

Des stratégies de rénovation énergétique massive du bâti résidentiel existant en vue d'assurer la transition énergétique

Philippe Outrequin¹, docteur en économie de l'Université de Paris I, directeur de la Calade et Catherine Charlot-Valdieu², économiste, présidente de l'association SUDEN³

Sophia-Antipolis, Mars 2013

Cet article est une synthèse de notre ouvrage⁴ qui propose un modèle d'intervention des collectivités territoriales à l'échelle de leur territoire (PCET par exemple) afin de mettre en œuvre des actions massives de rénovation énergétique du parc résidentiel bâti, en vue de contribuer à assurer la transition énergétique.

1. Éléments de contexte

1.1. Le coût de la réhabilitation énergétique des logements

La consommation totale d'énergie finale des logements est en France de l'ordre de 550 TWh (milliards kWh), soit 240 kWh d'énergie finale par m².

Une économie moyenne de 38 % (objectif du Grenelle de l'environnement) correspond à une réduction de la consommation d'énergie de 70 kWh/m² (chauffage et eau chaude sanitaire seuls), amenant la consommation d'énergie finale à 170 kWh/m² en 2020.

Les travaux d'économie d'énergie portant sur l'enveloppe des bâtiments (murs, fenêtres, toiture) coûtent en moyenne 10 à 15 000 € par appartement et 20 à 25 000 € par maison. A cela s'ajoutent les équipements thermiques susceptibles d'être installés (chaudière à condensation, pompe à chaleur, chauffe-eau solaire, chaudière bois, soit de 3 000 à 15 000 € par logement) et aussi de 5 000 à 20 000 € de travaux supplémentaires d'embellissement (réfection des peintures...), de mise aux normes (sécurité, accessibilité...). **La réhabilitation de 500 000 logements par an (dont 70 000 logements sociaux) exige un investissement supplémentaire d'environ 15 à 16 milliards € par an, soit une augmentation de 15 % de l'investissement total des ménages ou encore de 0,8 point de PIB.** Poursuivre les objectifs du Grenelle sur la période 2013 – 2020 (8 ans) représente 120 milliards € de travaux supplémentaires. D'ici 2050, le montant des travaux nécessaires est estimé à environ 900 milliards €.

➔ 70 % des ménages n'ayant pas d'épargne⁵, **le problème est principalement de savoir s'il est possible de disposer de ce montant d'investissement, compte tenu du taux de croissance de l'économie française aujourd'hui.** Un taux de croissance de 1% génère 3, 6 milliards d'épargne ; un tiers étant traditionnellement affecté à l'habitat⁶, si on suppose que l'ensemble est affecté à la réhabilitation, il faudrait 16 ans pour atteindre le rythme de croisière des travaux escomptés pour les objectifs du Gouvernement à 2020...

¹ Philippe Outrequin, chercheur au CEREN puis au CNRS, a créé en 1998 à Sophia-Antipolis la société de conseil La Calade (Aménagement durable et stratégies énergétiques), outrequin.philippe@gmail.com.

² Catherine Charlot-Valdieu a été plus de 20 ans chercheur au CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), catherine.charlot-valdieu@sfr.fr et www.suden.org/lacalade

³ L'association SUDEN pour la promotion du développement urbain durable a été créée à l'issue du projet européen HQE²R sur la transformation durable des quartiers (2004) qui a réuni 10 centres de recherche et 13 collectivités de 7 pays européens. Elle a pour objectif le rapprochement des chercheurs et des acteurs de terrain (collectivités, aménageurs, bailleurs sociaux...) afin de favoriser l'élaboration des outils opérationnels, adaptés aux besoins et aux pratiques des différents professionnels, qui permettront aux collectivités de concevoir et de mettre en œuvre des projets urbains durables. www.suden.org

⁴ Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, La réhabilitation énergétique des logements, 274 pages, Le Moniteur, 2012. Cet ouvrage propose en dernière partie des feuilles de route pour chaque type d'acteur en vue de l'élaboration de stratégies de réhabilitation énergétique territoriale (type PCET) et patrimoniale (type PSP pour les bailleurs sociaux) durable.

⁵ Pour la première fois depuis 2003, en 2013 la FFB Grand Paris prévoit une baisse de l'activité sur bâtiments existants de 0,5 % (due aux difficultés des particuliers à obtenir des prêts bancaires et à la peur du chômage).

⁶ Voir André Babeau, Comment se répartit l'épargne des français, Revue Constructif n°34 de Mars 2013

1.2. Les contraintes et les blocages d'une politique de rénovation énergétique massive du bâti.

1. La première contrainte, trop souvent oubliée, est économique. Le montant des travaux nécessaires pour atteindre les objectifs du Grenelle est paradoxalement à la fois considérable et limité. Chaque année, les ménages dépensent 43 milliards € pour l'entretien de leur logement dont 9 milliards ont un impact sur la consommation d'énergie. Sur ce montant, seulement 3 milliards sont le fait de ménages ou de gestionnaires de parcs ayant une volonté de rénovation énergétique forte (avec au moins deux bouquets de travaux).

Ce besoin financier pose d'autant plus de problèmes que 50 % des ménages ne créent aucune épargne. En 2003, les 20 % de ménages les plus pauvres (quintile 1) avaient une épargne négative. Les 20 % suivants (quintile 2) avaient une épargne de l'ordre de 50 € par mois et par ménage. Les 20 % suivants (quintile 3) avaient une épargne de l'ordre de 100 € par mois. Le quintile 4 avait une épargne de 200 € par mois et les 20 % de ménages les plus favorisés avaient une épargne de l'ordre de 1 500 € par mois. Si l'on considère que l'épargne est liée à différents motifs : précaution, voyage ou achat futurs (voiture, meubles, déménagement...), attente de dépenses particulières (éducation des enfants, prise en charge d'une personne âgée...), on peut considérer que **moins de 30 % des ménages ont une capacité d'épargne pouvant aller vers des travaux d'économie d'énergie.**⁷

Enfin les travaux d'économie d'énergie doivent aussi se porter de façon prioritaire vers les ménages pauvres ou en situation de précarité énergétique (soit 3,5 millions de ménages ou 8 millions de personnes). Or, dans ce cas, ce n'est pas forcément la consommation d'énergie qui va baisser (puisque ces ménages sont souvent très mal chauffés et ont froid l'hiver) mais leur confort thermique qui va s'améliorer. De ce fait, les économies réelles seront beaucoup plus faibles que celles qui auront été calculées par les modèles de calcul conventionnels.

2. Une seconde contrainte serait liée au comportement peu économe des ménages. Même si l'on peut contester cette assertion car elle est loin d'être généralisée et que l'on ne maîtrise pas toujours sa consommation (chauffage collectif, modes d'emploi d'équipement incompréhensibles...), elle néglige le fait que, culturellement, l'énergie (électricité, gaz, chaleur) et l'eau sont très aisément accessibles (en actionnant l'interrupteur ou en tournant le robinet) et sont devenus des biens banals, appelés « inférieurs » (élasticité au revenu inférieure à 1). Les économies d'énergie ne sont pas valorisantes pour la plupart des individus ou ménages, ce qui laisse à penser que les travaux d'économies d'énergie doivent être associés à des demandes sociales plus fortes, telles que le besoin de sécurité, le confort, la qualité sanitaire, l'image du bâti ou de la résidence. Ces éléments doivent être intégrés dans les politiques énergétiques et rendent insuffisantes les politiques essentiellement fiscales (crédit d'impôt) ou financières (prêt bonifié), lesquelles offrent le plus souvent un effet d'aubaine.

3. Une troisième contrainte est le manque justifié de confiance des ménages et gestionnaires de parc vis-à-vis des résultats à attendre des travaux d'économies d'énergie. Même les opérations vitrines (financées par les pouvoirs publics) affichent souvent des résultats en deçà des performances promises. Ce manque de fiabilité des prévisions de consommation a différentes origines. Les malfaçons expliquent une large part des surconsommations et exigent une politique de formation des compagnons, favorisant les actions de formation en temps réel sur les chantiers. L'effet rebond (cf. l'amélioration du confort thermique) augmente également la consommation d'énergie. Mais les moteurs de calcul des consommations dites conventionnelles surestiment les consommations réelles (cf. thèse de Benoît Allibe, EDF R&D), surestiment les économies réalisables, sont basés sur un nombre incalculable de paramètres estimés « par défaut » et enfin fournissent des résultats contradictoires d'un moteur de calcul à l'autre... Par ailleurs les ménages (notamment en maison individuelle dans les secteurs diffus) sont confrontés à une offre commerciale extrêmement diversifiée et contradictoire, souvent plus agressive que compétente.

⁷ L'analyse du montant de l'épargne placée sur les livrets A ne permet pas de déterminer le nombre de ménages ayant une capacité d'emprunt pour des raisons énergétiques, voire de confort du logement.

1.3. Des messages sur la rentabilité des travaux de réhabilitation énergétique qui induisent des décideurs en erreur

Face à ces contraintes, nous pouvons observer un certain nombre de messages véhiculés par des lobbies qui induisent de nombreux décideurs en erreur.

Parmi ces messages erronés, le plus important est celui de la rentabilité des travaux d'économie d'énergie. Il y a certes des travaux rentables dans la mesure où le coût des travaux est inférieur à la somme des économies d'énergie cumulées sur une certaine période de temps, mais cette période est le plus souvent au-delà de 20 à 30 ans, ce qui dépasse l'horizon temporel de la quasi-totalité des ménages (d'autant plus qu'au bout de 20 ans des travaux sont à nouveau nécessaires). Même avec l'éco-PTZ⁸, on constate que les remboursements de travaux importants d'économie d'énergie restent supérieurs aux économies d'énergie réalisées.

Les travaux d'économie d'énergie immédiats, dits « de porte-monnaie » (inférieurs à 2 ou 3 000 €), sont généralement assortis de temps de retour courts et ils sont particulièrement rentables ; ils peuvent générer de 10 à 25 % d'économie d'énergie (régulation, équilibrage, robinets thermostatiques, calfeutrage des portes et des tuyauteries, mitigeurs, réducteur de débit d'eau, réduction de la température). Les travaux plus importants (de 10 à 25 000 €) requièrent, sauf pour les passoires thermiques (souvent des logements vacants ou indignes, occupés par des populations pauvres), des temps de retour longs. Autrement dit, **la grande majorité des travaux de rénovation énergétique du bâti résidentiel n'est pas rentable.**⁹

Ce manque de rentabilité pour les ménages et les gestionnaires de parc est en partie dû à une énergie relativement bon marché en France, ce que confirme la comparaison des prix avec les autres pays européens.¹⁰ Les études théoriques et pratiques réalisées depuis 2009 montrent toutes que le système de prix actuel ne peut pas amener plus de 15 à 20 % d'économie d'énergie dans les logements d'ici 2020¹¹. Ce résultat est en partie lié aux économies d'énergie réalisées au moment du renouvellement des équipements, lequel est effectué sans volonté spécifique d'économiser l'énergie (soit environ 5 % d'économie réalisées d'ici 2020). Le reste des économies est lié à un effort spécifique fait par les ménages du fait des politiques de sensibilisation et d'aides spécifiques existantes (crédit d'impôt, prêt à taux zéro). Ces études montrent que **les objectifs du Grenelle (38 % d'économie d'énergie sur le bâti existant entre 2007 et 2020) sont réellement inatteignables sans une transformation du modèle économique.**

Mais l'évaluation de la rentabilité des travaux d'économie d'énergie peut aussi se juger à une échelle plus macroéconomique (cf. ci après). Dans ce cas, la rentabilité est beaucoup mieux assurée dès lors que l'on intègre la réduction des émissions de gaz à effet de serre (dont la valorisation pourrait être de 40 € la tonne de CO₂ aujourd'hui pour atteindre 100 € la tonne de CO₂ en 2030), la création d'activités locales (emploi pour la pose d'isolation thermique, le développement des EnR...) et de nouvelles filières (isolants écologiques, pompes à chaleur gaz, capteurs solaires à basse température avec pompe à chaleur...), sans oublier la réduction du déficit de la balance commerciale. On remarquera toutefois que

⁸ Eco-PTZ ou écoprêt à taux zéro

⁹ Pour palier ce fait, certains ne tiennent compte que des surcoûts directement liés à l'énergie (cf. rapport sur Les financements innovants de l'efficacité énergétique d'Inès Reinmann et Olivier Ortega, février 2013). Mais cette méthodologie n'est justifiée que pour les investissements au fil de l'eau dans une approche microéconomique et non pas pour une stratégie territoriale ou patrimoniale ni pour justifier le bon usage des fonds publics (cf. ci après).

