

Les effets rebond des mesures d'efficacité énergétique : comment les atténuer ?

Les politiques d'efficacité énergétique génèrent des économies d'énergie. Leur efficacité est indiscutable, et en l'absence de ces mesures, le niveau des consommations d'énergie aurait été bien supérieur. Cependant, ces économies peuvent souvent dans la pratique être inférieures aux niveaux qui avaient été estimés. Une des explications réside dans le fait que l'amélioration de l'efficacité énergétique induit des économies financières qui peuvent encourager une plus grande utilisation des services (chaleur ou mobilité) fournis par l'énergie. Ces réactions sont appelées « effet rebond » de l'efficacité énergétique.

L'existence des effets rebond est aujourd'hui admise et observée par les économistes de l'énergie, mais l'ampleur de ces effets fait largement débat

parmi les experts, à la fois parce que les définitions divergent, que les évaluations empiriques sont rares, ambiguës et souvent peu concluantes. La conséquence en est l'absence d'anticipation de ces effets dans les analyses d'experts et les évaluations officielles des économies d'énergie potentielles permises par les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique.

Un rapport publié par la mission d'Évaluation des technologies et politiques (TPA) du Centre de recherche sur l'énergie du Royaume-Uni (UKERC)¹ dresse, à partir d'une revue de plus de 500 études, un inventaire détaillé de l'état actuel des connaissances sur cette question et en souligne les implications pour la politique énergétique et climatique. Ce 24^e numéro de *Stratégie & Études* présente les principales conclusions de ce rapport.

1. L'évaluation a été dirigée par le Sussex Energy Group (SEG) de l'université du Surrey, le département d'économie de l'université du Surrey, le département d'économie de l'université de Strathclyde et de l'Imperial College de Londres.

La lettre ADEME & vous - Stratégie & études est une lettre d'information régulière destinée aux décideurs du monde de l'environnement et de l'énergie, partenaires et contacts de l'ADEME. Chaque numéro est consacré à la présentation d'un sujet à vocation stratégique, économique ou sociologique : recherche et études, travaux de synthèse, propositions dans l'un des domaines de compétences de l'Agence. L'objectif est de faciliter la diffusion de connaissances et d'initier réflexions et débats.

Ce qui est directement issu de l'étude dans la suite de ce numéro sera signalé en *police italique*. Deux messages essentiels se dégagent de cette analyse :

Les effets rebond, bien qu'ils ne remettent pas en cause l'intérêt des politiques énergétiques et/ou climatiques, peuvent être d'une ampleur suffisante pour mériter un traitement explicite et une prise en compte en amont dans l'évaluation de l'impact attendu des mesures. Ainsi, par exemple, les effets rebond directs des principaux services énergétiques domestiques oscillent entre 10 et 30 % selon les estimations.

À l'échelle macro-économique, les politiques énergétiques et climatiques vont avoir un impact positif sur la croissance économique. Afin d'optimiser ce profil de croissance au regard de son contenu en carbone, il conviendrait de mettre en place une **fiscalité adaptée** qui permettrait d'internaliser les externalités négatives sur les émissions de gaz à effet de serre de cette croissance.

Des progrès d'efficacité énergétique réels mais atténués par différents facteurs, dont l'effet rebond

Lorsque l'on regarde l'histoire énergétique des dernières décennies, on constate que les améliorations d'efficacité énergétique des appareils et des logements ne se sont pas traduites pour l'essentiel par des baisses de la consommation énergétique globale de même niveau que ces gains techniques unitaires.

Par exemple, si nous comparons une voiture fabriquée aujourd'hui à une voiture de même masse et de même puissance fabriquée il y a 30 ans, la voiture actuelle consommera en moyenne 30 % de moins au kilomètre parcouru. Pourtant, la consommation de carburant dans les pays de l'OCDE a augmenté de 60 % en 30 ans. En France, elle a doublé.

