

Enjeux énergétiques et maîtrise de la demande dans le bâtiment résidentiel.

Mai 2012

1 - Le chauffage résidentiel : un enjeu majeur de la politique énergétique. p3-p8

- p4 • Le bâtiment résidentiel : un enjeu majeur de la politique énergétique.
 - p5 • La politique de MDE passe par le parc de logement existant.
 - p6 • Des gains atténués par un effet volume et le comportement des ménages.
 - p8 • Le prix des énergies : un facteur clé du comportement.
-

2 - La MDE dans le logement : un ensemble de solutions à disposition. p9-p14

- p10 • La MDE dans le logement : un ensemble de solutions à disposition.
 - p11 • La rentabilité de la rénovation en profondeur est rarement au rendez-vous.
 - p14 • La MDE devra être une combinaison de solutions techniques.
-

3 - Quelles solutions de MDE ? Pour quel objectif ? p15-p22

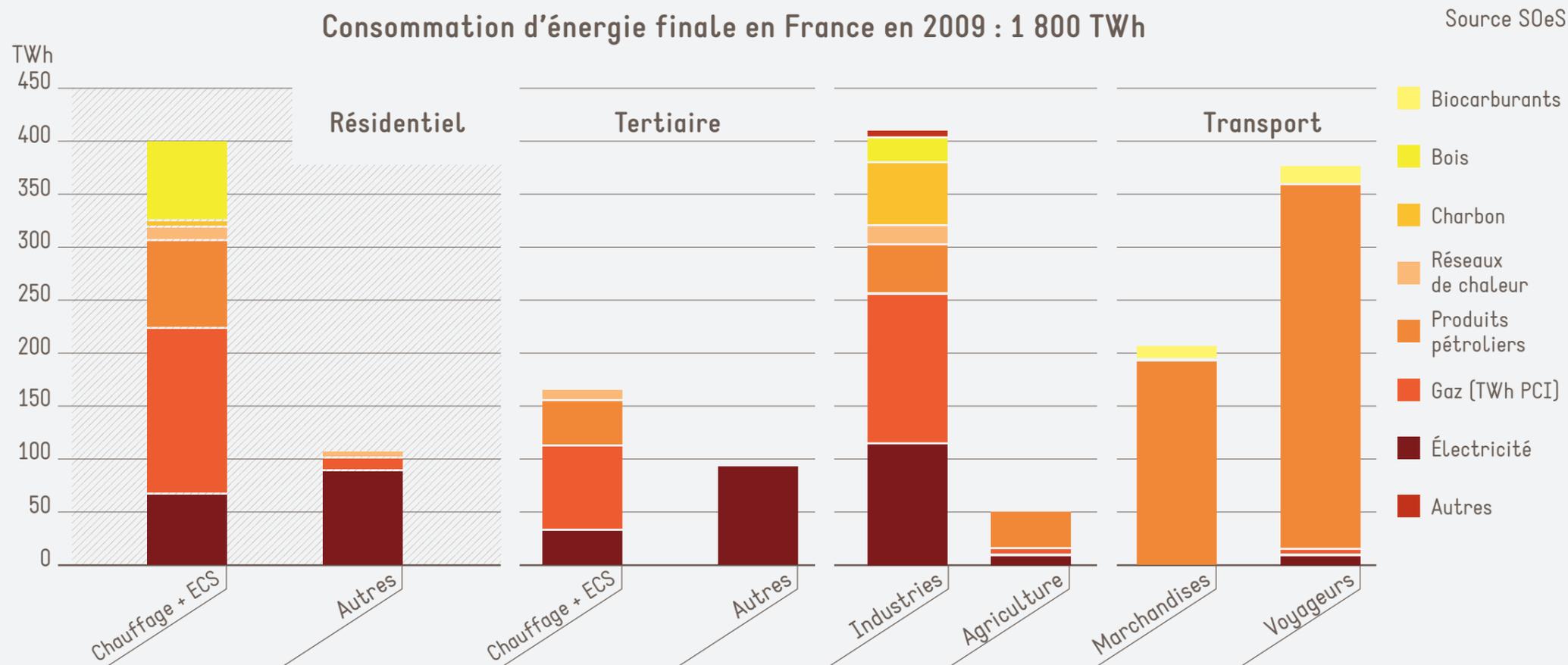
- p16 • La MDE est un moyen clé de cette politique.
- p17 • Evaluer les actions de MDE au regard de ces objectifs.
- p18 • Cibler les actions en fonction de l'équilibre des objectifs.
- p19 • Rythmes et opportunités de mise en œuvre.
- p21 • Objectifs et gisement : réévaluation des objectifs de réduction.
- p22 • Conclusions.

**1 - Le chauffage résidentiel :
un enjeu majeur de la politique énergétique.**

1 - Le Chauffage Résidentiel

Le bâtiment résidentiel : un enjeu majeur de la politique énergétique

Le secteur du bâtiment est désigné par le Grenelle de l'environnement comme un des secteurs privilégiés en matière d'économie d'énergie, et en particulier les logements. Le secteur résidentiel représente en France 30 % de la consommation d'énergie finale, et près de 20% des émissions de CO₂.



Résidentiel : consommation d'énergie finale par usages.

- Cuisson 5%
- Eau chaude sanitaire 10%
- Électricité spécifique 15%
- Chauffage 70%

Le secteur résidentiel

Au sein du secteur résidentiel, le chauffage et l'eau chaude sanitaire contribue à près de 80% de la consommation d'énergie. On peut constater que la demande énergétique pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire dans le résidentiel est équivalente à celle de toute l'industrie.

Le secteur résidentiel a également la particularité de présenter un mix énergétique diversifié (électricité, gaz, fioul, bois, ...), dans lequel les énergies fossiles représentent près de la moitié des consommations finales

1 - Le Chauffage Résidentiel

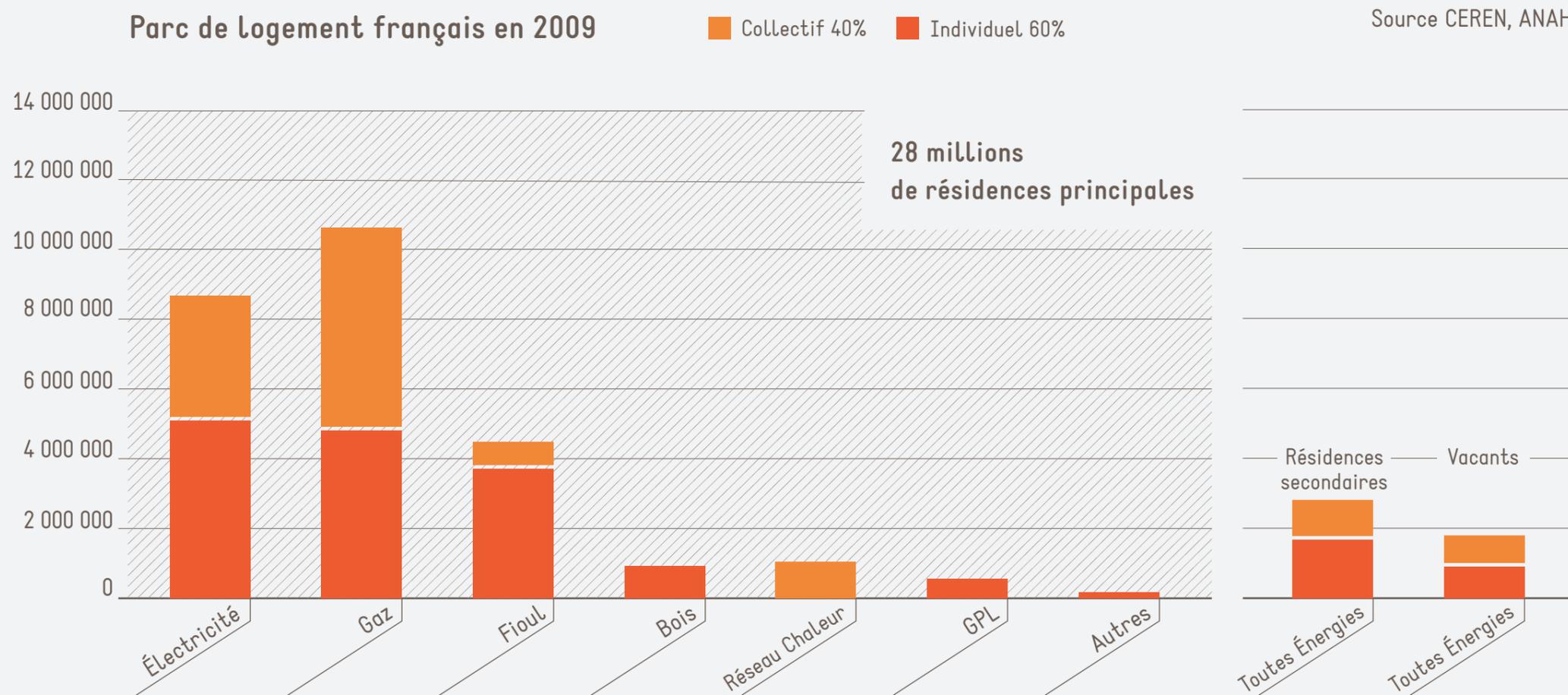
La politique de MDE passe par le parc de logement existant.