¹⁰ Source : Prix du gaz et de l'électricité dans l'Union Européenne en 2011, Chiffres et statistiques n°366 de novembre 2012, CGDD (Commissariat Général au développement durable)

¹¹ Pour le CIRED, les simulations faites avec le modèle RES-IRF aboutissent à une réduction de 21 % des consommations unitaires des logements en 2020, compte tenu des moyens donnés par le Grenelle mais sans tenir compte d'éventuels effets rebond. Pour l'Ademe, les moyens affectés par la loi Grenelle et la réforme Pelletier permettraient de réduire de 28 % les émissions de CO₂ en 2020, calculs effectués avec le modèle macroéconomique Menfis (Gaël Callonnec et Marie-Laure Nauleau). Les recherches et études que nous avons réalisées portent sur des patrimoines de logements (parcs de logements sociaux ou parcs de logements d'une région) : le calcul de l'optimum technico-économique permet une économie d'énergie comprise entre 15 et 25 % à l'horizon 2020. Cet optimum va au-delà des scénarios au fil de l'eau qui aboutissent à des économies d'énergie de 10 à 15 % en 2020 par rapport à 2010. (Source : Journée PREBAT du 22 juin 2012 « Atteindrons-nous le facteur 4 en 2050 ? »).

certains de ces objectifs peuvent être contradictoires et que réduire les émissions de gaz à effet de serre ne conduit pas forcément à réduire la consommation d'énergie ni la dépense totale des ménages.

2. L'optimisation des programmes de rénovation énergétique

A l'heure des nombreux débats sur la transition énergétique, il nous semble important d'aborder la nécessaire et encore trop rare optimisation des programmes de réhabilitation énergétique des bâtiments.¹²

2.1. La démarche d'optimisation préconisée par l'Europe

La démarche proposée en termes d'optimisation (ou de recherche d'un optimum) s'appuie sur les récents travaux menés pour la Commission Européenne dans le cadre de la mise en œuvre de la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments (EPBD 2012/27/UE). Celle-ci indique que l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments, et notamment des bâtiments existants, doit reposer sur **une analyse relativement fine de la rentabilité économique de ces travaux**.¹³ **Cette rentabilité détermine d'une certaine façon l'acceptabilité sociale de ces travaux et les besoins d'accompagnement des décideurs**, quels qu'ils soient (dans la mesure où les ressources sont limitées et où, par conséquent, des choix doivent être faits entre différentes obligations comme la sécurité, l'équité sociale, le déficit de la balance commerciale, le niveau de charges et de confort, l'emploi, etc.).

Comme le préconise la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments¹⁴, **lorsque l'on parle de l'efficacité économique de la réhabilitation énergétique d'un bâtiment, on doit se positionner à deux niveaux (ou de deux façons) :**

- **celui du décideur** (maître d'ouvrage, ménage, gestionnaire de parc ou couple bailleur - locataire) **appelé approche microéconomique** : au-delà de la motivation citoyenne et des obligations légales, les objectifs sont l'amélioration du confort, de la qualité de vie ou de la sécurité et la réduction ou la limitation des dépenses énergétiques pour eux-mêmes ou leurs locataires, tout en limitant leurs dépenses et les risques associés d'impayés ou de vacance. Les travaux de réhabilitation énergétique doivent apporter du pouvoir d'achat aux ménages et ne pas augmenter le poids des dépenses contraintes.
- **celui de la collectivité ou de la société appelé approche macroéconomique**: Pour la collectivité, il importe de réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre afin de satisfaire ou de participer à la satisfaction des engagements internationaux de la France (engagements dits des « 3 fois 20 », facteur 4...), de contribuer à la réduction du déficit de la balance commerciale (88 % de ce déficit étant du en 2011 à l'énergie), de permettre la création nationale / locale de richesses et d'emplois (valorisation des ressources locales, maîtrise de filières industrielles) et de lutter contre la précarité énergétique.

Une analyse macroéconomique est (ou devrait être) incontournable dès lors qu'il y a utilisation de fonds public (bâtiment public, subvention, partenariat public privé, crédit d'impôt, tiers investissement, etc.).

➔ **L'analyse en coût global permet cette double approche (macro et microéconomique).**

¹² Le terme d'optimisation énergétique est (comme le coût global) souvent utilisé à tort, notamment pour désigner l'utilisation de produits et équipements performants sur le plan énergétique.

¹³ Dans la mesure où il est reconnu qu'économie d'énergie ne veut pas dire systématiquement rentabilité, contrairement à ce que de nombreux énergéticiens affirment.

¹⁴ Dans le cadre de la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments, une enquête a été réalisée en 2011 auprès des 27 pays de l'Union Européenne ainsi que de la Croatie et de la Norvège. 20 pays seulement ont répondu à cette enquête (la France n'y a pas répondu).

Selon cette enquête, seuls six pays recourent, à ce jour, à cette méthode macroéconomique : l'Autriche, l'Allemagne, le Danemark, l'Irlande, la Norvège et le Royaume Uni. 11 pays utilisent par contre la méthode microéconomique présentée ci-après, laquelle fournit une perspective uniquement financière des investissements d'efficacité énergétique pour les maîtres d'ouvrage et usagers. Enfin, 5 pays seulement utilisent les deux méthodes.

2.2. L'analyse en coût global

L'analyse en coût global qui permet cette double approche (macro et microéconomique) consiste à faire la somme actualisée des investissements et des coûts d'exploitation et de maintenance (ainsi que des subventions et aides fiscales pour l'approche microéconomique et des externalités¹⁵ pour l'approche macroéconomique). Comme pour tout moteur de calcul, le calcul se fait en tenant compte d'hypothèses concernant la période de calcul, le taux d'actualisation¹⁶, le calcul en réel ou en nominal, les subventions et avantages fiscaux, la nature des investissements énergétiques¹⁷, les hausses possibles des prix de l'énergie¹⁸ et des équipements, les coûts et durées de vie des différents équipements, les économies d'énergie que ceux-ci occasionnent, la prise en compte de l'inflation¹⁹, les externalités²⁰, etc.²¹ → **Il convient donc de recueillir un consensus (entre tous les acteurs concernés) sur les hypothèses.**

Ce calcul permet tout d'abord une hiérarchisation des techniques en fonction de leur efficacité (cf. schéma ci après), ce qui facilite également la programmation éventuelle des travaux dans le temps.

¹⁵ Il s'agit plus particulièrement des émissions de gaz à effet de serre mais l'impact sur le déficit de la balance commerciale pourrait également être pris en compte. Là aussi un consensus local ou national est nécessaire.

¹⁶ Le taux d'actualisation (à ne pas confondre avec le taux d'intérêt) mesure la préférence pour le présent. C'est une variable clé de l'analyse macroéconomique. Le Centre d'Analyse Stratégique, organisme rattaché au Premier Ministre, préconise un taux d'actualisation de 4 % pour des horizons de calcul inférieurs à 50 ans et correspondant au mieux à l'intérêt général. Ce taux est donné en valeur réelle (hors inflation) et n'intègre pas le risque.

¹⁷ Dans de nombreux cas, les investissements purement énergétiques s'accompagnent de travaux ayant un impact énergétique mais dont la vocation est autre (amélioration du confort, de la qualité des équipements et du cadre de vie, extension du logement...) ou sans impact énergétique (mise aux normes de sécurité, embellissement...).

Ces travaux doivent-ils être partiellement (pour les premiers) ou totalement (pour les seconds) ignorés ? Pour les travaux ayant un impact énergétique associé à d'autres impacts, faut-il ne prendre en compte que les coûts additionnels : isolant d'une étanchéité de toiture ou surcoût de la condensation lors d'un changement de chaudière ? Cette question (hypothèse) est particulièrement importante, comme le montrent les deux exemples suivants :

- La plupart des bailleurs sociaux français a installé des fenêtres en double vitrage dans leurs logements. Le changement de ces fenêtres en double vitrage 4 / 16 / 4 avec lame d'argon et rupteur de pont thermique n'est généralement pas rentable ; cependant, leur changement est quasiment systématique lors de réhabilitations lourdes (touchant les façades) pour des questions d'image et de perception du confort par les locataires (paroi froide). Est-ce un investissement énergétique ou un coût fixe à prendre en compte ou encore cela fait-il partie d'un bouquet de travaux « isolation des façades + changement de fenêtres » inséparables ? C'est ainsi que l'on peut considérer que les investissements relatifs aux objectifs du Grenelle de l'environnement (moins de 150 kWh / m²) sont de l'ordre de 20 000 € avec un tiers pour l'énergie, un tiers pour les fenêtres et un tiers pour l'amélioration du bâti¹⁷...

- A Grenoble, un ravalement obligatoire a été accompagné d'un programme d'isolation thermique : l'ajout de 10 cm d'isolant sur les façades a nécessité des investissements supplémentaires avec un temps de retour estimé à 10 ans, autrement dit un investissement parfaitement rentable. Mais si l'on considère l'investissement total que représente l'isolation des façades, les temps de retour observés sont souvent de l'ordre de 30 à 60 ans.

¹⁸ Il s'agit d'une hypothèse qui a un impact sur la détermination des coûts optimal et efficient des projets. De ce fait, des calculs de sensibilité peuvent être pertinents.

Les niveaux de consommation optimale peuvent varier en fonction des hausses de prix de l'énergie attendues. Cependant, pour des différences d'évolution des prix de 1 à 2 % par an, la consommation optimale ne varie pas trop. Il en va différemment quand on modifie la date de réalisation des travaux. En partant d'un niveau plus élevé de prix, la consommation d'énergie optimale peut s'avérer significativement plus basse (selon une étude danoise dans laquelle sont retenues des hypothèses d'évolution de la fiscalité énergétique). Autrement dit l'optimum d'aujourd'hui avec les prix de l'énergie actuels peut ne pas être l'optimum de demain avec des prix de l'énergie différents et des coûts des techniques différents.

¹⁹ Les calculs en coût global peuvent être menés en nominal ou en réel. Il est préconisé de travailler en coût réel, c'est-à-dire une fois déduite la hausse du coût de la vie. La hausse réelle des prix de l'énergie est calculée par différence entre les hausses nominales retenues et l'estimation de la hausse du coût de la vie.

²⁰ L'approche macroéconomique peut intégrer les externalités positives et négatives relatives en particulier à la consommation d'énergie. Celle-ci induit en effet des émissions de gaz à effet de serre et de la pollution atmosphérique (NOx, COV...).

²¹ Cette grande diversité des hypothèses comme des solutions techniques explique la nécessité d'un modèle.

Différents scénarios peuvent ensuite être élaborés (simulations de réhabilitations énergétiques donnant aux utilisateurs une information sur les bouquets de travaux les plus efficaces pour réduire le montant des charges énergétiques et réduire les émissions de gaz à effet de serre), en fonction de la performance énergétique visée (Grenelle, BBC ou Facteur 4 par exemple), de l'investissement par kWh évité, mais aussi en recherchant l'optimum (ou un optimum) :

- **l'optimum (économique)** qui minimise le coût global de la réhabilitation ou maximise la Valeur actualisée nette (VAN),
- **le coût efficient** (sorte de maximum économique) qui fait en sorte que le coût global après travaux (remboursement de l'investissement + dépenses énergétiques) ne soit pas supérieur aux dépenses énergétiques avant les travaux. (VAN = 0 ou coût global = Eo)²². **C'est le seuil au-delà duquel les investissements sont contre productifs** (et donc à ne pas dépasser pour préserver l'intérêt général).

Il est alors possible de déterminer les bâtiments à réhabiliter en premier, le niveau de réhabilitation pour chaque type de réhabilitation (et éventuellement l'échelonnement des travaux), le niveau des aides et subventions nécessaires (en fonction des objectifs politiques), les économies et réduction de GES attendues, etc.

