
Optimisation d'un budget pour l'économie d'énergie.

Catherine BUHE^{1,2} - Jérôme BOGGETTO² - Bernard SOUYRI³

¹ EDU, UMR 5600 'Environnement, ville et société', INSA Lyon, 8, rue des Sports, 69621 Villeurbanne Cedex

² Département 'Génie des Systèmes Urbains', Université de Technologie de Compiègne, BP 60319, 60203 Compiègne Cedex

³ LOCIE, Polytech'Savoie, Campus universitaire, 73376 Le Bourget-du-lac

catherine.buhe@utc.fr, bernard.souryri@univ-savoie.fr, jboggett@etu.utc.fr

RÉSUMÉ. Dans un contexte de réduction des dépenses énergétiques des bâtiments existants, cette étude montre la faisabilité et la pertinence d'un outil d'aide à la décision pouvant être mis en œuvre par des petites collectivités ou directement par les particuliers. Cet outil permet d'évaluer puis de visualiser différents scénarios d'investissement et de ventiler au mieux un budget limité. L'originalité de l'approche est de rechercher pour un budget donné la meilleure combinaison d'actions à entreprendre afin de réduire au maximum les déperditions énergétiques.

ABSTRACT. In a context of reduction of the energetic expenditure of existing buildings, this study show the feasibility and relevance of a tool for helping small communities and private individuals taking decisions. It can also evaluate and then visualise different investment scenarios and to ventilate as well as possible a limited budget. The originality of this approach is to research, for a fixed budget, the best actions combinations to undertake to reduce to the maximum the energetic losses.

MOTS-CLÉS : maîtrise de l'énergie, aide à la décision, analyse économique

KEYWORDS: control energy, decision-making aid, analyzes economic

1. Problématique et enjeux

Le parc résidentiel vieillit, 31% des logements sont antérieurs à 1949 dont près des 2/3 antérieurs à 1915, 34% ont été construits entre 1949 et 1974, 13% entre 1975 et 1981, et 22% depuis 1982. Par ailleurs, les bâtiments qui consomment le plus d'énergie sont ceux construits entre 1949 et 1974. L'application de la nouvelle réglementation thermique sur les logements neufs ne pourra à elle seule permettre d'atteindre les engagements pris par la France lors des rencontres de Kyoto (1997).

Par conséquent, les démarches initiées par les collectivités territoriales en vue de la réduction des consommations énergétiques se multiplient avec notamment le recours à l'analyse des images par thermographie aérienne, utilisées comme moyens d'informations et de sensibilisation des particuliers afin de les inciter à effectuer des travaux d'isolation et d'économies d'énergie. Ces collectivités affichent une volonté de créer une dynamique de maîtrise de la demande énergétique au niveau de leur territoire. Si de telles démarches ont montré leur intérêt, leur mise en place pour la collectivité nécessite un investissement conséquent hors de portée de la plupart des communes.

2. Pratiques actuelles et outils

A l'heure actuelle, les maîtres d'ouvrage et les gestionnaires de patrimoine définissent leur stratégie en termes de maîtrise de l'énergie et d'intégration des énergies renouvelables sur la base d'étude de faisabilité, d'analyse d'opportunité, voire d'analyse économique plus ou moins évoluée [1], s'appuyant sur des critères tels le temps de retour brut et actualisé, le taux de rentabilité interne, le coût global actualisé, le taux d'enrichissement en capital [2], etc. Nous pouvons citer les outils ou méthodes suivants : le logiciel EPIQR [3] (méthode d'aide à la décision à la rénovation des immeubles résidentiels) développé par la société suisse ESTIA ; la méthode conventionnelle française de calcul du coût global énergétique des bâtiments élaborée en 2002 via un groupe de travail piloté par EDF, GDF et Chauffage Fioul. L'objectif de cette dernière méthode était donc de mettre au point et de diffuser une méthode " conventionnelle " du calcul du coût global énergétique des bâtiments neufs de logement individuel ou collectif, capable de prendre en compte tous les postes de dépenses énergétiques (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation), toutes les énergies (électricité, gaz naturel, GPL fuel, énergies renouvelables, réseaux de chaleur) et les caractéristiques du bâti ayant une influence sur les résultats (isolation, vitrages, locaux techniques,...). Elle s'adresse aux maîtres d'œuvres, bureaux d'études thermiques et économistes de la construction en tant que méthode de calculs conventionnelle et aux maîtres d'ouvrages comme outil d'aide à la décision.

