

Les instruments de soutien aux ressources renouvelables sont-ils adaptés pour lutter contre le changement climatique ?

Les enjeux socio-économiques du débat sur la transition énergétique

Are renewable resources support instruments suitable to combat climate change?

The socio-economic issues of the debate on the energy transition

Constantin Napoléon*

Résumé

Accroître la part de marché des énergies renouvelables (éolien, solaire, biomasse, petite hydro-électricité) constitue l'enjeu majeur d'une politique ambitieuse que l'Union européenne a initiée en 2009 en adoptant le paquet climat-énergie pour lutter contre le changement climatique, renforcer la sécurité énergétique et la compétitivité, avec comme objectif de porter à 20 % la part des énergies renouvelables dans sa consommation totale d'énergie. L'atteinte de ces objectifs européens, déclinés au niveau national, a suscité la mise en place d'instruments nombreux et variés de soutien aux énergies renouvelables. La France s'y est également engagée à travers l'objectif du « facteur 4 », consistant à diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2050, par rapport à leur niveau de 1990. Cependant, et malgré ces efforts, plusieurs études montrent que les choix des dispositifs de soutien aux énergies renouvelables retenus ne sont pas à la hauteur des enjeux, et qu'ils peuvent s'avérer incohérents voire contre-productifs. Dès lors, l'objectif de cette contribution est à la fois de proposer une mise en perspective générale des instruments de soutien aux énergies renouvelables en France en rappelant les fondements économiques qui les sous-tendent, mais aussi d'identifier les obstacles socio-économiques et politiques auxquels se heurtent ces instruments. Quelques pistes de réflexion proposées par la littérature économique pour surmonter ces obstacles seront également présentées.

Mots-clés

transition énergétique, pollution atmosphérique, énergies renouvelables, changement climatique, acceptation sociale, défaillances de marché, santé.

Abstract

Increasing the market share of renewable energies (wind, solar, biomass, small hydro) is the major challenge of an ambitious policy that the European Union has initiated in 2009 by adopting the climate and energy package to combat climate change, enhance energy security and competitiveness with the aim to increase to 20% the share of renewable energy in its total energy consumption. The achievement of these objectives, available at the national level, aroused the implementation of numerous and varied support instruments to renewable energy. France is also committed through the lens of the "factor 4", consisting of dividing by 4 greenhouse gas (GHG) emissions by 2050, compared with their 1990 level. However, despite these efforts, several studies show that the choice of support for renewable energy devices selected are not up to the challenges and that they may be inconsistent or even counterproductive. Therefore, the objective of this contribution is both to propose an implementation overview of instruments of support for renewable energy in France by recalling the economic fundamentals that underlie but also to identify the socio-economic and political obstacles that face these instruments. A few avenues of reflection proposed by the economic literature to overcome these obstacles will also be presented.

Keywords

energy transition, pollution, renewable energies, climate change, social acceptance, market failures, health.

(*) Université du Littoral Côte d'Opale, Laboratoire TVES EA 4477, constantin.napoleon@wanadoo.fr

Introduction

L'accumulation des éléments qui prouvent que le climat mondial est menacé par les modes de consommation énergétique actuels et futurs est un des arguments les plus puissants en faveur de la transition énergétique. L'effet de serre anthropique ne fait plus guère de doute et le dernier rapport du GIEC (2014) vient de confirmer les inquiétudes concernant les effets du changement climatique. De nouveaux éléments semblent indiquer que le processus du réchauffement climatique serait en effet plus rapide que ne le laissaient entendre les précédentes prévisions. Face aux inquiétudes liées au changement climatique dont les conséquences économiques ont été mises en évidence par plusieurs spécialistes (GIEC, 2008 ; Stern, 2007 ; Nordhaus, 2008), l'Union européenne a initié une politique ambitieuse en 2009 en adoptant le paquet climat-énergie pour lutter contre le changement

climatique, renforcer la sécurité énergétique et la compétitivité, avec comme objectif de porter à 20 % la part des énergies renouvelables dans sa consommation totale d'énergie, la cible pour la France étant de 23 %.

L'ambition clairement affichée est donc de moins recourir aux énergies carbonées, ce qui nécessite de réduire la demande d'énergie et de développer davantage les énergies dé-carbonées, si bien que l'atteinte de l'objectif européen, décliné au niveau national, a suscité la mise en place d'instruments nombreux et variés de soutien à la transition des énergies fossiles vers d'autres formes d'énergie visant à réduire les émissions de CO₂. La France s'y est ainsi engagée à travers l'objectif du « facteur 4 », consistant à diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2050, par rapport à leur niveau de 1990, à augmenter la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique et à économiser l'énergie.

Tableau 1. Les sources d'énergies renouvelables et leurs utilisations.

Table 1 : The renewable sources of energy and their uses

Eolien	Les aérogénérateurs, mis en mouvement par le vent captent l'énergie cinétique du vent pour produire de l'électricité ou de l'énergie mécanique servant à pomper de l'eau.
Hydraulique	L'énergie hydroélectrique est produite à l'aide de turbines installées sur les cours d'eau et qui utilisent la force motrice des chutes pour générer de l'électricité. - La petite hydroélectricité désigne les centrales ne dépassant pas 10 MW de puissance. - La grande hydroélectricité recouvre les aménagements hydroélectriques d'une puissance supérieure à 10 MW. - L'énergie marémotrice exploite le potentiel énergétique du déplacement vertical d'une masse d'eau provoqué par les marées. L'énergie produite par l'eau qui s'engouffre ou se retire d'un bras de mer ou d'une crique est transformée en électricité à l'aide d'un outil de conversion, le plus souvent une turbine
Solaire	Le rayonnement solaire permet de produire de la chaleur et de l'électricité. - Solaire thermique : capteurs vitrés dans lesquels circule un liquide caloporteur réchauffé par le rayonnement solaire, qui transmet ensuite la chaleur à un chauffe-eau ou éventuellement à un plancher chauffant basse température. - Héliothermodynamie : la chaleur solaire produit de la vapeur qui alimente une turbine qui alimente elle-même un générateur produisant de l'électricité. - Solaire photovoltaïque : des cellules photovoltaïques sont des composants électroniques constitués de semi-conducteurs, qui exposées à la lumière, génèrent du courant électrique.