Le parc de bâtiments résidentiels

28 millions de résidences principales dont 16 millions de maisons individuelles (environ 60%).

Un parc très hétérogène en âge, et en type d'énergies. Trois énergies principales : gaz 40%, électricité 33%, fioul 17%.

Près de 60% du parc construit avant 1975. Taux de renouvellement faible, construction 1%/an, destruction 0,1%/an



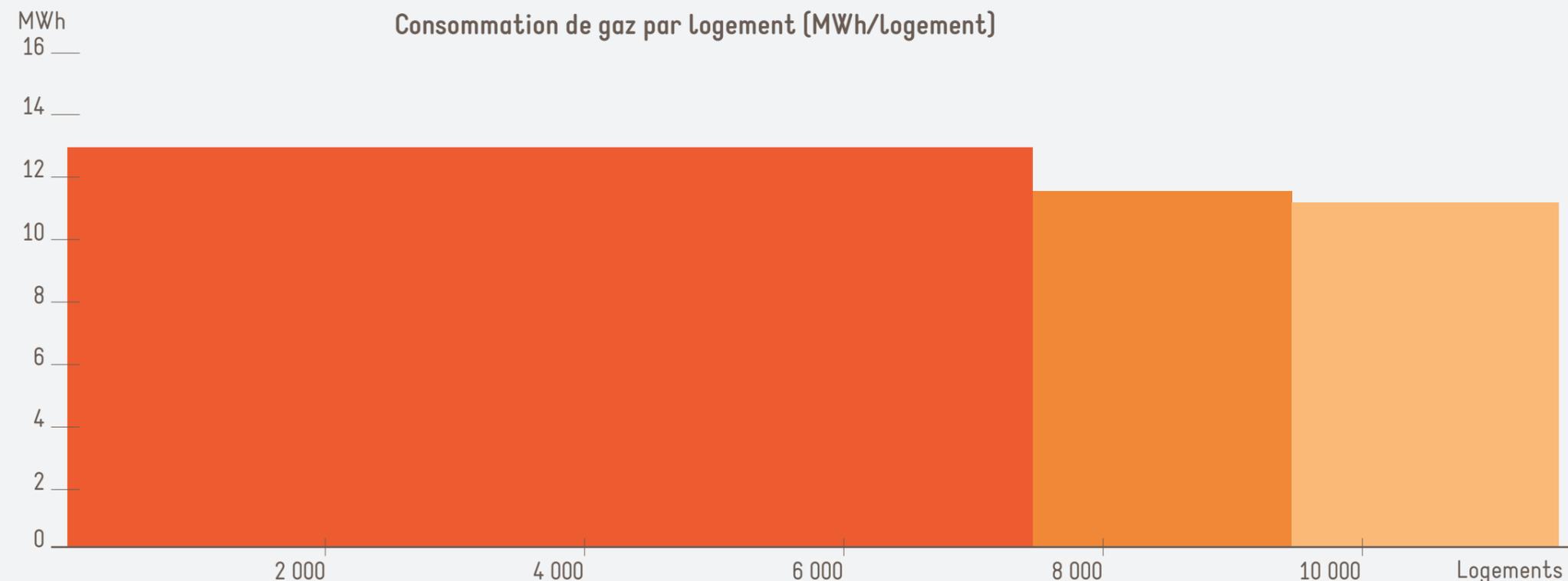
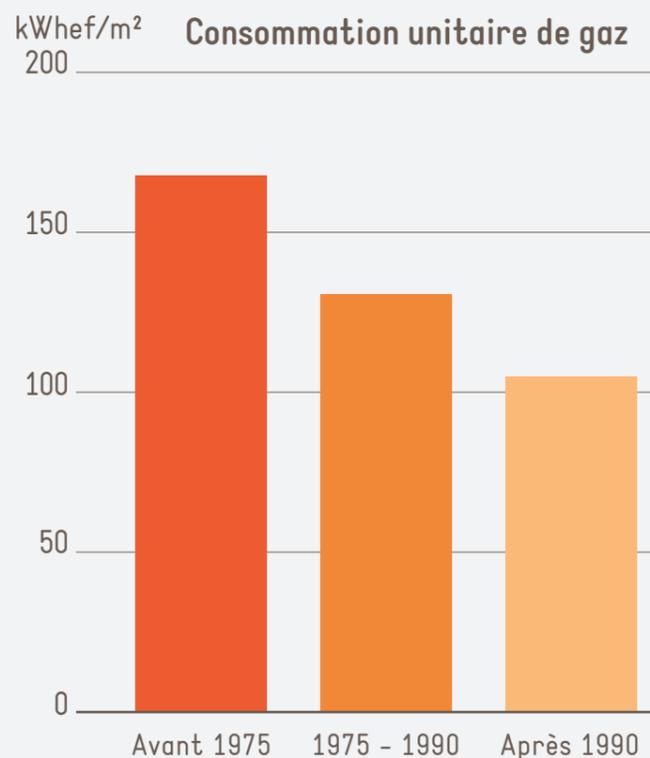
75% du parc de logements de 2050 est déjà construit.

1 - Le Chauffage Résidentiel

Atténuation des gains en efficacité des différentes RT par l'augmentation de la taille des logements et le comportement des ménages.

Consommation chauffage des logements gaz en France (2009)
en fonction de la date de construction (énergie finale).

Source CEREN



L'exemple des logements chauffés au gaz (fig. ci-dessus) met en évidence la performance des différentes réglementations thermiques (RT), qui ont permis d'améliorer l'efficacité thermique (kWh_{ef}/m²) des logements depuis 1975.

On passe d'une consommation avant 75 située entre 150 et 200 kWh_{ef}/m²/an à environ 100 kWh_{ef}/m² après 1990.

Aujourd'hui, la RT 2012 impose une consommation unitaire d'environ 30 kWh_{ef}/m² (pour les postes chauffage et ECS).

Un premier constat s'impose : les consommations moyennes du parc sont loin des meilleures performances. Entre la consommation moyenne du parc (~150 kWh/m²), et la consommation réglementaires des logements neufs (RT2012 ~ 30 kWh/m²), il y a un facteur 5.

Même si les rénovations des logements existants ne conduiront pas à de telles performances,

il y a un gisement important d'économie d'énergie dans l'amélioration des logements anciens.

On note cependant que les écarts de consommations réelles entre les logements d'avant 1975 et ceux plus récents sont faibles (exemple des logement au gaz fig. ci-dessus à droite) ; les efforts d'efficacité énergétique sont lissés par :

- 1 - La croissance de la taille des logements
- 2 - Le comportement (limitation, effet rebond, ...)

Il est donc important de prendre en compte ces effets, et donc les consommations réelles et non théoriques pour bien évaluer les politiques de maîtrise de la demande (MDE).

1 - Le Chauffage Résidentiel

Effet comportemental

Les écarts entre les consommations réelles et les consommations théoriques (représentées ici par les classes énergétiques du DPE) sont importants, notamment pour les logements les plus énergivores. Au delà du biais dans le diagnostic, les ménages vont limiter leur facture énergétique en régulant de façon plus ou moins contrainte selon le prix des énergies et leur budget.

Le comportement est un facteur clé de la consommation finale d'énergie.

La rénovation des bâtiments les plus mal isolés conduira à une augmentation du bien-être des ménages concernés, mais pas toujours à des gains en énergie consommée.