Le diagnostic de performance énergétique est venu récemment -septembre 2006- compléter le panel des outils mis à la disposition des professionnels. Cet outil est basé sur la méthode de « Calcul Conventionnel des Consommations des Logements pour le Diagnostic de Performance Énergétique », dit 3CL-DPE [4]. Il s'applique aux maisons individuelles et aux logements en bâtiments collectifs à usage principal d'habitation. Le contenu du diagnostic [5] [6] inclut :

- d'une part, la quantité d'énergie consommée ou estimée, un classement de cette consommation rapportée à la surface du bien immobilier par rapport à une échelle de référence, appelée « l'étiquette énergie », et des recommandations d'amélioration de la performance énergétique ;

- d'autre part, des informations qui sont utiles à l'acquéreur ou apportent une sensibilisation à la lutte contre l'effet de serre : l'évaluation du montant des frais résultant de la consommation énergétique, la quantité d'énergie d'origine renouvelable produite par des équipements installés à demeure et utilisée par le bâtiment, un indicateur d'émissions de gaz à effet de serre qui sera exprimé en quantité équivalente de dioxyde de carbone (CO₂) émise du fait du total des consommations en énergie finale pour les usages concernés, et un classement de cet indicateur sur une échelle de classes (« l'étiquette climat »).

L'ensemble de ces méthodes ou outils sont principalement à destination des professionnels (maîtres d'œuvre, bureaux d'études, ...) ; à l'inverse peu ou pas d'outils simples et pertinents existe pour conseiller et guider les particuliers vers des choix stratégiques et efficaces en maîtrise de l'énergie. Il est important de combler cette lacune afin de les accompagner dans la gestion de leur patrimoine immobilier, de répondre à leur demande croissante de renseignements, et de favoriser notamment la rénovation du parc immobilier des logements anciens.

3. Principes de fonctionnements, données nécessaires

3.1. Objectif

Nous avons cherché à développer un outil d'aide à la décision en matière d'économies d'énergie en maison individuelle et destiné aux petites collectivités et aux particuliers. La démarche que nous avons adoptée se veut évolutive. Notre premier objectif est de vérifier la faisabilité et la pertinence de cet outil et son appropriation par le public visé. En fonction des résultats obtenus, nous envisageons d'enrichir les possibilités d'actions.

3.2. Structuration des données

Nous avons pris le parti de travailler dans un premier temps sur trois pistes d'amélioration pour réduire la consommation d'énergie qui sont :

- l'isolation des façades, planchers et toitures

- le changement ou l'amélioration des menuiseries,
- l'amélioration de la ventilation

Pour chacune des pistes, une série de 'solutions types' est envisagée et regroupée dans une base de données. Chaque solution est dite complète c'est à dire qu'elle correspond à un dispositif fini comme par exemple pour la façade la mise en œuvre de panneaux isolants + ossature supportant l'enduit + armature d'enduit + enduit. La notion de série vient du fait qu'une même solution en tant que dispositif technique est déclinée avec différentes épaisseurs d'isolant et/ou avec des isolants différents. Le coût de chaque solution est chiffrée 'clefs en mains'. Par simplification, nous avons considéré que les conditions d'accès et de déplacement sont standards c'est à dire sans surcoût par rapport aux données de BATIPRIX [7].

Les tableaux 1 et 2 ci-après illustrent les différentes séries de solutions de mise en œuvre disponibles dans notre outil d'aide à la décision. La structure des données et de leur traitement nous permettra d'enrichir cette liste afin qu'elle coïncide mieux aux pratiques locales architecturales et économiques (choix de matériaux isolants, de revêtements de finition, coûts d'intervention pratiqués...). Nous pouvons donc ajouter une nouvelle série ou compléter une série existante par une solution.

