#%&()*+*) A<.)- %7*) 67' - <BB*, *

(V-J AA D:

| | | | |
|---|-----------------------|-------|-------|
| -; R/A 37/2 B. : : D76DE | W | US XK | |
| - @@ 6A. 72 693B6: C5A <6/A7 / 03< A'D3 | W | ?SNXK | |
| -- 3<3 <C236DE | W | => XK | |
| | | | |
| | / . / 65B06DZZ3 <A | W | =N@XK |
| -2D< DA267B3 [?> F\ | W | =NXK | |
| | | | |
| | CDC1 EFG1 HI I 3J I\$ | L | @NO> |

] - J 6EA D:

| | | | |
|---------------------------|-----------------------|-------|-------|
| -; R/A 37/2 B. : : D76DE | W | US XK | |
| - @@ 6A. 72 [7. 7 A. 532] | W | UQ@XK | |
| -- 3<3 <C236DE | W | => XK | |
| | | | |
| | / . / 65B06DZZ3 <A | W | @WXK |
| -2D< DA267B3 [?> F\ | W | @XK | |
| | | | |
| | CDC1 EFG1 HI I 3J I\$ | L | PQMO> |

!"#\$%&()*+*), *-&*)-.)* / o1

!"#\$%&8#()*+), &+) . (% / \$' %& 80(12 -/ \$(. (#34&2 ()' , , +1. "#

→ 1" #' \$ 5 , +) #&) &6() & 2 7"1' ((& "3-&8

. (9: ;9<=>;? @

→ 1" #' \$ 5 A' 1' 3% 6() & 2 7"1' ((& "3-&8

. (B;C<9C;: @

2"345 , / - | &8 89' | 077*-6 94::*9&5 * | ; *9 6+6 6+0*:

DE7+80F#(#8

- '71F#&' A' \$G. #2 "%+1' &+)

| | | ,+%,&* | -).-A.\$(% |
|-----------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| -)A(#&##(2())& | 34&2 ()&#, +2 2 \$)' \$G | | 9: : : : JJK |
| | LL 2 '-#+)# | | M? : : : JJK |
| | | ?? M: : : JJK | C9? : : : JJK |
| ,+)#+2 2 ' &+)# | 3(#+)-#\$&%# | L: N9LNCP o | L: N9LN CP o |
| | 1().(2())& | ?M@ | ?M@ |
| | 7(1& 1" #' \$G | 9C@ | : @ |
| | ,+)#+2 2 ' &+)# "(1Q(| N: N>C> CP o | MLBNNBCP o |

Comparatif des Pertes thermiques sur réseau de chaleur enterré

| | Solution performante | Solution classique |
|-------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Caractéristiques | | |
| Température | variable (loi d'eau) | constante |
| Delta T°C départ/retour | 40°C | 20°C |
| Circulateur | débit variable | débit constant |
| Réseau principal | | |
| Longueur | 800 m | 800 m |
| DN moyen | 50/60 | 76,1 x 2,7 |
| Perte de puissance (en kW) | 16,4 | 24,7 |
| Perte de conso (en kWh) | 91 404 | 137 374 |
| Réseau raccordement batim. | | |
| Longueur | 300 m | 300 m |
| DN moyen | 20/27 | 20/27 |
| Perte de puissance (en kW) | 3,3 | 4,4 |
| Perte de conso (en kWh) | 18 191 | 24 254 |
| TOTAL RÉSEAUX ENTERRÉE | | |
| Longueur | 1 100 m | 1 100 m |
| Perte puissance (en kW) | 19,7 | 29,0 |
| Perte puissance (en %) | 5,2% | 7,7% |
| Perte de conso (en kWh) | 109 595 | 161 628 |
| Perte (en %) Bât non isolés | 13,7% | 20,2% |
| Perte (en %) Bât isolés | 27,0% | 39,8% |
| Surcoût d'investissement TTC | 26 500,0 ! | 0,0 ! |

MAPPE DE ZONAGE D'AMENAGEMENT D'URBANISME

RATIOS ADEME

M
H
7
M
L

ABRE.
DU PONT



OPÉRATION VILLAGE 2050

Date : 09 juin 2010

L'audit énergétique présent est réalisé pour le compte de la Communes de DAMMARIE-sur-SAULX.

Le présent document traite des bâtiments de la commune de DAMMARIE-sur-SAULX

L'étude portera sur la recherche d'améliorations thermiques et techniques pour le bâtiment "ECOLE"

Ce diagnostic est présenté sous la forme de :

- Fiche d'identité thermique du bâtiment
- Fiche de calcul des déperditions
- Fiche d'identité technique du bâtiment
- Fiche de calcul de consommation
- Fiche d'analyse technique
- Fiche bilan d'exploitation existant
- Fiches d'améliorations individuelles
- Fiches de synthèse des améliorations
- Conclusions

Identité thermique du bâtiment

Description du bâtiment

| | |
|------------------------------|--|
| Fonction principale : | École |
| Fonctions annexes : | Locaux annexes (rangements, chaufferie, cave) |
| Caractéristiques : | Batiment ancien (<1970) peu isolé |
| Nombre de niveaux : | Cave avec chaufferie + RDC + Premier étage |
| Locaux non chauffés : | Cave et locaux de rangements |
| Surface approx. à chauffer : | 270 m ² |
| Volume approx. à chauffer : | 1017 m ³ |
| Constitution des parois : | |
| → Murs extérieurs | mur en pierre ; pas d'isolation excepté derrière les radiateurs ou il y a un léger placoplâtre |
| → Plafonds | plancher bois non isolé sur combles pour les salles de classe, mais isolé au dessus de la cage d'escalier par 20 cm de LdV entre solives |
| → Planchers | planchers bois ou béton, sur terre plein ou sur cave, non isolés. |
| → Fenêtres | Fenêtres Bois double vitrages 4-12-4 et fenêtres bois simple vitrage |

Bilan de puissance

| | |
|---------------------------------|----------------------|
| Déperdition (avec surpuissance) | 55 kW |
| Ratio /m ² | 203 W/m ² |
| Ratio /m ³ | 54 W/m ³ |
| Puissance production ECS : | Sans objet |
| Puissance totale | 55 kW |

(voir la fiche déperditions)



ZONE ÉTUDIÉE : Salles de classe

| | |
|----------------------------|--------------------|
| Surface approx. à chauffer | 204 m ² |
| Volume approx. à chauffer | 825 m ³ |

| | |
|--------------------------------|--------|
| Température extérieure de base | -15 °C |
| Température intérieure moyenne | 20 °C |

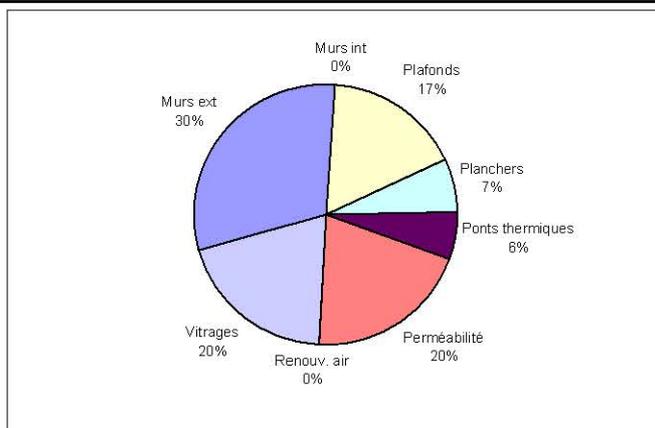
BIBLIOTHÈQUE DES PAROIS

| N° | Paroi | Commentaires | U (W/m ² .°C) | Coeff. b | N° | Vitrage | l (m) | L (m) | Uw (W/m ² .°C) |
|----|-------------|--------------------------|-----------------------------|----------|----|-------------|----------|----------|------------------------------|
| 1 | Mur ext. | pierres ext non isolé | 1,50 | 1,00 | 1 | Fenêtres | 1,0 | 1,0 | 2,90 |
| 2 | Mur ext. | pierres ext isolé | 0,72 | 1,00 | 2 | Portes fen. | 1,3 | 3,6 | 2,90 |
| 3 | Planch. TP | plancher béton + bois | 2,30 | 0,26 | 3 | Portes fen. | 1,0 | 1,0 | 2,90 |
| 4 | Plaf. léger | bois non isol sur comble | 2,00 | 0,75 | 4 | Fenêtres | 1,0 | 1,0 | 5,00 |
| | | | | | 5 | Portes | 1,0 | 1,0 | 3,50 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