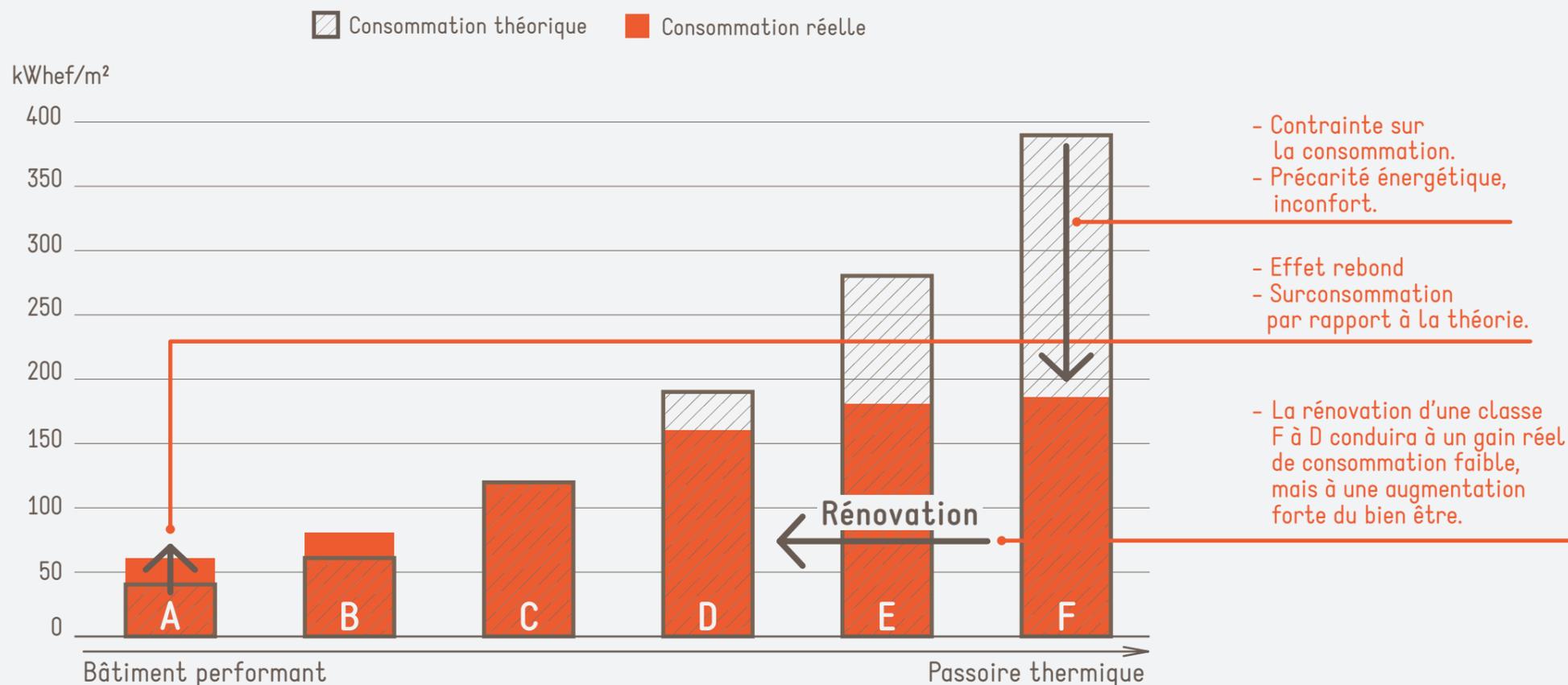
Elle permettra de réduire la contrainte sur les consommations, notamment la précarité énergétique.

L'effet rebond n'est pas forcément un élément négatif, il correspond également à une amélioration du bien être, ou à une réduction de la perception de contrainte sur l'énergie.

Il est important de tenir compte de cet effet lors de l'évaluation du gisement d'économies d'énergie pour la construction des politiques énergétiques.

La rénovation : un enjeu énergétique et social.

Représentation schématique de l'effet comportemental sur les consommations réelles, selon le niveau de bâti.



Pour certains ménages, la rénovation du bâti le plus ancien conduira plus, à une forte augmentation du bien être qu'à un gain réel de consommation énergétique.

1 - Le Chauffage Résidentiel

Le prix des énergies est un facteur clé du comportement : précarité, effet rebond.

La dépense moyenne des ménages français pour l'énergie de leur logement représente 5% de leur budget, et se situe autour de 1400€, dont environ 1000€ pour le chauffage.

La propension à payer sa facture énergétique lisse les écarts de mode de chauffage et de bâti. La dépense moyenne se situe autour de 15€/m²/an.

Deux sujets sont alors mis en valeur :

- La précarité énergétique :

la dépense en énergie ne peut excéder un certain montant, et au delà, il s'agit d'auto-restriction, ou de perte de confort.

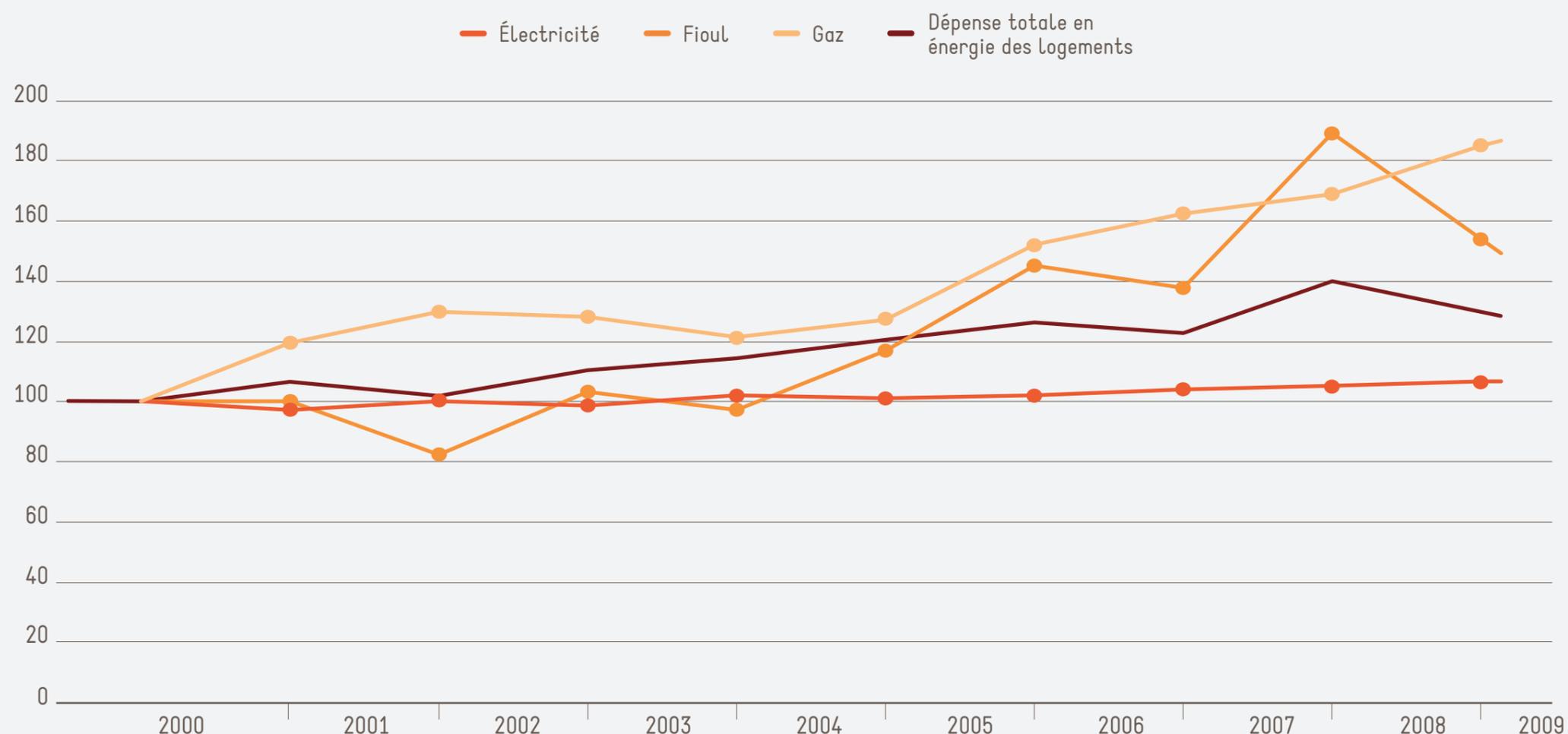
- L'effet rebond :

après une rénovation, les gains énergétiques ne se traduiront pas forcément par des gains économiques, la propension à payer peut rester la même, et les gains sont en confort.

L'évolution du prix des énergies est un très bon révélateur de l'effet comportemental

La hausse des prix est compensée par une limitation des consommations, ce qui a tendance à lisser l'hétérogénéité des logements, et à contraindre les ménages situés dans les logements mal isolés (inconfort).

Évolution des prix des différentes énergies, et de la facture énergétique des ménages. [base 100 en 2000]



**2 - La MDE dans le logement :
un ensemble de solutions à disposition.**

2 - La MDE dans Le logement

La MDE dans le logement : un ensemble de solutions à disposition.

