



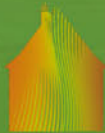
### raisonner en COÛT GLOBAL

**Objectif : facteur 4**

(diviser par 4 ses consommations)

**Intégrer tous les coûts**

**Impacts environnementaux**



### MIEUX INVESTIR

En ces temps d'augmentation du coût des énergies et de raréfaction de l'offre, la recherche d'un niveau de performance énergétique donné et une réflexion intégrant le cumul des dépenses sur plusieurs années deviennent la norme. Cette recherche d'économie s'accompagne de plus en plus d'une prise de conscience des problèmes liés à l'environnement et d'une volonté d'agir pour sa préservation.

Le Facteur 4, à savoir diviser par 4 ses consommations à l'occasion d'un projet, est un objectif simple. En accord avec son temps et partagé dans la majorité des pays développés, il répond aux objectifs de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> prônés par le Protocole de Kyoto en 1997. Il prend également tout son sens quand on raisonne du simple point de vue économique.



#### ■ COMPRENDRE coût global et coût global élargi

La rénovation en général, et plus spécifiquement celle du bâti ancien, offre la possibilité de réduire de façon conséquente les dépenses cumulées sur plusieurs années. Le coût d'investissement important est souvent largement compensé par des coûts d'exploitation considérablement réduits et finit par constituer de loin la solution la plus rentable.

Il s'agit de la notion de coût global qui additionne :

- le coût d'investissement (CI),
- les coûts d'exploitation et de maintenance (CEX + CM),
- les coûts différés des premières transformations (CD),
- les coûts de démolition (CDÉ).

Il traduit une partie du « Cycle de Vie » du bâtiment, celui des dépenses à engager du « berceau à la tombe ».

Pour être plus complet et interroger les coûts « externalisés » (CEXT), le coût global élargi intègre en plus toute autre notion dépendante de l'opération ; parmi les plus connus peuvent être cités les **impacts environnementaux** (indicateurs de pollution, d'équivalent carbone et d'énergie grise), les **coûts de transports** (déplacements domicile travail, domicile détente, domicile achats), les **frais financiers** (bancaires et notariaux etc.).

Aussi, il faut admettre que rares sont ceux qui pensent à la fin de vie de leur immeuble et aux legs aux générations futures au moment d'un projet. Et pourtant quelle responsabilité !

Rappelons que les coûts des conseils et d'ingénierie d'une opération s'élèvent en général entre 1 et 2% du coût global. Mais leurs décisions engagent les 99% autres... (Voir fiche développer son PROJET )

Raisonner en coût global implique de réinterroger ses comportements d'utilisateur (par rapport à ses besoins quotidiens, au fonctionnement du bâtiment et aux contraintes de maintenance) et sa sensibilité aux questions de préservation de l'environnement.



# que comprend le coût global ?

## IDENTIFIER L'ENSEMBLE DES COÛTS

Pour savoir si le prix d'une intervention est bas ou élevé, il faut toujours la juger dans sa globalité. Ceci vaut pour tous les domaines de la vie, et plus particulièrement pour la rénovation d'une maison. En investissant dans la rénovation, il ne faut jamais évaluer un coût de façon isolée, mais toujours garder à l'œil toute la durée d'utilisation du bien. Une solution qui paraît économique au premier abord, peut s'avérer coûteuse sur le long terme, peut déclencher des coûts différés très importants, voire même rendre impossible des solutions d'avenir. Il s'agit d'une nouvelle perspective à découvrir en admettant le principe fort : éviter de réaliser une rénovation thermique de bâti ancien « à moitié ». Deux raisons à cela : non seulement elle n'est jamais rentable mais en plus elle épuise, voire anéantit pour longtemps le gisement d'économies de charges et d'émissions polluantes associées.

