

LE FINANCEMENT DE LA CROISSANCE VERTE

*Richard BARON
Alain QUINET et Didier JANJI
Christian GOLLIER
Dominique BUREAU
Christian de PERTHUIS et Boris SOLIER
Patricia CRIFO
Henri LAMOTTE, Marie-Laure GUILLERMINET,
Timothée OLLIVIER et Xavier BONNET
Renaud CRASSOUS
Philippe ROSIER*



Avant - propos

Les plans de relance mis en œuvre par les gouvernements après la crise économique et financière de 2007 ont accordé une priorité marquée aux projets d'investissements s'inscrivant dans la perspective de la « croissance verte ». Cette orientation a été particulièrement forte dans notre pays avec le Grenelle de l'environnement, qui fixe un cadre d'ensemble pour protéger l'environnement et garantir une compétitivité durable. Les investissements nécessaires sont de plusieurs ordres : un effort de recherche et d'innovation pour faire émerger de nouvelles technologies et de nouveaux modèles économiques, permettant notamment d'économiser de l'énergie et de réduire les émissions de carbone ; une adaptation des stocks de capital productif et immobilier existants ; le déploiement de nouveaux réseaux d'infrastructures.

Leur réalisation se présente aujourd'hui sous un jour moins favorable, non seulement parce qu'il est toujours difficile de maintenir au niveau souhaitable la conscience des enjeux de long terme, mais plus spécifiquement, parce que, de manière générale, les plans de relance ont fortement dégradé les Finances Publiques. Ainsi, la crise économique a accentué les difficultés : l'environnement économique est plus incertain, l'aversion au risque est plus importante, et les dettes publiques atteignent des niveaux historiquement élevés pour un temps de paix. Cette configuration pourrait donc compromettre l'opportunité de faire du développement durable le vecteur d'une nouvelle croissance, si les contraintes de financement pèsent exagérément, au détriment de notre croissance et compétitivités futures.

La question du financement, qui constitue de manière générale, un élément incontournable de toute stratégie de croissance verte apparaît donc encore plus cruciale. Ce rapport, établi en mobilisant la diversité des compétences du Conseil économique pour le développement durable, vise à en préciser les termes, avec le souci particulier d'articuler la discussion des problèmes de financement, avec l'économie globale des investissements et politiques concernés. Il ne s'agit donc pas d'évaluer au cas par cas les différents dispositifs de financement mis en place depuis le Grenelle (crédits d'impôts, éco-prêts, Fonds démonstrateurs...) mais plutôt de donner une vision d'ensemble, précisant notamment les conditions de mobilisation du secteur privé pour sa réalisation d'une part, et le rôle de l'Etat d'autre part. Les politiques et projets visant l'innovation ou les filières vertes font l'objet d'un examen approfondi, car c'est l'élément le plus délicat, notamment dans la conjugaison d'efforts à opérer entre le public et le privé.

Au delà des nuances d'appréciation qui sont naturelles sur un sujet aussi complexe, l'ensemble des contributions identifie trois « piliers » pour le financement d'une croissance saine et durable :

- *le rôle des prix écologiques*
- *l'efficacité et la lisibilité des interventions et régulations publiques*
- *l'accès au financement pour les projets d'infrastructures, et surtout l'innovation.*

Le financement de la croissance verte

Synthèse

La mobilisation du secteur privé : rentabilité des projets, prix écologiques, et instruments de financement

La question du financement a pour préalable l'analyse, sur le plan économique, des scénarios d'investissements en cause. Celle-ci demeure plus ou moins approfondie selon les domaines (climat, biodiversité, gestion des déchets...). Les perspectives économiques de l'énergie 2010 établies par l'Agence internationale de l'énergie fournissent un bon cadrage pour ce qui concerne la transition énergétique, dont rend compte la contribution de Richard Baron.

La nécessité d'une révolution énergétique pour sauvegarder le climat et assurer la sécurité énergétique est rappelée, car, sans action forte, les émissions de CO₂ doubleraient d'ici 2050. Les scénarios de réduction compatibles avec un réchauffement contenu à 2.4 /2.8 °C recourent à la gamme complète des technologies connues, et nécessitent une ré-allocation drastique des investissements, des combustibles fossiles vers les technologies propres. Si l'évolution récente des investissements propres apparaît encourageante à cet égard, leur multiplication par 4 ou 5 demeure nécessaire d'ici 2030. Globalement le coût semble cependant maîtrisable, les économies sur l'énergie étant supérieures à l'investissement additionnel, pour des scénarios établis avec un prix du CO₂ passant de 50 USD/tCO₂ en 2020 à 175 en 2050.

Le problème de financement peut alors être qualifié comme un problème d'externalité. Comme le souligne Christian Gollier, verdir la croissance est un impératif de bien-être intergénérationnel ; mais beaucoup d'investissements écologiques créateurs de valeur ne bénéficieraient pas assez à leurs promoteurs pour être finançables sans intervention. Pour autant, ceci ne signifie pas qu'ils doivent être réalisés par le secteur public. Philippe Rosier, dans son commentaire, insiste sur le fait que la croissance verte nécessite des « entrepreneurs ». Les industriels répondent d'ailleurs présents avec de nombreux projets, de produits économes en ressources d'efficacité énergétique, de réduction des GES, dans les énergies renouvelables...

Ceux-ci ne prendront cependant leur essor : que si un signal-prix approprié, établi dans la durée par les régulations publiques, en favorise la rentabilité privée ; et que si les conditions pour attirer les investisseurs sur des projets longs et risqués sont propices.

En effet, comme le rappellent Alain Quinet et Didier Janci, le financement de ces investissements se heurte à plusieurs difficultés structurelles :

- les marchés sont incomplets. L'absence des générations futures, principales concernées par le changement climatique et l'épuisement des ressources, qui empêche le partage des coûts et des bénéfices entre générations, est une donnée fondamentale du bouclage du financement de la croissance verte. Du fait de cette incomplétude intertemporelle, les marchés ne permettent pas une allocation efficace des risques entre générations, ce qui pose un véritable problème en termes d'équité sociale comme d'anticipation des risques ;

- les marchés financiers sont imparfaits, rendant difficiles à financer les projets de long terme et risqués ;
- le fort degré d'incertitudes (environnementales, économiques, réglementaires) soulève des difficultés de valorisation du risque qui complique les choix d'investissements ;
- les Etats sont sous forte contrainte budgétaire.