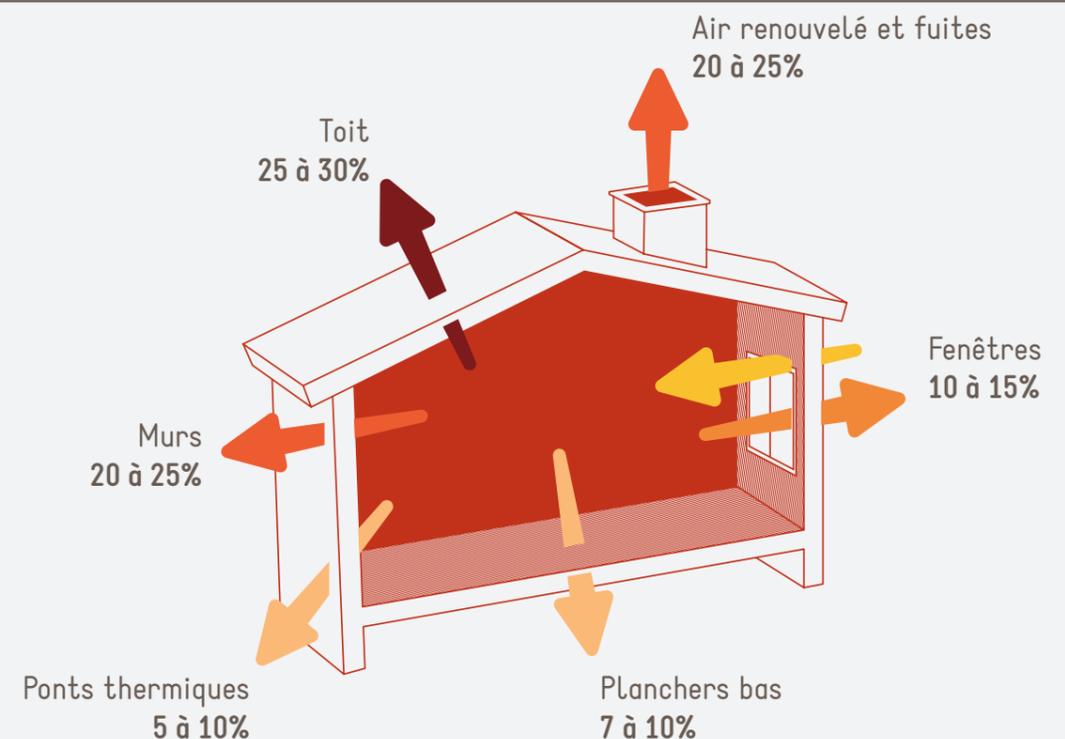
Des solutions passives :

- Isolation du bâti (combles, murs, toiture, ...)
- Fenêtres

Des solutions actives :

- des moyens de chauffages, et eau chaude
- des moyens de diffusion, de ventilation
- des moyens de régulation

La rénovation des logements
est un ensemble d'opérations
à la fois sur les équipements
et sur le bâti.



2 - La MDE dans Le logement

La hiérarchie des solutions techniques dans l'existant est à regarder en coût complet, selon le type de logement

Le coût complet de la chaleur

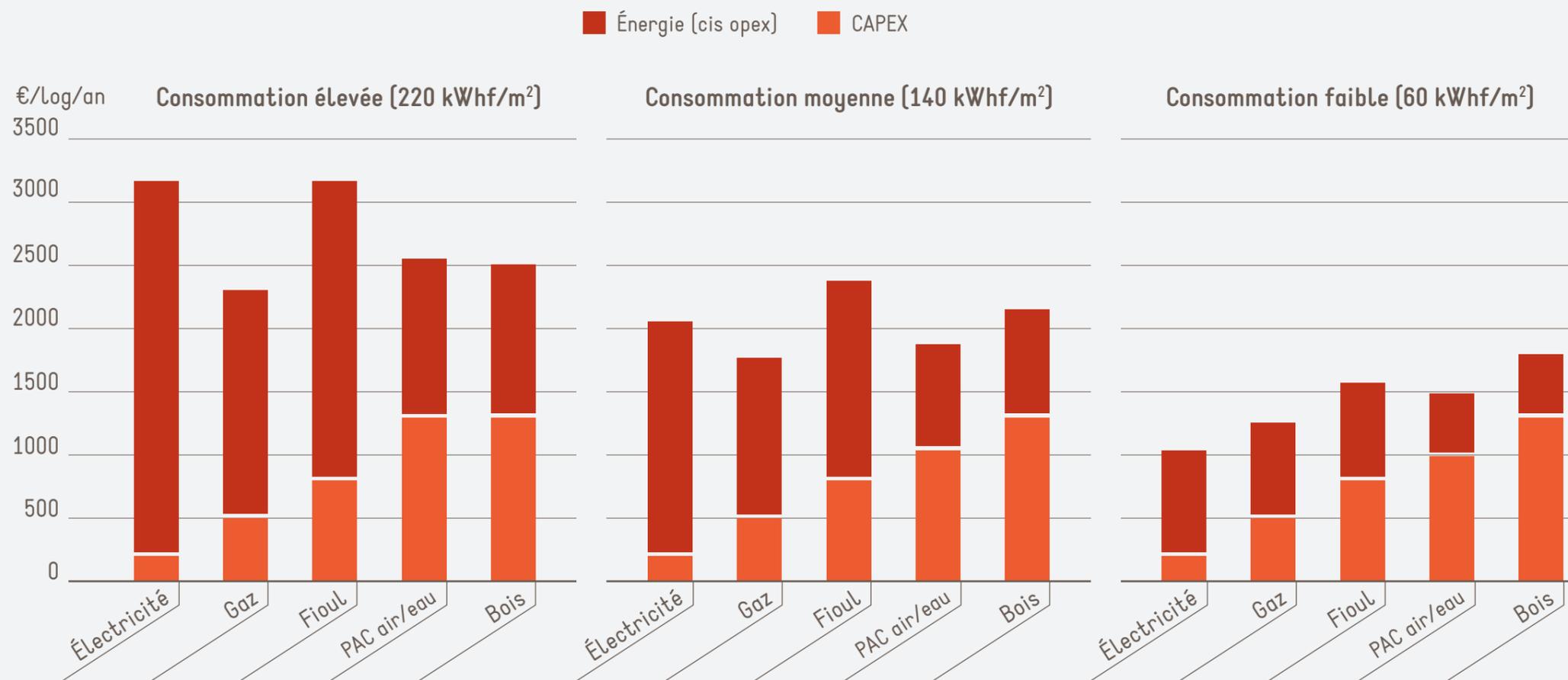
Afin de traduire l'intégralité des dépenses liées au chauffage du logement, nous proposons de ramener les coûts en une annuité, intégrant une part de CAPEX (coûts des équipements, en tenant compte de la durée de vie et d'une actualisation), et, une part énergie (coût annuel des énergies + abonnement + entretien).

- Cette dépense annuelle que nous appelons annuité traduit le coût complet de la chaleur par an pour un logement.

- La dépense en énergie est bien souvent vu par le consommateur uniquement comme la part « énergie ».

Coût du chauffage en €/log/an pour une maison individuelle de 110 m².

selon le niveau de consommation (actualisation 4%, prix actuel des énergies)



Un ensemble de réponses

La hiérarchie des technologies de chauffage en coût complet montre la diversité des réponses selon le niveau de consommation.

Par exemple, dans le cas des logements très bien isolés, on constate la pertinence de solutions peu capitalistiques (ce qui soulève la question du « juste » dimensionnement des équipements).

Dans des logements moyennement isolés, différents modes (gaz, PAC, bi-énergie) sont en compétition, et dans les logements mal isolés, la solution gaz performante est pertinente, et la PAC ou le bois monte en compétitivité.

Ces équipements ayant des durées de vie relativement longues (de l'ordre de 15 à 20 ans), il est important de reconsidérer cette hiérarchie en projetant les évolutions des prix (prix des énergies, prix du CO₂, ou évolution du prix des équipements).

2 - La MDE dans Le logement

Coût moyen de travaux de rénovation efficace : 200-300 €/m²

Au prix de l'énergie actuel, la rentabilité d'une rénovation complète est rare.

Sur l'exemple ci-contre seules les maisons au fioul mal isolées seraient pertinentes économiquement.

La rentabilité est souvent surestimée car les gains sont comptabilisés à partir de niveaux de consommation théoriques, et non des consommations réelles.

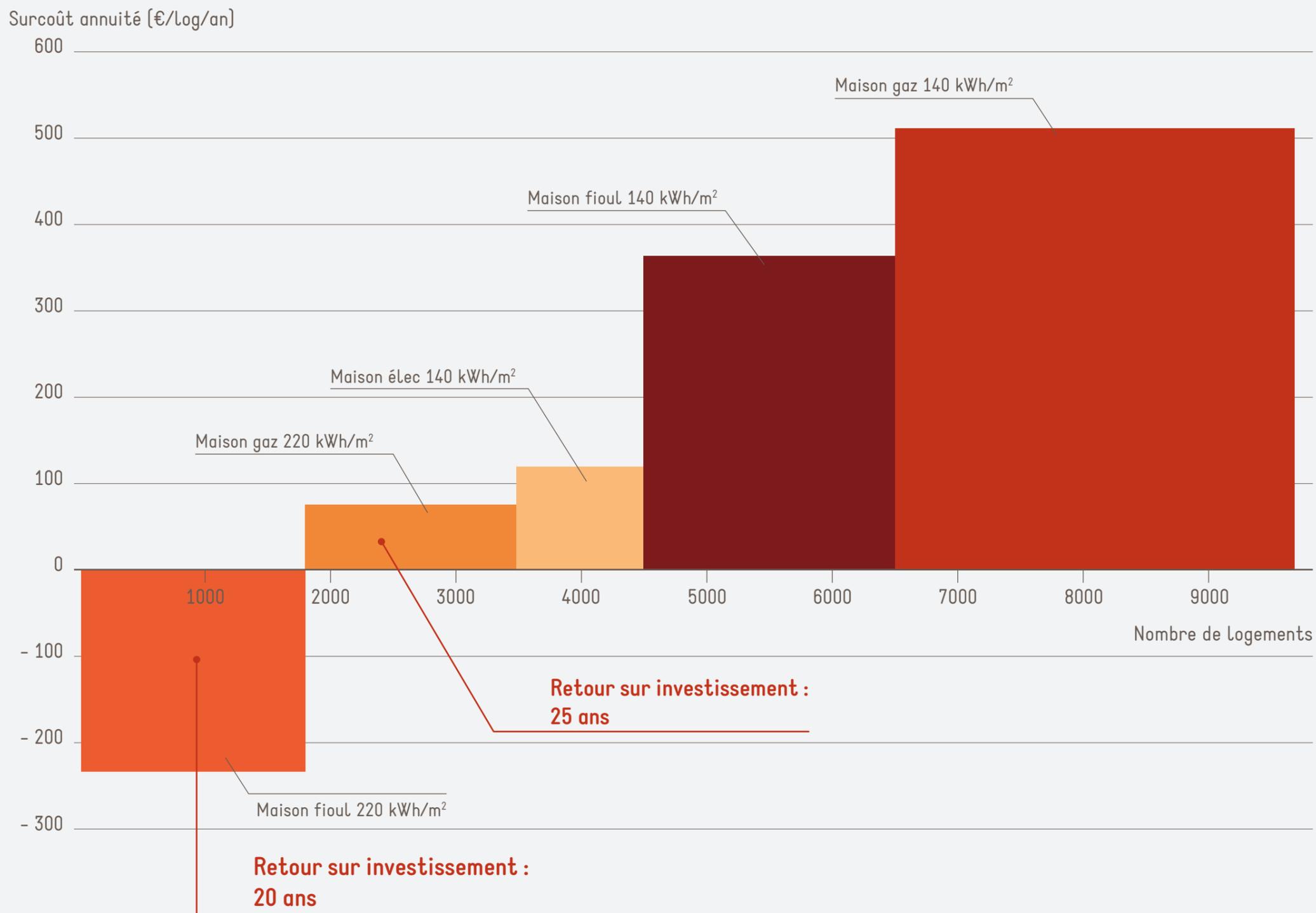
Actualisation :

