

Programme of actions towards Factor 4 in existing social housings in Europe / Programme d'actions vers le Factor 4 pour les bâtiments de logements sociaux en Europe

Deliverable 9 - France

Analyse de bonnes pratiques et optimisation de programmes de réhabilitation grâce à une analyse en coût global énergétique avec le modèle SEC (Sustainable Energy Cost)

Juin 2007

www.suden.org/Factor4

Auteurs:

Philippe Outrequin

Outrequin.philippe@gmail.com

Crdd La Calade, F

Catherine Charlot-Valdieu

ccv@wanadoo.fr

SUDEN, F

Projet cofinancé par

EUROPEAN COMMISSION – Intelligent Energy Executive Agency

Grant agreement EIE/05/076/S12.419636

Intelligent Energy  **Europe**

Factor 4 – Deliverable 9 - France

Analyse de bonnes pratiques et optimisation des programmes de réhabilitation grâce à une analyse en coût global énergétique avec le modèle SEC (Sustainable Energy Cost)

Avec la contribution de

Nom des partenaires	Bailleur social	E-mail
Partenaire Factor 4		
Hélène CHESSEL , Directeur de l'aménagement et des services généraux	Moulins Habitat	hchessel@moulinshabitat.fr
Jacky FAILLY , Directeur du développement	Moulins Habitat	jfaily@moulinshabitat.fr
Yann SAUVEE , Chargé d'opérations	Moulins Habitat	ysauvee@moulinshabitat.fr
Partenaires associés		
Philippe BAILLON , Directeur du Patrimoine Ingrid TEMPLIER , Responsable du service technique	La Maison du CIL, UNILOGI	p.baillon@unilogi.com i.templier@unilogi.com
Marc BONNAURE , Directeur du Patrimoine Philippe CLERBOUT , Plan Patrimoine Frédéric SAUVAGE , Chargé d'opérations	Groupe CMH	Marc.bonnaure@cmh.fr philippe.clerbout@cmh.fr frederic.sauvage@cmh.fr
Nicolas HOUDRE , Chargé de mission Développement durable et Plan Patrimoine	Maison Girondine, Groupe Guyenne Habitat	nhoudre@maison-girondine.fr
Sylvie REY , Chargée de mission Développement durable Groupe EFIDIS Alban CHARRIER , Directeur technique	SAGECO, Groupe Efidis	s.rey@sageco.net a.charrier@sageco.net
Gilles LAHMI , Responsable maintenance et politique technique	EFIDIS	glahmi@efidis.fr
Teddy DOULI , Cadre technique, DPAT, SMPT	EFIDIS	tdouli@efidis.fr
Alain CATTONI , Directeur Christian JOURDAN , Directeur technique	OPIHLM d'Arcueil-Gentilly	Alain.cattoni@opihlm-arcueil-gentilly.fr Christian.jourdan@opihlm-arcueil-gentilly.fr
Bakary COLY , Responsable des Fluides, Chef de projet Développement durable	OSICA, Groupe SNI	Bakary.coly@idf.scichabitat.fr
Michel GIBERT , Directeur du développement Durable et Europe Benoit JEHL , Chargé d'opérations	OPAC 38	Michel.gibert@opac38.fr benoit.jehl@opac38.fr

Sommaire

INTRODUCTION : RAPPEL SUR LE PROJET FACTOR 4.....	6
1. Le contenu du projet.....	6
2. Les résultats attendus	6
3. Les partenaires.....	7
3.1. Le coordinateur	7
3.2. Les partenaires	7
4. Les premiers résultats du projet Factor 4.....	8
PARTIE 1 - LE MODELE SEC	10
1. Rappels sur le modèle SEC.....	10
1.1. Les objectifs du modèle SEC	10
1.2. Rappel sur les étiquettes énergétiques.....	11
1.3. Les caractéristiques du modèle SEC	11
1.4. Les hypothèses du modèle SEC	12
1.5. Les technologies efficaces en énergie prises en compte dans le modèle SEC.....	12
2. Les types d'analyse effectués.....	14
2.1. L'analyse d'un ensemble de bâtiments concernés par un dossier ANRU	14
2.2. Les études de cas des bailleurs sociaux partenaires (groupe national Facteur 4) ...	14
2.3. Les étapes de l'analyse d'un bâtiment ou d'un projet de réhabilitation.....	15
3. Rappel de la typologie des bâtiments de logements sociaux qui seront encore en usage en 2050	19
4. Le test et la validation du modèle	19
5. Une analyse complémentaire sur les programmes de réhabilitation.....	19
6. Les différents bâtiments sur lesquels le modèle SEC a été utilisé.....	19
PARTIE 2 : L'analyse énergétique en coût global de l'ensemble des bâtiments à réhabiliter du dossier ANRU de Moulins Communauté avec le modèle SEC.....	22
1. Description du bailleur: Moulins Habitat	22
2. Les objectifs poursuivis.....	22
3. Les bâtiments concernés par des opérations de réhabilitation du dossier ANRU	22
4. Les études de cas de Moulins Habitat.....	24
4.1. Cas M. Habitat 1: Quartier Moulins Sud, sous quartier Thonier, bâtiments B, C et D24	
4.2. Cas M. H. 2: Quartier Moulins Sud, sous quartier Thonier, bâtiments A, E, F et G27	
4.3. Moulins Habitat 3 : Quartier Moulins Sud –Les Champins – Bâtiments H, I et K 30	
4.4. Cas Moulins Habitat 4: Quartier Moulins Sud – Les Champins – Bâtiments A et B40	
4.5. Cas Moulins Habitat 5: Quartier Moulins Sud –Les Champins – Bâtiments F et G43	
4.6. Cas Moulins Habitat 6: Quartier Moulins Sud – Nomazy – Bâtiments K, G et J..46	
4.7. Cas Moulins Habitat 7: Quartier Moulins Sud – Nomazy – Bâtiments B, D et F ..49	
4.8. Cas Moulins Habitat 8: Quartier Moulins Sud – Nomazy – Bâtiments E, I et H ...52	
4.9. Cas Moulins Habitat 9: Quartier Moulins Sud – Champmilan – type A	55
4.10. Cas Moulins Habitat 10: Quartier Moulins Sud – Champmilan type R	58
4.11. Cas Moulins Habitat 11: Ville d'Yzeure - Quartier Le Plessis – Bâtiment. M.....	61

PARTIE 3 Les différents bâtiments et opérations de réhabilitation des partenaires associés sur lesquelles le modèle SEC a été utilisé.....	66
1. L'OPIHLM d'Arcueil – Gentilly: utilisation du modèle SEC pour évaluer (ex post et ex ante) des opérations de réhabilitation (échelle du bâtiment)	67
1.1. Description du bailleur	67
1.2. Objectif poursuivi.....	67
1.3. Cas 1 de l'OPIHLM d'Arcueil-Gentilly La Frileuse bâtiment I à Gentilly (94)....	67
1.4. Cas 2 de l'OPIHLM d'Arcueil-Gentilly : le bâtiment B du quartier de la Vache noire d'Arcueil (94)	74
1.5. Synthèse	80
2. La Maison Girondine	82
2.1. Description du bailleur	82
2.2. Objectif poursuivi.....	82
2.3. Cas 1 de La Maison Girondine : le bâtiment Vercors à Libourne	82
2.4. Cas 2 de La Maison Girondine : le bâtiment Verlaine à Cenon.....	85
2.5. Cas 3 de La M Girondine: une maison individuelle du centre ville de Carbon-Blanc	87
2.6. Synthèse	89
3. Logicil et SLE Habitat du Groupe CMH.....	90
3.1. Description du Groupe CMH	90
3.2. Objectif poursuivi.....	90
3.3. Cas 1 de CMH : ILM Le Centaure et La Lyre (Logicil)	90
3.4. Cas 2 de CMH : Bâtiment Canteleu à Lille (SLE).....	93
3.5. Cas 3 de CMH : Bâtiment Joffre à Tourcoing (Logicil)	96
3.6. Résultats	99
4. L'OPAC 38	100
4.1. Description du bailleur	100
4.2. Objectif poursuivi.....	100
4.3. Cas 1 de l'OPAC 38 : Le bâtiment Leclerc à Bourgoin Jallieu	100
4.4. Cas 2 de l'OPAC 38 : le bâtiment Lucien Hussel à Bourgoin Jallieu.....	103
4.5. Synthèse	105
5. La Maison du CIL du Groupe UNILOGL.....	106
5.1. Description du bailleur	106
5.2. Objectif poursuivi.....	106
5.3. Cas 1 de Maison du CIL : le bâtiment Provence – Roussillon - Touraine à Château-Thierry (02).....	107
5.4. Cas 2 de Maison du CIL, le bâtiment Hainaut à Château-Thierry (02)	110
5.5. Cas 3 de Maison du CIL le bâtiment Berry - Bretagne – Béarn	113
5.6. Synthèse	116
6. SAGECO.....	117
6.1. Description du bailleur	117
6.2. Cas 1 de SAGECO : Immeuble Rue Dunois, Paris 13 ^{ème}	117
6.3. Cas 2 de SAGECO : Immeuble Rue Beaugrenelle à Paris 15 ^{ème}	120
6.4. Cas 3 de SAGECO : Immeuble La Caravelle à Villeneuve La Garenne (92)	123
6.5. Synthèse	126
7. Le Groupe EFIDIS.....	127
7.1. Description du bailleur	127
7.2. Cas 1 d'EFIDIS : Résidence Les Chaperons, Brie Comte Robert (77)	127
7.3. Cas 2 d'EFIDIS : Résidence Les Fleurs.....	129
7.4. Cas 3 d'EFIDIS : Résidence la Montagne	131
7.5. Synthèse	133

Chapitre 8. OSICA (Groupe SNI)	134
8.1. Description du bailleur	134
8.2. Objectif poursuivi.....	134
8.3. Cas 1 d’OSICA : Résidence Château Valenton	134
8.4. Cas 2 d’OSICA : Résidence Floréale.....	137
8.5. Synthèse	139

SYNTHESE ET PERSPECTIVES D’ UTILISATION DU MODELE SEC.....	140
1. Synthèse des études de cas.....	140
2. L’intérêt du modèle SEC pour l’optimisation des opérations de réhabilitation de bâtiment(s).....	140
3. L’intérêt du modèle SEC pour une stratégie nationale, territoriale et patrimoniale	140

INTRODUCTION : RAPPEL SUR LE PROJET FACTOR 4

L'objectif du projet Factor 4 est d'aider les bailleurs sociaux à définir des stratégies de réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre pour leur patrimoine qui contribuent au facteur 4, c'est-à-dire à la politique européenne et française de diviser les émissions de gaz à effet de serre par 4 d'ici 2050.

1. Le contenu du projet

Le projet met l'accent sur des solutions visant à mettre en œuvre à court, moyen et long terme des solutions visant à atteindre le facteur 4 dans la réhabilitation de bâtiments de logements sociaux.

En première analyse, la question à poser est de savoir comment atteindre des niveaux de consommation qui permettent de réduire par 4 les émissions de gaz à effet de serre et avec quels moyens techniques et économiques.

La typologie des bâtiments (techniques et usages) a permis de définir des familles de bâtiments représentatifs à traiter et notamment ceux dont on peut s'attendre à ce qu'ils soient encore en usage vers 2040.

L'étude énergétique repose sur un modèle d'analyse de la consommation d'énergie des bâtiments complété par une analyse du coût global énergétique d'actions possibles d'efficacité énergétique et de développement des énergies renouvelables.

Le modèle est développé simultanément en France, au Danemark et en Italie, prenant en compte à chaque fois les spécificités nationales.

A la suite de ces analyses, l'analyse des barrières (deliverable 11) d'une part et des bonnes politiques (deliverable 14) d'autre part permettra de formuler des recommandations stratégiques et notamment des éléments pour l'élaboration d'une stratégie nationale (deliverable 10).

2. Les résultats attendus

Ces résultats peuvent être décrits de la façon suivante :

- **un modèle facile à utiliser par les bailleurs sociaux eux-mêmes** dans les différents pays qui intègrent les consommations d'électricité (des parties communes et des logements), ce que ne comprend pas le Diagnostic de Performance Energétique.
- un modèle qui permet aux bailleurs d'intégrer le risque énergétique et la gestion de l'énergie **dans leur plan stratégique de gestion de patrimoine** (pour l'ensemble de leur patrimoine).

Le modèle SEC est un complément économique et financier des diagnostics techniques.

Il permet l'élaboration de multiples scénarii et offre ainsi la possibilité d'élaborer la meilleure stratégie possible en fonction d'hypothèses qui peuvent être modifiées par la suite en temps réel (évolution du coût de l'énergie par exemple).

Ces simulations permettent également d'aider au choix concernant les bâtiments à démolir ou l'arbitrage entre les bâtiments à réhabiliter plus lourdement que d'autres dans un projet de renouvellement urbain (dialogue avec les partenaires : autres bailleurs et collectivités territoriales notamment). Il permet de déterminer les priorités en matière de réhabilitation (en complément des critères sociaux ou urbains traditionnels).

Ces simulations facilitent enfin le dialogue avec les pouvoirs publics pour l'obtention d'éventuelles subventions (dossier ANRU par exemple).

- **des recommandations ou informations à destination des bailleurs sociaux mais également de l'ensemble des partenaires concernés** : collectivités locales ou territoriales, services déconcentrés de l'Etat, pouvoirs publics (Ademe par exemple), organismes financiers...
- **des analyses concrètes** du patrimoine de bailleurs sociaux partenaires du projet Factor 4 ou de leur patrimoine concerné par un projet de renouvellement urbain (dossier ANRU par exemple) afin de montrer les résultats d'une telle analyse en coût global énergétique.

- **des éléments pour bâtir une stratégie territoriale (nationale ou locale) et patrimoniale** (Plans Stratégiques de Patrimoine des bailleurs sociaux par exemple).

3. Les partenaires

3.1. Le coordinateur

SUDEN, réseau européen pour un développement urbain durable, www.suden.org

3.2. Les partenaires

(Nota : Les bailleurs sociaux ou leurs associations sont soulignés dans la liste ci-dessous)

Les partenaires européens	
<u>Union Sociale pour l'Habitat</u> (France)	Habitat et Territoire Conseil (France)
Crdd La Calade (France)	Cenergia (Danemark)
Ricerca e Progetto (Italie)	<u>Volkswohnung</u> (Allemagne)
<u>Moulins Habitat</u> (France)	<u>KAB</u> (Danemark)
<u>Soc Coop ABITA ARL</u> (Italie)	Association of the Local Development Promotors (APDL) (Roumanie)

- **Les partenaires français du projet Factor 4**

- SUDEN assure la coordination et la diffusion au niveau européen.
- HTC a coordonné la première étape sur la typologie des bâtiments.
- Crdd La Calade assume la coordination scientifique du projet et l'élaboration du modèle SEC ainsi que sur l'analyse des barrières, solutions et stratégies, notamment en liaison avec le Plan stratégique de Gestion de patrimoine des bailleurs sociaux.
- Moulins Habitat a participé à la définition du cahier des charges du modèle SEC et c'est sur son patrimoine et notamment sur l'ensemble des bâtiments concernés par son dossier ANRU (sur les quartiers Moulins Sud et Le Plessis à Yzeure) que le modèle SEC a été testé (soit 11 types de bâtiment ou 63 bâtiments ou encore 1962 logements).
- Enfin l'USH participe à la validation des résultats et à leur diffusion en France, notamment au Congrès HLM.

- **Des partenaires associés**

En France comme en Italie, des bailleurs sociaux ont rejoint le projet en tant que partenaires associés. Pour la France, il s'agit de:

Les partenaires associés	
Groupe CMH	OPAC 38
EFIDIS	OPIHLM d'Arcueil – Gentilly
La Maison du CIL, Groupe UNILOGI	OSICA, Groupe SNI
La Maison Girondine	SAGECO, groupe Efidis

4. Les premiers résultats du projet Factor 4

Le projet Factor 4 a démarré en janvier 2006. Les différentes étapes conduites jusqu'à ce jour sont les suivantes :

- Une typologie des bâtiments

Tout d'abord **une typologie des bâtiments** au regard des objectifs du projet Factor 4 a été définie par les partenaires puis réalisée sous la responsabilité d'HTC en France (deliverable 3).

- Des scénarii de démolition et une évaluation des émissions de gaz à effet de serre des différents parcs nationaux de logements sociaux

Ensuite **des scénarii de démolition**¹ ont permis d'affiner cette typologie afin de ne traiter que les bâtiments qui seront encore en usage en 2030-2050 d'une part et d'autre part d'**évaluer les émissions de gaz à effet de serre du parc de logements sociaux** dans chacun des pays concernés. Ainsi par exemple en France, le parc de 4,3 Millions de logements sociaux génère 8,9 Millions de tonnes de CO₂ (soit 2,4 Millions de tonnes de carbone) ; il s'agit donc de réduire ces émissions de 6,6 Millions de tonnes de CO₂ (facteur 4) d'ici à 2050. (La Calade) (deliverable 4).

- L'état de l'art ou l'analyse des outils existants en Europe puis la rédaction du cahier des charges du modèle Factor 4

Puis, après une recherche (menée principalement par les centres de recherche Cenergia et La Calade ainsi que par Volkshovnung en Allemagne) sur les modèles et outils existants en Europe (état de l'art), les partenaires ont décidé de retenir le modèle ASCOT élaboré par Cenergia dans le cadre du projet européen HQE²R pour une transformation durable des quartiers (cf. <http://hqe2r.cstb.fr> (anglais) ou www.suden.org (français)). Cependant ce modèle a rapidement été considéré inadapté au contexte français car les technologies utilisées sont parfois différentes d'une part et surtout parce que les bailleurs sociaux français ne disposent le plus souvent pas des données nécessaires pour utiliser le modèle (les coefficients de déperdition thermique ou U Value par exemple). C'est pourquoi il a été décidé, afin de répondre aux souhaits exprimés par les bailleurs, d'élaborer un modèle spécifique pour la France, puis pour l'Italie.

En effet le cahier des charges élaboré par les bailleurs et notamment par Moulins Habitat, partenaire français du projet Factor 4, fixait comme objectif l'élaboration d'un modèle simple à utiliser par les bailleurs eux-mêmes et, pour la France, l'élaboration d'un modèle qui estime les données que les bailleurs ne connaissent pas toujours comme les coefficients de déperdition thermique par exemple. Pour ce faire la constitution d'un groupe de bailleurs dans chacun des pays était envisagée dès la rédaction de la proposition et ceci a été accepté par la Commission Européenne. De tels groupes de travail ont ainsi été constitués en France et en Italie.

- L'élaboration des différentes versions du modèle Factor 4, la liste des technologies prises en compte dans les modèles et les tests de validation des modèles

Le deliverable 5 décrit **les modèles existants ou en cours d'élaboration en Europe** en soulignant leurs avantages et inconvénients par rapport aux modèles Factor 4 puis décrit **les différents modèles Factor 4 élaborés par les partenaires scientifiques**:

- Le modèle **ASCOT** (Assessment of Sustainable CONstruction and Technology cost model) pour le Danemark (élaboré par Cenergia, DK),
- Le modèle **BREA** (Building Retrofitting Energy efficiency Assessment model) pour l'Italie (élaboré par Ricerca & Progetto, Italie)
- Le modèle **SEC** (Sustainable Energy Cost model) pour la France (élaboré par Crdd La Calade, France).
- Le modèle **VROM** pour l'Allemagne.

Le deliverable 5 décrit également des scénarii Factor 4 pour un grand nombre des études de cas.

Le deliverable 6 réunit **les fiches descriptives sur les technologies prises en compte dans les modèles**.

¹ Elaborés par La Calade et validés par l'USH

Enfin le deliverable 8 décrit chacun des modèles en langue nationale.

- Les résultats obtenus avec les différentes versions du modèle Factor 4

Le deliverable 7 présente la synthèse des résultats obtenus dans chacun des pays en ne prenant en compte que l'objectif écologique et rassemble ainsi que 3 scénarii facteur 4 c'est-à-dire des scénarii optimisés en vue d'atteindre le facteur 4 (ce qu'aucun des bailleurs français n'a proposé) dans chacun des pays concernés par le projet Factor 4.

Le deliverable 9 présente les résultats détaillés de l'analyse des bâtiments représentatifs pour chacun des pays en langue nationale. Ce deliverable 9 sur la France présente les résultats des analyses effectuées en France avec les bailleurs du groupe national Factor 4 (devenus partenaires associés du projet Factor 4 : CMH, La Maison Girondine, La Maison du CIL (Groupe UNILOGI), l'OPAC 38, l'OPIHLM d'Arcueil – Gentilly, SAGECO et EFIDIS (ces deux derniers du groupe SNI) ainsi que les analyses effectuées par La Calade pour le partenaire Moulins Habitat.

Le deliverable 10 présente des propositions de stratégies nationales, territoriales et patrimoniales pour chacun des pays concernés

Le deliverable 11 présente les freins et les barrières dans chacun des pays.

Le deliverable 14 présente des process et des politiques innovantes et efficaces (à défaut de bonnes pratiques pas toujours reproductibles, notamment à grande échelle) pour atteindre un facteur 4 et réduire le risque énergétique et les consommations d'énergie.

Les brochures finales en anglais et en langue nationale présenteront des synthèses de l'ensemble de ces documents ou deliverables (lesquels tous en ligne sur le site de l'association SUDEN www.suden.org).

PARTIE 1 - LE MODELE SEC

1. Rappels sur le modèle SEC²

1.1. Les objectifs du modèle SEC

Pour atteindre les objectifs rappelés ci dessus, il s'agit d'élaborer un modèle d'analyse en coût global qui permette:

- de prendre en compte l'énergie et la réduction des émissions de gaz à effet de serre (sans oublier les réalités économiques) dans **les Plans Stratégiques de Patrimoine des bailleurs sociaux**,
- de **compléter les analyses ou diagnostics techniques (traditionnels) avec des éléments économiques et financiers**,
- **d'aider le bailleur à identifier les bâtiments à réhabiliter**, dans un projet de transformation durable de quartier ou au sein de son parc, et à évaluer l'importance des travaux pour chacun des bâtiments **avec une optimisation à la fois technique, économique et financière**,
- **d'aider à la sélection des bâtiments à démolir ou à réhabiliter** (de façon importante ou plus légère) dans les projets de renouvellement urbain ou de transformation durable des quartiers,
- et enfin de souligner les impacts des subventions potentielles ou réelles, des réglementations ou contraintes fiscales, des mécanismes financiers (mode de calcul des loyers ou APL par exemple), etc. pour chacune des catégories d'acteurs concernés (habitants, bailleur, collectivité) et de faciliter le dialogue des bailleurs sociaux avec leurs partenaires financiers..

L'objectif du modèle SEC est de répondre aux différentes questions posées lors de la réhabilitation énergétique d'un patrimoine de logements sociaux telles que:

- Quels bâtiments réhabiliter et dans quel ordre opérer ? jusqu'où réhabiliter ? Faut-il commencer par les bâtiments les plus énergivores ou suivre l'ordre des obsolescences et des renouvellements de matériels et équipements en proposant à chaque fois des renforcements en matière d'efficacité énergétique ?
- Faut-il travailler sur les bâtiments les plus gros consommateurs d'énergie, les plus gros émetteurs de CO₂ ou les plus coûteux en charges pour les locataires ?
- Faut-il privilégier les bâtiments pour lesquels l'impact sur l'équilibre financier pour le bailleur est moindre ?
- Comment concilier les travaux d'économies d'énergie et les économies de gaz à effet de serre avec l'objectif de réduire le couple loyer + charges ?

Toutes ces questions sont au cœur de la problématique de la réhabilitation énergétique des bâtiments et d'un patrimoine et **le modèle SEC permet d'optimiser les travaux de réhabilitation**.

Cependant le modèle SEC n'est qu'un outil d'aide à la décision parmi d'autres, des critères d'ordre sociaux, architecturaux, urbanistiques... étant également à prendre en considération.

En résumé, le modèle doit permettre d'identifier quand et comment intervenir pour chacun des types de bâtiment représentatifs (du patrimoine d'un bailleur) au regard de 3 optima :

- **un optimum énergétique**,
- **un optimum CO₂**,
- **un optimum socioéconomique** (intégrant l'évolution du couple loyer+charges) **ou économique**.

² Cf. deliverables 5 en anglais et 8 en français

1.2. Rappel sur les étiquettes énergétiques

Les étiquettes énergétiques en France :

Consommation énergétique	
Chauffage, eau chaude sanitaire et rafraîchissement	
Classe	kWh EP / m ² Shab / an
A	< ou = à 50
B	51 à 90
C	91 à 150
D	151 à 230
E	231 à 330
F	331 à 450
G	> 450

Les étiquettes Emission de gaz à effet de serre en France :

Emissions de gaz à effet de serre	
Chauffage, eau chaude sanitaire et rafraîchissement	
Classe	kg équivalent CO ₂ / m ² Shab / an
A	< ou = à 5
B	6 à 10
C	11 à 20
D	21 à 35
E	36 à 55
F	56 à 80
G	> 80

1.3. Les caractéristiques du modèle SEC

Le coût global énergétique (CGE) est défini dans le modèle comme la somme des éléments suivants : la valeur nette actualisée des équipements et travaux réalisés, compte tenu de la durée de vie de chaque équipement ou composant (= VNA), l'évolution éventuelle des coûts de maintenance et d'entretien (=δM), l'impact en termes d'économies d'énergie (= CE), l'effet prix de l'énergie, conséquence d'hypothèses d'augmentation des prix de l'énergie = (δP)

La valeur nette actualisée des investissements et l'effet prix de l'énergie varient en fonction du taux d'actualisation retenu et de l'horizon d'analyse. Suite aux débats avec différents bailleurs sociaux engagés dans la validation et l'utilisation du modèle, nous avons retenu un horizon T de 35 ans et un taux d'actualisation a égal au taux d'intérêt réel d'emprunt des bailleurs (1,8 %, soit le taux d'intérêt moins le taux d'inflation).

On a par conséquent l'équation fondamentale du modèle SEC

$$CGE = VNA(a,T) + \delta M - CE - \delta P(a,T)$$

Le modèle SEC a pour vocation première d'être utilisé à l'échelle d'un parc de bâtiments mais il peut également être utilisé en amont d'une opération de réhabilitation, à l'échelle d'un bâtiment.

1.3.1. L'utilisation du modèle sur un patrimoine

La question qui se pose aujourd'hui aux organismes de logement social en France est de **définir des plans énergétiques de patrimoine (PEP) allant vers le facteur 4** (réduction par 4 des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050, y compris pour le parc de logements existants), tout en maintenant leur équilibre financier, dans un contexte d'argent relativement rare.

Pour utiliser efficacement le modèle SEC, il convient d'**identifier des bâtiments types représentatifs du patrimoine du bailleur. Au sein de ce patrimoine, il sera alors possible d'identifier quand et comment intervenir pour chacun des types de bâtiment au regard des 3 optima retenus pour le modèle SEC:**

- l'optimum énergétique proprement dit afin de réduire la consommation d'énergie du bâtiment en fonction des possibilités techniques du moment,

- l'optimum écologique qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre
- l'optimum socioéconomique qui vise à réduire le montant du couple loyer + charges pour les locataires.

En effet, pour définir un plan énergétique pour un bâtiment donné, se posent les questions suivantes :

- quand intervenir, à quel moment de la vie du bâtiment ?
- à quelle échelle intervenir, pour quelle performance énergétique ?

Le modèle SEC vise à aider les bailleurs sociaux à répondre à ces deux interrogations : quand intervenir et pour quel objectif.

1.3.2. Une utilisation à l'échelle d'un territoire

De la même façon, il est possible d'analyser les bâtiments situés sur un territoire donné et de définir une stratégie de réhabilitation :

- au niveau national (cf. deliverable 10),
- au niveau régional ou départemental,
- à l'échelle d'une agglomération ou d'un EPCI,
- à l'échelle d'un ou de plusieurs quartiers (pour un dossier ANRU par exemple).

1.3.3. Une utilisation à l'échelle d'un bâtiment

Le modèle SEC peut également être utilisé pour un bâtiment afin de définir en amont de l'opération de réhabilitation les grandes lignes de l'opération et de faciliter l'élaboration du cahier des charges de l'étude technique énergétique qui sera réalisée par la suite.

Comme pour l'échelle du patrimoine, **le modèle SEC permet d'évaluer le triple enjeu énergétique, écologique et socio-économique d'un projet de réhabilitation.**

Les caractéristiques du modèle SEC peuvent donc se résumer ainsi :

- un modèle indépendant mais complémentaire du diagnostic énergétique traditionnel
Le modèle intègre les consommations d'électricité (des parties communes et des logements), ce que ne comprend pas par exemple le Diagnostic de Performance Energétique. Le modèle calcule également les étiquettes Energie et Emissions de CO₂.
- un modèle simple à utiliser par les bailleurs sociaux eux-mêmes
- un modèle qui estime les données non disponibles et est donc utilisable dans tous les cas
- un modèle qui va au-delà des données techniques et qui permet de répondre à 3 optima (énergie, effet de serre, économique).

1.4. Les hypothèses du modèle SEC

Certaines hypothèses ont été discutées et intégrées dans le modèle, concernant le taux d'actualisation, les durées de vie des équipements et produits, l'évolution des prix de l'énergie...

Ces hypothèses peuvent être modifiées par l'utilisateur.

1.5. Les technologies efficaces en énergie prises en compte dans le modèle SEC

Tout d'abord la valeur ajoutée de Factor 4 est de comporter des données économiques en sus des informations techniques fournies traditionnellement.

Pour de plus amples informations sur les aspects techniques, il est conseillé de consulter notamment les résultats d'un autre projet du programme SAVE, le projet TREES coordonné par l'Ecole des Mines de Paris (Bruno Peuportier).

Par ailleurs les technologies ou techniques utilisées sont différentes d'un pays à un autre et les coûts sont également différents d'un pays à un autre.

C'est pourquoi une base de données des technologies économes en énergie traitées dans chacun des modèles a été élaborée (Deliverable 6). Cette base de données pourra être mise à jour dans chacun des pays et complétée pour d'autres pays européens.

Pour chaque technologie, une fiche synthétique a été élaborée. Celle-ci comprend::

- une description synthétique de la technologie elle-même,
- une image ou photo,
- une description de quelques détails parmi les plus importants,
- l'objectif principal poursuivi en matière d'énergie,
- une description technique synthétique,
- les principales informations économiques disponibles coûts d'investissement, subventions éventuelles, durée de vie des équipements ou composants, coûts de mise en œuvre et de maintenance, les économies engendrées.

Liste des technologies traitées dans les différents modèles Factor 4

ASCOT (DK)	BREA (I)	SEC (F)	Technologies	N°fiche
			Chauffage et climatisation (confort d'été)	
√	√	√	La ventilation mécanique contrôlée (avec récupération de chaleur)	H 1
	√	√	L'équilibrage de l'installation	H 2
	√	√	Les compteurs individuels	H 3
√	√		La limitation du renouvellement d'air	H 4
√	√	√	Les économies d'énergie liées au comportement des usagers	H 5
√	√	√	L'isolation thermique des murs	H 6
	√	√	L'isolation thermique des planchers	H 7
	√	√	L'isolation thermique des toitures	H 8
√			La suppression des ponts thermiques	H 9
√	√	√	Les menuiseries extérieures	H 10
√	√	√	Le solaire passif	H 11
√	√	√	Les nouvelles chaudières dont la cogénération	H 12
√	√	√	La Gestion Technique Centralisée des bâtiments (GTB)	H 13
	√	√	Les robinets thermostatiques	H 14
	√	√	Les pompes à chaleur	H 15
	√	√	Le calorifugeage	H 16
			La climatisation	H 17
			Eau chaude sanitaire	
	√	√	Les compteurs individuels	W 1
√	√	√	L'eau chaude solaire	W 2
	√	√	Le calorifugeage et les pertes de distribution d'eau	W 3
	√	√	Les systèmes de production instantanée d'eau chaude	W 4
√		√	Les économies d'énergie liées aux économies d'eau	W 5
			Electricité	
√	√	√	Les lampes basse consommation dans les logements	E 1
		√	Les lampes basse consommation dans les parties communes	E 1
√	√		Economie d'électricité des extracteurs et ventilation	E 2
		√	Les moteurs à vitesse variable (ascenseurs)	E 2
		√	Asservissement des pompes de circulation aux chaudières individuelles	E 3
√	√	√	Economie d'électricité et comportements des occupants (locataires)	E 4

√	√	√	Etiquette énergétique des équipements ménagers classe A ou A+	E 5
	√	√	Suppression de la mise en veille des appareils électroménagers	E 6
√	√		L'optimisation de l'éclairage naturel	E 7
√	√		Les panneaux photovoltaïques	E 8
√	√		Séchage du linge à l'extérieur	E 9
	√	√	Buanderies communes économisant l'eau chaude	E 10

La description complète du modèle SEC en français constitue le deliverable 8.

Remarque : certaines techniques ne sont pas intégrées dans le modèle SEC car l'analyse en coût global énergétique de ces techniques est trop complexe.

2. Les types d'analyse effectués

2.1. L'analyse d'un ensemble de bâtiments concernés par un dossier ANRU

L'objectif du modèle SEC est de permettre aux bailleurs sociaux et à leurs partenaires d'optimiser les travaux de réhabilitation, en ce qui concerne l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, à la fois pour l'ensemble des bâtiments et pour chacun des bâtiments concernés, tout en s'inscrivant dans leurs contraintes à la fois réglementaires et budgétaires.

En effet l'analyse permet :

- de déterminer les bâtiments qu'il serait préférable de démolir plutôt que de les réhabiliter ;
- d'identifier les travaux à effectuer pour chaque type de bâtiment (à l'exception de ceux qui vont faire l'objet d'une démolition), pour chaque optimum ainsi que pour l'ensemble des trois optima (cf. schéma ci après, en fin de chapitre);
- d'optimiser l'utilisation d'un budget ainsi que sa répartition entre les différents bâtiments concernés par un dossier ANRU ou constituant le patrimoine d'un bailleur.

Cette analyse a été effectuée par La Calade pour Moulins Habitat.

Les 63 bâtiments (soit 1 962 logements) concernés par le dossier ANRU (quartier Moulins Sud à Moulins et quartier du Plessis à Yzeure) ont été tout d'abord répartis par type de bâtiment et chaque type de bâtiment a fait l'objet d'une analyse avec le modèle SEC.

Chacun des bâtiments types a été analysé sur la base des informations disponibles, c'est-à-dire essentiellement des diagnostics énergétiques, lesquels ne comportaient pas les consommations d'énergie.

Les onze types de bâtiment ou études de cas ainsi obtenus ainsi que les résultats de l'analyse sont décrits dans ce deliverable 9.

L'analyse de chaque type de bâtiment est conduite comme ceci est décrit ci après.

Une analyse similaire pourrait être menée sur l'ensemble du parc d'un bailleur.

2.2. Les études de cas des bailleurs sociaux partenaires (groupe national Facteur 4)

Ce deliverable 9 présente les résultats des analyses effectuées avec le modèle SEC en France³ en sus des analyses effectués sur l'ensemble des 63 bâtiments concernés par un programme de réhabilitation d'un dossier ANRU (bâtiments gérés par Moulins Habitat) avec les bailleurs du groupe national Factor 4 (devenus partenaires associés du projet Factor 4 : CMH, Maison Girondine, Maison du CIL (UNILOGI), OPAC 38, OPIHLM d'Arcueil-Gentilly, SAGECO et EFIDIS (ces deux derniers du groupe SNI). Ils s'agit donc de bailleurs sensibilisés et actifs en ce qui concerne les économies d'énergie.

Chacun des bailleurs a sélectionné des bâtiments représentatifs de son parc et a proposé un scénario réaliste de réhabilitation. **Il s'agit donc de bonnes pratiques de réhabilitations en France.**

³ Le deliverable 7 (en anglais) présente également une synthèse des études de cas effectuées dans chacun des pays, les scénarii étant des scénarii Factor 4

Cependant nous pouvons remarquer qu'aucun des bailleurs n'a proposé de scénario permettant d'atteindre le facteur 4. Aucun n'a essayé d'optimiser le programme de réhabilitation comme le lui permettait le modèle SEC.

Des scénarii optimisés et des scénarii Facteur 4 ont été élaborés par La Calade et sont présentés dans le deliverable 7 (en anglais) pour 3 des études de cas présentées par les bailleurs :

- La Vache Noire de l'OPIHLM d'Arcueil Gentilly (94)⁴,
- La Caravelle à Villeuve La Garenne (92) de SAGECO
- et l'immeuble Berry à Château-Thierry d'UNIOLOGI.

2.3. Les étapes de l'analyse d'un bâtiment ou d'un projet de réhabilitation

Si le but recherché est d'approcher le patrimoine global, le modèle SEC peut également être utilisé à l'échelle d'un seul bâtiment.

L'approche pour un bâtiment permet d'orienter les choix en matière de techniques et d'équipements, en amont d'une opération de réhabilitation.

Le modèle SEC vise à optimiser la nature des travaux.

Les étapes de l'analyse en coût global énergétique (en vue de l'élaboration) d'un programme de réhabilitation avec le modèle SEC
1.- Analyse de la consommation d'énergie du bâtiment
2.- Elaboration de scénarii réalistes pour la réhabilitation énergétique du bâtiment
3.- Evaluation des impacts des différents scénarii sur les trois dimensions énergétique, écologique et socioéconomique
4.- Choix des meilleurs scénarii pour le bâtiment
5.- Elaboration d'un processus itératif visant à définir une stratégie optimale à travers une analyse multicritères
6.- Elaboration d'un projet de programme

Nous présentons ci après ces différentes étapes.

1. L'analyse de la consommation d'énergie

L'analyse de la consommation d'énergie d'un bâtiment est réalisée avec pour objectif de faire se rejoindre les informations réelles disponibles sur le bâtiment avec ses caractéristiques techniques. Le modèle SEC intègre donc les consommations électriques et consommations dans les logements, données dont ne disposent pas toujours les bailleurs. Le modèle SEC permet d'estimer ces données lorsque le bailleur ne les connaît pas.

Le modèle SEC poursuit plusieurs objectifs différents selon le contexte :

- il doit pouvoir donner aux bailleurs une information fiable sur les consommations d'énergie d'un bâtiment en l'absence de données sur les consommations ;
- il doit pouvoir donner aux bailleurs une description technique suffisamment robuste pour éclairer l'origine des déperditions et des pertes d'énergie cohérentes avec une consommation d'énergie connue ;
- il doit pouvoir montrer la cohérence ou non entre le calcul théorique des consommations d'énergie d'un bâtiment et sa consommation réelle en suggérant des questions en cas de grande différence.

Le bilan est donné pour le bâtiment, par logement et par m² de surface habitable. Les ratio par m² de surface habitable permettent de calculer, à titre indicatif, l'étiquette Energie et l'étiquette CO₂ du bâtiment. Nous faisons figurer ces étiquettes dans la fiche résultat comme ci-après (cases en bleu).

⁴ Cette étude de cas a été traduite en français pour l'ANRU et est disponible en français ainsi que la synthèse de l'ensemble des études de cas.