Très utilisé dans le monde industriel, l'analyse en coût global est peu utilisée en France dans le secteur de la construction et de l'aménagement, même en cas d'utilisation de fonds publics ou pour justifier ou évaluer les politiques publiques, contrairement à ce qui se passe dans d'autres pays, notamment anglo-saxons. Par ailleurs de très nombreuses définitions et méthodes de calcul existent pour le coût global (souvent confondu avec le coût total²³) : coût global direct, coût global élargi, coût global partagé, optimisation énergétique. Il convient donc de préciser à la fois la méthode et toutes les hypothèses retenues. Enfin l'analyse en coût global permet une démarche *bottom up* d'élaboration de stratégie territoriale ou patrimoniale de réhabilitation énergétique durable (c'est-à-dire à la fois optimisée sur le plan économique et environnemental et équitable) comme le soulignent les exemples ci-après.

2.3. Exemple d'analyse en coût global avec le modèle SEC

Le modèle SEC (Sustainable Energy Cost) permet de traiter les deux niveaux d'interrogation ou d'analyse (macroéconomique et microéconomique).²⁴

Ce modèle, élaboré en 2006 par La Calade dans le cadre d'un projet européen pour le logement social²⁵, puis adapté à tout type de logement grâce à une recherche financée par le PUCA²⁶, permet **une analyse en coût global élargi** (car il intègre les émissions de gaz à effet de serre) **et partagé** (entre le bailleur et le locataire, en intégrant les subventions ou aides et en prenant en compte l'intérêt général ou pour la collectivité). Il permet de rechercher un optimum à la fois économique et environnemental (optimum économique²⁷ et coût efficient) pour la réhabilitation énergétique d'un logement ou d'un bâtiment en préservant l'équité sociale.

²² Cf. schémas ci après

²³ Comme dans l'appellation coût global de possession par exemple

²⁴ Ce modèle est une des cinq références citées par le Ministère de l'Economie dans son Guide sur le coût global dans les travaux et la maîtrise d'œuvre de Mai 2010 (direction des affaires juridiques de Bercy, document élaboré par l'Observatoire économique de l'achat public). Le modèle SEC y est décrit (pages X et XI) dans le comme un « système sophistiqué, très complet, immédiatement opérationnel pour les organismes de logement social et éventuellement transposable pour un programme à l'échelle d'une agglomération. Une remarquable précision dans l'analyse des options entre l'optimisation pour l'acheteur public, pour l'usager et pour la collectivité. »

²⁵ Projet Factor 4 en partenariat avec l'USH, voir www.suden.org/factor4

²⁶ Plan Urbanisme Construction et Architecture, Ministère de l'Environnement, du Développement durable et de l'Energie (MEDDE). Voir « Approche territoriale de la réhabilitation énergétique du secteur résidentiel » Recherche 2008-2010 (La Calade pour le PUCA dans le cadre de l'appel à projets « Politique de l'habitat, énergie et effet de serre », décembre 2010) et « le quatre pages » du PCA n°6 de janvier 2013 intitulé « Vers des stratégies territoriales soutenables de réhabilitation énergétique des logements ».

²⁷ Appelé parfois optimum technico-économique lorsque l'on tient compte des liens ou interactions entre les techniques (ventilation et régulation notamment), l'optimum économique étant alors purement économique.

Une version du modèle SEC a également été élaborée pour des bâtiments tertiaires, à la demande de la Ville de Paris pour ses bâtiments publics (écoles, crèches, bureaux, etc.).

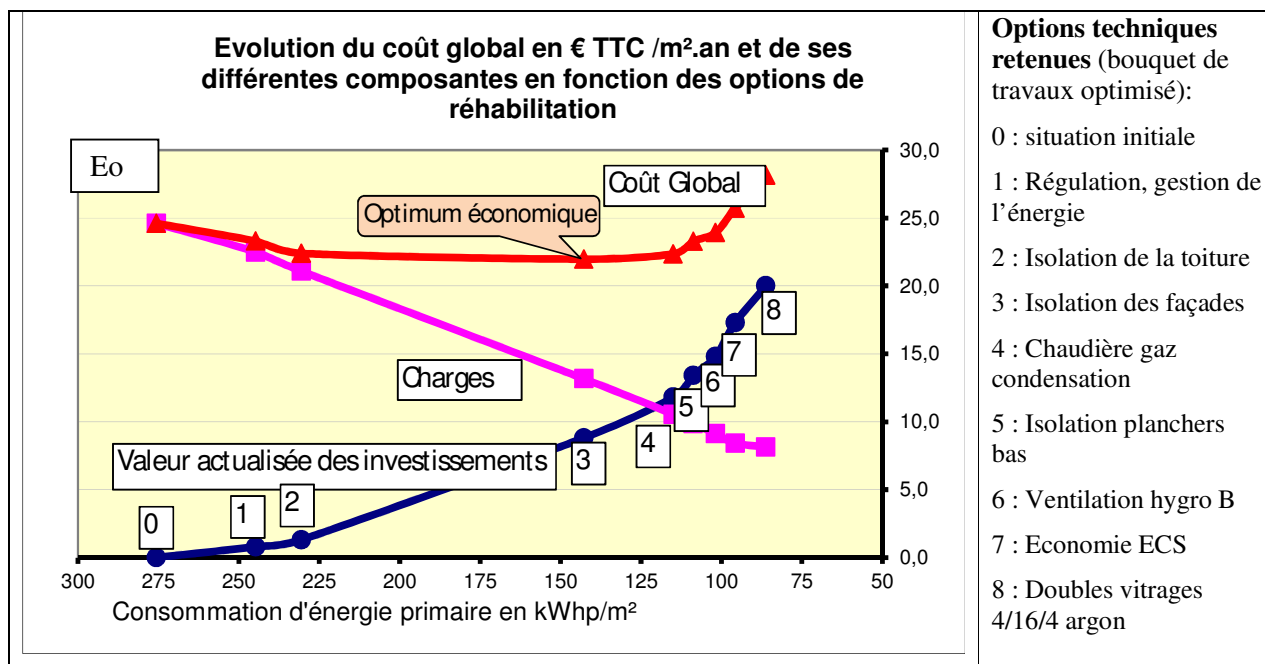
Son objectif est l'élaboration de stratégies de réhabilitation énergétique durable.

Les étapes de la démarche sont :

- élaboration d'une **typologie du parc** et sélection de bâtiments représentatifs,
- **analyse de chacun des bâtiments représentatifs** (en prenant en compte dans la mesure du possible les données de consommation réelles) : **1.** Hiérarchisation des travaux et élaboration d'un bouquet de travaux optimisé ; **2.** Identification de l'optimum économique pour le maître d'ouvrage (approche microéconomique) ; **3.** Eventuellement intégration des subventions et aides dans le calcul (ce qui permet de mesurer l'impact de la subvention ou de l'aide) ; **4.** Elaboration de scénarios ; **5.** En cas d'aide publique, identification du coût efficient dans le cadre d'une approche macroéconomique afin de déterminer le seuil au delà duquel les investissements (et *a fortiori* les subventions) seraient contre productifs et contraires à l'intérêt général) ; **6.** Finalisation du bouquet de travaux optimisé (subvention et aides comprises).
- **extrapolation à l'échelle du parc et recommandations pour l'élaboration de la stratégie.** Cette connaissance des travaux de demain permettra aux entreprises locales de mieux orienter leurs choix en matière de formation d'une part et d'investissements d'autre part, afin d'améliorer leur savoir-faire et leur compétitivité, ce qui permettra *in fine* à la fois de préserver (voire de conforter) l'emploi local et de limiter les malfaçons.²⁸

✚ **Hiérarchisation des travaux de réhabilitation en fonction de leur efficacité économique et écologique (énergie et gaz à effet de serre)**

L'analyse en coût global permet de hiérarchiser les techniques ou travaux de réhabilitation en fonction de leur efficacité (optimisation du bouquet de travaux) pour chacune des approches (microéconomique avec et sans subvention et macroéconomique, cette hiérarchisation étant parfois différente):



Pour lire le graphique

Axe des X : la consommation d'énergie primaire en kWh/m² - Axe des Y : la VAI et les charges en €/m².an

En bleu (avec des ronds) : courbe de la Valeur Actualisée de l'investissement (VAI) : en croissant elle réduit la consommation d'énergie. En mauve (avec des carrés) : courbe des charges énergétiques (E) En rouge (avec des triangles): courbe de coût

²⁸ Pour les bâtiments publics, seule l'approche macroéconomique sera effectuée, le bouquet de travaux devant toujours aller jusqu'au coût efficient.

global, somme des deux courbes précédentes, qui évolue depuis la situation initiale (E_0) (Un coût global qui diminue signifie une rentabilité croissante ; un coût global inférieur à E_0 signifie un gain)

Sur ce schéma, l'optimum économique est atteint pour une consommation de 115 kWh/m² (options techniques 1 à 4) alors que le gisement technique est de 80 kWh/m² (options techniques 1 à 8) et que le coût efficient est atteint pour la technique 6 (la courbe arrive au niveau initial).

Pour être plus proche de la réalité, on pourra associer à l'optimum économique des travaux de rénovation énergétique pour des raisons qui ne sont pas purement énergétiques : amélioration du confort pour les résidents (en changeant les menuiseries par exemple, même si ceci ne fait pas partie du bouquet de travaux optimisé) ou amélioration de la pérennité de l'ouvrage ou de l'image du bâtiment (pour un bâtiment de logement social situé en entrée de quartier par exemple).

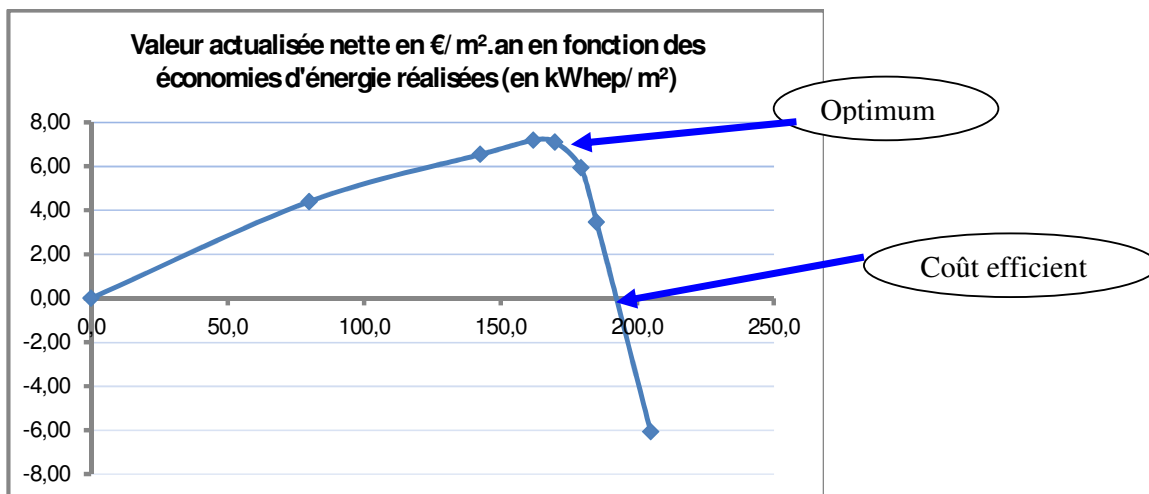
A l'inverse, le modèle intègre la possibilité de tenir compte de l'obsolescence des systèmes ou des équipements. Dans ce cas, seule une partie de l'investissement est prise en compte (celle qui correspond principalement à l'effort d'efficacité énergétique).

L'optimum économique ne se résume donc pas à un bouquet de travaux unique mais à un ensemble de travaux associant au mieux la performance énergétique, les contraintes financières et les besoins de renouvellement et d'amélioration.