Biomasse	Désigne l'ensemble des sources d'énergie issues des plantes, arbres, matières organiques et déchets. - Le bois-énergie consiste en la valorisation énergétique des sous-produits forestiers (branchages, petits bois, etc.) et industriels (écorces, sciures, copeaux, etc.). Le bilan carbone de cette technologie est neutre à condition de veiller au renouvellement des plantations : lors de sa combustion, le bois délivre dans l'atmosphère du CO₂ qui est absorbé durant la croissance des arbres. - Le biogaz est issu de la fermentation des déchets organiques. Sa combustion produit de la chaleur, mais également de l'électricité par cogénération. - Les biocarburants sont issus du mélange de produits végétaux avec les carburants «classiques», essence ou gazole. On distingue les biocarburants dits de première génération, produits à partir des organes de réserve de plantes vivrières, tels que les grains de maïs, de blé ou de colza, les racines de betterave et les biocarburants de seconde génération mobilisant tout type de matière végétale (biomasse <u>ligno-cellulosique</u>) : plantes entières, ligneuses ou herbacées, résidus agricoles ou sylvicoles, déchets verts.
Géothermie	L'énergie géothermique est produite grâce à radioactivité naturelle des roches de la croûte terrestre et par les échanges thermiques avec les zones internes de la Terre. L'utilisation de cette ressource va dépendre de la température : - Lorsque celle-ci dépasse 10° C, la source peut être associée à des pompes à chaleur (PAC) pour chauffer et rafraîchir des locaux. Il s'agit dans ce cas-là d'applications de très basse énergie. - La géothermie basse énergie (entre 30°C et 100°C) quant à elle permet de couvrir des besoins de chauffage locaux. - La géothermie de haute énergie (> 180°C) et de moyenne énergie (entre 100°C et 180°C) valorisent les ressources géothermales sous forme d'électricité et de chaleur.

Cependant, et malgré ces efforts, plusieurs études montrent que les choix des dispositifs de soutien aux énergies renouvelables retenus ne sont pas à la hauteur des enjeux et qu'ils peuvent s'avérer incohérents voire contre-productifs. Dès lors, l'objectif de cette contribution est triple : il s'agit de proposer, dans un premier temps, une mise en perspective générale des instruments de soutien aux énergies renouvelables en France en rappelant les fondements économiques qui les sous-tendent. Ensuite, nous tenterons d'identifier les obstacles socio-économiques et politiques auxquels se heurtent ces instruments. Enfin, nous explorerons, dans la dernière partie, les pistes de réflexion proposées par la littérature économique pour surmonter ces obstacles.

Mais avant d'examiner les problèmes soulevés par les politiques de soutien des énergies renouvelables et les obstacles auxquels elles se heurtent, il n'est pas inutile de faire une présentation succincte de ces énergies dont le pouvoir de pénétration sur le marché dépend, certes, de leur coût relatif mais aussi et surtout de l'adhésion des consommateurs.

Globalement, les sources d'énergies renouvelables dépendent d'éléments que la nature renouvelle en permanence (le vent, le soleil, le bois, l'eau, la chaleur de la Terre) et, de fait, elles sont considérées comme presque inépuisables. Par ailleurs, elles n'engendrent pas ou peu de déchets ou d'émissions polluantes. Le tableau 1 en fournit une présentation synthétique.

1. Les fondements économiques de soutien aux énergies renouvelables

Différentes raisons peuvent être invoquées pour expliquer la prise de conscience internationale concernant le réchauffement climatique, et justifier, aux niveaux national et international, l'intervention des pouvoirs publics en faveur des énergies renouvelables. Nous les regrouperons ici en trois catégories. Dans un premier temps, nous présenterons les conséquences économiques, sanitaires et environnementales du changement climatique. Nous examinerons ensuite, dans un deuxième temps, les défaillances de marché, avant de terminer par une présentation des comportements inadaptés des agents économiques.

1.1 Les conséquences économiques, sanitaires et environnementales du changement climatique

L'impact des politiques de lutte contre le changement climatique sur le bien-être économique a été mis en évidence par plusieurs spécialistes (GIEC, 2008 ; Stern, 2007 ; Nordhaus, 2008) et peut justifier les politiques de soutien aux énergies renouvelables. Depuis plusieurs années, des études épidémiologiques ont clairement établi l'existence d'un lien incontestable entre la pollution atmosphérique et ses effets sur la santé qui représentent un coût pour la collectivité. Par exemple, les activités économiques rejettent dans l'air des centaines de composés chimiques comme le dioxyde de soufre, les poussières, les fumées noires, les particules en suspension, l'ozone et le dioxyde d'azote à partir desquels sont définis des indicateurs de pollution nuisibles pour la santé.

Mais les études menées récemment en Europe se sont concentrées davantage sur les impacts sanitaires engendrés surtout par les transports en raison de leur responsabilité croissante dans l'émission de certains polluants, comme les particules, jugés très dangereux pour la santé.

Or la poursuite des politiques de réduction de la pollution de l'air présente des avantages économiques dans la mesure où celle-ci engendre d'importants coûts sanitaires chiffrables monétairement à partir d'un certain nombre d'indicateurs : l'accroissement du nombre de décès, celui des taux de morbidité mesurés par l'augmentation du nombre d'hospitalisations et de consultations médicales liées à des affections provoquées par la pollution (asthme, affection des voies respiratoires), le nombre de journées d'activité réduite ou perdue. On peut ajouter à ces coûts liés à la mortalité et à la morbidité les coûts liés aux pertes de bien-être occasionnés par la souffrance et la gêne provoquées par la pollution.

Déjà en 2004, l'Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale (AFSSET) indiquait que la pollution atmosphérique en France était liée pour plus d'un tiers aux rejets polluants des voitures et des poids lourds, et que la pollution de l'air amputerait l'espérance de vie des Français de 9 mois en moyenne ; l'exposition aux particules fines provoquant entre 30 000 et 40 000 décès prématurés par an¹.