On a l'habitude de raisonner en temps de retour sur investissement (actualisation = 0), mais le calcul économique en tenant compte de l'actualisation permet de modéliser différents éléments de décision du ménage (contrainte financière, préférence pour le présent, ...).

Un taux de l'ordre de 4% permet de tenir compte du coût de l'accès au capital, et des taux plus élevés permettent de traduire en plus la préférence pour le présent.

Des solutions sur le bâti, mais la rentabilité de la rénovation en profondeur est rarement au rendez-vous.

Exemple de rénovations complètes sur des maisons individuelles à consommation moyenne et élevée
(Maison de 110 m², coût de la rénovation 250€/m², sans actualisation).

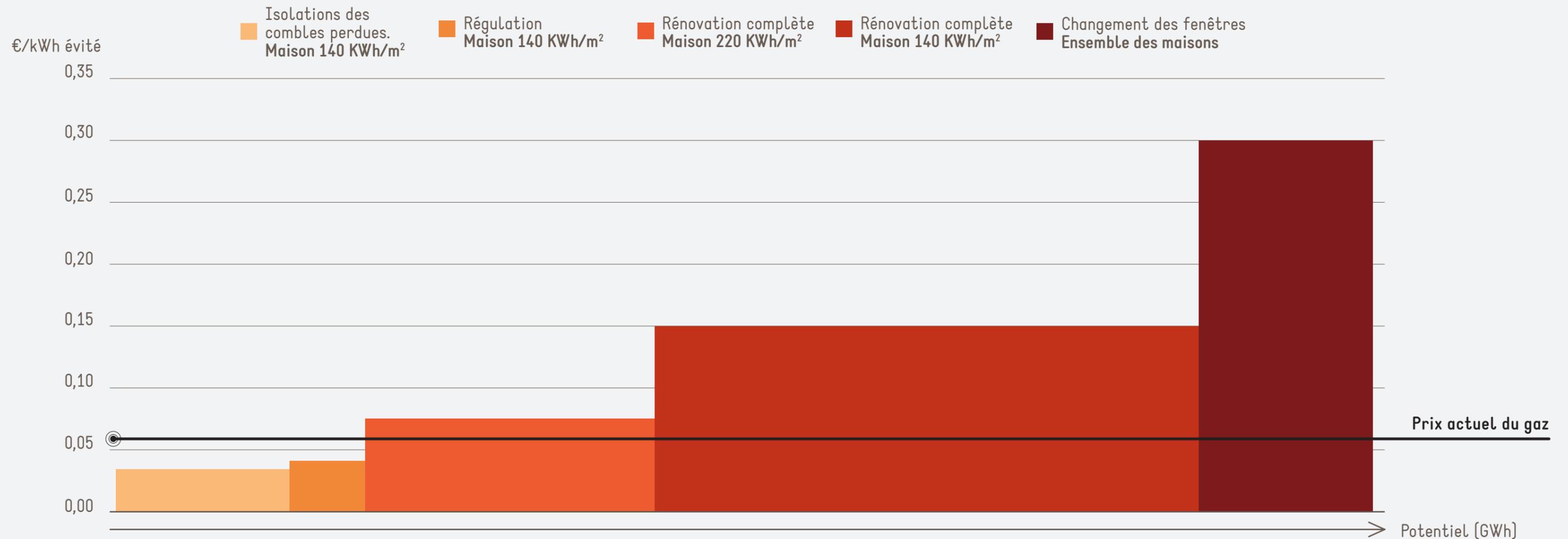


2 - La MDE dans Le logement

Bouquets de travaux et coûts : hiérarchiser et cibler les leviers.

Exemple d'opérations de rénovations sur des maisons individuelles gaz à consommation moyenne et élevée.

[Maison de 110 m², sans actualisation]



Afin de hiérarchiser et cibler les opérations de rénovation, il semble intéressant de regarder le coût au kWh évité (éventuellement cumac, pour tenir compte de l'actualisation), et de le comparer au prix de l'énergie correspondant.

Le potentiel correspondant permet alors de mesurer en plus du coût, l'efficacité de cette mesure de MDE.

Ces potentiels sont établis à partir de niveau de consommation réelle, et peuvent être modulés pour tenir compte de l'effet rebond.

Pour les calculs de rentabilité, nous ne tenons pas compte de cette modulation, ce qui revient à donner une valeur au confort (après rénovation) égale à celui de l'énergie.

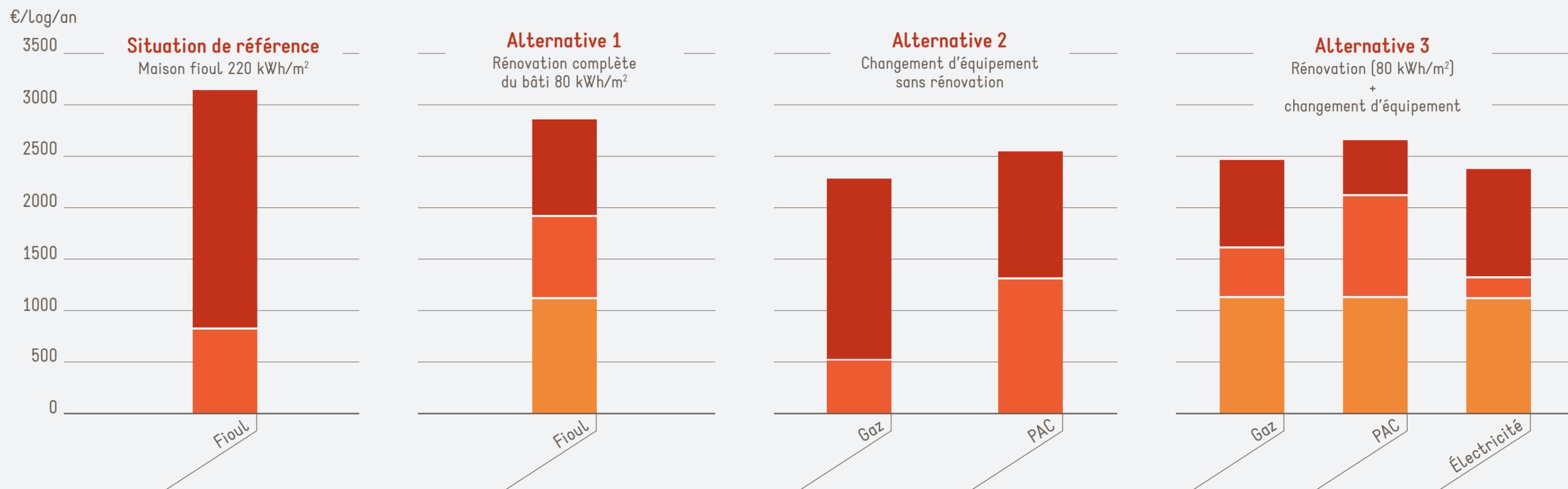
2 - La MDE dans Le logement

La MDE devra être une combinaison de solutions techniques à disposition : équipements, rénovation du bâti, ...

Exemple de coûts complets de la chaleur dans différents cas de rénovation.