Le progrès technique chez les constructeurs est permanent, mais n'a pas réussi à faire diminuer la consommation de carburant. Les usages de l'automobile ont augmenté : les voitures vendues aujourd'hui sont en moyenne 2 à 3 fois plus puissantes que celles vendues il y a 30 ans et 2 à 3 fois plus lourdes. Le parc de véhicules a augmenté de 70 % dans les pays industrialisés, non seulement à cause de l'accroissement de la population mais aussi à cause de l'augmentation de l'équipement des ménages.

Dans le même ordre d'idées, les logements construits aujourd'hui dans les pays industrialisés sont plus économes que ceux d'il y a trente ans. Mais ils sont aussi plus grands : par exemple, la surface habitable par Français est passée de 25 à 38 m² entre 1973 et 2006. La généralisation du

chauffage central a entraîné une demande accrue de confort. Ainsi en France, bien que la consommation de chauffage au m² ait été réduite de moitié, grâce à une meilleure isolation des logements et à des systèmes de chauffage plus performants, la consommation de chauffage du secteur résidentiel n'a diminué que de 13 % entre 1973 et 2006.

De même, la consommation d'électricité spécifique par logement a plus que doublé depuis 1973 en France. Or les consommations d'électricité par appareil n'ont cessé de diminuer. L'équipement des ménages en appareils électrodomestiques (électroménager, climatisation...) et en nouvelles technologies utilisant l'électronique (TV, magnétoscopes, décodeurs, hi-fi, bureautique et multimédia) a augmenté régulièrement sur la période.

Ces évolutions, qui ont été pour partie (mais pas seulement) générées par l'augmentation de la population, sont venues réduire une part de l'effet des progrès techniques d'efficacité énergétique et font référence à différents types d'effets rebond.

Ces progrès techniques ont cependant permis de réduire l'impact de la demande de nouveaux usages ou de confort accru ainsi que de la croissance de la population sur les consommations d'énergie, impact qui aurait été bien supérieur en l'absence de ces améliorations.

Effet rebond direct, indirect et macro-économique : définitions

Les améliorations de l'efficacité énergétique réduisent le coût des services énergétiques ; aussi, bien souvent, la consommation de ces services augmente-t-elle. Par exemple, dans la mesure où les véhicules économes en carburant permettent de se déplacer à moindre coût, les consommateurs peuvent choisir de voyager plus loin et/ou plus souvent, ce qui peut annuler une partie des économies d'énergie réalisées. De la même façon, si une usine utilise l'énergie plus efficacement, elle peut accroître ses niveaux de production pour le même coût. Dans les deux cas, ce phénomène est appelé « effet rebond direct ».

En outre, même si la consommation des services énergétiques dont l'efficacité énergétique s'améliore reste inchangée, les économies d'énergie réalisées au niveau de l'ensemble de l'économie peuvent être inférieures à ce que laissent prévoir des calculs simples : c'est l'effet rebond indirect.

Ce dernier recouvre plusieurs mécanismes :

Au niveau du ménage consommateur :

- *Les consommateurs peuvent utiliser les économies permises par les améliorations de l'efficacité énergétique pour acheter d'autres biens et services qui, eux-mêmes, exigent de l'énergie pour être produits et pour fonctionner. Par exemple, les économies obtenues grâce à un système de chauffage central plus efficace peuvent être consacrées à des vacances à l'étranger.*

Au niveau de l'entreprise:

- Les équipements utilisés pour améliorer l'efficacité énergétique vont nécessiter de l'énergie pour leur fabrication et leur installation, et cette consommation énergétique va venir contrebalancer une partie des économies d'énergie réalisées. Par exemple, une obligation de remplacer les réfrigérateurs actuels par des modèles plus efficaces en énergie peut réduire la consommation d'énergie à un niveau moindre que prévu, selon l'âge du stock actuel, la durée de vie du nouveau stock et la consommation d'énergie directe et indirecte incorporée dans la fabrication des différents modèles de réfrigérateurs.
- Les entreprises, comme on l'a vu ci-dessus, peuvent utiliser les économies obtenues grâce aux améliorations de l'efficacité énergétique pour augmenter la production, et donc augmenter la consommation d'intrants sous forme de capitaux et de matières, qui, eux mêmes, exigent de l'énergie pour leur fourniture. De plus, cela peut conduire à une baisse des prix de production, induisant elle-même une consommation accrue des produits correspondants.