Des synthèses effectuées par l'OCDE (2011) ont par ailleurs montré que la prise en compte des bénéfices sur la santé des politiques d'atténuation des effets de la pollution réduit le coût monétaire de la pollution évitée. Bollen *et al.* (2009) ont ainsi souligné les avantages économiques d'une diminution de 50 % des émissions de gaz à effet de serre en termes de progrès de la santé, de l'espérance de vie, mais aussi de la préservation de la biodiversité qui découleraient de la réduction de la pollution.

L'étude de Murtin et Serres (2011) a également mis en évidence le fait que les gains de la lutte contre le changement climatique en termes d'espérance de vie compenseraient le coût de la pollution évitée qui baisserait de manière significative en Chine et en Inde, ainsi que dans le cas de pays à forte production d'énergie fossile (l'Australie, le Canada et les États-Unis).

Il a été clairement établi également qu'à défaut d'une action ambitieuse de lutte contre le réchauffement climatique, la biodiversité serait aussi menacée avec la disparition vraisemblable d'un nombre important d'espèces animales et végétales que nous connaissons aujourd'hui. L'inaction se traduirait par un recul de la biodiversité qui devrait se poursuivre, avec des pertes particulièrement sensibles prévues en Asie et en Afrique, et l'extinction d'espèces non encore répertoriées qui est pour l'instant impossible à mesurer.

À plus long terme, la poursuite de l'érosion de la biodiversité risque de limiter la capacité de la Terre de fournir des services écosystémiques qui soutiennent la croissance économique et le bien-être humain, comme la séquestration du carbone, l'épuration de l'eau, la protection contre les phénomènes météorologiques extrêmes et la fourniture de matériel génétique commun.

Certes, il est plus difficile d'établir pour la biodiversité une valeur monétaire de référence comme celle de la tonne de CO₂ dans le cas du changement climatique ou comme celle de la vie humaine dans le cas de la santé. Pour autant, l'importance des effets de la pollution atmosphérique à court et à long termes sur les écosystèmes ne saurait être sous-estimée ni conduire à l'inaction.

(1) Ces chiffres ont été confirmés par l'avis de l'AFSSET de 2009 sur la pollution par les particules dans l'air ambiant.

1.2 Les défaillances de marché

Selon l'économie publique normative qui s'est construite en référence à la théorie de l'équilibre général élaborée principalement par Walras et Pareto, la concurrence pure et parfaite conduit normalement à une situation d'équilibre optimale que l'on qualifie d'optimalité parétienne. Or l'un des résultats les mieux établis par la science économique est que les marchés peuvent être défaillants pour atteindre l'efficacité économique collective au sens de Pareto.

Dans le domaine de l'énergie, ces défaillances de marché peuvent justifier l'intervention publique dans les trois cas suivants : la présence d'externalités, l'incomplétude et l'imperfection des marchés, et dans le cas de déséquilibres macroéconomiques caractérisés par le sous-emploi.

- La présence d'externalités environnementales et/ou technologiques dans le cas des sources d'énergie renouvelables comme l'éolien ou le photovoltaïque peut s'expliquer par le fait que ces dernières se caractérisent souvent par des dépenses importantes d'investissement, des coûts variables relativement peu élevés (puisque le combustible utilisé comme le vent ou l'énergie solaire ne coûte rien) et une pollution faible. Dans la mesure où la production à partir de ces énergies entraîne une pollution plus faible, il y a un risque de défaillance du marché de l'énergie qui peut ignorer les effets (externalités) positifs qu'elles procurent et privilégier les investissements nécessitant de faibles dépenses et pour lesquels la période de recouvrement est plus courte. Par ailleurs, les externalités technologiques procurées par ces énergies peuvent ne pas être suffisamment valorisées par le marché. Ces externalités résultent du fait que les bénéfices des innovations générées par les énergies renouvelables dans leur phase d'invention sont importants mais demeurent publics, ce qui détermine des incitations à innover insuffisantes, et qu'en phase de leur diffusion, les effets d'apprentissage sont très élevés en début de commercialisation, si bien qu'en dépit des systèmes de brevets, on peut assister à un manque d'utilisateurs précoces, et au maintien de fait d'avantages excessifs aux technologies classiques.

- L'incomplétude et les imperfections de la sphère financière peuvent également exacerber les incertitudes sur les rendements probables des innovations vertes et pénaliser le financement de la transition écologique, dans la mesure où la sphère financière est souvent réticente à assumer le financement d'investissements longs et risqués, ce qui est le cas des énergies renouvelables. Selon Jaffe et Stavens (1994), ces défaillances de marché expliquent le paradoxe du sous-investissement en technologies économes en énergie et efficaces en termes de coûts mais sous-utilisées. L'imperfection des marchés peut aussi se mani-

fester lorsque l'on est en présence d'une structure de marché caractérisée par la concurrence imparfaite comme le monopole ou l'oligopole. C'est notamment le cas lorsque des fabricants qui disposent d'un pouvoir de marché sur l'offre de certains produits comme les ampoules (incandescence, basse consommation) ou les fenêtres (double, triple vitrage) ont la possibilité de discriminer les consommateurs par les prix et d'accroître leur marge sur le haut de gamme, qui correspond en général, dans le secteur résidentiel et tertiaire, aux options les plus efficaces (Quirion, 2004, p. 14)

- On peut ajouter aussi des arguments de politique économique et de l'emploi, encore plus d'actualité en période de crise, dans la mesure où les énergies renouvelables peuvent permettre d'enrayer le chômage grâce à une croissance verte qui favorisera l'émergence de nouveaux secteurs, de nouvelles activités, de nouveaux emplois ou des emplois existants redéfinis pour mieux respecter l'environnement.