Tableau 1. *Extrait de la liste des séries*

Série	Descriptif	Piste
Série 1	Panneau isolant revêtu d'un enduit	Isolation façades
Série 2	Panneaux d'isolation + structure supportant l'enduit	Isolation façades
Série 3	Isolation thermique protégée par un bardage	Isolation façades
Série 4	Combles perdus	Isolation toiture
Série 7	Planchers au-dessus des caves, sous-sols, garages et autres	Isolation sol
Série 8	Fenêtres type battantes en bois	Menuiseries
Série 13	Portes en aluminium	Menuiseries
Série 14	Ventilation	Ventilation

Tableau 2. *Extrait de la liste des solutions de la série 2*

Solution	Variable 1 : nature de l'isolant	Variable 2 : épaisseur
Solution 1a	Polystyrène expansé	5 cm
Solution 2b	Laine de roche	10 cm
Solution 2c	Laine de roche	15 cm

3.3. Données sur la construction et sur le budget à investir

Nos besoins de renseignements relatifs à la construction étudiée ont été simplifiés au maximum, ce qui réduit considérablement les temps et les coûts d'étude. Ceci correspondant également à la réalité de la méconnaissance par un particulier de l'état et de la nature de son patrimoine. Dans ce sens, nous avons deux possibilités d'entrées pour ce qui est de la description des façades ou toitures. La première

nécessite la connaissance de l'ensemble des constituants de la paroi avec leur épaisseur afin de déterminer les déperditions. La seconde entrée repose sur la mesure des températures extérieure, intérieure et de surface dans certaines conditions. Pour compléter la description du logement, des menus déroulants ou des choix multiples accompagnent l'utilisateur lors de la saisie des informations relatives à la ventilation ou aux menuiseries.

Le budget consenti à l'investissement doit nous être précisé par son montant ainsi que par la période sur laquelle l'utilisateur souhaite que les déperditions soient prises en compte.

3.4. Approche et fonctionnement

Notre approche se base sur le calcul du gain en déperditions procuré par chacune des solutions envisagées. Ceci nous permet d'une part de nous affranchir du calcul de la performance énergétique globale du bâtiment, d'autre part, elle permet de limiter les coûts d'investigation voire de permettre aux particuliers eux-mêmes d'effectuer les calculs préliminaires.

Par ailleurs, la complexité d'identification des actions prioritaires provient principalement de la méconnaissance par le propriétaire de la performance globale de son logement et des travaux successifs qui ont pu être effectués depuis la mise en service de la maison (aménagement des combles, juxtaposition d'une véranda, transformation d'un garage en pièce à vivre, etc.). D'autre part, le niveau d'entretien consenti jusqu'à présent, la qualité de mise en œuvre de l'époque et l'historique des événements locaux (mouvement de terrain en particulier) ont un rôle déterminant sur l'état actuel de la construction.

Pratiquement, nous recherchons dans un premier temps le coût de mise en œuvre de chacune des solutions ainsi que toutes les combinaisons de solutions possibles avec le budget alloué (avec un écart de 10%) et pour la durée donnée. La durée de la simulation est importante car c'est elle qui fait apparaître la notion de durée de vie et de frais d'entretien.

Nous calculons par la suite le gain réalisé pour chaque solution de chaque série et pour la durée choisie par l'utilisateur. La somme des gains de déperditions pour chaque combinaison d'actions est alors identifiée. Seules les cinq combinaisons qui apportent le meilleur gain sont retenues et détaillées.

Le tableau des résultats permet de visualiser pour les cinq combinaisons restantes la nature des travaux à envisager, le gain global et individuel de chaque solution ainsi que des remarques comme l'amélioration des ponts thermiques (non pris en compte jusqu'alors) ou d'autres paramètres comme l'acoustique. Les remarques précisent également la durée de vie restante, les coûts d'entretien ou de fonctionnement.