DÉTAIL DU CALCUL

| Paroi | | | Vitrages | | | | | | | | | | | Déper. (W/°C) |
|----------------------|--------------------|-----------|-----------------|-----|------|-----|------------------------------------|-----|----|------|----|-------|------|------------------|
| N° | L. ou Surf. (m) | l. (m) | N° | Qté | N° | Qté | N° | Qté | N° | Qté | N° | Qté | VR | |
| 1 | 229,0 | | 1 | 41 | 2 | 1 | 3 | 9 | 4 | 1 | 5 | 5 | sans | 432,7 |
| 2 | 27,8 | 1,2 | | | | | | | | | | | | 23,6 |
| 3 | 102,0 | | | | | | | | | | | | | 61,0 |
| 4 | 102,0 | | | | | | | | | | | | | 153,0 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Ponts thermiques | | | Propo dépé (%) | | 100% | | Majoration engendrée | | | 8,0% | | 53,6 | | |
| | | | Propo dépé (%) | | | | Majoration engendrée | | | | | | | |
| Perméabilité à l'air | | | Part Volume (%) | | 100% | | Taux de renouv. (V/h) | | | 0,7 | | 182,3 | | |
| | | | Part Volume (%) | | | | Taux de renouv. (V/h) | | | | | | | |
| Renouvellement d'air | | | T° air soufflé | | | | Débit air neuf (m ³ /h) | | | | | | | |

RÉSULTATS



| | |
|---------------------------------|------|
| Total déperditions (kW) | 31,7 |
| Coefficient de surpuissance (%) | 20% |
| Puissance à installer (kW) | 38,1 |

| | |
|------------------------|-------|
| Ratio W/m ² | 186,6 |
| Ratio W/m ³ | 46,1 |

ZONE ETUDIEE : Sanitaires, hall, cage d'escalier

| | |
|----------------------------|--------------------|
| Surface approx. à chauffer | 66 m ² |
| Volume approx. à chauffer | 192 m ³ |

| | |
|--------------------------------|--------|
| Température extérieure de base | -15 °C |
| Température intérieure moyenne | 20 °C |

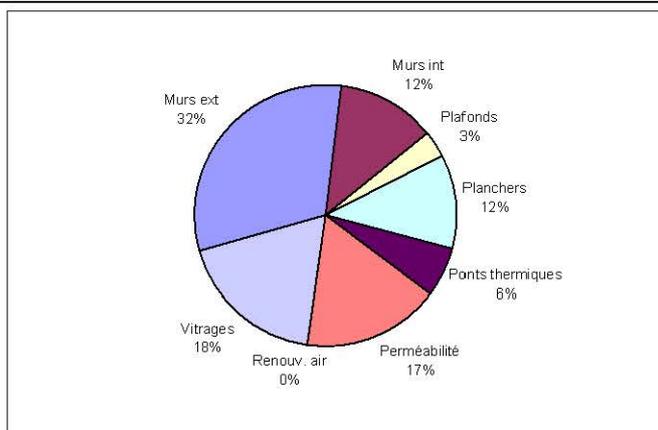
BIBLIOTHÈQUE DES PAROIS

| N° | Paroi | Commentaires | U (W/m ² .°C) | Coeff. b | N° | Vitrage | l (m) | L (m) | Uw (W/m ² .°C) |
|----|-------------|-------------------------|--------------------------|----------|----|-------------|-------|-------|---------------------------|
| 1 | Mur ext. | pierres 23cm, non isolé | 2,60 | 1,00 | 1 | Portes | 1,0 | 2,1 | 3,50 |
| 2 | Mur int. | pierres 15cm sur LNC | 3,30 | 0,35 | 2 | Fenêtres | 0,7 | 1,2 | 2,90 |
| 3 | Planch. TP | béton non isolé | 2,60 | 0,26 | 3 | Portes | 1,2 | 2,2 | 3,50 |
| 4 | Planch. SS | bois non isolé sur cave | 2,00 | 0,35 | 4 | Portes fen. | 1,3 | 2,9 | 2,40 |
| 5 | Plaf. léger | bois isolé par 20cm LdV | 0,40 | 0,95 | 5 | Fenêtres | 1,3 | 2,1 | 2,50 |
| | | | | | 6 | Portes | 1,0 | 2,2 | 3,50 |
| | | | | | 7 | Fenêtres | 1,3 | 1,9 | 2,50 |

DÉTAIL DU CALCUL

| Paroi | | | Vitrages | | | | | | | | | | Déper. (W/°C) | |
|----------------------|-----------------|--------|-----------------|-----|------|-----|------------------------------------|-----|------|-----|----|-----|---------------|-------|
| N° | L. ou Surf. (m) | l. (m) | N° | Qté | N° | Qté | N° | Qté | N° | Qté | N° | Qté | | VR |
| 1 | 44,6 | | 2 | 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 5 | 1 | 7 | 2 | | 117,1 |
| 2 | 30,9 | | 6 | 2 | | | | | | | | | | 36,0 |
| 3 | 24,7 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | 17,2 |
| 4 | 19,5 | | | | | | | | | | | | | 13,7 |
| 5 | 22,8 | | | | | | | | | | | | | 8,7 |
| Ponts thermiques | | | Propo dépé (%) | | 100% | | Majoration engendrée | | 8,0% | | | | 15,4 | |
| Perméabilité à l'air | | | Part Volume (%) | | 100% | | Taux de renouv. (V/h) | | 0,7 | | | | 42,4 | |
| Renouvellement d'air | | | T° air soufflé | | | | Débit air neuf (m ³ /h) | | | | | | | |

RÉSULTATS



| | |
|--|-------------|
| Total déperditions (kW) | 8,8 |
| Coefficient de surpuissance (%) | 20% |
| Puissance à installer (kW) | 10,5 |

| | |
|-------------------|--------------|
| Ratio W/m! | 158,9 |
| Ratio W/m" | 54,8 |

ZONE ÉTUDIÉE : Locaux pour matériel

| | |
|----------------------------|--------------------|
| Surface approx. à chauffer | 38 m ² |
| Volume approx. à chauffer | 114 m ³ |

| | |
|--------------------------------|--------|
| Température extérieure de base | -15 °C |
| Température intérieure moyenne | 20 °C |

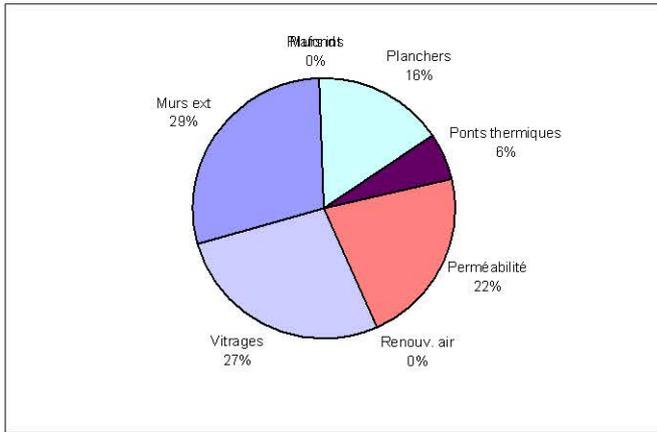
BIBLIOTHÈQUE DES PAROIS

| N° | Paroi | Commentaires | U (W/m ² .°C) | Coeff. b | N° | Vitrage | I (m) | L (m) | Uw (W/m ² .°C) |
|----|------------|---------------------------|--------------------------|----------|----|----------|-------|-------|---------------------------|
| 1 | Mur ext. | pierres non isol + plâtre | 2,35 | 1,00 | 1 | Fenêtres | 1,3 | 2,1 | 5,00 |
| 2 | Planch. TP | plancher bois non isolé | 2,00 | 0,26 | 2 | Portes | 1,0 | 2,2 | 3,50 |
| 3 | Planch. SS | plancher bois non isolé | 2,00 | 0,35 | | | | | |
| 4 | Mur int. | pierres 15cm sur hall | 3,30 | 0,00 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

DÉTAIL DU CALCUL

| Paroi | | | Vitrages | | | | | | | | | | Déper. (W/°C) | | |
|----------------------|-----------------|--------|-----------------|-----|------|------------------------------------|----|------|----|-----|----|-----|---------------|------|------|
| N° | L. ou Surf. (m) | I. (m) | N° | Qté | N° | Qté | N° | Qté | N° | Qté | N° | Qté | | VR | |
| 1 | 8,9 | 2,9 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | 81,2 |
| 2 | 17,1 | | | | | | | | | | | | | | 8,9 |
| 3 | 3,8 | 5,5 | | | | | | | | | | | | | 14,6 |
| 4 | 30,9 | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | 0,0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ponts thermiques | | | Propo dépé (%) | | 100% | Majoration engendrée | | 8,0% | | | | | | 8,4 | |
| | | | Propo dépé (%) | | | Majoration engendrée | | | | | | | | | |
| Perméabilité à l'air | | | Part Volume (%) | | 100% | Taux de renouv. (V/h) | | 0,8 | | | | | | 32,2 | |
| | | | Part Volume (%) | | | Taux de renouv. (V/h) | | | | | | | | | |
| Renouvellement d'air | | | T° air soufflé | | | Débit air neuf (m ³ /h) | | | | | | | | | |

RÉSULTATS



| | |
|--|--------------|
| Total déperditions (kW) | 5,1 |
| Coefficient de surpuissance (%) | 20% |
| Puissance à installer (kW) | 6,1 |
| Ratio W/m³ | 160,5 |
| Ratio W/m² | 53,5 |

Globalement, ce sont les murs extérieurs qui sont les plus déperditifs, ils sont tous non isolés à part les quelques zones situés derrière les radiateurs, mais c'est insuffisant. Les plafonds sont aussi une forte source de déperditions par rapport à leur surface et gagnent à être isolés. La perméabilité du bâtiment laisse à désirer à cause des quelques portes et fenêtres simple vitrage anciennes, qui ont des joints usés voire inexistant, ce qui laisse facilement de l'air froid s'infiltrer.