1.3 Les défaillances de comportement

Au-delà des défaillances de marché, la rationalité limitée liée aux comportements individuels est également susceptible de conduire à un sous-investissement dans l'efficacité énergétique. Dans le prolongement des travaux d'Herbert Simon (1959) sur la rationalité limitée, plusieurs analyses économiques ont en effet permis de mieux comprendre les conséquences des défaillances de comportement des individus averses (Kahneman et Tversky, 1979 ; Gillingham et al., 2009). En effet, face à des tâches cognitives complexes et au manque d'informations, les individus ont recours à des connaissances heuristiques, celles-ci pouvant être définies comme des raccourcis mentaux utilisés par les sujets dans la formation de leurs jugements ou dans leurs prises de décision et qui peuvent mener à des croyances erronées et des décisions sous-optimales du fait d'un traitement incomplet ou biaisé de l'information :

- Dans le domaine de l'énergie, l'imperfection et les asymétries de l'information peuvent s'expliquer par le fait que les consommateurs, voire les vendeurs d'équipements économisant de l'énergie, n'ont qu'une connaissance imparfaite des bénéfices nets futurs de leurs investissements dans des technologies économes en énergie. Ces investissements sont par ailleurs découragés par l'impossibilité pour le financeur de s'en approprier les bénéfices dont l'exemple le plus courant est le « dilemme propriétaire-locataire » : le propriétaire n'a pas d'intérêt à investir dans des économies d'énergie qui profiteront à son locataire ; ce dernier, même s'il bénéficie des économies d'énergie, n'a pas non plus d'intérêt à investir, car sa durée d'occupation du logement est généralement très inférieure

au temps de retour de l'investissement. On parle alors d'incitations clivées (*split incentives*)².

- Les innovations vertes peuvent être source d'externalités positives d'adoption. En effet, les effets d'apprentissage pour ces innovations sont très importants au début de la commercialisation d'une nouvelle technologie, et son adoption et sa diffusion sont retardées dans la mesure où les clients potentiels attendent des baisses de coût potentielles futures.

Tous ces arguments liés aux défaillances de marché et de comportement ne peuvent que rencontrer l'adhésion sur la nécessité de l'intervention publique pour corriger ce qu'il est convenu d'appeler la myopie du marché dans le cadre de politiques d'efficacité énergétique, de développement des énergies renouvelables, de limitation des émissions de gaz à effet de serre, en un mot de la mise en œuvre d'une transition énergétique indispensable dans une perspective de long terme.

Dans la pratique, cette intervention se traduit par l'adoption d'une panoplie d'instruments économiques et réglementaires (appels d'offres, tarifs d'achat ou certificats verts en termes de réduction des émissions de CO₂, soutien à la recherche et à l'innovation, etc.) mais dont l'efficacité n'est pas toujours avérée. En particulier, un certain nombre d'obstacles que nous nous proposons de traiter dans la partie qui suit peuvent limiter l'efficacité de cette intervention.

2. Les instruments de soutien aux énergies renouvelables et leurs limites

2.1 Une présentation générale des instruments de soutien aux énergies renouvelables

Pour inciter les comportements des agents économiques vers davantage d'utilisation des énergies renouvelables, un grand nombre de dispositifs de soutien a été mis en place en France, tant pour la production de chaleur et d'électricité que pour le développement des biocarburants. Il est important de préciser que pour la production des énergies renouvelables électriques, la France a opté pour deux dispositifs réglementaires : les tarifs d'achat obligatoires et les appels d'offres.

La procédure d'obligation d'achat constitue en effet aujourd'hui le principal levier de soutien aux énergies renouvelables et à la cogénération. Elle oblige les opérateurs historiques, à savoir Électricité de France (EDF) et les entreprises locales de distribution (ELD) à

acheter aux producteurs l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables. L'obligation d'achat réalisée au tarif arrêté par le ministre chargé de l'Énergie après avis de la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) est contractée pour une durée de 15 à 20 ans, selon les technologies et leur degré de maturité. La charge résultant de cette obligation est remboursée aux fournisseurs d'électricité grâce à une partie de la contribution au service public de l'électricité (CSPE), payée par l'ensemble des consommateurs d'électricité. Le tableau 2 fait une présentation synthétique des principaux tarifs d'achat en vigueur actuellement pour l'électricité renouvelable selon les sites de production.

La procédure d'appels d'offres consiste à lancer des appels d'offre dans un cadre déterminé afin d'atteindre des objectifs bien définis dans des investissements à économie d'énergie. Elle est mise en œuvre par la CRE sur la base de critères définis par le ministre et oblige les fournisseurs historiques d'électricité (EDF et les entreprises locales de distribution) à conclure un contrat d'achat de l'électricité avec les producteurs lauréats selon les conditions définies dans leurs offres. Elle a été le principal dispositif de soutien à la filière biomasse. Elle est actuellement utilisée préférentiellement pour les installations moyenne et grande puissance, alors que les petites installations solaires de moyenne et grande puissance, continuent à se développer sous le régime de l'obligation d'achat.

À côté de ces deux principaux dispositifs que nous venons d'évoquer, il en existe d'autres, repris dans le tableau 3, et qui s'adressent tant aux particuliers qu'aux entreprises et aux collectivités locales. Parmi eux, on peut mentionner le dispositif réglementaire qui concerne le secteur de la chaleur avec la réglementation thermique initiée en 2012 par la loi Grenelle 1 qui fixait pour les constructions neuves comme objectif la généralisation des bâtiments basse consommation en 2012 et des bâtiments à énergie positive à l'horizon 2020. D'autres dispositifs de soutien pour le secteur de la chaleur et de l'électricité figurant dans ce tableau ont plutôt un caractère incitatif. Il s'agit notamment du taux réduit de TVA, du crédit d'impôt développement durable (devenu nouvellement Crédit d'Impôt Transition Énergétique, CITE), de l'éco-prêt à taux zéro, des certificats d'économies d'énergie et le fonds chaleur. Notons également que depuis le 01/09/2014, le Crédit d'Impôt Développement Durable (CIDD) a évolué pour devenir le Crédit d'Impôt Transition Énergétique (CITE), un dispositif simplifié avec un taux unique de 30 %. Ce nouveau dispositif devrait permettre aux ménages de réduire leur impôt sur le revenu d'une partie des dépenses occasionnées lors des travaux d'amélioration énergétique réalisés dans leur habitation principale, et ce sans condition de ressources. Si le montant du crédit d'impôt dépasse celui de l'impôt dû, l'excédent sera remboursé au ménage. Notons également que le cumul

(2) Concernant les problèmes que soulèvent les incitations clivées, on peut également se reporter à Giraudet (2011).