La faculté de pouvoir ré-intervenir sur les données initiales pour le budget ne se limite pas à l'augmentation ou à la diminution de l'investissement consenti mais à

faire un travail sur la période d'analyse. Cette période peut s'entendre comme la durée entre deux investissements (on s'adresse à des particuliers qui a la différence d'un gestionnaire de grand parc immobilier peuvent avoir de la difficulté à mobiliser une trésorerie). Dans ce sens, il n'apparaît pas pertinent d'investir dans une première solution 'clef en mains' sur la totalité des façades c'est à dire comprenant un revêtement de finition s'il est prévu de ré-intervenir 2 ans plus tard.

De même, il peut s'avérer judicieux d'intervenir sur les données construction. Dans l'exemple précédent où un second investissement est envisagé, la modification de la description des façades va permettre de les traiter de manière différenciée. Par ailleurs en agissant sur la description du bâtiment, il est possible d'introduire la notion de vieillissement et donc de perte de performance des matériaux et des produits. Comme nous l'avons déjà précisé dans la partie 'données sur la construction' les paramètres relatifs à l'isolation actuelle des parois peuvent être déterminés par des mesures in situ dans certaines conditions. Cette méthode de détermination permet de prendre en compte le vieillissement de l'isolation en place. Les paramètres saisis pour les menuiseries peuvent également et dans un second temps être revus en appliquant une décote pour tenir compte de leur durée de vie et de leur état. Cette seconde simulation confrontée à la précédente conforte certains choix.

4. Des résultats encourageants

Afin de vérifier l'appropriation par le public visé des résultats obtenus, nous avons appliqué notre outil sur une construction existante. L'objet de l'étude est une maison individuelle de 150 m² située en Région Parisienne et datant de 1976. Elle présente des caractéristiques standards pour l'époque. La structure est en parpaing + isolant type 'placomur' d'épaisseur inconnue. Les menuiseries bois sont en simple vitrage. Les combles ne sont pas aménageables mais isolés par une couche de laine minérale. Le plancher bas (hourdis) est sur un sous-sol non chauffé, assimilable à une zone ventilée. Le pavillon est équipé d'une ventilation mécanique simple flux.

Le recueil des informations descriptives du bâtiment a été effectué directement par le propriétaire à partir d'un relevé des surfaces et des températures des parois. Cette tâche de renseignement n'a pas posé de difficultés à l'utilisateur.

Deux budgets de 20 000 euros et 10 000 euros ont été analysés sur une période de 10 ans. Le propriétaire s'est facilement approprié les résultats de la première simulation (2A – Tableau 3) à 20 000 euros mais s'est révélé incapable de modifier les données d'entrée pour tester seul des stratégies (deuxième simulation). Par exemple, dans la première simulation, toutes les façades ont été identifiées comme une et une seule façade soit près de 200 m². Par conséquent, les interventions envisagées sur celle-ci mobilisaient une part importante du budget. Nous avons donc dû suggérer (2B, 1A et 1B- tableau 3) à l'utilisateur le découpage de la surface totale de façade en partie indépendante (en termes d'interventions possibles).