Les hauteurs sous plafond sont élevées, ce qui engendre un volume de chauffe important et inutile, la mise en place de faux plafond avec laine de verre limitera ce problème.

Cependant, la récente mise en place des fenêtres et portes fenêtres en double vitrages a été une bonne initiative: on voit que leurs déperditions ne sont pas si élevées bien qu'elles soient nombreuses et de grandes tailles.

Reportage photographique n°1



Menuiseries simple vitrage peu perméables

Identité **technique** du bâtiment

Chauffage

| | |
|---------------------------------|--|
| Type de production de chaleur : | Chaudière fioul CHAPPÉE SEMPRA (2005), brûleur CUENOD 50-90 kw |
| Énergie utilisée : | Fioul |
| Définition des circuits : | Un circuit radiateur avec circulateur GRUNDFOSS UPS 25/60 et vase d'expansion 200 l |
| Mode de régulation : | Régulateur écocontrol EC2 avec programmation. Robinets manuel sur radiateurs, état "ancien" |
| Système de distribution : | Tubes fer non calorifugés |
| Système d'émission : | Radiateur acier "THERMAL" |
| Autre mode de chauffage : | |

Eau Chaude Sanitaire

| | |
|---------------------------------|-------------------------|
| Type de production de chaleur : | indépendante électrique |
| Énergie utilisée : | Électrique |
| Mode de régulation : | Température constante |
| Système de distribution : | |
| Autre mode de production : | |

Ventilation

| | |
|-----------------------------|-----------|
| Type de ventilation : | Naturelle |
| Énergie utilisée : | |
| Mode de régulation : | |
| Caractéristiques : | |
| Autre mode de ventilation : | |

Bilan de consommations

| | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Consommation de chauffage | 64 390 kWh/an |
| Ratio /m ² | 238 kWh/m ² /an |
| Consommation production ECS | Sans objet |
| Consommation totale | 64 390 kWh/an |

(voir la fiche consommation)

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| Surface approx. à chauffer | 270 m ² |
| Volume approx. à chauffer | 1017 m ³ |
| Station météo | St DIZIER DJU 18 = 2668 |

| Zones | Type d'activité |
|-----------------------------------|---------------------|
| Salles de classe | Enseignement |
| Sanitaires, hall, cage d'escalier | Enseignement |
| Locaux pour matériel | Salle occupée 2x/an |

DÉTERMINATION DES BESOINS UTILES

| | Salles de classe | Sanitaires, hall, cage d'escalier | Locaux pour matériel |
|-------------------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Dépérditions sans surpuiss. (kW) | 32 | 9 | 5 |
| Température intérieure de confort | 20 °C | 18 °C | 12 °C |
| Température intérieure de réduit | 16 °C | 16 °C | 1 °C |
| Exposition solaire | Moyenne | Faible | Faible |
| Coefficient d'intermittence | 0,74 | 0,87 | #N/A |
| Apports internes kWh/m ² | 13 | 13 | 0 |
| Consommation utile (kWh) | 36 715 | 11 864 | #N/A |

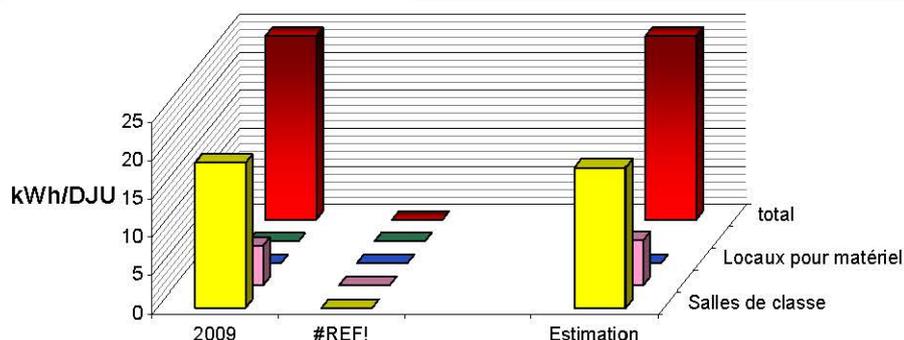
DÉTERMINATION DES CONSOMMATIONS TOTALES EN ÉNERGIE

| Mode de chauffage | chaud. fioul 2 à 5 ans | chaud. fioul 2 à 5 ans | |
|--|------------------------|------------------------|------|
| Rendement global de génération ou COeff. de Performance (si PAC) | 0,86 | 0,86 | #N/A |
| Rendement de régulation | 0,94 | 0,94 | #N/A |
| Rendement de distribution | 0,98 | 0,98 | #N/A |
| Rendement d'émission | 0,95 | 0,95 | #N/A |
| Rendement global d'installation | 0,75 | 0,75 | #N/A |
| Consommation totale (kWh) | 48 664 | 15 726 | 0 |

| | | | |
|---|-----|-----|---|
| Consommation totale (kWh/m ²) | 239 | 238 | 0 |
| Consommation totale (kWh/DJU) | 18 | 6 | 0 |

| Mode de production d'ECS | Sans prod. ECS | Sans prod. ECS | Sans prod. ECS |
|--|----------------|----------------|----------------|
| Rendement global de génération ou COeff. de Performance (si PAC) | | | |
| Coeff. Multiplicateur de conso. | | | |
| Consommation ECS 45° (m ³ /an) | | | |
| Consommation totale (kWh) | 0 | 0 | 0 |

| | | | |
|------------------------------------|--------|--------|--|
| Conso. réelle sans ECS (kWh) An -1 | 50 000 | 13 750 | |
| Conso. Réelle inconnue | | | |



Totaux bâtiment

Chauffage

64 390 kWh

238 kWh/m²

ECS

0 kWh

La production de chaleur est réalisée par une chaudière fioul, type CHAPÉE, relativement récente et de bonne qualité. Son tableau de bord est équipé d'une régulation, avec programmation de périodes de réduit qui permet un fonctionnement cohérent. Cette installation est donc efficace.

Toutefois, les radiateurs de type THERMAL, sont très vétustes et peu efficaces. La robinetterie est de type manuelle. Il faut prévoir leur remplacement dans le cas de réalisation de l'isolation par l'intérieur par des radiateurs basse température.

Estimation du coût annuel

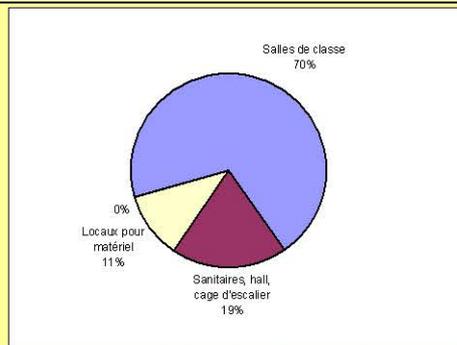
| | Salles de classe | Sanitaires, hall, cage d'escalier | Locaux pour matériel |
|-------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Conso. Totale chauffage | 48 664 | 15 726 | 0 |
| Choix de l'énergie | Fioul dom. | Fioul dom. | |
| Choix du tarif | | | |
| Coût moyen du kWh | 7,23 c#TTC | 7,23 c#TTC | Sans objet |
| Abonnement | 0 #TTC | 0 #TTC | Sans objet |
| Coût de Consommation | 3 519 #TTC | 1 137 #TTC | Sans objet |
| Maintenance | | | |
| Coût total chauffage | 3 519 #TTC | 1 137 #TTC | 0 #TTC |
| Conso. Totale ECS | 0 | 0 | 0 |
| Choix de l'énergie | | | |
| Choix du tarif | | | |
| Coût total ECS | 0 #TTC | 0 #TTC | 0 #TTC |
| Coût TOTAL | 3 519 #TTC | 1 137 #TTC | 0 #TTC |

| |
|----------------|
| Total Bâtiment |
| 4 656 #TTC |



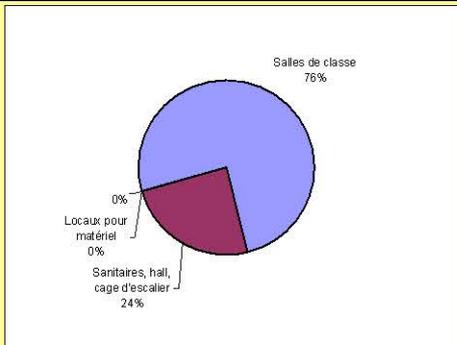
Récapitulatif Bilan de puissance

| | |
|-------------------------------|------------|
| Déperdition avec surpuissance | 55 kW |
| Ratio /m! | 203 W/m! |
| Ratio /m'' | 54 W/m'' |
| Puissance production ECS | Sans objet |
| Puissance totale | 55 kW |



Récapitulatif Bilan de consommation

| | |
|---------------------------|---------------|
| Consommation de chauffage | 64390 kWh/an |
| Ratio /m! | 238 kWh/m!/an |
| Consommation prod. ECS | Sans objet |
| Consommation totale | 64390 kWh/an |



Améliorations thermiques pour le bâtiment ECOLE

Amélioration de l'isolation des murs

Doublage par l'intérieur des murs non isolés par un placomur Ultra 10+1 avec un $R = 3,05 \text{ m}^2/\text{K}$.

soit : salle du conseil, salle polyvalente, et atelier communal.