Au niveau de l'économie globale:

- Les améliorations rentables de l'efficacité énergétique vont augmenter la productivité globale de l'économie, et donc favoriser la croissance économique. L'augmentation de la consommation de biens et services peut à son tour orienter la consommation énergétique à la hausse.
- Des réductions de grande ampleur de la demande énergétique au niveau mondial peuvent se traduire par une baisse des prix de l'énergie qui va encourager l'augmentation de la consommation énergétique.
- S'il y a réduction des prix de l'énergie suite à une diminution de grande ampleur de la consommation d'énergie, cela peut entraîner une baisse des prix des biens et services gros consommateurs d'énergie dans une plus grande proportion que celle des biens et services peu consommateurs d'énergie, et donc inciter la demande des consommateurs à se déplacer vers les premiers.

L'effet rebond macro-économique regroupe les effets rebond directs et indirects. Il est défini en relation avec une économie nationale, mais il peut y avoir des effets dans d'autres pays par le biais de changements dans les tendances commerciales et les prix internationaux de l'énergie. **Dans toute tentative d'évaluation, l'effet rebond macro-économique doit s'analyser à la lumière d'un scénario «contrefactuel» qui prendrait en compte la**

croissance de la consommation d'énergie qui aurait résulté d'une augmentation naturelle des revenus et de la croissance économique si les politiques d'efficacité énergétique et/ou climatiques n'avaient pas été mises en œuvre.

Effet rebond direct: des études d'évaluation fragmentaires et confinées aux pays de l'OCDE

Les effets rebond directs peuvent être évalués à partir de méthodes empiriques d'observation ou sur la base d'études économétriques mesurant des élasticités².

Les évaluations empiriques concernant les effets rebond directs sont très fragmentaires, ont recours à des méthodes d'estimation différentes et concernent généralement un nombre limité de services énergétiques comme le transport individuel en automobile. Elles sont, d'autre part, presque totalement confinées aux pays de l'OCDE (principalement aux États-Unis ou au Royaume-Uni).

La qualité méthodologique de la plupart d'entre elles est relativement faible, la majorité ayant recours à de simples comparaisons avant/après, avec des échantillons de petite taille et des périodes de suivi trop courtes. Ces faiblesses réduisent le degré de confiance des résultats et rendent peu aisée la comparaison des résultats entre les études. Il est notamment difficile, lorsque l'on constate, suite à l'introduction d'une technique d'efficacité énergétique, des économies d'énergie réelles inférieures aux prévisions, de faire la distinction entre ce qui relève à proprement parler d'une modification de comportement (effet rebond) de ce qui est lié à une mauvaise estimation ex-ante des économies possibles, à des performances inappropriées des équipements ou à des carences dans l'installation.

La mesure des effets rebond directs peut être effectuée sur la base d'études économétriques d'élasticité de la demande de travail utile³ par rapport à l'efficacité énergétique. Lorsque la demande de travail utile reste inchangée suite à une amélioration de l'efficacité énergétique, on peut globalement considérer que l'effet rebond est nul.

En pratique, la mesure du travail utile et de l'efficacité énergétique est difficile à évaluer pour de nombreux services énergétiques, et le recours à une approche fondée sur la mesure de la consommation d'énergie pour un service donné est beaucoup plus fréquente dans les études.

C'est pourquoi une évaluation simplifiée basée sur l'élasticité de la demande d'énergie par rapport au prix de l'énergie est plus couramment retrouvée dans les études.

2. L'élasticité désigne l'évolution, exprimée en pourcentage, d'une variable suite à l'évolution exprimée également en pourcentage d'une autre variable. Par exemple, l'évolution de la consommation d'énergie par rapport à celle des prix de l'énergie.