(changement d'équipement, rénovation du bâti), sans actualisation, prix actuel des énergies

■ Énergie (cis opex) ■ Équipements ■ Rénovation



En partant du coût complet de la chaleur dans une maison chauffée au fioul et consommant 220 kWh/m², nous testons différentes possibilités de maîtrise de la demande :

- 1 - Rénovation complète du bâti (sans changement d'énergie).
- 2 - Changement d'équipement sans rénovation (passage à des technologies plus performantes au gaz ou à la PAC).
- 3 - Et enfin, une combinaison de rénovation du bâti et d'un changement d'équipement.

L'analyse de ces différents cas permet d'approcher la complexité des solutions de MDE à disposition, et de décomposer les différents coûts rapportés à un coût annuel (annuité),

intégrant une part de coût fixe pour la rénovation, une part de coût fixe pour l'équipement, et une part de coût variable liée à la dépense en énergie.

Dans cet exemple, la rénovation complète est rentable (annuité plus faible que la situation de référence), mais l'optimum économique correspond ici à un changement de l'équipement pour une autre source d'énergie, sans rénovation.

En intégrant une évolution du prix des énergies, et du CO₂, les solutions avec rénovation et changement d'équipement deviennent pertinentes.

**3 - Quelles solutions de MDE ?
Pour quel objectif ?**

3 - Quelles solutions ?

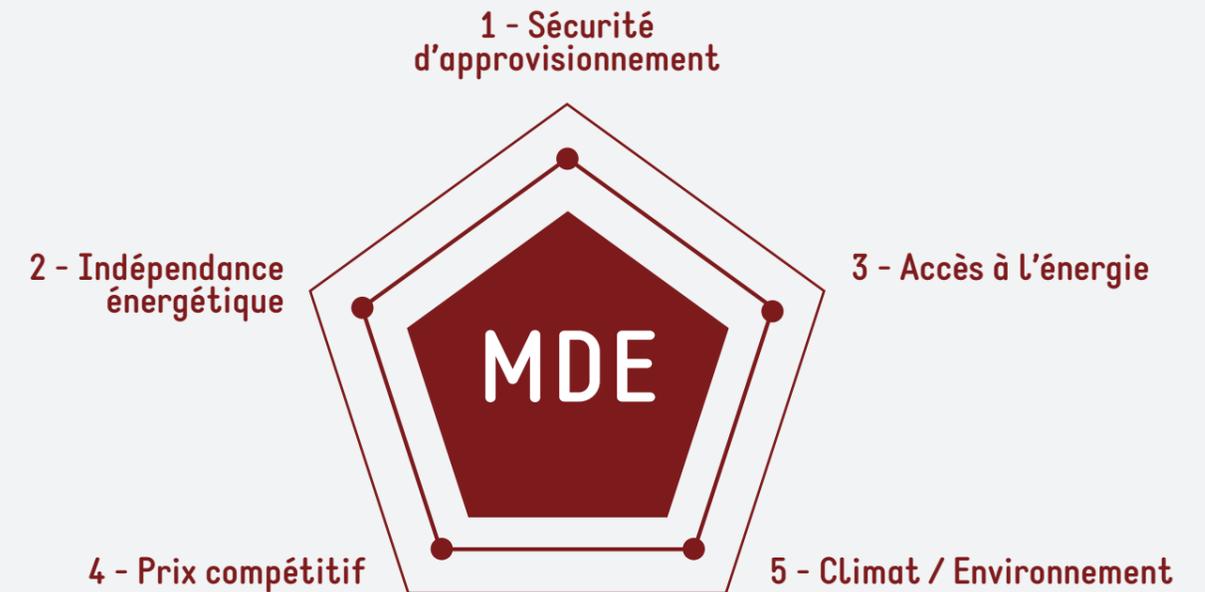
La loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique précise que :
« la politique énergétique repose sur un service public de l'énergie qui garantit l'indépendance stratégique de la nation et favorise sa compétitivité économique. Sa conduite nécessite le maintien et le développement d'entreprises publiques nationales et locales dans le secteur énergétique. »

Il est important de replacer la rénovation, et plus généralement la MDE dans le résidentiel, dans le contexte de la politique énergétique nationale. La MDE est un moyen permettant d'atteindre certains de ces objectifs.

Il faut replacer la MDE dans le merit-order des objectifs de la politique énergétique.

La politique énergétique vise à :

- 1 - Garantir la sécurité d'approvisionnement.
- 2 - Contribuer à l'indépendance énergétique nationale.
- 3 - Garantir la cohésion sociale et territoriale en assurant l'accès de tous à l'énergie.
- 4 - Assurer un prix compétitif de l'énergie.
- 5 - Préserver la santé humaine et l'environnement, en particulier en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre.



La MDE est un moyen clé de la politique énergétique, mais doit y contribuer tout en assurant l'équilibre des différents objectifs.

3 - Quelles solutions ?

Évaluer la MDE à partir de critères intégrant l'ensemble des objectifs de la politique énergétique.

Liste des critères à prendre en compte :

- Actualisation	
- Coût de l'opération	Assurer un prix compétitif de l'énergie
- kWh énergie finale* économisé	Contribuer à l'indépendance énergétique. Garantir la sécurité d'approvisionnement
- Prix des énergies projetées (2020)	Assurer un prix compétitif de l'énergie Garantir la sécurité d'approvisionnement
- Coût du CO ₂	Préserver la santé humaine et l'environnement

Afin de tenir compte des différentes composantes de la politique énergétique, nous proposons d'évaluer les différentes opérations de MDE, afin de les hiérarchiser, et de cibler les leviers les plus pertinents.

Ces critères permettent de :

- 1 - Évaluer le coût des opérations de MDE grâce à l'€ / kWhcumac évité
- 2 - Le comparer au prix projeté des énergies grâce à l'€ / MWh 2020 [cis CO₂]

3 - Quelles solutions ?

Cibler les actions en fonction de l'équilibre des objectifs.

Test de la rentabilité des rénovations complètes sur différentes catégories de logements.

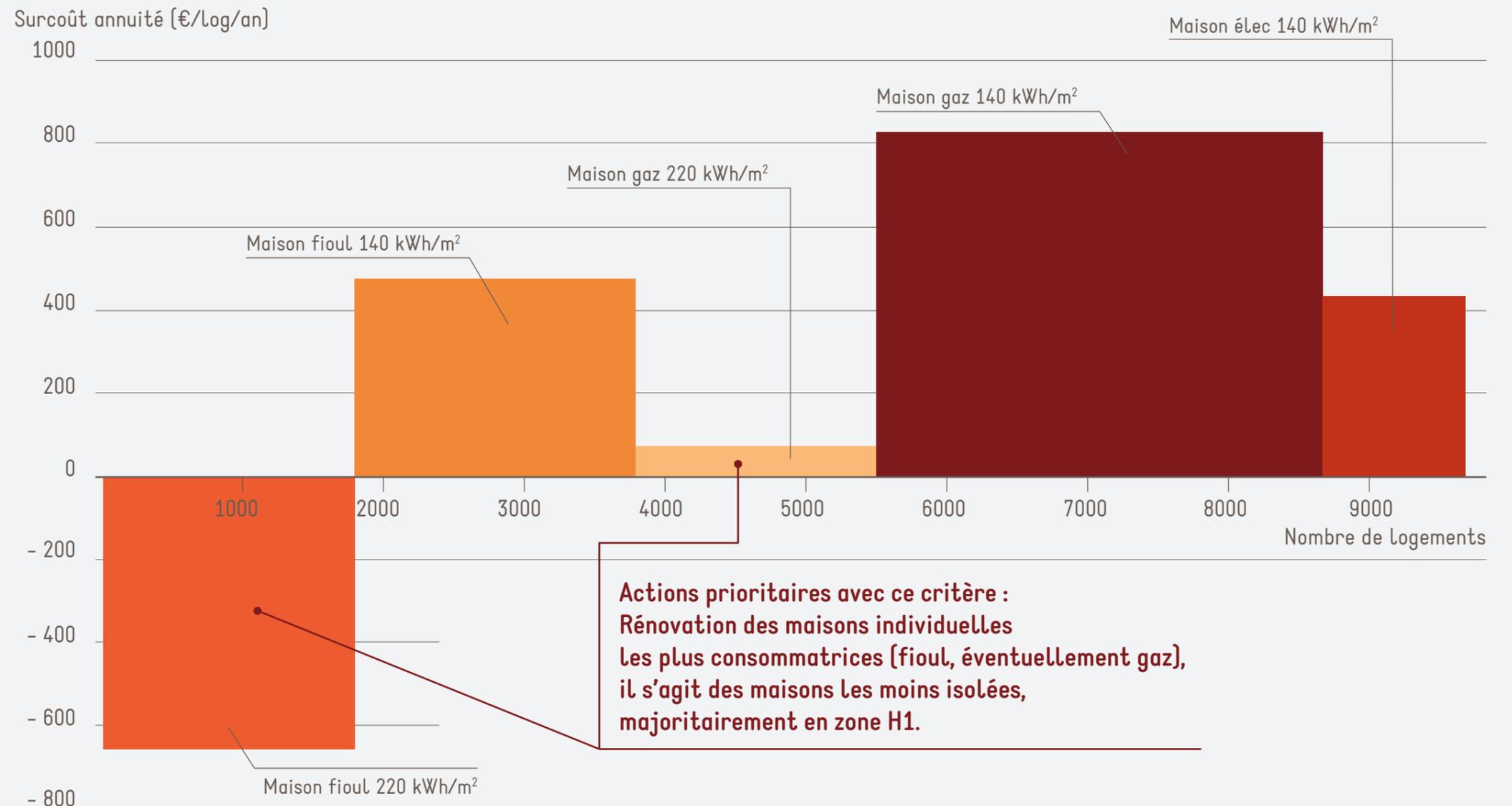
Prise en compte dans l'analyse d'un prix projeté à 2020, intégrant le coût du CO2

Exemple d'hypothèses :

- Coût de la rénovation : 250 €/m²
- Coûts des énergies projetés : élec +30%, gaz +40%, fioul +60%
- Prise en compte d'un prix du CO2 : 56€/tCO₂ (prix issu du rapport Quinet)
- Actualisation de 4%

Ce jeu d'hypothèses sur les prix projetés, est proposé à titre illustratif, il convient de les moduler en fonction du merit order des différents objectifs de la politique énergétique.