Ces travaux nécessiteront des compléments de prestations:

- de finitions : peinture
- d'adaptation d'électricité : encastrement d'appareillages

positions : murs salle de classe et hall d'entrée.

| | | |
|---|---------------------------|----------------------------|
| Coût des investissements : | 203 m! | 27 405 " TTC |
| | Avant amélioration | Après amélioration |
| Puissance déperditive | 41 kW | 30 kW |
| Consommation annuelle | 64 390 kWh | 41 938 kWh |
| Coût annuel d'exploitation | 4 656 " TTC | 3 033 " TTC |
| Gain annuel effectué : | 22 452 Kwh/an | Eco kwh /an = 34,9% |
| | 1 623 " TTC | |
| Temps de retour sur investissement : | 17 ans | |

Isolation des plafonds

Le plafond des 2 salles de classe du 1er étage donnant sur le grenier n'étant pas isolée, et avec une hauteur sous plafond importante, nous proposons une isolation en sous face côté salle.

Les 2 salles du rez de chaussée sont également très haute (supérieur à 4 m). pour diminuer cette hauteur, donc le volume chauffé nous proposons également la pose d'un faux plafond.

Il sera créer un faux plafond démontable 600/600 formant un plénum qui sera isolé par 300 mm de laine de verre $R = 6,50 \text{ m}^2/\text{K}$

En complément des travaux disolation, il sera remplacé l'éclairage de ces 4 salles par des luminaires encastrés basse consommation.

Nota : Outre l'amélioration thermique et énergétique, ces travaux apporte un plus acoustique!

| | | |
|---|---------------------------|----------------------------|
| Coût des investissements : | 204 m! | 13 520 " TTC |
| | Avant amélioration | Après amélioration |
| Puissance déperditive | 41 kW | 36 kW |
| Consommation annuelle | 64 390 kWh | 55 616 kWh |
| Coût annuel d'exploitation | 4 656 " TTC | 4 022 " TTC |
| Gain annuel effectué : | 8 774 Kwh/an | Eco kwh /an = 13,6% |
| | 634 " TTC | |
| Temps de retour sur investissement : | 21 ans | |

Remplacement de fenêtres

Les fenêtres ont été en majorité remplacées récemment par des fenêtres bois double vitrage ayant une bonne qualité thermique RT 2005.

Il reste en simple vitrage celles du hall d'entrée, du sanitaire et des locaux de rangement au rez de chaussée. Nous proposons leur remplacement à l'identique des autres, soit soit 4/20/4, $U_w = 1,6 \text{ w/m}^2\text{°C}$.

| | | |
|---|---------------------------|---------------------------|
| Coût des investissements : | 12,9 m! | 7 095 "TTC |
| | Avant amélioration | Après amélioration |
| Puissance déperditive | 41 kW | 36 kW |
| Consommation annuelle | 64 390 kWh | 62 828 kWh |
| Coût annuel d'exploitation | 4 656 "TTC | 4 544 "TTC |
| Gain annuel effectué : | 1 562 Kwh/an | Eco kwh /an = 2,4% |
| | 112 "TTC | |
| Temps de retour sur investissement : | 63 ans | |

Isolation de plancher

Le plancher d'une partie des salles de rangement du rez de chaussée donne sur une cave. Ce plancher est en bois sur poutre sans isolation. Nous proposons de créer un faux plafond placo plâtre avec un complément d'isolant par 150 mm de laine de verre.

| | | |
|---|---------------------------|---------------------------|
| Coût des investissements : | 20 m! | 1 100 "TTC |
| | Avant amélioration | Après amélioration |
| Puissance déperditive | 41 kW | 40 kW |
| Consommation annuelle | 64 390 kWh | 63 609 kWh |
| Coût annuel d'exploitation | 4 656 "TTC | 4 600 "TTC |
| Gain annuel effectué : | 781 Kwh/an | Eco kwh /an = 1,2% |
| | 56 "TTC | |
| Temps de retour sur investissement : | 20 ans | |

Ventilation

Aucune ventilation mécanique pour ce bâtiment à usages exclusif scolaire.

Nous préconisons des améliorations par zone, soit :

- Sanitaire : VMC à fonctionnement permanent, débit 90 m³/h
- Salle de classes : Ventilation double flux, avec récupération d'énergie 85%, fonctionnement sur horloge fonction de l'occupation.

Ces travaux n'engendreront que des améliorations de confort pour les élèves : qualité de l'air, sans surconsommation.

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| Coût des investissements : | 17 500 "TTC |
|-----------------------------------|-------------|

Chauffage des locaux

Dans le cas d'isolation des murs par doublage intérieur, il sera nécessaire de déposer les radiateurs et les canalisations de raccordement. Puis de refaire entièrement le chauffage par des radiateurs neufs adaptés aux nouvelles puissances du bâtiment.

A cette occasion il serait judicieux de compléter le chauffage dans les locaux rangement du rez de chaussée non équipé actuellement.

Les travaux à réaliser devront comprendre :

- dépose complète des radiateurs
- des radiateurs neuf équipés de robinets thermostatiques dans tous les locaux
- une distribution en tube cuivre compris calorifuge dans les zones non chauffée

Coût des investissements :

9 600 | TTC

Synthèse des améliorations ECOLE

Descriptif des travaux

Total des améliorations proposées suivant la fiche précédente, soit :

- doublage des murs école et tous locaux annexes
- isolation du comble par faux plafond
- remplacement de quelques anciennes fenêtres
- isolation d'un plancher sur cave
- création d'une ventilation double flux
- remplacement des radiateurs avec complément dans les locaux non chauffés

Coût des investissements :

76 220 ! TTC

Puissance déperditive

Avant amélioration

Après amélioration

55 kW

33 kW

Consommation annuelle

64 390 kWh

30 821 kWh

Coût annuel d'exploitation

4 656 ! TTC

2 531 ! TTC

Gain annuel effectué :

22 kW

33 569 kWh/an

2 125 ! TTC

Temps de retour sur investissement :

36 ans

Eco kw/an = 40,0%
Eco kwh/an = 52,1%

CONCLUSION et ANALYSES

Après lecture du tableau récapitulatif, on peut s'apercevoir que les objectifs de diviser par deux les consommations sont respectés: 52%.

La puissance est réduite de 40 %.

Les travaux portent sur l'ensemble des locaux, y compris ceux actuellement non chauffés, afin d'obtenir une isolation complète du bâtiment.

Les investissements sont conséquents, outre l'isolation thermique des parois, il sera nécessaire de réaliser des travaux induits :

- équipement électrique, éclairage, remplacement de radiateurs
- ventilation double flux pour l'amélioration du confort