Bilan de l'analyse initiale pour le bâtiment

Consommation finale en kWh / m ²		
		245,1
dont		
Chauffage	174,1	175,4
ECS	33,5	0,0
Electricité	37,5	0,0

Consommation en kWh primaire / m²

327,3

Emission de CO₂ en kg / m²

48,7

Dépense énergétique en € / m² - an

17,2

Chauffage et ECS en kWh ep/m² - an

230,5

D

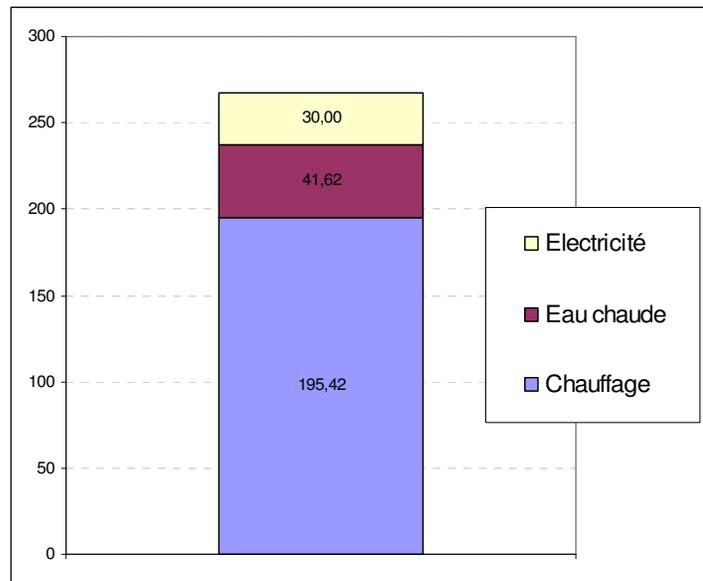
Chauffage et ECS en kg CO₂ / m²

47,2

E

Source Crdd La Calade pour le projet Factor 4, « deliverable » 8 sur le modèle SEC

Exemple de la consommation d'un bâtiment en kWh/m²



2. L'élaboration des scenarii

Les scenarii de réhabilitation peuvent être élaborés par les chargés d'opération ou directeurs de patrimoine des bailleurs ou à partir de projets élaborés par des BET ou architectes lors des diagnostics thermiques.

3. L'évaluation des scénarii, l'analyse des impacts et l'optimisation du programme

Le modèle SEC vise à optimiser la nature des travaux.

De quels types d'optimisation s'agit-il ?

D'un point de vue strictement énergétique, sans prendre en considération les autres aspects d'un bâtiment, sociaux notamment, nous pouvons distinguer trois façons d'optimiser un bâtiment :

- l'optimum énergétique proprement dit qui vise à réduire la consommation d'énergie du bâtiment en fonction des possibilités techniques du moment
- l'optimum écologique qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre
- l'optimum socioéconomique qui vise à réduire le montant du couple loyer + charges pour les locataires.

Ces optima sont tous à rechercher sous la contrainte du financement des investissements.

Le modèle SEC cherche à présenter les impacts des projets de réhabilitation sous ces trois aspects, énergétique, écologique et social. Leur mise en perspective est assurée par le développement d'une approche globale intégrant :

- l'évolution des prix de l'énergie, montrant la dimension économique importante de la consommation d'énergie, le temps de retour des opérations étant calculé à partir d'hypothèses sur l'évolution de ces prix,
- les émissions de CO₂ et leur intégration dans le calcul par sa monétarisation (externalité) d'une part et par la mise en évidence du Facteur de réduction des gaz à effet de serre,
- le coût global énergétique calculant l'économie ou le coût global de l'opération, compte tenu des amortissements des équipements et des futures dépenses ou économies d'énergie.

Ainsi **le modèle SEC permet d'évaluer le triple enjeu énergétique, écologique et socioéconomique d'un programme de réhabilitation.**

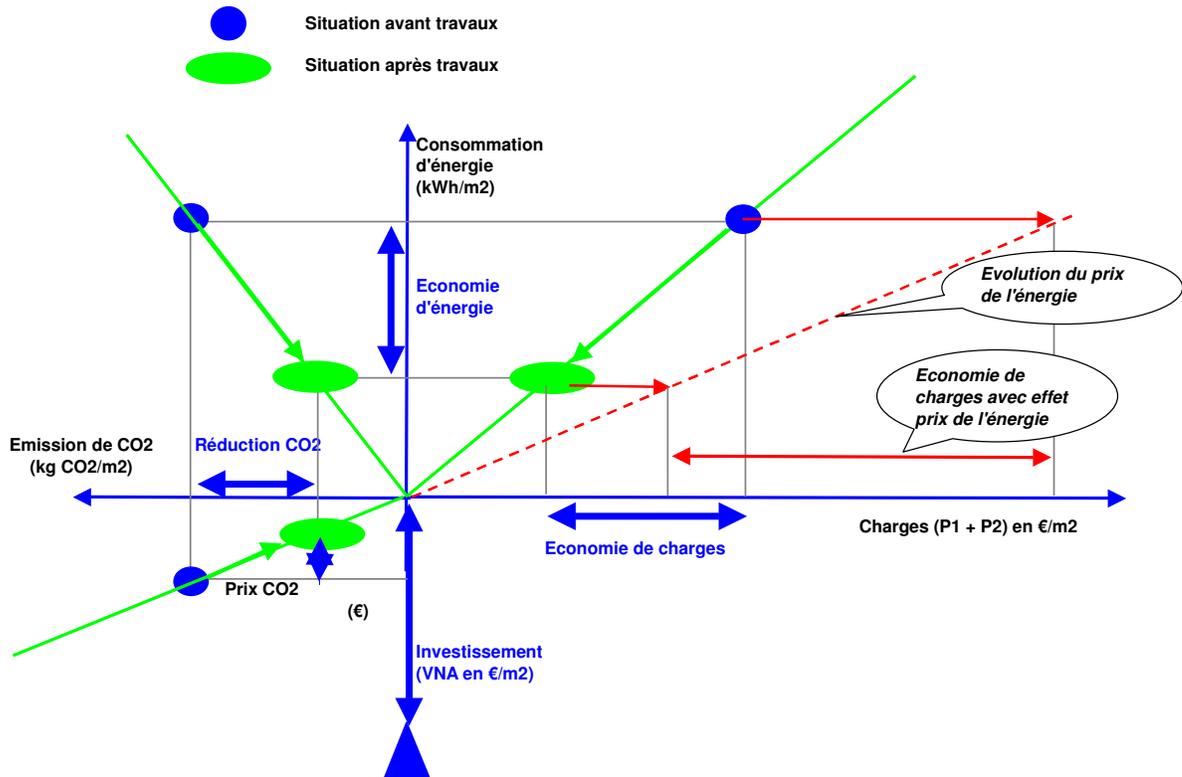
Cette évaluation peut être synthétisée sous la forme d'un diagramme qui présente quatre dimensions (cf. schéma ci après) :

- investissement (ou coût des travaux)
- effet économie d'énergie
- effet réduction de gaz à effet de serre (qui se traduira en coût carbone évité)
- effet économie de charges.

Un bilan en coût global peut être construit en prenant en compte les différents éléments monétarisés.

Le modèle SEC

Une aide à la décision et une évaluation du programme potentiel de la réhabilitation fonction de 3 types d'optimum : l'économie d'énergie, la réduction de CO₂ et l'économie de charges (ainsi que le retour sur investissement) face à un investissement donné



Source Philippe Outrequin pour le projet Factor 4

Ainsi un scénario peut chercher à identifier l'optimum énergétique, un autre l'optimum en matière d'émissions de CO₂ (scénario Facteur 4 par exemple) et un troisième peut concerner l'optimum dans les trois domaines à la fois : en matière d'énergie et d'émissions de CO₂ et sur le plan économique ou socioéconomique.

Le scénario Factor 4 a été élaboré pour certaines des études de cas. Ces résultats sont présentés dans le deliverable 8 (Ce deliverable 8 est la synthèse – en anglais - des résultats obtenus dans chacun des pays concernés par le projet et évaluation des économies potentielles grâce au facteur 4).

En règle générale, excepté pour Moulins Habitat et pour les scénarii Facteur 4, les scénarii ont été proposés par les bailleurs eux-mêmes. Tous ces scénarii sont présentés dans le deliverable 9 :

- les onze bâtiments types identifiés dans le dossier ANRU de Moulins Communauté
- ainsi que l'analyse de différents scénarii potentiels de réhabilitation élaborés pour les bâtiments de Moulins Habitat
- et enfin les études de cas sélectionnées par les partenaires associés eux mêmes.

Une fiche synthétique des résultats de l'analyse pour un bâtiment est présentée ci après.

3. Rappel de la typologie des bâtiments de logements sociaux qui seront encore en usage en 2050

4 critères majeurs ont été retenus (cf. deliverables 3 et 4): :

- la date de construction
- la zone climatique
- la taille du bâtiment
- l'énergie de chauffage.

Ceux-ci apparaissent dans les tableaux récapitulatifs ci après.

4. Le test et la validation du modèle

Quasiment tous les partenaires ou partenaires associés ont fourni à La Calade les informations disponibles et notamment les consommations d'énergie afin de vérifier que les estimations calculées par le modèle puissent être comparées aux données réelles et ainsi permettre une validation du modèle.

La corrélation entre données calculées par le modèle SEC et données réelles est montrée dans l'analyse de cas de Moulins Habitat mais elle a été analysée systématiquement pour tous les cas pour lesquels les bailleurs avaient les données réelles.

Au total **le modèle a été utilisé sur 32 études de cas représentant 170 bâtiments et 5 438 logements**, ces bâtiments étant représentatifs de plus de 15 000 logements, comme le montrent les tableaux ci après.

5. Une analyse complémentaire sur les programmes de réhabilitation

L'analyse des charges énergétiques est intégrée dans les modèles Factor 4 et donc dans le modèle SEC.

Une analyse complémentaire a été réalisée sur l'évolution des charges (eau comprise) pour les bâtiments de l'OPIHLM d'Arcueil – Gentilly dans le cadre de l'analyse de ces bâtiments avec la méthode d'évaluation des programmes de réhabilitation RECOBAT (REhabilitation Cohérente des BATiments) élaborée par La Calade pour l'ANRU⁵. Cette méthode RECOBAT est un outil d'aide à la décision qui permet au bailleur et à ses différents partenaires d'évaluer le programme de réhabilitation dans son contexte urbain avant de le mettre en œuvre et donc d'améliorer in fine le programme de réhabilitation effectivement mis en œuvre.

6. Les différents bâtiments sur lesquels le modèle SEC a été utilisé

Les différents bâtiments types analysés pour tester le modèle et souligner l'intérêt du modèle SEC sont présentés dans le tableau ci après qui reprend la typologie retenue précédemment (cf. deliverable 4 et notamment la version traduite en français sur la situation en France).

Les scénarii présentés ci après ont été élaborés et proposés par les bailleurs eux-mêmes. Ces bailleurs sont des bailleurs convaincus qu'il faut économiser l'énergie et qui font des efforts dans ce sens. Ces exemples montrent cependant que les habitudes ou façons de travailler et notamment les processus de décision n'ont pas été modifiés.

L'objectif de ces scénarii n'était pas d'atteindre le facteur 4 mais de proposer des solutions qui permettent d'atteindre un niveau élevé d'efficacité énergétique, c'est-à-dire qu'il ne s'agit de scénarii standards mais de scénarii volontaristes élaborés par des bailleurs soucieux d'économiser l'énergie avec les contraintes budgétaires classiques. Ces scénarii peuvent donc être considérés comme des bonnes pratiques en France. La première remarque qui vient à l'esprit en analysant ces études de cas ou scénarii est que seulement 50 % des cas atteignent l'étiquette C.

⁵ Cf. *La méthode RECOBAT pour une REhabilitation Cohérente des BATiments : analyse, évaluation et optimisation de programmes de réhabilitation vers une transformation durable des bâtiments et des quartiers*, La Calade pour l'ANRU, Juin 2007

**Récapitulatif des 32 études de cas analysées avec le modèle SEC en France
selon les principaux critères de la typologie retenue**

Critères	Objectifs	Moulins Habitat	Partenaires associés	Total
Nb d'études de cas	12 à 15	11	21	32
Nb de bâtiments		63	107	170
Nb de logements		1 962	3 477	5 439
Nb de m ² habit.		132 100	236 718	368 818
Nombre de logements représentatifs en plus des logements étudiés		0	7 400	7 400
Nombre d'études de cas selon la date de construction				
avant 1956	1	0	5	5
1956- 1969	8	3	7	10
1970 – 1974		5	7	12
1975 – 1989	4	3	2	5
1990 – 1999	0 à 2		0	0
depuis 2000	0		0	0
Nombre d'études de cas selon la zone climatique				
H1	9 à 12	11	18	29
H2	3		3	3
H3	0 à 1		0	0
Nombre d'étude de cas selon la nature du bâtiment				
Maison individuelle	2	0	1	1
Im. Moins de 50 logts	8 à 11	9	12	21
Im. De 50 à 199 logts	2 à 3	2	6	8
Im + de 200 logements	0		2	2
Nombre d'études de cas selon l'énergie de chauffage				
Ind. Gaz	3 à 4		1	1
Coll.gaz	4 à 5	1	10	11
Fioul	2 à 3		1	1
Ch. Urbain	2 à 3	10	5	15
Chauf. Elec.	1		2	2
Autres	0 à 1		2	2
Nombre de bâtiments étudiés				
Collectif	11 à 14	63	107	170
Individuel	1		112	112

On peut constater sur ce tableau que :

- les études de cas ont été beaucoup plus nombreuses que prévu initialement dans le contrat européen et sont représentatives de plus de 15 000 logements.
- les critères de répartition définies à l'issue du deliverable 4 ont été globalement respectés (moins de maison individuelle que prévu (1 au lieu de 2 mais avec une représentativité de 112 maisons), ce qui peut s'expliquer par la demande de bâtiments représentatifs, moins de chauffage individuel gaz et fioul que prévu (1 au lieu de 2 à 3), ces différences s'expliquant par les préoccupations des bailleurs, lesquelles sont souvent concentrées sur les réseaux de chaleur (lesquels sont traités dans de nombreux cas).
- Enfin, le nombre d'études de cas permet une réelle validation du modèle dans la mesure où dans la plupart des cas les données réelles ont été comparées aux données estimées par le modèle.

La répartition de ces études de cas figure dans le tableau ci après.

Les 32 études de cas proposées par les bailleurs sociaux du groupe national Factor 4

Bailleurs	Moulins Habitat	OPHLM Arcueil Gentilly	CMH	OPAC 38	Maison Girondine	Maison du CIL UNILOGI	SAGECO	EFIDIS	OSICA	TOTAL
Nb de cas	11	2	3	2	3	3	3	3	2	32
Criteria										
Nb de bâtiments	63	2	3	2	2	7	12	68	9	168
Nb de logements	1 962	140	102	65	374	246	917	1 273	290	5 469
m² habitables	132 100	7 033	13 241	3 923	23 041	16 417	55 704	95 550	17 703	364 712
Date de construction date et zone climatique										
Before 1956		1	1	2			1			5
1956 - 1969	8	1	1			1	1	1	2	10
1970- 1974	3		1		2	2		2		12
1975 - 1989					1		1			5
1990 - 1999										0
Since 2000										0
Climatic area	H1	H1	H1	H1	H2	H1	H1	H1	H1	
Type de bâtiments (nombre de logements)										
Maisons individuelles					1					1
< 50 logements	9		2	2		2	2	3	1	21
De 50 à 199 logements	2	2	1		1	1			1	8
> 200 logements					1		1			2
Type d'énergie pour le chauffage										
Gaz (chaudière individuelle)			1							1
Gaz (chaudière collective)	1	2	1		2	2	1	1	1	11
Fuel						1				1
Réseau de chaleur	10		1		1		1	1	1	15
Chauffage électrique							1	1		2
Autre				2						2
Nombre d'étages										
Bâtiment collectif		R+7; R+4	R+2, R+3, R+9	R+4	R+3 up to R+7, R+3	R+4	R+5,R+6, R+9	R+4; R+5; R+4	R+4; R+6	
Maisons individuelles					112		1			

Source La Calade pour Factor 4

Remarque : Un certain nombre de ces bâtiments fait l'objet d'un programme de réhabilitation. Ces programmes ont été analysés, ainsi que leur impact sur les charges. Ceci est le cas notamment pour l'ensemble des 63 bâtiments de Moulins Habitat et pour les bâtiments de l'OPIHLM d'Arcueil - Gentilly⁶, tous deux concernés par des dossiers ANRU.

⁶ Ces bâtiments de l'OPIHLM d'Arcueil-Gentilly ont fait l'objet d'une analyse multicritères dans le cadre d'un contrat avec l'ANRU indépendant du projet Factor 4 pour l'élaboration de la méthode RECOBAT.

PARTIE 2 : L'analyse énergétique en coût global de l'ensemble des bâtiments à réhabiliter du dossier ANRU de Moulins Communauté avec le modèle SEC

1. Description du bailleur: Moulins Habitat

Moulins Habitat est un OPAC qui gère un peu plus de 4 000 logements dans l'Allier.

Moulins Habitat pilote **un dossier ANRU** par délégation de maîtrise d'ouvrage de Moulins Communauté et a recours à une assistance à Maîtrise d'Ouvrage Développement Durable (AMO DD), laquelle est assurée par Crdd La Calade, un des 10 organismes de recherche impliqués dans l'élaboration de la démarche HQE^{2R} de transformation durable des quartiers et de ses outils⁷.

Moulins Habitat est également membre de l'Association SUDEN⁸. C'est pourquoi les auteurs du projet Factor 4, membres fondateurs de SUDEN⁹, ont proposé à Moulins Habitat de participer à la proposition rédigée pour l'appel à projets du programme européen SAVE. (Cette proposition ayant été retenue, elle est devenue le projet Factor 4).

Moulins Habitat est le seul bailleur français partenaire du projet Factor 4 (Les autres bailleurs ont rejoint le projet après la signature du contrat par la Commission Européenne et ont le statut de partenaires associés).

2. Les objectifs poursuivis

Moulins Habitat a un budget alloué aux travaux de réhabilitation dans le cadre du dossier ANRU de seulement 4 Millions d'Euro et celui-ci ne permet pas la remise en état des bâtiments.

C'est pourquoi l'analyse effectuée par La Calade, dans le cadre de sa mission d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage Développement Durable pour le dossier ANRU, s'est basée sur les préconisations de travaux du bureau d'étude énergétique.

L'analyse effectuée par La Calade a pour objectif de souligner l'intérêt du modèle SEC pour optimiser l'utilisation d'un budget donné ainsi que sa répartition entre les différents bâtiments concernés par un dossier ANRU ou constituant le patrimoine d'un bailleur.

L'objectif de l'analyse effectuée sur l'ensemble des bâtiments situés sur le territoire concerné par le dossier ANRU (à l'exception de ceux qui vont faire l'objet d'une démolition) est d'**optimiser les travaux de réhabilitation, en ce qui concerne l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, à la fois pour l'ensemble des bâtiments et pour chacun des bâtiments** concernés.

Une analyse similaire pourrait être menée sur l'ensemble du parc d'un bailleur.

3. Les bâtiments concernés par des opérations de réhabilitation du dossier ANRU

Certains bâtiments parmi ceux analysés dans le projet Factor 4 font l'objet de travaux de réhabilitation dans le cadre d'un dossier ANRU. C'est le cas notamment de l'ensemble des bâtiments analysés pour Moulins Habitat et des deux bâtiments de l'OPIHLM qui sont représentatifs des bâtiments du quartier du Chaperon Vert.

Tous les bâtiments concernés par le dossier ANRU (quartier Moulins Sud à Moulins et quartier du Plessis à Yzeure) ont été analysés par Philippe Outrequin sur la base des informations disponibles, c'est-

⁷ Cf. <http://hqe2r.cstb.fr> (anglais) ou www.suden.org (français) et *Développement durable et renouvellement urbain : des outils opérationnels pour améliorer la qualité de vie dans nos quartiers*, Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, Edition L'Harmattan, Mai 2006

⁸ SUDEN, Sustainable Urban Development Euran Network, est une association loi 1901 créée en 2004 à l'issue du projet européen HQE^{2R} qui a pour objectif de mutualiser expérience et savoir faire sur le développement urbain durable, de sensibiliser et former les professionnels d'aujourd'hui et de demain et enfin d'élaborer les méthodes et outils dont les professionnels ont besoin.

⁹ et notamment Philippe Outrequin et Catherine Charlot-Valdieu

à-dire essentiellement des diagnostics énergétiques, lesquels ne comportent pas les données sur les consommations d'énergie (celles-ci ne sont connues que par sous-station du réseau de chaleur).

Les **63 bâtiments (soit 1 962 logements)** ont été tout d'abord répartis par type de bâtiment en reprenant la typologie élaborée précédemment (cf. deliverables 3 et 4) et chaque type de bâtiment a fait l'objet d'une analyse avec le modèle SEC.

Les onze types de bâtiment (ou études de cas) ainsi obtenus sont décrits ci après et l'analyse en coût global énergétique a été effectuée et est présentée ci après pour le scénario 2 décrit dans les pages suivantes.

Dans un premier temps, nous présentons dans ce deliverable 9 chacun de ces bâtiments types ainsi que l'analyse du bâtiment et l'évaluation du programme de réhabilitation correspondant au **scénario 2 qui est un scénario volontariste ou ambitieux sur le plan technique**, lequel représente un investissement total de 22,6 Millions d'Euro (le scénario 1 proposé par le bureau d'étude qui a réalisé le diagnostic thermique correspondant à la prise en compte des urgences techniques uniquement avec un investissement de 9,8 Millions d'Euro et le scénario 3 étant le scénario optimisé avec le modèle SEC avec un investissement de 11,9 Millions d'Euro).

Nous présentons ensuite l'utilisation du modèle SEC pour rechercher l'optimum de l'ensemble du programme de réhabilitation en montrant pour quels bâtiments il serait plus intéressant de concentrer le budget disponible (du seul point de vue énergétique) et en soulignant quel budget serait nécessaire pour atteindre l'optimum du programme de réhabilitation au regard de ces deux optima que sont la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre (cf. deliverable 10 sur la stratégie territoriale et patrimoniale).

**Récapitulatif des études de cas de Moulins Habitat
(ensemble des bâtiments concernés par le dossier ANRU de Moulins Communauté)**

Critères	Moulins Habitat
Nb d'études de cas	11
Nb de bâtiments	63
Nb de logements	1 962
Nb de m ² habit.	132 100
Nombre d'études de cas selon la date de construction	
1956- 1969	3
1970 - 1974	5
1975 - 1989	3
Nombre d'études de cas selon la zone climatique	
H1	11
Nombre d'étude de cas selon la nature du bâtiment	
Im. moins de 50 logts	9
Im. de 50 à 199 logts	2
Nombre d'études de cas selon l'énergie de chauffage	
Coll.gaz	1
Ch. urbain	10

4. Les études de cas de Moulins Habitat

4.1. Cas Moulins Habitat 1: Quartier Moulins Sud, sous quartier Thonier, bâtiments B, C et D



Source Moulins Habitat

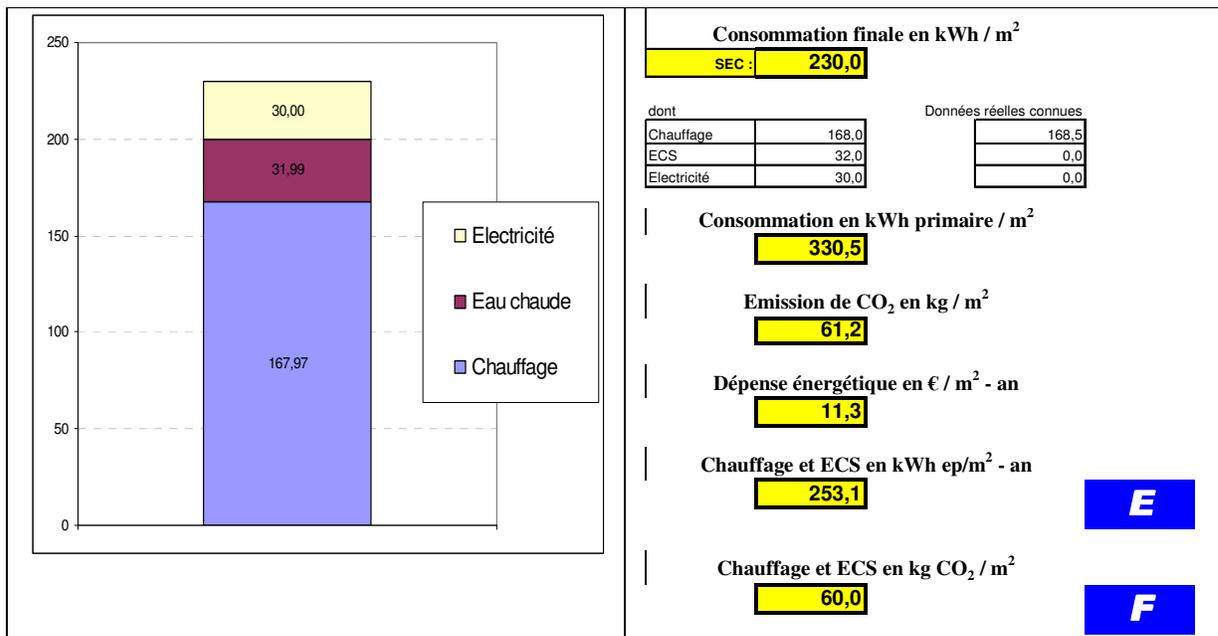
Ce cas concerne 3 bâtiments et 109 logements avec la typologie suivante.

✚ La typologie

Type de bâtiment	3 immeubles collectifs de 6 niveaux
Nombre de logements	Total de 109 logements
Surface utile (m²)	Total de 7 236 m²
Répartition des logements (T2...T5)	40 T2, 46 T3 et 23 T4
Zone climatique	H1
Date de construction	1971-75
Mode de chauffage	Chauffage urbain
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui
Localisation (centre ville, périurbain...)	Périurbain
Description	<p>Le site de l'Ilot Thonier, dans le quartier des Champins, à Moulins est composé de 7 bâtiments construits dans les années 1973-1975. Le nombre de logements (de type T2 à T4) est de 229. La surface habitable représente 14 927 m².</p> <p>Les immeubles B, C et D correspondent à une typologie particulière et peuvent être distingués des autres bâtiments de Thonier.</p>

L'analyse du projet avant travaux

L'analyse des consommations en kWh/m² de ce bâtiment type est représentée dans le tableau ci-dessous, les deux lettres E et F en bleu correspondant aux étiquettes énergétiques d'une part et sur les émissions de gaz à effet de serre d'autre part.



Source La Calade

L'analyse d'un projet ambitieux de réhabilitation (scénario 2)

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres C et D en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre après travaux.

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	230,0	106,2	54%
dont chauffage	168	55	67%
eau chaude sanitaire	32,0	20,8	35%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	330,5	173,8	47%
dont chauffage et ECS	253,1	96,4	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	61,2	24,1	61%
dont chauffage et ECS	60,0	22,9	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	15,8	8,66	45%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	11,3	6,98	38%
Résultats par logement			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	15 266	7 049	
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	21 941	11 540	
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4,1	1,6	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 046	575	
Résultats pour le(s) bâtiment(s)			
Consommation d'énergie annuelle en MWh	1 664	768	
Consommation d'énergie primaire en MWh	2 392	1 258	
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	443	174	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	114 030	62 699	
Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage		75	
Eau chaude sanitaire		26	
Electricité		0	
Total		101	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		66	
			Temps de retour
			14
			24
Investissement par logement en €			
Chauffage		4 979	
Eau chaude sanitaire		1 726	
Electricité		0	
Total		6705	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		4 381	
			11086
Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €			
Chauffage		542 700	
Eau chaude sanitaire		188 136	
Electricité		0	
Total		730 836	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		477 576	
Bilan économique			
		LOSS	
		€/ m ² - an	€/logement - an
			€/projet - an
Investissement en € actualisés par an		4,67	310
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		3,13	208
Maintenance annuelle			0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)		-4,36	-289
Hypothèse hausse des prix de l'énergie		-2,74	-182
			-31 528
			-19 803
Bilan net en € net actualisés par m²		0,70	46
			5 058
FACTEUR CO2		2,5	

4.2. Cas Moulins Habitat 2: Quartier Moulins Sud, sous quartier Thonier, bâtiments A, E, F et G



Source Moulins Habitat

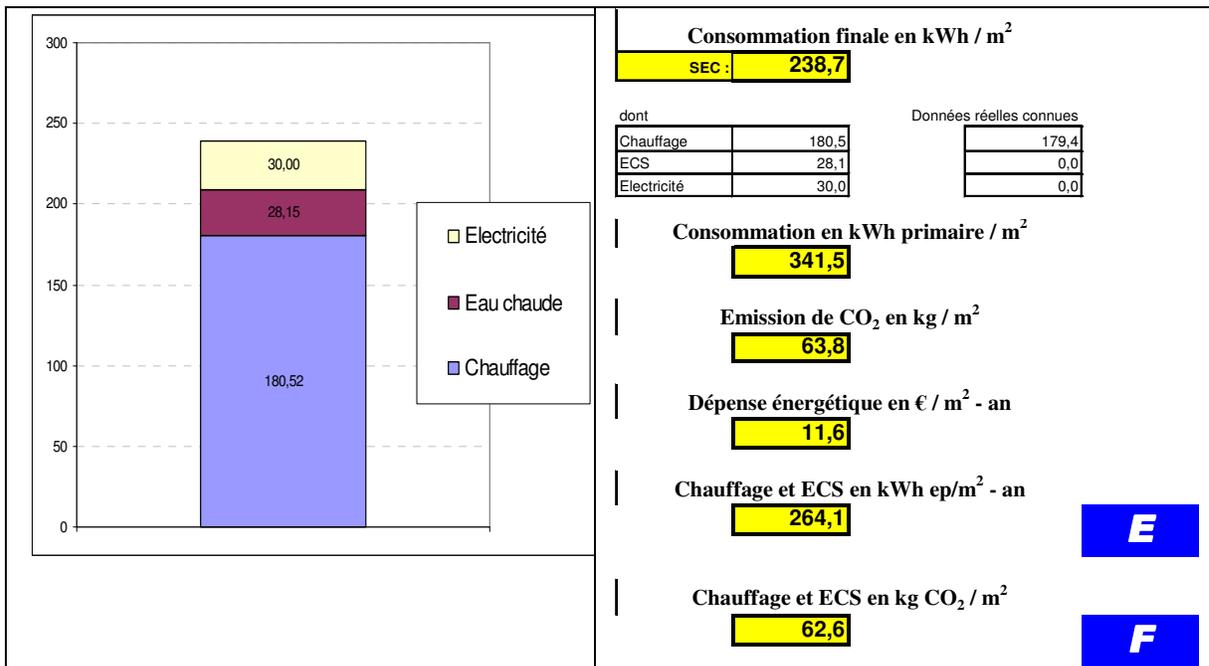
Ce cas concerne 4 bâtiments totalisant 120 logements.

🏠 La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	4 immeubles collectifs R+3
Nombre de logements	Total de 120 logements
Surface utile (m²)	Total de 8 118 m ²
Répartition des logements (T2... T5)	28 T2, 691 T3 et 31 T4
Zone climatique	H1
Date de construction	1971-75
Mode de chauffage	Chauffage urbain
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui
Localisation (centre ville, périurbain...)	Périurbain
Description	<p>Le site de l'Ilot Thonier, dans le quartier des Champins, à Moulins est composé de 7 bâtiments construits dans les années 1973-1975. Le nombre de logements (de type T2 à T4) est de 229. La surface habitable représente 14 927 m².</p> <p>Les immeubles A, E, F et G correspondent à une typologie particulière et peuvent être distingués des autres bâtiments de Thonier.</p>

L'analyse du bâtiment avant travaux

L'analyse des consommations en kWh/m² de ce bâtiment type est représentée dans le tableau ci-dessous, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre.



L'analyse du programme de réhabilitation (scénario 2)

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre après travaux.

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	238,7	108,5	55%
dont chauffage	181	60	67%
eau chaude sanitaire	28,1	18,6	34%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	341,5	176,7	48%
dont chauffage et ECS	264,1	99,3	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	63,8	24,7	61%
dont chauffage et ECS	62,6	23,5	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	16,3	8,80	46%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	11,6	7,06	39%

C
D

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	16 146	7 337
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	23 105	11 955
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4,3	1,7
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 100	595

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	1 938	880
Consommation d'énergie primaire en MWh	2 773	1 435
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	518	201
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	131 982	71 400

Investissement unitaire en € / m²				
Chauffage		75		
Eau chaude sanitaire		26		
Electricité		0		
Total		101	Temps de retour	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		66	14	22

Investissement par logement en €		
Chauffage	5 074	
Eau chaude sanitaire	1 759	
Electricité	0	
Total	6833	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	4 465	11298

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €		
Chauffage	608 850	
Eau chaude sanitaire	211 068	
Electricité	0	
Total	819 918	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	535 788	

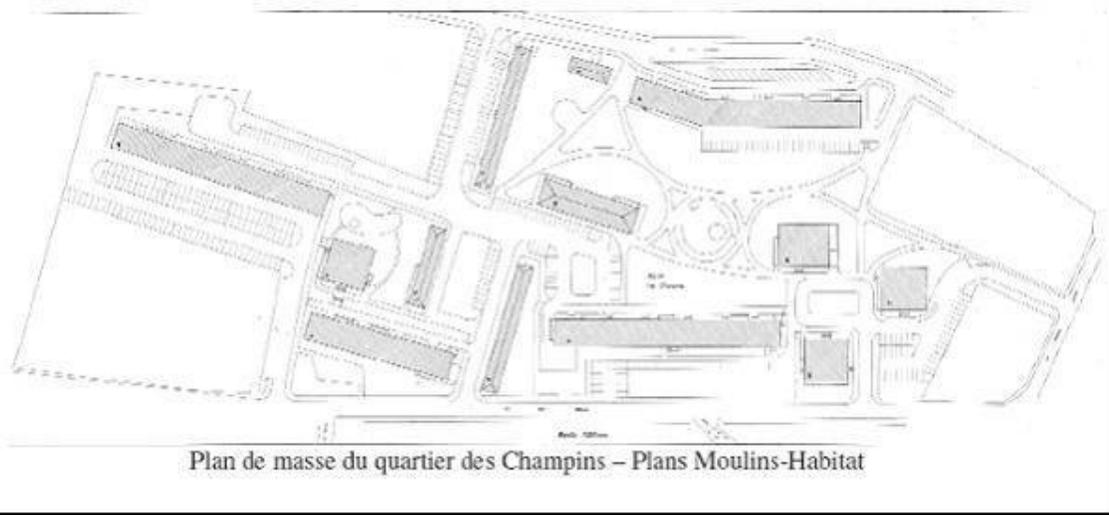
Bilan économique	LOSS		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	4,67	316	37 872
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	3,13	212	25 390
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-4,58	-310	-37 209
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-2,88	-195	-23 372
Bilan net en € net actualisés par m²	0,33	22	2 681

FACTEUR CO2	2,6
--------------------	------------

4.3. Moulins Habitat 3 : Quartier Moulins Sud –Les Champins – Bâtiments H, I et K

Le cas du quartier des Champins est le premier à avoir été analysé et il est très détaillé à titre d'exemple.

Plan masse du quartier des Champins



Source Moulins Habitat

Le site des Champins, à Moulins, est composé de 13 bâtiments construits dans les années 1954-1968. Après les travaux de démolition, le nombre de logements (de type T1 à T5) sera de 227. La surface habitable représentera 14 892 m².

Les Champins



Source Moulins Habitat

Le bâtiment H, Les Champins



Source Moulins Habitat

Ce cas concerne 3 bâtiments totalisant 158 logements.

✚ Typologie du bâtiment

Type de bâtiment	Bâtiment H : Collectif R+3
Nombre de logements	6 cages d'escalier – 48 logements
Surface utile (m²)	L'ensemble des bâtiments H, I et K comprend 158 logements
Répartition des logements (T2...T5)	3 488 m² (surface chauffée) 4 T2, 20 T3, 20 T4, 5 T5
Zone climatique	H1
Date de construction	1968
Mode de chauffage	Eau chaude – Radiateurs fonte alimentés par le chauffage urbain
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui
Localisation (centre ville, périurbain...)	Périurbain
Description	L'immeuble H est situé en bordure Nord de l'ensemble immobilier des Champins, lequel comporte 13 bâtiments. Ce bâtiment est de forme allongée. Les façades principales sont orientées Est/Ouest. Bien que légèrement masqué, il est situé dans une zone de bruit de l'ancienne RN7 et de la voie SNCF Paris - Clermont Ferrand.

✚ Caractéristiques du bâtiment

Menuiseries / Vitrages / Occultations

En l'état actuel, les bâtiments présentent des menuiseries bois avec simple vitrage et des volets PVC.

Fenêtres

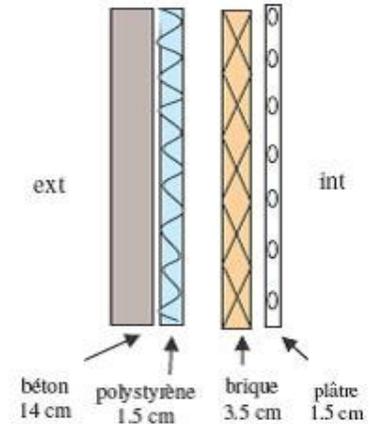
- Coefficient de transmission de la paroi vitrée U_w : 5,05 W / m² K
- Coefficient de transmission jour / nuit U_{jn} : 3,9 W / m² K

Murs

Les murs extérieurs de ces bâtiments sont formés de béton de 14 cm, puis 1,5 cm d'isolant polystyrène, un vide d'air de 4,5 cm puis 3,5 cm de brique plâtrière. Enfin 1,5 cm d'enduit plâtre donne l'aspect intérieur.

Calculs thermiques :

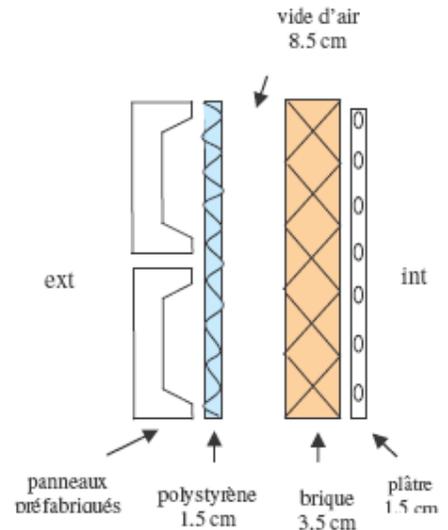
	Epaisseur en cm	λ en W/m K	R en m ² K/ W
béton	14	1,75	0,08
polystyrène	1,5	0,042	0,36
vide d'air	4,5		0,16
brique	3,5		0,10
plâtre	1,5	0,35	0,04
			0,17
R total en m ² K / W			0,91
Déperditions en W / m ² K			1,10



Panneaux préfabriqués

La plus grande partie des murs extérieurs est de type panneaux préfabriqués avec une structure en caisson (10 cm de béton), puis 1,5 cm d'isolant polystyrène, un vide d'air de 8,5 cm puis 3,5 cm de brique. Enfin 1,5 cm de plâtre donne l'aspect intérieur.

	Epaisseur en cm	λ en W/m K	R en m ² K/ W
béton	10	1,75	0,08
polystyrène	1,5	0,042	0,36
vide d'air	8,5		0,16
brique	3,5		0,10
plâtre	1,5	0,35	0,04
			0,17
R total en m ² K / W			0,89
Déperditions en W / m ² K			1,13



Toitures terrasses

Le bâtiment a une toiture terrasse qui serait isolée avec 2 cm de polystyrène.

	Epaisseur en cm	λ en W/m K	R en m ² K/ W
béton	15	1,75	0,09
polystyrène	2	0,042	0,48
			0,14
R total en m ² K / W			0,70
Déperditions en W / m ² K			1.42

Planchers bas sur cave et sur locaux non chauffés

	Epaisseur en cm	λ en W/m K	R en m ² K/ W
béton	15	1,75	0,09
héaklith	4	0,15	0,27
			0,34
R total en m ² K / W			0,69
Déperditions en W / m ² K			1.44

Système de ventilation

Le principe de la ventilation est une ventilation « direct » avec entrée d'air en partie basse des pièces humides et bouche d'extraction dans ces mêmes pièces sur conduits shunt.

L'extraction des logements s'effectue par tirage naturel. Il apparaît en fait que de nombreuses ventilations notamment celles situées dans les cuisines, ont été obturées par les locataires (papier peint, carton ...). Au cours d'une réhabilitation dans les pièces principales, des bouches d'entrées d'air autoréglable ont été installées dans les menuiseries.