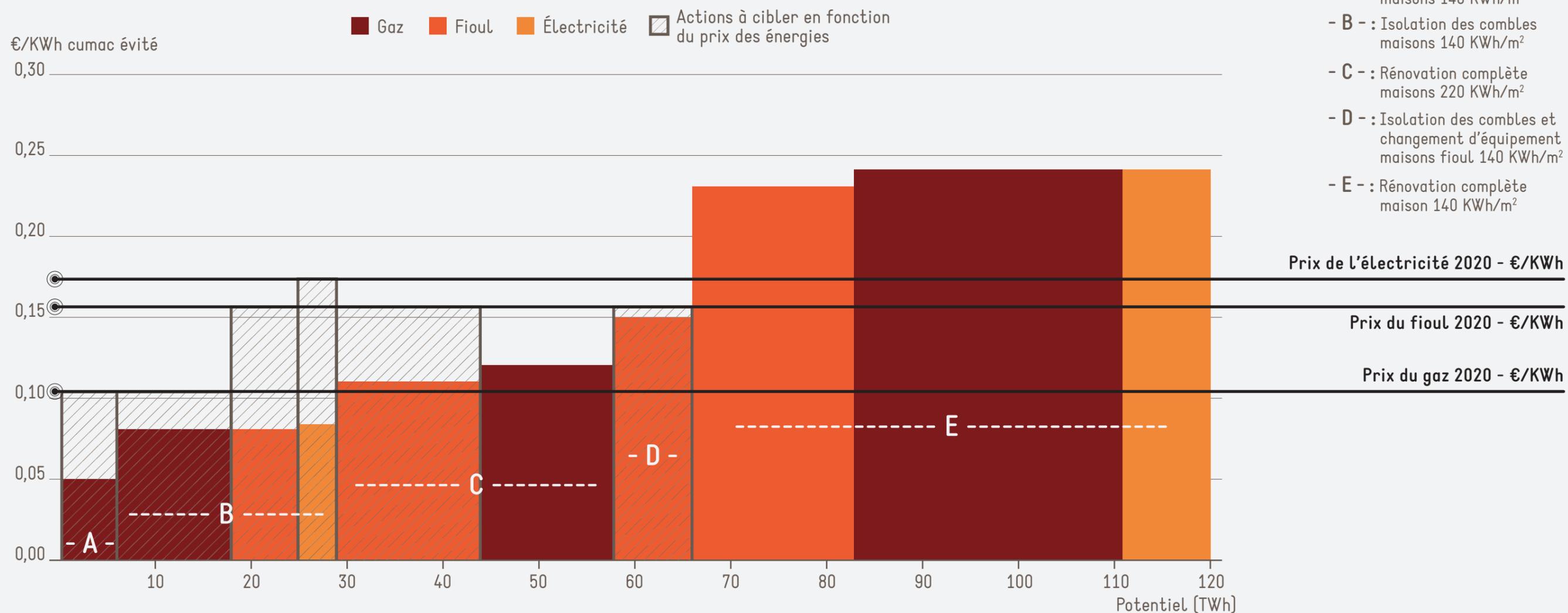
Rénovation des maisons individuelles
conso moyenne (140 kWh/m²) et élevée (220 kWh/m²)



3 - Quelles solutions ?

Évaluation d'actions de MDE au regard des objectifs de la politique énergétique nationale.

Exemple d'opérations de rénovations sur des maisons individuelles de 110 m², cumac à 4%.



- A - : Régulation maisons 140 KWh/m²
- B - : Isolation des combles maisons 140 KWh/m²
- C - : Rénovation complète maisons 220 KWh/m²
- D - : Isolation des combles et changement d'équipement maisons fioul 140 KWh/m²
- E - : Rénovation complète maison 140 KWh/m²

Actions prioritaires à l'horizon 2020 pour les maisons individuelles :

- Rénovation complète des logements fioul, gaz et électriques les plus consommatrices : 4 à 5 millions de logements - **potentiel 50 TWh.**
- Rénovations ciblées (isolation des combles, régulation, changement d'équipement) sur les logements gaz, fioul, électriques à consommation moyenne : **potentiel 35 TWh.**

3 - Quelles solutions ?

Mise en œuvre des actions ciblées : rythmes et opportunités à saisir

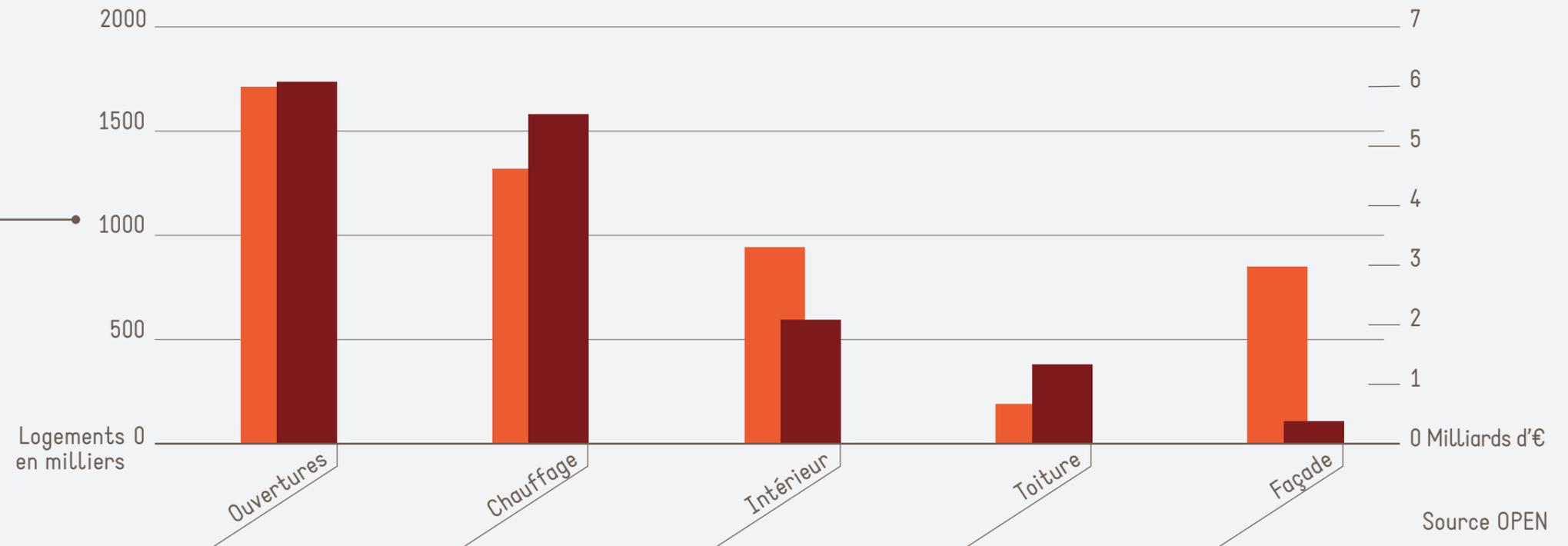
Le marché de la rénovation des logements en 2008

Logements (milliers) Milliards d'€

Travaux de rénovation ayant un impact énergétique :

- 2,4 millions de logements
- 15 milliards d'€

100 000 rénovations sont qualifiées d'optimales
 (elles touchent au moins 3 des catégories précédentes, mais cela ne correspond pas à un objectif de résultat).