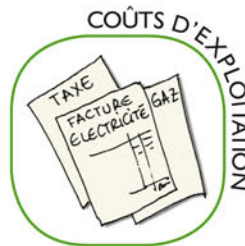
### coût D'INVESTISSEMENT (CI)

On ne le présente plus à tel point il est le principal indicateur et facteur de décision. Il est considéré par le maître d'ouvrage, les organismes financeurs, les agents commerciaux, les entreprises. Il correspond à l'ensemble des dépenses nécessaires à la réalisation de l'opération complète : en sus des dépenses liées au foncier et aux travaux de construction, il intègre les dépenses liées aux différents honoraires (notaire, géomètre, architecte, conseils divers), aux taxes (branchements, TLE etc.), aux assurances (dommage ouvrage notamment), aux études spécifiques (diagnostics particuliers, études géotechniques et hydrologiques), aux frais financiers (intérêts bancaires, frais divers). Cette somme constitue la masse de dépenses à financer immédiatement, mais la charge et les mensualités du maître d'ouvrage utilisateur de son bien ne sont pas limitées à celle-ci. L'endettement réel du maître d'ouvrage se calcule en ajoutant les coûts présentés ci-dessous.



### coût D'EXPLOITATION (CE)

Vécu au quotidien, il englobe les principales charges et factures de fonctionnement. Dépendant de la performance de son immeuble et du comportement des utilisateurs, il additionne les coûts de chauffage, d'électricité (éclairage, auxiliaires et domestique), d'eau potable (chaude et froide) et des différentes redevances correspondantes (assainissement, abonnements, taxes).



### coût DE MAINTENANCE (CM)

Moins régulier ou connu, il correspond aux obligations d'entretien régulier des équipements en vue de leur parfait fonctionnement et du maintien des garanties ou des performances. Souvent limité à la maintenance annuelle des chaudières, car obligatoire (gaz, bois, fuel), il convient de l'étendre aux installations aérauliques (VMC), de chauffage de l'eau (PAC, solaire), des productions d'énergie renouvelables (photovoltaïque, éolien) et de domotique d'une part, mais aussi l'entretien décennal aux façades et couvertures, aux réseaux d'assainissement, de récupération d'eau de pluie, aux installations électriques d'autre part. Des entreprises ont été créées ces dernières années pour répondre à ces besoins.



### coûts DIFFÉRÉS (CD)

Il s'agit des dépenses à engager en premier remplacement en fin de vie d'un appareil ou d'un élément constructif, pour un ravalement ou un rafraîchissement, une modification fonctionnelle « légère » (dé/re-cloisonnement, par exemple).



### coût DE DÉMOLITION / DÉCONSTRUCTION (CDÉ)

Très rarement pris en compte au moment d'un projet, cette dépense est celle à effectuer en fin de vie du bâtiment. A la charge du dernier propriétaire, elle peut varier de façon conséquente selon les modes constructifs retenus et les matériaux choisis (voir fiche choisir ses MATÉRIAUX). Les obligations de tri, recyclage et de revalorisation des déchets du bâtiment sont de plus en plus précises au fil des années ; les montants à engager évoluent à la hausse et sont calculés en fonction des volumes et masses par types de matériaux.



RAISONNER EN COÛT GLOBAL

## le mot de l'artisan

Une collaboration technique est souvent nécessaire. Aussi, des mises aux points économiques sont requises, notamment en considérant l'ensemble des corps d'état et un budget global d'opération. Cette ouverture apportée par d'autres nous amène à rechercher des fournitures plus adaptées et plus locales. C'est très intéressant.

### coûts EXTERNALISÉS (CEX) / impacts environnementaux

Les coûts externalisés sont ceux qui ne sont pas supportés par celui qui les a déclenchés et ne font pas partie des coûts de la construction proprement dits. La liste peut être très longue selon le type de programme. Principalement, il s'agit des coûts restant à charge de la collectivité, tels les impacts environnementaux (dépollutions multiples, santé etc. voir fiches choisir ses MATÉRIAUX et évaluer les PERFORMANCES) et à charge des utilisateurs (frais de déplacements, de fournitures). Ces derniers peuvent se révéler conséquents dès lors que l'immeuble s'éloigne des centres d'intérêts (lieu de travail, écoles, transports en communs, services, etc.) et quasi nuls lorsque l'immeuble devient polyfonctionnel et à proximité des services vitaux (alimentation, transports en communs, école).

### temps de RETOUR / cumul des dépenses

Sur les bases précédentes, il devient ainsi pertinent de comparer diverses solutions de performances et d'équipement en fonction des dépenses cumulées sur une durée précise ; généralement 15 ou 20 ans. Il est possible de déterminer les temps de retour ou d'amortissement de tel ou tel investissement tout en intégrant l'augmentation annoncée des coûts des énergies. C'est ici que l'éco-rénovation et la performance énergétique prennent tout leur sens et trouvent leur justification.