Equipements de chauffage urbain

Circuit primaire

Un réseau souterrain de canalisations calorifugées en acier, protégées par un caniveau étanche en béton, assure la distribution du circuit primaire depuis la chaufferie centralisée jusqu'aux différentes sous stations primaires. Les canalisations, en sous station primaire, sont en acier noir avec un calorifuge en laine minérale, revêtu d'un entoilage au plâtre, l'épaisseur du calorifuge n'est pas connue.

Circuit secondaire

Depuis les sous stations, les canalisations de chauffage passent en sous sol des bâtiments et alimentent les différentes colonnes montantes. Ces canalisations sont plus ou moins bien calorifugées. Dans le cas du bâtiment H, où la sous station ne se trouve pas dans le bâtiment desservi par le réseau de chauffage, la liaison entre les deux bâtiments s'effectue par une canalisation enterrée en acier noir calorifugée, protégée par un caniveau étanche en béton.

Distribution

La distribution s'effectue par une colonne montante passant en gaine technique palière située dans les gaines « vide ordure », depuis le réseau de chauffage en sous sol du bâtiment. Les colonnes montantes ne sont pas calorifugées.

Le départ du plancher chauffant s'effectue en plancher bas du palier distribué. Chaque départ, un par appartement, est équipé d'une vanne d'équilibrage à mesure de pression Dn 20. Le retour du plancher chauffant s'effectue en plancher haut du palier inférieur à celui distribué.

Rendement de l'installation

Pour l'ensemble du système de distribution depuis le compteur jusqu'à l'appartement, le rendement global de l'installation est estimé à 69 % par les BET ACFI et AES.

Eau chaude sanitaire

Depuis les canalisations en sous sol, les colonnes montantes desservant les compteurs des logements Eau Froide, Eau Chaude et le réseau de bouclage passent en gaine technique située à l'intérieur des logements. Ces canalisations sont réalisées en acier galvanisé. A partir des compteurs divisionnaires situés dans les WC des logements, les réseaux eau froide et eau chaude s'effectuent en tube cuivre écroui posé en apparent.



Analyse du bâtiment avant travaux

Remarque sur Les Champins

Les données disponibles posent problème dans la mesure où Moulins Habitat a changé de gestionnaire en 2005. Les données sont uniquement disponibles à l'échelle du quartier des Champins, ce qui représente un total de 408 logements et une surface de 27 081 m².

La typologie des bâtiments situés sur les Champins fait apparaître trois types de bâtiments :

- les bâtiments A et B , soit 36 logements, construits en 1954 – 55,
- les bâtiments F et G, soit 48 logements, construits entre 1957 et 1960
- les bâtiments H, I1, I2, I3 et K construits entre 1966 et 1968, comprenant 158 logements.

Enfin, les bâtiments C, D, J (respectivement 40, 60 et 60 logements construits entre 1966 et 1968) ainsi que le bâtiment E (6 logements construits entre 1957 et 1960) vont être démolis.

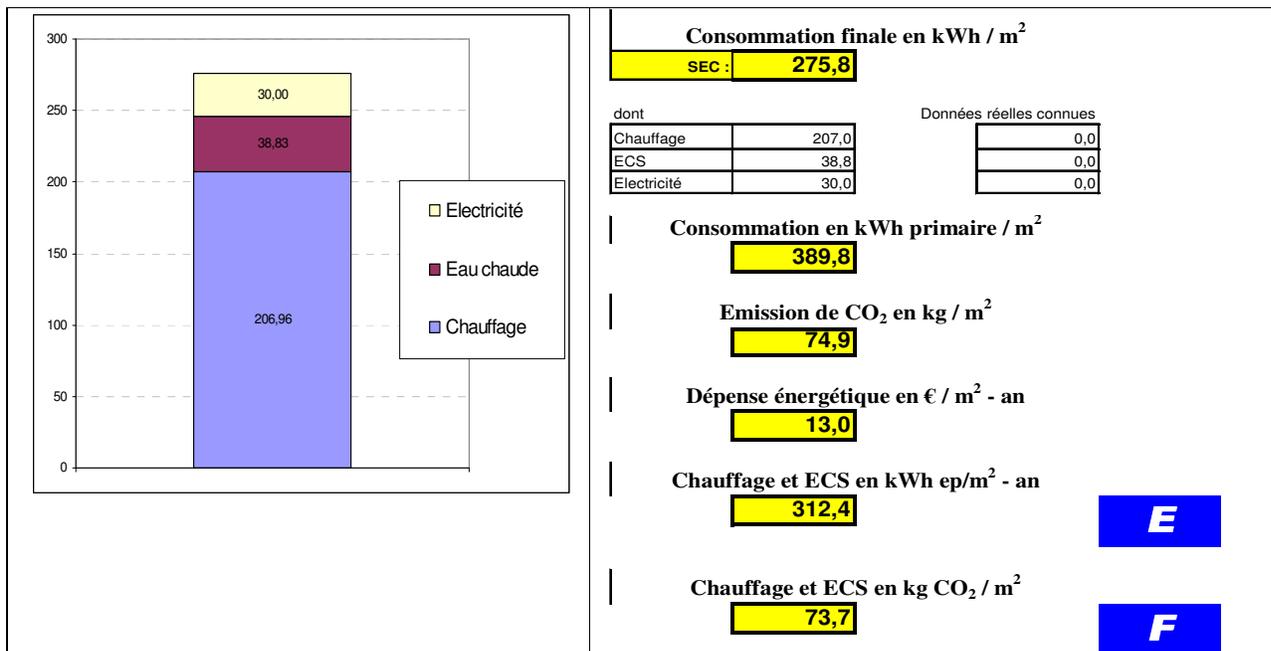
La consommation de chauffage pour la période hivernale 2005 – 2006 est en moyenne pour l'ensemble de Champins de 220 kWh / m².

Les trois familles de bâtiments ont des caractéristiques techniques assez différentes, ce qui ne permet pas d'utiliser ce ratio comme une base d'analyse satisfaisante.

La consommation d'ECS est facturée en m³ au niveau de chaque sous station (compteur volumétrique). Pour le bâtiment H, la consommation annuelle est de 26,3 m³ par logement et par an.

Le bâtiment type H

L'analyse des consommations des bâtiments Champins H, I et K en kWh/m² et notamment du bâtiment type H est représentée dans le tableau ci-après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre.



Ceci peut se synthétiser également sous forme de tableau comme ci-dessous ;

Bilan énergétique et économique du bâtiment H des Champins

Résultats en ratios unitaires

Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	260,0
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	332,9
Emission de CO ₂ en kg par m ²	59,0
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	11,11

Résultats par logement

Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	18 890
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	24 191
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4,3
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	807

Résultats pour le bâtiment

Consommation d'énergie annuelle en MWh	907
Consommation d'énergie primaire en MWh	1 161
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	206
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	38 737

L'analyse du programme de réhabilitation (scénario 2)

1. Exemple de scénario

L'objectif de ce scénario 1 est de répondre aux urgences techniques du bâtiment en matière de réhabilitation énergétique.

Les problèmes rencontrés se situent principalement au niveau des toitures terrasses et des menuiseries (investissements considérés comme incontournables et appelés BAU ou « business as usual »). D'autres investissements paraissent aussi devoir être réalisés dans ce scénario de base Sc 30.

- **Isolation des terrasses**

Reprise de l'isolation des toitures terrasse par un système de type Efigreen, avec une épaisseur de 11 cm, avec R = 2.85 m² K/W (BAU)

- **Isolation des planchers bas donnant sur les locaux non chauffés**

Mise en place de 7,6 à 8,5 cm de laine minérale projeté en sous phase du plancher bas avec R = 2.00 m² K/W.

- **Remplacement des menuiseries simple vitrage par des menuiseries PVC double vitrage 4/16/4, avec coffret de volet roulant intégré (BAU)**

- **Ventilation**

La ventilation naturelle est hors service dans la majorité des appartements (bouches de ventilation bouchées par du papier peint). Pour une mise aux normes de ces installations, ainsi que pour effectuer des économies d'énergie, une Ventilation Mécanique Contrôlée autoréglable peut être mise en place :

- **Calorifugeage des tuyauteries classe 2**

Réhabilitation énergétique des Champins bâtiment H – Scénario Sc 30

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	260,0	154,7	40%
dont chauffage	196	91	54%
eau chaude sanitaire	33	33	0%
électricité	30	30	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	332,9	216,0	35%
Emission de CO ₂ en kg par m ²	59,0	32,6	45%
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	11,1	7,99	28%

Résultats par logement			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	18 890	11 245	
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	24 191	15 696	
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4,3	2,4	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	807	581	

Résultats pour le(s) bâtiment(s)			
Consommation d'énergie annuelle en MWh	907	540	
Consommation d'énergie primaire en MWh	1 161	753	
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	206	114	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	38 737	27 874	

Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage			45
Eau chaude sanitaire			0
Electricité			0
Total			45
Autres investissements ayant un impact énergétique (BAU)			69

Investissement par logement en €			
Chauffage		3 270	
Eau chaude sanitaire		0	
Electricité		0	
Total		3270	
Autres investissements ayant un impact énergétique (BAU)			4 996

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €			
Chauffage		156 960	
Eau chaude sanitaire		0	
Electricité		0	
Total		156 960	
Autres investissements ayant un impact énergétique (BAU)			239 800

Bilan économique			
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	2,08	151	7 242
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie	-3,11	-226	-10 863
Impact hausse des prix de l'énergie	-1,96	-142	-6 823
Bilan net en € net actualisés par m²	-2,99	-218	-10 444
Autres investissements ayant un impact énergétique (BAU)			3,29
FACTEUR CO2	1,8		

2. Elaboration du scénario facteur 4 (F4)

La réhabilitation du bâtiment H peut faire l'objet d'investigations dans les domaines suivants :

- **Isolation par l'extérieur de l'ensemble des murs et façades**

Mise en place d'une isolation extérieure comprenant 10 cm de laine minérale et un bardage ventilé en tuiles ou en ardoises avec $R = 2.78 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.

- **Menuiseries performantes** avec $U_w = 1,6$

- **Pose de chauffe eau solaire en toiture**

Ceci n'est possible que si le ballon d'eau chaude est changée par un échangeur à plaque avec fourniture d'eau chaude par un ballon semi instantané.

- **Lampes basse consommation**

Notons que certaines actions d'économies d'énergie peuvent prétendre à des certificats d'économie d'énergie :

- isolation des terrasses avec $R = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
- calorifuge des tuyauteries classe 2
- changement des menuiseries avec $U_w < 2.5 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$
- isolation des plancher bas avec $R = 1.2 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.

Réhabilitation énergétique des Champins bâtiment H – Scénario F 4

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	260,0	94,4	64%
dont chauffage	196	47	76%
eau chaude sanitaire	33	21	37%
électricité	30	26	12%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	332,9	143,7	57%
Emission de CO ₂ en kg par m ²	59,0	18,2	69%
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	11,1	5,80	48%

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	18 890	6 862
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	24 191	10 444
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4	1 320
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	807	421

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	907	329
Consommation d'énergie primaire en MWh	1 161	501
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	206	63
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	38 737	20 226

Investissement unitaire en € / m²	
Chauffage	106
Eau chaude sanitaire	28,7
Electricité	1
Total	135,7
Autres investissements ayant un impact énergétique (BAU)	69

Investissement par logement en €	
Chauffage	7 703
Eau chaude sanitaire	2 086
Electricité	73
Total	9861
Autres investissements ayant un impact énergétique (BAU)	4 996

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €	
Chauffage	369 728
Eau chaude sanitaire	100 106
Electricité	3 488
Total	473 322
Autres investissements ayant un impact énergétique (BAU)	239 800

Bilan économique			
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	6,40	465	22 314
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie	-5,31	-386	-18 511
Impact hausse des prix de l'énergie	-3,01	-219	-10 502
Bilan net en € net actualisés par m ²	-1,92	-140	-6 699
Autres investissements ayant un impact énergétique (BAU)	3,29	239	11 484
FACTEUR CO2	3,3		

3. Le scénario 2

Ce scénario est le scénario présenté pour l'ensemble des études de cas de Moulins Habitat et les tableaux de résultats ont été uniformisés comme ci après.

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

Résultats par logement				
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	16 961	7 315		
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	23 975	11 714		
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4,6	1,7		
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 131	578		
Résultats pour le(s) bâtiment(s)				
Consommation d'énergie annuelle en MWh	2 680	1 156		
Consommation d'énergie primaire en MWh	3 788	1 851		
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	728	271		
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	178 649	91 308		
Investissement unitaire en € / m²				
Chauffage		79		
Eau chaude sanitaire		26		
Electricité		0		
Total		105	Temps de retour	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		66	12 19	
Investissement par logement en €				
Chauffage		4 859		
Eau chaude sanitaire		1 599		
Electricité		0		
Total		6458		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		4 059	10517	
Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €				
Chauffage		767 643		
Eau chaude sanitaire		252 642		
Electricité		0		
Total		1 020 285		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		641 322		
Bilan économique		BENEFIT		
		€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an		4,91	302	47 662
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		3,13	192	30 391
Maintenance annuelle			0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)		-5,52	-340	-53 645
Hypothèse hausse des prix de l'énergie		-3,47	-213	-33 696
Bilan net en € net actualisés par m²		-0,96	-59	-9 288
FACTEUR CO2		2,7		

4.4. Cas Moulins Habitat 4: Quartier Moulins Sud – Les Champins – Bâtiments A et B



Source Moulins Habitat

Ces deux bâtiments totalisent 36 logements.

🇫🇷 La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	Collectif R+4
Nombre de logements	18 (36 au total)
Surface utile (m²)	1 107 (2 214 au total)
Répartition des logements (T2...T5)	24 T3 et 12 T4
Zone climatique	H1
Date de construction	1954 - 1955
Mode de chauffage	Chauffage urbain
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui
Localisation (centre ville, périurbain...)	Périurbain
Description	Les bâtiments A et B sont les plus anciens du quartier. Il s'agit de deux bâtiments de 18 logements chacun avec 3 cages d'escaliers.

Caractéristiques du bâtiment

Il s'agit de bâtiments situés dans le même quartier, desservis par le même réseau de chaleur mais construits dans les années 1954 – 1955.

Les caractéristiques techniques de ces bâtiments sont différentes en ce qui concerne principalement l'isolation des façades et des pignons.

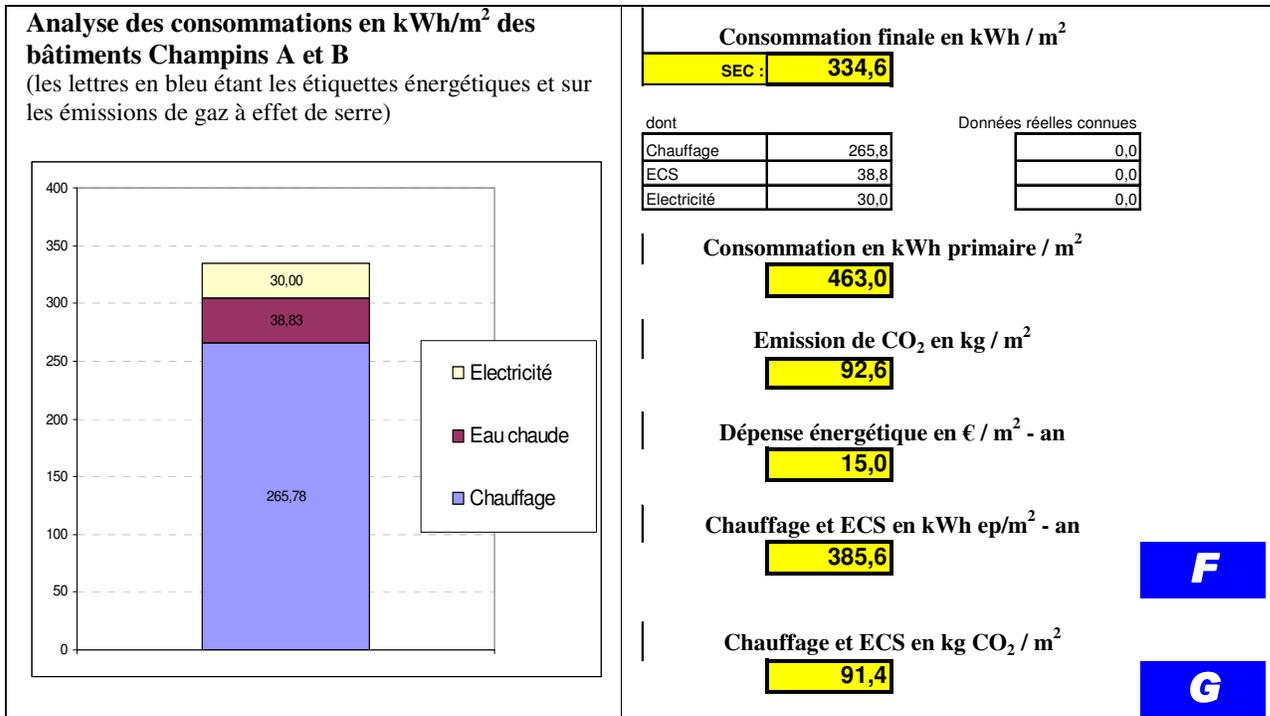
Isolation des façades : il n'y a aucune isolation thermique pour les murs et les pignons pour lesquels le coefficient de déperditions R est de 2,71.

Isolation des planchers sous comble : l'hypothèse retenue est une isolation qui aboutit à un coefficient R égal à 0,75

Isolation des planchers bas sur vide sanitaire : il n'y a pas d'isolation thermique de la dalle. Le coefficient R est de 1,75

A noter aussi que la distribution de la chaleur se fait par des radiateurs et que la ventilation est auto-réglable, réalisée plus récemment que la construction de l'immeuble.

L'analyse du bâtiment avant travaux



L'analyse du programme de réhabilitation (scénario 2)

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre après travaux.

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	334,6	123,7	63%
dont chauffage	266	68	74%
eau chaude sanitaire	38,8	25,4	35%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	463,0	196,0	58%
dont chauffage et ECS	385,6	118,6	
Résultats par logement			
Emission de CO ₂ en kg par m ²	92,6	29,3	68%
dont chauffage et ECS	91,4	28,1	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	21,8	9,67	56%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	15,0	7,60	49%

C
D

Résultats par logement			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	20 579	7 609	
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	28 474	12 057	
Emission de CO ₂ en tonnes par an	5,7	1,8	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 338	595	
Résultats pour le(s) bâtiment(s)			
Consommation d'énergie annuelle en MWh	741	274	
Consommation d'énergie primaire en MWh	1 025	434	
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	205	65	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	48 169	21 410	
Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage		97	
Eau chaude sanitaire		26	
Electricité		0	
Total		123	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		40	10 13
Investissement par logement en €			
Chauffage		5 966	
Eau chaude sanitaire		1 599	
Electricité		0	
Total		7565	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		2 460	10025
Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €			
Chauffage		214 758	
Eau chaude sanitaire		57 564	
Electricité		0	
Total		272 322	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		88 560	

Bilan économique	BENEFIT		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	5,98	368	13 249
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1,57	96	3 473
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-7,42	-457	-16 435
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-4,66	-287	-10 323
Bilan net en € net actualisés par m²	-4,53	-279	-10 036

FACTEUR CO2	3,2
--------------------	------------

4.5. Cas Moulins Habitat 5: Quartier Moulins Sud –Les Champins – Bâtiments F et G



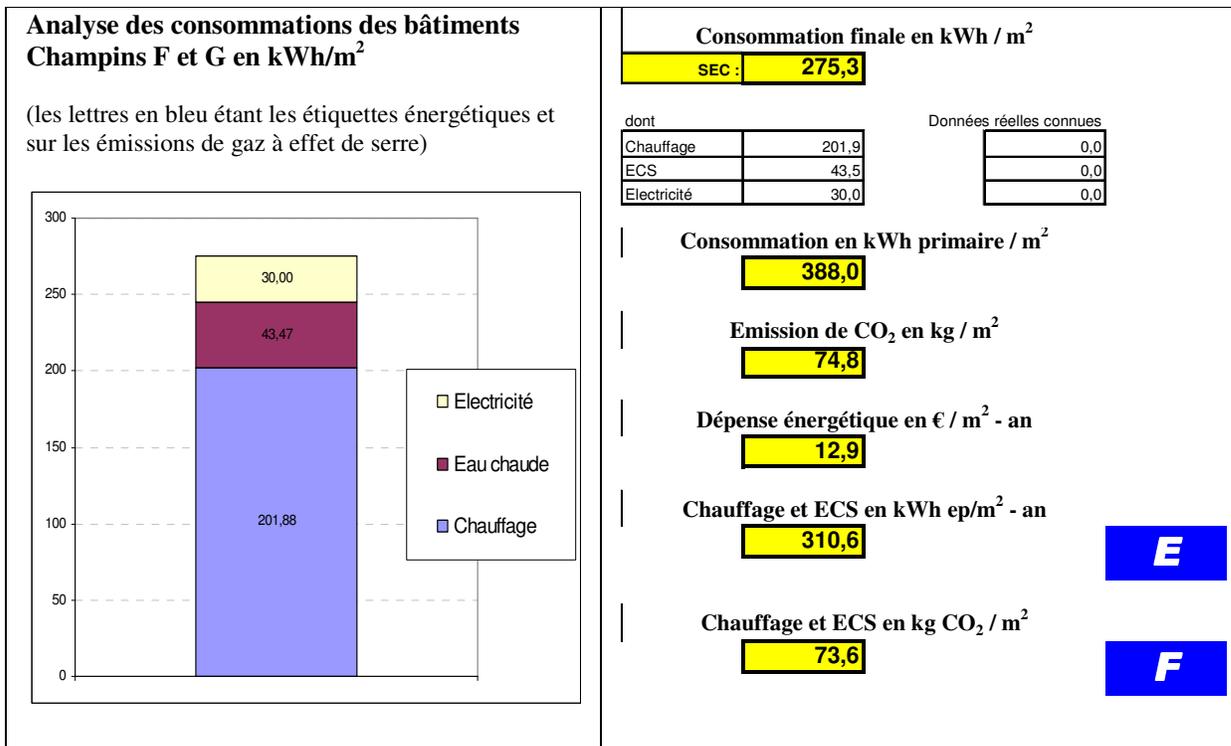
Source Moulins Habitat

Ces deux bâtiments totalisent 48 logements.

✚ La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	R+6
Nombre de logements	24 (total 48)
Surface utile (m²)	1 476 (2 952 au total)
Répartition des logements (T2...T5)	4 T2, 30 T3, 10 T4 et 4 T5
Zone climatique	H1
Date de construction	1956-70
Mode de chauffage	Chauffage urbain
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui
Localisation (centre ville, périurbain...)	Périurbain
Description	Le bâtiment F comprend 16 logements avec deux cages d'escalier ; le bâtiment G comprend 32 logements avec deux cages d'escalier

L'analyse du bâtiment avant travaux



L'analyse du programme de réhabilitation (scénario 2)

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	275,3	119,1	57%
dont chauffage	202	61	70%
eau chaude sanitaire	43,5	28,5	35%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	388,0	190,2	51%
dont chauffage et ECS	310,6	112,8	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	74,8	27,9	63%
dont chauffage et ECS	73,6	26,7	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	18,4	9,41	49%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	12,9	7,44	43%

C
D

Résultats par logement			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	16 934	7 326	
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	23 860	11 698	
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4,6	1,7	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 129	578	
Résultats pour le(s) bâtiment(s)			
Consommation d'énergie annuelle en MWh	813	352	
Consommation d'énergie primaire en MWh	1 145	561	
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	221	82	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	54 198	27 768	
Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage		97	
Eau chaude sanitaire		26	
Electricité		0	
Total		123	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	40		14 18
Investissement par logement en €			
Chauffage	5 966		
Eau chaude sanitaire	1 599		
Electricité	0		
Total	7565		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	2 460		10025
Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €			
Chauffage	286 344		
Eau chaude sanitaire	76 752		
Electricité	0		
Total	363 096		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	118 080		

Bilan économique	BENEFIT		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	5,98	368	17 666
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1,57	96	4 631
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-5,50	-338	-16 234
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-3,45	-212	-10 197
Bilan net en € net actualisés par m²	-1,40	-86	-4 134

FACTEUR CO2	2,7
--------------------	------------

4.6. Cas Moulins Habitat 6: Quartier Moulins Sud – Nomazy – Bâtiments K, G et J



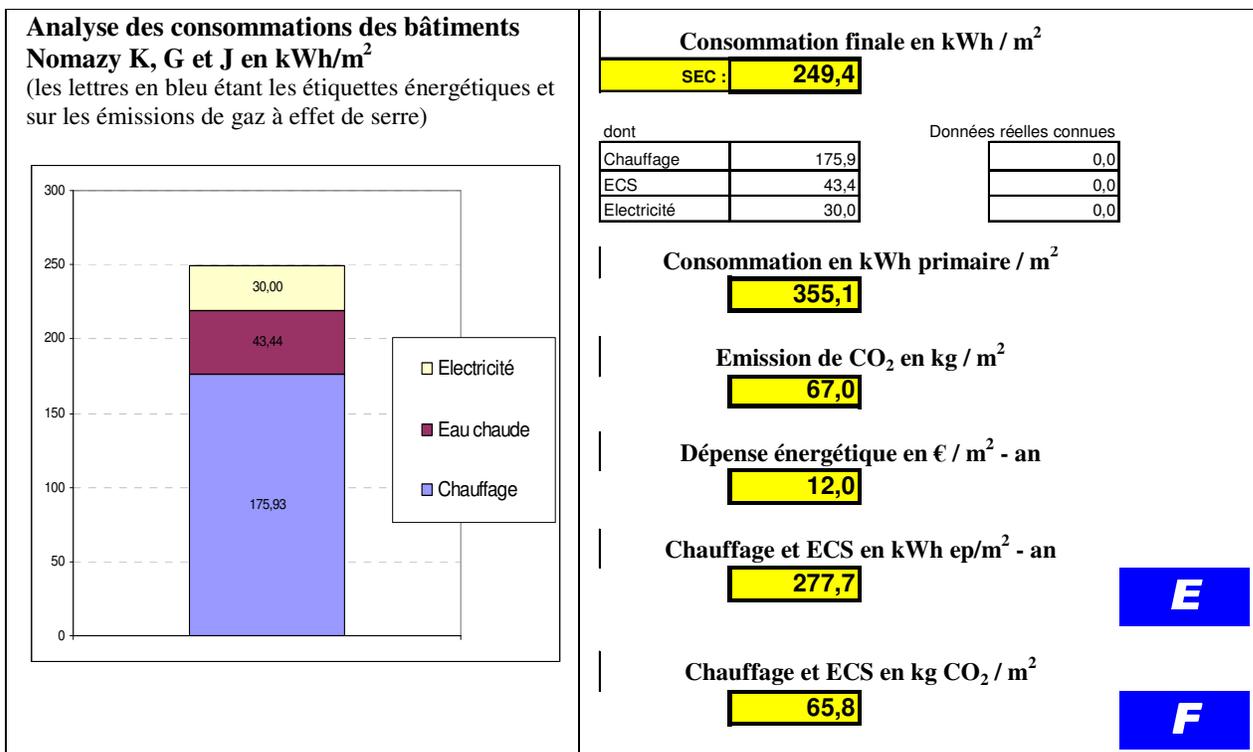
Source Moulins Habitat

Ces 3 bâtiments totalisent 170 logements.

✚ La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	R+4
Nombre de logements	Total de 170
Surface utile (m²)	Total de 10 719
Répartition des logements (T2...T5)	13 T1, 62 T2, 67 T3, 21 T4 et 7 T5
Zone climatique	H1
Date de construction	1976-83
Mode de chauffage	Chauffage urbain
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui
Localisation (centre ville, périurbain...)	Périurbain
Description	Le bâtiment K comprend 38 logements avec 4 cages d'escalier ; le bâtiment G comprend 77 logements avec 6 cages d'escalier ; le bâtiment J comprend 55 logements avec 6 cages d'escalier

L'analyse du bâtiment avant travaux



L'analyse du programme de réhabilitation (scénario 2)

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	249,4	113,2	55%
dont chauffage	176	56	68%
eau chaude sanitaire	43,4	27,6	37%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	355,1	182,8	49%
dont chauffage et ECS	277,7	105,4	
Résultats par logement			
Emission de CO ₂ en kg par m ²	67,0	26,2	61%
dont chauffage et ECS	65,8	25,0	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	16,9	9,07	46%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	12,0	7,23	40%

C
D

Résultats par logement			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	15 724	7 140	
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	22 389	11 524	
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4,2	1,7	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 064	572	
Résultats pour le(s) bâtiment(s)			
Consommation d'énergie annuelle en MWh	2 673	1 214	
Consommation d'énergie primaire en MWh	3 806	1 959	
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	718	281	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	180 843	97 220	
Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage		79	
Eau chaude sanitaire		29	
Electricité		0	
Total		108	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		66	14 22
Investissement par logement en €			
Chauffage	4 981		
Eau chaude sanitaire	1 829		
Electricité	0		
Total	6810		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	4 161		10971
Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €			
Chauffage	846 801		
Eau chaude sanitaire	310 851		
Electricité	0		
Total	1 157 652		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	707 454		

Bilan économique	LOSS		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	5,08	321	54 505
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	3,13	197	33 525
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-4,79	-302	-51 362
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-3,01	-190	-32 262
Bilan net en € net actualisés par m²	0,41	26	4 407

FACTEUR CO2	2,6
--------------------	------------

4.7. Cas Moulins Habitat 7: Quartier Moulins Sud – Nomazy – Bâtiments B, D et F



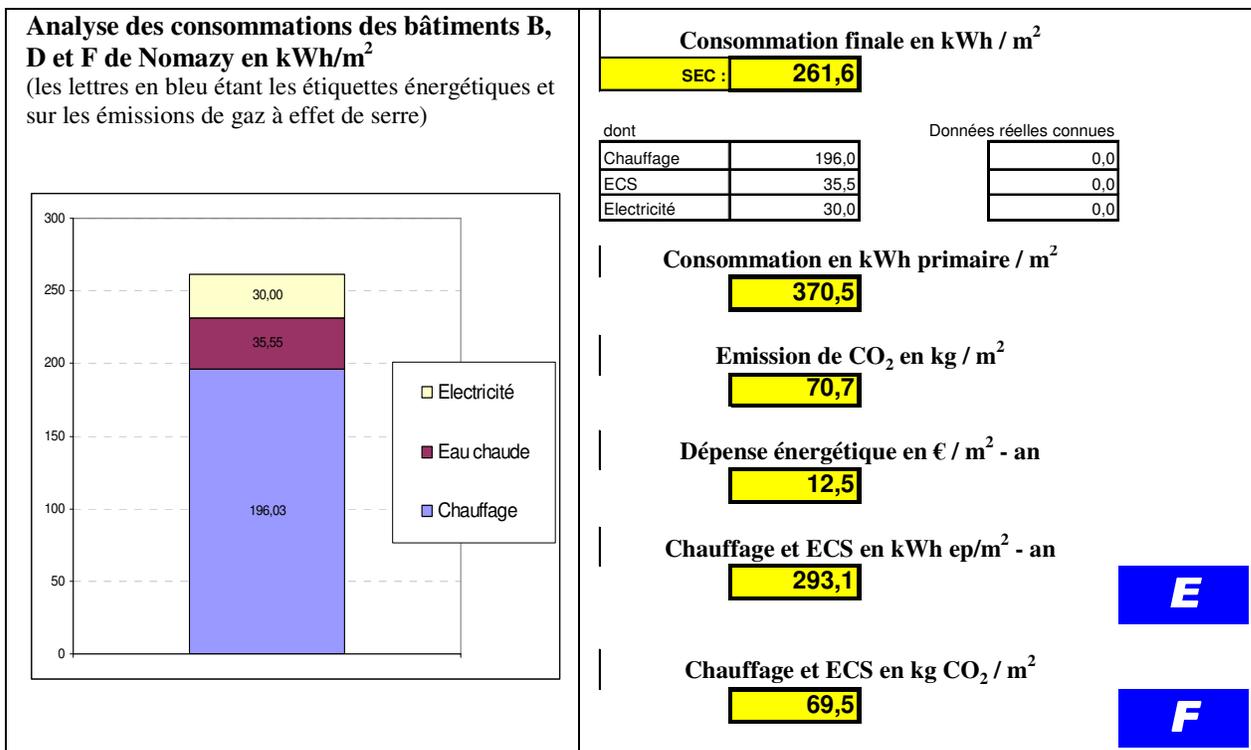
Source Moulins Habitat

Ces 3 bâtiments totalisent 222 logements

🚦 La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	Collectif R+6
Nombre de logements	Total de 222
Surface utile (m²)	Total de 16 536 m ²
Répartition des logements (T2...T5)	13 T2, 111 T3, 91 T4 et 7 T5
Zone climatique	H1
Date de construction	1976-83
Mode de chauffage	Chauffage urbain
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui
Localisation (centre ville, périurbain...)	Périurbain
Description	Le bâtiment B comprend 67 logements avec 4 cages d'escalier ; le bâtiment D comprend 77 logements avec 6 cages d'escalier ; le bâtiment F comprend 78 logements avec 5 cages d'escalier

L'analyse du bâtiment avant travaux



L'analyse du programme de réhabilitation (scénario 2)

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre après travaux.

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	261,6	113,6	57%
dont chauffage	196	62	68%
eau chaude sanitaire	35,5	21,7	39%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	370,5	183,2	51%
dont chauffage et ECS	293,1	105,8	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	70,7	26,3	63%
dont chauffage et ECS	69,5	25,1	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	17,6	9,09	48%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	12,5	7,24	42%

C
D

Résultats par logement			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	19 484	8 460	
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	27 600	13 646	
Emission de CO ₂ en tonnes par an	5,3	2,0	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 309	677	
Résultats pour le(s) bâtiment(s)			
Consommation d'énergie annuelle en MWh	4 325	1 878	
Consommation d'énergie primaire en MWh	6 127	3 029	
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	1 169	434	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	290 551	150 299	
Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage		79	
Eau chaude sanitaire		29	
Electricité		0	
Total		108	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		66	13 21
Investissement par logement en €			
Chauffage		5 884	
Eau chaude sanitaire		2 160	
Electricité		0	
Total		8045	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		4 916	12961
Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €			
Chauffage		1 306 344	
Eau chaude sanitaire		479 544	
Electricité		0	
Total		1 785 888	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		1 091 376	

Bilan économique	BENEFIT		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	5,08	379	84 084
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	3,13	233	51 718
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-5,21	-388	-86 144
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-3,27	-244	-54 109
Bilan net en € net actualisés par m²	-0,27	-20	-4 450

FACTEUR CO2	2,7
--------------------	------------

4.8. Cas Moulins Habitat 8: Quartier Moulins Sud – Nomazy – Bâtiments E, I et H



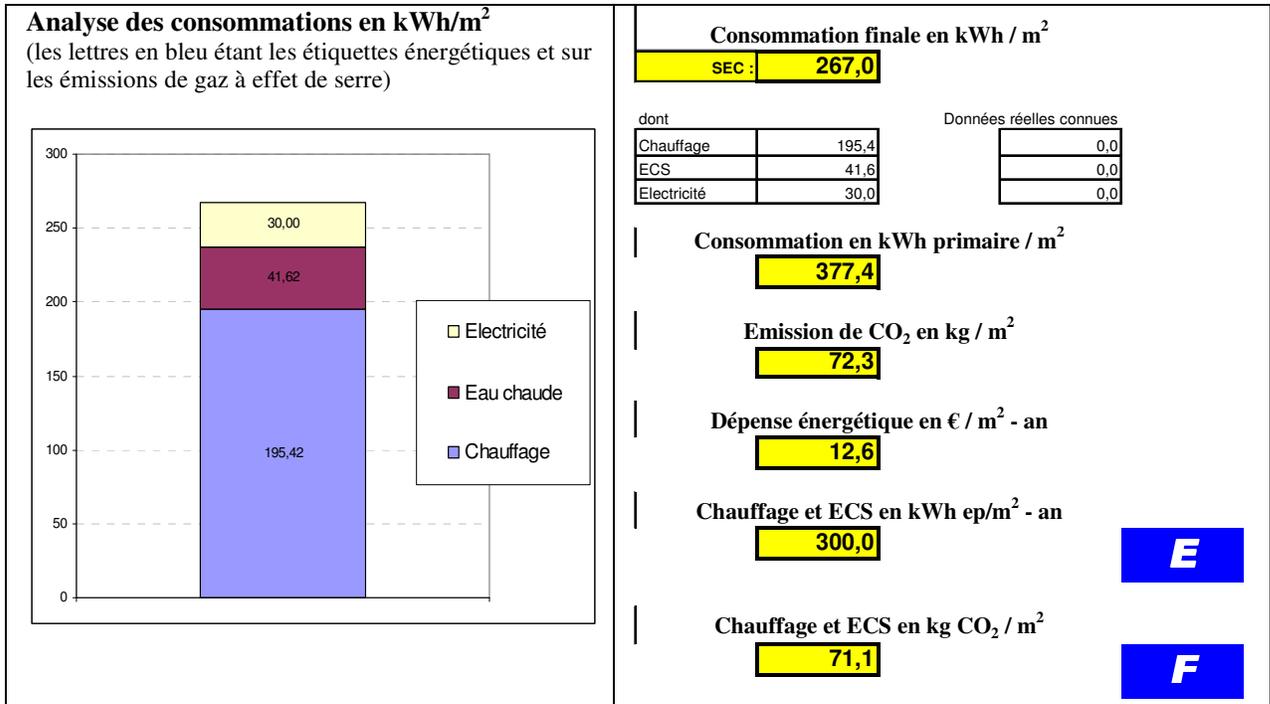
Source Moulins Habitat

Ces 3 bâtiments totalisent 182 logements

✚ La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	R+6
Nombre de logements	Total de 182
Surface utile (m²)	Total de 13 991 m ²
Répartition des logements (T2...T5)	6 T1, 22 T2, 72 T3, 73 T4, 9 T5
Zone climatique	H1
Date de construction	1976-83
Mode de chauffage	Chauffage urbain
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui
Localisation (centre ville, périurbain...)	Périurbain
Description	Après démolition partielle, le bâtiment E comprend 87 logements avec 9 cages d'escalier ; le bâtiment I comprend 41 logements avec 5 cages d'escalier ; le bâtiment H comprend 54 logements avec 6 cages d'escalier

L'analyse du bâtiment avant travaux



L'analyse du programme de réhabilitation (scénario 2)

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	267,0	119,9	55%
dont chauffage	195	63	68%
eau chaude sanitaire	41,6	26,4	37%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	377,4	191,2	49%
dont chauffage et ECS	300,0	113,8	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	72,3	28,2	61%
dont chauffage et ECS	71,1	27,0	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	17,9	9,45	47%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	12,6	7,46	41%

C
D

Résultats par logement			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	20 528	9 216	
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	29 016	14 697	
Emission de CO ₂ en tonnes par an	5,6	2,2	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 375	726	
Résultats pour le(s) bâtiment(s)			
Consommation d'énergie annuelle en MWh	3 736	1 677	
Consommation d'énergie primaire en MWh	5 281	2 675	
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	1 012	394	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	250 211	132 219	
Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage		79	
Eau chaude sanitaire		29	
Electricité		0	
Total		108	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		66	13 21
Investissement par logement en €			
Chauffage	6 073		
Eau chaude sanitaire	2 229		
Electricité	0		
Total	8302		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	5 074		13376
Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €			
Chauffage	1 105 289		
Eau chaude sanitaire	405 739		
Electricité	0		
Total	1 511 028		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	923 406		

Bilan économique	BENEFIT		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	5,08	391	71 143
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	3,13	240	43 758
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-5,18	-398	-72 471
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-3,25	-250	-45 521
Bilan net en € net actualisés par m²	-0,22	-17	-3 091