Quatre conditions s'en déduisent : la vérité des prix écologiques ; l'implication des investisseurs de long terme ; le développement des supports pour mobiliser l'épargne vers ce type de projets ; et un bon partage des risques entre public et privé. Ce partage public-privé peut prendre plusieurs formes : couverture partielle de l'Etat du risque « projet » dans le cadre de contrats de partenariat pour les grands projets d'infrastructures ; mutualisation du risque de projets par des co-investissements en fonds propres pour le développement de l'innovation ; garanties accordées par l'Etat aux emprunts pour apporter des fonds propres et des prêts à long terme aux entreprises en phase de démarrage (modèle du SBIC américain).

Christian Gollier montre aussi que certains épargnants sont prêts à sacrifier une partie de la rentabilité financière contre une rentabilité « extra-financière ». L'Etat doit donc favoriser le mouvement vers « l'investissement socialement responsable », mais en sachant que sa surperformance ne peut être que temporaire. Un élément-clé de son essor réside alors dans la qualité des instruments d'évaluation, notamment au niveau des agences de notation, pour laquelle il propose une méthodologie fondée sur l'explicitation des valeurs associées aux dimensions extra-financières des projets.

Le rôle des Etats et la contrainte budgétaire

Dans un contexte de restauration nécessaire des Finances Publiques, la priorité budgétaire accordée à la croissance verte est inévitablement questionnée. Dans cette perspective, la contribution de Dominique Bureau revient sur le « timing » de ces investissements. Celle-ci souligne qu'une forte ré-allocation du capital au moment où l'on prend conscience des contraintes énergétiques et climatiques est souhaitable, ce qui invalide toute idée « d'étalement » en soi : l'ajustement budgétaire doit préserver les dépenses d'avenir.

A cet égard, l'analyse converge avec celle du récent rapport du CAE sur le prix du pétrole, qui plaide pour une politique déterminée d'ajustement de l'offre face à un type d'énergie appelé à être plus cher, la réduction de la dépendance au pétrole de notre économie constituant un axe fondamental de notre politique économique.

Le poids budgétaire de cette politique peut cependant être contenu, si l'on cherche d'abord à verdir la croissance par le secteur privé. L'Etat demeure alors concerné, mais en premier lieu par son rôle de régulateur. De plus, il a intérêt à privilégier les régulations de marché fondées sur un signal-prix commun (éco-taxes ou marchés de permis), qui permettent de coordonner efficacement les choix des acteurs, là où les politiques réglementaires de type « command and control » génèrent des surcoûts souvent considérables, et appellent inévitablement ensuite des concours publics pour en limiter le fardeau pour les acteurs directement touchés.

Christian de Perthuis observe aussi que les prix du carbone existant actuellement fournissent, malgré leurs limites, déjà des ressources financières sans équivalent dans le cadre des mécanismes de projets. L'engouement actuel pour les mécanismes de type REDD+ lui semble excessif compte tenu des difficultés inévitables que rencontrera leur mise en œuvre. Au

contraire, le pessimisme actuel sur l'élargissement des marchés de quotas lui apparaît exagéré. Dans le même esprit, Philippe Rosier insiste sur le besoin de visibilité sur l'évolution des mécanismes de projets.

Si l'instauration du signal-prix constitue un élément incontournable pour établir la croissance verte, des besoins de financement budgétaires persisteront, en matière d'infrastructures, de recherche, de moyens d'information et de surveillance... Il ne faut pas surestimer la possibilité de lever les contraintes en ce domaine par l'affectation des recettes venant de l'éco-fiscalité ou des mises aux enchères de quotas. En effet, non seulement cela se heurte au principe d'unité budgétaire, qui est nécessairement réaffirmé avec force quand il faut ré-examiner les priorités budgétaires, mais il ne faut pas ignorer non plus qu'une part de celles-ci (ou des permis gratuits) doit être utilisée pour assurer l'acceptabilité des dispositifs. Cette remarque ne remet pas en cause pour autant l'idée que le développement de la fiscalité environnementale devrait constituer un élément structurant de toute modernisation de notre fiscalité, et qu'il convient d'accorder une place appropriée à ces investissements d'avenir au sein des priorités budgétaires.

Toutefois, la mise au diapason budgétaire de la croissance verte nécessite aussi un effort systématique d'évaluation des projets et des interventions publiques, car toutes leurs composantes n'ont pas la même efficacité, et par là le même degré de priorité. Ecarter l'idée d'étalement systématique des programmes n'empêche pas qu'il faut être sélectif. Il importe d'autant plus d'anticiper cette optimisation que les inefficacités des politiques publiques se voient plus en temps de crise.

Surtout, l'incertitude et la volatilité des politiques en réduisent drastiquement l'efficacité, car le risque réglementaire détourne les investisseurs. Le risque à écarter est donc celui d'avoir à subir des ajustements brutaux sur des politiques d'aides pourtant utiles dans leur principe, mais perçues seulement comme des niches fiscales dont le fardeau budgétaire est excessif parce que les dispositifs n'ont pas été bien conçus.

Le financement de la recherche et de l'innovation vertes

La question du financement se pose avec une acuité particulière à propos des subventions à l'innovation. Certes, l'établissement de prix écologiques est un élément déterminant, pour déclencher les investissements dont la rentabilité dépend de la rémunération relative future anticipée des technologies propres par rapport aux produits actuels. Il faut cependant compter avec la difficulté d'établir ces prix, et avec les spécificités de projets particulièrement risqués, qui nécessitent souvent une intervention publique plus directe.

De manière plus précise, Patricia Crifo rappelle qu'il faut considérer à la fois les externalités environnementales et les externalités technologiques. En effet les bénéfices des innovations en phase d'invention sont souvent publics, et il faut prendre en compte les effets d'apprentissage auxquels fait face la phase de diffusion. Ainsi, les incitations à innover venant du marché sont insuffisantes, et l'on manque d'utilisateurs précoces.