Tableau 2. Principaux tarifs d'achat de l'électricité renouvelable actuellement en vigueur

Table 2 : Main tariffs of renewable electricity

Source : DGE – tableau résumant les tarifs d'achat de l'électricité produite par les énergies renouvelables disponible sur le site <http://www.developpement-durable.gouv.fr/>

Filière	Durée des contrats	Niveau du tarif de rachat
Hydraulique	20 ans	- 6,07 c€/kWh + prime comprise entre 0,5 et 2,5 c€/kWh pour les petites installations + prime comprise entre 0 et 1,68 c€/kWh en hiver selon la régularité de la production.
Biogaz	15 ans	- entre 8,121 et 9,745 c€/kWh selon la puissance + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 4 c€/kWh
Méthanisation	15 ans	- entre 11,19 et 13,37 c€/kWh selon la puissance + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 4 c€/kWh + prime pour le traitement d'effluent d'élevage entre 0 et 2,6 c€/kWh
Energie éolienne	15 ans (terrestre)	- Éolien terrestre : 8,2 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 2,8 et 8,2 c€/kWh pendant 5 ans selon les sites
	20 ans (en mer)	Éolien en mer : 13 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 3 et 13 c€/kWh pendant 10 ans selon les sites
Energie photovoltaïque	20 ans	-installations intégrées au bâti : 28, 51 c€/kWh selon l'usage du bâtiment et la puissance installée -installations intégrées simplifiées au bâti : 14,54 ou 13,81 c€/kWh
Géothermie	15 ans	- Métropole : 20 c€/kWh + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 8 c€/kWh

du (CIDD) avec l'Eco-prêt à taux zéro (éco-PTZ) a été modifié en 2014, dans la mesure où ces dispositifs ne peuvent être cumulés que si le montant des revenus fiscaux de référence de l'emprunteur ne dépasse pas un certain seuil, au titre de l'avant-dernière année précédant l'offre de prêt, soit 25 000 € pour une personne célibataire, veuve ou divorcée et 35 000 € pour un couple soumis à imposition commune. Par ailleurs, le plafond des revenus fiscaux a été majoré de 7 500 € supplémentaire par personne à charge.

Le secteur des transports bénéficie également d'un dispositif de soutien destiné au développement des biocarburants par le biais de deux instruments :

- une exonération partielle de taxe intérieure sur la consommation ;
- la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP) qui permet d'encourager l'incorporation et la distribution de biocarburants en pénalisant les opérateurs qui mettent à la consommation une proportion de biocarburants inférieure au seuil fixé.

Tableau 3. Principaux dispositifs d'aide.

Table 3 : Main help facilities

Investissements bénéficiant du crédit d'impôt	Pour l'année 2013	Depuis le 1 ^{er} septembre 2014
Equipements de production d'énergie utilisant l'énergie éolienne ou hydraulique	32%	30%
Equipements de production d'énergie utilisant l'énergie solaire thermique	32%	30% dans la limite d'un plafond de dépense fixé à 100 € TTC par m ²
Panneaux photovoltaïques	11%	Non éligible au crédit d'impôt
Appareils de chauffage au bois ou biomasse	15 %. 25 % pour le remplacement d'un système de chauffage bois ou biomasse existant	30%
Pompes à chaleur air / eau pour production de chaleur	15%	30%
Pompes à chaleur	26%	30%
Raccordement à un réseau de chaleur alimenté majoritairement par des énergies renouvelables	15%	30%
Frais de la réalisation d'un diagnostic de performance énergétique, en dehors des cas où la réglementation le rend obligatoire	32%	30%

Mais pour être plus complet, il faudrait également ajouter à l'ensemble de ces dispositifs décrits ci-dessus, les aides des collectivités locales. Le tableau 4 compare les nouveaux dispositifs destinés aux énergies renouvelables depuis le 1/09/2014 à ceux qui existaient auparavant.

2.2 Les limites des mécanismes de soutien à la transition énergétique

Il est difficile de tirer des conclusions définitives en matière d'efficacité économique des différents instruments de soutien aux énergies renouvelables.

Néanmoins, et malgré les vertus affichées pour chacun d'eux, on peut relever plusieurs facteurs susceptibles de les rendre inopérants en s'appuyant sur les enseignements de la théorie économique.

2.2.1 Effets d'aubaine et incohérences stratégiques

Dans la littérature économique, une attention particulière a été portée sur les fondements économiques qui guident le choix des instruments de régulation des problèmes environnementaux. C'est Weitzman qui, en 1974, a initié un débat qui portait sur les

Tableau 4. Le crédit d'impôt transition énergétique depuis le 1/09/2014.

Table 4 : The energy transition tax credit since september 2014

Dispositifs d'aide fiscaux	Particuliers	Entreprises	Collectivités
Crédit d'impôt transition énergétique (CITE)	X		
TVA à taux réduit	X	X	
Défiscalisation	X		
Amortissement exceptionnel		X	
Taxe foncière sur les propriétés bâties	X	X	
Impôt forfaitaire sur les entreprises de réseaux			X
Régime spécial agricole		X	
autres			
Fonds « chaleur renouvelable »		X	X
Eco-prêt à taux zéro	X		
Tarif d'achat obligatoire	X	X	
Aides et subventions des collectivités territoriales	X		
Certificats d'économie d'énergie	X	X	

avantages respectifs d'un instrument basé sur les prix (prix de rachat garanti ou *feeds-in tariffs*) et ceux d'un instrument basé sur les quantités (fixation de quotas à respecter). La conclusion qu'il en a tirée est que le choix entre ces deux instruments dépendra de la pente des courbes concernées. Selon lui, lorsque la pente des coûts marginaux de réduction, c'est-à-dire ici celle des coûts marginaux liés à la production des énergies renouvelables, est supérieure à celle des coûts marginaux des dommages, l'approche par les prix est plus avantageuse que celle par les quantités du point de vue collectif, et réciproquement. Or le coût marginal des énergies renouvelables est rapidement croissant, les sources d'énergie les plus vertes étant utilisées en premier, alors que le bénéfice de cette énergie verte (qui correspond au coût

évitée de l'utilisation d'une énergie conventionnelle) est relativement constant. Par conséquent, selon cette théorie, la politique des prix garantis qui est privilégiée en France et dans la plupart des pays européens est *a priori* meilleure que celle des quotas, en particulier celle des certificats verts. Sans revenir sur ce débat qui semble aujourd'hui tranché, on peut souligner que bien que le système des prix garantis présente plusieurs avantages en situation d'incertitude (cas du changement climatique), il peut s'avérer très coûteux pour le consommateur final d'électricité produite à partir des énergies renouvelables dans la mesure où le surcoût lié à cette énergie verte (différence entre le prix de rachat et le prix de l'électricité conventionnelle) est en général à la charge du consommateur.