3. Le travail utile qui suit une amélioration de l'efficacité énergétique, c'est par exemple l'évolution des températures intérieures après avoir installé une chaudière économe en énergie.

Cependant, le recours aux élasticités de la demande d'énergie par rapport au prix de l'énergie comme mesure de l'effet rebond nécessite de faire l'hypothèse que le consommateur réagit de la même manière à une diminution du prix de l'énergie qu'à une amélioration de l'efficacité énergétique, ce qui n'est pas vérifié et pose problème. Aussi, cette évaluation ne peut apporter à l'effet rebond direct qu'une approximation.

Quelle que soit leur origine, les estimations de ces différentes élasticités doivent être traitées avec prudence. En effet, au-delà des difficultés d'estimation, les réponses comportementales dépendent de facteurs techniques, institutionnels, politiques et démographiques (origine de l'évolution des prix, politique fiscale du gouvernement, effets de saturation...) qui varient sensiblement selon les populations concernées et au fil du temps. Par ailleurs, la majorité des études font référence aux États-Unis, dont la situation n'est pas représentative de la consommation énergétique des autres pays de l'OCDE.

L'effet rebond direct dépend du niveau de saturation du besoin de service énergétique

Les effets rebond directs sont dépendants du niveau de saturation du besoin de service énergétique. Par exemple, dans le cas du chauffage, si le confort thermique était déjà à un niveau suffisant avant travaux d'amélioration de l'isolation et/ou changement de mode de chauffage, le niveau de l'effet rebond direct après travaux sera très faible. Ainsi, les effets rebond directs de certains services énergétiques auront tendance à décroître dans le temps au fur et à mesure de la saturation de la demande. Conséquence significative, les effets rebond directs seront plus importants chez les populations à faibles revenus car ces

derniers sont loin d'assouvir leur besoin de consommation de nombreux services énergétiques. Une évaluation d'un programme britannique pour les ménages à très bas revenus a démontré que la mise en place d'un système de chauffage plus efficace n'avait aucun impact sur la réduction de la consommation d'énergie, même si ce programme pouvait être pertinent pour la réduction de la précarité et des problèmes de santé dans les logements. Il existe peu d'études sur les effets rebond liés aux améliorations de l'efficacité énergétique dans les pays en développement. Cependant, le peu d'études disponibles confirme un niveau plus élevé que dans les pays industrialisés en lien avec une demande de services énergétiques loin d'être saturée. Une étude de Zein-Elabdin (1997) montre que, suite à la diffusion massive de poêles à bon rendement énergétique à Khartoum (Soudan), la consommation énergétique de l'usage cuisson a augmenté de plus de 40 %.

Dans les cas de développement économique faible ou de précarité énergétique, ces effets rebond sont à mettre en rapport avec ce qui se serait passé au niveau de la consommation d'énergie si le niveau de confort et les revenus s'étaient accrus sans programme d'efficacité énergétique ; la consommation d'énergie aurait été bien supérieure. Cela montre la pertinence de mettre en place des politiques de maîtrise de l'énergie, même dans ce contexte.

L'effet rebond direct du transport automobile personnel et du chauffage domestique oscillerait entre 10 et 30 % des économies réalisées

L'examen de 17 études⁴ américaines suggère que l'effet rebond direct à long terme du transport automobile personnel (augmentation des distances parcourues suite à une diminution des consommations unitaires des véhicules) oscille entre 10 et 30 % des économies d'énergie réalisées. Si l'effet rebond est de 30 %, cela signifie que seules 70 % des économies d'énergie attendues seront réalisées. En dépit des différences de données et de méthodologies employées, ces estimations sont considérées comme relativement solides. On ne dispose cependant pas d'éléments suffisants pour déterminer avec fiabilité l'ampleur de cet effet rebond direct en Europe.