Des subventions sont donc nécessaires pour corriger ces imperfections des marchés, mais elles n'ont pas vocation à être permanentes. En revanche, il est intéressant de les mettre en place tôt, l'écart entre les technologies polluantes et propres devenant souvent plus difficile à combler avec le temps. Par ailleurs, ces subventions doivent être différenciées en fonction des économies attendues, qui sont en effet variables selon les types de technologies, et peuvent

justifier à ce titre (si l'on se réfère aux courbes d'apprentissage passées) un taux plus élevé pour la photovoltaïque que pour l'éolien et la biomasse. Il faut aussi anticiper les besoins en capital humain et l'évolution du travail, sans quoi l'inélasticité de l'offre de compétences appropriées se transmet dans les prix.

S'agissant d'investissements longs et innovants, Philippe Rosier souligne : l'importance de la visibilité et la confiance dans le cadre réglementaire qui supporte la rentabilité de l'investissement ; l'importance des phases de « de-risking » (R&D, démonstrateurs) ; et la nécessité de trouver le bon profil d'investisseur, à chaque phase du projet (capital-risque en phase amont, épargne et dette en phase aval).

Symétriquement, l'intervention publique doit être adaptée à la maturité des technologies, Renaud Crassous et Christian Gollier insistant, s'agissant des technologies encore loin de la maturité, sur la nécessité de « penser R&D », c'est à dire capacité des laboratoires et soutien non-discrétionnaire, et non implémentation.

La contribution de Henri Lamotte et al. sur les énergies renouvelables illustre ces enjeux en montrant les inconvénients de prix d'achat, subventions ou défiscalisation, fondés sur des logiques de déploiement de technologies non matures, et sur des calculs de rémunération « compensatoire » qui gomme tout signal-prix, là où un dispositif efficace distinguerait : les subventions à la R&D ; la rémunération du carbone évité, sur la base d'un prix du carbone commun à l'ensemble de l'économie (avec ici des niveaux qui devraient correspondre à l'écart entre la valeur tutélaire du carbone et le prix de marché des quotas) ; et la rémunération, progressivement réduite, des externalités d'apprentissage.

Ces éléments peuvent être objectivés. Une remise à plat anticipée de ces mécanismes avec une vision d'ensemble, pour y appliquer ces principes, et ainsi les asseoir dans la durée grâce à un cadre stable, semble donc souhaitable. A cet égard, il faut d'ailleurs souligner qu'une révision à la baisse de certains prix d'achat ne doit pas impliquer automatiquement un ajustement équivalent sur l'effort de R&D, un renforcement de celui-ci pouvant même se justifier pour les technologies prometteuses ou stratégiques.

Les deux autres points d'attention qui émergent de cette revue concernent les besoins en Fonds propres pour l'innovation d'un côté, et la qualité de la gouvernance publique nécessaire à la pleine réussite des « programmes d'investissements d'avenir ».

SOMMAIRE

Quels investissements pour un système énergétique global à faible contenu en carbone ? <i>Richard BARON</i>	p 9
Investissements de long terme et financement de la croissance verte. <i>Didier JANCI et Alain QUINET</i>	p 19
Finance durable et investissement responsable. <i>Christian GOLLIER</i>	p 35
<i>Complément : L'investissement socialement responsable en France, état des lieux et perspectives. Patricia CRIFO</i>	
La mutation énergétique face aux contraintes budgétaires. <i>Dominique BUREAU</i>	p 51
Le prix du carbone, catalyseur d'une nouvelle croissance. <i>Christian de PERTHUIS et Boris SOLIER</i>	p 63
Les politiques environnementales et technologiques au service de l'innovation de la croissance vertes. <i>Patricia CRIFO</i>	p 75
Vers un cadre de soutien stable et efficace pour les énergies renouvelables. <i>Marie-Laure GUILLERMINET, Henri LAMOTTE, Timothée OLLIVIER, et Xavier BONNET</i>	P 91
COMMENTAIRES :	
<i>Renaud CRASSOUS</i>	p 111
<i>Philippe ROSIER</i>	p 117

Quels investissements pour un système énergétique global à faible contenu en carbone ?

Richard BARON¹

Les Perspectives des technologies énergétiques de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE, 2010) présentent un nouveau scénario énergétique visant à répondre à une contrainte globale forte sur les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) du secteur de l'énergie. L'objectif climatique fixé par les chefs d'état réunis à Copenhague est celui d'une augmentation maximale de la température moyenne globale de 2 degrés Celsius. Les projections énergétiques de l'AIE s'en tiennent à un objectif simple d'une division par deux des émissions globales d'ici 2050 à partir de leur niveau de l'année 2005 ; les scénarios présentés dans le rapport du GIEC situent cette projection dans la fourchette d'augmentation de température de 2.4 à 2.8 degrés Celsius (IPCC, 2007). Les projections de l'AIE n'incluent pas les gaz autres que le CO₂ ainsi que les émissions hors-énergie (en particulier celles provenant des changements de l'utilisation des sols et de la forêt), où d'importantes potentiels de réduction sont également disponibles.

Le scénario de division par deux des émissions à l'horizon 2050, baptisé BLUE Map, implique une transformation radicale de l'approvisionnement et de la consommation d'énergie qui, si elle présente de nombreux avantages outre ceux liés au climat (sécurité d'approvisionnement, qualité de l'air), nécessite des montants d'investissement supérieurs à ceux d'un scénario ignorant la contrainte carbone.

Il s'agit ici d'illustrer l'ampleur des changements pour minimiser le risque climatique, et d'éclairer les enjeux en termes d'investissements et de gains économiques espérés. Une précision méthodologique s'impose : l'approche de l'AIE dans ces travaux est plus comptable que macro-économique. Les projections reposent sur des hypothèses de croissance du PIB par région, hypothèses qui sont maintenues dans le scénario Blue MAP. Il n'est pas tenu compte, par exemple, du recyclage d'une taxe possible sur les émissions de CO₂, ni de l'effet sur la croissance du redéploiement de l'investissement que ce scénario alternatif demande.