Rappelons également que, dans toute méthode d'optimisation de projet introduisant des paramètres temporels ou hypothèses de calcul, il faut préciser (et justifier) les hypothèses retenues (cf. ci-dessus), aussi bien pour l'approche sociétale dite macroéconomique que pour l'approche maîtrise d'ouvrage dite microéconomique. → **D'où l'importance de préciser ces hypothèses ou la méthode de calcul²⁹ dans les cahiers des charges.³⁰**

✚ Deux modes de calcul complémentaires

Une méthode de calcul complémentaire de celle présentée ci-dessus (courbe de coût global) est possible : le calcul de la valeur actualisée nette (VAN) en fonction des économies d'énergie réalisées. On ne représente plus alors la courbe de coût global (investissements + coûts de maintenance – économies d'énergie) mais celle de la valeur actualisée nette :



Pour lire le graphique :

Axe des X : économies d'énergie primaire réalisées en kWh/m² - Axe des Y : VAN (valeur actualisée nette) en €/m².an

La courbe de la valeur actualisée nette (VAN) évolue en fonction des économies d'énergie réalisées (Un VAN positif signifie un gain)

²⁹ Certains rejettent l'analyse en coût global car, selon eux, elle repose sur l'intégration de la totalité des coûts d'une réhabilitation (cf. rapport sur les financements innovants de l'efficacité énergétique de février 2013 d'Inès Reinmann et Olivier Ortega) mais ceci n'est qu'une hypothèse sur laquelle il faut un consensus.

³⁰ Ce qu'a fait pour la première fois l'Ademe dans l'appel à propositions Prebat de Basse-Normandie en 2013.

Sur ce schéma on choisit les travaux ou techniques les plus efficaces (chaque triangle correspondant à une technique). L'optimum correspond au point le plus haut de la courbe et le coût efficient au point qui passe en dessous de zéro, au-delà duquel les travaux ou investissement sont contre productifs.

2.3.1. Un exemple d'analyse en coût global avec optimisation énergétique : le cas d'une maison individuelle

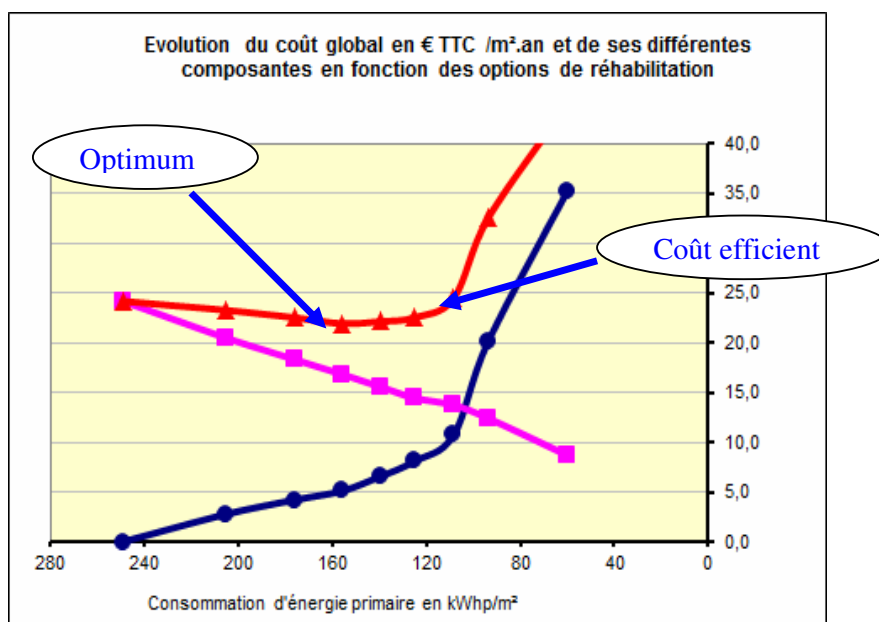
Il s'agit d'une maison individuelle construite dans les années 1960 / 1975, représentative des maisons individuelles en France (analysée avec le modèle SEC):

- la consommation initiale pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS) est de 249 kWh / m²
- l'amortissement financier est calculé sur 15 ans, le taux d'intérêt est de 3 % et la hausse attendue du prix réel du gaz est estimée à 5 % par an
- les charges sur 15 ans sont de 24,15 €/m² en moyenne annuelle.

A / Approche microéconomique (sans crédit d'impôt, ni subvention, ni aide)

L'analyse donne les résultats suivants :

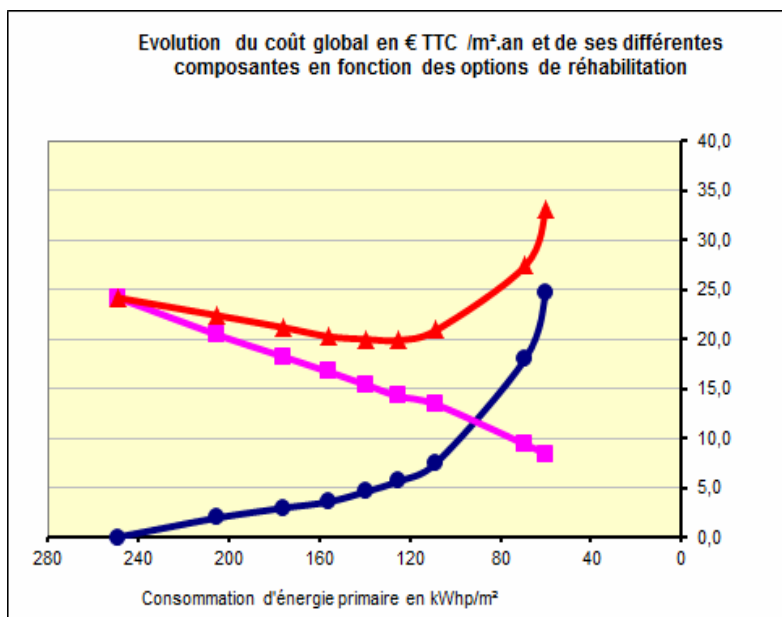
- Investissement pour atteindre le facteur 4 : 50 700 €
- Temps de retour brut sur investissement (TRI) pour atteindre le facteur 4 : 31 ans
- **Optimum technico-économique :**
 - o **Consommation d'énergie : 156 kWh / m²**
 - o Coût des travaux (purement énergétiques) : 7 300 €
 - o Coût global à l'optimum : 22,1 €/m².an, soit une économie nette de 2,04 € / m²
- L'incitation du maître d'ouvrage pour aller à l'optimum est faible, avec une économie en coût global de 10 %
- Aller au facteur 4 est contre productif car le coût global est nettement supérieur au coût estimé de l'inaction (situation initiale sur le schéma)
- Le programme d'efficacité énergétique ou de réhabilitation énergétique ne doit pas aller au-delà du coût efficient qui correspond ici à une consommation d'énergie de 100 kWh/m² **Il est donc contre productif d'aller au niveau BBC.**



B/ Approche microéconomique intégrant crédit d'impôt et aide publique

Si l'on considère que le taux de subvention est de 30 % du coût des travaux quel que soit le montant des travaux, nous avons les résultats suivants :

- Investissement pour atteindre le facteur 4 : 50 700 € dont 15 200 € d'aide
- Temps de retour brut sur investissement (TRI) pour atteindre le facteur 4 : 22 ans
- Optimum technico-économique :
 - o Consommation d'énergie : 125 kWh / m²
 - o Coût des travaux purement énergétiques : 11 600 € dont 3 500 € d'aide
 - o Coût global à l'optimum : 19,9 €/m².an soit une économie nette de 4,25 € / m²
- Incitation à aller à l'optimum : forte
- Incitation à aller au facteur 4 injustifiée car l'investissement serait contre-productif
- **Limite envisageable avec les subventions ou aides: 80 kWh/m² (soit à peu près le niveau BBC).**



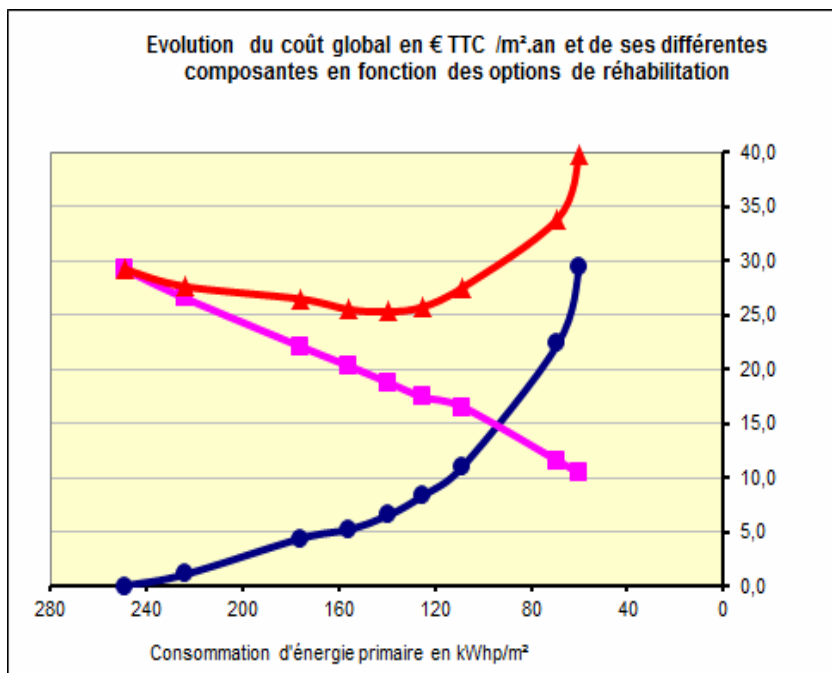
C/ Approche macroéconomique

Rappelons que cette approche macroéconomique est à préconiser (voire indispensable) pour les bâtiments publics et en cas de subvention (en complément de l'approche microéconomique).

Avec (comme hypothèses de calcul supplémentaires par rapport à l'approche microéconomique) un taux d'actualisation public de 4 %, une période de calcul de 25 ans et un amortissement technique en fonction de la durée de vie des composants, nous obtenons les résultats suivants :

- Investissement pour atteindre le facteur 4 : 50 700 €
- Temps de retour brut sur investissement (TRI) pour atteindre le facteur 4 : 26 ans
- Charges moyennes sur 25 ans: 29,2 €/m².an
- Optimum technico-économique :
 - o Consommation d'énergie : 139 kWh / m²
 - o Coût des travaux purement énergétiques : 9 400 €
 - o Coût global à l'optimum : 25,3 €/m².an, soit une économie nette de 3,9 € / m²
- Incitation à aller à l'optimum: faible

- Aller au facteur 4 serait contre-productif
- **La limite envisageable de performance énergétique à atteindre est 90 kWh/m²**



Même avec un taux important de subvention, il n'est pas justifié dans cet exemple d'aller au BBC et aller au facteur 4 serait contre productif. → Il ne faut donc pas subventionner des projets de ce type en exigeant qu'ils aillent au niveau BBC car ce serait contraire à l'intérêt général.

D/ Approche macroéconomique avec fiscalité écologique

Avec les mêmes hypothèses de calcul (un amortissement technique en fonction de la durée de vie des composants, une période de calcul de 25 ans, un taux d'actualisation public de 4 % ; une hausse attendue du prix réel du gaz de 5 % / an avec une écotaxe de 32 € / t de CO₂ en début de période), pour atteindre le facteur 4 sans être contre productif, la tonne de CO₂ doit augmenter de 13 % par an, soit 85 € par tonne CO₂ en 2020 et 280 €/t en 2030, ce qui est largement au-delà de la valeur pivot de 100 € la tonne de CO₂ préconisée par le Centre d'Analyse Stratégique.

E/ Conclusion de l'exemple

Dans la mesure où cet exemple est assez représentatif de ce que nous avons pu constater sur des centaines de cas (notamment avec des consommations d'énergie réelles et non pas estimées), même si le cas de la maison individuelle est plus difficile à traiter que l'immeuble, nous pouvons constater que:

- **l'optimum microéconomique et l'optimum macroéconomique ne concordent pas ;**
- **l'optimum microéconomique n'atteint jamais le facteur 4 mais plutôt 2 à 3 ;**
- **le coût efficient microéconomique n'atteint le facteur 4 qu'avec des aides allant de 30 à 50 % du coût des travaux ; cette prise en charge (subvention) doit être différente selon la nature des bâtiments, d'où l'importance des analyses typologiques et territoriales ;**
- **l'optimum macroéconomique n'atteint pas non plus le facteur 4, même si l'horizon est davantage technique que sociologique (temps plus long) ;**
- **les subventions peuvent être contre productives** et les analyses en coût global devraient être obligatoires en cas de subvention afin d'éviter les subventions contre productives (afin de préserver l'intérêt général).