Les estimations⁵ américaines, canadiennes et allemandes, des effets rebond directs pour le chauffage domestique se situent dans une fourchette comprise

Appel d'offres conjoint ADEME-GrDF

Constatant le peu d'études réalisées en France sur les effets rebond, et dans l'optique d'en améliorer l'estimation, l'ADEME et GrDF lancent conjointement un appel d'offres afin de quantifier et qualifier l'effet rebond direct sur des postes énergétiques majeurs – le chauffage et l'eau chaude sanitaire – chez des ménages réalisant des actions d'efficacité énergétique. L'étude sera réalisée sur 2 années, et les résultats seront connus en 2012.

4. Greene et al., 1999 ; Jones, 1993 ; Johansson et Shipper, 1997 ; Houghton et Sakar (1996) ; Small et van Dender (2005) ; West (2004).

5. Schwarz et Taylor (1995) ; Hseuh et Gerner (1993) ; Klein (1988) ; Guertin et al. (2003) ; Haas et Biermayer (2000).

entre 10 et 30 % mais pourraient atteindre 60 % pour les groupes à faibles revenus en relation avec le niveau de saturation du besoin énergétique (voir ci-dessus).

Comme pour les précédentes évaluations, le champ et les méthodes d'investigations varient d'une étude à l'autre. Les experts du centre de recherche sur l'énergie du Royaume Uni ont retenu, à partir de l'analyse des différents travaux, une valeur plausible comprise entre 10 et 30 %.

L'effet rebond direct des autres usages domestiques : un impact plus limité

Concernant la climatisation des foyers, deux études américaines proposent des estimations des « effets rebond » directs pouvant aller jusqu'à 26 %⁶. Cependant, ces études relativement anciennes font appel à des échantillons de petite taille. En outre, les résultats peuvent ne pas être utilisables dans de nombreux pays européens, compte tenu des différences de types de logement et de conditions climatiques. Les études fiables pour l'eau chaude sanitaire sont très limitées, bien que Guertin et al. (2003) proposent des estimations comprises entre 34 et 38 %. Une étude méthodologiquement rigoureuse des effets rebond directs pour le lavage du linge⁷ suggère que les effets rebond directs pour ces services énergétiques « mineurs » devraient être très faibles.

L'effet rebond indirect et macro-économique

Des modèles énergétiques/macro-économétriques et d'équilibre général ainsi que des analyses de cycle de vie peuvent être utilisés pour approcher les effets rebond macroéconomiques et indirects. Les effets rebond indirects ont deux origines : l'énergie nécessaire pour produire et mettre en œuvre les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique, et la consommation d'énergie indirecte qui résulte de ces améliorations. Pour la première source, on peut supposer que sa contribution à l'effet rebond sera plus faible sur le long terme que sur le court terme. En effet, l'énergie intrinsèque associée aux immobilisations en matériel est analogue à un coût du capital, qui diminue donc en importance par rapport aux économies d'énergie continues avec l'allongement de la durée de vie de l'investissement.

Les estimations quantitatives des effets rebond indirects et macro-économiques sont rares, les résultats présentés se fondent sur un mélange éclectique d'arguments théoriques, d'exemples anecdotiques et de preuves « suggestives » issues de l'analyse économétrique et de l'histoire économique. La relation entre l'amélioration de la productivité énergétique, la croissance économique et la consommation énergétique est systématiquement abordée avec des thèses contradictoires.

Les résultats d'une étude de modélisation démontrent que dans le cas de technologies d'efficacité énergétique qui améliorent significativement la productivité des industries à forte intensité énergétique, les effets rebond macro-économiques pourraient dépasser 50 % des économies réalisées. En effet, dans ce cas, sous réserve que les économies réalisées soient répercutées sur le prix des produits, le prix des biens et services gros consommateurs d'énergie peut chuter plus fortement que le prix des biens et services peu consommateurs, et donc encourager la consommation des biens et services à forte intensité énergétique. Une étude d'Allan et al. (2006) modélise les effets rebond macro-économiques pour le Royaume-Uni après une amélioration globale de l'efficacité énergétique de 5 % dans tous les secteurs de production. Ces progrès ont un impact positif sur le PIB et l'emploi, qui augmentent à long terme respectivement de 0,17 % et 0,21 %. Ils ont un impact proportionnellement supérieur sur la compétitivité des secteurs gros consommateurs d'énergie, qui se traduit par un prix plus faible des produits malgré une hausse de 0,3 % des salaires réels. L'effet rebond à court terme est alors évalué à 50 %, et l'effet à long terme à 30 %. L'ampleur de ces effets rebond indirects et