1 - Les enjeux énergétiques d'une croissance décarbonée

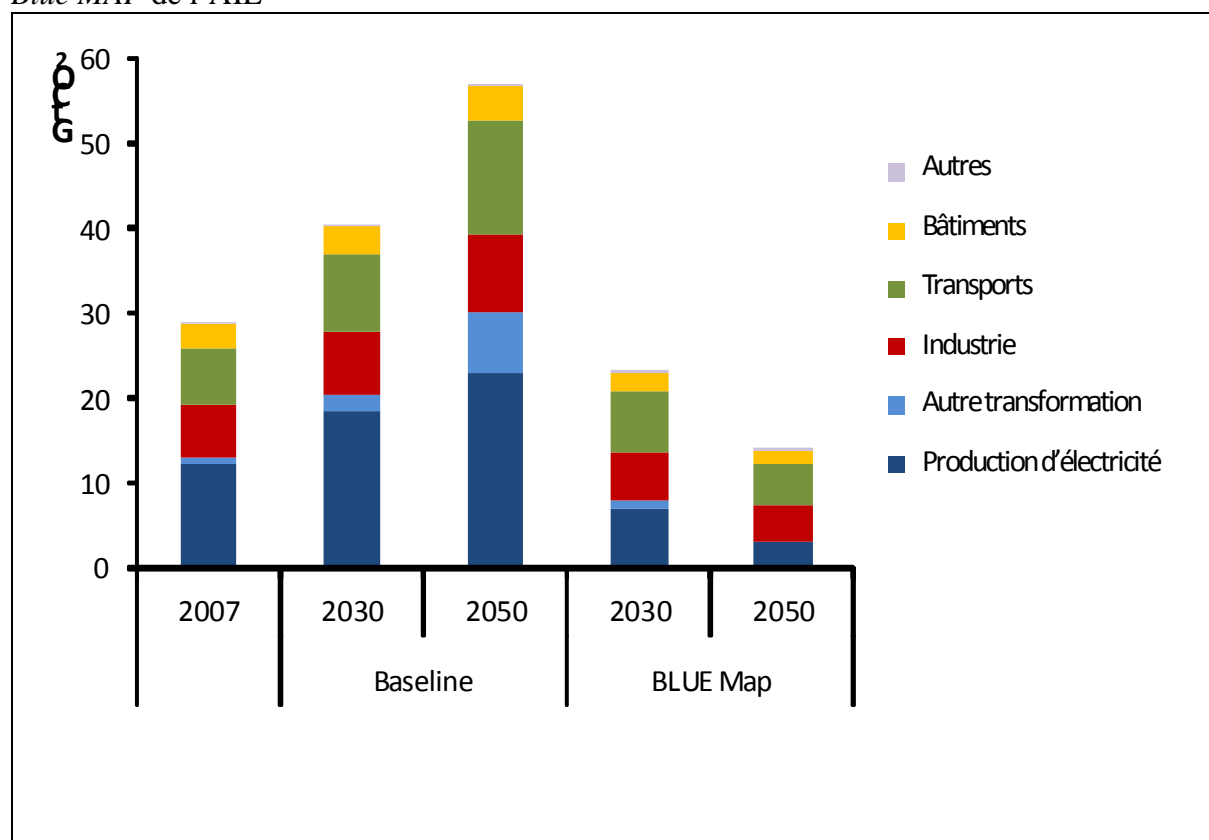
Les perspectives technologiques de l'AIE mettent en avant deux futurs énergétiques très distincts du point de vue de l'action politique contre l'augmentation de l'effet de serre. Dans le premier (scénario *Baseline*), aucune action de politique énergétique spécifique n'est prise au-

¹ Unité Changement Climatique, Agence Internationale de l'Énergie

delà de celles adoptées à ce jour. Il en résulte une croissance très forte des émissions de CO₂ d'origine fossile, une croissance du prix du pétrole atteignant une moyenne de 120 dollars par baril en 2050 (dollars de l'année 2008), un niveau suffisant pour substituer des ressources non-conventionnelles, dont la production est intensive en CO₂, au pétrole conventionnel. Si l'on ne peut pas exclure des tensions sur les marchés du pétrole au long d'une telle évolution, les schistes bitumineux et la liquéfaction du charbon, par exemple, permettraient de subvenir aux besoins énergétique croissants d'une population mondiale, même peu regardante sur la maîtrise de l'énergie. Le pendant climatique de ce scénario est catastrophique, avec un doublement des émissions par rapport à leur niveau actuel (57 GtCO₂ contre 28 GtCO₂). Cette trajectoire d'émissions se situe parmi les scénarios les plus élevés du GIEC, avec une fourchette d'augmentation de la température globale moyenne de 4.9-6.1 degrés Celsius.

Le second scénario baptisé *Blue MAP* fait l'hypothèse inverse, à savoir celle d'une action globale et coordonnée de réduction des émissions de CO₂ d'origine énergétique. Il envisage pour cela la pénétration d'un large éventail de technologies qui sont soit connues et disponibles aujourd'hui, soit en phase active de développement et de démonstration. Ce scénario ne minimise pas pour autant les très gros efforts de recherche, développement et démonstration (RD&D) à mener pour garantir la viabilité technique de ces filières (en particulier la récupération et le stockage de CO₂, le véhicule électrique ou encore la pile à combustible). Selon ce scénario, il est techniquement possible, moyennant les politiques et mesures appropriées, de ramener les émissions globales à la moitié de leur niveau actuel en 2050, soit 14 GtCO₂.

Graphique 1 - Répartitions sectorielles des émissions de CO₂ dans les scénarios *Baseline* et *Blue MAP* de l'AIE



Source : AIE, 2010

Le graphique 1 présente le profil sectoriel des émissions dans les deux scénarios. Il montre bien le poids considérable que ferait peser la production de carburants à partir de ressources non-conventionnelles à l'horizon 2050 (voir le secteur « Autre transformation » dans le scénario *Baseline*). Les économies de carburant réalisées dans le scénario *Blue MAP* réduisent énormément ces besoins. Autre fait marquant, la forte décroissance de la contribution de la production électrique. Cette évolution masque deux tendances lourdes de ce scénario faiblement émetteur de CO₂ :

- une décarbonation de la génération d'électricité qui se produit idéalement grâce à une panoplie de technologies connues (nucléaire, hydraulique, éolien, solaire photovoltaïque ou à concentration) ou en phase de test (récupération, transport et stockage du carbone) ;
- une électrification d'un certain nombre d'usages, dont l'aspect le plus frappant est sans doute la pénétration du véhicule électrique et du véhicule hybride rechargeable. Ces deux seules catégories représenteraient plus de 100 millions des 180 millions de véhicules vendus annuellement en 2050. L'électrification pourrait également jouer un rôle important dans l'industrie.