2.3.2. Exemple d'optimisation énergétique pour le logement social avec le modèle OPERA

OPERA (modèle d'optimisation de la réhabilitation énergétique des résidences sociales d'ADOMA) est un modèle dérivé du modèle SEC. Il est construit de la même façon et avec le même objectif mais il est paramétré sur les analyses effectuées avec des moteurs de calculs réglementaires (RT bâtiments existants et STD pour l'ECS).³¹ Nous avons analysé, dans le cadre d'une recherche financée par la Fondation Bâtiment Energie, des bâtiments représentatifs des résidences sociales d'ADOMA (ex Sonacotra) avec le modèle OPERA afin d'aider ADOMA à intégrer l'énergie dans sa stratégie de gestion de patrimoine.

Nous présentons ci après l'analyse d'une résidence. Il s'agit d'une résidence de la région parisienne comprenant 3 bâtiments résidentiels compacts (plots) et deux annexes. Le bâtiment d'habitation A comprend trois niveaux, les deux autres, (bâtiments B et C), 5 niveaux.

Des liaisons sont possibles entre les bâtiments grâce à une galerie couverte. Les annexes sont des bâtiments maçonnés utilisés pour le stockage et les locaux déchets. La résidence est située à 2' de la station de RER et se situe juste en face d'un quartier de logements sociaux. Elle compte plus de 300 logements quasiment tous occupés par des hommes.

La surface habitable est de 2 266 m² privés et 1 431 m² de locaux collectifs, soit une surface utile de 3 687 m². L'orientation des plots est faite selon une diagonale Nord Sud, évitant l'exposition plein Nord de l'une des façades.

La structure constructive du bâtiment est constituée de voiles béton, dont les entraxes de 337 cm et de 210 cm constituent une forte contrainte en cas de réhabilitation ou de restructuration des espaces. Cependant, ces voiles béton sont perpendiculaires aux façades, ce qui permet de les ouvrir largement. La partie vitrée des façades est particulièrement importante, ce qui confère un bon éclairage des locaux et une sensation de confort grâce à la lumière naturelle. Les parties pleines des façades correspondent à la tranche d'une chambre (pas de grand pignon aveugle). Les murs pignons sont en brique. Les balcons, bien que source de ponts thermiques, participent à la qualité architecturale de la façade.



Etape 1. Optimisation du bouquet de travaux pour différentes approches et différents scénarios et détermination de l'optimum économique et du coût efficient (pour chacun et chacune)

La première étape de la démarche consiste à optimiser le bouquet de travaux (choix des différents types de travaux ou équipements en fonction de leur efficacité ou de leur coût global) pour les différentes approches retenues. Dans le projet ADORER nous avons retenu trois approches:

- Approche microéconomique sans subvention : ceci correspond au financement dans le cadre du Plan de Patrimoine d'ADOMA (autofinancement à 100 %)

³¹ Pour en savoir plus voir : Modèle d'Optimisation de la réhabilitation énergétique des résidences sociales d'ADOMA, modèle OPERA, projet ADORER, La Calade, 2013 (et sans doute prochainement sur le site de la Fondation Bâtiment Energie géré par l'Ademe).

Contribution de La Calade et SUDEN au débat national sur la transition énergétique

- Approche microéconomique avec une subvention de 40 % sur le coût des travaux (subvention allouée en général à ADOMA)
- Approche macroéconomique avec les hypothèses de calcul poursuivant l'intérêt général (explicitées ci avant).

Il s'agit alors de **construire des scénarios en classant les options techniques selon leur rentabilité décroissante (hiérarchie des travaux selon leur efficacité)**, sur la base du financement Plan de Patrimoine (approche microéconomique sans subvention). Cette analyse permet de mettre en évidence les différences de choix techniques importants ou de hiérarchisation des options techniques (s'il y en a) selon les approches. Ceci sera utile pour analyser différentes options dans certains cas types (chaudière gaz à condensation ou pompe à chaleur par exemple).

Pour ADOMA, nous avons retenu le bouquet de travaux optimisé dans l'approche microéconomique sans subvention (baptisée ici approche Plan de patrimoine) dans la mesure où il s'agit de logement social (pour un bâtiment public il faudrait retenir le bouquet de travaux de l'approche macroéconomique). Les solutions les plus rentables et qui réduisent le coût global sont :

- l'installation d'une chaudière à condensation (ce qui a été réalisé par ADOMA en 2011 / 2012)
- la VMC double flux
- le calorifugeage des canalisations de chauffage et d'eau chaude solaire (ECS).
- la régulation et le passage des planchers chauffants à des radiateurs basse température avec robinets thermostatiques
- l'isolation des planchers bas
- la PAC air / eau haute température en relève de chaudière

Il est possible à partir de ces premiers résultats de combiner les options techniques et de rechercher un optimum économique ainsi que la consommation efficiente.

Programme de réhabilitation énergétique (bouquet de travaux) optimisé pour chacune des 3 approches

Résidence Les Alizés, TRAPPES	Consommation en kWh/m ² (chauffage et ecs en énergie finale, total en énergie primaire)			Montant investi hors aides en € HT/m ²	Coût global « macro » en € / m ² .an	Coût global Plan de patrimoine (« micro » sans sub.) €/m ² .an	Coût Global « micro » avec sub. de 40 % €/m ² .an
	chauffage	ECS	Total énergie primaire (et facteur CO ₂)				
Situation initiale	257	80	337 (1)	-	33,10	24,96	27,28
Chaudière gaz à condensation	187	67	255	53	28,58	21,05	21,97
VMC Double flux	108	67	175	118	27,04	19,75	18,58
Calorifugeage des canalisations chauffage et ECS	98	62	160 (2,1)	125	26,70	19,59	17,94
Régulation + passage planchers – radiateurs	83	62	145	162	27,44	19,93	17,48
Isolation des planchers bas	81	62	143	170	27,70	20,05	17,47
Isolation par l'extérieur PSE 20 cm	68	62	130	214	28,82	20,76	17,28
Double vitrage 4/16/4 argon	48	62	110 (3,1)	292	30,93	22,12	17,03
Eau chaude solaire collective – appoint gaz	48	33	81 (4,2)	358	33,85	24,02	17,16
Isolation de la toiture	43	33	76 (4,4)	390	36,21	25,70	18,02

Source : Modèle OPERA, La Calade pour ADOMA, 2013, projet ADORER

L'optimum économique est en vert et le coût efficient en bleu

Commentaires :

- **Optimum économique :** L'approche macroéconomique comme l'approche Plan de Patrimoine aboutissent à un **optimum économique correspondant à une consommation de 160 kWh_{ep}/m² par an** alors que l'optimum maître d'ouvrage avec une subvention de 40 % est de **110 kWh/m²**. Dans ce dernier cas, l'aide publique est de 117 €/m² (soit un coût public de 0,49 € par kWh évité).

- **Coût efficient :** La consommation efficiente (correspondant au coût efficient) est de **110 kWh/m².an** avec l'approche macroéconomique. Elle est plus basse avec les approches microéconomiques : **81 kWh/m² pour l'approche sans subvention et 76 kWh/m² avec subvention.**

- **Emissions de GES :** le facteur 4 est atteint avec un investissement de **358 €/m²**.

- **Coût d'investissement du kWh évité :** Dans le cadre du financement Plan de patrimoine, le coût d'investissement du kWh évité pour atteindre l'optimum économique est de **0,71 €**. La consommation efficiente est atteinte avec un investissement par kWh évité de 1,40 €. Le facteur 4 est atteint avec un investissement par kWh évité de 1,40 €. Le bouquet de travaux du scénario Facteur 4 étant dans cet exemple identique à celui du scénario BBC)

Bouquet de travaux pour les 3 scénarios selon l'approche microéconomique sans subvention

	Bouquet Optimum économique		Bouquet Grenelle (- 38 % énergie primaire)		Bouquet de travaux BBC		Bouquet Facteur 4 (- 75 % CO ₂)	
	Chaudière gaz à condensation		Chaudière gaz à condensation		Chaudière gaz à condensation		Chaudière gaz à condensation	
	VMC Double flux		VMC Double flux		VMC Double flux		VMC Double flux	
	Calorifugeage des canalisations chauffage et ECS				Calorifugeage des canalisations chauffage et ECS		Calorifugeage des canalisations chauffage et ECS	
Conso. Initiale : 337 kWh _{ep} /m ²					Régulation + passage planchers – radiateurs		Régulation + passage planchers – radiateurs	
Emission initiale : 78,8 kg CO ₂ /m ²					Isolation des planchers bas		Isolation des planchers bas	
					Isolation par l'extérieur PSE 20 cm		Isolation par l'extérieur PSE 20 cm	
					Double vitrage 4/16/4 argon		Double vitrage 4/16/4 argon	
					Eau chaude solaire collective – appoint gaz		Eau chaude solaire collective – appoint gaz	
Coût des travaux	125 € / m ²		118 € / m ²		358 € / m ²		358 € / m ²	
Conso après travaux	160 kWh / m ²		175 kWh / m ²		81 kWh / m ²		81 kWh / m ²	
Energie économisée	177 kWh / m ² .an		162 kWh / m ² .an		256 kWh / m ² .an		256 kWh / m ² .an	
CO ₂ évité	41,4 kg CO ₂ / m ² .an		37,9 kg CO ₂ / m ² .an		59,9 kg CO ₂ / m ² .an		59,9 kg CO ₂ / m ² .an	
Coût global	Gain de 5,37 €/m ² .an		Gain de 5,21 €/m ² .an		Gain de 0 ,93 €/m ² .an		Gain de 0 ,93 €/m ² .an	

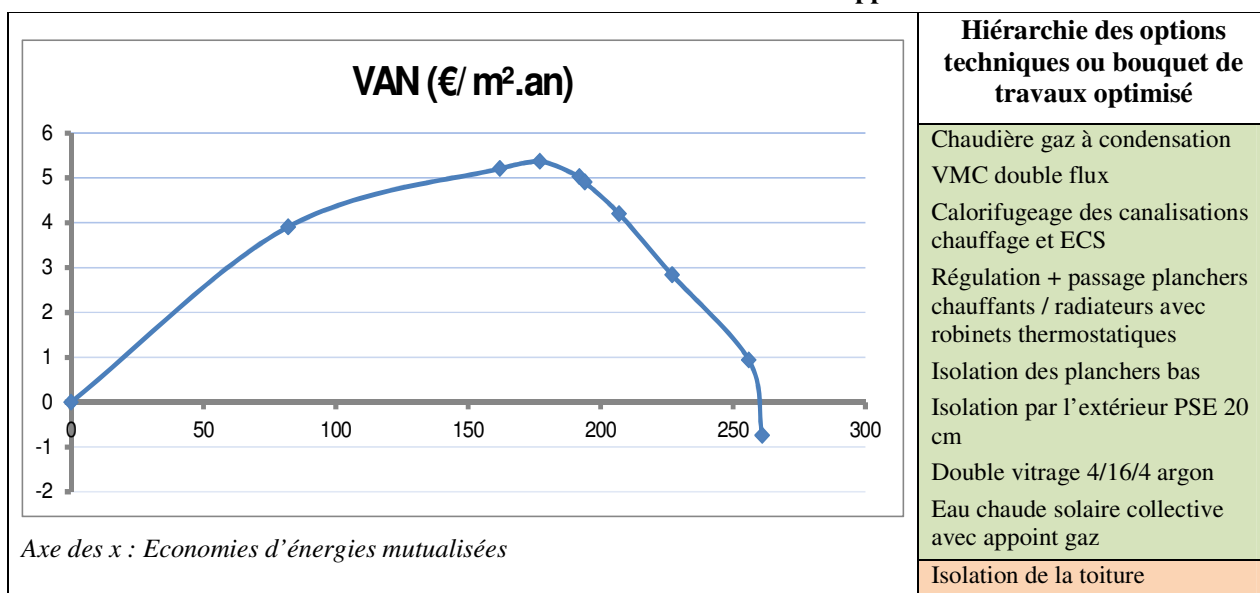
Source : Modèle OPERA, La Calade pour ADOMA, 2013, projet ADORER – Techniques rentables en vert

Ce tableau montre que :

- **tous les travaux de tous les scénarios sont rentables** (en vert), c'est-à-dire mieux que l'inaction (ce qui est loin d'être le cas pour tous les bâtiments).
- **l'optimum économique va au-delà du Grenelle** (et donc ADOMA doit aller au-delà du Grenelle pour ce bâtiment).
- le bouquet de travaux des scénarios BBC et Facteur 4 est le même (ce qui est loin d'être le cas pour tous les bâtiments).
- **il est possible d'aller au BBC ainsi qu'au facteur 4 pour ce bâtiment** (avec subvention bien sûr mais **cette subvention ne serait pas contre productive**) : le bouquet de travaux du scénario Facteur 4 s'arrête à l'ECS, technique qui se rapproche du coût efficient ; le scénario Facteur 4 est donc rentable sur une période de 25 ans. Ceci est également montré par la courbe de VAN ci après : seule la dernière technique du scénario Gisement technique³² n'est pas rentable.