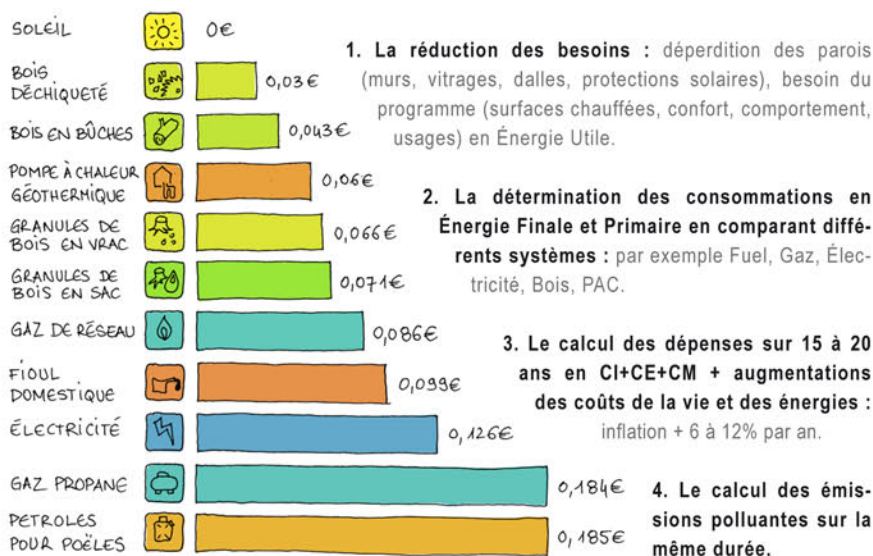


Les nouveaux usages et nos besoins de confort modifient considérablement les besoins en énergie d'un bâtiment ancien. Par anticipation, la recherche de nouvelles performances doit intégrer l'augmentation prévue du prix des énergies traditionnelles et la réduction des pouvoirs d'achats tout en veillant à augmenter les niveaux de confort.

### ■ la question DU CHOIX DE L'ÉNERGIE

Les disponibilités locales, les coûts, les filières approvisionnement et les impacts environnementaux doivent guider les choix. En fonction du bâtiment et des moyens des propriétaires, du pays, ils peuvent s'avérer très différents.

Pour choisir judicieusement son énergie, il convient de raisonner en 4 étapes (réflexion à mener dans cet ordre) :



▲ Argus des énergies pour une maison familiale - avril 2013 - prix TTC par kWh (source Ajena)  
Ce graphique inclut les abonnements et surtout le rendement des installations.

### ■ ... LE SAVIEZ-VOUS ?

#### L'énergie utile en kWh ...

... est l'énergie nécessaire à couvrir un besoin pour un usage donné : restitution de chaleur et de lumière par exemple. C'est l'unité utilisée par les fabricants de matériel, les bureaux d'études et parfois les agences de communication.

#### L'énergie finale en kWh ...

... est l'énergie livrée chez vous pour assurer, après rendements et pertes de vos appareils, l'énergie utile à vos besoins. En fonction de l'âge de vos installations, du type d'énergie et de vos besoins, elle peut varier de façon conséquente avec l'énergie utile et lui est toujours supérieure. C'est l'unité utilisée pour vos factures d'énergie.

#### L'énergie primaire en kWh ...

... est l'énergie réellement prélevée à l'environnement, après pertes de transport et rendements des modes de transformations d'énergies (centrales, extractions, transformations). Elle varie dans le temps en fonction de l'énergie finale et lui est toujours inférieure (bois : 0,2 en Allemagne à 0,6 en France), supérieure (électricité : 2,97 en Allemagne, 3,31 en France mais officiellement encore 2,58) ou quasiment égale (gaz, fuel : 1,1 en Allemagne et 1 en France). C'est l'unité utilisée conventionnellement par les Etats, reprise par les réglementations thermiques, les DPE, ...



### ■ plus -values d'une rénovation thermique en terme de CONFORT

En plus du confort thermique, une bonne rénovation doit améliorer :

- le confort acoustique : par traitement adapté des détails et des choix de matériaux,
- le confort visuel : par la caractérisation des baies et des vitrages, le choix des couleurs des parois intérieures, des interventions sur leurs dimensions et leur quantité,
- la qualité d'air intérieur : par une parfaite ventilation, des matériaux sains et un bon entretien.