S'agissant de la décarbonation du secteur électrique, on notera la publication récente de deux autres études abondant dans ce même sens : *Power Choices*, de la fédération des producteurs d'électricité Eurelectric (2010), qui envisage de ramener les émissions de ce secteur à quelque 128 MtCO₂ d'ici 2050 en Europe, et *Roadmap 2050*, de l'European Climate Foundation (2010), qui envisage un système électrique européen s'appuyant jusqu'à 80% sur des technologies renouvelables, couplées à des mécanismes avancés de gestion de la demande et à une augmentation très importante des capacités de transmission du réseau électrique européen.

Un des autres points communs de ces projections est la prépondérance donnée à l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les utilisations finales de l'énergie. L'analyse détaillée des besoins futurs pour l'ensemble des régions du monde, mobilisées pour la réduction des émissions de CO₂, fait apparaître un large potentiel d'économies d'énergies. Pour l'AIE, celles-ci représentent 38% de la distance à parcourir pour ramener les émissions globales de leur niveau de référence à la moitié du niveau actuel en 2050. Pour le reste, la récupération et le stockage du CO₂ couvriraient 19% des réductions, les énergies renouvelables 17%, le nucléaire 6% ; la substitution entre combustibles et l'efficacité dans la production électrique fourniraient les 20% restant.

Ces changements radicaux, cette révolution énergétique, résultent d'un ensemble ambitieux de politiques et mesures :

- tout d'abord, un prix est appliqué au CO₂, de 50, 110, et 175 dollars par tonne de CO₂ en 2020, 2030 et 2050, respectivement² ;
- des politiques ciblées visant à l'amélioration de la performance énergétique accompagnent cette augmentation des prix des énergies fossiles. Ces politiques visent principalement à répondre aux barrières à une utilisation rationnelle de l'énergie, dont l'exemple le plus parlant est la configuration de type locataire-propriétaire (un

² Dollars de l'année 2008.

propriétaire n'aura que peu d'intérêt à investir dans un logement efficace s'il n'en perçoit pas les bénéfices, le locataire s'acquittant des factures d'énergie),

- un soutien à la recherche, au développement, à la démonstration et au déploiement des technologies d'offre et de demande hautement efficaces et à faible niveau d'émission (renouvelables dans l'électricité, véhicule électrique, récupération et stockage du CO₂, dans l'industrie et dans l'électricité...).

Ainsi, si le rôle du prix du carbone est primordial, le scénario *Blue MAP* compte également sur des politiques visant à faire baisser le coût des technologies appelées à se substituer aux combustibles fossiles, une démarche qui rappelle le scénario testé dans les travaux plus théoriques d'Acemoglu et al. (2009 ; voir la contribution de P. Crifo dans ce volume).

La forte inflexion de la demande de combustibles fossiles dans le scénario *Blue MAP* entraîne une baisse du prix du pétrole sur le marché international par rapport à son niveau dans le scénario *Baseline*, de 120 à 70 dollars le baril en 2050. Le prix rendu aux consommateurs, prix du carbone compris, reste naturellement supérieur dans le scénario décarboné, à 143 dollars par baril équivalent. Ces données sont importantes pour l'évaluation des gains économiques du scénario *Blue MAP* par rapport au scénario *Baseline*, comme nous le verrons ci-après.

2 - Quels besoins d'investissements, dans quels secteurs ?

Electricité renouvelable et nucléaire, récupération et stockage du CO₂, véhicules hybrides rechargeables et électriques, bâtiments à énergie positive, la liste des innovations nécessaires pour arriver à diviser par deux les émissions globales de CO₂ nous donne une indication des transformations à opérer d'ici 2050. Le prix du carbone pour y parvenir est également un indicateur de ces efforts. Les projections de l'AIE à l'horizon 2050 fournissent un autre indicateur de cette transformation, avec le montant des investissements supplémentaires à consentir pour décarboner nos économies.

Le scénario *Baseline*, à fort contenu en CO₂, repose sur un investissement total de 270 *billions* de dollars (270,000 milliards) dans le secteur de la production, des infrastructures et des équipements consommateurs d'énergie, véhicules de transport compris. En revanche, les bâtiments sont exclus de ce montant ; seules les dépenses nécessaires à l'amélioration de leur performance thermique sont chiffrées dans le scénario *Blue MAP*. Le montant de ces investissements, aussi astronomique qu'il puisse paraître, est à mettre en regard des montants totaux consentis pour la fourniture des services énergétiques (chaleur, lumière, électricité spécifique, mobilité). Ainsi, les dépenses totales dans le secteur des transports, équipements et carburants, totalisent près de 400 *billions* de dollars sur la période 2010-2050 (dollars de l'année 2008).

Le scénario *Blue MAP*, s'il est plus économe en énergie fossile, est fortement consommateur de capital. Son surcoût d'investissement est estimé à 46 *billions* de dollars, en hausse de 17% par rapport au scénario *Baseline* de laissez-faire énergétique. Selon les scénarios de l'AIE, la majeure partie de l'investissement supplémentaire se retrouve dans le secteur des transports. Pour 60%, ces dépenses concernent les véhicules personnels, contre 27% pour les bus et camions, et 13% pour les autres transports terrestres, l'aviation et le transport maritime.