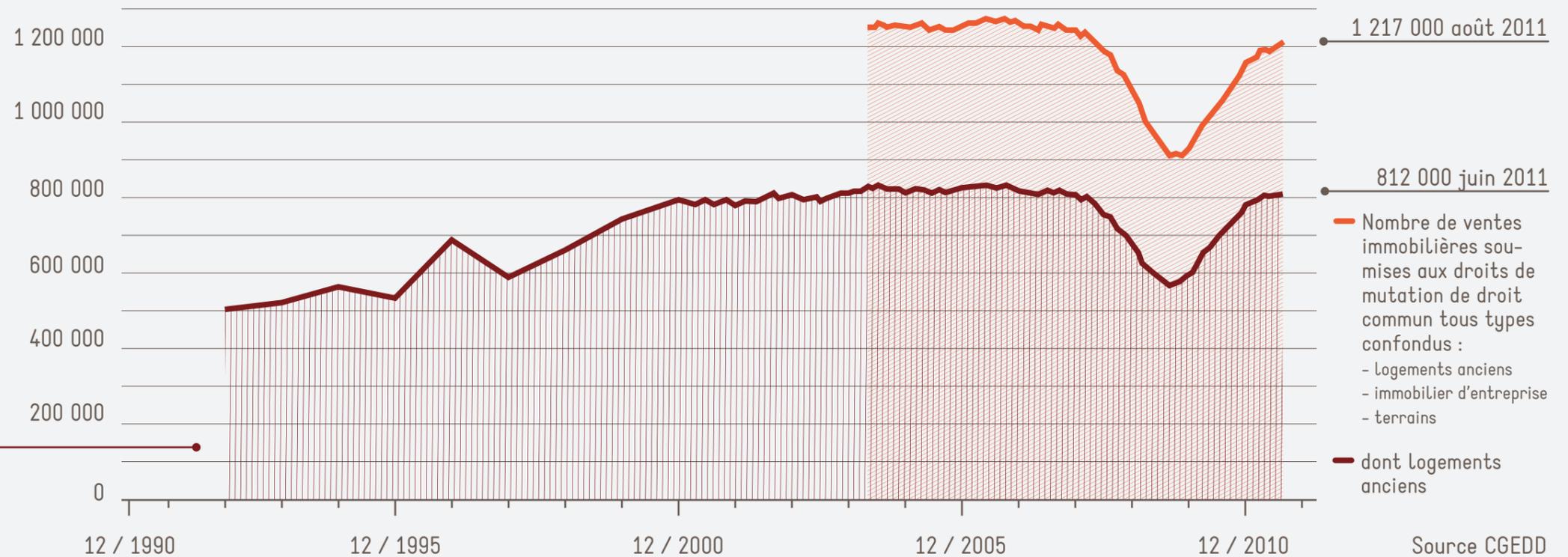
Mutations

Les ménages en situation de mutation se trouvent dans un contexte plus favorable pour faire des travaux.

Les rénovations énergétiques entreprises par ces ménages sont proportionnellement plus nombreuses que chez les sédentaires.

En France, de l'ordre de 800 000 mutations annuelles dans le logement.

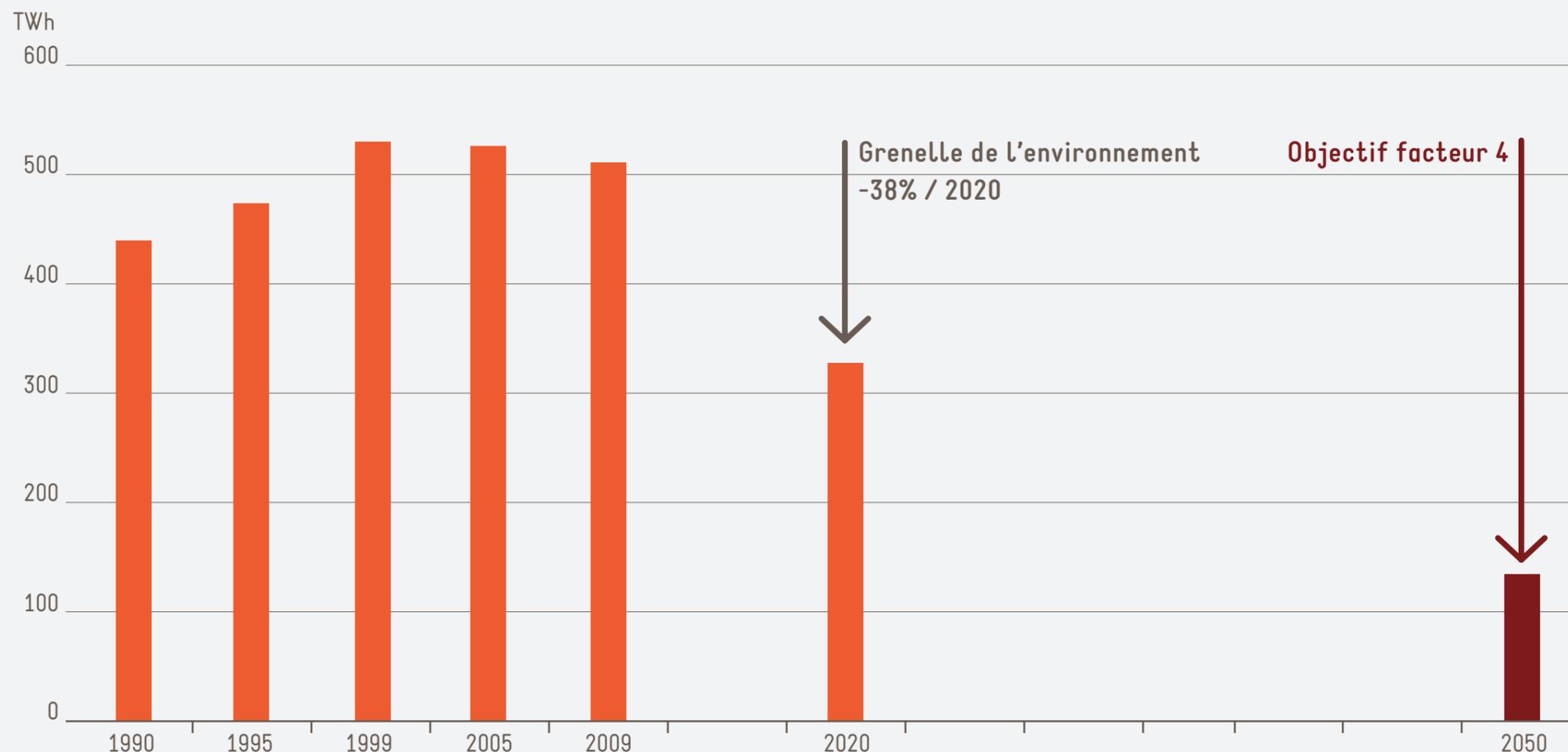
Nombres de ventes immobilières soumises au droits de mutation de droit commun France entière.



3 - Quelles solutions ?

Objectifs et gisement : réévaluation des objectifs de réduction des consommations.

Consommation d'énergie finale - secteur résidentiel



Objectifs annoncés aujourd'hui :

- 38% consommation EP à 2020
- Facteur 4 en 2050

Gisement de MDE dans le secteur résidentiel selon ces objectifs :

- 200 TWh à 2020
- 400 TWh à 2050
dont ~3/4 pour le chauffage

L'objectif de -38% sur la réduction des consommations, ne peut être atteint sans peser sur le budget consacré à l'énergie du logement (cis rénovation), et sans intégrer l'effet rebond qui correspond à une amélioration du bien-être

Une réévaluation réaliste, et conforme aux analyses proposées conduirait plutôt à une réduction de -20% à l'horizon 2020

Si cet objectif ne semble pas suffisant, il convient de rehausser les signaux prix (énergies, CO₂), afin d'amplifier les réductions en augmentant l'assiette des actions ciblées.

Propositions de passage à l'action

1 - Ciblage des opérations de MDE

Evaluer et hiérarchiser les opérations de MDE dans le logement aux regards des critères intégrant l'ensemble des composantes de la politique énergétique française.

2 - Identification des actions prioritaires

Rénovations complètes uniquement pour les logements les plus consommateurs (5 millions de logements).

Opérations de rénovation plus ciblées sur les logements à consommation moyenne (isolations des combles, régulation, changement d'équipements, ...).

Mise en œuvre de dispositifs actifs (régulation) dans les co-propriétés en chauffage collectif (4 millions de logements).

3 - Mise en œuvre des actions

La rentabilité seule des actions ciblées ne suffira pas, il faut mettre en œuvre des dispositifs.

Amélioration du dispositif de diagnostic, tendant vers une étude thermique avant/après pour validation du droit aux subventions.

Conditionner les dispositifs de subventions à un résultat (avant/après), et de façon progressive pour atteindre les actions ciblées (exemple : subvention importante pour inciter les ménages dans des logements à consommation élevée à gagner 4 classes, subvention plus faible pour les logements à consommation moyenne pour que leur optimum soit de gagner 2 classes).

Profiter des 800 000 mutations annuelles : exemple d'un bonus/malus sur les droits de mutations, conditionné aux résultats thermiques avant/après.

4 - Organisation des filières

Pour la réussite du ciblage : formation des notaires, montée en compétence des métiers du diagnostic

Pour la réussite des opérations :

- formation des responsables des PME,
- assainissement des prix

Étude réalisée par :

- Alain Grandjean
- Emmanuel Blanchet

Mise en page :

- Nicolas Guillerat
pour Carbone 4