Valeur actualisée nette (VAN) du projet de réhabilitation gaz – Approche Plan de patrimoine

Bâtiment de la résidence Les Alizés à Trappes



Les techniques qui ne sont plus rentables sont dans la case ocre, les techniques rentables étant dans la case verte au dessus

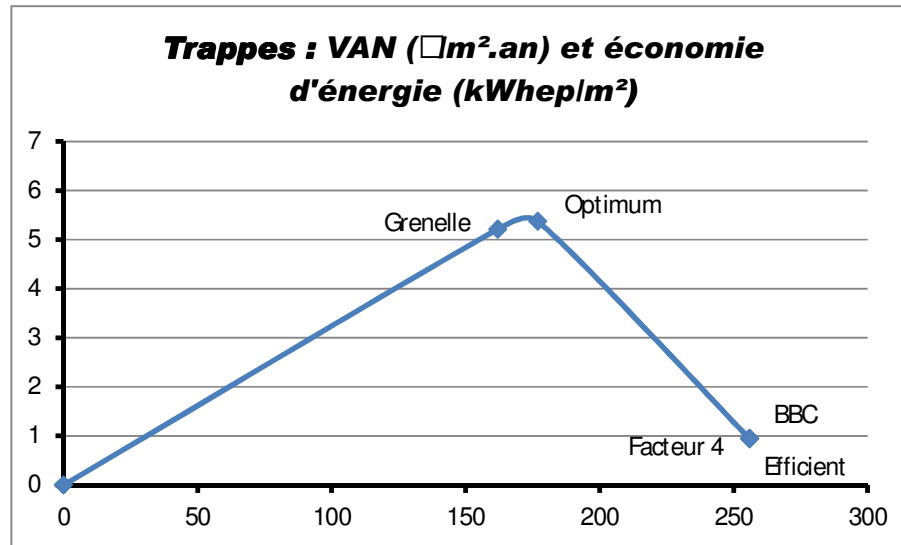
Remarque

Rappelons qu'il s'agit d'une analyse en coût global, que nous partons de l'hypothèse que l'on anticipe l'obsolescence des équipements et que la durée de vie des produits, équipements et techniques ainsi que les coûts de maintenance et de remplacement sont pris en compte dans l'analyse.

Le schéma ci après est le même que le schéma ci-dessus mais au lieu de mettre en avant les techniques, il souligne la rentabilité des scénarios. Ce schéma (page suivante) montre que, pour ce bâtiment représentatif du parc d'ADOMA, le scénario Grenelle n'atteint pas l'optimum économique et qu'aller au BBC ou au Facteur 4 demeure rentable (niveau du coût efficient) du point de vue d'ADOMA (pour le couple bailleur + locataire).

³² Ce scénario Gisement technique ne figure pas sur le tableau de la page précédente faute de place

Valeur actualisée nette des projets en fonction des économies d'énergie réalisées
Approche microéconomique sans subvention (Plan de patrimoine)



Axe des x : Economies d'énergie mutualisées

Etape 2. Identification du seuil de contre productivité à ne pas dépasser pour la subvention

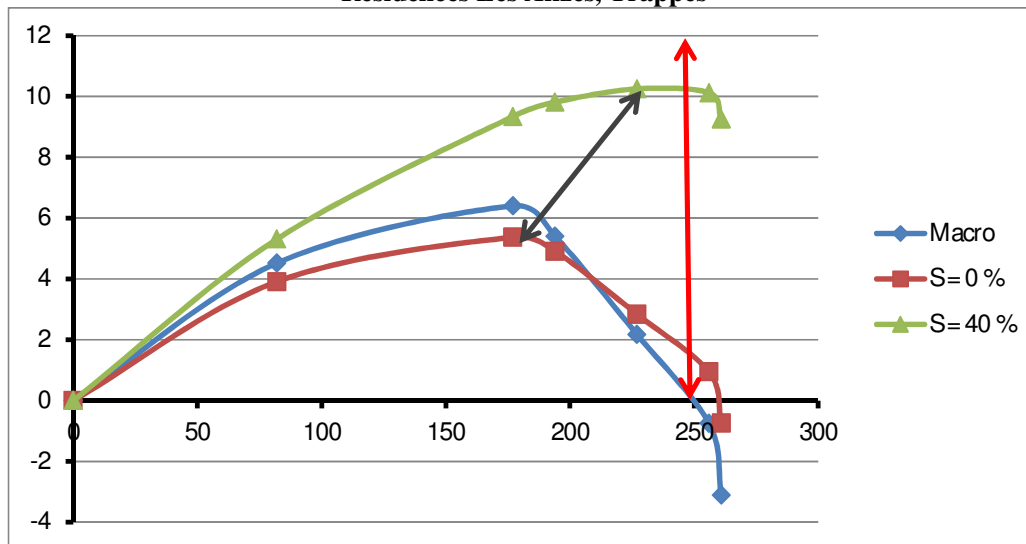
Chaque maître d'ouvrage est censé rechercher toujours son optimum (micro)économique. Nous avons donc identifié cet optimum économique (étape 1).

Cependant, dans la mesure où il s'agit d'un bailleur social et où il y a attribution potentielle de subvention, il s'agit de préserver l'intérêt général et donc de déterminer la limite à ne pas dépasser pour l'attribution d'une subvention. Il s'agit enfin d'estimer le gain apporté par une subvention de 40 % du montant des travaux (niveau de subvention habituel pour ADOMA).

Le schéma ci après compare les résultats selon les 3 approches retenues (macroéconomique, microéconomique sans subvention et microéconomique avec 40 % de subvention) et permet de **fixer le seuil de subvention à ne pas dépasser** (coût efficient macroéconomique ou seuil de contre productivité, souligné sur le schéma par la droite verticale vermillon).

Comparaison des VAN selon les modalités de financement et le mode de calcul (approche macroéconomique ou microéconomique sans subvention et avec 40 % de subvention)

Résidences Les Alizés, Trappes



La courbe bleue indique l'évolution du VAN en fonction des économies d'énergie réalisées pour l'approche macroéconomique. Le coût efficient est atteint pour une économie d'énergie de 256 kWhep/m². Cette limite (barre verticale vermillon) ne doit pas être franchie.

Cependant le maître d'ouvrage (ADOMA) cherche en principe toujours à optimiser le programme de réhabilitation énergétique de son bâtiment en fonction du taux de subvention. La courbe rouge indique l'évolution du VAN en fonction d'un taux de subvention égal à 0 % dans le cadre d'une approche microéconomique. L'optimum est atteint avec une économie d'énergie de 177 kWhep/m². Si le taux de subvention est de 40 %, la courbe verte indique un optimum économique pour une économie d'énergie de 227 kWhep/m².

La flèche noire indique le chemin de l'optimum entre 0 et 40 % de subvention c'est-à-dire l'impact de la subvention en matière d'économie d'énergie: les économies d'énergie à l'optimum variant de 177 à 227 kWhep/m², soit de 53 à 67 % d'économie d'énergie.

➔ Sans subvention ADOMA devrait aller au-delà des objectifs du Grenelle jusqu'à l'Optimum économique. Cependant, du point de vue de l'intérêt général, une subvention de 40 % est pertinente pour ce bâtiment pour aller jusqu'au BBC et/ou jusqu'au Facteur 4 (le niveau BBC permettant d'atteindre le facteur 4 dans cet exemple) (il s'agit cependant d'exclure la dernière technique du Scénario Gisement technique, dans la mesure où l'on va, avec cette dernière technique, au-delà du coût efficient macroéconomique ou seuil de contre productivité).

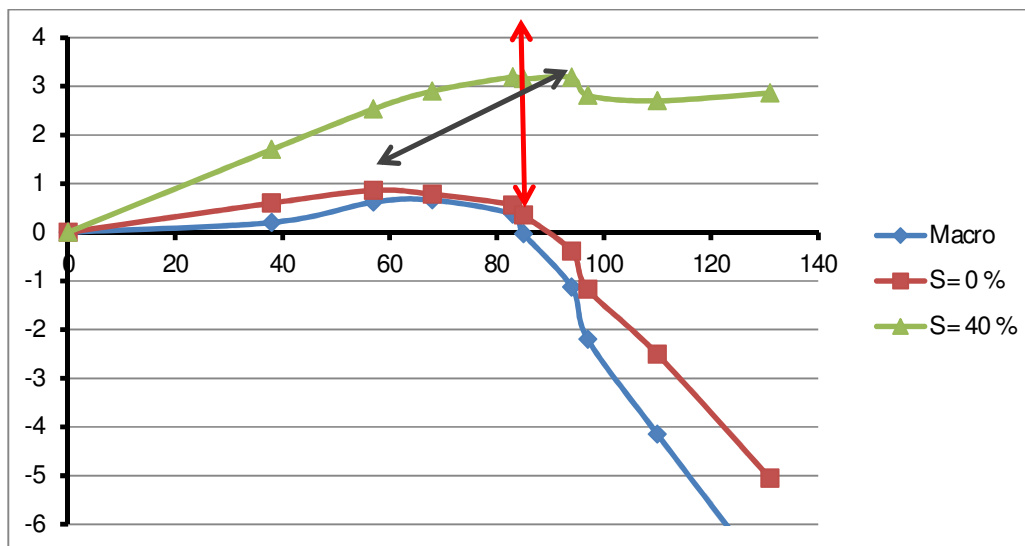
Bouquet de travaux optimisé retenu en cas de subvention (40 %) pour ce type de bâtiment

Installation d'une chaudière gaz à condensation
 Ventilation Double flux
 Calorifugeage des tuyauteries de chauffage et d'eau chaude sanitaire
 Passage des planchers chauffants à des radiateurs à chaleur douce
 Isolation des planchers bas sur locaux non chauffés
 Isolation thermique par l'extérieur (20 cm)
 Doubles vitrages avec lame d'argon
 ECS solaire

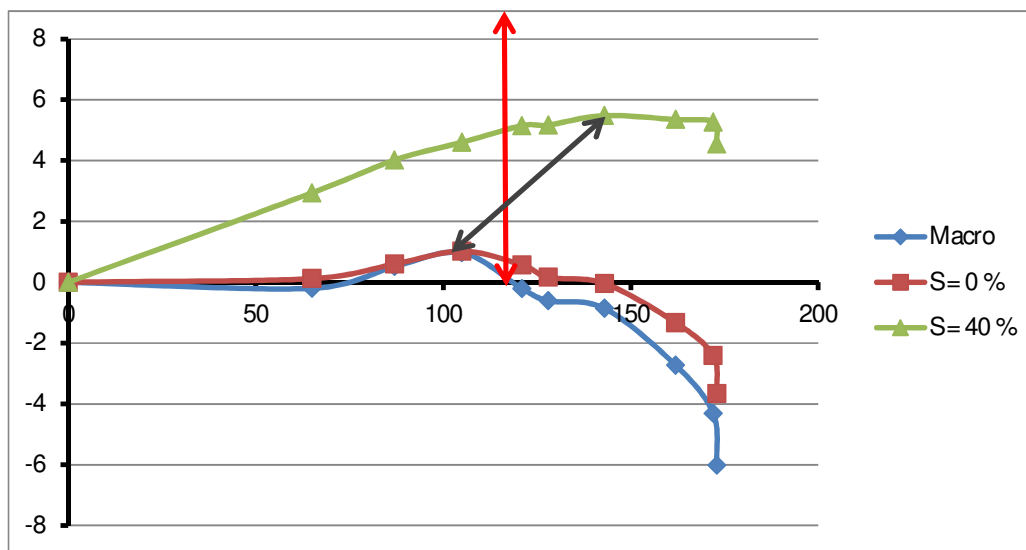
Exemples de cas où il est contre productif de subventionner des programmes de réhabilitation

Les schémas ci après sont ceux de deux autres résidences types d'ADOMA pour lesquelles il est contre productif de subventionner un bouquet de travaux permettant d'aller au facteur 4 : l'optimum économique avec une subvention de 40 % franchit le seuil du coût efficient de l'approche macroéconomique.