La Commission de régulation de l'énergie (2014) a relevé une autre conséquence du coût croissant, à savoir le fait que les producteurs d'énergie verte les plus efficaces bénéficient d'une rente différentielle, le prix de rachat étant le même pour tous, ce qui provoque des effets d'aubaine, comme cela a été le cas en Allemagne mais aussi en France. Le coût d'achat et de pose des modules et équipements électriques constitue généralement la majeure partie des coûts d'une centrale photovoltaïque. Or les coûts des modules, qui représentent 40 % de l'investissement total, ont fortement baissé au cours des dernières années alors que les investisseurs continuaient à bénéficier de tarifs garantis. Mais comme l'État français n'avait qu'une connaissance parcellaire de l'évolution des coûts de production dans ce secteur, il s'est très vite retrouvé dans une situation d'asymétrie informationnelle vis-à-vis des industriels, dont certains investisseurs ont pu bénéficier des taux de rentabilité excessifs pour les contrats conclus avant le moratoire en 2010 (en moyenne 11 % supérieurs au coût moyen pondéré du capital de référence)³.

Le deuxième effet pervers du tarif d'achat garanti souligné par la CRE provient de la durée des contrats. Alors que le tarif d'achat pour l'éolien terrestre est conçu en France pour rentabiliser les installations pendant la durée du contrat (quinze ans), la plupart des porteurs de projets interrogés par la CRE affirmaient vouloir exploiter leurs parcs pendant vingt ans, voire vingt-cinq ans. Dès lors, les installations, après avoir été intégralement amorties et rémunérées sur 15 ans, continueront à valoriser l'électricité qu'elles produisent sur les marchés pendant 5 à 10 années supplémentaires.

Le troisième problème des tarifs garantis est qu'ils peuvent être trop coûteux pour les consommateurs, comme l'illustre l'exemple de l'Allemagne où ce système conjugué à la baisse de prix des équipements photovoltaïques a entraîné une forte augmentation du nombre de panneaux solaires considérés comme des investissements financiers extrêmement rentables, et par là même a occasionné une charge de plus en plus forte sur les ménages allemands qui s'acquittent de cette taxe en constante augmentation, 0,2 centime par kWh en 2000, 3,59 en 2012 et 5,27 en 2013.

Par ailleurs, le soutien aux énergies renouvelables a été révélateur d'un manque de cohérence en France. En effet, et selon la Cour des comptes, le choix stratégique de développer les panneaux photovoltaïques intégrés au bâti a été pris sans mesurer la capacité de la filière à répondre correctement à la demande. Motivé par l'idée que l'industrie française serait plus compétitive face à ses concurrents, notamment

chinois, sur des produits à plus forte valeur ajoutée, ce choix s'est révélé décevant. Outre son coût croissant pour la collectivité, la filière n'a pas pour l'instant réussi à s'imposer à l'international et reste handicapée par une mauvaise organisation de la profession⁴.

Enfin, les gains environnementaux imputables aux énergies renouvelables seraient globalement limités au regard des surcoûts associés, si bien que l'augmentation de la production de toutes les énergies renouvelables ne serait pas toujours économiquement justifiée. Gollier (2010) a, par exemple, analysé spécifiquement les subventions dont bénéficie l'énergie solaire, et a trouvé un «coût pour la société» de 1 000 € par tonne de CO₂ évitée, alors que la valeur tutélaire, c'est-à-dire sociétale, de cet évitement avait été estimée pour la France à 32 € par les commissions Quinet et Rocard (32 € la tonne de CO₂ en 2010 et 100 € la tonne de CO₂ en 2030).

L'Institut Montaigne avait déjà tiré la sonnette d'alarme en 2008 dans son étude intitulée, *Éoliennes : nouveau souffle ou vent de folie ?* En effet, après avoir déterminé le coût de l'éolien pour la collectivité comme la différence entre le coût de production (investissement initial, dépenses d'exploitation et de raccordement au réseau) et les bénéfices obtenus (moindre utilisation de gaz et d'uranium, substitution des éoliennes aux centrales thermiques), elle avait estimé que le surcoût annuel de l'investissement dans cette énergie serait égal à « 1 milliard d'euros sur la période 2008-2020 et dépasserait les 2,5 milliards au-delà de 2020 », soit 150 €/t CO₂ évitée en 2020.

2.2.2 Incertitudes climato-économiques et technologiques

La transition énergétique peut également dépendre de la manière dont on envisage les évolutions économiques, environnementales et technologiques futures qui sont, par essence, incertaines. Cette incertitude porte sur trois éléments susceptibles d'affecter de façon déterminante la façon dont on envisage les politiques de soutien aux énergies renouvelables qui sont : la croissance économique, l'objectif de concentration des émissions de CO₂ et les hypothèses sur le progrès technique futur. Si l'on envisage, par exemple, que la croissance économique va se poursuivre, ce qui tend à accroître les émissions, il faudrait dans ce cas-là mobiliser dès aujourd'hui beaucoup de moyens en faveur des énergies renouvelables, c'est l'approche pessimiste de la forte soutenabilité. En revanche, si l'on privilégie l'approche optimiste de la faible soutenabilité, en espérant que nous puissions développer de nouvelles techniques comme la technique de séquestration du carbone, la fusion nucléaire, le

(3) Voir le rapport de la Commission de régulation de l'énergie (2014).