RAPPORT DE SYNTHESE

**Projet de rénovation de la maison :
(nom gardé confidentiel)**

Etude réalisée avec le logiciel ©BAO PROMODUL Pro Expert – v. 3.2.1

Niveau de saisie : Surfaces et coefficients K des parois inconnus



10/04/2013

SOMMAIRE

| | | |
|--------------|---|------------|
| I - | RECAPITULATIF DES DONNEES D'ENTREE | 388 |
| I.1 - | Informations générales | 388 |
| I.2 - | Travaux d'amélioration déjà effectués | 388 |
| I.3 - | Equipements | 388 |
| I.3.1 - | Systèmes de chauffage | 388 |
| I.3.2 - | Systèmes de production d'ECS | 389 |
| I.3.3 - | Systèmes de ventilation et de climatisation | 389 |
| I.4 - | Paramètres énergétiques et systèmes particuliers | 389 |
| II - | SYNTHESE DES RESULTATS 3CL POUR L'ETAT ACTUEL | 390 |
| II.1 - | Déperditions thermiques | 390 |
| II.2 - | Bilan des dépenses totales annuelles | 391 |
| II.2.1 - | Dépenses totales annuelles conventionnelles | 391 |
| II.3 - | Etiquette Energie et Etiquette Climat | 392 |
| II.4 - | Bilan annuel conventionnel des consommations et des dépenses par énergie et par usage | 393 |
| II.4.1 - | Bilan des consommations par usage en € TTC (hors abonnement) | 393 |
| II.4.2 - | Bilan des consommations par usage en unité de référence | 394 |
| III - | RECAPITULATIF DES TRAVAUX | 395 |
| III.1 - | Choix des travaux | 395 |
| IV - | SYNTHESE DES RESULTATS 3CL « APRES TRAVAUX » | 396 |
| IV.1 - | Déperditions thermiques | 396 |
| IV.2 - | Bilan des dépenses totales annuelles | 397 |
| IV.2.1 - | Dépenses totales annuelles conventionnelles | 397 |
| IV.3 - | Etiquette Energie et Etiquette Climat | 398 |
| IV.4 - | Bilan annuel conventionnel des consommations et des dépenses par énergie et par usage | 399 |
| IV.4.1 - | Bilan des consommations par usage en € TTC (hors abonnement) | 399 |
| IV.4.2 - | Bilan des consommations par usage en unité de référence | 400 |
| V - | ESTIMATION DU COUT DES TRAVAUX HORS CREDIT D'IMPOT « DEVELOPPEMENT DURABLE » | 401 |
| VI - | ANNEXES | 402 |

I - Récapitulatif des données d'entrée

I.1 - Informations générales

| Logement | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Département : | 55 - Meuse |
| Altitude : | Inférieure à 400m |
| Année de construction : | Avant 1975 |
| Forme de la maison : | Carrée, rectangulaire |
| Surface habitable (m ²) : | 70 |
| Hauteur moyenne sous plafond (m) : | 2,50 |
| Mitoyenneté de la maison : | Accolée sur un coté |
| Nombre de niveaux chauffés : | Un seul niveau |
| Vitrage sud dégagé : | Non |
| Présence d'une véranda : | Non |

I.2 - Travaux d'amélioration déjà effectués

| Travaux d'amélioration depuis la construction de la maison : | |
|--|------------------|
| Toiture isolée : | Oui |
| Murs isolés : | 4 cm polystyrène |
| Plancher bas isolé : | Non |
| Fenêtres équipées de double vitrage : | non |

I.3 - Equipements

| Données générales : | |
|--|-----|
| Présence d'un insert ou d'un foyer fermé : | Non |

I.3.1 - Systèmes de chauffage

| | Système N°1 | Système N°2 |
|--|-------------------------|-------------|
| Energie : | Bois | -- |
| Système : | Chaudière bois classe 1 | -- |
| Surface chauffée (m ²) : | 70 | -- |
| Programmeur : | Non | -- |
| Radiateurs avec robinets thermostatiques : | Non | -- |
| Emetteurs « basse température » : | -- | -- |
| Régulation certifiée : | Non | -- |

I.3.2 - Systèmes de production d'ECS

| | Système N°1 | Système N°2 |
|---------------------------|---------------------------------|-------------|
| Energie : | Electricité | -- |
| Système : | Chauffe-eau électrique + 15 ans | -- |
| Position du chauffe-eau : | Vertical | -- |
| Accumulation : | -- | -- |
| Veilleuse : | -- | -- |
| Appoint solaire : | Non | -- |
| Installation solaire : | -- | -- |

I.3.3 - Systèmes de ventilation et de climatisation

| Système de ventilation | |
|------------------------|---|
| Type de ventilation : | Naturelle par défauts d'étanchéité (menuiseries...) |

| Système de climatisation | |
|---|-------|
| Type de climatisation : | Aucun |
| Pourcentage de surface climatisée (%) : | 0 |

I.4 - Paramètres énergétiques et systèmes particuliers

| Paramètres énergétiques | |
|---------------------------|-------------|
| Délesteur : | Non |
| Compteur individuel gaz : | Non |
| Energie de cuisson : | Electricité |
| Cuve GPL : | Achetée |

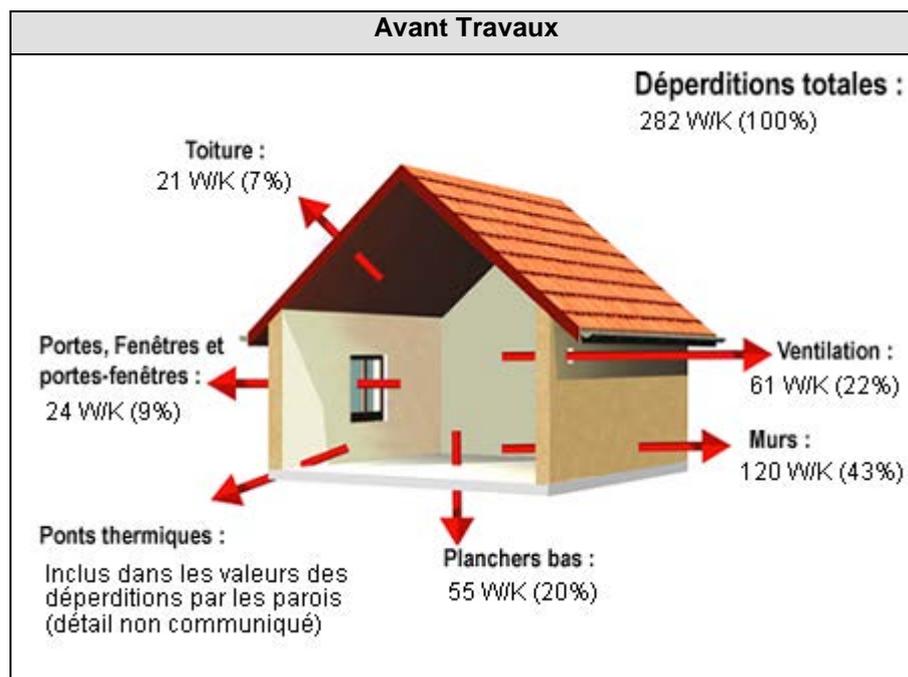
| Systèmes particuliers | |
|--|------|
| Présence de capteurs photovoltaïques : | Non |
| Modèle intégré au bâti : | Non |
| Surface de capteurs (m ²) : | 0 |
| Présence d'une micro-éolienne : | Non |
| Présence d'un système de cogénération : | Non |
| Prix d'achat du kWh produit par le système de cogénération (€/kWh) : | 0,07 |

II - Synthèse des Résultats 3CL pour l'état actuel

*NB : Un véritable Diagnostic de Performance Energétique (DPE) ne peut être établi que par un professionnel-
personne physique ou morale- satisfaisant à des critères de compétences et dont les activités doivent être
couvertes par une assurance contre les conséquences de sa responsabilité professionnelle.*

II.1 - Déperditions thermiques

Le schéma ci-
contre
présente la
quantité
d'énergie
s'échappant de
votre maison
par
transmission à
travers les
parois et par
renouvellemen
t d'air.



De nombreuses raisons d'isoler votre maison :

L'isolation thermique permet à la fois de réduire vos consommations d'énergie de chauffage et / ou de climatisation et d'accroître votre confort.

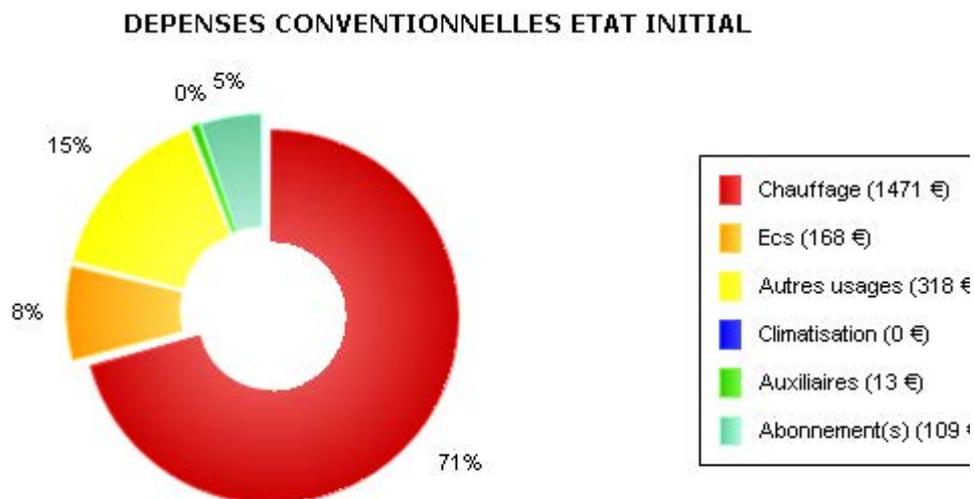
Mais ce n'est pas tout : l'isolation est également bénéfique pour l'environnement car, en réduisant les consommations, elle permet de préserver les ressources énergétiques et de limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Ainsi, l'isolation thermique est intéressante en termes de protection de l'environnement, de confort et d'économies financières.