FACTEUR CO2	2,6
--------------------	------------

4.9. Cas Moulins Habitat 9: Quartier Moulins Sud – Champmilan – type A



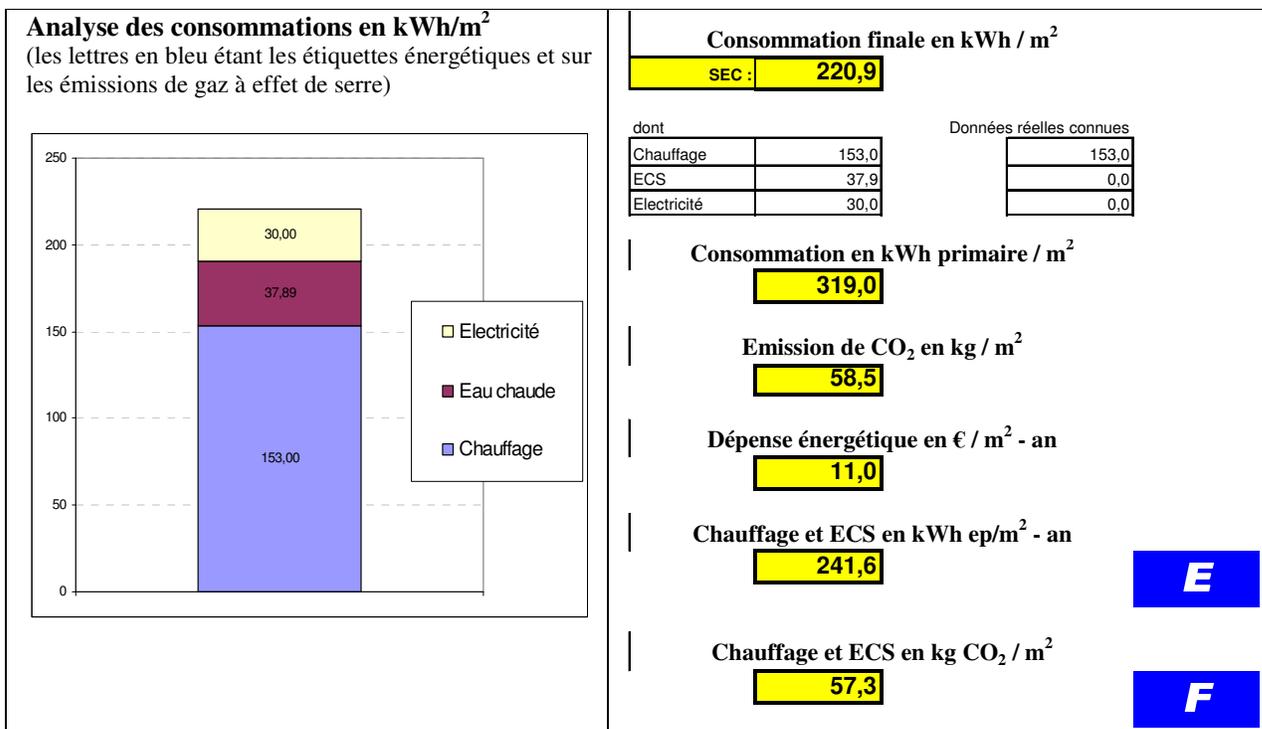
Source Moulins Habitat

6 bâtiments totalisent 286 logements

La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	R+3
Nombre de logements	Total de 286
Surface utile (m²)	Total de 19 246m ²
Répartition des logements (T2...T5)	20 T1, 53 T2, 116 T3, 66 T4 et 31 T5
Zone climatique	H1
Date de construction	1967-75
Mode de chauffage	Chauffage urbain
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui
Localisation (centre ville, périurbain...)	Périurbain
Description	<p>Le site de Champmilan, dans le quartier des Champins, à Moulins est composé de 22 bâtiments construits dans les années 1967-1975. Après les travaux de démolition, le nombre de logements (de type T1 à T5) sera de 555. La surface habitable représentera 37 347 m².</p> <p>Les bâtiments de ce type ont été construits dans la première phase du programme, entre 1967 et 1970</p>

L'analyse du bâtiment avant travaux



L'analyse du programme de réhabilitation (scénario 2)

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	220,9	104,3	53%
dont chauffage	153	49	68%
eau chaude sanitaire	37,9	24,8	35%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	319,0	171,4	46%
dont chauffage et ECS	241,6	94,0	
Résultats par logement			
Emission de CO ₂ en kg par m ²	58,5	23,5	60%
dont chauffage et ECS	57,3	22,3	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	15,2	8,56	44%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	11,0	6,91	37%

C
D

Résultats par logement			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	14 865	7 017	
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	21 469	11 535	
Emission de CO ₂ en tonnes par an	3,9	1,6	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 025	576	
Résultats pour le(s) bâtiment(s)			
Consommation d'énergie annuelle en MWh	4 251	2 007	
Consommation d'énergie primaire en MWh	6 140	3 299	
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	1 125	452	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	293 292	164 662	
Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage		75	
Eau chaude sanitaire		26	
Electricité		0	
Total		101	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		66	15 25
Investissement par logement en €			
Chauffage	5 047		
Eau chaude sanitaire	1 750		
Electricité	0		
Total	6797		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	4 441		11238
Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €			
Chauffage	1 443 450		
Eau chaude sanitaire	500 396		
Electricité	0		
Total	1 943 846		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1 270 236		

Bilan économique	LOSS		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	4,67	314	89 787
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	3,13	210	60 194
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-4,10	-276	-79 005
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-2,58	-174	-49 625
Bilan net en € net actualisés par m²	1,11	75	21 351

FACTEUR CO2	2,5
--------------------	------------

4.10. Cas Moulins Habitat 10: Quartier Moulins Sud – Champmilan type R



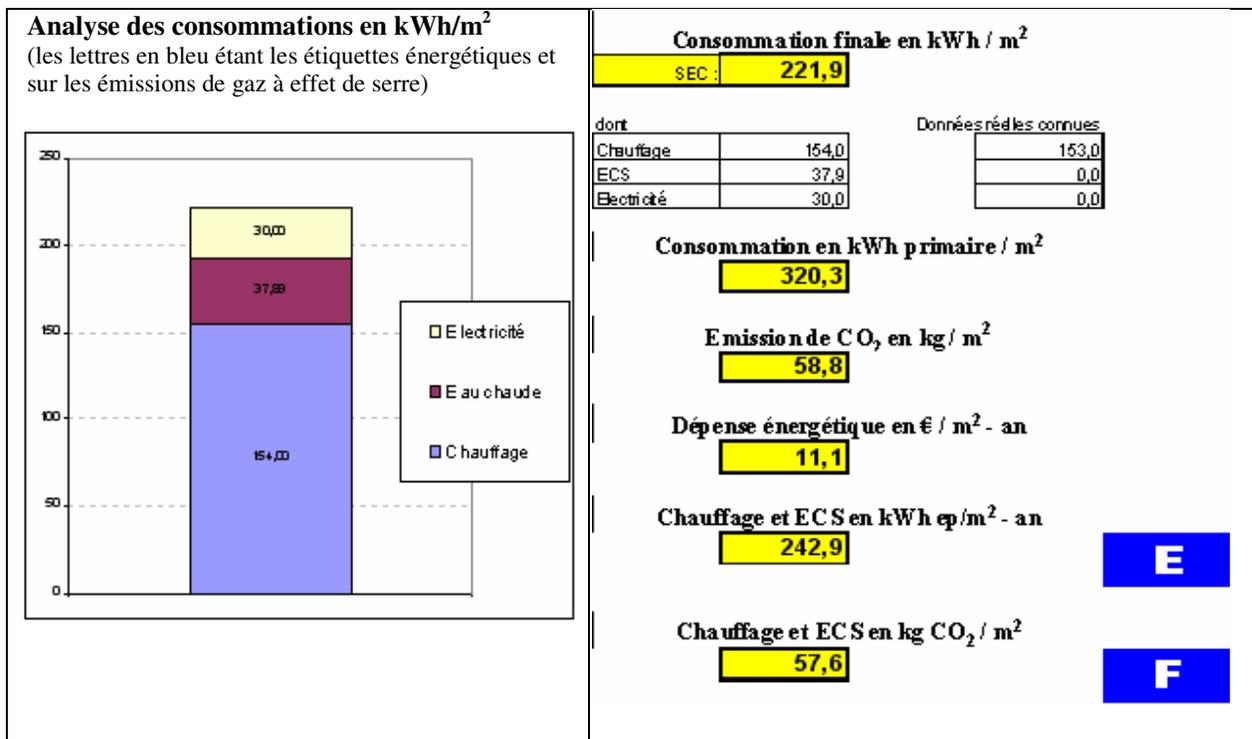
Source : Moulins Habitat

16 bâtiments totalisent 269 logements

La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	R+3
Nombre de logements	Total de 269 logements
Surface utile (m²)	Total de 18 101m ²
Répartition des logements (T2...T5)	50 T2, 98 T3, 117 T4, 4 T5
Zone climatique	H1
Date de construction	1967-75
Mode de chauffage	Chauffage urbain
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui
Localisation (centre ville, périurbain...)	Périurbain
Description	Le site de Champmilan, dans le quartier des Champins, à Moulins est composé de 22 bâtiments construits dans les années 1967-1975. Après les travaux de démolition, le nombre de logements (de type T1 à T5) sera de 555. La surface habitable représentera 37 347 m ² . Les bâtiments de ce type ont été construits dans la deuxième phase du programme, entre 1971 et 1975

L'analyse du bâtiment avant travaux



L'analyse du programme de réhabilitation (scénario 2)

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	221,9	101,6	54%
dont chauffage	154	48	69%
eau chaude sanitaire	37,9	23,3	39%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	320,3	168,0	48%
dont chauffage et ECS	242,9	90,6	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	58,8	22,7	61%
dont chauffage et ECS	57,6	21,6	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	15,3	8,40	45%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	11,1	6,82	38%

B
D

Résultats par logement			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	14931	6833	
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	21563	11303	
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4,0	1,5	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1029	566	
Résultats pour le(s) bâtiment(s)			
Consommation d'énergie annuelle en MWh	4017	1838	
Consommation d'énergie primaire en MWh	5798	3040	
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	1064	410	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	276881	152041	
Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage		79	
Eau chaude sanitaire		29,5	
Electricité		0	
Total		108,5	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		66	16 25
Investissement par logement en €			
Chauffage		5316	
Eau chaude sanitaire		1985	
Electricité		0	
Total		7301	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		4441	11742
Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €			
Chauffage		1429979	
Eau chaude sanitaire		533980	
Electricité		0	
Total		1963959	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		1194666	

Bilan économique	LOSS		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	5,11	344	92585
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	3,13	210	56613
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-4,24	-285	-76678
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-2,66	-179	-48163
Bilan net en € net actualisés par m²	1,35	91	24357
FACTEUR CO2	2,6		

4.11. Cas Moulins Habitat 11: Ville d'Yzeure - Quartier Le Plessis – Bâtiment. M

Le quartier du Plessis à Yzeure est composé de 19 bâtiments construits dans les années 1971-1974. Après les travaux de démolition, le nombre de logements (de type T1 à T6) sera de 362. La surface habitable représentera 23 270 m².



Source Moulins Habitat

16 bâtiments sont du même type que ce bâtiment et ce cas concerne **362 logements**.

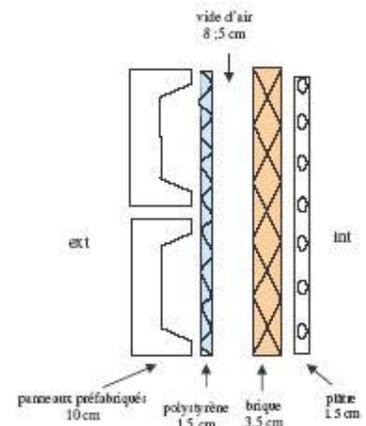
✚ La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	Collectif R+4
Nombre de logements	18 logements – 1 cage d'escalier
Surface utile (m²)	1 147 m ² (surface chauffée)
Répartition des logements	2 T2, 12 T3 et 4 T4
Zone climatique	H1
Date de construction	1974
Mode de chauffage	Chauffage Central Collectif Gaz : Eau chaude par le sol (basse température) alimentée par une chaufferie collective propre à l'ensemble immobilier du Plessis
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui
Localisation (centre-ville, périurbain...)	Périurbain
Description	L'immeuble est situé en bordure Est de l'ensemble immobilier du Plessis, lequel comporte 18 bâtiments. Ce bâtiment est de forme sensiblement carrée. Les façades principales sont orientées Nord/Sud.

✚ Les caractéristiques du bâtiment

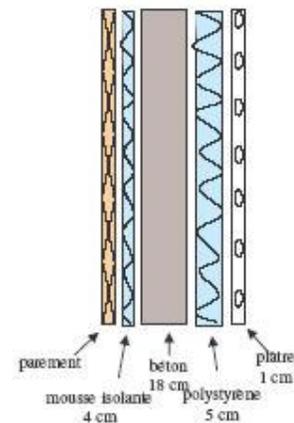
La plus grande partie des murs extérieurs est de type panneaux préfabriqués avec une structure en caisson (10 cm de béton), puis 1,5 cm d'isolant polystyrène, un vide d'air de 8,5 m. 3,5 cm de brique puis 1,5 cm de plâtre donnent l'aspect intérieur.

	Epaisseur en cm	λ en W/m K	R en m ² K/ W
béton	10	1,75	0,06
polystyrène	1,5	0,042	0,36
vide d'air	8,5		0,16
brique	3,5		0,10
plâtre	1,5	0,35	0,04
Résistance superficielle des parois			0,17
R total en m ² K / W			0,89
Déperditions en W / m ² K			1,13



Un autre type de structure où l'isolation se fait par l'extérieur est composé de petites briques, suivi d'une mousse isolante de 4 cm. Ensuite apparaît le mur en béton de 18 cm. Coté intérieur, la paroi béton est revêtue par 5 cm de polystyrène et 1 cm de plâtre. Ce type de paroi se rencontre en RDC.

	Epaisseur en cm	λ en W/m K	R en m ² K/ W
béton	18	1,75	0,10
polystyrène	4	0,042	0,95
Mousse isolante	5	0,042	1,19
plâtre	1	0,35	0,03
Résistance superficielle des parois			0,17
R total en m ² K / W			2,44
Déperditions en W / m ² K			0,41



Toitures terrasses

Le bâtiment a une toiture terrasse qui serait isolée avec 2 cm de polystyrène. Ces toitures apparaissent en très mauvais état et posent des problèmes d'étanchéité.

	Epaisseur en cm	λ en W/m K	R en m ² K/ W
béton	15	1,75	0,09
polystyrène	2	0,042	0,48
			0,14
R total en m ² K / W			0,70
Déperditions en W / m ² K			1,40

Planchers bas sur locaux non chauffés

Le plancher bas est composé de 15 cm de béton et de 3,5 cm de fybrastyrène.

	Epaisseur en cm	λ en W/m K	R en m ² K/ W
béton	15	1,75	0,09
fybrastyrène	3,5	0,15	0,23
			0,34
R total en m ² K / W			0,66
Déperditions en W / m ² K			1,52

Système de ventilation

Une VMC est présente dans les logements. Les bouches d'extraction sont montées directement sur les conduits maçonnés.

Il y a des problèmes d'étanchéité au niveau des boîtes de dérivation de la VMC placées en toiture terrasse, ce qui provoque souvent des disjonctions. Les rejets des extracteurs ne sont pas gainés.

Chaufferie

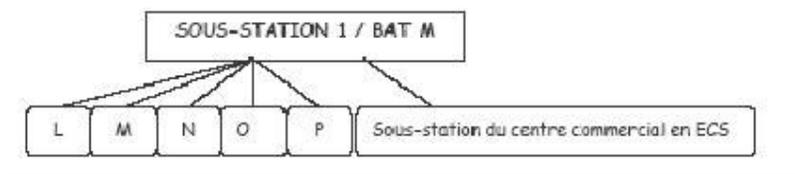
La production de chaleur est assurée par une chaufferie centralisée, au gaz naturel, à partir de 3 chaudières qui desservent l'ensemble des logements ainsi qu'un centre commercial. La puissance totale installée est d'environ 6 MW.

En fonctionnement normal en hiver, les deux grosses chaudières sont utilisées pour le chauffage et la production d'ECS. En été, c'est la plus petite chaudière qui assure la production d'ECS.

Cette chaufferie a été rénovée en 1996 et la plupart des équipements a été remplacée à cette époque. Ainsi, la chaufferie présente un bon état général. Les chaudières 2 et 3 présentent d'excellents rendements (dernières mesures respectivement 94,5% et 93,2%). La chaudière 1 étant équipée d'un brûleur plus ancien, son rendement est moins bon (88,4%) ; cette chaudière ne démarre toutefois qu'en appoint de la chaudière 2.

La chaufferie dessert cinq sous-stations qui comprennent un circuit secondaire régulé plancher chauffant, une production d'ECS instantanée par échangeur à plaques, des ballons de stockage d'ECS solaire. Les installations solaires ne sont plus en fonctionnement depuis de nombreuses années. Le reste des installations est en état tout à fait correct.

La sous station 1 alimente en ECS et chauffage (plancher chauffant) le bâtiment M ainsi que les bâtiments L, N, O et P. Elle alimente aussi en ECS la sous station du centre commercial.



Distribution

Le réseau primaire est réalisé en tube acier noir calorifugé par coquilles de laine de roche de 30 mm, posé en caniveaux. Ce réseau est d'origine. Il n'a pas été constaté de fuites récentes. Les réseaux secondaires à partir des sous stations cheminent en plafond des sous sols ou en vide sanitaires, et en caniveaux pour les liaisons entre bâtiments. Plusieurs fuites en caniveaux ont obligé à remplacer des tronçons ces dernières années. Les calorifuges sont également en coquilles de laine de roche 30 mm, finition plastique. Les colonnes dans les bâtiments, en acier noir, ne sont pas calorifugées.

Emetteurs

Le chauffage dans les bâtiments est un chauffage eau chaude par le sol, basse température.

Pour l'ensemble du système de chauffage, le rendement global de l'installation est estimé à 75 % :

Rendement constructeur	93,3 %
Pertes à l'arrêt	0,2 %
Rendement chaudière	93,1 %
Rendement global annuel	92,9 %
Rendement de distribution	90 %
Rendement d'émission	95 %
Rendement de régulation	95 %
Rendement total	75,5 %

Source : ACFI et AES

Eau chaude sanitaire

L'eau chaude sanitaire est produite dans chaque sous-station, avec une production d'ECS instantanée par échangeur à plaques. Les échangeurs sont récents.

La température de production est comprise entre 55 et 60 °C.

Les installations solaires ne sont plus en fonctionnement depuis de nombreuses années.

En sous-sol, les canalisations sont calorifugées par des coquilles en laine de verre, finition toile.

Chaque logement possède son compteur ECS.

Pour l'année 2005, la consommation moyenne d'eau chaude sanitaire a été, pour la sous station 1, de 275 m³ par mois, selon les relevés de Moulins Habitat. Cependant, il n'a pas été possible de distinguer la consommation spécifique du bâtiment M des autres bâtiments et surtout du centre commercial.

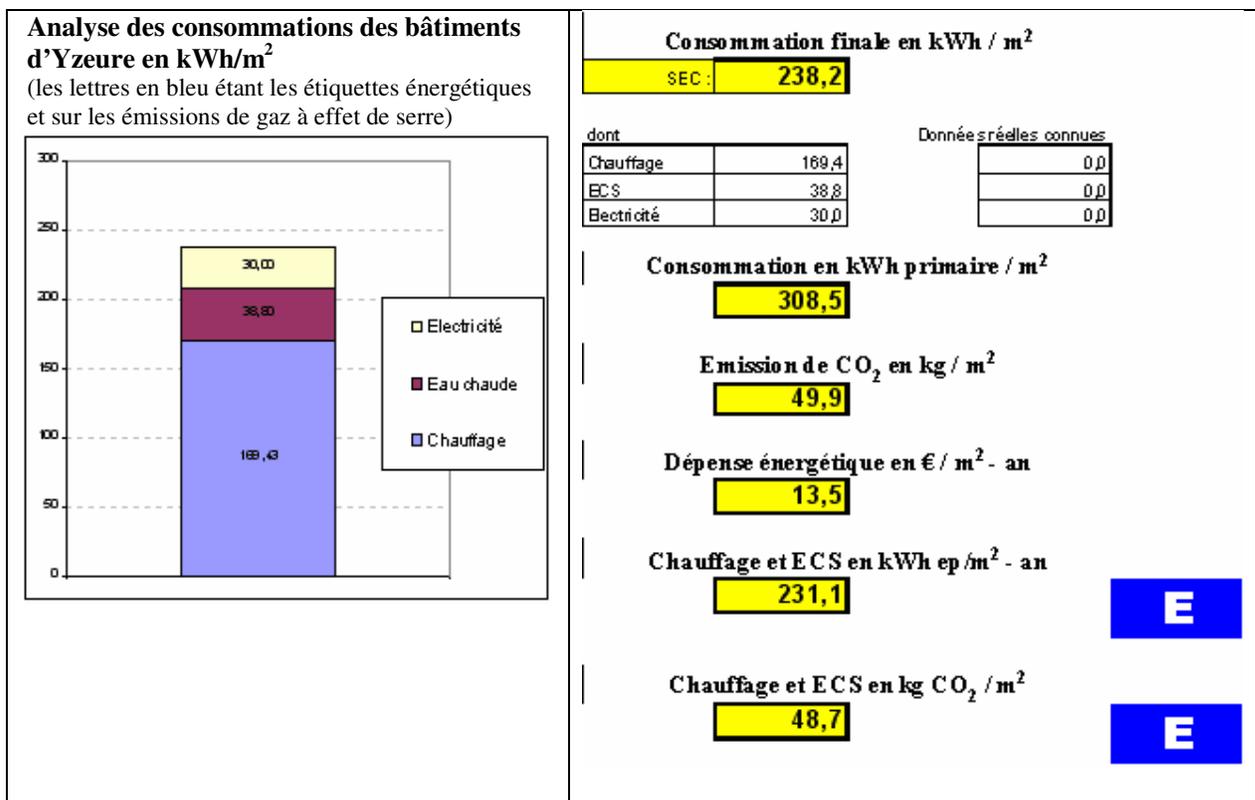
On a retenu les valeurs de la sous station 3 qui dessert 54 logements comparables au bâtiment M, soit 28,9 m³ par an et par logement

Pour l'eau chaude sanitaire, l'été, seule une chaudière assure la production. Le rendement de l'installation est estimé à 74 %

Rendement constructeur	93,2 %
Pertes à l'arrêt	0,3 %
Rendement chaudière	92,9 %
Rendement global annuel	91 %
Rendement de distribution	90 %
Rendement d'émission	95 %
Rendement de régulation	95 %
Rendement total	74,0 %

Source : ACFI et AES

L'analyse de la consommation d'énergie du bâtiment avant travaux



L'analyse du programme de réhabilitation (scénario 2)

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre après travaux.

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	238,2	109,4	54%
dont chauffage	169	55	68%
eau chaude sanitaire	38,8	24,4	37%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	308,5	165,6	46%
dont chauffage et ECS	231,1	88,2	
Résultats par logement			
Emission de CO ₂ en kg par m ²	49,9	19,8	60%
dont chauffage et ECS	48,7	18,6	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	19,2	9,99	48%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	13,5	7,79	42%

B
C

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	15 314	7 035
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	19 833	10 643
Emission de CO ₂ en tonnes par an	3,2	1,3
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 235	642
Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	5 544	2 547
Consommation d'énergie primaire en MWh	7 180	3 853
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	1 162	460
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	447 157	232 453

Investissement unitaire en € / m²		
Chauffage	79	
Eau chaude sanitaire	26	
Electricité	0	
Total	105	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	66	11 19

Investissement par logement en €		
Chauffage	5 078	
Eau chaude sanitaire	1 671	
Electricité	0	
Total	6 750	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	4 243	10992

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €	
Chauffage	1 838 330
Eau chaude sanitaire	605 020
Electricité	0
Total	2 443 350
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1 535 820

Bilan économique	BENEFIT		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	4,91	315	114 140
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	3,13	201	72 780
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-5,67	-364	-131 872
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-3,56	-229	-82 832
Bilan net en € net actualisés par m²	-1,19	-77	-27 784

FACTEUR CO2	2,5
--------------------	------------

PARTIE 3 Les différents bâtiments et opérations de réhabilitation des partenaires associés sur lesquelles le modèle SEC a été utilisé

Récapitulatif des études de cas des partenaires associés

Bailleurs	OPI HLM Arcueil Gentilly	Groupe CMH	OPAC 38	Maison Girondine	Maison du CIL UNILOG I	SAGECO	EFIDIS	OSICA	Total
Nombre d'études de cas	2	3	2	3	3	3	3	2	21
Nombre d'immeubles de l'étude de cas	2	3	2	2	7	12	68	11	107
Nombre de logements	140	102	65	374	246	917	1 273	360	3 477
m ² de surface habitable	7 033	13 241	3 923	23 041	16 417	55 704	95 550	21 809	236 718
Nombre de logements représentatifs en plus des logements étudiés	1 600	100 ?	100 ?	306	2 342	1 142	?	?	plus de 7 400
Date de construction (nombre de cas)									
avant 1956	1	1	2			1			5
1956 - 1969	1	1			1	1	1	2	7
1970-1974		1		2	2		2		7
1975 - 1989				1		1			2
1990 - 1999									0
depuis 2000									0
Zone climatique (nombre de cas)									
H1	2	3	2		3	3	3	2	18
H2				3					3
H3									0
Nature de l'immeuble (nombre de cas)									
Maison individuelle				1					1
Immeuble de moins de 50 logements		2 12+24	2 25+40		2 19+57	2 259	3 207+86 0+206	1	12
Immeuble de 50 à 199 logements	2 60+80	1 66		1 110	1 170			1	6
Immeuble de 200 logements et plus				1 212		1 658			2
Energie de chauffage (nombre de cas)									
Individuel gaz		1							1
Collectif gaz	2	1		2	2	1	1	1	10
Fioul					1				1
Chauffage urbain		1		1		1	1	1	5
Chauffage électrique						1	1		2
Autres / divisé			2						2
Nombre de niveaux (nombre de cas)									
Collectif	R+7 et R+4	R+2, R+3 et R+9	R+4	R+3 à R+7 ; R+3	R+4	R+5, R+6 et R+9	R+4 ; R+4 ; R+5	R+8 ; R+5	
Individuel (nombre de logements)				112					

1. L'OPIHLM d'Arcueil – Gentilly: utilisation du modèle SEC pour évaluer (ex post et ex ante) des opérations de réhabilitation (échelle du bâtiment)

L'étude des deux bâtiments de l'OPIHLM a porté non seulement sur l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre mais également sur l'analyse de l'ensemble de l'opération de réhabilitation avec la méthode RECOBAT (pour une REhabilitation Cohérente des BATiments) élaborée par La Calade pour l'ANRU (Agence Nationale pour le Renouvellement Urbain).

La méthode RECOBAT porte sur la qualité d'usage des bâtiments pour les différents acteurs concernés : bailleur et locataires ainsi que sur les impacts de la réhabilitation, y compris pour la collectivité. La méthode RECOBAT utilise le modèle SEC pour l'analyse énergétique (performance énergétique et maîtrise des consommations).

Certains résultats présentés ci après sont les résultats de l'utilisation de la méthode RECOBAT.

1.1. Description du bailleur

L'Office Public Intercommunal d'HLM d'Arcueil – Gentilly gère un parc de plus de 5 200 logements.

Créé en 1949 (Office Intercommunal d'Habitations à Bon Marché ou OPIHBM), devenu OPIHLM (Habitations à Loyers Modérés) en 1950, son parc est constitué de neuf cités (quartiers) dont une grande partie des bâtiments a été construite avant 1960.

1.2. Objectif poursuivi

L'OPIHLM est concerné par un dossier ANRU et l'ANRU a souhaité une analyse complémentaire des projets de réhabilitation. Les bâtiments concernés par le dossier ANRU étant tous de même type, deux bâtiments ont été sélectionnés pour cette analyse complémentaire, un bâtiment sur lequel l'opération de réhabilitation a eu lieu en 2004 (le bâtiment I du quartier de La Frileuse à Gentilly) et un autre bâtiment pour lequel l'opération de réhabilitation va avoir lieu en 2007 (le bâtiment B du quartier de La Vache Noire à Arcueil).

Crdd La Calade a été retenu à l'issue de l'appel d'offres de l'ANRU et a proposé à l'OPIHLM d'utiliser le modèle SEC sur ces deux bâtiments, avec une évaluation ex post et une évaluation ex ante avec le modèle SEC, à l'échelle d'un bâtiment.

1.3. Cas 1 de l'OPIHLM d'Arcueil-Gentilly La Frileuse bâtiment I à Gentilly (94)

La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	La Frileuse, bâtiment I
Type de bâtiment	Collectif en barre R+7
Nombre de logements	60
Surface utile (SHAB)	2 622 m ² avant travaux, 2873 m ² après
Répartition des logements	30 T2 et 30 T3
Zone climatique	H1
Date de construction	1955-56
Mode de chauffage	Chaufferie gaz
Localisation en ZUS	Oui
Localisation	Gentilly
Description	Cité HLM de la première couronne de Paris

Ce bâtiment est représentatif de 6 barres (dont les hauteurs varient entre R+3 et R+10) construites en 1956 (bâtiment I de 60 logements), 1958 (bâtiment H de 56 logements), 1957 (bâtiment G de 24 logements), 1960 (bâtiment F de 80 logements), 1965 (bâtiment D de 54 logements) et 1966 (bâtiment E de 32 logements) **totalisant 306 logements** dans ce quartier.

4 tours identiques, jumelées deux à deux en R+13, construites en 1970 et totalisant 221 logements, sont également construites avec le même système constructif.



Source La Calade

✚ L'analyse énergétique du bâtiment avant travaux

L'analyse des consommations en kWh/m² de ce bâtiment type est représentée dans le tableau ci-dessous, les lettres E et F en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre.

L'analyse avant travaux donne une étiquette Energie D et une étiquette Gaz à effet de serre E :

Analyse énergétique du bâtiment avec le modèle SEC

Bailleur social	OPI HLM Arcueil Gentilly			
Nom de l'opération et localisation	La Frileuse, bâtiment I, Gentilly (94)			
Nombre de bâtiments	1			
Nombre de logements	60			
Surface habitable	2 622 m ² avant travaux, 2873 m ² après			
Nombre d'étages	7			
Date de construction	1955			
Bilan énergétique avant travaux	Nature de l'approvisionnement	Consommation d'énergie en kWh / m²		Emission de CO₂ en kg CO₂ / m²
		Finale	Primaire	
Chauffage	Chaudière Gaz naturel	174	230	47
Eau chaude sanitaire	Chauffe bain individuel au gaz	33	D	E
Electricité parties communes		11,5		
Electricité logements		26		
Dépense totale des ménages en € / m²		24,6		

Source : La Calade pour Factor 4

✚ L'analyse du programme de réhabilitation

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, lequel précise l'état initial du bâtiment et les améliorations attendues du fait de la réhabilitation soit **après travaux**. Les lettres en bleu sont les étiquettes énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre.

Analyse énergétique de l'opération de réhabilitation avec le modèle SEC

Nature des travaux de réhabilitation énergétique				
Ventilation naturelle répartie hygroréglable				
Remplacement des portes palières				
Equilibrage des installations				
Isolation des pignons				
Moteur à vitesse variable pour les ascenseurs				
Lampes économes dans les parties communes				
Coût des travaux		660 € / logement		
Bilan énergétique après travaux	Nature de l'approvisionnement	Consommation d'énergie en kWh / m ²		de CO ₂ en kg CO ₂ / m ²
		Finale	Primaire	
Chauffage	Chaudière Gaz naturel	152	206	43
Eau chaude sanitaire	Chauffe bain individuel au gaz	33	D	E
Electricité parties communes		7,5		
Electricité logements		26		
Dépense totale des ménages en € / m ²		22		
Coût global énergétique de l'opération en € / m ² et par an				
Valeur nette actualisée des travaux purement énergétiques				0,86
Valeur nette actualisée des travaux ayant un impact énergétique				0
Evolution des coûts de maintenance et d'entretien				0
Economie d'énergie réalisées à prix constant de l'énergie				- 0,94
Effet prix futur de l'énergie				- 0,59
Coût global énergétique				BENEFICE - 0,67
Facteur CO ₂ (Emission de CO ₂ avant / après travaux)				1,1

Source La Calade pour Factor 4

✚ La comparaison du bâtiment avant et après les travaux de réhabilitation

Le tableau ci après, lequel précise l'état initial du bâtiment et les améliorations attendues du fait de la réhabilitation soit **après travaux**. Cette comparaison a été effectuée avec la méthode RECOBAT, laquelle peut être résumée dans le tableau ci-après.

Remarque sur la méthode RECOBAT :

RECOBAT est structurée en 15 thèmes (dont le thème « Performance énergétique et maîtrise des consommations ») et 79 sous-thèmes ou items (numérotés dans la colonne de gauche du tableau ci après), lesquels sont à leur tour développées en questions. Ce sont ces questions et les réponses à ces questions qui figurent dans le tableau ci après.

Ce tableau correspond aux résultats de la première phase de la méthode RECOBAT.

Ensuite (deuxième phase de la méthode RECOBAT¹⁰), des indicateurs ont été élaborés pour chacun des thèmes de l'analyse afin de finaliser la synthèse de l'évaluation et ce sont les valeurs de ces indicateurs (avant et après réhabilitation) qui figurent sur le graphique de synthèse ci après.

Evaluation : La Frileuse, bâtiment I

Performance énergétique et maîtrise des consommations (chauffage, électricité, eau)		Unité de mesure	Niveau initial	Description de l'état initial	Amélioration ou gain par rapport à l'état initial	Niveau atteint	
1	Consommation d'énergie pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le rafraîchissement en kWh final par m ² Shab	kWh final / m ² surface habitable	207	cf. modèle SEC		185	
2	Dépense des ménages en € / m ² surface habitable	€/ m ² surface habitable	14,3	cf. modèle SEC	Les chauffe bain deviennent propriété du bailleur	12,8	
3	Consommation d'énergie pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le rafraîchissement en kWh primaire par m ² Shab	kWh primaire / m ² Shab	230	classe D	classe D	206	
4	Emission de gaz à effet de serre pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le rafraîchissement en kg eq. CO ₂ / m ² Shab	kg CO ₂ / m ² surface habitable	48,6	classe E	classe E	43,5	
5	Production / génération de chaleur	Efficacité du système de chauffage			pas d'action		
		Régulation / Equilibrage de l'installation		Chaufferie Frileuse I	Remplacement des organes d'équilibrage et de régulation des réseaux de chauffage	PS	
		Efficacité du mode de fourniture d'eau chaude sanitaire (ECS)	PI	chauffe bains individuels gaz assez anciens	Remplacement des chauffe bains existants par des chauffe bains de 17,7 kW; certificat QUALIGAZ (sans veilleuse)	TS	
		Production d'ECS instantanée ou accumulation (temps pour obtenir une eau chaude stabilisée)	PI	instantanée - temps de chauffe très long	ECS instantanée réglable par l'utilisateur de 30 à 60°C	TS	
6	Déperditions thermiques	Niveau d'isolation des murs donnant sur l'extérieur ou sur des locaux non chauffés	TS / PS / PI / TI	PI	K = 1,60 W/m ³ °C	Isolation des pignons (panneaux laine de roche 80 mm en parties courantes, sans isolation en habillage de maçonnerie); K = 1,32	PI
		Niveau d'isolation des planchers bas des logements		PS	fibrastyrène en sousface du PH des sous sols ; K = 0,85	isolation thermique des planchers pour l'extension	PS
		Niveau d'isolation de la toiture (toiture terrasse ou combles)		PS	étanchéité multicouche en bon état avec isolation thermique; K = 1,26	isolation thermique (panneaux de laine minérale non surfacée) pour l'extension	PI
		Efficacité thermique des menuiseries et parois vitrées			Double vitrage - châssis PVC blanc - bon état mais quelques malfaçons Uw = 2,5	Remplacement des DV fêlés ou cassés	
		Efficacité thermique de la porte palière des logements		PI		Etanchéité des portes palières	TS
7	Type de ventilation		PI	Ventilation naturelle	Ventilation naturelle répartie	PS	

¹⁰ La troisième phase étant une synthèse par thème, par indicateur et par catégorie d'acteur. Cf. *La méthode RECOBAT pour une REhabilitation Cohérente des BATiments : analyse, évaluation et optimisation de programmes de réhabilitation vers une transformation durable des bâtiments et des quartiers*, La Calade pour l'ANRU, Mai 2007

8	Emission / Distribution de la chaleur	Calorifugeage des canalisations de chauffage et ECS	TS / PS / PI / T	PS	distribution par tube d'acier convenablement calorifugé	Reprise et complément de calorifuge sur extension	PS
		Régulation dans les logements		PI		Robinetts thermostatiques pour nouveaux radiateurs	PS
		Distribution		PI	pas de radiateur en cuisine	Remplacement des robinets pied de colonne; création de colonnes montantes et installation de nouveaux radiateurs; rinçage des radiateurs après dépose pour l'extension	PS
10	Electricité	Consommation d'électricité des parties communes		TI	11,5 kWh / m2 Shab	lampes économes, moteur vitesse variable - 7,5 kWh / m2 Shab	PS

Source La Calade pour l'ANRU et l'OPIHLM, Utilisation de la méthode RECOBAT, Avril 2007

Légende : TS Très Satisfaisant, PS Plutôt Satisfaisant, PI Plutôt Insuffisant et TI Très Insuffisant

L'analyse énergétique souligne que la consommation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire est passée de 230 kWh primaire/m² de surface habitable (**étiquette D**) à 206 kWh (**toujours étiquette D**) soit un gain d'environ 10 % (cf. tableau et graphique ci après).

Les émissions de gaz à effet de serre pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont passées de 48,6 kg CO₂/m² de surface habitable (**étiquette E**) à 43,5 kg CO₂/m² de surface habitable (**toujours étiquette E**) soit un gain d'environ 10 % (cf. tableau et graphique ci après).

La consommation d'énergie du bâtiment a été évalué avec le modèle SEC et confronté aux estimations du BET de l'OPI HLM. La consommation d'énergie des ménages serait, pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire de 185 kWh final par m² de surface habitable (shab). Avant les travaux, cette consommation est estimée à 207 kWh par m². **L'opération a donc apporté une économie d'énergie de 11 %.**

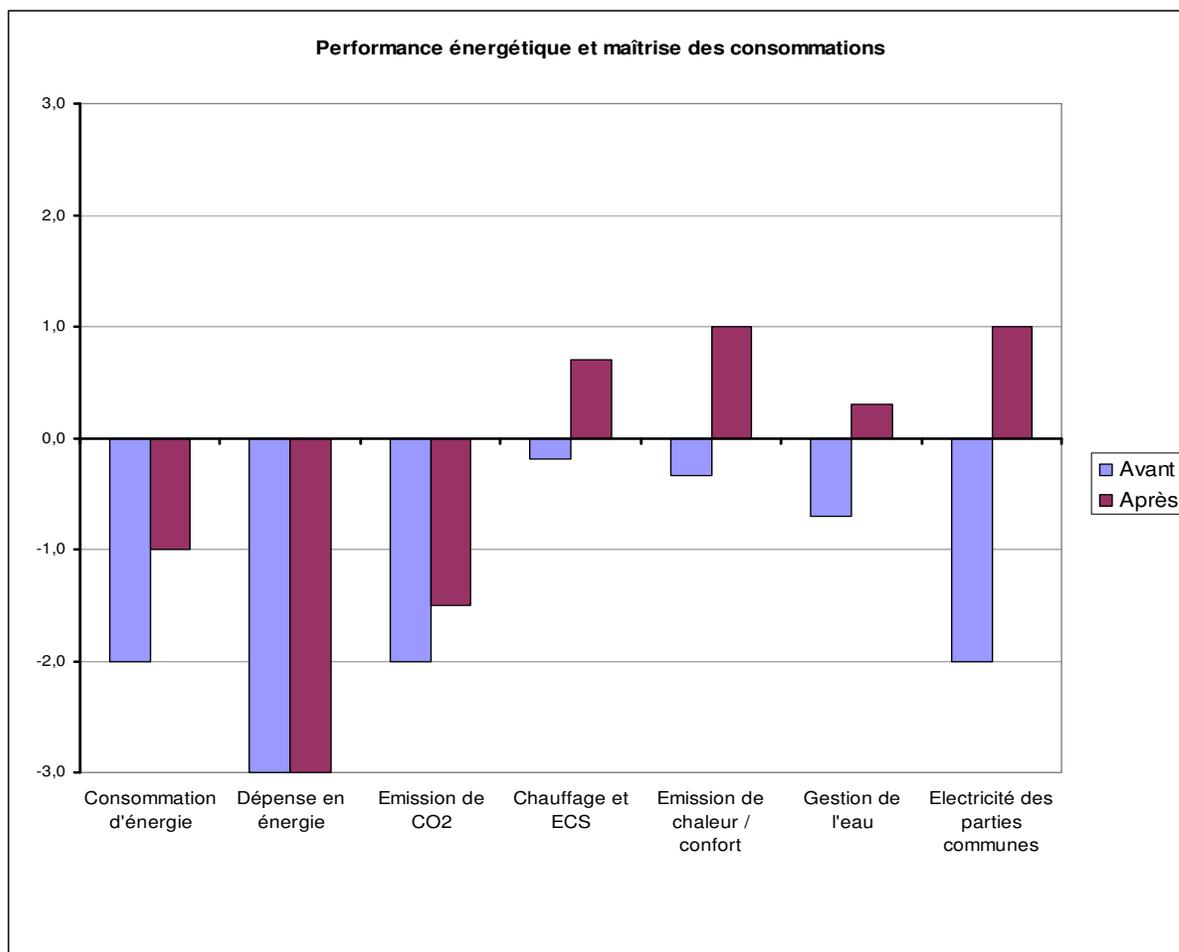
Le niveau de consommation d'énergie reste élevé car si l'on considère la classe du diagnostic de performance énergétique (DPE), le bâtiment se situe dans la classe D pour la consommation d'énergie et E pour les émissions de CO₂, la réhabilitation n'apportant pas de changement de classe.