(4) Voir le rapport de la Cour des comptes (2013)

solaire ou l'éolien à des coûts qui rendent ces technologies efficientes, rien ne sert alors de se lancer aujourd'hui dans des efforts coûteux de soutien aux énergies renouvelables dès lors que le processus de l'apprentissage par la pratique *learning by doing* générera de fortes réductions du coût des technologies, et par là celle du coût d'abattement, avec l'accroissement de la connaissance.

Une autre incertitude porte sur l'objectif de concentration maximale socialement désirable. On peut, par exemple, imaginer une réévaluation de l'objectif ultime de réduction des émissions que les Européens se sont fixé en fonction des nouvelles connaissances sur les mécanismes physico-chimiques de l'effet de serre, sur l'effet d'entraînement ou non de l'exemple européen à d'autres zones géographiques du monde, ou sur l'évaluation des impacts du changement climatique.

Enfin, l'incertitude porte également sur les innovations technologiques vertes que l'on peut espérer à l'avenir, dont on peut penser qu'elles nous permettront d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO₂ à un coût économique et social beaucoup plus faible qu'aujourd'hui⁵.

2.2.3 Contraintes d'acceptation de la population

Les contraintes d'acceptation de la population constituent également une limite aux instruments de soutien des énergies renouvelables. En effet, que ce soit en raison de l'abondance des réglementations ou des problèmes de voisinage, les énergies renouvelables suscitent un abondant contentieux. Les oppositions s'expliquent généralement par le syndrome Nimby (*Not In My Back Yard*, en français « Pas à côté de chez moi ! »). Généralement, les oppositions à la construction d'installations éoliennes reposent pour une large majorité sur l'impact visuel et paysager, sur des préoccupations de protection des espèces animales et végétales, sur le bruit des machines en dépit d'importants progrès déjà réalisés, ou encore sur les perturbations causées aux radars (notamment météo).

2.2.4 L'intermittence et l'imprévisibilité des sources d'énergies renouvelables perturbent le marché électrique et affaiblissent la sécurité énergétique

Les filières d'énergies renouvelables, comme le solaire et l'éolien, bien que de natures très différentes, présentent un certain nombre de caractéristiques communes :

- dès lors que l'investissement est réalisé, le coût marginal de production est pratiquement nul, dans la mesure où le soleil et le vent sont gratuits et que le « contenu en CO₂ » des énergies vertes est nul. Il est donc normal que selon le modèle de l'ordre ascendant des coûts marginaux de production des centrales électriques appelé l'ordre de préséance économique (*merit order*), l'électricité produite par ces centrales avec les coûts nets les plus bas, dites centrales de base, soit distribuée en priorité pour répondre à la demande. Or la production de ces centrales est « fatale » ou presque, dans la mesure où elle dépend de données météorologiques (vent, soleil, notamment) sur lesquelles le gestionnaire de réseau n'a pas prise.

- leur production est très variable selon les saisons. Il y a, en moyenne, plus de vent l'hiver que l'été, ce qui permet de surmonter les problèmes de gestion des périodes de pointe en hiver où la demande électrique est plus forte ; par contre, le photovoltaïque produit surtout l'été. En outre, bien sûr, dans la journée, leur production présente des « variabilités aléatoires » importantes. Les aléas (vitesse des vents, ensoleillement) qui feront s'écarter ces productions de leur valeur horo-saisonnière moyenne sont imprévisibles longtemps à l'avance. Cette déconnexion entre la production et la consommation peut se traduire par des variations de tension et de fréquence sur les réseaux de transport et de distribution de l'électricité et peut être à l'origine de l'inefficacité du marché de l'électricité⁶.

Il en découle que le soutien de ces énergies intermittentes par le système d'obligation d'achat provoque des distorsions sur le marché de l'électricité dès lors que les producteurs sous obligation d'achat ne sont pas exposés à l'équilibre de l'offre et de la demande. Ces derniers, étant rémunérés indépendamment du prix de marché, sont en effet incités à injecter sur le réseau de l'énergie produite même lorsque le prix devient négatif. Ce phénomène est exacerbé par le fait que certaines centrales thermiques peu flexibles ne peuvent pas abaisser leur production en deçà d'un certain niveau et par le fait que leur arrêt aurait un coût élevé (coût de redémarrage, coût d'opportunité de l'absence de production pendant le redémarrage). Par conséquent, les opérateurs de ces centrales sont prêts à payer pour continuer à injecter de l'électricité sur le réseau à leur niveau minimal de puissance plutôt que de s'arrêter, ce qui se traduit par une offre excédentaire entraînant ainsi une baisse des prix de l'électricité sur le marché de gros, comme cela a été le cas à la fin de l'année 2012.

(5) Sur cette question sur le rôle de l'incertitude, voir la contribution de Gollier dans le rapport CAE (2009).

(6) Sur les problèmes soulevés par les énergies intermittentes, on peut également se référer à CGSP (2013).

Cette situation est d'autant plus paradoxale que le prix du carbone sur le marché des échanges des quotas d'émissions était initialement censé fournir une incitation pour sécuriser les investissements de long terme dans les technologies peu émettrices de CO₂. Mais avec, d'un côté, les importations massives européennes de charbon en provenance des États-Unis et, de l'autre côté, l'injection massive de l'électricité produite à partir des énergies renouvelables qui sont à faibles coûts marginaux, les quotas de carbone se sont échangés à des prix anormalement bas, ce qui a entraîné la hausse de la rentabilité des centrales à charbon aux dépens des centrales électriques à Cycle Combiné Gaz (CCG).

L'effet immédiat de cette situation a été une augmentation des émissions de GES alors que dans le même temps la consommation d'électricité baissait du fait notamment de la crise. On a donc assisté à une évolution en ciseaux sur le marché de l'électricité marquée par une baisse du prix de gros et par une hausse du prix de détail supporté par les consommateurs qui financent les énergies renouvelables. De plus, certaines centrales à gaz ont dû fermer en Europe à défaut de rentabilité suffisante, alors qu'elles auraient sans doute été nécessaires pour assurer la sécurité d'approvisionnement.