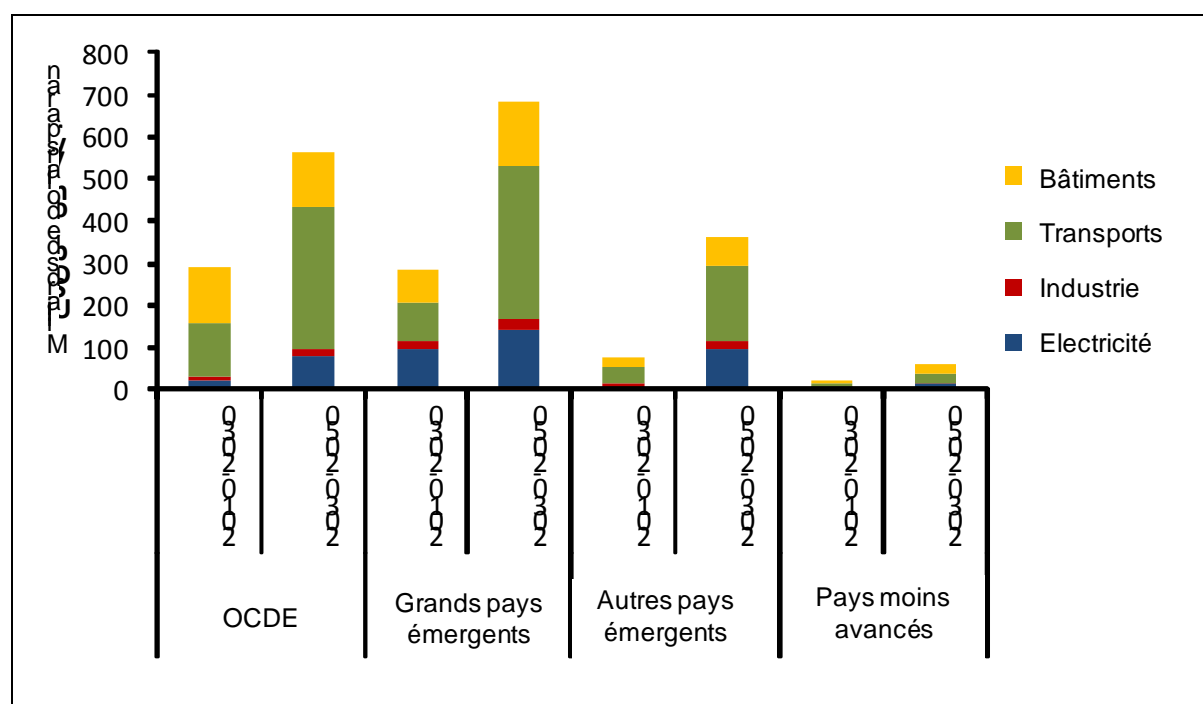
Ces investissements supplémentaires, mobilisés par un prix du carbone croissant et par des politiques de maîtrise de l'énergie et de soutien aux technologies en phase de développement,

s'accompagnent d'importantes économies d'énergie, également quantifiées dans ces scénarios. Les gains pour les consommateurs finals sont calculés à partir des prix de l'énergie hors-taxes – celles-ci ne représentant que des transferts au sein des économies en question.³

$$\text{Economies} = (\text{Prix}_{\text{Baseline}} \times \text{Quantités}_{\text{Baseline}}) - (\text{Prix}_{\text{BlueMAP}} \times \text{Quantités}_{\text{BlueMAP}})$$

Sur la période 2010-2050, les économies réalisées, non-actualisées, se chiffrent à 112 billions de dollars, un montant supérieur aux 46 billions d'investissements additionnels. Ceci reste vrai, mais dans une moindre mesure, lorsque l'on applique un taux d'actualisation de 3% ou 10% à la séquence des investissements et des économies d'énergie sur la période 2010-2050.⁴

Graphique 2 - Investissements supplémentaires dans le scénario Blue MAP : montants annuels par secteur



Source : AIE, 2010

Au-delà des gains en termes de changement climatique évité, ces économies d'énergie réalisables dans un scénario à faible contenu en carbone montrent l'intérêt économique d'un choix sobre en énergie fossile. Ce scénario force cependant à s'interroger sur l'incapacité des systèmes économiques actuels à se saisir des potentiels d'économies d'énergie coût-efficaces. Cela souligne l'importance d'instruments politiques, au-delà du prix du carbone, permettant de révéler ces potentiels d'efficacité énergétique. Les barrières et échecs de marché qui empêchent une utilisation rationnelle de l'énergie sont bien identifiés⁵ et nécessitent une intervention politique soutenue pour faciliter la transition énergétique vers un système décarboné. C'est également une condition pour l'acceptation des technologies d'offre d'énergie qui sont, elles, plus coûteuses pour le consommateur. Avec la maîtrise de l'énergie, il s'agit bien de réduire

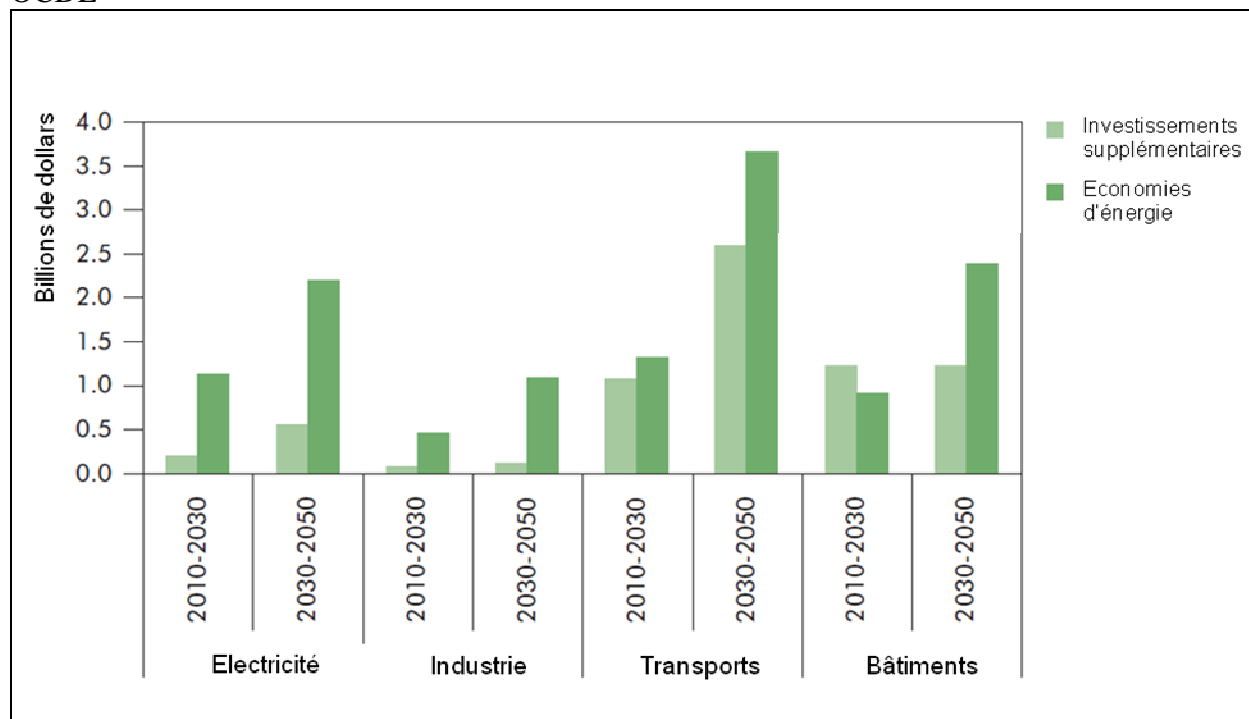
³ Si le prix du carbone était appliqué via une taxe, les revenus de celle-ci se monteraient à 2,45 billions de dollars en 2050.