Les principaux acquis de l'opération de réhabilitation concernent :

- l'isolation des pignons ;
- le remplacement des chauffe bains anciens par des chauffe bains neufs sans veilleuse et mieux réglable par les usagers, les chauffe bains étant dorénavant fournis par l'OPI HLM au lieu d'être achetés par les locataires ;
- un meilleur équilibrage de l'installation de chauffage,
- le remplacement des radiateurs anciens, la pose de radiateurs dans les cuisines et l'installation de robinets thermostatiques sur l'ensemble des radiateurs posés,
- l'installation de lampes basse consommation dans les parties communes et de moteurs à vitesse variable pour les ascenseurs.

Ce bilan comparatif avant et après travaux de réhabilitation est représenté sur le graphique ci après

Bilan de l'analyse des résultats de l'opération de réhabilitation sur le bâtiment I du quartier La Frileuse (Gentilly, 94) en ce qui concerne l'énergie pour les indicateurs de la méthode RECOBAT



Source, La Calade pour l'ANRU avec la méthode RECOBAT

Règle d'affichage : Le niveau 1,5 est le niveau standard de la construction neuve (choix de l'ANRU pour la méthode RECOBAT).

Remarque : l'électricité dans les parties communes semble, du fait de cette représentation graphique sur une même échelle, avoir une importance majeure. Il faut cependant relativiser avec les valeurs qui figurent dans le tableau ci-dessus.

Enfin l'électricité dans les logements est analysée au sein du thème « Electricité » de la méthode RECOBAT et ne figure donc pas sur ce graphique issu de l'analyse avec la méthode RECOBAT.

Ce graphique fait apparaître les étiquettes énergétique (appelée « Consommation d'énergie » sur le graphique) et des émissions de CO₂ (troisièmes colonnes).

On note que les travaux de réhabilitation n'ont pas entraîné de changement d'étiquette mais ont apporté un gain de confort important (radiateurs dans les cuisines, régulation de la température, chauffe bains performants) et une baisse de la dépense en énergie et donc des charges pour les locataires.

Cet investissement doit permettre de réduire la facture énergétique des ménages de 14,3 €/m² à 12,8 €/m² de surface habitable.

Le projet de réhabilitation de la Frileuse a pour impact d'augmenter les loyers et les charges des habitants, une part de l'augmentation des loyers est due à l'augmentation de la taille des logements et une autre à un processus de rattrapage des loyers.

Les loyers mensuels passent en moyenne de 3,27 € / m² de surface habitable (m² shab) à 5,55 € après travaux.

Dans le même temps, le bailleur a fait passer les charges de 1,3 à 1,57 € / m² shab, résultant de l'amélioration des parties communes et des ascenseurs.

Le montant de la quittance brute est donc passé de 4,57 à 7,12 € / m² shab. Les actions d'efficacité énergétique ont contribué à réduire la facture énergétique de 0,13 € / m² shab et par mois, ce qui signifie que, sans ces opérations, le couple loyer + charges aurait augmenté de 2,68 € / m² shab.

Le montant moyen de l'APL (aide personnalisée au logement) versé aux ménages bénéficiaires (soit 40 % des ménages) passe de 0,82 € / m² shab à 2,22 € / m² shab, soit une augmentation de 1,40 € / m² shab.

Les locataires bénéficient aussi de réduction de charges indirectes par l'estimation qui a été faite des économies d'eau, soit 0,05 € / m² shab et par mois (voir tableau).

Le bilan mensuel peut donc d'établir de la façon suivante :

- Evolution du couple loyer + charges hors impact énergétique : + 2,68 € / m² shab

Couverte par :

- Actions d'efficacité énergétique : 0,13 € / m² shab
- Versement de l'APL par l'Etat : 1,4 € / m² shab
- Economie d'eau : 0,05 € / m² shab
- Hausse du couple loyer + charges net pour les locataires : 1,10 € / m² shab

L'augmentation nette par logement et par an du projet de réhabilitation est de 13,2 € / m² shab soit 643 € par logement et par an.

Répartition des charges selon le type de dépense énergétique

Charges extérieures	Chauffage		ECS		Electricité (logement)		Eau froide	
	AVANT	APRES	AVANT	APRES	AVANT	APRES	AVANT	APRES
Consommation finale en kWh/m2			33,5	32,8	26	26		
Consommation finale en m3/m2							1,4	1,2
Prix unitaire			0,057	0,057	0,1433	0,1433	3,1	3,1
dépense annuelle en €/m2			1,91	1,87	3,73	3,73	4,34	3,72
dépense mensuelle moyenne			0,16	0,16	0,31	0,31	0,36	0,31
Total							0,83	0,78

Source, La Calade pour l'ANRU avec la méthode RECOBAT

1.4. Cas 2 de l'OPIHLM d'Arcueil-Gentilly : le bâtiment B du quartier de la Vache noire d'Arcueil (94)



Source La Calade

✚ La typologie du bâtiment

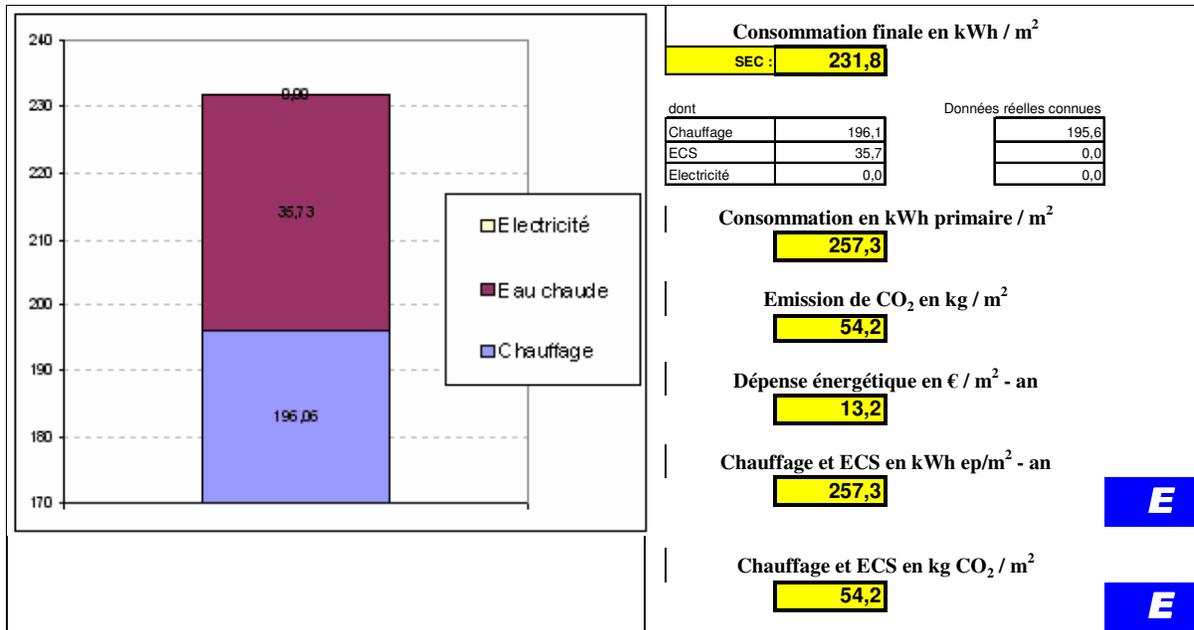
Nom de la résidence	La Vache Noire, bâtiment A
Type de bâtiment	Collectif R+4
Nombre de logements	80
Surface habitable (SHAB)	4 160 m ²
Répartition des logements	1 T1, 39 T2, 40 T3
Zone climatique	H1
Date de construction	1956
Mode de chauffage	Chauffage central collectif au gaz
Localisation en ZUS	Oui
Localisation	Arcueil
Description	Cité HLM de la première couronne de Paris constituée de 2 bâtiments dont le second, une barre R+11 de 135 mètres de long surnommée Beyrouth par les Arcueillais va être démolie.

Ce bâtiment est représentatif des bâtiments R+4 du quartier du Chaperon Vert construits à la même époque et qui totalisent 1 600 logements, soit un total **de 1 680 logements**.

✚ L'analyse énergétique du bâtiment avant les travaux de réhabilitation

La consommation d'énergie du bâtiment a été évaluée avec le modèle SEC (et confrontée aux consommations réelles fournies par l'OPI HLM).

Consommation d'énergie et étiquettes énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre du bâtiment B de la Vache Noire



Source La Calade pour Factor 4

L'évaluation du programme de réhabilitation prévu

Tandis que pour le bâtiment de la Frileuse présenté ci-dessus, l'opération de réhabilitation a eu lieu et a donc été analysée après les travaux, pour ce bâtiment l'analyse a été effectuée sur documents avant réalisation de l'opération de réhabilitation.

Après les travaux, la consommation d'énergie des ménages serait, pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire de 153 kWh final par m² de surface habitable (shab). Avant les travaux, cette consommation est estimée à 232 kWh par m². L'opération devrait donc apporter **une économie d'énergie de l'ordre de 34 %**. **En énergie primaire la consommation d'énergie (chauffage et ECS)¹¹ serait de 170 kWh contre 257 avant travaux, passant d'une étiquette E (cf. tableau ci-dessus) à D, très proche du niveau C (150 kWh).**

Le bâtiment passe de la classe E à la classe D pour les émissions de CO₂, passant de 54 à 36 kg de CO₂ par shab. (cf. tableau ci-dessus).

Les principaux apports de l'opération de réhabilitation prévue concernent :

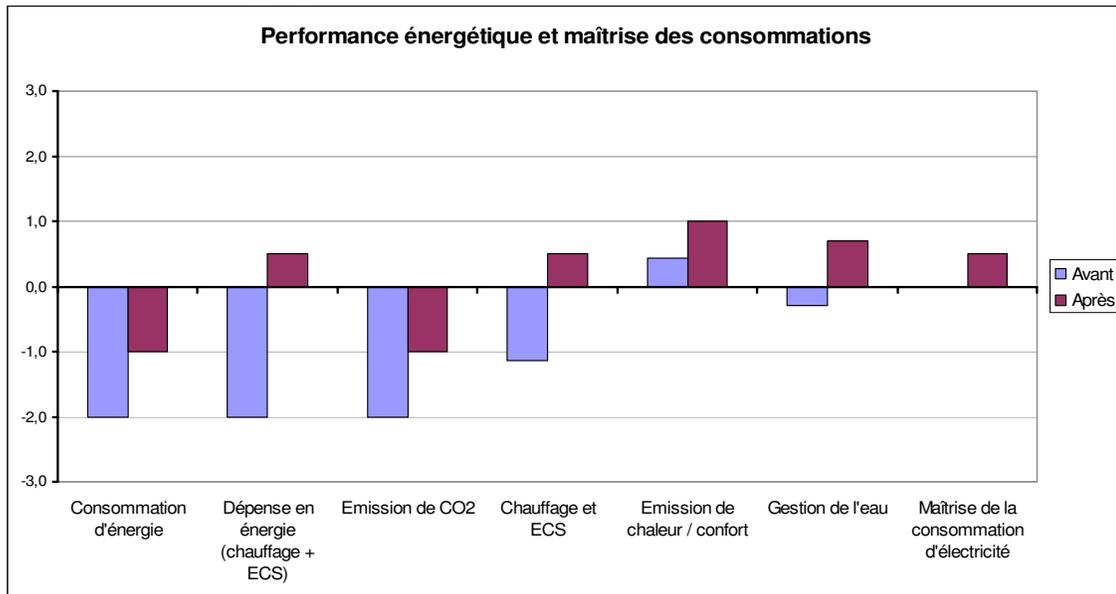
- la création d'une nouvelle chaufferie gaz à condensation pour le chauffage et l'ECS,
- l'isolation des pignons ;
- la suppression des chauffe bains anciens;
- un meilleur équilibrage de l'installation de chauffage,
- le remplacement des radiateurs anciens, la pose de radiateurs dans les cuisines et l'installation de robinets thermostatiques sur l'ensemble des radiateurs posés,
- l'isolation de la toiture,
- l'isolation par l'intérieur de la façade côté extension ,
- le remplacement des doubles – vitrages plus isolants par des double vitrages,
- l'installation de moteurs à vitesse variable pour les ascenseurs,
- l'installation de lampes basse consommation dans les parties communes.

L'investissement énergétique est estimé à 4 600 €/logement (hors menuiseries des extensions) dont 2 100 € pour la chaufferie. Le temps de retour est de 10 ans. Cet investissement doit permettre de réduire la facture énergétique des ménages de 13,2 €/m² à 7,9 €/m² de surface habitable mais un autre apport est

¹¹ ECS Eau Chaude et froide Sanitaire

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux
aussi de fournir un supplément de confort : radiateurs dans les cuisines, régulation de la température et ECS instantanée.

Performance énergétique et maîtrise des consommations du bâtiment B de la Vache Noire



Source Méthode RECOBAT, Crdd La Calade pour l'ANRU, Mai 2007

Les résultats de l'analyse du programme de réhabilitation effectuée avec le modèle SEC sont présentés dans le tableau ci après.

Gain attendu de l'opération de réhabilitation pour l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre sur le bâtiment B de la Vache Noire

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	231,8	152,7	34%
dont chauffage	196	119	39%
eau chaude sanitaire	35,7	33,2	7%
électricité parties communes	0,0	0,0	0%
électricité logements	0	0	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	257,3	169,5	34%
dont chauffage et ECS	257,3	169,5	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	54,2	35,7	34%
dont chauffage et ECS	54,2	35,7	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	21,5	12,93	40%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	13,2	7,94	40%

D

D

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	231,8	152,7	34%
dont chauffage	196	119	39%
eau chaude sanitaire	35,7	33,2	7%
électricité parties communes	0,0	0,0	0%
électricité logements	0	0	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	257,3	169,5	34%
dont chauffage et ECS	257,3	169,5	

Emission de CO ₂ en kg par m ²	54,2	35,7	34%
dont chauffage et ECS	54,2	35,7	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	21,6	13,01	40%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	13,2	7,94	40%

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	12 053	7 942
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	13 379	8 815
Emission de CO ₂ en tonnes par an	2,8	1,9
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 125	676

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	964	635
Consommation d'énergie primaire en MWh	1 070	705
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	226	149
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	90 014	54 107

Investissement unitaire en € / m²		
Chauffage	87,5	
Eau chaude sanitaire	0,4	
Electricité	0	
Total	87,9	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0	Temps de retour
		10
		10

Investissement par logement en €		
Chauffage	4 550	
Eau chaude sanitaire	21	
Electricité	0	
Total	4571	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0	4571

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €		
Chauffage	364 000	
Eau chaude sanitaire	1 664	
Electricité	0	
Total	365 664	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0	

Source La Calade avec le modèle SEC, projet Factor 4

Bilan de l'opération (modèle SEC)

Valeur nette actualisée de l'investissement : 4,0 €/m² - an

Economie d'énergie au prix actuel - 5,30 €/m² - an

Economie d'énergie avec une hypothèse d'augmentation du prix de l'énergie (3 % / an) : -3,3 € / m² - an

Bilan net actualisé : **Economie de 4,6 € / m² - an**

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux
 Par ailleurs, pour cette étude de cas, l'analyse des charges a été effectuée avec la méthode RECOBAT.

Evolution des charges et des loyers par logement, suite à l'opération de réhabilitation

Qualité de service résidentielle	Nombre de logements		Loyer mensuel en € par logement		Charges mensuelles en € par logement		APL mensuels en € pour l'ensemble des locataires		Reste à payer pour l'ensemble des locataires	
	AVANT	APRES	AVANT	APRES	AVANT	APRES	AVANT	APRES	AVANT	APRES
T1	1	1		235		56		60		232
T2	39	39	172		51		32		191	
T3	40	40	203	315	64	83	49	91	218	307
Moyenne			188	275	58	75	41	80	205	270
Total	80	80	15 016	22 028	4 605	5 557	3 252	6 008	16 370	21 577
Surface habitable en m2	3629	4080								

Ratio en euro par m2 de surface habitable		Loyer		Charges		APL		Reste à payer pour les locataires	
		T2	T3	T2	T3	T2	T3	T2	T3
		4,6	6,5	1,4	1,5	0,9	1,6	5,1	6,4
		3,8	4,8	1,2	1,3	0,9	1,4	4,1	4,7
	Bat. B	4,14	5,40	1,27	1,36	0,90	1,47	4,51	5,29
Evolution en € / m2 - mois			1,26		0,09		0,58		0,78
Evolution en € / m2 - an			15,13		1,12		6,92		9,33
Economie de charges directes pour les locataires par an					2,05				

Evolution du coût du logement par locataire et par an en euros

	par m ²	par logement
T2	13,5	486
T3	5,2	330
Bat B	7,3	372
dont LOYER NET		416
dont CHARGES Bailleur		55
dont CHARGES DIRECTES		-105

Source La Calade pour l'ANRU et l'OPIHLM, utilisation de la méthode RECOBAT, Mai 2007

Evolution des charges selon les usages suite à l'opération de réhabilitation

Charges extérieures	Chauffage		ECS		Electricité (logement)		Eau froide	
	AVANT	APRES	AVANT	APRES	AVANT	APRES	AVANT	APRES
Consommation finale en kWh/m2	196	119	36	33				
Consommation finale en m3/m2								
Prix unitaire	0,057	0,052	0,057	0,052	0,1433	0,1433	3,1	3,1
dépense annuelle en €/m2	11,17	6,19	2,05	1,72	0,00	0,00	0,00	0,00
Economie de charges directes (hors charges payées au bailleur)				2,05		0,00		0,00

Source La Calade pour l'ANRU et l'OPIHLM, utilisation de la méthode RECOBAT, Mai 2007

Par logement

Le loyer moyen s'élève à 188 € par logement et par mois avant travaux et à 275 € par logement après travaux et les charges passeraient de 58 à 75 € par mois et par logement. Le total loyer + charges passerait de 245 à 345 € par mois et par logement.

En fonction de la population en place dans les logements, les APL augmenteraient de 85 % et passeraient de 3 252 à 6 008 € pour l'ensemble des logements du bâtiment B.

Le net à payer par les locataires passerait de 205 à 270 € par logement, soit une augmentation de 32 %.

Par m²

On note que les travaux de réhabilitation ont entraîné un changement d'étiquette, de E à D et ont aussi apporté un gain de confort important (radiateurs dans les cuisines, régulation de la température, suppression des chauffe bains et remplacement par une fourniture d'ECS centralisée et instantanée) et une baisse de la dépense en énergie et donc des charges pour les locataires.

Cet investissement doit permettre de réduire la facture énergétique des ménages de 13,2 €/m² à 7,9 €/m² de surface habitable, hors effet prix de l'énergie.

Le projet de réhabilitation de la Vache Noire a aussi pour impact d'augmenter les loyers et les charges des habitants, du fait notamment de l'augmentation de la taille des logements pour une quarantaine de logements.

Les loyers mensuels passent en moyenne de 4,14 € / m² de surface habitable (m² shab) à 5,40 € après travaux, soit une augmentation de 30 %.

Dans le même temps, les charges passeraient de 1,27 à 1,36 € / m² shab, résultant de l'amélioration des parties communes et des ascenseurs.

Le montant de la quittance brute est donc passé de 5,41 à 6,76 € / m² shab. Les actions d'efficacité énergétique ont contribué à réduire la facture énergétique de 0,44 € / m² shab, ce qui signifie que, sans ces opérations, le couple loyer + charges aurait augmenté de 1,79 € / m² shab.

Le montant moyen de l'APL (aide personnalisée au logement) versé aux ménages augmenterait de 15 % par ménage bénéficiaire, passant de 163 à 188 € par mois et par ménage. Le nombre de ménages bénéficiant de l'APL serait en nette augmentation, passant de 20 à 32 ménages. Au total, l'APL versée passerait de 0,90 € / m² shab à 1,47 € / m² shab, soit une augmentation de 0,57 € / m² shab.

Les locataires bénéficient aussi de réduction de charges indirectes par l'estimation qui a été faite des économies de gaz pour l'ECS, soit 0,17 € / m² shab et par mois (voir tableau).

Le bilan mensuel peut donc d'établir de la façon suivante :

- Evolution du couple loyer + charges hors impact énergétique : + 1,79 € / m² shab

Couverte par :

- Actions d'efficacité énergétique : 0,44 € / m² shab
- Versement de l'APL par l'Etat : 0,57 € / m² shab
- Economie de gaz (facture GdF) : 0,17 € / m² shab
- Hausse du couple loyer + charges net pour les locataires : 0,61 € / m² shab

L'augmentation nette par logement et par an du projet de réhabilitation est de 7,3 € / m² shab soit 372 € par logement et par an.

L'investissement total s'élève à 1005 € / m². Avec un taux d'intérêt réel de 1,8 %, la valeur nette actualisée de l'investissement (amorti sur 35 ans) est de 38 € / m².

La hausse du loyer est de 8,2 €/m² et l'APL s'accroît de 6,9 €/m², soit un déficit de près de 23 €/m² (subventions ou autofinancement de l'OPIHLM).

Enfin, le modèle SEC comme la méthode RECOBAT étant des outils d'aide à la décision dynamiques, ils permettent d'élaborer **un scénario de réhabilitation énergétique optimisé**. Ce scénario a été élaboré pour l'OPIHLM d'Arcueil – Gentilly et concerne principalement l'isolation des planchers bas sur cave ainsi que l'isolation de l'ensemble des murs de façades. Un dernier scénario envisage l'installation de chauffe eau solaire, ce qui nous rapprocherait fortement de l'étiquette B.

Ce scénario donne les résultats suivants

	Scenarii complémentaires			
	Etat projeté = (1)	(1) + « isolation des planchers sur caves » = (2)	(1) + « Isolation Planchers sur cave + façades » = (3)	(3) + chauffe eau solaire
Consommation finale chauffage (kWh / m ²)	119	89	70	70
Consommation finale ECS (kWh / m ²)	33	33	33	21
Consommation d'énergie primaire chauffage + ECS (kWh / m ²)	170	136	115	101
Etiquette Energie	D	C	C	C
Investissement (€ par logement)	4 571	5 507	6 521	7 873
Coût global Energie (€/m ² – an)	- 4,6	-6,5	-7,4	-6,9

Source La Calade

L'optimum économique viserait plutôt à renforcer l'isolation des façades et des planchers bas sur caves. Ce scénario amène à un facteur CO₂ égal à 2,2.

1.5. Synthèse

Une grande partie de cette analyse est reproductible pour la majeure partie du parc de l'OPIHLM d'Arcueil – Gentilly dans la mesure où son parc est majoritairement construit avec le même système constructif.

Cette analyse souligne l'intérêt du modèle SEC à l'échelle d'un bâtiment. Le modèle SEC permet notamment de :

- déterminer les étiquettes énergétiques et d'émission de CO₂
- tester plusieurs scenarii de réhabilitation pour le bâtiment et d'estimer les gains potentiels de chacun d'eux par rapport aux investissements et ainsi de déterminer le meilleur programme de réhabilitation en fonction des objectifs poursuivis et des contraintes (réglementaires, exigences de la collectivité locale ou de financeurs, etc.) ;
- identifier l'impact du coût énergétique sur le loyer ou le couple loyer+charges ;
- discuter avec les financeurs (potentiels ou réels) afin de mettre en avant les gains pour la société (émissions de CO₂) et le coût pour le bailleur de cette amélioration ;
- identifier les erreurs contenues dans les études énergétiques (plus fréquentes que l'on ne croit...) ;
- extrapoler les résultats obtenus pour un ou plusieurs bâtiments (a fortiori lorsqu'il s'agit de bâtiments types) pour l'ensemble du patrimoine du bailleur.

Enfin le modèle SEC peut être utilisé pour l'analyse des impacts attendus des opérations de réhabilitation comme cela a été fait pour les bâtiments de l'OPIHLM d'Arcueil – Gentilly.

Bilan des deux opérations

	La Frileuse / Gentilly	La Vache Noire / Arcueil
	60 appartements	80 appartements
Consommation d'énergie primaire avant travaux chauffage + ECS	230 kWh / m ²	257 kWh / m ²
Consommation d'énergie finale avant travaux - chauffage + ECS	207 kWh / m ²	232 kWh / m ²
Energie de chauffage	Gaz	Gaz
Consommation d'énergie finale après travaux - chauffage + ECS	185 kWh / m ²	153 kWh / m ²
Etiquette Energie	D → D	E → D
Facteur CO ₂	1,1	1,5
Etiquette CO₂	E → E	E → D
Coût d'investissement par logement	660 €	4 600 €
Coût global énergétique	Bénéfice de 0,7 € / m² - an	Bénéfice de 4,6 € / m² - an

2. La Maison Girondine

2.1. Description du bailleur

La Maison Girondine est une SA HLM qui gère 8 000 logements. (13 000 pour le groupe Guyenne auquel elle appartient) et livre près de 200 logements par an.

SA HLM La Maison Girondine - 16/20 rue Henri Expert – 33 082 Bordeaux

2.2. Objectif poursuivi

L'objectif de La Maison Girondine est de construire un plan stratégique de réhabilitation énergétique sur l'ensemble de son patrimoine, lequel s'intégrerait au Plan Stratégique de Patrimoine (PSP).

L'outil SEC doit permettre au bailleur de proposer les scénarii les plus pertinents de réhabilitation énergétique dans le PSP.

2.3. Cas 1 de La Maison Girondine : le bâtiment Vercors à Libourne



Source La Maison Girondine

Ce bâtiment est représentatif de 2 bâtiments, soit 194 logements.

✚ La typologie du bâtiment

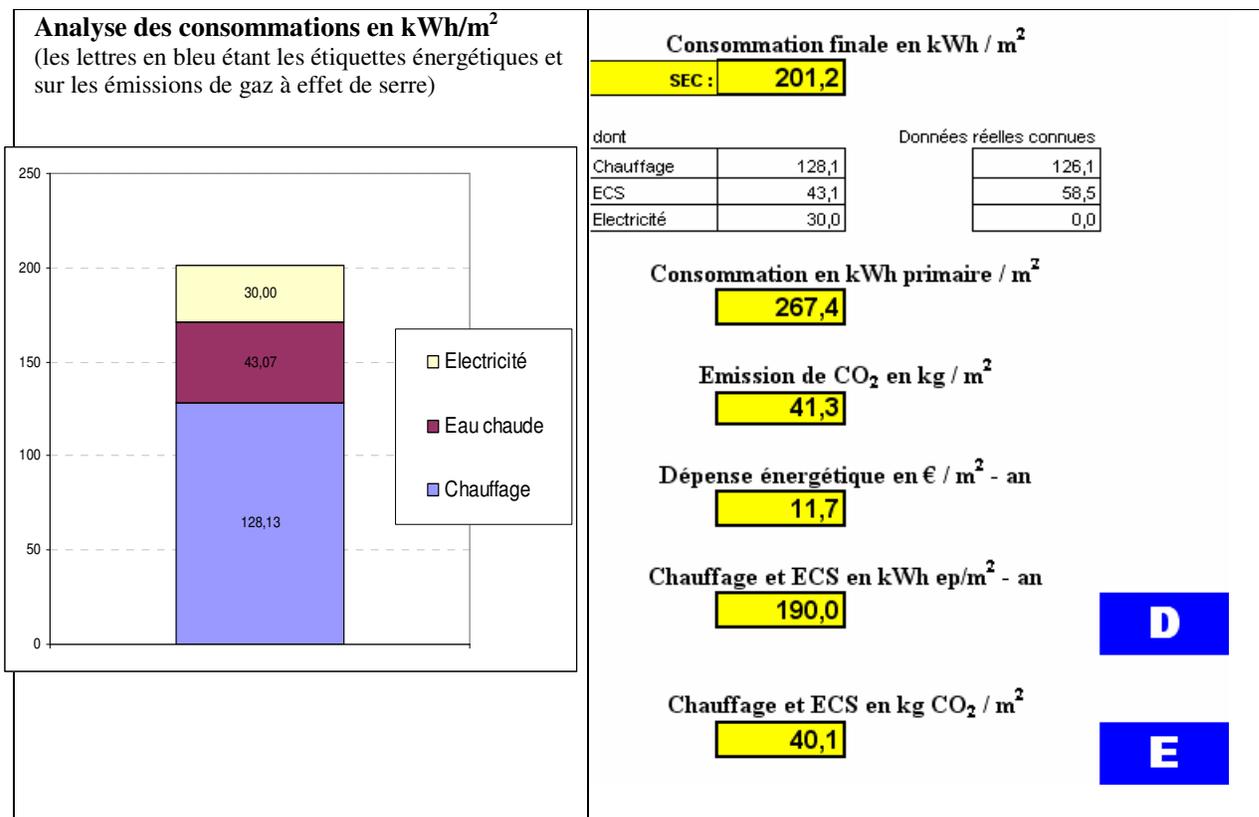
Nom de la résidence	Vercors allée des Erables, rue des Sorbiers Z.A.C. du Verdet Libourne
Type de bâtiment	Collectif R+3
Nombre de logements	110 logements (2*R+3, 3*R+4, 1*R+7)
Surface utile (SHAB)	7 226 m ²
Répartition des logements	5 T1, 17 T2, 59 T3, 29 T4
Zone climatique	H2
Date de construction	1976
Mode de chauffage	Collectif gaz
Localisation en ZUS	non
Localisation	Péricentre
Description	Plusieurs immeubles collectifs de différentes hauteurs collés les uns aux autres dans le péricentre de Libourne

L'analyse énergétique du bâtiment

La consommation finale d'énergie est connue et est estimée par la Maison Girondine à 182 kWh par an et par m² pour le chauffage et l'ECS.

Le modèle SEC fournit une estimation de 171 kWh, tout à fait acceptable.

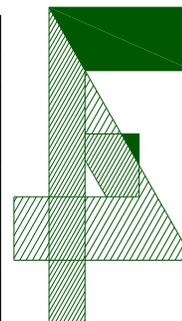
Le bâtiment se situe en classe D pour l'énergie et en classe E pour les émissions de gaz à effet de serre.



L'analyse du programme de réhabilitation prévu

Le projet de réhabilitation concerne la pose de doubles vitrages faiblement émissifs, l'isolation des façades par l'extérieur (isolant = 20 cm), l'isolation des planchers bas sur locaux non chauffés et l'installation de chauffe eau solaires.

Nature des travaux de réhabilitation énergétique				
Double vitrages faiblement émissifs				
Isolation des murs par l'extérieur (épaisseur = 20 cm)				
Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés				
Chauffe eau solaire				
Coût des travaux		9 500 € / logement		
Bilan énergétique après travaux	Nature de l'approvisionnement	Consommation d'énergie en kWh / m²		Emission de CO₂ en kg CO₂ / m²
		Finale	Primaire	
Chauffage	Chaudière Gaz naturel	48	82	17
Eau chaude sanitaire	Chauffe eau solaire + gaz	26	B	C
Electricité parties communes		-		
Electricité logements		26		
Dépense totale des ménages en € / m²		7		
Coût global énergétique de l'opération en € / m² et par an				
Valeur nette actualisée des travaux purement énergétiques				4,62
Valeur nette actualisée des travaux ayant un impact énergétique				1,57
Evolution des coûts de maintenance et d'entretien				0
Economie d'énergie réalisées à prix constant de l'énergie				- 4,77
Effet prix futur de l'énergie				- 2,64
Coût global énergétique				- 1,22
Facteur CO₂ (Emission de CO₂ avant / après travaux)				2,3



2.4. Cas 2 de La Maison Girondine : le bâtiment Verlaine à Cenon



Source La Maison Girondine

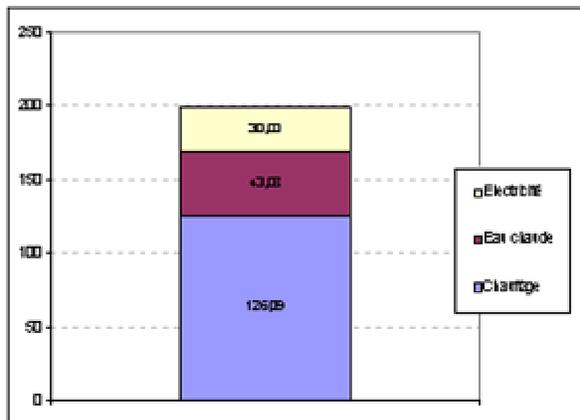
La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	Verlaine
Type de bâtiment	Collectif R+3
Nombre de logements	212
Surface utile (SHAB)	14 045 m ²
Répartition des logements	16 T1, 20 T2, 110 T3, 46 T4, 16 T5, 4 T6
Zone climatique	H2
Date de construction	1971-75
Mode de chauffage	Chauffage urbain
Localisation en ZUS	Oui
Localisation (centre ville, périphérie...)	Cenon centre ville
Description	Barre de 4 niveaux

L'analyse énergétique du bâtiment

Analyse des consommations en kWh/m²

(les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre)



Consommation finale - chauffage et ECS - en kWh / m²

169,2

Chauffage	126,1
ECS	43,1

Energie primaire - chauffage et ECS - en kWh ep/m² - an

228,6

D

Emission de CO₂ - chauffage et ECS - en kg CO₂ / m²

50,8

E

✚ L'analyse du programme de réhabilitation

Le projet de réhabilitation concerne la pose de doubles vitrages faiblement émissifs, l'isolation des façades par l'extérieur (isolant = 20 cm), l'isolation des planchers bas sur locaux non chauffés et l'installation de chauffe eau solaires.

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	199,2	108,0	46%
dont chauffage	126	52	59%
eau chaude sanitaire	43,1	26,0	40%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	306,0	182,8	40%
dont chauffage et ECS	228,6	105,4	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	52,0	24,6	53%
dont chauffage et ECS	50,8	23,4	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	12,5	8,1	35%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	10,3	7,0	31%

C

D

Résultats par logement			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	13 195	7 152	
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	20 273	12 107	
Emission de CO ₂ en tonnes par an	3,4	1,6	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	826	534	
Résultats pour le(s) bâtiment(s)			
Consommation d'énergie annuelle en MWh	2 797	1 516	
Consommation d'énergie primaire en MWh	4 298	2 567	
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	730	345	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	175 179	113 283	
Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage		82	
Eau chaude sanitaire		33	
Electricité		0	
Total		115	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		40	26 35
Investissement par logement en €			
Chauffage		5 433	
Eau chaude sanitaire		2 186	
Electricité		0	
Total		7 619	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		2 650	10269
Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €			
Chauffage		1 151 690	
Eau chaude sanitaire		463 485	
Electricité		0	
Total		1 615 175	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique		561 800	

Bilan économique	PERTE		
	€/ m ² - an	€/ logement - an	€/ projet - an
Investissement en € actualisés par an	5,24	347	73 645
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1,57	104	22 033
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-3,21	-213	-45 093
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-1,20	-79	-16 803
Bilan net en € net actualisés par m²	2,41	159	33 781
FACTEUR CO2	2,1		

2.5. Cas 3 de La Maison Girondine : une maison individuelle du centre ville de Carbon-Blanc



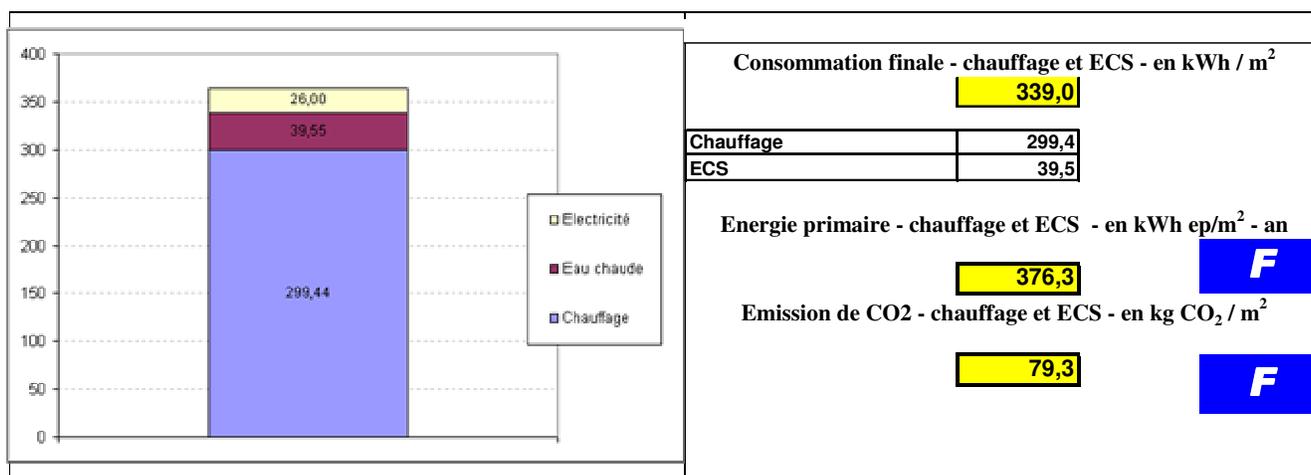
Source La Maison Girondine

Ce bâtiment est représentatif de 2 résidences soit 112 logements.

✚ La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	RPA René Cassagne
Type de bâtiment	Maisons individuelles + 1 salle commune
Nombre de logements	52
Surface utile (SHAB)	1771 (compris salle commune chauffée)
Répartition des logements	52 T1
Zone climatique	H2
Date de construction	1974
Mode de chauffage	Chauffage collectif gaz
Localisation en ZUS	Non
Localisation (centre ville, périphérie...)	Centre ville de Carbon-Blanc
Description	Maisons individuelles accolées deux par deux

✚ L'analyse énergétique du bâtiment



✚ L'analyse du programme de réhabilitation prévu

Le projet de réhabilitation concerne la pose de doubles vitrages faiblement émissifs, l'isolation des façades par l'extérieur (isolant = 20 cm), l'isolation des planchers bas sur locaux non chauffés et l'installation de chauffe eau solaires.