3. Perspectives : améliorer l'efficacité des mécanismes de soutien à la transition énergétique

Dès lors qu'il est aujourd'hui clairement établi que le soutien des énergies renouvelables se heurte à un obstacle de taille précédemment évoqué, à savoir les défaillances de marché et de comportement, l'identification de leur origine doit être une priorité.

D'autre part, les problèmes liés à l'intermittence et à l'imprévisibilité des énergies renouvelables méritent une réponse appropriée pour faciliter l'intégration de ces énergies sur le réseau électrique. Il existe aujourd'hui des dispositifs certes coûteux qui permettent de gérer certaines variations de demande d'énergie plus ou moins tendues. Ils peuvent aller des échanges transfrontaliers d'électricité, comme il en existe actuellement entre la France et l'Allemagne, à l'utilisation des installations de soutien, dites *back up*,

comme les réservoirs hydroélectriques en passant par l'appel à des moyens de production thermique (centrales à flamme classiques, cycles combinés à gaz, turbines à combustion, etc.) avec la contrainte que ces solutions de secours font appel, pour la plupart, à des énergies fossiles émettrices de CO₂.

Par ailleurs, si l'on reconnaît que les incertitudes climato-économiques et technologiques peuvent peser sur l'efficacité des instruments choisis, il serait primordial de privilégier ceux qui sont flexibles tout en gardant à l'esprit que l'un des points faibles de cette flexibilité est le risque qu'elle pourrait faire porter sur les émetteurs et sur les innovateurs potentiels si bien qu'investir dans des technologies vertes pourrait s'avérer risqué et conduire à une réduction des incitations.

De plus, cette flexibilité qui conduirait l'État à ne pas s'engager sur le long terme pour rassurer les agents économiques, et à renoncer à adopter des outils comme le tarif garanti en optant pour une durée fixe des contrats, peut être perçue comme une faiblesse de sa part. On est donc placé ici devant le dilemme « crédibilité-flexibilité ». En effet, d'un côté, les États, pour être crédibles, sont invités à opter pour des outils rigides sur le long terme. Mais, d'un autre côté, quelle crédibilité peut-on accorder à une politique énergétique totalement rigide basée sur l'hypothèse d'un accord mondial en faveur du climat, alors qu'un tel accord est très incertain surtout si les autres pays se comportent en « passager clandestin » en ne respectant pas les efforts de réduction des émissions ? L'incohérence intertemporelle des choix politiques risque donc de peser très fortement sur la transition énergétique.

En définitive et quel que soit l'instrument de soutien privilégié en faveur des nouvelles énergies, il apparaît essentiel pour les acteurs économiques que l'État doit mettre fin aux à-coups réglementaires et fiscaux qui découragent l'investissement de long terme. La continuité et la prévisibilité sont ainsi souvent plus importantes que « l'optimalité » des niveaux de soutien.

Dans cette perspective, les bons dispositifs sont ceux qui, certes, limitent l'incertitude et minimisent les risques mais dans le cadre d'une politique de soutien globale, efficace, lisible et cohérente aux yeux des acteurs économiques.

Références bibliographiques

- AFSSET. (2009). *Pollution par les particules dans l'air ambiant*, Avis de l'AFSSET, rapport d'expertise collective, mars.
- Bollen, J.; Guay, B, Jamet, S, Corfee-Morlot J. (2009). Co-Benefits of Climate Change Mitigation Policies : Literature Review and New Results, *Documents de travail du Département des affaires économiques de l'OCDE*, n° 693, Paris : OCDE.
- CGSP. (2013). *Évaluation socio-économique des investissements publics*, rapport Commissariat général à la stratégie et à la prospective, septembre.
- CGSP. (2014). *La crise du système électrique européen*, rapport Commissariat général à la stratégie et à la prospective, janvier.
- CAE. (2009). *Politique climatique : une nouvelle architecture internationale*, rapport du Conseil d'Analyse économique.
- CEDD. (2013). *La croissance verte. Principes et instruments de politique économique : 2009-2013*, Cinq ans de Conseil économique pour le développement durable.
- Cour Des Comptes. (2013). *La politique de développement des énergies renouvelables*, rapport thématique, juillet.
- CRE. (2014). *Coûts et rentabilité des énergies renouvelables en France métropolitaine*, rapport de la Commission de régulation de l'énergie, avril.
- GIEC. (2008). *Changements climatiques 2007*, 4^e rapport, août.
- GIEC. (2014). *Changements climatiques 2014 : Impacts, vulnérabilité et adaptation*, 5^e rapport, avril.
- Gillingham, K, Newell R, Palmer, K. (2009). Energy Efficiency economics and policy, *Annual Review of Resource Economics*, n° 1, pp. 597-619.
- Giraudet, L.-G. (2011). Les instruments économiques de maîtrise de l'énergie : une évaluation multidimensionnelle. *Economies and Finances*, université Paris-Est.
- Gollier, C. (2010). Vers l'éclatement de la bulle verte ? Un avantage exorbitant pour le solaire, *Le Monde*, 27 janvier.
- Institut Montaigne. (2008). *Éoliennes : nouveau souffle ou vent de folie ?* Juillet.
- Jaffe, A.B, Stavins, R.N. (1994). The energy paradox and the diffusion of conservation technology, *Resource and Energy Economics*, n° 16(2), pp. 91-122.
- Kahneman, D, Tversky A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk, *Econometrica*, n° 47(2), pp. 263-292.
- Murtin, F. ; De Serres, A. (2011). *A Welfare Analysis of Climate Change Mitigation Policies*, OECD Economics Department Working Papers, n° 908, OECD Publishing.
- Nordhaus W. (2008). *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*, New Haven et Londres: Yale University Press.
- OCDE. (2011). *Vers une croissance verte*, Paris : OCDE.
- Simon, H.A. (1959). Theories of decision-making in economics and behavioural science, *American Economic Review*, n° 49(3), pp. 253-283.
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.
- Quirion, P. (2004). *Les certificats blancs face aux autres instruments de politique publique pour les économies d'énergie : bilan de la littérature économique et priorités de recherche*, Rapport pour l'Institut français de l'énergie.
- Weitzman, M.L. (1974). Prices vs. Quantities, *Review of Economic Studies*, vol. 41, n° 4, pp. 477-491.