II.2 - Bilan des dépenses totales annuelles

Les graphes ci-dessous donnent la répartition et le montant en euros des dépenses totales d'énergie de votre maison. Il faut distinguer les dépenses « conventionnelles », qui sont basées sur une utilisation standardisée du bâtiment, et les dépenses personnalisées qui tiennent compte de vos habitudes de vie.

II.2.1 - Dépenses totales annuelles conventionnelles



Total : 2 079 € TTC/an

Autres usages : éclairage, cuisson et électroménager

Auxiliaires : auxiliaires de chauffage, de ventilation, de climatisation et solaires

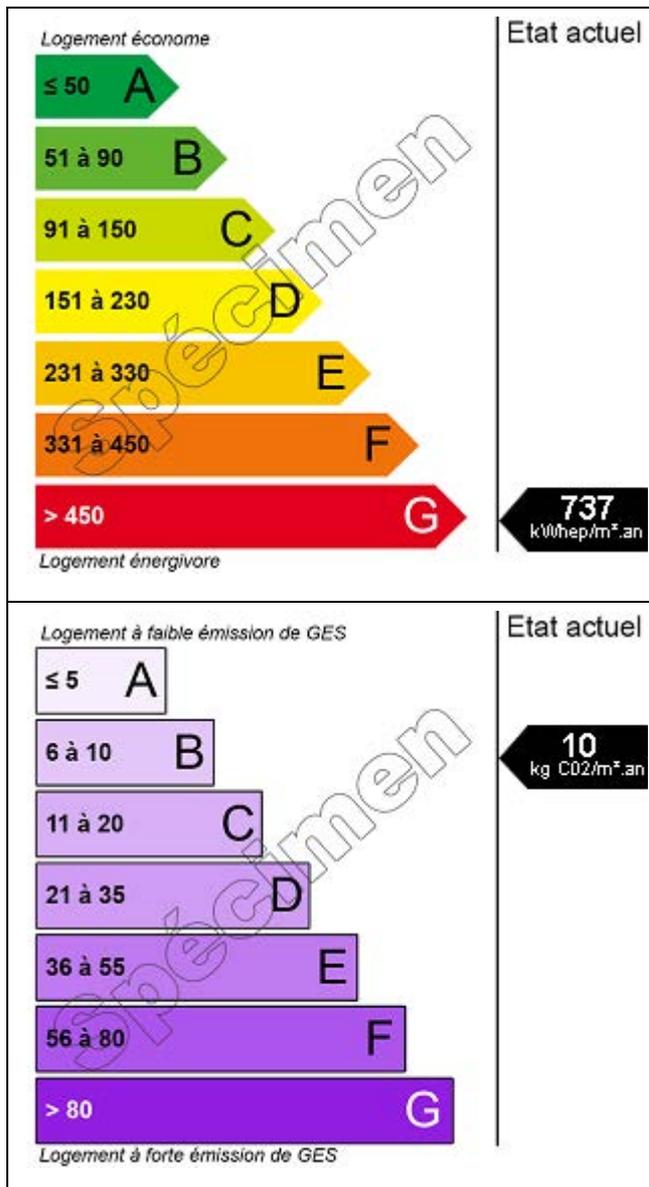
Prix des énergies : synthèse des principaux tarifs et prix énergétiques (source : Observatoire de l'énergie).

Plaquettes vrac: 145 € TTC/tonne

Bois : 1 stère = 0,36 tonne (Bûches de 50 cm)

II.3 - Etiquette Energie et Etiquette Climat

Les performances de votre maison en matière de consommation d'énergie et de rejet de gaz à effet de serre sont présentées ci-dessous.



Etiquette Energie : L'échelle est cotée de A, pour les logements les plus sobres, à G, pour les plus énergivores.

Etiquette Climat : L'échelle est également cotée de A, pour les logements faiblement émetteurs, à G, pour les logements fortement émetteurs.

Consommations énergétiques conventionnelles (en énergie primaire) et émissions de gaz à effet de serre (GES) conventionnelles (en CO2) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le refroidissement « avant » et « après travaux »

Améliorer la performance énergétique de votre maison, une idée qui rapporte :

Plus de confort et moins de charges. Une maison ancienne gagne à être rénovée. Cette initiative judicieuse permet d'améliorer ses performances en matière de consommation d'énergie mais aussi de limiter ses émissions de gaz à effet de serre. C'est aussi une bonne affaire : après travaux, le coût des charges est fortement réduit. Elle gagne en confort et sa valeur marchande augmente, ainsi que sa pérennité.

II.4 - Bilan annuel conventionnel des consommations et des dépenses par énergie et par usage

II.4.1 - Bilan des consommations par usage en € TTC (hors abonnement)

| | Electricité | Gaz naturel | GPL | Fioul | Bois | Charbon | Réseau de chaleur | Autres | Total |
|----------------------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|-------------------|----------|----------|
| | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an |
| Chauffage | -- | -- | -- | -- | 1 471 | -- | -- | -- | 1 471 |
| ECS | 168 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 168 |
| Climatisation | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 0 |
| Auxiliaires (total) | 13 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 13 |
| > Chauffage | 13 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 13 |
| > VMC | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 0 |
| > Climatisation | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 0 |
| > Solaire | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 0 |
| Autres (total) | 318 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 318 |
| > Eclairage | 155 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 155 |
| > Cuisson | 72 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 72 |
| > Electroménager | 91 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 91 |
| TOTAL | 499 | 0 | 0 | 0 | 1 471 | 0 | 0 | 0 | 1 970 |

II.4.2 - Bilan des consommations par usage en unité de référence

| | Electricité | Gaz naturel | GPL | Fioul | Bois | Charbon | Réseau de chaleur | Autres |
|----------------------------|--------------|-------------|----------|-----------|-------------|----------|-------------------|----------|
| | kWh/an | kWh PCS/an | kg/an | Litres/an | Tonnes/an | kg/an | kWh/an | kWh/an |
| Chauffage | -- | -- | -- | -- | 9,86 | -- | -- | -- |
| ECS | 2 424 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Climatisation | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Auxiliaires (total) | 140 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > Chauffage | 140 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > VMC | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > Climatisation | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > Solaire | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Autres (total) | 3 160 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > Eclairage | 1 540 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > Cuisson | 720 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > Electroménager | 900 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| TOTAL | 5 724 | 0 | 0 | 0 | 9,86 | 0 | 0 | 0 |

III - Récapitulatif des travaux

III.1 - Choix des travaux

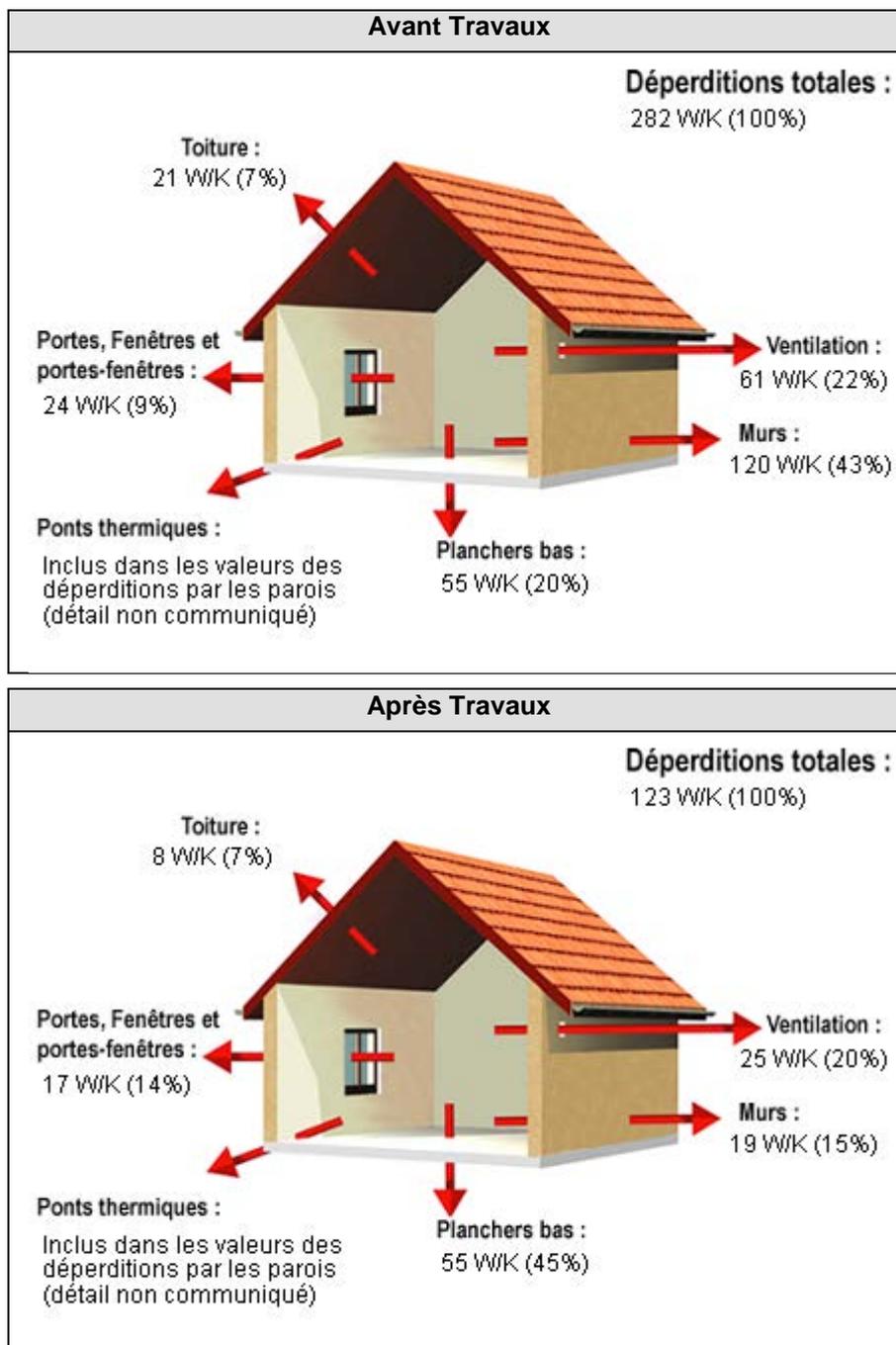
| | DETAIL |
|---------------------------|--|
| MUR N° 1 | Isolation extérieure des murs existants Un enduit mince, R 3,2 m ² .K/W |
| PLANCHER BAS N° 1 | Isolation du plancher bas Isolant, R 2,8 m ² .K/W |
| PLANCHER HAUT N° 1 | Isolant en vrac épandu par soufflage mécanique sur le plancher béton ou maçonnerie Isolant, R 6,5 m ² .K/W |
| FENETRE N° 1 | Installation de fenêtres et portes-fenêtres Conserver les fenêtres et portes-fenêtres existantes et les équiper d'un double vitrage à isolation renforcée Ug 1,1 W/m ² .K |
| VENTILATION | Installation d'un système de ventilation VMC simple flux Hygro B |