Tableau : Estimations de l'effet rebond direct à long terme pour les services énergétiques grand public dans les pays de l'OCDE

Usage	Fourchette de valeur trouvée dans la littérature	Nombre d'études	Valeur moyenne estimée par l'UKERC
Transport automobile personnel	5 à 87 %	17	10 à 30 %
Chauffage domestique	0 à 60 %	9	10 à 30 %
Climatisation des locaux	0 à 26 %	2	1 à 26 %
Autres services énergétiques grand public	0 à 49 %	3	

Source : UKERC

6. Hausman, 1979 ; Dubin et al, 1986.

7. Davis, 2007.

macro-économiques dépend d'une grande quantité de variables. Il n'est donc pas possible de tirer des conclusions générales quant à leur niveau. Cependant, les études disponibles suggèrent que ces effets macro-économiques pourraient dans certains cas être importants et ne devraient pas être négligés dans la mise en œuvre des politiques en matière d'énergie et de climat. L'amélioration de leur estimation devrait même constituer une priorité de recherche économique.

Les effets rebond ne remettent pas en cause l'intérêt de la mise en œuvre de politiques d'efficacité énergétique pour réduire les consommations d'énergie. Ils peuvent cependant en réduire l'impact prévu par les décideurs. Les preuves dont on dispose sur tous les types d'effet rebond sont limitées et confinées aux pays de l'OCDE. En outre, elles ne permettent pas de tirer

des conclusions générales. Les effets rebond directs et indirects semblent largement varier selon les technologies, les secteurs et les groupes de revenus. On dispose cependant d'une estimation des effets rebond directs qui, pour la plupart des services énergétiques grand public des pays de l'OCDE, ne devraient pas dépasser 30 % et devraient diminuer dans le temps avec le niveau de saturation des services énergétiques concernés.

À l'échelle macro-économique, les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique et/ou de lutte contre le changement climatique⁸ vont avoir un impact positif sur la croissance économique. Afin d'optimiser ce profil de croissance au regard de son contenu en carbone, il conviendrait de mettre en place une **fiscalité adaptée** qui permettrait d'internaliser les externalités négatives sur les émissions de gaz à effet de serre de cette croissance.

8. L'efficacité énergétique étant une composante importante de la politique climatique, les effets rebond des mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique influent donc sur l'efficacité des mesures visant à réduire les émissions de CO₂. Cependant, du fait des différences de contenu en carbone des énergies, la relation politique énergétique et politique climatique n'est pas complètement linéaire, et les effets rebond d'une politique d'efficacité énergétique pourront avoir des impacts d'une ampleur différente sur les émissions de CO₂ selon l'énergie considérée.

contacts

ADEME : ANNE CHÊNE-PEZOT – ÉCONOMISTE SERVICE ÉCONOMIE ET PROSPECTIVE

GRDF : NICOLAS BERNASCONI – INGÉNIEUR DIRECTION STRATÉGIE FINANCES



ADEME & vous
Stratégie Énergie

Cette lettre est diffusée gratuitement par voie électronique. Pour vous abonner, merci d'envoyer un mail à strategie.etudes@ademe.fr

Adresse net: www.ademe.fr – rubrique Recherche Développement et Innovation/Stratégie et Orientation

ADEME & Vous - BP 90406 - 49004 Angers Cedex 01 • **Directeur de la publication**: François Moisan •

Directeur adjoint de la publication: Jean-Marie Bouchereau • **Rédacteur en chef**: Anne Chêne-Pezot (anne.chene@ademe.fr) • SPÉCIFIQUE – www.specifique.com

N° ISSN: 1954-3794

www.ademe.fr