### ■ prévention des RISQUES

La vérification préalable et l'évitement de nouvelles pathologies constituent un des piliers des études préliminaires et relèvent du pur bon sens. Il s'agit essentiellement de :

- la stabilité des structures : études de sols, présence d'eau souterraine, statique et stabilité générale, état et vétusté des matériaux, fissures préjudiciables,
- la protection aux précipitations de toutes les parois : toitures, façades, soubassements,
- la maîtrise des points de rosée et de la migration d'humidité :
  - parties courantes : grès, torchis, bois, entre couches, isolants, pare vapeur, enduits,
  - assemblages : bois, corbeaux, changements de matériaux, ponts thermiques,
  - dalles : sur caves, sur terre-pleins, sous combles et greniers,
  - pieds de façades : remontées capillaires soubassement.

### ■ solutions et bouquets de travaux pour atteindre le FACTEUR 4

Pour les deux exemples étudiés, les prescriptions de base de l'état rénové sont les suivantes :

- isolation des murs :  $R = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (env. 10cm), des planchers bas :  $R = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  et du plancher des combles non chauffés :  $R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ,
- remplacement des menuiseries par du double vitrage ou double fenestration (menuiseries isolées) pour un  $U_w$  inf. ou égale  $1,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ,
- étanchéité à l'air  $n_{50} = 9 \text{ Vol/h}$  ( $Q_4 = 2,7 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{pf}$ ) à Hunsbach et  $n_{50} = 10 \text{ Vol/h}$  ( $Q_4 = 4 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{p}$ ) à Ludwigswinkel qui demeurent médiocres et sont améliorables,
- ventilation mécanique centralisée de type simple flux Hygroréglable de type B. Possibilité d'installer une ventilation double flux dont certaines décentralisées,
- chaudière à condensation à gaz ou à pellets pour le chauffage et l'ECS accumulée (ballon de 300L).

(voir fiches choisir ses MATÉRIAUX et évaluer les PERFORMANCES)



# quels impacts environnementaux ?

>@ toutes les études détaillées sont téléchargeables en annexes (voir lien sur la pochette)

## ■ raisonner en COÛT GLOBAL

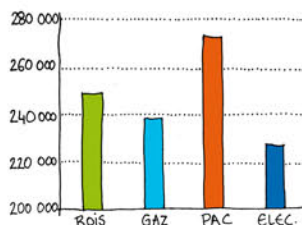
Au-delà de la valeur vénale et de transmission augmentées à terme, les dépenses cumulées intégrant les augmentations des coûts des énergies doivent être calculées sur une durée de 20 ans (= durée d'un prêt bancaire et des premiers gros ré-investissements et remplacements). Pour Ludwigswinkel, elles sont détaillées ci-dessous, en comparant 4 modes de production de chaleur possibles : une chaudière au bois granulés (ou pellets), une chaudière à condensation au gaz, une pompe à chaleur eau/eau et le tout électrique. On remarque que pour un certain coût en investissement et hors subvention possible, le classement s'inverse dès lors que l'on intègre la maintenance, l'augmentation des prix et la durée le temps. **En termes de rentabilité, il est démontré qu'une réhabilitation au niveau Facteur 4 est réelle entre 8 et 13 années** selon les cas, si on la compare à une réhabilitation normative et esthétique (ravalements, électricité et VMC neuves uniquement).

Les coûts d'investissements des études menées sont les suivants (**Travaux Facteur 4** : isolations, chaudière et ECS bois, VMC SF, électricité, tous ravalements, étanchéité à l'air): **780,00 Euros TTC / m² SHON soit 900,00 Euros TTC/m² SHAB** ; le coût reste relativement élevé mais justifié par l'importance des travaux à mener en toiture. La quote-part des travaux dits d'amélioration énergétique est de l'ordre de 50%. Aucune subvention, aide financière ou fiscale ne sont intégrées à ce calcul.