Comparaison des VAN selon les modalités de financement et de calcul (approche macroéconomique ou microéconomique sans subvention et avec 40 % de subvention) - Résidence de Montigny-lès-Metz



Bâtiment de la résidence Billon à Vénissieux
Option 2 du scénario Facteur 4 : Chaudière gaz à condensation + isolation thermique par l'extérieur



On remarquera pour ce dernier cas que le bouquet de travaux franchit très rapidement le seuil du coût efficient et que, pour ce bâtiment (ou ce type de bâtiment), il conviendra pour préserver l'intérêt général de ne pas inciter le maître d'ouvrage (ADOMA) à choisir cette option (bouquet de travaux).

Cet exemple souligne qu'il peut être contre productif (et donc contraire à l'intérêt général) de subventionner un type d'équipement ou de travaux.

3. L'attribution d'aides ou de subventions

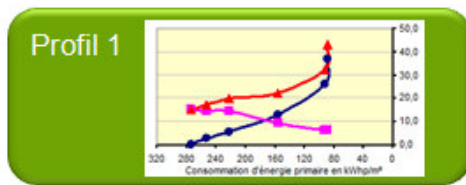
Certes si on prend l'énergie comme seul critère de décision, le choix se portera sur l'isolation de l'enveloppe (d'où l'idée d'une solution universelle). Mais la hiérarchisation des techniques de réhabilitation (travaux sur l'enveloppe, équipements, régulation, etc.) effectuée lors de l'optimisation en coût global montre une grande diversité des solutions techniques. Les techniques les plus efficaces (bouquet de travaux préconisés) changent même parfois selon l'approche (macroéconomique ou microéconomique). **Il n'est donc pas équitable de préconiser des solutions techniques plutôt que d'autres et d'accorder des subventions pour des techniques spécifiques.**

Rappelons encore une fois que, pour tout modèle de calcul, il faut tester la sensibilité aux hypothèses et retenir les hypothèses qui font l'objet d'un consensus parmi les acteurs concernés, pour chaque territoire ou patrimoine. Le modèle ainsi défini doit être mis à disposition de tous ceux qui font des analyses.

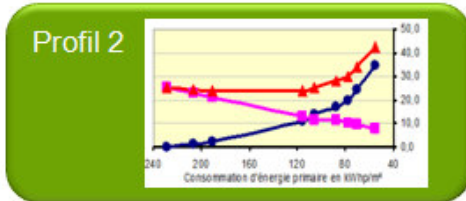
Enfin les différents schémas ci après permettent de visualiser rapidement des éléments essentiels:

- la forme des courbes est très variée et notamment de la courbe de coût global : dans certains cas les travaux ne sont pas économiquement acceptables (sans détérioration du pouvoir d'achat pour le secteur privé), voire ils peuvent être contre productifs.
- le positionnement de l'optimum économique et du coût efficient est parfois très différent, ce qui justifie les aides publiques pour aller au-delà de l'optimum économique (jusqu'au coût efficient).
- le niveau d'investissement nécessaire à l'optimum comme en fonction des objectifs de performance énergétique que l'on s'est fixés (décision politique) est très variable et nécessite donc **des aides ou subventions modulables en fonction de l'effort à fournir (et non pas du seuil de performance énergétique à atteindre) afin de préserver l'équité sociale ;**
- **les subventions ne doivent jamais aller au-delà du coût efficient (seuil de productivité) afin de préserver l'intérêt général.**

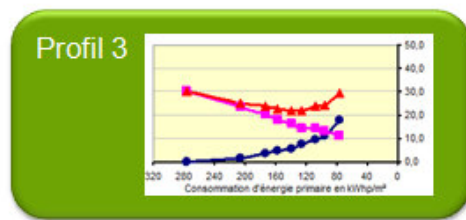
La grande diversité de profil de courbes est le reflet de la diversité des bâtiments



Les travaux de réhabilitation énergétique ne sont jamais rentables.
La motivation des travaux peut donc être la mutation ou l'agrandissement des logements, l'intégration d'EnR, mais pas à proprement parler l'économie d'énergie.



Long palier avant une montée progressive des courbes :
Plus de travaux pourraient être envisagés ou effectués avec une incitation financière des pouvoirs publics de type prêt à taux zéro.
Il devient rentable de s'engager dans plus de travaux pour aller plus loin en terme d'économie d'énergie (dans l'exemple, jusqu'à 80 kWh/m² au lieu de 110).



Les travaux de réhabilitation sont indéniablement intéressants. Les aides des pouvoirs publics ne sont pas justifiées. Le levier consiste à sensibiliser les ménages pour qu'ils entreprennent des travaux, et de faciliter l'accès au financement s'ils n'ont pas l'épargne

4. L'extrapolation à l'échelle du parc ou du territoire

Si une typologie du parc (d'un bailleur social ou territorial, à l'échelle d'une commune, d'une agglomération ou d'une région) est effectuée, les résultats de l'analyse des bâtiments représentatifs peuvent être extrapolés à l'échelle du parc (dans le cadre du PCET, plan climat énergie territorial, par exemple ou pour l'approche territoriale ou du PSP, plan stratégique de gestion de patrimoine, pour les bailleurs sociaux). Cette extrapolation présente divers intérêts, notamment si le système d'aide (prêt à taux zéro, subvention, etc.) est stable à court et moyen terme:

- elle permet au maître d'ouvrage d'**estimer le montant des investissements nécessaires**;
- elle permet aux pouvoirs publics ou à la collectivité de **définir des systèmes d'aides adaptés aux besoins** qui respectent l'équité sociale et préservent l'intérêt général,
- elle permet aux entreprises **d'identifier les types de travaux et d'équipements qui seront préconisés** et donc d'effectuer les investissements nécessaires pour **améliorer leur compétitivité et leur savoir-faire**,
- elle permet aux organismes de formation et aux chômeurs **d'estimer le type d'emploi et le nombre d'emplois** qui seront nécessaires et donc **d'anticiper les besoins de formation**

ce qui, *in fine*, contribue à **limiter les malfaçons** (suite aux formations) et à **préserver, voire renforcer, l'emploi local**.³³

³³ Une étude de ce type est en cours de finalisation pour la cellule économique du BTP en Aquitaine (Cebatrama)

5. L'intervention des pouvoirs publics et les stratégies à mettre en oeuvre

La différence entre la rentabilité pour le maître d'ouvrage et pour la collectivité justifie l'intervention des pouvoirs publics mais sous quelle forme ?

Certains proposent que, dès lors que l'incitation n'est pas suffisante, la coercition devienne nécessaire. La performance énergétique des logements est comparée au code de la route que le « vivre ensemble » et le civisme exigent de respecter. Certes, des comportements plus économes et responsables doivent permettre de réduire la consommation d'énergie (le consommateur français consomme par exemple 27 % de plus d'électricité (hors chauffage) que le consommateur allemand avec un niveau de vie au moins comparable)³⁴. Mais les économies les plus importantes sont celles qui requièrent les financements les plus importants. Et on ne peut pas ignorer que **70 % des ménages français ont peu ou pas d'épargne disponible avec, au mieux, une épargne de précaution**. Certes 30 % des ménages restent à mobiliser mais faut-il pour autant mettre en place des mesures coercitives qui peuvent s'avérer injustes et inefficaces, voire contre-productives³⁵ ? En effet les situations de chaque ménage ne s'arrêtent pas à leur taux d'épargne. Certains logements vont demander des investissements considérables pour améliorer leur performance énergétique alors que d'autres sont beaucoup plus faciles à réhabiliter ; de ce fait, va-t-on obliger des ménages à réaliser des travaux contre-productifs ? De plus, les passoires énergétiques ne sont pas chez les ménages les plus aisés mais souvent dans les catégories de ménages plus modestes. Va-t-on les obliger à réhabiliter alors qu'ils n'en ont pas les moyens ? Va-t-on aller jusqu'à exproprier certaines familles au nom de la lutte contre l'effet de serre ? Par ailleurs, le patrimoine de nombreux ménages réside dans la location d'un logement qui assure un revenu complémentaire (pour la retraite notamment). Ce revenu devra-t-il se réduire du fait d'une consommation excessive du locataire ? Enfin qui jugera réellement de cet excès de consommation ? Le problème de détermination du seuil de consommation acceptable se pose aussi pour le propriétaire occupant. En effet, un logement peut être considéré comme énergivore mais son occupant peut avoir de faibles consommations (habitation partielle l'hiver par exemple). La rentabilité énergétique et environnementale de la réhabilitation sera alors beaucoup plus faible que prévu et d'autant plus faible qu'un effet rebond est possible !!

Une stratégie coopérative pourrait être plus efficace, mais celle-ci demande une transformation des modes d'action des différents acteurs du territoire ainsi qu'un changement des règles du financement public.

Avant de poser les jalons d'une approche coopérative, il s'agit tout d'abord (suite aux résultats des analyses exposés ci avant) de **rejeter deux dogmes**:

- **Celui du BBC obligatoire pour tous dans l'habitat existant** : toutes les études microéconomiques montrent que de nombreux bâtiments ne sont pas adaptés pour atteindre des objectifs de consommation d'énergie de 80, voire 50 kWh_{ep}/m². Du fait des coûts d'investissement qui seraient rendus nécessaires, on peut parler d'investissement contre-productif, reprenant le terme forgé par Ivan Illich³⁶. La contre-productivité signifie qu'au-delà d'un certain seuil les effets obtenus d'un projet sont le contraire de ceux qui étaient attendus. **Quand le coût de l'investissement énergétique est très élevé, plutôt que d'améliorer la situation économique des ménages, il détériore le pouvoir d'achat de ces ménages ou il augmente leur précarité globale !! Enfin, au niveau macroéconomique, ce coût élevé de l'investissement peut orienter des politiques publiques d'aides au détriment d'investissement plus productifs ailleurs ou encore inciter à baisser les coûts par des importations de produits à bas coût...**
- **Celui du facteur 4 à atteindre dans le secteur résidentiel** : tous les scénarios réalisés aux horizons 2030 ou 2050 montrent que la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur résidentiel ne peut pas atteindre le facteur 4 d'ici 2050 sans un recours massif à des énergies décarbonées (bois, électricité d'origine non fossile, réseau de biométhane) et que ces

³⁴ Avec un décrochage constaté à partir de 1998 (source : Bernard Laponche dans La consommation d'énergie en Allemagne et en France : une comparaison instructive, Global Chance, Mai 2011, page 22).

³⁵ Voir ci après la définition de ce terme

³⁶ Ivan Illich, La convivialité, 1973

solutions ne dépendent pas de la rénovation du bâti (en tenant compte aussi des constructions neuves) laquelle permettrait d'atteindre au mieux une réduction par 2,5 à 3 des émissions de gaz à effet de serre³⁷.

L'approche coopérative s'oppose à la méthode coercitive et complète la méthode du porte-monnaie (subventions, crédit d'impôt...). Elle ne peut pas non plus se contenter de la méthode culpabilisante qui consiste à dire que les comportements des ménages doivent changer, même si des actions doivent aussi être menées en ce sens. La stratégie coopérative s'inspire de l'économie sociale et solidaire dont le principe de base est de s'appuyer sur trois piliers : le marché, l'intervention publique et le don (ou le bénévolat).

Mettre en place une telle stratégie (utopique ?) est nécessaire pour atteindre des objectifs aussi ambitieux que ceux de la loi Grenelle, du plan actuel du gouvernement (rénover 500 000 logements par an) et du facteur 4. Elle nécessite une volonté politique forte qui accepte de mettre en œuvre des moyens d'actions à la hauteur des ambitions. Cette volonté politique doit s'exprimer à l'échelle du territoire (commune, agglomération) en organisant le marché de la rénovation énergétique du bâti résidentiel.³⁸

Organiser le marché, c'est, pour chaque territoire concerné, mettre ensemble des acteurs souvent en concurrence afin de donner une cohérence à l'action globale, ce que l'association Energy Cities appelle une « alliance pour l'énergie locale ».