⁴ Le gain net serait de 8 billions de dollars avec un taux d'actualisation de 10%.

⁵ Voir par exemple AIE (2007) sur les situations de principal-agent dans différents usages de l'énergie.

l'exposition du système économique à l'augmentation du prix unitaire des énergies finales, une fois celles-ci décarbonées.

Graphique 3 : Investissements supplémentaires et économies d'énergie pour la région Europe-OCDE



Source : AIE, 2010

Si le scénario *Blue MAP*, dans les conditions de politiques idéales avancées par l'AIE, permet de rentabiliser l'investissement de décarbonation du système énergétique, le détail sectoriel des changements en jeu témoigne d'une rentabilité très variable d'un secteur à l'autre. Dans le cas de l'Europe (graphique 3), la réduction des émissions dans le bâtiment s'avère coûteuse à moyen-terme, parce qu'elle implique la rénovation du parc existant, justifiée par ailleurs par l'introduction d'un prix croissant du carbone. En revanche, le parc neuf bénéficie de technologies qui, une fois déployées à très grande échelle, sont tout à fait compétitives avec les pratiques moins efficaces du scénario *Baseline*.

Au final, le scénario *Blue MAP* repose sur un besoin annuel de financement des technologies propres, tous secteurs confondus, de 750 milliards de dollars en 2030 et de 1.6 billions en 2050. Comment ces besoins se mesurent-ils aux investissements actuels ?

3 - Que disent les tendances récentes des investissements énergétiques propres ?

Mesurer l'investissement dans les technologies propres, pour le comparer aux investissements additionnels mentionnés ci-dessus, n'est pas chose aisée. Il n'existe pas de données sur les dépenses régionales ou globales d'isolation des bâtiments, sur le surcoût des véhicules hybrides, voire sur celui lié à des équipements électriques plus économes en énergie...⁶

⁶ En l'occurrence, Ellis (2007) montre dans une étude de cas comment l'introduction planifiée de normes de performance énergétique sur les réfrigérateurs et les équipements de climatisation ne s'est pas accompagnée d'une augmentation du prix des équipements, mais au contraire d'une baisse.

Comment prendre en compte les dépenses de la filière électro-nucléaire à l'échelle globale, et dans quelle mesure seraient elles additionnelles à la tendance dans un scénario de laissez-faire ?

Les données actuelles sont par conséquent parcellaires, mais sont raisonnablement encourageantes. Bloomberg New Energy Finance (BNEF, 2010) répertorie, entre autre, les investissements en capital risque, les dépenses de recherche et développement publiques et privées, et les augmentations de capital qui concernent les technologies propres depuis 2001. Ces investissements recouvrent uniquement les activités dans les énergies renouvelables (biocarburants et petite hydraulique inclus) et la maîtrise de l'énergie. Ceux-ci ont cru de manière spectaculaire, de 11.6 à 173 milliards de dollars de 2001 à 2008. L'année 2009 a enregistré un léger retrait du fait de la crise financière, mais cette évolution cache une croissance continue des investissements de la région Asie et Océanie, qui passent de 30 milliards de dollars en 2008 à 40 milliards en 2009, et dépasseront sans doute l'Europe, jusqu'alors en tête des régions dans les investissements propres, avec 43 milliards de dollars en 2009. Une fois inclus les dépenses de la filière nucléaire, de la récupération et stockage du CO₂, des transports et des réseaux électriques, on se situerait aux alentours de 200 milliards de dollars en 2009, d'après l'AIE (2010).