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	365,0	200,4	45%
dont chauffage	299	139	53%
eau chaude sanitaire	39,5	35,1	11%
électricité parties communes	0,0	0,0	#DIV/0!
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	443,4	260,7	41%
dont chauffage et ECS	376,3	193,6	
Résultats par logement			
Emission de CO ₂ en kg par m ²	80,4	41,8	48%
dont chauffage et ECS	79,3	40,8	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	35,2	19,9	43%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	23,0	13,7	41%

D

E

Résultats par logement			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	12 423	6 821	
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	15 091	8 873	
Emission de CO ₂ en tonnes par an	2,7	1,4	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 198	678	
Résultats pour le(s) bâtiment(s)			
Consommation d'énergie annuelle en MWh	646	355	
Consommation d'énergie primaire en MWh	785	461	
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	142	74	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	62 277	35 242	
Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage	102		
Eau chaude sanitaire	40		
Electricité	0		
Total	142		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	40	9	12
Investissement par logement en €			
Chauffage	3 472		
Eau chaude sanitaire	1 362		
Electricité	0		
Total	4833		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1 362	6195	
Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €			
Chauffage	180 540		
Eau chaude sanitaire	70 800		
Electricité	0		
Total	251 340		
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	70 800		

Bilan économique	BENEFICE		
	€/ m ² - an	€/ logement an	€/ projet - an
Investissement en € actualisés par an	6,40	218	11 325
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1,57	53	2 777
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-9,38	-319	-16 605
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-5,89	-201	-10 430
Bilan net en € net actualisés par m²	-7,31	-249	-12 933
FACTEUR CO2	1,9		

2.6. Synthèse

Le modèle a été utilisé sur trois études de cas de bâtiments représentatifs du patrimoine de la Maison Girondine : deux immeubles collectifs dont l'un raccordé au chauffage urbain et l'autre chauffé au gaz et un ensemble de maisons individuelles.

Ce patrimoine date des années 70.

La situation actuelle de ces bâtiments les amène dans la classe D des consommations d'énergie pour les logements collectifs et pour la classe F pour les logements individuels.

Les scénarii envisagés par la Maison Girondine visent dans un premier temps à tester le modèle sur des bases identiques, celles-ci étant dans les trois cas la pose de doubles vitrages faiblement émissifs, l'isolation des façades par l'extérieur (isolant = 20 cm), l'isolation des planchers bas sur locaux non chauffés et l'installation de chauffe eau solaires.

Les résultats obtenus avec ces mêmes technologies sont assez différents d'un cas à l'autre comme le tableau de synthèse ci-après :

Chauffage et Eau chaude sanitaire	Vercors / Libourne	Verlaine / Cenon	Maisons / Carbon-Blanc
	110 appartements	212 appartements	112 maisons
Consommation d'énergie primaire	190 kWh / m ²	229 kWh / m ²	376 kWh / m ²
Consommation d'énergie finale avant travaux chauffage et ECS	171 kWh / m ²	169 kWh / m ²	339 kWh / m ²
Energie de chauffage	Gaz	Chauffage urbain	Gaz
Consommation d'énergie finale après travaux chauffage et ECS	74 kWh / m ²	78 kWh / m ²	174 kWh / m ²
Etiquette Energie	D → B	D → C	F → D
Facteur CO ₂	2,3	2,1	1,9
Etiquette CO₂	E → C	E → D	F → E
Coût d'investissement par logement	9 500 €	10 300 €	6 200 €
Coût global énergétique	Bénéfice de 1,2 € / m² - an	Perte de 2,4 € / m² - an	Bénéfice de 7,3 € / m² - an

Seul l'immeuble Vercors atteint le niveau de l'étiquette B avec un coût d'investissement par logement de 9 500 € et un bénéfice en coût global énergétique de 1,2 € / m² - an.

Les résultats énergétiques de l'immeuble Verlaine sont assez proches mais les résultats économiques sont totalement différents puisqu'il résulte une perte de 2,4 € / m² - an.

Enfin, la réhabilitation sur les maisons de Carbon-Blanc est moins spectaculaire puisqu'on arrive seulement à l'étiquette D. Cependant, l'économie d'énergie est très substantielle, supérieure à 160 kWh par m². Il en résulte un gain économique important de l'ordre de 7,3 € / m² - an.

3. Logicil et SLE Habitat du Groupe CMH

3.1. Description du Groupe CMH

Présent sur environ 80 communes du Nord Pas-de-Calais, le groupe CMH réunit 780 partenaires sur près de 50 sites dont les bailleurs qui gèrent

- 48 000 logements gérés par LOGICIL et SLE HABITAT,
- des logements adaptés aux personnes qui ont des besoins spécifiques comme les personnes âgées, les étudiants... gérés par LOGICIL et SLE HABITAT,
- 200 logements locatifs libres constitués principalement de maisons individuelles gérés par HABITAT DE FLANDRE

3.2. Objectif poursuivi

CMH a participé au groupe de travail de bailleurs sociaux du Nord Pas de Calais, animé par l'USH et l'AR Habitat du Nord Pas de Calais qui a abouti à l'élaboration du **Référentiel pour un habitat durable** (2006). Ce référentiel qui concerne la construction uniquement comporte deux volets :

- un volet environnemental (élaboré notamment à partir du référentiel Cerqual)
- un volet économique constitué du modèle d'analyse en coût global partagé CoParCo.

Ce modèle CoParCo élaboré par Crdd La Calade a bénéficié de financements complémentaires, l'importante étude bibliographique préliminaire ayant été financée par la DRE Picardie et une approche de ce type ayant été abordée au sein du projet européen SHE (Sustainable Housing in Europe, coordonné par la Confcooperative italienne)¹².

L'approche développée avec Factor 4 est complémentaire et a intéressé CMH, notamment pour l'intégration d'une gestion durable de l'énergie dans son **Plan stratégique de Gestion de Patrimoine** en cours d'élaboration.

CMH a testé le modèle sur 3 bâtiments représentatifs de la typologie des bâtiments de CMH.

3.3. Cas 1 de CMH : ILM Le Centaure et La Lyre (Logicil)



Source photos : CMH

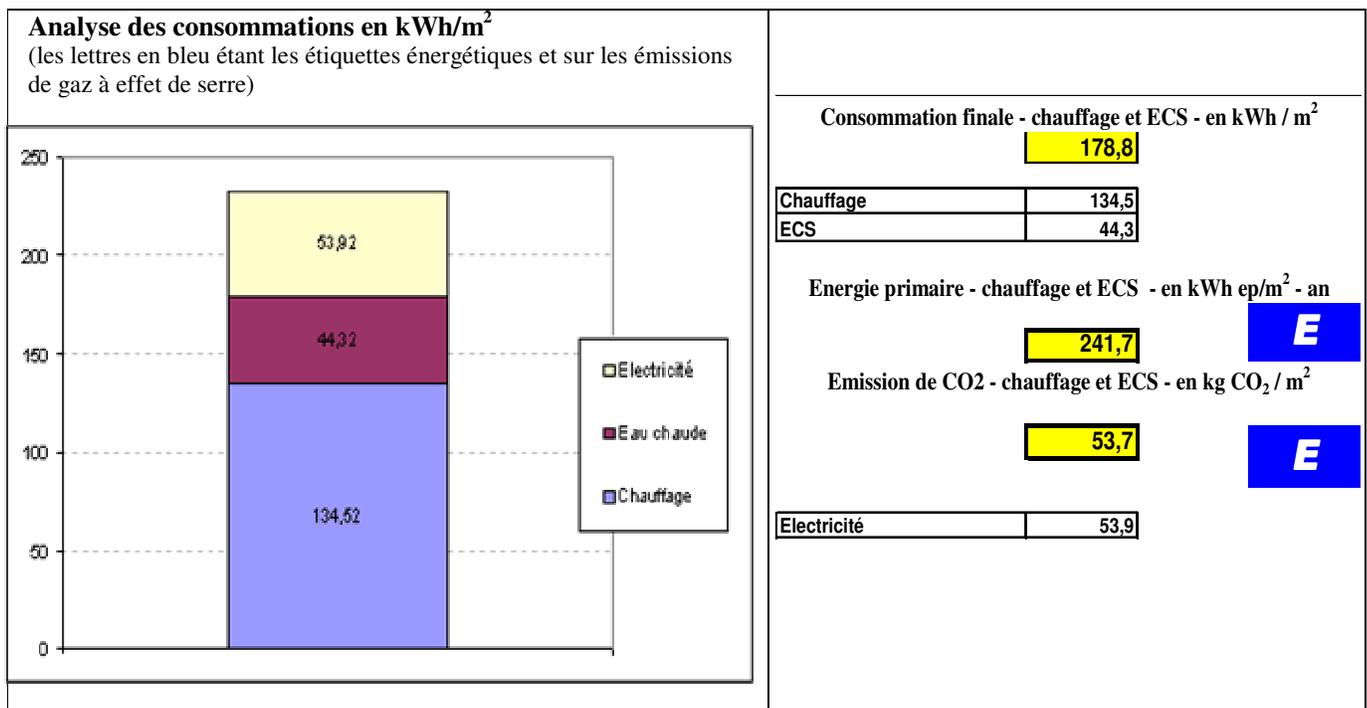
Ce bâtiment est représentatif de 2 bâtiments de 66 logements, soit 132 logements.

¹² Cf. www.shecoop

La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	Collectif R+10
Nombre de logements	2x 66 logements
Surface utile (m²)	5 122 m ² (total de 11 412 m ²) habitables
Répartition des logements (T2 à T5)	3 T2 33 T3 et 30 T4 pour chaque bâtiment
Zone climatique	H1
Date de construction	1973
Mode de chauffage	Collectif sur réseau urbain
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui Quartier des 3 Ponts (dossier ANRU)
Localisation (centre ville, périurbain...)	dans le quartier des Trois Ponts de Roubaix. Ce quartier fait l'objet d'un dossier ANRU
Description	Structure béton banché
Organisme gestionnaire (OP, SA, SEM)	SA HLM (Logicil)

L'analyse du bâtiment



L'analyse du programme de réhabilitation

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

Les travaux projetés sont les suivants :

- VMC hygroréglable type B
- Menuiseries performantes ($U_w = 1,6$)
- Isolation des murs par l'extérieur
- Isolation de la toiture terrasse
- Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	232,8	145,0	38%
dont chauffage	135	47	65%
eau chaude sanitaire	44,3	44,3	0%
électricité parties communes	27,9	27,9	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	380,8	262,2	31%
dont chauffage et ECS	241,7	123,1	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	55,8	29,5	47%
dont chauffage et ECS	53,7	27,3	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	16,4	12,1	26%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	14,0	10,9	22%

C

D

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	18 063	11 254
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	29 551	20 349
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4,3	2,3
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 270	941

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	1 192	743
Consommation d'énergie primaire en MWh	1 950	1 343
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	286	151
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	83 833	62 119

Investissement unitaire en € / m²		
Chauffage	80	
Eau chaude sanitaire	0	
Electricité	0	
Total	80	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	46	19 30

Investissement par logement en €		
Chauffage	6 234	
Eau chaude sanitaire	0	
Electricité	0	
Total	6234	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	3 535	9770

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €	
Chauffage	411 467
Eau chaude sanitaire	0
Electricité	0
Total	411 467
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	233 336

Bilan économique	PERTE		
	€/ m ² - an	€/ logement an	€/ projet - an
Investissement en € actualisés par an	3,32	257	16 982
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1,90	148	9 741
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-3,09	-240	-15 819
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-1,15	-89	-5 895
Bilan net en € net actualisés par m²	0,98	76	5 009

FACTEUR CO2	1,9
--------------------	------------

3.4. Cas 2 de CMH : Bâtiment Canteleu à Lille (SLE)

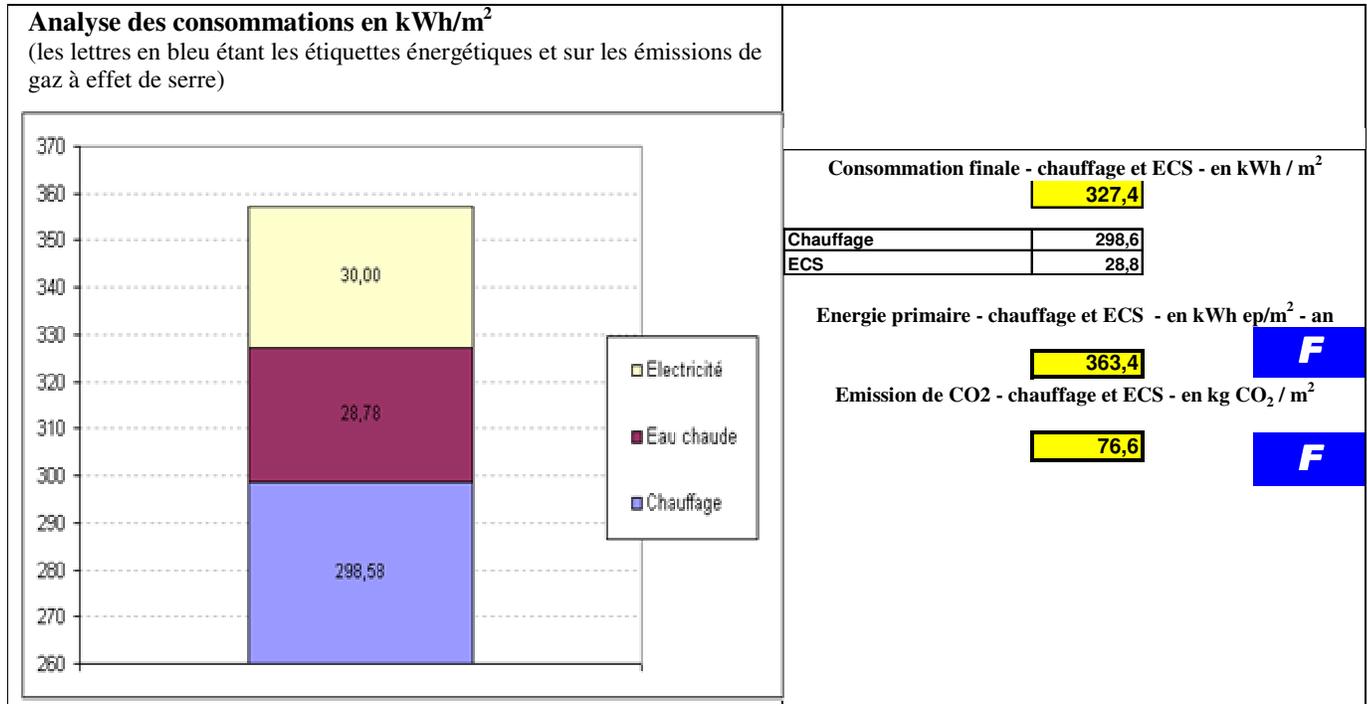


Source CMH

✚ La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	Collectif R + 2
Nombre de logements	12 logements
Surface utile (m²)	588 m ² habitables
Répartition des logements (T2 à T5)	6 T2 et 6 T3
Zone climatique	H1
Date de construction	Avant 1956
Mode de chauffage	Chauffage central individuel gaz avec eau chaude instantanée
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Oui
Localisation (centre ville, périurbain...)	Lille intra muros
Description	Bâtiment en brique
Organisme gestionnaire (OP, SA, SEM)	SA HLM (SLE)

L'analyse du bâtiment



L'analyse du programme de réhabilitation

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

Les travaux projetés sont les suivants :

- VMC hygroréglable type B
- Menuiseries performantes ($U_w = 1,6$)
- Isolation des murs par l'intérieur
- Isolation de la toiture terrasse
- Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	357,4	140,5	61%
dont chauffage	299	82	73%
eau chaude sanitaire	28,8	28,8	0%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	440,8	200,1	55%
dont chauffage et ECS	363,4	122,7	
Résultats par logement			
Emission de CO ₂ en kg par m ²	77,8	27,1	65%
dont chauffage et ECS	76,6	25,9	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	34,7	14,6	58%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	23,0	10,6	54%

C

D

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	17 511	6 886
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	21 598	9 805
Emission de CO ₂ en tonnes par an	3,8	1,3
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 699	713

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	210	83
Consommation d'énergie primaire en MWh	259	118
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	46	16
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	20 391	8 560

Investissement unitaire en € / m²		
Chauffage	82	
Eau chaude sanitaire	0	
Electricité	0	
Total	82	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	40	4 6

Investissement par logement en €		
Chauffage	4 018	
Eau chaude sanitaire	0	
Electricité	0	
Total	4018	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1 960	5978

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €		
Chauffage	48 216	
Eau chaude sanitaire	0	
Electricité	0	
Total	48 216	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	23 520	

Bilan économique	BENEFICE		
	€/ m ² - an	€/ logement - an	€/ projet - an
Investissement en € actualisés par an	3,92	192	2 304
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1,57	77	922
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-12,36	-606	-7 267
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-7,76	-380	-4 564
Bilan net en € net actualisés par m²	-14,63	-717	-8 605

FACTEUR CO2	2,9
--------------------	------------

5.5. Cas 3 de CMH : Bâtiment Joffre à Tourcoing (Logicil)



Source CMH

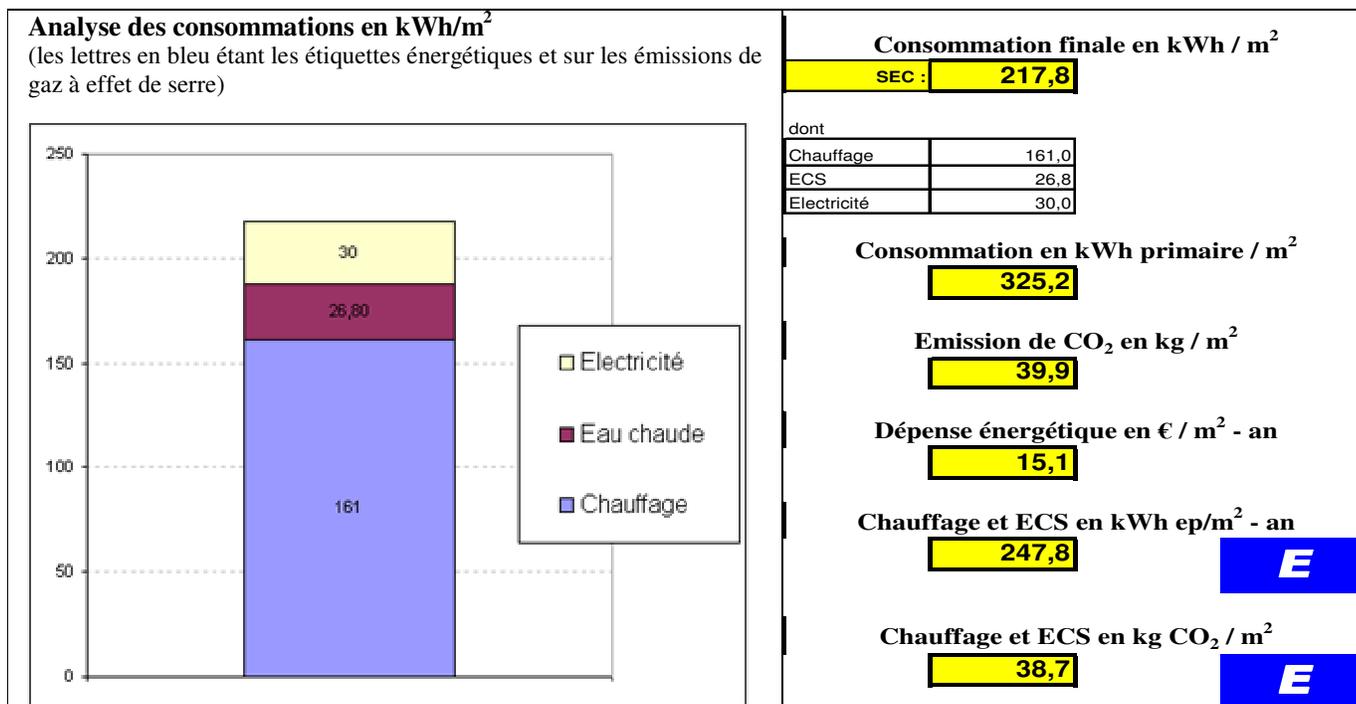


La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	Collectif linéaire R+3
Nombre de logements	24 logements
Surface utile (m²)	1241 m ² habitables
Répartition des logements (T2... T5)	3 T1 de 31 m ² , 7 T2 de 40 m ² , 14 T3 de 62 m ²
Zone climatique	H1
Date de construction	1956 - 70
Mode de chauffage	Collectif gaz avec chauffe-eau électrique
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Non
Localisation (centre ville, périurbain...)	52 et 54 Rue du Maréchal Joffre, quartier périurbain des Tilleuls sur les communes de Wattrelos et Tourcoing avec une grande concentration de bâtiments linéaires
Organisme gestionnaire (OP, SA, SEM)	SA HLM (Logicil)

Ce bâtiment est représentatif de 30 bâtiments , soit 1 800 logements.

L'analyse du bâtiment



L'analyse du programme de réhabilitation

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

Les travaux projetés sont les suivants :

- VMC hygroréglable type B
- Isolation des murs par l'extérieur
- Isolation de la toiture terrasse
- Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	217,8	114,2	48%
dont chauffage	161	57	64%
eau chaude sanitaire	26,8	26,8	0%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	325,2	210,3	35%
dont chauffage et ECS	247,8	132,9	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	39,9	15,7	61%
dont chauffage et ECS	38,7	14,5	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	19,4	12,16	37%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	15,1	10,61	30%



Résultats par logement	
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	11 261
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	16 816
Emission de CO ₂ en tonnes par an	2,1
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 004

Résultats pour le(s) bâtiment(s)	
Consommation d'énergie annuelle en MWh	270
Consommation d'énergie primaire en MWh	404
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	50
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	24 086

Investissement unitaire en € / m²		Temps de retour	
Chauffage	63		
Eau chaude sanitaire	0		
Electricité	0		
Total	63	9	12
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	26		

Investissement par logement en €		
Chauffage	3 258	
Eau chaude sanitaire	0	
Electricité	0	
Total	3258	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1 344	4602

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €	
Chauffage	78 183
Eau chaude sanitaire	0
Electricité	0
Total	78 183
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	32 266

Bilan économique	BENEFIT		
	€ / m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	2,64	136	3 271
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1,56	81	1 935
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-4,45	-230	-5 527
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-2,80	-145	-3 472
Bilan net en € net actualisés par m²	-3,06	-158	-3 793

FACTEUR CO2	2,5
--------------------	------------

3.6. Résultats

Les trois opérations étudiées sont trois immeubles qui datent d'avant la première réglementation thermique. Ils ont pourtant un comportement énergétique très différents.

Les projets de réhabilitation concernent l'isolation des murs par l'extérieur sauf à Lille où l'isolation par l'intérieur est obligatoire pour des raisons architecturales, l'isolation de la toiture et des planchers bas, l'installation d'une VMC hygroréglable de type B et la pose de menuiseries performantes ($U_w = 1,6$) sauf à Joffre où des double vitrages sont déjà posés.

Les simulations proposées par CMH ne concernent que le chauffage. Les résultats sont assez largement contrastés avec deux opérations bénéficiaires sur trois. Il convient de souligner l'impact de la taille des logements : ceux de Canteleu et de Joffre ne disposent en moyenne que de 50 m² contre 78 m² à l'ILM.

	ILM Centaure / Roubaix	Canteleu / Lille	Joffre / Tourcoing
	66 appartements	12 appartements	24 appartements
Consommation d'énergie primaire avant travaux chauffage + ECS	242 kWh / m ²	363 kWh / m ²	248 kWh / m ²
Consommation d'énergie finale avant travaux - chauffage + ECS	179 kWh / m ²	328 kWh / m ²	188 kWh / m ²
Energie de chauffage	Chauffage urbain	Gaz	Gaz
Consommation d'énergie finale après travaux – chauffage + ECS	91 kWh / m ²	111 kWh / m ²	84 kWh / m ²
Etiquette Energie	E → C	F → C	E → C
Facteur CO ₂	1,9	2,9	2,5
Etiquette CO₂	E → D	F → D	E → C
Coût d'investissement par logement	9 800 €	6 000 €	4 600 €
Coût global énergétique	Perte de 1,0 € / m² - an	Bénéfice de 14,6 € / m² - an	Bénéfice de 3,1 € / m² - an

Source La Calade pour Factor 4

4. L'OPAC 38

4.1. Description du bailleur

L'OPAC 38 gère un parc de 22 073 logements, 26 foyers (1 743 lits) et 9 043 garages en Isère, représentant une équivalence en gestion de 24 061 logements. L'OPAC comprend 482 salariés ont 158 au siège.

Depuis 1995, l'OPAC 38 se préoccupe des problèmes environnementaux notamment en mettant l'accent sur les énergies renouvelables.

4.2. Objectif poursuivi

L'OPAC 38 en tant que partenaire du projet européen SHE (Sustainable Housing in Europe) a utilisé le modèle d'analyse en coût global partagé pour des opérations de construction neuve élaboré par Crdd La Calade, responsable scientifique des aspects économiques et sociaux de ce projet SHE.

L'OPAC 38 était donc naturellement intéressé par l'approche complémentaire développée dans le projet Factor 4 sur l'**analyse énergétique en coût global de projets de réhabilitation**. L'OPAC 38 a donc fourni à Crdd La Calade les données de deux opérations de réhabilitation, lesquelles ont été analysées par Crdd La Calade.

L'OPAC 38 élabore par ailleurs son **Plan stratégique de Gestion de Patrimoine** et souhaite y intégrer une approche de gestion durable de l'énergie.

4.3. Cas 1 de l'OPAC 38 : Le bâtiment Leclerc à Bourgoin Jallieu



Source : OPAC 38

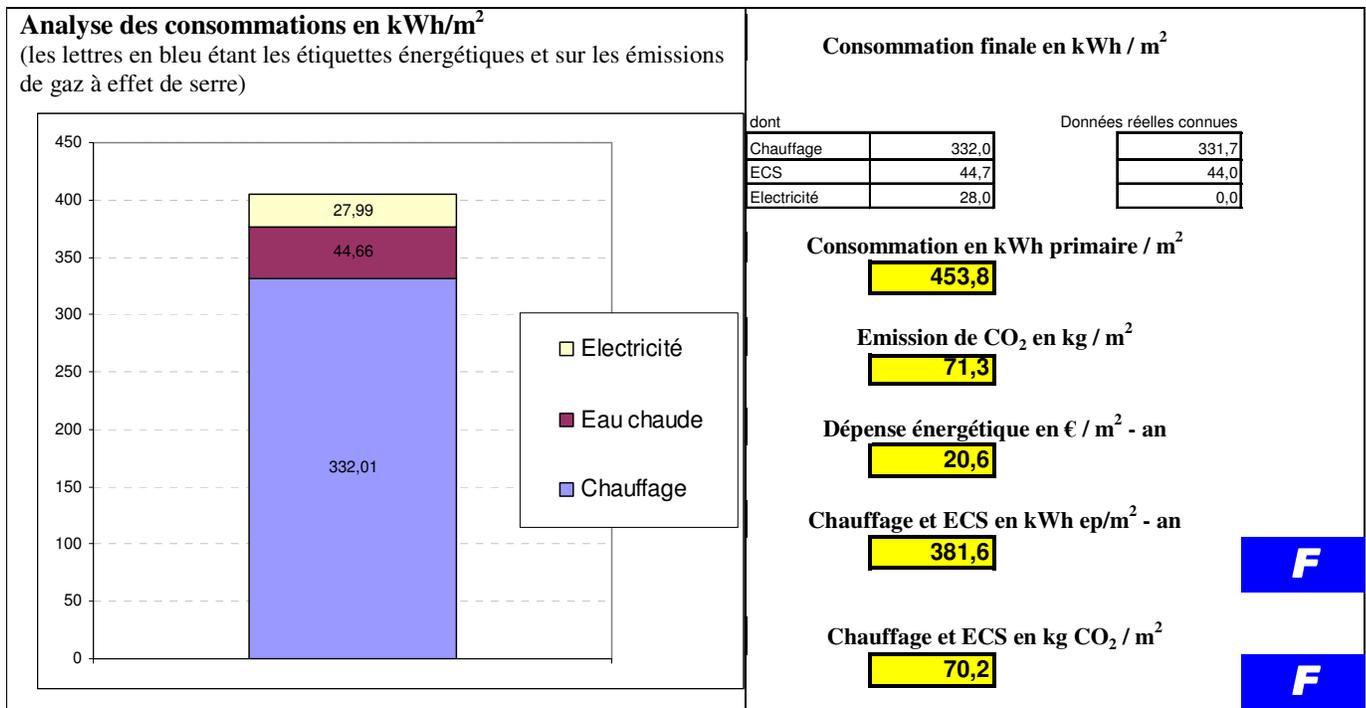
✚ La typologie du bâtiment

Type de bâtiment	Immeuble collectif
Nombre de logements	25 logements
Surface utile (m²)	2010 m ²
Répartition des logements (T2 à T5)	7 T3, 13 T4 et 5 T5
Zone climatique	H1
Date de construction	1953
Mode de chauffage	Non structuré (poêle à gaz)
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Non
Localisation (centre ville, périurbain...)	Bourgoin-Jallieu (Maréchal Leclerc) Altitude 240 m

Description	<p>Le bâtiment comprend 25 logements locatifs et a été construit en 1953.</p> <p>Il est situé en angle de rue et est constitué de 2 ailes en équerre, en 4 niveaux, sur rez-de-chaussée et cave.</p> <p>Une aile est orientée est-ouest, l'autre nord-sud. Chaque aile comprend un escalier central desservant les étages, et se termine par un mur aveugle ou semi-aveugle en pignon, l'un au sud, l'autre à l'est. Les autres murs sont équipés de fenêtres. La toiture est de type terrasse, inaccessible sauf pour opérations techniques.</p> <p>L'angle intérieur de l'équerre formée par les deux ailes comporte une cour privative.</p>
Organisme gestionnaire (OP, SA, SEM)	EPIC

Ce bâtiment est représentatif de 800 logements.

 **L'analyse du bâtiment**



 **L'analyse du programme de réhabilitation**

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

Les travaux projetés sont les suivants :

- Installation d'un chauffage central
- Double vitrages
- VMC simple flux
- Isolation des murs par l'extérieur
- Isolation de la toiture terrasse
- Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés
- Chauffe eau solaire

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	404,7	168,6	58%
dont chauffage	332	109	67%
eau chaude sanitaire	44,7	31,3	30%
électricité parties communes	2,0	2,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	453,8	228,3	50%
dont chauffage et ECS	381,6	156,0	

D

Emission de CO ₂ en kg par m ²	71,3	34,0	52%
dont chauffage et ECS	70,2	32,9	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	31,0	14,08	55%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	20,6	10,20	50%

D

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	32 546	13 558
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	36 498	18 358
Emission de CO ₂ en tonnes par an	5,7	2,7
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	2 493	1 133

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	814	339
Consommation d'énergie primaire en MWh	912	459
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	143	68
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	62 321	28 314

Investissement unitaire en € / m²			Temps de retour	
Chauffage	154			
Eau chaude sanitaire	26			
Electricité	0			
Total	180			
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	66		11	15

Investissement par logement en €		
Chauffage	12 386	
Eau chaude sanitaire	2 091	
Electricité	0	
Total	14477	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	5 308	19785

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €		
Chauffage	309 648	
Eau chaude sanitaire	52 278	
Electricité	0	
Total	361 926	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	132 706	

Bilan économique	BENEFIT		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	7,66	616	15 411
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	3,13	252	6 289
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-10,39	-835	-20 887
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-6,52	-525	-13 120
Bilan net en € net actualisés par m²	-6,12	-492	-12 307

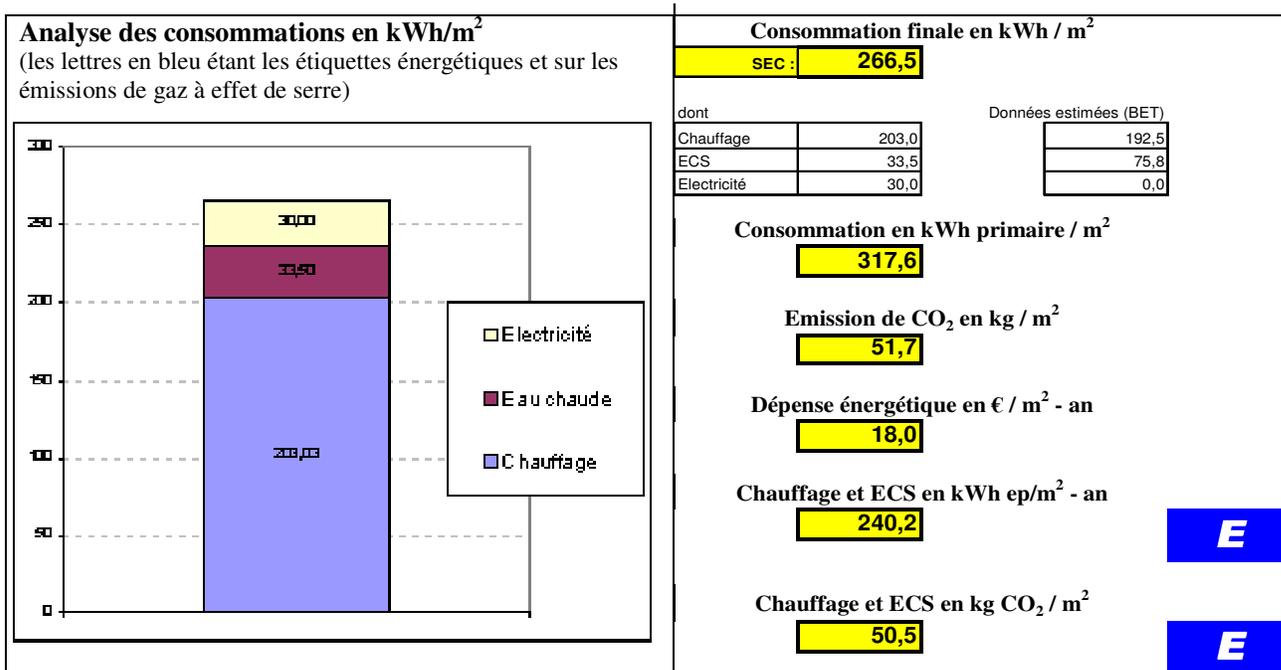
FACTEUR CO2	2,1
--------------------	------------

4.4. Cas 2 de l'OPAC 38 : le bâtiment Lucien Hussel à Bourgoin Jallieu

Type de bâtiment	Immeuble collectif R+4
Nombre de logements	40 logements
Surface utile (m²)	1912 m ²
Répartition des logements (T2 à T5)	40 logements : 22 T2 et 18 T3
Zone climatique	H1
Date de construction	1953
Mode de chauffage	Pas de chauffage structuré : installation par les locataires de poêles à gaz, de convecteurs électriques, de radiateurs à gaz
Localisation en ZUS (Oui/Non)	Non
Localisation (centre ville, périurbain...)	Bourgoin-Jallieu (Maréchal Leclerc) Altitude 240 m
Description	Le groupe Lucien Hussel est constitué d'un seul bâtiment de type R+4 ; il est de construction en béton traditionnelle, sur sous-sol, avec toiture terrasse et de forme approximative « barre ». Il est orienté Nord-Sud pour les façades principales. Les sous sols comprennent les locaux communs : garages à vélos, local gardien ainsi que les caves privatives.
Organisme gestionnaire (OP, SA, SEM)	EPIC

Ce bâtiment est représentatif de 800 logements.

L'analyse du bâtiment



L'analyse du programme de réhabilitation

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

Les travaux projetés sont seulement les suivants :

- L'installation d'un chauffage central
- La pose d'un VMC hygroréglable type B

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	266,5	239,8	10%
dont chauffage	203	176	13%
eau chaude sanitaire	33,5	33,5	0%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	317,6	310,3	2%
dont chauffage et ECS	240,2	232,9	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	51,7	50,3	3%
dont chauffage et ECS	50,5	49,1	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	26,5	19,33	27%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	18,0	13,53	25%

E
E

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	12 740	11 462
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	15 182	14 831
Emission de CO ₂ en tonnes par an	2,5	2,4
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 268	924

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	510	458
Consommation d'énergie primaire en MWh	607	593
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	99	96
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	50 729	36 956

Investissement unitaire en € / m²		
Chauffage	115	
Eau chaude sanitaire	0	
Electricité	0	
Total	115	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0	16 16

Investissement par logement en €		
Chauffage	5 497	
Eau chaude sanitaire	0	
Electricité	0	
Total	5497	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0	5497

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €		
Chauffage	219 880	
Eau chaude sanitaire	0	
Electricité	0	
Total	219 880	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0	

Bilan économique	BENEFIT		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	4,68	223	8 939
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0,00	0	0
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-4,42	-211	-8 459
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-2,78	-133	-5 313
Bilan net en € net actualisés par m²	-2,53	-121	-4 834

FACTEUR CO2	1,0
--------------------	------------

4.5. Synthèse

Les deux opérations sont caractérisées par des bâtiments ne disposant pas de chauffage central. Les projets visent à installer des chauffages centraux avec dans un cas des actions renforçant l'efficacité de l'enveloppe et la production d'énergie solaire.

	Leclerc / Bourgoin	Lucien Hussel / Bourgoin
	25 appartements	40 appartements
Consommation d'énergie primaire avant travaux chauffage + ECS	382 kWh / m ²	240 kWh / m ²
Consommation d'énergie finale avant travaux - chauffage + ECS	377 kWh / m ²	233 kWh / m ²
Energie de chauffage	Appareil divisé → Chauffage central gaz	Appareil divisé → Chauffage central gaz
Consommation d'énergie finale après travaux - chauffage + ECS	140 kWh / m ²	209 kWh / m ²
Etiquette Energie	F → D	E → E
Facteur CO ₂	2,1	1,0
Etiquette CO₂	F → D	E → E
Coût d'investissement par logement	19 800 €	5 500 €
Coût global énergétique	Bénéfice de 6,1 € / m² - an	Bénéfice de 2,5 € / m² - an

Le bilan de la réhabilitation énergétique sur Leclerc est largement bénéficiaire et reste bénéficiaire même sans augmentation du prix de l'énergie. L'investissement est évidemment très élevé, près de 20 000 € par logement mais permet de réduire la consommation finale d'énergie de près de 240 kWh par m² et les émissions de CO₂ de 3 tonnes par an et par logement.

Le bilan de l'autre opération traduit seulement l'installation d'un chauffage central qui peut même conduire à une augmentation de la consommation d'énergie en même temps qu'une nette amélioration du confort. De ce fait le bilan énergétique est mitigé mais le gain par logement est positif. On peut remarquer que le scénario de réhabilitation sur Lucien Hussel pourrait être plus ambitieux sans grever la rentabilité économique du projet.

5. La Maison du CIL du Groupe UNILOGI

5.1. Description du bailleur

Le Groupe UNILOGI est, depuis 50 ans, le partenaire des collectivités locales et des entreprises picardes pour la réalisation de programmes de logements. Acteur majeur de la région Picardie (1er rang des bailleurs sociaux dans l'Aisne et 2ème rang en Picardie), le Groupe UNILOGI a axé son développement sur son territoire d'origine en s'attachant à répondre aux besoins exprimés par les collectivités locales.

La Maison du CIL – Groupe Unilogi – est une Entreprise Sociale pour l'Habitat (ESH). Pour répondre à des besoins diversifiés et créer une mixité des formes d'habitat, LA MAISON DU CIL propose quatre types de produits :

- Le logement locatif individuel et collectif
- L'accession à la propriété
- La vente de parcelles de terrain à bâtir
- Les structures d'hébergement collectif

Le patrimoine représente 19.000 logements dans plus de 200 communes de 7 départements (02, 60, 80, 59, 77, 93 et 95). Il est géré par 260 collaborateurs répartis dans deux sociétés, la Maison du CIL et SAI et un réseau de 3 agences immobilières (UNILOVA).

5.2. Objectif poursuivi

Les objectifs de l'étude menée au sein du Service Technique et de la Direction de la Gestion et du Patrimoine de la Maison du CIL ont été les suivants :

- Cibler 4 cas représentatifs du patrimoine : Le Patrimoine étant actuellement classé en 16 Familles (en cours d'étude), nous avons choisi 3 Familles puis 4 résidences au sein de ces familles tout en restant cohérent vis-à-vis du devenir de ces résidences dans notre Plan Stratégique de Patrimoine.
- Etudier les cibles choisies afin d'apprécier les enjeux énergétiques liés à leur réhabilitation en mettant en œuvre le même scénario pour chaque cible. Afin de pouvoir comparer les Familles.
- Découvrir les possibilités offertes par un tel outil ainsi que ses limites et envisager les utilités possibles (outil d'aide à la décision, d'évaluation de patrimoine, ...).