Organiser le marché, c'est donner des priorités aux travaux à réaliser sur l'enveloppe, les équipements, les énergies renouvelables ou la gestion de l'énergie en fonction du contexte, de la nature des bâtiments, des statuts d'occupation et des revenus des ménages. Sur un territoire, il est possible de classer l'ensemble des logements existants en fonction de leurs systèmes constructifs, de leur équipement énergétique et des types de ménages qui les occupent. Il existe souvent de fortes similitudes entre les logements d'un même quartier comme entre les populations d'un même quartier.

Il s'agira aussi de mieux connaître les ressources potentielles : énergies locales évidemment, mais aussi ce qu'il est possible de faire en matière de changement d'usage des locaux, d'extensions de bâtiments (avec par exemple une seconde peau) ou au contraire de création de « cocons » à l'intérieur de grands bâtiments, de densification de l'habitat...

On peut imaginer qu'à partir de cet état des lieux initial (qui n'existe pas aujourd'hui et qui nécessite une analyse pluridisciplinaire), soient définies des orientations précisant notamment des travaux types de rénovation avec des « priorisations », des objectifs de productions locales d'énergie, des modifications du parc de logements et des règles d'urbanisme, ainsi qu'un renforcement de la cohérence des différentes politiques publiques (politique de la ville, aide à la pierre, lutte contre la précarité énergétique, EcoQuartier - EcoCité...).

L'ensemble de cette réflexion contribuerait à définir toute une série d'actions d'information, de sensibilisation, de rencontres entre les professionnels pour partager un diagnostic sur les modalités d'actions à mettre en œuvre à court-moyen terme mais aussi à long terme en vue d'assurer la transition énergétique du territoire.

Organiser le marché c'est aussi favoriser la concertation entre tous les acteurs locaux ayant un rôle sur le marché de la rénovation énergétique : artisans, entreprises, distributeurs d'énergie, banques, assurances, associations d'habitants ou d'usagers³⁹... afin de favoriser l'amélioration des compétences (formation, atelier d'échanges...), d'améliorer la « chaîne d'acteurs », la lisibilité des stratégies à moyen terme, et

³⁷ Le facteur 4 est calculé en comparant les émissions de gaz à effet de serre (principalement le CO₂) entre 1990 (voire 2005) et 2050 en tenant compte de l'évolution du parc : démolition, rénovation et constructions neuves jusqu'en 2050. Même en obligeant l'ensemble des logements existants à atteindre des niveaux de performance de 50 kWh/m² sur les usages réglementés (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, auxiliaires de chauffage, éclairage) et, compte tenu d'hypothèses de stabilité des consommations d'électricité spécifique, la réduction des consommations d'énergie est divisée selon les régions par un facteur compris entre 2 et 3. Pour aller au-delà, l'Ademe et EDF préconisent un recours massif aux pompes à chaleur et au bois, l'association Négawatt met l'accent sur le bois et le gaz issu de la biomasse, l'Ademe et Négawatt renforcent aussi de façon considérable le poids des énergies renouvelables dans la production d'électricité.

³⁸ Ce qui pourrait se faire dans le cadre des PCET (Plans Climat-Energie territoriaux).

³⁹ Y compris pour l'auto-réhabilitation

ainsi donner confiance aux ménages qui sont les derniers mais aussi les principaux décideurs de l'action de rénovation énergétique. Cette visibilité concernant les techniques et équipements nécessaires permettra aussi de préserver, voire de développer, l'emploi local.

La coopération doit aussi se faire au plan financier car il est frappant de constater combien sont nombreuses les sources d'aide au financement : aides des grandes entreprises énergétiques, des compagnies de service énergétique (ESCO), aides publiques et bientôt sociétés publiques locales ou SEM se mettant sur le marché des tiers investisseurs. La multiplicité des interventions financières doit laisser la place à un guichet unique et à un partenariat bien pensé (et justifié) entre les structures publiques et privées.

Organiser le marché revient aussi à s'interroger sur la nature des marchés afin de ne pas exclure les artisans et les petites entreprises, lesquels peuvent difficilement répondre à des procédures telles que dialogues compétitifs, conceptions – réalisations, macrolots...

Organiser le marché demande aussi de définir de nouveaux modèles économiques : tiers investisseur public, coopération public – privé, partenariat public-privé-public, densification, phasage dans le temps des travaux avec des financements calés sur les économies d'énergie, aides publiques gérées localement et distribuées en fonction des efforts à faire pour atteindre un certain niveau de performance au regard d'un optimum économique (ce qui paraît plus équitable et pourrait limiter les effets d'aubaine tant pour les ménages que pour certaines entreprises).⁴⁰

En conclusion, c'est bien par une intervention concertée (publique et privée) et par une plus grande participation des ménages que l'objectif national de rénovation de 4 000 000 de logements en France d'ici 2020 pourra être atteint et cette stratégie territoriale mise en œuvre sur l'ensemble du territoire contribuera à assurer la transition énergétique.

En résumé

- **La réhabilitation énergétique n'est pas toujours rentable et il convient d'analyser cette rentabilité afin de préserver à la fois l'équité sociale et l'intérêt général** (conformément aux exigences de la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments)
- **Les solutions techniques sont très variables** et dépendent de la typologie des bâtiments, des objectifs poursuivis, des hypothèses (qu'il convient de retenir à l'issue d'un consensus avec l'ensemble des partenaires concernés et de préciser) et du mode de calcul retenu (approche microéconomique pour le point de vue du maître d'ouvrage et macroéconomique pour l'intérêt général).
- **Tout maître d'ouvrage cherche à atteindre l'optimum microéconomique, cet optimum variant en fonction des aides et subventions.** (Les bailleurs sociaux doivent donc parfois aller au delà du respect de l'exigence réglementaire). Il convient donc d'effectuer ou de demander aux bureaux d'études des analyses en coût global avec optimisation énergétique selon différentes approches microéconomiques (avec différents taux de subvention ou types d'aide afin de mettre en avant l'impact de ces aides/subventions).
- Mais **atteindre cet optimum microéconomique dépend également de l'accès au financement**, d'où la nécessité de systèmes de financements innovants comme le tiers investisseur.
- **Les aides ou subventions ne doivent jamais être accordées pour des opérations allant au-delà du coût efficient macroéconomique** (seuil de contre productivité), faute de quoi l'utilisation des fonds publics devient contre productive pour la collectivité, contraire à l'intérêt général.
- **L'aide ou la subvention doit être définie en fonction de l'effort à fournir pour aller au-delà de l'optimum microéconomique (et non pas du niveau de performances atteint après travaux** comme ceci est le cas pour toutes les subventions dans le cadre du Feder par exemple) (mais sans dépasser le coût efficient de l'approche macroéconomique).

⁴⁰ Voir Elaboration de stratégies patrimoniales et territoriales « Politique de l'habitat, énergie et effet de serre », La Calade, 2011 (recherche effectuée pour le PUCA dans le cadre du PREBAT) et La réhabilitation énergétique des logements (Le Moniteur, 2012)

- L'approche macroéconomique permet aux régions de définir des systèmes d'aides/subventions optimisant l'efficacité de l'utilisation des fonds publics au regard des objectifs poursuivis (et donc sans contre productivité) et équitables.

Pour ce faire, la méthodologie à mettre en œuvre comprend les étapes suivantes : 1. Elaboration de la typologie des bâtiments du parc et sélection de bâtiments représentatifs de l'ensemble du parc. 2. Analyse en coût global avec optimisation des programmes de réhabilitation selon les différentes approches : microéconomique sans subvention et avec aide ou subvention (diverses approches ou scénarios possibles) et macroéconomique. 3. Elaboration de scénarios en fonction des objectifs politiques poursuivis (Grenelle, Facteur 4...) afin de déterminer les seuils de contre productivité et l'impact des subventions (au regard des objectifs poursuivis). 4. Extrapolation à l'échelle du parc afin d'estimer le montant des investissements nécessaires (en fonction des objectifs poursuivis). 5. Présélection des scénarios et bouquets de travaux à subventionner / aider pour chaque type de bâtiment en fonction des budgets disponibles et en optimisant l'argent public disponible. 6. Compléments d'analyse en intégrant l'impact sur l'emploi des scénarios potentiels retenus et partage des résultats avec les entreprises concernées afin de leur permettre d'orienter leurs investissements pour conforter leurs savoir faire et leur compétitivité dans ces domaines là et avec les organismes de formation afin d'anticiper les besoin de formation et de mettre en place les formations qui permettront de conforter l'emploi local et de limiter les malfaçons. 7. Finalisation de la stratégie régionale et d'un système d'attribution des aides optimisé, rationnel et équitable (qui a donc des chances d'être stable dans le temps).

- Pour les bâtiments publics c'est l'approche macroéconomique qu'il convient d'utiliser (tandis que pour les logements sociaux ou privés, il s'agira de concilier les deux approches microéconomique et macroéconomique en veillant à ne pas dépasser le seuil du coût efficient de l'approche macroéconomique).

- Il est indispensable de préciser le cadre des analyses (différentes approches et leurs hypothèses) et de les diffuser : Des analyses en coût global avec optimisation énergétique devant être effectuées pour toutes les opérations de réhabilitation sur les bâtiments publics et exigées pour toute utilisation de fond public (prêt à taux zéro, subvention, tiers investissement...) et l'analyse en coût global étant (comme tous les moteurs de calcul) très sensible aux hypothèses retenues, les collectivités doivent définir (dans le cadre de leur stratégie territoriale, SRCAE ou PCET par exemple) les hypothèses qu'elles retiennent pour les approches macro et microéconomiques, voire élaborer leur modèle de calcul et le mettre à disposition de tous ceux qui effectuent les analyses (faute de quoi il faut exiger des bureaux d'études l'utilisation des hypothèses et du cadre défini).

- Enfin, seule une démarche coopérative territoriale permettra d'atteindre les objectifs du Grenelle de l'environnement.

Bibliographie

Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, « La réhabilitation énergétique des logements », 274 pages, Le Moniteur, 2012

Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, Elaboration de stratégies patrimoniales et territoriales « Politique de l'habitat, énergie et effet de serre, », La Calade pour le PUCA (Prebat), 2011

Energies Cities, « 30 propositions pour la transition énergétique », 2012

Ademe, « Contribution de l'Ademe à l'élaboration de visions énergétiques 2030 – 2050 », novembre 2012

Association Négawatt, « Manifeste Négawatt, réussir la transition énergétique », 369 pages, Actes Sud, 2012

CLIP, n° 20, « Habitat Facteur 4, étude d'une réduction des émissions de CO₂ liées au confort thermique dans l'habitat à l'horizon 2050 », IDDRI, novembre 2010

Centre d'Analyse Stratégique, « Trajectoires 2020 – 2050 vers une économie sobre en carbone », documentation française, 2012

Bernard Laponche « La consommation d'énergie en Allemagne et en France : une comparaison instructive », Global Chance, Mai 2011

Principaux ouvrages récents des auteurs

La réhabilitation énergétique des logements, édition Le Moniteur, décembre 2011, 272 pages. Cet ouvrage présente les enjeux de la réhabilitation et propose une feuille de route pour chaque type d'acteur dans le cadre d'une stratégie énergétique territoriale.

Concevoir et évaluer un projet d'écoquartier, édition Le Moniteur, octobre 2012, 470 pages et un CR rom avec le référentiel INDI (millésime 2012) de la démarche HQE²R, lequel est compatible avec la grille EcoQuartier 2011. INDI comporte un module Energie permettant une approche transversale de l'énergie à l'échelle du projet.

L'urbanisme durable : concevoir un écoquartier, édition Le Moniteur, mars 2009 et deuxième édition actualisée en 2011, 312 pages

Ecoquartier mode d'emploi, édition Eyrolles, novembre 2009, 243 pages

Développement durable et renouvellement urbain : des outils pour améliorer la qualité de vie dans nos quartiers, édition L'Harmattan, 2006, 296 pages

Analyse de projets de quartier durable en Europe, Edition La Calade, 2004

Ainsi que de nombreux documents dans les collections du CSTB ou sur www.suden.org