IV - Synthèse des résultats 3CL « Après Travaux »

NB : Un véritable Diagnostic de Performance Energétique (DPE) ne peut être établi que par un professionnel- personne physique ou morale- satisfaisant à des critères de compétences et dont les activités doivent être couvertes par une assurance contre les conséquences de sa responsabilité professionnelle.

IV.1 - Déperditions thermiques

Les 2 schémas ci-contre présentent la quantité d'énergie s'échappant de votre maison par transmission à travers les parois et par renouvellement d'air avant et après travaux.

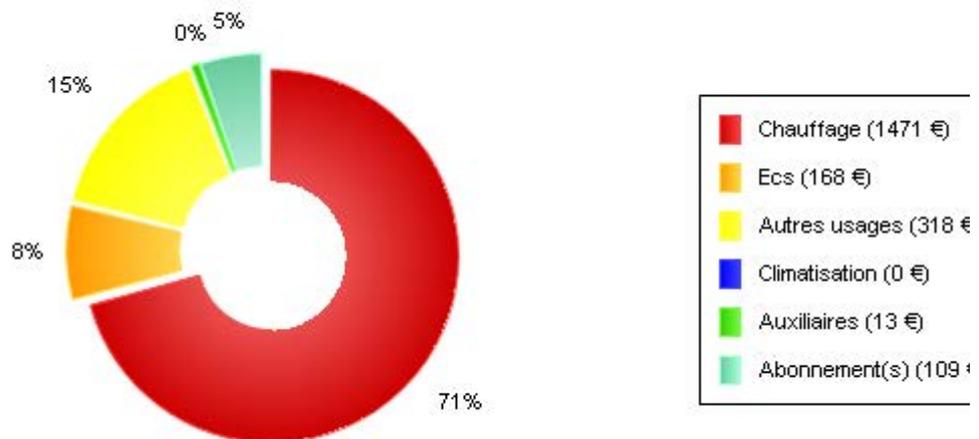


IV.2 - Bilan des dépenses totales annuelles

Les graphes ci-dessous donnent la répartition et le montant en euros des dépenses totales d'énergie de votre maison avant et après travaux. Il faut distinguer les dépenses « conventionnelles », qui sont basées sur une utilisation standardisée du bâtiment, et les dépenses personnalisées qui tiennent compte de vos habitudes de vie.

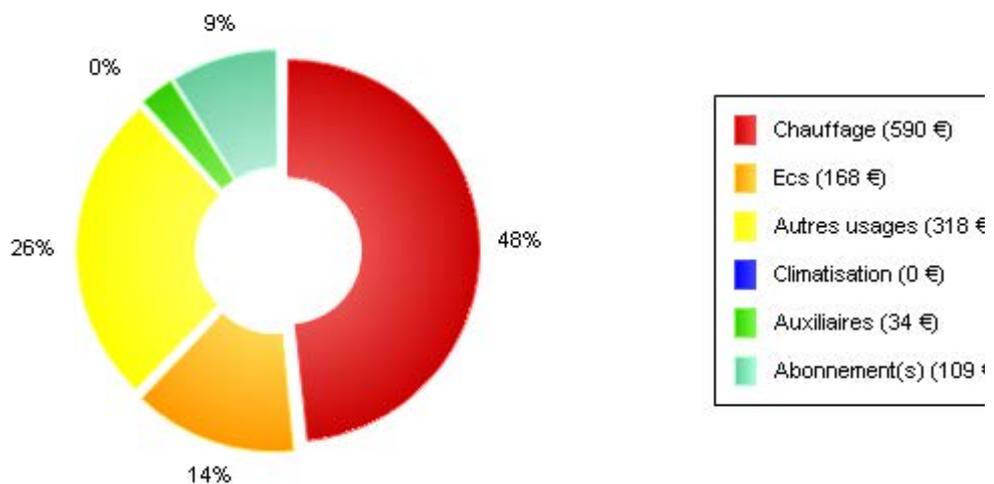
IV.2.1 - Dépenses totales annuelles conventionnelles

DEPENSES CONVENTIONNELLES ETAT INITIAL



Total : 2 079 € TTC/an

DEPENSES CONVENTIONNELLES ETAT PROJETE



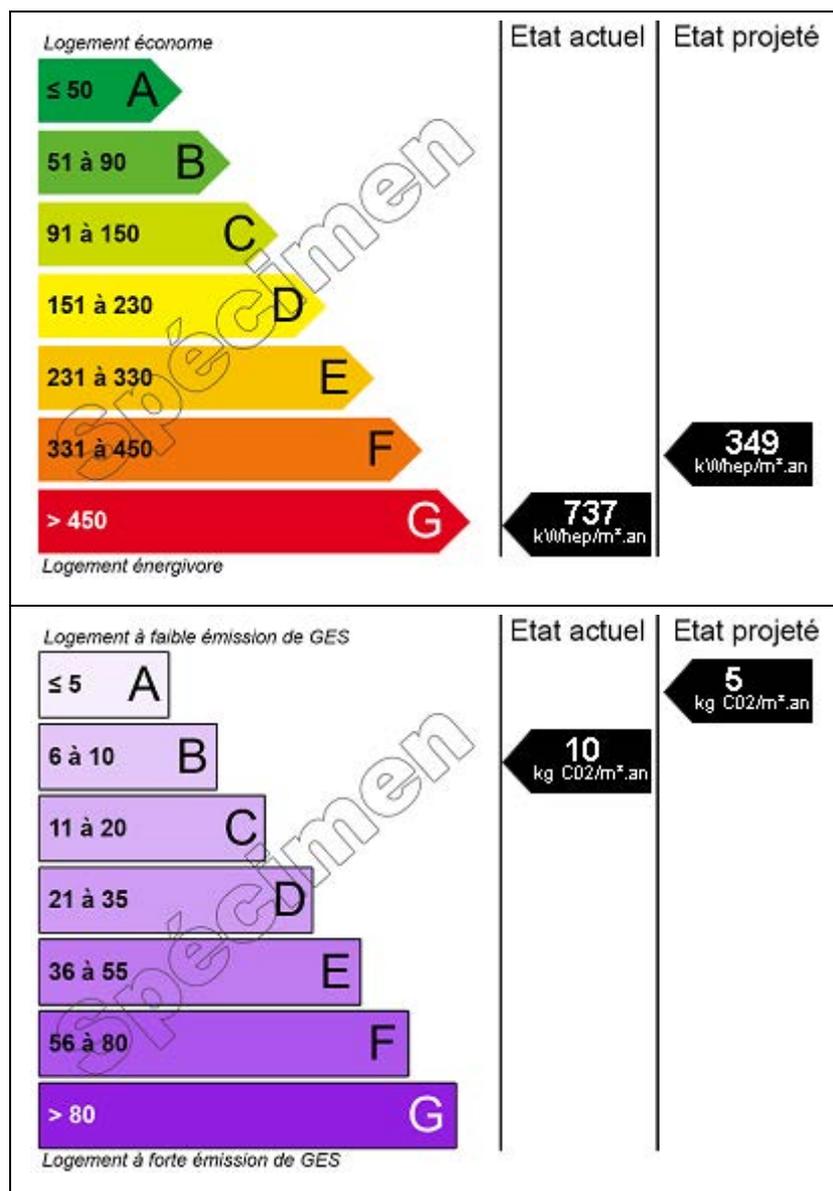
Total : 1 219 € TTC/an

Economie estimée à 860 € TTC/an

(hors abonnements, hors coût d'entretien et de maintenance des équipements)