5.3. Cas 1 de Maison du CIL : le bâtiment Provence – Roussillon - Touraine à Château-Thierry (02)



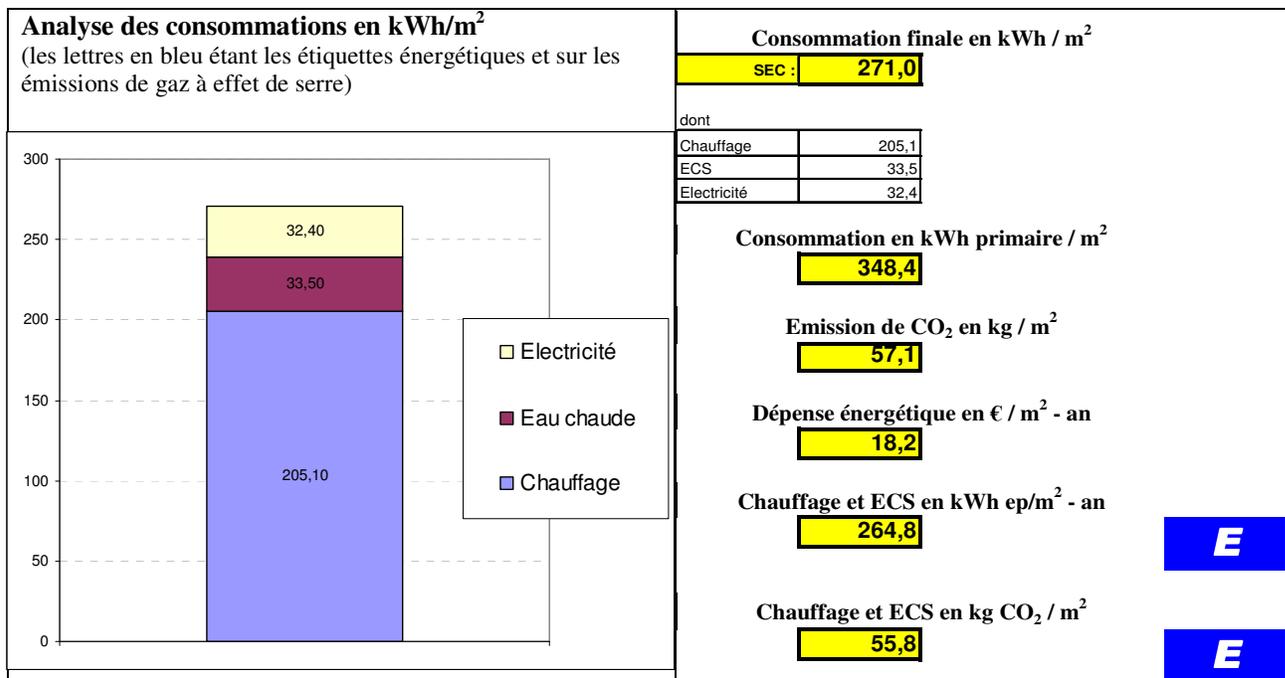
Source : UNILOGI

Ce bâtiment est représentatif de 10 bâtiments, soit 326 logements.

La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	Provence Roussillon Touraine
Type de bâtiment	3 immeubles collectifs R+ 4
Nombre de logements	50 + 50 + 70
Surface utile (SHAB)	11 717,04 m ²
Répartition des logements	6 T2, 36 T3, 92 T4 et 36 T5
Zone climatique	H1
Date de construction	1956-70
Mode de chauffage	Chauffage central collectif gaz
Localisation en ZUS	Non
Localisation (centre ville, périphérie...)	Château-Thierry
Description	

L'analyse du bâtiment



Analyse du programme de réhabilitation

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

Les travaux projetés sont seulement les suivants :

- Le changement de chaudière (installation de chaudière individuelles)
- L'isolation des murs par l'extérieur
- L'isolation des toitures terrasses
- L'isolation des planchers bas
- La pose de chauffe eau solaire collectif

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	271,0	136,0	50%
dont chauffage	205	84	59%
eau chaude sanitaire	33,5	20,1	40%
électricité parties communes	6,4	6,4	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	348,4	198,6	43%
dont chauffage et ECS	264,8	115,0	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	57,1	25,5	55%
dont chauffage et ECS	55,8	24,3	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	26,8	14,26	47%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	18,2	10,55	42%

C

D

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	18 678	9 376
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	24 015	13 691
Emission de CO ₂ en tonnes par an	3,9	1,8
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 846	983

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	3 175	1 594
Consommation d'énergie primaire en MWh	4 083	2 327
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	669	299
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	313 843	167 098

Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage	78		
Eau chaude sanitaire	26		
Electricité	0		
Total	104	Temps de retour	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	26	8	10

Investissement par logement en €		
Chauffage	5 376	
Eau chaude sanitaire	1 792	
Electricité	0	
Total	7168	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1 792	8960

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €	
Chauffage	913 929
Eau chaude sanitaire	304 643
Electricité	0
Total	1 218 572
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	304 643

Bilan économique	BENEFIT		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	4,62	318	54 108
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1,56	107	18 266
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-7,69	-530	-90 131
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-4,83	-333	-56 614
Bilan net en € net actualisés par m²	-6,35	-437	-74 371

FACTEUR CO2	2,2
--------------------	------------

5.4. Cas 2 de Maison du CIL, le bâtiment Hainaut à Château-Thierry (02)



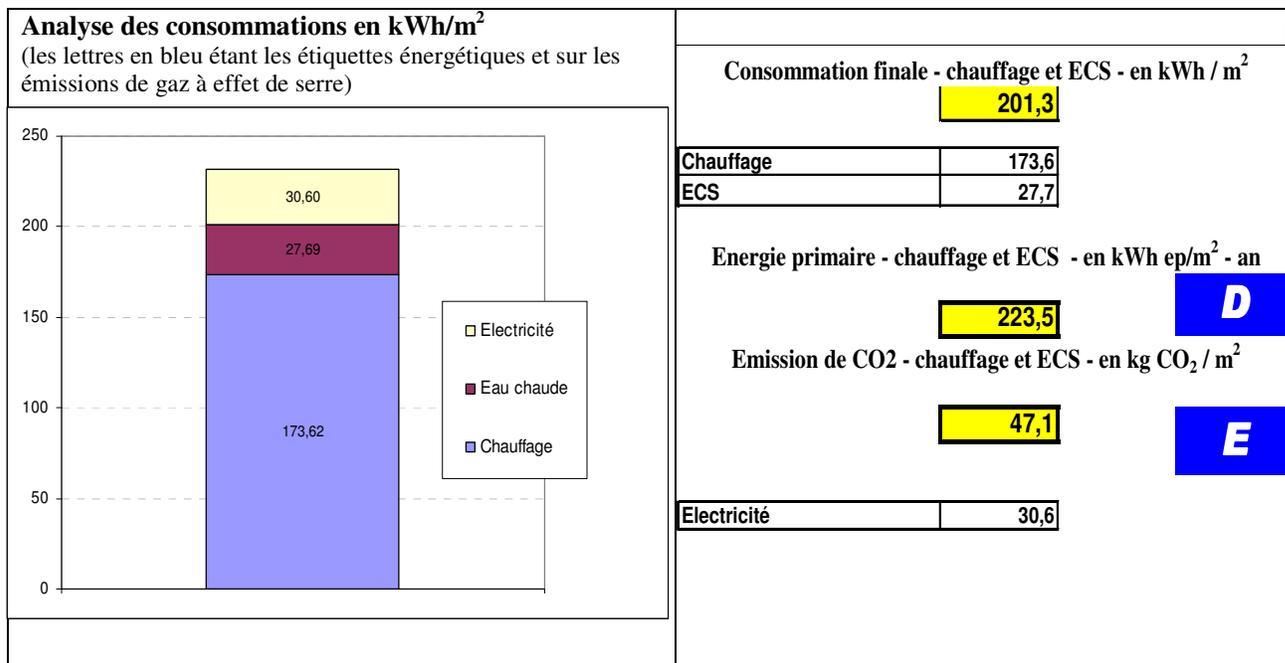
Source : UNILOGI

Ce bâtiment est représentatif de 103 bâtiments, soit 2 016 logements.

✚ La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	Hainaut
Type de bâtiment	Collectif R+4
Nombre de logements	19 logements
Surface utile (SHAB)	1175,07 m ²
Répartition des logements	4 T2, 6 T3, 9 T4
Zone climatique	H1
Date de construction	1971-75
Mode de chauffage	Chauffage central collectif gaz
Localisation en ZUS	Non
Localisation (centre ville, périphérie...)	Château-Thierry
Description	

 **L'analyse du bâtiment**



 **L'analyse du programme de réhabilitation**

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

Les travaux projetés sont seulement les suivants :

- Le changement de chaudière
- La pose d'un VMC simple flux
- L'isolation des murs par l'extérieur
- L'isolation des planchers bas
- L'isolation de la toiture terrasse
- La pose de chauffe eau solaires

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	231,9	127,5	45%
dont chauffage	174	80	54%
eau chaude sanitaire	27,7	16,6	40%
électricité parties communes	4,6	4,6	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	302,4	186,5	38%
dont chauffage et ECS	223,5	107,6	

C

Emission de CO ₂ en kg par m ²	48,3	23,9	51%
dont chauffage et ECS	47,1	22,7	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	23,1	13,4	42%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	15,9	9,9	38%

D

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	14 342	7 887
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	18 700	11 536
Emission de CO ₂ en tonnes par an	3,0	1,5
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 426	828

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	272	150
Consommation d'énergie primaire en MWh	355	219
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	57	28
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	27 103	15 723

Investissement unitaire en € / m²				
Chauffage	75,5			
Eau chaude sanitaire	30			
Electricité	0			
Total	105,5		Temps de retour	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	13		11	12

Investissement par logement en €		
Chauffage	4 669	
Eau chaude sanitaire	1 855	
Electricité	0	
Total	6524	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	773	7297

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €	
Chauffage	88 713
Eau chaude sanitaire	35 250
Electricité	0
Total	123 963
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	14 688

Bilan économique	BENEFICE		
	€/ m ² - an	€/ logement - an	€/ projet - an
Investissement en € actualisés par an	4,76	294	5 593
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0,75	46	881
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-5,95	-368	-6 990
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-3,74	-231	-4 391
Bilan net en € net actualisés par m²	-4,18	-258	-4 907

FACTEUR CO2	2,0
--------------------	------------

5.5. Cas 3 de Maison du CIL le bâtiment Berry - Bretagne – Béarn



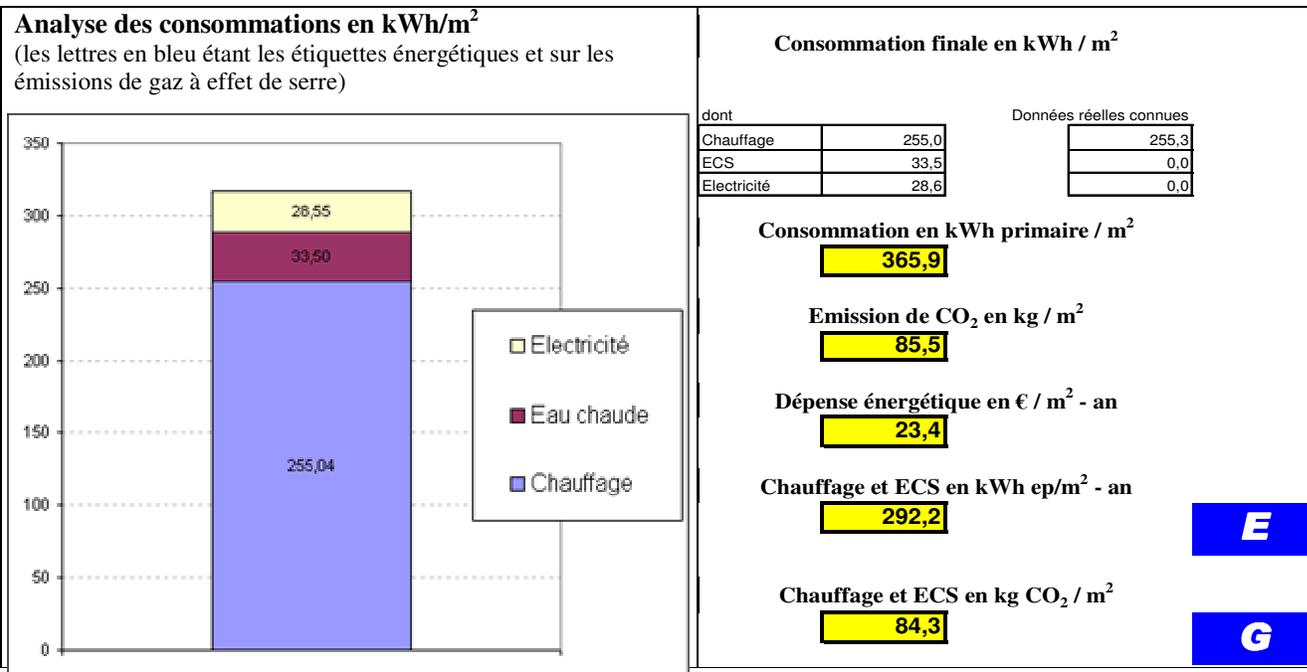
Source : UNILOGI

Ce bâtiment est représentatif de 103 bâtiments, soit 2 016 logements.

La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	Berry – Bretagne - Bearn
Type de bâtiment	3 immeubles collectifs R+4
Nombre de logements	57
Surface utile (SHAB)	3525,21 m ²
Répartition des logements	12 T2, 18 T3, 27 T4
Zone climatique	H1
Date de construction	1971-75
Mode de chauffage	Chauffage central au fioul
Localisation en ZUS	Non
Localisation (centre ville, périphérie...)	Château-Thierry
Description	

L'analyse du bâtiment



L'analyse du programme de réhabilitation

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

Les travaux projetés sont seulement les suivants :

- Le changement de chaudière avec passage au gaz
- La pose d'un VMC simple flux
- L'isolation des murs par l'extérieur
- L'isolation des planchers bas
- L'isolation de la toiture terrasse
- La pose de chauffe eau solaires

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	317,1	143,5	55%
dont chauffage	255	95	63%
eau chaude sanitaire	33,5	20,1	40%
électricité parties communes	2,6	2,6	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	365,9	201,3	45%
dont chauffage et ECS	292,2	127,6	
Résultats par logement			
Emission de CO ₂ en kg par m ²	85,5	28,0	67%
dont chauffage et ECS	84,3	26,9	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	35,5	14,76	58%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	23,4	10,64	55%

C
D

Résultats par logement			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	19 610	8 876	
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	22 628	12 448	
Emission de CO ₂ en tonnes par an	5,3	1,7	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	2 197	913	
Résultats pour le(s) bâtiment(s)			
Consommation d'énergie annuelle en MWh	1 118	506	
Consommation d'énergie primaire en MWh	1 290	710	
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	301	99	
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	125 211	52 033	
Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage		84	
Eau chaude sanitaire		26	
Electricité		0	
Total		110	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	26		5 7

Investissement par logement en €		
Chauffage	5 195	
Eau chaude sanitaire	1 608	
Electricité	0	
Total	6803	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1 608	8411

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €		
Chauffage	296 118	
Eau chaude sanitaire	91 655	
Electricité	0	
Total	387 773	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	91 655	

Bilan économique	BENEFIT		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	4,92	304	17 341
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1,56	96	5 495
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-12,75	-789	-44 946
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-8,01	-495	-28 232
Bilan net en € net actualisés par m²	-14,28	-883	-50 341

FACTEUR CO2	3,0
--------------------	------------

5.6. Synthèse

Il s'agit de trois familles de bâtiments construits avant la première réglementation thermique dont deux sont chauffés au gaz et un au fioul.

Les scénarii font passer les installations d'un chauffage gaz ou fioul collectif à un chauffage gaz individuel. La fourniture d'eau chaude sanitaire est en partie assurée par des chauffe eau solaires collectifs.

Les coûts d'investissement par logement sont assez comparables, entre 7 300 et 9 000 € par logement. De même, les situations finales sont assez comparables en matière énergétique, les consommations finales s'établissant entre 97 et 115 kWh par m².

Les bénéfices de la réhabilitation énergétique sont par contre très différents du fait des prix des énergies substituées. Le gain le plus élevé concerne les bâtiments chauffés au fioul.

Il en est de même du facteur CO₂ qui atteint 3 pour les bâtiments chauffés au fioul.

	Provence Roussillon Touraine	Hainaut	Berry Bretagne Béarn
	170 appartements	19 appartements	57 appartements
Consommation d'énergie primaire	265 kWh / m ²	224 kWh / m ²	292 kWh / m ²
Consommation d'énergie finale avant travaux - chauffage + ECS	238 kWh / m ²	201 kWh / m ²	288 kWh / m ²
Energie de chauffage	Gaz	Gaz	Fioul → Gaz
Consommation d'énergie finale après travaux - chauffage + ECS	104 kWh / m ²	97 kWh / m ²	115 kWh / m ²
Etiquette Energie	E → C	D → C	E → C
Facteur CO ₂	2,2	2,0	3,0
Etiquette CO₂	E → D	E → D	G → D
Coût d'investissement par logement	9 000 €	7 300 €	8 400 €
Coût global énergétique	Bénéfice de 6,4 € / m² - an	Bénéfice de 4,2 € / m² - an	Bénéfice de 14,3 € / m² - an

6. SAGECO

6.1. Description du bailleur

Avec 4 350 collaborateurs, le Groupe SNI, premier bailleur français, gère 258 085 logements. Il compte parmi ses filiales le Groupe EFIDIS qui gère 44 500 logements en Ile-de-France et est composé de 3 filiales territorialisées : SAGECO, VALESTIS et EFIDIS, la première intervient sur Paris, la seconde sur le Val-d'Oise et EFIDIS sur les autres départements de l'Ile-de-France. Enfin, DOMEFI est la société coopérative de production du Groupe qui réalise les opérations d'accession à la propriété.

SAGECO gère sur Paris 6 761 logements et compte 109 collaborateurs dont 60 personnes au siège.

6.2. Cas 1 de SAGECO : Immeuble Rue Dunois, Paris 13^{ème}

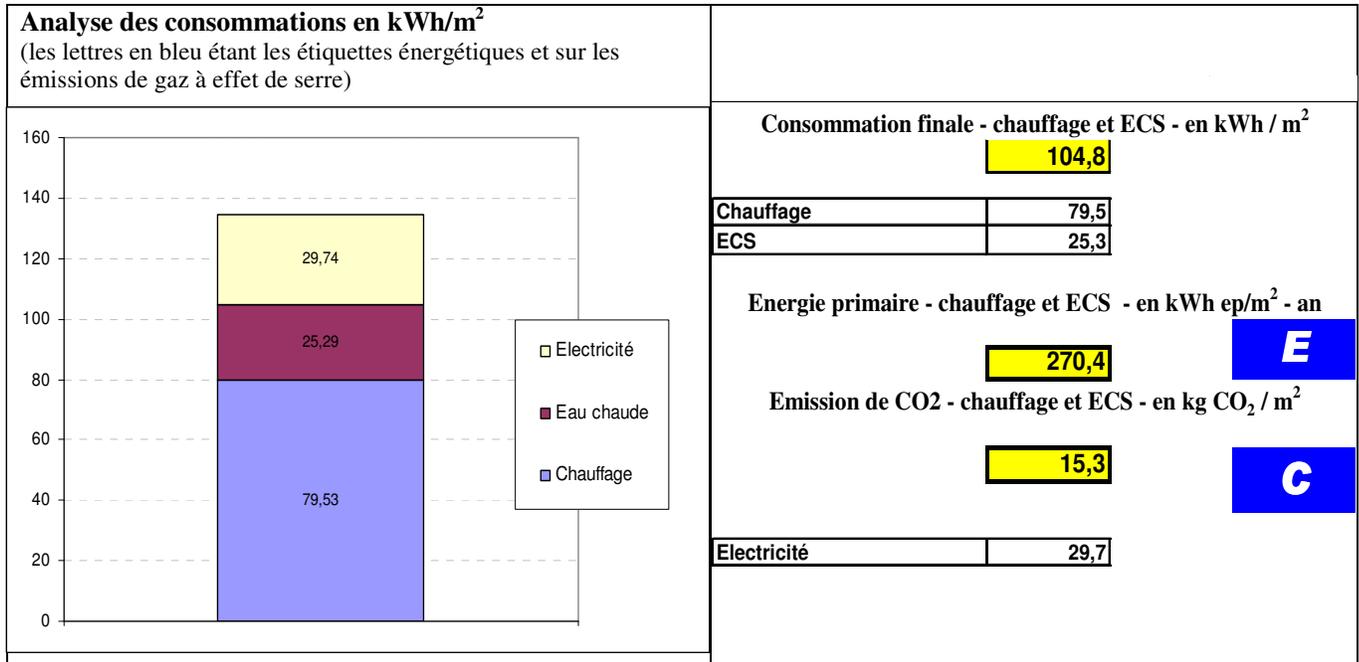


Source SAGECO

✚ La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	Rue Dunois, Paris
Type de bâtiment	Immeuble collectif avec 3 halls
Nombre de logements	76
Surface utile (SHAB)	2 408 m ²
Répartition des logements	9 studios, 67 T2
Zone climatique	H1
Date de construction	1891
Mode de chauffage	Individuel électrique
Localisation en ZUS	Non
Localisation	Paris 13 ^{ème}
Description	Belle résidence composée de deux immeubles construits vers 1890 dans le cadre des premiers programmes de logements sociaux parisiens d'initiative privée. Réhabilitée en 1994 en conservant l'esthétisme des constructions de la fin du 19 ^{ème} siècle et le charme des vieux immeubles parisiens. Les prestations de qualité dans les logements sont de qualité, beau parquet en chêne. Une cour intérieure verdoyante et fleurie apporte beaucoup de calme. Métro ligne 6 Nationale.

L'analyse du bâtiment



L'analyse du programme de réhabilitation

Les résultats de l'analyse de l'opération de réhabilitation prévue pour ce bâtiment type sont résumés dans le tableau ci après, les lettres en bleu étant les étiquettes énergétiques et sur les émissions de gaz à effet de serre **après travaux**.

Les travaux projetés sont seulement les suivants :

- La dépose des chauffages électriques et l'installation de chauffage individuels au gaz
- L'isolation des combles
- L'isolation des planchers bas

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	134,6	112,6	16%
dont chauffage	80	63	20%
eau chaude sanitaire	25,3	22,6	11%
électricité parties communes	3,7	3,7	0%
électricité logements	26	23	12%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	347,2	164,3	53%
dont chauffage et ECS	270,4	95,4	

C

Emission de CO ₂ en kg par m ²	16,5	21,2	-28%
dont chauffage et ECS	15,3	20,1	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	17,3	11,8	32%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	17,3	8,7	50%

C

Résultats par logement	
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	4 263
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	10 999
Emission de CO ₂ en tonnes par an	0,5
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	549

Résultats pour le(s) bâtiment(s)	
Consommation d'énergie annuelle en MWh	324
Consommation d'énergie primaire en MWh	836
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	40
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	41 719

Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage	110		
Eau chaude sanitaire	2		
Electricité	1		
Total	113	Temps de retour	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0	20	20

Investissement par logement en €		
Chauffage	3 485	
Eau chaude sanitaire	63	
Electricité	32	
Total	3580	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0	3580

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €	
Chauffage	264 880
Eau chaude sanitaire	4 816
Electricité	2 408
Total	272 104
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0

Bilan économique	BENEFICE		
	€/ m ² - an	€/ logement an	€/ projet - an
Investissement en € actualisés par an	4,76	151	11 456
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0,00	0	0
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-8,60	-272	-20 703
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	3,08	97	7 406
Bilan net en € net actualisés par m²	-0,76	-24	-1 841

FACTEUR CO2	0,8
--------------------	------------

6.3. Cas 2 de SAGECO : Immeuble Rue Beaugrenelle à Paris 15^{ème}



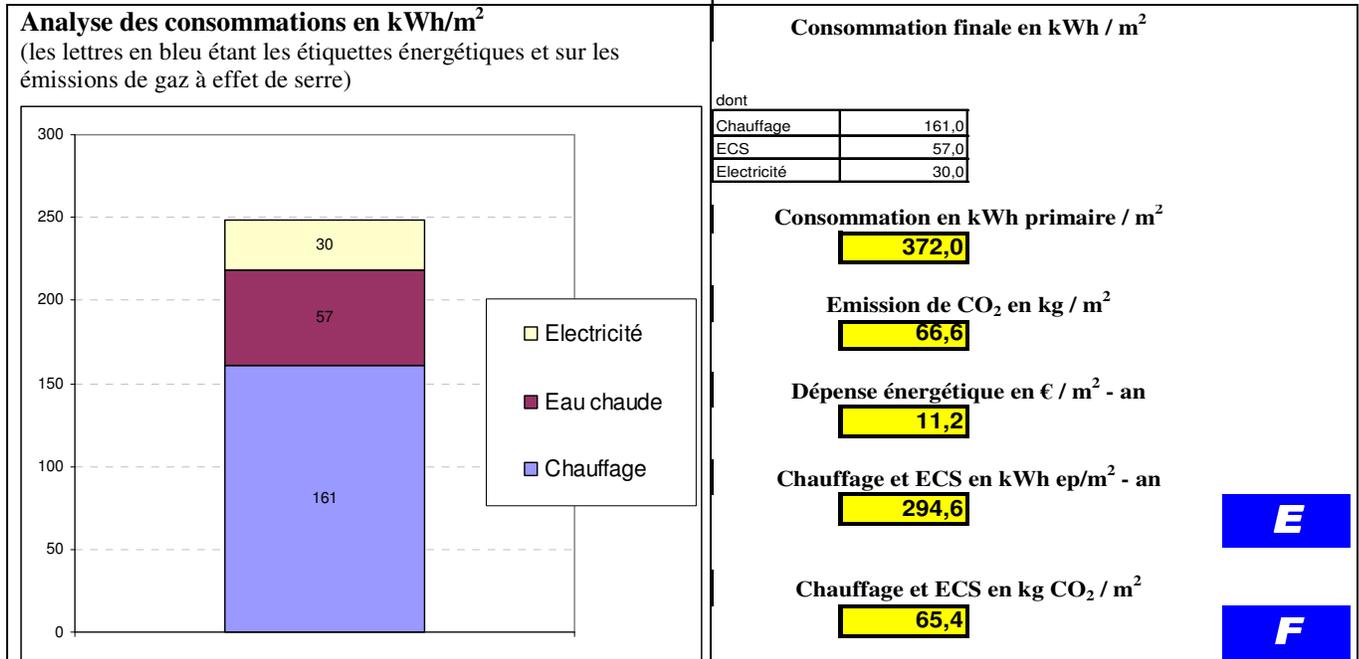
Source SAGECO

Ce bâtiment est représentatif de 9 bâtiments, soit 183 logements.

La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	Beaugrenelle
Type de bâtiment	Immeuble collectif R + 4 à R + 8
Nombre de logements	183
Surface utile (SHAB)	11 975 m ² au total pour les 9 bâtiments
Répartition des logements	46 T2, 81 T3, 41 T4 et 15 T5
Zone climatique	H1
Date de construction	1979
Mode de chauffage	Collectif, réseau urbain vapeur
Localisation en ZUS	Non
Localisation	dans le quartier très commerçant de Beaugrenelle, à deux pas de la place Charles Michels
Description	Ensemble immobilier composé de 9 bâtiments distincts situés. Les appartements sont bien conçus et disposent pour la plupart de terrasses ou de jardins privés. Les établissements scolaires sont à proximité. Bonne desserte par le métro ligne 10 place Charles Michels. Grand projet de réaménagement du centre commercial Beaugrenelle

L'analyse du bâtiment



L'analyse du programme de réhabilitation

Des travaux ont déjà été effectués : la réfection des parties communes avec mise en peinture en 2001.

Le programme de travaux envisagés en 2007/2008 est le suivant :

- Accord collectif intervenu pour l'aménagement et l'embellissement des halls et la pose d'interphones
- Réfection des halls d'entrée et des contrôles d'accès, amélioration des circulations
- Amélioration de l'exploitation (désembouage, mise en place de clarificateur, équilibrage)
- Mise en place de contrat avec intéressement
- Amélioration de l'isolation du bâti (menuiserie double vitrage, isolation façade, ...) :
 - ✚ Pose de menuiseries performantes ($U_w = 1,6$)
 - ✚ Isolation des murs par l'extérieur
 - ✚ Equilibrage de l'installation
 - ✚ Remplacement des systèmes à accumulation par de l'ECS semi instantanée
 - ✚ Pose de compteurs d'eau individuels
 - ✚ Installation de lampes basse consommation

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	248,0	179,2	28%
dont chauffage	161	102	36%
eau chaude sanitaire	57,0	48,6	15%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	24	7%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	372,0	276,7	26%
dont chauffage et ECS	294,6	204,0	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	66,6	46,4	30%
dont chauffage et ECS	65,4	45,3	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	14,1	11,33	20%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	11,2	9,35	17%

D

E

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	16 229	11 724
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	24 343	18 109
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4,4	3,0
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	922	742
Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	2 970	2 146
Consommation d'énergie primaire en MWh	4 455	3 314
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	798	556
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	168 780	135 713

Investissement unitaire en € / m²			
Chauffage	20,5		
Eau chaude sanitaire	5,5		
Electricité	1		
Total	27	Temps de retour	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	40	10	24

Investissement par logement en €		
Chauffage	1 341	
Eau chaude sanitaire	360	
Electricité	65	
Total	1767	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	2 617	4384

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €	
Chauffage	245 488
Eau chaude sanitaire	65 863
Electricité	11 975
Total	323 325
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	479 000

Bilan économique	BENEFIT		
	€/ m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	1,17	77	14 021
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1,57	103	18 785
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-1,88	-123	-22 541
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-0,88	-58	-10 527
Bilan net en € net actualisés par m²	-0,02	-1	-262

FACTEUR CO2	1,4
--------------------	------------

6.4. Cas 3 de SAGECO : Immeuble La Caravelle à Villeneuve La Garenne (92)



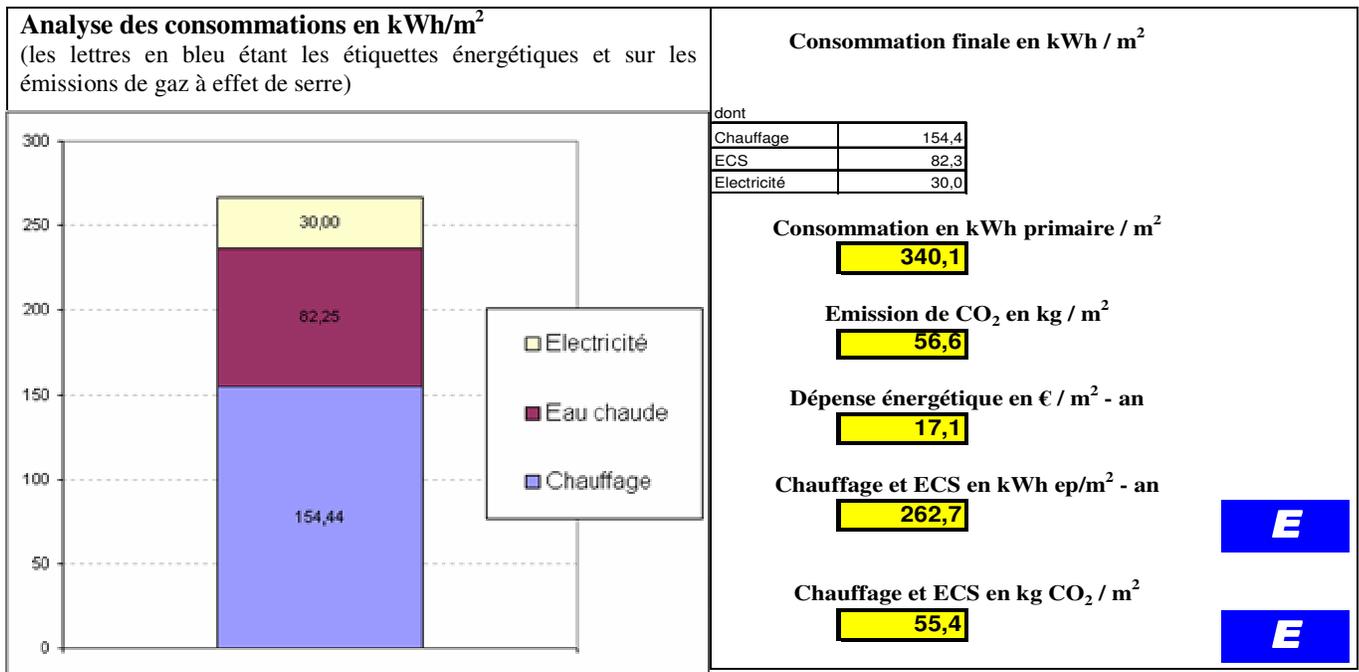
Source SAGECO

Ce bâtiment est représentatif de l'ensemble de La Caravelle soit 1 800 logements.

🚧 La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	La Caravelle
Type de bâtiment	2 immeubles collectifs R+ 9 de 23 halls
Nombre de logements	658
Surface utile (SHAB)	41 321 m ²
Répartition des logements	21 studios, 150 T2, 209 T3, 276 T4 et 1 T5
Zone climatique	H1
Date de construction	1966, réhabilitation en 1999
Mode de chauffage	Collectif - GAZ – Plancher chauffant
Localisation en ZUS	Non
Localisation	Dans le quartier de la Caravelle, nos immeubles occupent la partie Nord, avec un environnement dégagé et verdoyant face au parc des Chanteraines.
Description	<p>Les logements sont clairs, de bonnes surfaces et bien conçus.</p> <p>Le quartier donne lieu, depuis début 1999, à une vaste opération de renouvellement urbain, coordonnée par la Sem 92.</p> <p>L'immeuble principal a été coupé en trois et deux nouveaux petits immeubles lui sont adjoints, une partie des logements a bénéficié d'extensions en façade.</p> <p>Les voiries et les espaces extérieurs ont été réaménagés dans le but de rendre la résidence encore plus agréable.</p> <p>Un nouveau centre commercial, comprenant quelques commerces et un supermarché LIDL a été ouvert en 2001..</p> <p>Le "Nouveau Monde" centre socioculturel situé sur le site permet à tous les habitants de bénéficier de son accueil et des services.</p>

L'analyse du bâtiment



L'analyse du programme de réhabilitation

Le programme de travaux envisagés en 2007/2008 est le suivant :

- Amélioration de l'isolation du bâti (isolation façade, ...)
- Etude de la mise en place d'une production ECS Solaire
- Gain énergie primaire évalué : 3756 MWh pour travaux d'isolation

Le scénario retenu concerne :

- l'isolation renforcée des murs (isolant = 20 cm)
- l'équilibrage des installations de chauffage
- l'installation de chauffe eau solaire
- le passage à de l'eau chaude sanitaire instantanée
- les lampes basse consommation dans les logements

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	266,7	161,3	40%
dont chauffage	154	78	49%
eau chaude sanitaire	82,3	54,3	34%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	25	5%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	340,1	221,3	35%
dont chauffage et ECS	262,7	147,2	
Emission de CO ₂ en kg par m ²	56,6	32,2	43%
dont chauffage et ECS	55,4	31,0	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	25,5	16,42	36%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	17,1	11,68	32%

C

D

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	16 748	10 131
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	21 360	13 898
Emission de CO ₂ en tonnes par an	3,6	2,0
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 603	1 031

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	11 020	6 666
Consommation d'énergie primaire en MWh	14 055	9 145
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	2 338	1 329
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 054 814	678 576

Investissement unitaire en € / m²		
Chauffage	49	
Eau chaude sanitaire	29	
Electricité	1	
Total	79	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0	9 9

Investissement par logement en €		
Chauffage	3 077	
Eau chaude sanitaire	1 821	
Electricité	63	
Total	4961	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0	4961

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €	
Chauffage	2 024 729
Eau chaude sanitaire	1 198 309
Electricité	41 321
Total	3 264 359
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0

Bilan économique	BENEFIT		
	€ / m ² - an	€/logement - an	€/projet - an
Investissement en € actualisés par an	3,70	232	152 785
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0,00	0	0
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-5,38	-338	-222 210
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-3,73	-234	-154 028
Bilan net en € net actualisés par m²	-5,41	-340	-223 452

FACTEUR CO2	1,8
--------------------	------------

6.5. Synthèse

Il s'agit de trois immeubles très différents et les scénarii sont adaptés à chacun des contextes : ils reprennent des études de faisabilité récentes ou en cours.

L'immeuble rue Dunois est caractérisé par des petits logements (31 m² en moyenne). Le facteur CO₂ est inférieur à un dans la mesure où l'on substitue l'électricité par une énergie fossile.

La rentabilité économique rue Beaugrenelle dépend en partie du prix de l'énergie distribuée par la CPCU et de son évolution.

Enfin, les immeubles de la Caravelle qui représentent 10 % du parc de logements de la SAGECO rentrent dans un projet de renouvellement urbain. 1800 logements sont directement concernés par le projet parce que, d'une part, la réhabilitation énergétique envisagée sur ces 658 logements peut être reproduite à l'identique dans le reste de la cité et que, d'autre part, la forte réduction de la consommation d'énergie sur ces logements peut induire un déséquilibre économique pour l'ensemble de la chaufferie collective.

	Immeuble rue Dunois, Paris 13^{ème}	Immeuble rue Beaugrenelle, Paris 15^{ème}	La Caravelle, Villeneuve la Garenne
	76 appartements	183 appartements	658 appartements
Consommation d'énergie primaire	270 kWh / m ²	295 kWh / m ²	263 kWh / m ²
Consommation d'énergie finale avant travaux - chauffage + ECS	105 kWh / m ²	218 kWh / m ²	236 kWh / m ²
Energie de chauffage	Electrique → Gaz	Chauffage urbain	Gaz
Consommation d'énergie finale après travaux - chauffage + ECS	86 kWh / m ²	151 kWh / m ²	124 kWh / m ²
Etiquette Energie	E → C	E → D	E → C
Facteur CO ₂	0,8	1,4	1,8
Etiquette CO₂	C → D	F → E	E → D
Coût d'investissement par logement	3 600 €	4 400 €	5 000 €
Coût global énergétique	Bénéfice de 0,8 € / m² - an	Bénéfice de 0 € / m² - an	Bénéfice de 5,4 € / m² - an

7. Le Groupe EFIDIS

7.1. Description du bailleur

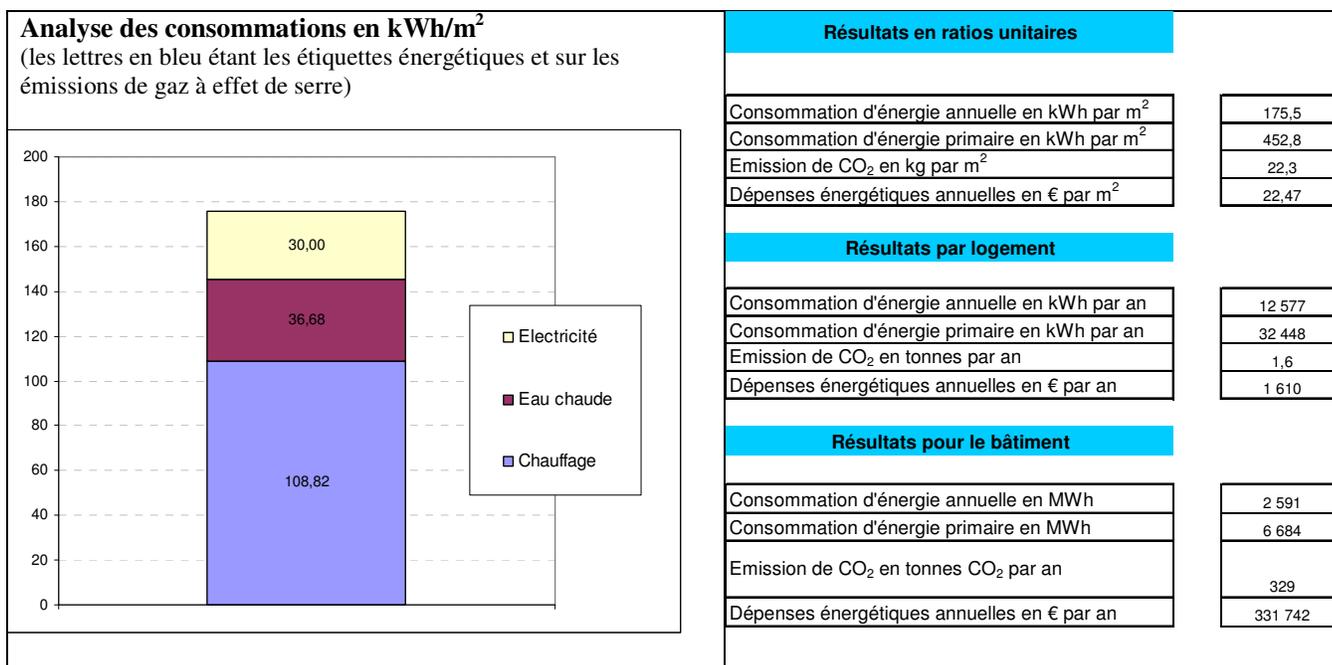
Avec 4 350 collaborateurs, le Groupe SNI, premier bailleur français, gère 258 085 logements. Il compte parmi ses filiales le Groupe EFIDIS qui gère 44 500 logements en Ile-de-France et est composé de 3 filiales territorialisées : SAGECO, VALESTIS et EFIDIS, la première intervient sur Paris, la seconde sur le Val-d'Oise et EFIDIS sur les autres départements de l'Ile-de-France. Enfin, DOMEFI est la société coopérative de production du Groupe qui réalise les opérations d'accèsion à la propriété.