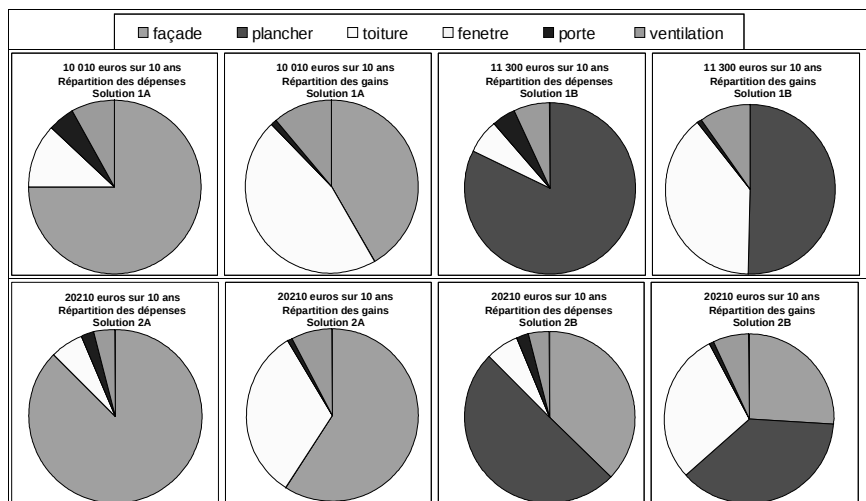


Figure 3. Ventilation des différents budgets et répartition des gains obtenus

Par ailleurs, notre testeur a été déstabilisé de ne pas retrouver dans les solutions retenues le changement des menuiseries. Le calcul moyen pour chaque localisation d'action ; façade, toiture, plancher, menuiserie, portes, ventilation ; du rapport coût d'investissement par le gain réalisé a dû être présenté pour convaincre l'utilisateur. Par ailleurs, l'outil a permis également de définir la durée de rentabilité pour 20 000 euros investis en euros constants (dans ce cas 13 années sont nécessaires sur la construction testée), puis en tenant compte d'une inflation de 2% de l'euro et de 20% du coût des énergies (soit une rentabilité en moins de 7 ans). Un même calcul peut être effectué pour chaque solution.

5. Perspectives

Il s'agissait en fin de compte de convaincre des individus et des institutions d'investir dans des travaux intelligents. Or, même si le retour sur investissement de ces travaux est plus rapide, il est toujours délicat de pousser les individus à opérer sur les façades ou les planchers. Il est apparu que l'outil développé pouvait orienter les investissements consentis par les particuliers vers des actions moins plébiscitées du grand public et pourtant plus performantes d'un point de vue énergétique.

Les gains de déperditions obtenus dans ces simulations sont en deçà de l'économie réelle réalisée par la mise en œuvre des solutions proposées. En effet, les ponts thermiques et l'étanchéité à l'air, non pris en compte seront atténués dès qu'une isolation par l'extérieur sera préconisée.

L'outil développé est actuellement ouvert à une quinzaine de séries de solutions, elles même limitées à quelques familles d'isolants et d'épaisseurs. Le développement de notre outil à de nouveaux isolants voire de nouvelles séries est envisageable. Des réflexions pour améliorer l'accompagnement systématique de l'utilisateur lors de l'élaboration de scénarios d'investissement sont en cours par rapport à la version testée.

La pertinence de mettre cet outil à disposition d'une collectivité pour information auprès de ses administrés n'a pas encore pu être mise en œuvre. Les premiers résultats bien qu'encourageant nous amènent à développer une partie didacticiel ou accompagnement avant de l'envisager.

6. Bibliographie

- [1] - Guide à l'attention des maîtres d'ouvrages, pour une approche en "coût global" des constructions publiques- Mission Interministérielle pour la Qualité des Constructions Publiques, janvier 2006

http://www.archi.fr/MIQCP/IMG/pdf/COUT_GLOBAL_p.1_A_p.100-2.pdf

- [2] - Bernard CHABOT - Are your energy efficiency projects enough profitable ? Check it from the profitability index method ! ; European Council for an Energy Efficient Economy - 2005 Summer Study proceedings (ISBN 91-631-4002-0) - Mandelieu la Napoule, France, May-June 2005

- [3] - EPIQR – un outil d'aide à la décision pour la réhabilitation des bâtiments d'habitation, les principes de la méthode – ESTIA, 2004.

http://www.epiqr.ch/telechargements/EPIQR_methode_04.pdf

- [4] – La méthode de Calcul des Consommations Conventionnelles dans les Logements - TRIBU Energie, mars 2006

<http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/Justificatifs-3CL.pdf>

- [5] – Diagnostic de Performance Energétique - Guide à l'usage du diagnostiqueur V1 ; Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement, septembre 2006

<http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/Guide-recommandations-V1-01-09-06-2.pdf>

- [6] – Aide pour l'établissement du diagnostic de performance énergétique des bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine - Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement, 12/10/2006

http://www.logement.gouv.fr/IMG/doc/aide_pour_l_etablissement_du_dpe_121006-2.doc

- [7] – BATIPRIX - <http://www.batiprix.com/fr/index.jsp>