Autres usages : éclairage, cuisson et électroménager
Auxiliaires : auxiliaires de chauffage, de ventilation, de climatisation et solaires
Prix des énergies : synthèse des principaux tarifs et prix énergétiques (source : Observatoire de l'énergie).
 Plaquettes vrac: 145 € TTC/tonne
Bois : 1 stère = 0,36 tonne (Bûches de 50 cm)

IV.3 - Etiquette Energie et Etiquette Climat



Consommations énergétiques conventionnelles (en énergie primaire) et émissions de gaz à effet de serre (GES) conventionnelles (en CO2) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le refroidissement « avant » et « après travaux »

IV.4 - Bilan annuel conventionnel des consommations et des dépenses par énergie et par usage

IV.4.1 - Bilan des consommations par usage en € TTC (hors abonnement)

| | Electricité | Gaz naturel | GPL | Fioul | Bois | Charbon | Réseau de chaleur | Autres | Total |
|---------------------|-------------|-------------|----------|----------|------------|----------|-------------------|----------|--------------|
| | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an | € TTC/an |
| Chauffage | -- | -- | -- | -- | 590 | -- | -- | -- | 590 |
| ECS | 168 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 168 |
| Climatisation | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 0 |
| Auxiliaires (total) | 34 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 34 |
| > Chauffage | 13 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 13 |
| > VMC | 20 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 20 |
| > Climatisation | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 0 |
| > Solaire | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 0 |
| Autres (total) | 318 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 318 |
| > Eclairage | 155 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 155 |
| > Cuisson | 72 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 72 |
| > Electroménager | 91 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 91 |
| TOTAL | 520 | 0 | 0 | 0 | 590 | 0 | 0 | 0 | 1 110 |

IV.4.2 - Bilan des consommations par usage en unité de référence

| | Electricité | Gaz naturel | GPL | Fioul | Bois | Charbon | Réseau de chaleur | Autres |
|----------------------------|-------------|-------------|-------|-----------|-----------|---------|-------------------|--------|
| | kWh/an | kWh PCS/an | kg/an | Litres/an | Tonnes/an | kg/an | kWh/an | kWh/an |
| Chauffage | -- | -- | -- | -- | 3,95 | -- | -- | -- |
| ECS | 2 424 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Climatisation | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Auxiliaires (total) | 350 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > Chauffage | 140 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > VMC | 210 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > Climatisation | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > Solaire | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Autres (total) | 3 160 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > Eclairage | 1 540 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > Cuisson | 720 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| > Electroménager | 900 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| TOTAL | 5 934 | 0 | 0 | 0 | 3,95 | 0 | 0 | 0 |

V - Estimation du coût des travaux hors crédit d'impôt « développement durable »

| | DETAIL | COUT MINI | COUT MAXI |
|---------------------------|--|-----------|-----------|
| MUR N° 1 | Isolation extérieure des murs existants Un enduit mince, R 3,2 m ² .K/W | 7 200 | 9 000 |
| PLANCHER BAS N° 1 | Isolation du plancher bas Isolant, R 2,8 m ² .K/W | 2 940 | 3 220 |
| PLANCHER HAUT N° 1 | Isolant en vrac épandu par soufflage mécanique sur le plancher béton ou maçonné Isolant , R 6,5 m ² .K/W | 840 | 1 050 |
| FENETRE N° 1 | Installation de fenêtres et portes-fenêtres Conserver les fenêtres et portes-fenêtres existantes et les équiper d'un double vitrage à isolation renforcée Ug 1,1 W/m ² .K | 1 500 | 1 800 |
| VENTILATION | Installation d'un système de ventilation VMC simple flux Hygro B | 1 100 | 1 700 |
| | | | |
| Total HT | | 13 580 | 16 770 |
| Total TTC 5.5% | | 15 487 | 17 692 |

Important :

Cette information est diffusée à titre purement indicatif et n'a donc en aucun cas valeur de devis.

Elle ne saurait être utilisée en aucun cas pour passer des marchés.

Des choix de finitions non standard ou des conditions de chantier hors norme (accessibilité, état de départ, ...) peuvent donc conduire à un devis majorant cette estimation.

Important :

Concernant le diagnostic, il est important de noter que :

- *Les calculs sont réalisés au moyen de la méthode conventionnelle 3CL, ce rapport n'a pas valeur d'un DPE.*
- *Un véritable DPE ne peut être établi que par un professionnel-personne physique ou morale-satisfaisant à des critères de compétences et dont les activités doivent être couvertes par une assurance contre les conséquences de sa responsabilité professionnelle.*
- *Les calculs sont réalisés sur la base des déclarations du client. Les calculs des consommations « avant travaux » et « après travaux » sont faits avec des approximations sur les matériaux d'isolation et les équipements déjà installés et sur le comportement du client vis-à-vis de l'utilisation des systèmes de chauffage, comportement qui peut expliquer les différences avec les consommations réelles.*
- *La méthode conventionnelle 3CL ne tient pas compte dans le calcul des déperditions et consommations de l'impact de l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment suite au changement éventuel des menuiseries (cf. qualité des menuiseries et des joints d'étanchéité, châssis étanches, ...).*
- *Les calculs conventionnels du montant des dépenses totales d'énergie sont basés sur une utilisation standardisée du bâtiment. Ils ne tiennent pas compte des habitudes de vie des occupants (comportement vis-à-vis du chauffage, utilisation d'eau chaude sanitaire, ...). En conséquence, il est possible que les résultats conventionnels affichés ne correspondent pas aux consommations réelles.*

Résumé

Design d'une filière bâtiment sans énergie fossile à l'horizon 2050

Avec 42% de la consommation d'énergie finale et 25% des émissions de CO₂, le secteur des bâtiments en France représente un enjeu majeur pour maîtriser la facture énergétique des ménages, des collectivités et de l'État.

Cette thèse s'attache ainsi à analyser la façon dont les territoires sont en capacité de s'engager dans des projets destinés à réduire les consommations énergétiques des bâtiments. Elle propose de formaliser une démarche de conception collaborative de programmes d'efficacité énergétique des bâtiments, mobilisable par des acteurs souhaitant s'engager dans de tels projets. L'hypothèse de base de la thèse consiste en effet à affirmer qu'une amélioration significative et durable des bâtiments ne peut s'envisager sans revoir en profondeur le fonctionnement actuel du secteur bâtiment-énergie afin de l'engager vers un modèle basé sur l'économie de fonctionnalité. Trois terrains d'expérimentations ont servi de référence à la construction de l'argumentation et à sa validation : les départements de Meuse et de Haute-Marne, les villages de Dammarie-sur-Saulx et Epizon, et la ville de Commercy.

Ce travail conclut sur les facteurs clés de succès d'un programme d'efficacité énergétique et de son évaluation ; la nécessité d'avoir un nouveau modèle économique comme repère pour fonder la pertinence de l'action. Elle souligne enfin son intérêt pour d'autres programmes prenant en charge une évolution de l'organisation de la filière du bâtiment.

Mots-clés : Économie de fonctionnalité, Processus de rénovation, Valeur d'usage, Méthodes d'évaluation, Programmes d'efficacité énergétique, Systèmes multi-acteurs

Summary

Design no fossil fuel consumptions in building sector for 2050

With 42% of the final energy consumption and 25% of CO₂ emissions, the French building sector represents a major challenge to manage the energy bill for households, regional communities and the State.

This doctoral thesis analyses how communities are able to be involved in projects aiming at reducing energy consumptions in buildings. It proposes to formalize a collaborative design process of energy efficiency program, usable for local actors. The original thesis hypothesis asserts that a significant improvement of the energy efficiency in buildings depends on a paradigm shift of the economic model and proposes the functional economy as a potential solution. Three experimentations were followed to build the argumentation and its validation: the departments of Meuse and Haute-Marne, the two villages of Dammarie-sur-Saulx (Meuse) and Epizon (Haute-Marne) and the city of Commercy (Meuse).

This work defines on key success factors of a energy efficiency program and its assessment; the need to use a new economic model as a landmark to establish the action relevance. This work highlights also other programs taking account an evolution of the building sector organisation.

Keywords: Functional economy, Refurbishment process, Use value, Assessment methods, Energy efficiency program, Multi-actors system