7.2. Cas 1 d'EFIDIS : Résidence Les Chaperons, Brie Comte Robert (77)

La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	Résidence Les Chaperons
Type de bâtiment	Immeuble collectif
Nombre de logements	206 logements dans 13 bâtiments
Surface utile (SHAB)	14 763 m ²
Répartition des logements	
Zone climatique	H1
Date de construction	1971 – 1975
Mode de chauffage	Chauffage électrique
Localisation en ZUS	
Localisation	Brie Comte Robert, Seine-et-Marne (77)
Description	

L'analyse du bâtiment



L'analyse du programme de réhabilitation

Le scénario retenu concerne :

- l'isolation des toitures terrasses
- l'isolation des planchers bas
- l'installation d'un chauffage central au gaz

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux

- la pose de compteurs d'eau chaude individuels
- les lampes basse consommation dans les logements

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	175,5	129,0	26%
dont chauffage	109	69	37%
eau chaude sanitaire	36,7	33,4	9%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	23	12%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	452,8	182,9	60%
dont chauffage et ECS	375,4	113,3	

Emission de CO ₂ en kg par m ²	22,3	25,0	-12%
dont chauffage et ECS	21,1	23,9	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	22,5	13,3	41%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	22,5	9,7	57%

C

D

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	12 577	9 247
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	32 448	13 109
Emission de CO ₂ en tonnes par an	1,6	1,8
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 610	956

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	2 591	1 905
Consommation d'énergie primaire en MWh	6 684	2 700
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	329	368
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	331 742	196 909

Investissement unitaire en € / m²			Temps de retour	
Chauffage	110			
Eau chaude sanitaire	2			
Electricité	1			
Total	113		12	14
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	17			

Investissement par logement en €		
Chauffage	7 883	
Eau chaude sanitaire	143	
Electricité	72	
Total	8098	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1 194	9293

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €		
Chauffage	1 623 930	
Eau chaude sanitaire	29 526	
Electricité	14 763	
Total	1 668 219	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	246 050	

Bilan économique	BENEFICE		
	€/ m ² - an	€/ logement an	€/ projet - an
Investissement en € actualisés par an	4,67	335	69 011
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1,00	72	14 753
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-12,79	-916	-188 763
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	3,65	262	53 930
Bilan net en € net actualisés par m²	-3,46	-248	-51 070

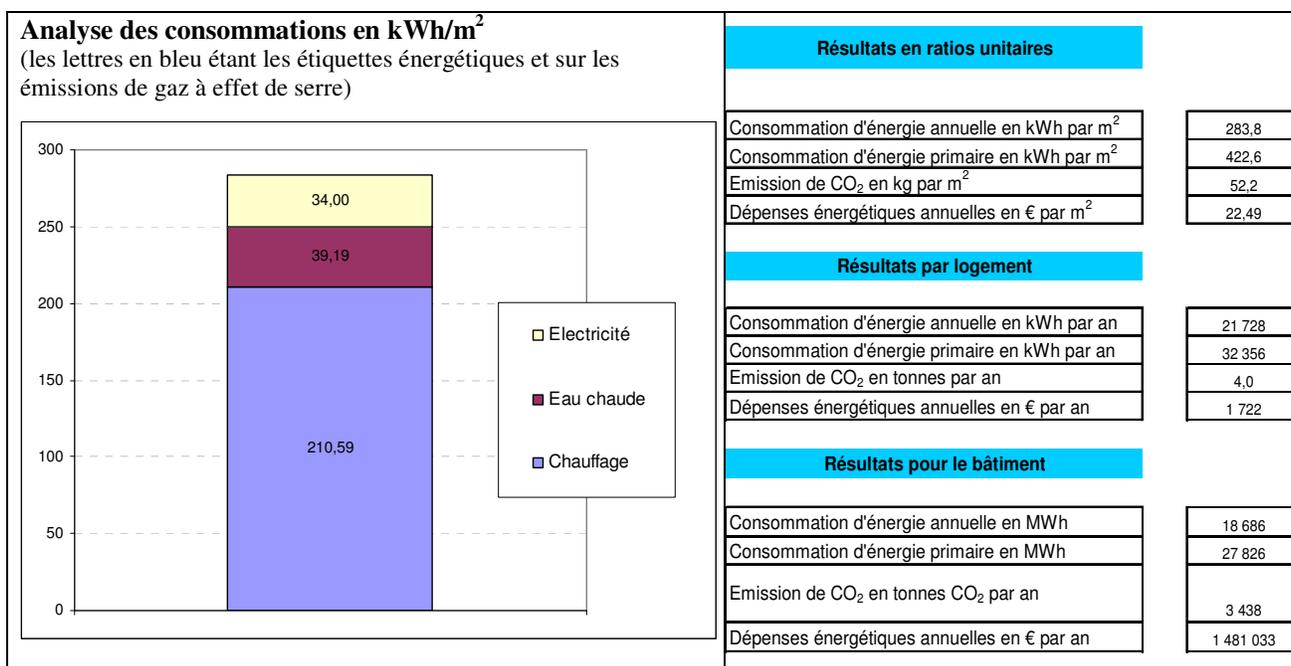
FACTEUR CO2	0,9
--------------------	------------

7.3. Cas 2 d'EFIDIS : Résidence Les Fleurs

La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	Les Fleurs
Type de bâtiment	Immeuble
Nombre de logements	43 bâtiments / 860 logements
Surface utile (SHAB)	65 850
Répartition des logements	
Zone climatique	H1
Date de construction	1971 – 75
Mode de chauffage	Chauffage central collectif au gaz
Localisation en ZUS	
Localisation	Carrières sous Poissy
Description	

L'analyse du bâtiment



L'analyse du programme de réhabilitation

Le scénario retenu concerne :

- l'isolation des toitures terrasses
- l'isolation des planchers bas
- l'installation d'un chauffage central au gaz
- la pose de compteurs d'eau chaude individuels
- les lampes basse consommation dans les logements
- l'installation de chauffe eau solaires

Une hypothèse de changement de tarif du gaz a également été retenue.

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	283,8	181,5	36%
dont chauffage	211	127	40%
eau chaude sanitaire	39,2	23,2	41%
électricité parties communes	8,0	8,0	0%
électricité logements	26	23	12%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	422,6	247,1	42%
dont chauffage et ECS	334,9	167,1	
Résultats par logement			
Emission de CO ₂ en kg par m ²	52,2	36,5	30%
dont chauffage et ECS	50,8	35,2	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	25,9	18,4	29%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	20,0	13,0	35%

D

D

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	21 728	13 899
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	32 356	18 917
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4,0	2,8
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 984	1 410
Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	18 686	11 953
Consommation d'énergie primaire en MWh	27 826	16 269
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	3 438	2 401
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 706 593	1 212 392

Investissement unitaire en € / m²		
Chauffage	25,5	
Eau chaude sanitaire	32	
Electricité	1	
Total	58,5	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	13	8 9

Investissement par logement en €		
Chauffage	1 953	
Eau chaude sanitaire	2 450	
Electricité	77	
Total	4479	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	957	5436

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €	
Chauffage	1 679 175
Eau chaude sanitaire	2 107 200
Electricité	65 850
Total	3 852 225
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	823 125

Bilan économique	BENEFICE		
	€/ m ² - an	€/ logement an	€/ projet - an
Investissement en € actualisés par an	3,16	242	208 045
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	0,75	57	49 353
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-6,94	-532	-457 116
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-0,56	-43	-37 084
Bilan net en € net actualisés par m²	-3,60	-275	-236 803

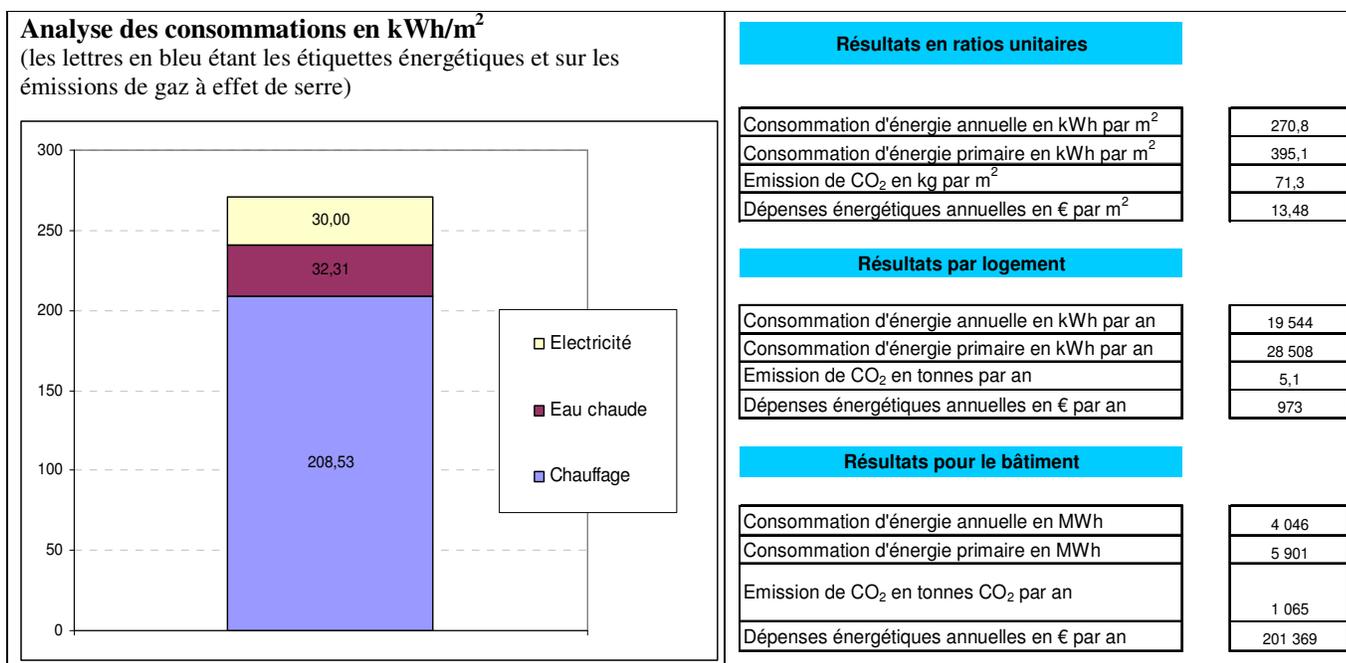
FACTEUR CO2	1,4
--------------------	------------

7.4. Cas 3 d'EFIDIS : Résidence la Montagne

La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	Résidence La Montagne
Type de bâtiment	Logement en immeuble collectif
Nombre de logements	207 logements dans 12 bâtiments
Surface utile (SHAB)	14 937
Répartition des logements	
Zone climatique	H1
Date de construction	1956 – 70
Mode de chauffage	Chauffage urbain
Localisation en ZUS	
Localisation	Le Mée sur Seine – Seine et Marne (77)
Description	

L'analyse du bâtiment



L'analyse du programme de réhabilitation

Le scénario retenu concerne :

- l'isolation des toitures terrasses
- l'isolation des planchers bas
- l'installation d'un chauffage central individuel au gaz en place du chauffage urbain
- la pose de compteurs d'eau chaude individuels
- les lampes basse consommation dans les logements
- l'installation de chauffe eau solaires

Il n'y a pas d'hypothèse particulière sur l'évolution des tarifs du chauffage urbain.

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	270,8	173,6	36%
dont chauffage	209	129	38%
eau chaude sanitaire	32,3	17,8	45%
électricité parties communes	4,0	4,0	0%
électricité logements	26	23	12%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	395,1	232,4	41%
dont chauffage et ECS	317,7	162,7	

Emission de CO ₂ en kg par m ²	71,3	35,4	50%
dont chauffage et ECS	70,1	34,3	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	17,4	17,5	-1%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	13,5	12,2	9%

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	19 544	12 527
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	28 508	16 769
Emission de CO ₂ en tonnes par an	5,1	2,6
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 254	1 261

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	4 046	2 593
Consommation d'énergie primaire en MWh	5 901	3 471
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	1 065	529
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	259 505	261 019

Investissement unitaire en € / m²		
Chauffage	28	
Eau chaude sanitaire	32	
Electricité	1	
Total	61	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	17	-602 -766

Investissement par logement en €		
Chauffage	2 020	
Eau chaude sanitaire	2 309	
Electricité	72	
Total	4402	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1 203	5604

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €	
Chauffage	418 236
Eau chaude sanitaire	477 984
Electricité	14 937
Total	911 157
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	248 950

Bilan économique	PERTE		
	€/ m ² - an	€/ logement - an	€/ projet - an
Investissement en € actualisés par an	3,26	235	48 656
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	1,00	72	14 926
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-1,26	-91	-18 754
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	1,36	98	20 267
Bilan net en € net actualisés par m²	4,36	314	65 096

FACTEUR CO2	2,0
--------------------	------------

D

D

7.5. Synthèse

Dans les trois cas, le bailleur souhaite installer des chauffages individuels au gaz. Les projets sont bénéficiaires lors qu'il s'agit de substituer de l'électricité, et du gaz (chaufferie collective) pour le second cas, principalement parce que l'on améliore la qualité thermique de l'enveloppe dans le même temps.

Par contre, passer du chauffage urbain au gaz ne semble pas très intéressant du fait des rapports de prix entre énergie.

	Les Chaperons / Brie Comte Robert	Les Fleurs / Carrières sous Poissy	La Montagne / Le Mée sur Seine
	206 appartements	860 appartements	207 appartements
Consommation d'énergie primaire	453 kWh / m ²	335 kWh / m ²	318 kWh / m ²
Consommation d'énergie finale avant travaux - chauffage + ECS	146 kWh / m ²	250 kWh / m ²	241 kWh / m ²
Energie de chauffage	Electrique → Gaz individuel	Gaz collectif → Gaz individuel	Chauffage urbain → Gaz individuel
Consommation d'énergie finale après travaux - chauffage + ECS	102 kWh / m ²	150 kWh / m ²	147 kWh / m ²
Etiquette Energie	F → C	F → D	E → D
Facteur CO ₂	0,9	1,4	1,8
Etiquette CO₂	D → D	E → D	F → D
Coût d'investissement par logement	9 300 €	5 400 €	5 600 €
Coût global énergétique	Bénéfice de 3,5 € / m² - an	Bénéfice de 3,6 € / m² - an	Perte de 4,4 € / m² - an

Chapitre 8. OSICA (Groupe SNI)

8.1. Description du bailleur

OSICA est une filiale francilienne du Groupe SNI, premier bailleur en France.

OSICA possède 40 400 logements familiaux sur 129 communes, 12 200 logements en résidences – services (pour personnes âgées, étudiants, jeunes travailleurs ou travailleurs migrants) et emploie 730 collaborateurs.

8.2. Objectif poursuivi

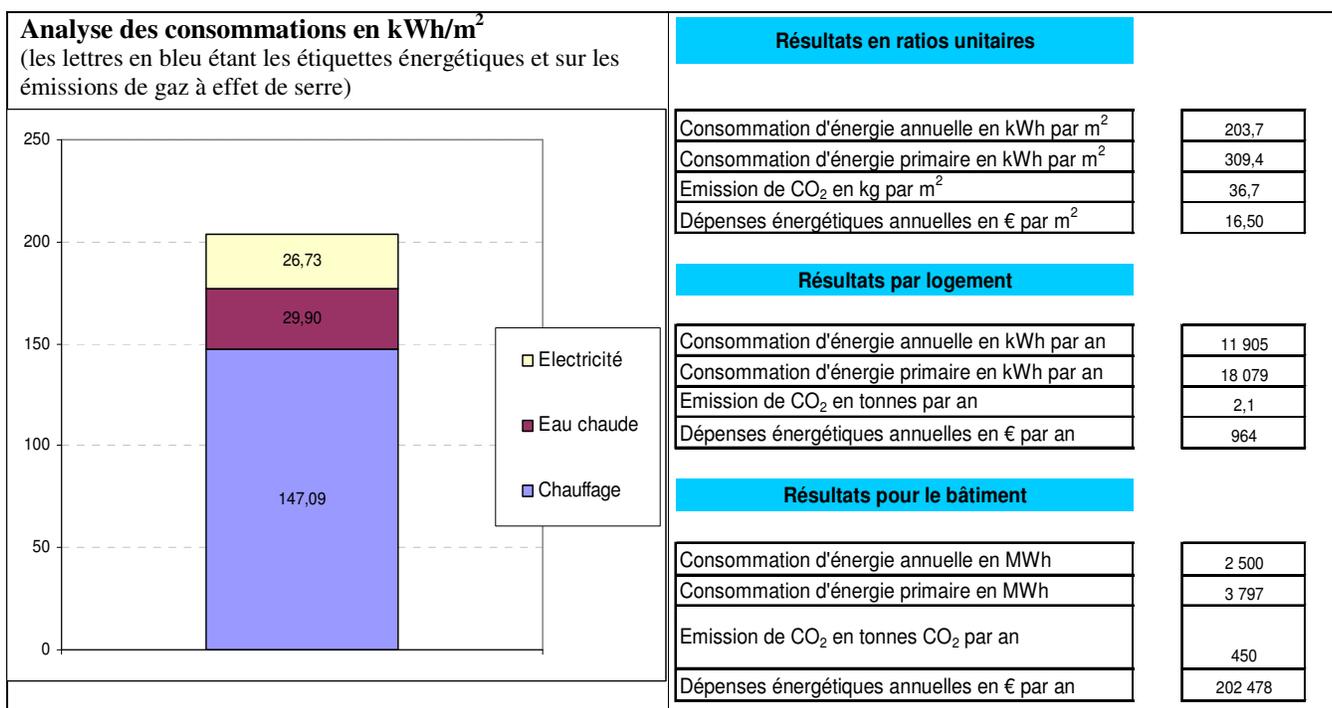
OSICA souhaite voir comment le modèle SEC peut être utile et utilisé pour l'optimisation des programmes de réhabilitation d'une part et définir comment un tel outil peut venir en appui au Plan Patrimonial Energétique de la société.

8.3. Cas 1 d'OSICA : Résidence Château Valenton

La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	Résidence Château Valenton
Type de bâtiment	Immeuble collectif
Nombre de logements	210 logements dans 8 bâtiments
Surface utile (SHAB)	12 271 m ²
Répartition des logements	
Zone climatique	H1
Date de construction	1956 – 70
Mode de chauffage	Chauffage central collectif gaz
Localisation en ZUS	
Localisation	Valenton (94)
Description	

L'analyse du bâtiment



Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux

La consommation d'énergie primaire du bâtiment s'élève à 240 kWh par m² pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Les bâtiment sont dans la classe E (DPE).

Concernant les émissions de CO₂, elles s'élèvent à 35,6 kg CO₂ par m², classant les bâtiments dans la classe D.

L'analyse du programme de réhabilitation

Le scénario retenu concerne :

- l'isolation de la façade (10 cm isolant)
- une action de sensibilisation des locataires aux économies d'énergie
- la pose de compteurs d'eau chaude individuels
- la réalisation d'économie d'eau par des équipements performants
- l'installation de chauffe eau solaires collectifs

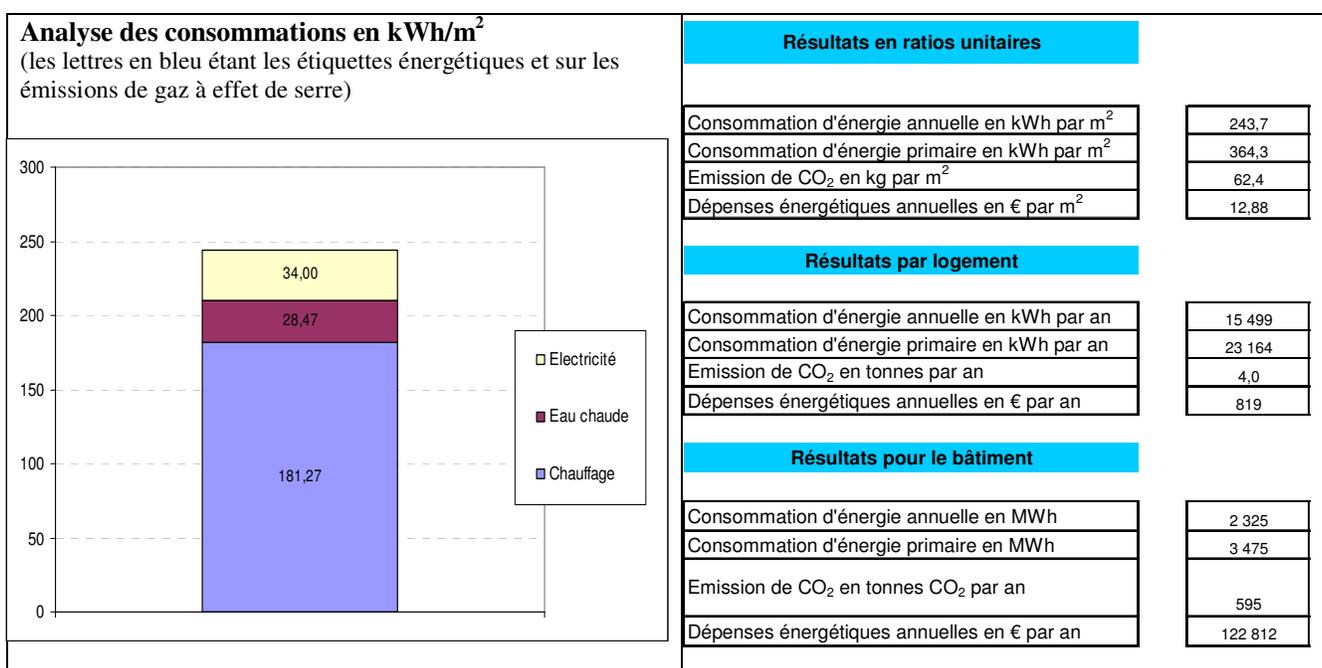
Le scénario proposé permet aux bâtiments de se retrouver dans la classe C, contre E auparavant.

8.4. Cas 2 d'OSICA : Résidence Floréale

La typologie du bâtiment

Nom de la résidence	Floréale
Type de bâtiment	Immeuble
Nombre de logements	3 bâtiments / 150 logements
Surface utile (SHAB)	9 538 m ²
Répartition des logements	
Zone climatique	H1
Date de construction	1956 – 1970
Mode de chauffage	Chauffage urbain
Localisation en ZUS	
Localisation	BONNEUIL (94)
Description	

L'analyse du bâtiment



La consommation d'énergie primaire du bâtiment s'élève à 277 kWh par m² pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Les bâtiment sont dans la classe E (DPE).

Concernant les émissions de CO₂, elles s'élèvent à 61 kg CO₂ par m², classant les bâtiments dans la classe F.

L'analyse du programme de réhabilitation

Le scénario retenu concerne :

- l'isolation des façades
- l'isolation des toitures terrasses
- l'isolation des planchers bas
- la pose de double vitrages (U_w = 2,5)
- le remplacement des chauffe bains
- la pose d'équipements économisant l'eau (chaude)

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux

	AVANT	APRES	Economie en %
Résultats en ratios unitaires			
Consommation d'énergie annuelle en kWh par m ²	243,7	124,2	49%
dont chauffage	181	69	62%
eau chaude sanitaire	28,5	21,2	25%
électricité parties communes	8,0	8,0	0%
électricité logements	26	26	0%
Consommation d'énergie primaire en kWh par m ²	364,3	204,4	44%
dont chauffage et ECS	276,6	116,7	

Emission de CO ₂ en kg par m ²	62,4	27,0	57%
dont chauffage et ECS	61,0	25,6	
Dépenses énergétiques annuelles en € par m ²	16,3	10,2	37%
Dépenses énergétiques /an hors effet prix énergie	12,9	8,5	34%

Résultats par logement		
Consommation d'énergie annuelle en kWh par an	15 499	7 895
Consommation d'énergie primaire en kWh par an	23 164	13 000
Emission de CO ₂ en tonnes par an	4,0	1,7
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	1 035	647

Résultats pour le(s) bâtiment(s)		
Consommation d'énergie annuelle en MWh	2 325	1 184
Consommation d'énergie primaire en MWh	3 475	1 950
Emission de CO ₂ en tonnes CO ₂ par an	595	258
Dépenses énergétiques annuelles en € par an	155 214	97 029

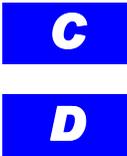
Investissement unitaire en € / m²		
Chauffage	54,28571429	
Eau chaude sanitaire	9	
Electricité	0	
Total	63,28571429	Temps de retour
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	47	10 18

Investissement par logement en €		
Chauffage	3 452	
Eau chaude sanitaire	572	
Electricité	0	
Total	4024	
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	2 998	7022

Investissement pour le(s) bâtiment(s) en €	
Chauffage	517 777
Eau chaude sanitaire	85 842
Electricité	0
Total	603 619
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	449 649

Bilan économique	BENEFICE		
	€/ m ² - an	€/ logement - an	€/ projet - an
Investissement en € actualisés par an	3,15	201	30 079
Autres investissements incontournables ayant un impact énergétique	2,00	127	19 047
Maintenance annuelle		0	0
Economie d'énergie à prix de l'énergie constant (hors inflation)	-4,37	-278	-41 656
Hypothèse hausse des prix de l'énergie	-1,73	-110	-16 529
Bilan net en € net actualisés par m²	-0,95	-60	-9 058

FACTEUR CO2	2,3
--------------------	------------



8.5. Synthèse

Les deux cas étudiés sont bien différents.

Dans le premier cas, le bailleur met l'accent sur l'isolation des façades d'une part et sur les économies d'eau chaude d'autre part. Ces économies d'eau chaude sont accrues par l'installation de chauffe eau solaires collectifs.

Le résultat est une économie d'énergie de 29 % sur le chauffage et l'ECS.

Le second cas consiste à isoler l'ensemble du bâtiment – façades, plancher bas, toiture – et à installer des double vitrage. L'impact énergétique est important avec une réduction de la consommation totale d'énergie des bâtiments de près de 50 % (57 % pour le chauffage et l'ECS).

	Château – Valenton / Valenton	Floréale / Bonneuil
	210 appartements	150 appartements
Consommation d'énergie primaire	309 kWh / m ²	364 kWh / m ²
Consommation d'énergie finale avant travaux - chauffage + ECS	177 kWh / m ²	210 kWh / m ²
Energie de chauffage	Gaz	Chauffage urbain
Consommation d'énergie finale après travaux – chauffage + ECS	123 kWh / m ²	90 kWh / m ²
Etiquette Energie	E → C	E → C
Facteur CO ₂	1,2	2,3
Etiquette CO₂	D → D	F → D
Coût d'investissement par logement	4 900 €	7 000 €
Coût global énergétique	Bénéfice de 2,4 € / m² - an	Bénéfice de 1 € / m² - an

SYNTHESE ET PERSPECTIVES D'UTILISATION DU MODELE SEC

1. Synthèse des études de cas

En introduction aux analyses qui seront opérées à partir de cet échantillon d'études de cas (deliverables 7 (en anglais) et 10 en français), le tableau ci-après synthétise l'ensemble des résultats obtenus lors de l'analyse de chacune des études de cas présentées dans ce deliverable 9.

Nous rappelons à nouveau que ces scénarii ont été élaborés et proposés par les bailleurs eux-mêmes. Ces bailleurs sont convaincus qu'il faut économiser l'énergie et qui font des efforts dans ce sens, raison pour laquelle ils ont participé aux travaux de ce groupe national Factor 4.

L'objectif de ces scénarii n'était pas d'atteindre le facteur 4 mais de proposer des solutions qui permettent d'atteindre un niveau élevé d'efficacité énergétique, c'est-à-dire qu'il ne s'agit pas de scénarii standards mais de scénarii volontaristes élaborés par des bailleurs soucieux d'économiser l'énergie avec les contraintes budgétaires classiques. **Ces scénarii peuvent donc être considérés comme des bonnes pratiques en France.**

La première remarque qui vient à l'esprit en analysant ces études de cas ou scénarii est que, après travaux, seulement 50 % des cas atteignent l'étiquette C pour l'énergie (pour le reste de l'analyse, voir le deliverable 7).

Ces exemples montrent cependant que les habitudes ou façons de travailler des bureaux d'études en charge des diagnostics thermiques comme des bailleurs eux-mêmes et notamment les processus de décision n'ont pas été modifiés.

Le processus incitatif existe pour le neuf mais il n'est pas adapté au contexte de la réhabilitation et nous analyserons pourquoi dans le deliverable 11.

2. L'intérêt du modèle SEC pour l'optimisation des opérations de réhabilitation de bâtiment(s)

Cette analyse souligne l'intérêt du modèle SEC à l'échelle d'un bâtiment. Le modèle SEC permet en effet notamment de :

- **déterminer les étiquettes énergétiques et d'émission de CO₂**
- **tester plusieurs scénarii de réhabilitation** pour le bâtiment et d'estimer les gains potentiels de chacun d'eux par rapport aux investissements et ainsi de déterminer le meilleur programme de réhabilitation en fonction des objectifs poursuivis et des contraintes (réglementaires, exigences de la collectivité locale ou de financeurs, etc.) (Voir aussi les deliverables 7 et 10).
- **identifier l'impact du coût énergétique sur le loyer** ou le couple loyer+charges ;
- **discuter avec les financeurs** (potentiels ou réels) afin de mettre en avant les gains pour la société (émissions de CO₂) et le coût pour le bailleur de cette amélioration ;
- identifier les erreurs contenues dans les études énergétiques (plus fréquentes que l'on ne croit...) ;
- **extrapoler les résultats** obtenus pour un ou plusieurs bâtiments (a fortiori lorsqu'il s'agit de bâtiments types) pour l'ensemble du patrimoine du bailleur. (Voir également le deliverable 10).

Enfin le modèle SEC peut être utilisé pour l'analyse des impacts attendus des opérations de réhabilitation comme cela a été fait pour les bâtiments de l'OPIHLM d'Arcueil – Gentilly.

3. L'intérêt du modèle SEC pour une stratégie nationale, territoriale et patrimoniale

Cependant l'intérêt majeur du modèle SEC réside dans la prise en compte de l'énergie dans la stratégie de gestion de patrimoine des bailleurs (cf Deliverable 10).

Mais le modèle SEC permet également une stratégie territoriale, à l'échelle d'un quartier, d'un dossier ANRU, d'un département ou d'une région.

Enfin le modèle SEC peut également être utilisé pour l'élaboration de la stratégie nationale de réhabilitation du parc social (cf. deliverable 10).

Ces trois dimensions sont développées dans le deliverable 10.

Les résultats de l'analyse énergétique (énergie et CO₂) en coût global avec le modèle SEC des 32 études de cas en France

Chauffage et Eau Chaude Sanitaire (ECS) Etudes de cas	Nb de logements (bâtiment collectif si non spécifié)	Consommation (Energie primaire)	Consommation (Energie finale) pour chauffage et ECS avant travaux	Source d'énergie pour le chauffage	Consommation (Energie finale) avant travaux pour chauffage et ECS après travaux	Etiquette Energie	Facteur CO ₂	Etiquette CO ₂	Coût d'investissement par logement	Analyse énergétique en coût global	
										Bénéfice	€/m ² -an
La Frileuse / Gentilly	60	230 kWh / m ²	207 kWh / m ²	Gaz	185 kWh / m ²	D => D	1,1	=> E	660 €	Bénéfice	0,7 € / m ² - an
La Vache Noire / Arcueil	1600	257 kWh / m ²	232 kWh / m ²	Gaz	153 kWh / m ²	E => D	1,5	E => D	4 600 €	Bénéfice	,6 € / m ² - an
Vercors / Libourne	194	190 kWh / m ²	171 kWh / m ²	Gaz	74 kWh / m ²	D => B	2,3	E => C	9 500 €	Bénéfice	1,2 € / m ² - an
Verlaine / Cenon	212	229 kWh / m ²	169 kWh / m ²	Réseau de chaleur	78 kWh / m ²	D => C	2,1	E => D	10 300 €	Perte	2,4 € / m ² - an
Maisons / Carbon-Blanc	112 maisons	376kWh / m ²	339 kWh / m ²	Gaz	174 kWh / m ²	F => D	1,9	F => E	6 200 €	Bénéfice	7,3 € / m ² - an
ILM Centaure / Roubaix	132	242 kWh / m ²	179 kWh / m ²	Réseau de chaleur	91 kWh / m ²	E => C	1,9	E => D	9 800 €	Perte	1,0 € / m ² - an
Canteleu / Lille	12	363kWh / m ²	328 kWh / m ²	Gaz	111 kWh / m ²	F => C	2,9	F => D	6 000 €	Bénéfice	14,6 € / m ² - an
Joffre / Tourcoing	24	248 kWh / m ²	188 kWh / m ²	Gaz	84 kWh / m ²	E => C	2,5	E => C	4 600 €	Bénéfice	3,1 € / m ² - an
Leclerc / Bourgoin	25	382 kWh / m ²	377 kWh / m ²	Equip. de chauf. Ndépendant => Chauffage central gaz	140 kWh / m ²	F => D	2,1	F => D	19 800 €	Bénéfice	6,1 € / m ² - an
Lucien Husseil / Bourgoin	40	240 kWh / m ²	233 kWh / m ²		209 kWh / m ²	E => E	1	E => E	5 500 €	Bénéfice	2,5 € / m ² - an
Provence Roussillon Touraine / Château-Thierry	326	265kWh / m ²	238 kWh / m ²	Gaz	104 kWh / m ²	E => C	2,2	E => D	9 000 €	Bénéfice	6,4 € / m ² - an
Hainaut / Château-Thierry	2016	224 kWh / m ²	201 kWh / m ²	Gaz	97 kWh / m ²	D => C	2	E => D	7 300 €	Bénéfice	4,2 € / m ² - an
Berry Bretagne Béarn / Château Thierry	2016	292 kWh / m ²	288 kWh / m ²	Fioul => Gaz	115 kWh / m ²	E => C	3	G => D	8 400 €	Bénéfice	14,3 € / m ² - an
Immeuble rue Dunois / Paris 13 ^{ème}	76	270 kWh / m ²	105 kWh / m ²	Electricité => Gaz	86 kWh / m ²	E => C	0,8	C => D	3 600 €	Bénéfice	0,8 € / m ² - an

Projet européen Factor 4 sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements sociaux

Immeuble rue Beaugrenelle / Paris 15 ^{ème}	183	295 kWh / m ²	218 kWh / m ²	Réseau de chaleur	151 kWh / m ²	E => D	1,4	F => E	4 400 €	Bénéfice	0 € / m ² - an
La Caravelle / Villeneuve la Garenne	1800	263 kWh / m ²	236 kWh / m ²	Gaz	124 kWh / m ²	E => C	1,8	E => D	5 000 €	Bénéfice	5,4 € / m ² - an
Les Chaperons / Brie Comte Robert	206	453 kWh / m ²	146 kWh / m ²	Electricité => Gaz	102 kWh / m ²	F => C	0,9	D => D	9 300 €	Bénéfice	3,5 € / m ² - an
Les Fleurs / Carrières sous Poissy	860	335 kWh / m ²	250 kWh / m ²	Gaz	150 kWh / m ²	F => D	1,4	E => D	5 400 €	Bénéfice	3,6 € / m ² - an
La Montagne / Le Mée sur Seine	207	318 kWh / m ²	241 kWh / m ²	Réseau de chaleur => Gaz	147 kWh / m ²	E => D	1,8	F => D	5 600 €	Perte	4,4 € / m ² - an
Valenton	210	240 kWh / m ²	177 kWh / m ²	Gaz	177 kWh / m ²	E => E	1	D => D	0 €	-	0 € / m ² - an
Bonneuil	80	506 kWh / m ²	380 kWh / m ²	Réseau de chaleur	285 kWh / m ²	G => F	1,3	G => G	4 100 €	Bénéfice	1,9 € / m ² - an
Thonier BCD	109	253 kWh / m ²	200 kWh / m ²	Réseau de chaleur	111 kWh / m ²	E => C	1,8	F => D	6 400 €	Bénéfice	1,1 € / m ² - an
Thonier AEFG	120	264 kWh / m ²	209 kWh / m ²	Réseau de chaleur	120 kWh / m ²	E => D	1,7	F => E	6 600 €	Bénéfice	1,1 € / m ² - an
Champins HIK	48	312 kWh / m ²	246 kWh / m ²	Réseau de chaleur	158 kWh / m ²	F => C	1,6	F => E	5 200 €	Bénéfice	1,6 € / m ² - an
Champins AB	36	386 kWh / m ²	305 kWh / m ²	Réseau de chaleur	107 kWh / m ²	E => C	2,8	G => D	8 400 €	Bénéfice	5,3 € / m ² - an
Champins FG	48	311 kWh / m ²	245 kWh / m ²	Réseau de chaleur	115 kWh / m ²	E => D	2,1	F => D	7 300 €	Bénéfice	2,6 € / m ² - an
Nomazy KGJ	170	278 kWh / m ²	219 kWh / m ²	Réseau de chaleur	115 kWh / m ²	E => C	1,9	F => D	6 600 €	Bénéfice	1,6 € / m ² - an
Nomazy BDF	222	293 kWh / m ²	231 kWh / m ²	Réseau de chaleur	117 kWh / m ²	E => C	1,9	F => E	7 700 €	Bénéfice	2,2 € / m ² - an
Nomazy EIH	182	300 kWh / m ²	237 kWh / m ²	Réseau de chaleur	133 kWh / m ²	E => D	1,8	F => E	8 000 €	Bénéfice	1,6 € / m ² - an
Champmilan "A"	286	242 kWh / m ²	191 kWh / m ²	Réseau de chaleur	146 kWh / m ²	E => D	1,3	F => E	3 500 €	Bénéfice	0,5 € / m ² - an
Champmilan "R"	269	243 kWh / m ²	192 kWh / m ²	Réseau de chaleur	149 kWh / m ²	E => D	1,3	F => E	3 500 €	Bénéfice	0,5 € / m ² - an
Le Plessis	362	231 kWh / m ²	208 kWh / m ²	Gaz	114 kWh / m ²	E => C	1,8	E => D	7 400 €	Bénéfice	2,1 € / m ² - an

Source La Calade pour Factor 4