## — RÉSULTATS POUR LE PROJET DE LUDWIGSWINKEL —

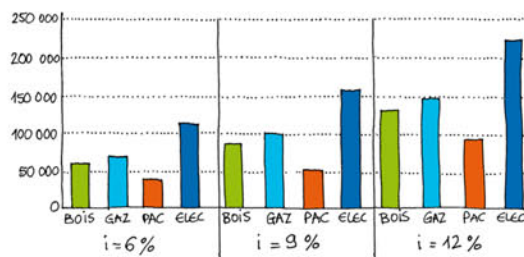
### ■ COMPARAISON COÛTS pour 4 solutions énergétiques

#### ■ Coûts d'investissement TTC compris honoraires (15%)



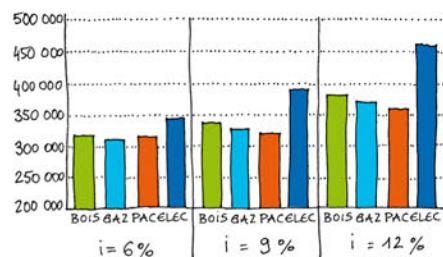
Un écart de l'ordre de 15% est à relever entre les extrêmes. Les solutions les moins chères à l'achat demeurent les plus répandues : gaz et tout électrique. A noter que ces estimations n'intègrent pas les éventuelles subventions.

#### ■ Coûts d'exploitations TTC sur 20 ans selon 3 taux d'inflation



Les écarts représentent du simple au quintuple en fonction des hypothèses. Quelle que soit la hausse moyenne des coûts des énergies, la PAC est la solution qui engage en théorie les moindres dépenses d'exploitation (le COP de la machine trouve ici tout son sens). Toutefois, la durée de vie et la fiabilité des composants de la PAC peuvent réduire cet avantage. Il est aussi possible d'imaginer que le bois ne subira pas les mêmes hausses que les énergies fossiles (6% contre 12%). L'électricité reste la solution de loin la plus onéreuse.

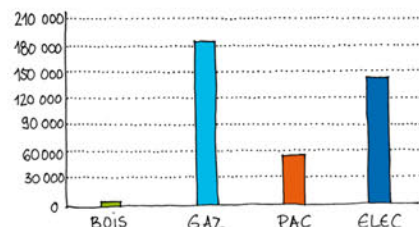
#### ■ Dépenses cumulées TTC sur 20 ans selon 3 taux d'inflation



En dépenses cumulées, les écarts se réduisent et une différence d'environ 7% entre bois, gaz et PAC est à remarquer. Seule la solution tout électrique semble dans tous les cas de figure la moins attractive. **Pour les départager, les critères environnementaux ou «coûts externalisés» peuvent constituer un champ d'appréciation pertinent.**

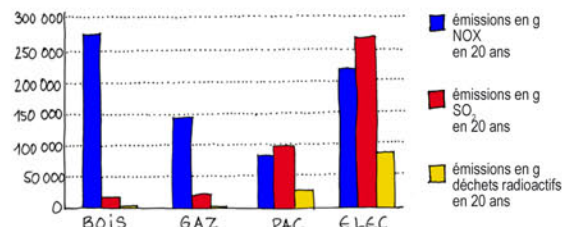
### ■ COMPARAISON ÉMISSIONS POLLUANTES pour 4 solutions énergétiques

#### ■ Emissions de kgCO2 en 20 ans pour les 4 solutions énergétiques



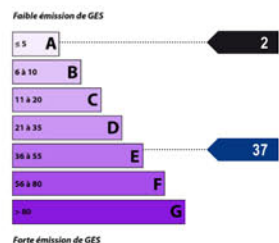
Les solutions techniques les moins chères à l'investissement sont celles qui émettent le plus de CO<sub>2</sub>. La PAC n'échappe pas au constat dans la mesure où la production hivernale d'électricité fait appel aux énergies fossiles.

#### ■ Autres émissions polluantes en 20 ans pour les 4 solutions énergétiques



Les effets environnementaux liés aux diverses émissions sont contrastés et très divers : effet de serre, irritations et pluies acides pour les premiers, déchets à longues et très longues durées de vie radioactive pour les derniers. **La solution tout électrique rassemble encore une fois la majorité des défauts.**

#### ■ Emissions des GES selon DPE en m² de surface utile



Grâce à la **réduction des besoins** de chauffage et d'électricité d'une part et au **changement du mode de production de chaleur** d'autre part, les émissions de CO<sub>2</sub> sont réduites de 95%.