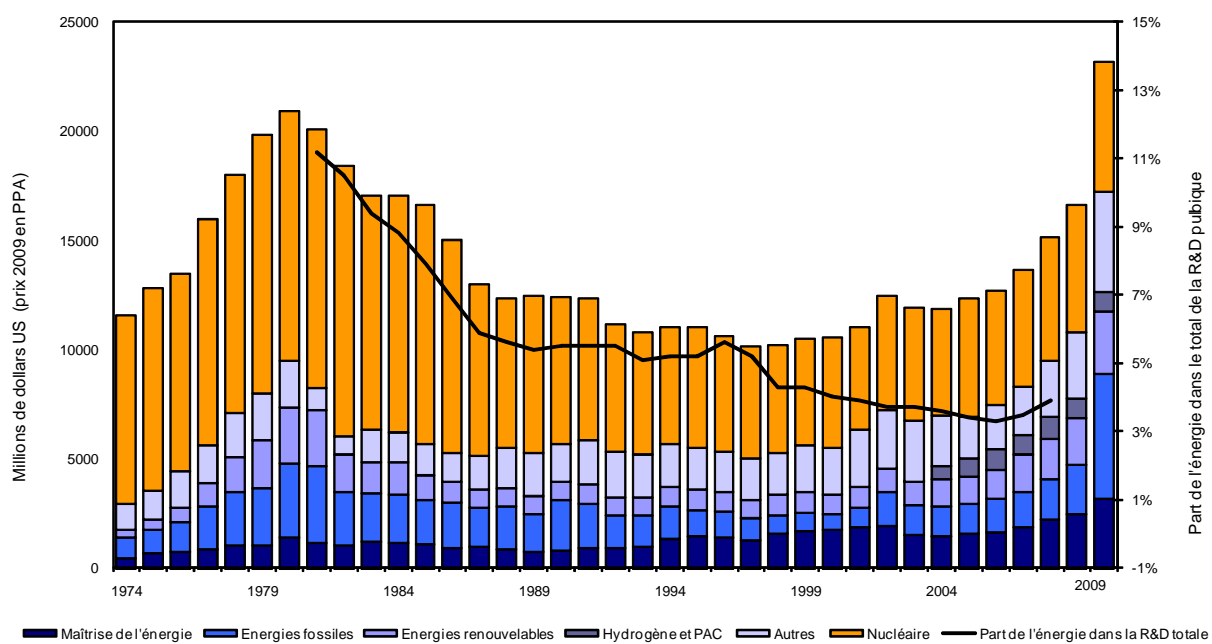
Si nous sommes loin des 750 milliards nécessaires en 2030 pour réaliser le scénario *Blue MAP*, la croissance récente reste spectaculaire. Un des faits marquants de cette croissance est la pénétration significative de l'énergie éolienne à l'échelle mondiale, avec 40 à 60% des investissements répertoriés par BNEF. Le solaire, de son côté, totalise 25 milliards de dollars d'investissement en 2009, contre 3.2 en 2005. On estime que les nouvelles énergies renouvelables représentent 40% des 160 GW de capacité électrique installés en 2008.

Il n'en reste pas moins que le secteur de l'énergie dans son ensemble, et en particulier les énergies fossiles, continuent de mobiliser des ressources financières encore supérieures à celles mises en jeu dans les énergies à faible contenu carbone. En 2008, les cinquante plus grandes entreprises du secteur pétrolier et gazier ont investi 525 milliards de dollars, auxquels on peut ajouter 13 milliards de dollars des grandes entreprises du charbon (IEA, 2009).

Ainsi, l'enjeu du financement d'une croissance sobre en carbone sera dans la réallocation d'investissements des secteurs intensifs en carbone vers les filières propres, et non seulement le soutien au développement de ces dernières. C'est en cela que l'introduction d'un signal économique clair, un prix sur les émissions de CO₂, est primordiale. Il faudra en parallèle poursuivre les efforts de recherche, développement et démonstration des technologies de substitution, qui ne manqueront pas de poser des défis techniques. A ce sujet, les dépenses publiques de RD&D des pays de l'AIE ont pour la première fois en 2009 dépassé leur niveau (réel) de la période des chocs pétroliers, bénéficiant en particulier du substantiel plan de relance de l'administration américaine.

Enfin, l'autre enjeu sera celui de l'organisation de politiques publiques de l'énergie pour faire de la lutte contre le changement climatique un des piliers des décisions futures, avec la sécurité de l'approvisionnement et la croissance du bien-être des populations.

Graphique 4. Dépenses publiques de RD&D des pays membres de l'AIE dans le secteur de l'énergie



Source: Bases de données de l'AIE, données collectées auprès des pays membres en 2010. Les budgets RD&D de la République Tchèque, de la Pologne et de la Slovaquie ne sont pas inclus.

Bibliographie

Acemoglu Daron, Philippe Aghion, Leonardo Bursztyn, David Hemous (2009) : The Environment and Directed Technical Change”. National Bureau of Economic Research. October 14.

AIE (2010) : *Energy technology perspectives 2010 – scenarios and strategies to 2050*. AIE/OCDE, Paris. www.iea.org

AIE (2009) : *World Energy Outlook – 2009 Edition*. AIE/OCDE, Paris. www.iea.org

AIE (2007) : *Mind the gap – Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency*. AIE/OCDE, Paris. www.iea.org

BNEF (Bloomberg New Energy Finance, 2010): Global Trends in Sustainable Energy database, BNEF, London.

Ellis, Mark (2007) : *Experience with energy efficiency regulation for electrical equipment*. IEA Information Paper – in support of the G8 Plan of Action. AIE/OCDE, Paris. www.iea.org

Eurelectric (2010) : *Power Choices – Pathways to Carbon-Neutral Electricity in Europe by 2050*. Bruxelles. www.eurelectric.org

European Climate Foundation (2010): Roadmap 2050 – A practical guide to a prosperous low-carbon Europe. www.europeanclimate.org

IPCC (2007): *Climate Change 2007 – Synthesis Report*. A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO/UNEP, 2007.

Investissements de long terme et financement de la croissance verte

Didier JANCI et Alain QUINET ⁷

La « croissance verte » représente un modèle de croissance plus respectueux de l'environnement, plus sobre en ressources et moins polluant. En France, le Grenelle de l'Environnement a décliné en objectifs chiffrés cette ambition et fixé le cadre d'intervention des politiques publiques.

La transition vers ce nouveau modèle de croissance suppose un vaste effort d'investissements dans plusieurs domaines : l'adaptation du stock d'équipements et de bâtiments existant ; le déploiement de nouveaux réseaux d'infrastructures, notamment dans le domaine de l'énergie et des transports ; un effort de recherche et d'innovation pour faire émerger de nouvelles technologies et de nouveaux modèles économiques.

Tous ces investissements se caractérisent par un temps de retour long et parfois par un degré de risque élevé. Leur financement se heurte donc, par nature, à plusieurs difficultés :

- *les marchés financiers sont incomplets. L'absence des générations futures, principales concernées par le changement climatique et l'épuisement des ressources naturelles, empêche d'organiser sur les marchés un partage des risques et des bénéfices entre générations ;*
- *les marchés financiers sont imparfaits, rendant les projets longs et risqués difficiles à financer ;*
- *le fort degré d'incertitudes - environnementales, économiques, réglementaires - soulève des difficultés de valorisation du risque dans l'évaluation des choix d'investissement publics et privés ;*
- *les Etats ne disposent que de capacités d'action directes limitées car ils sont sous forte contrainte budgétaire.*

⁷ Responsables, respectivement, des études et du développement durable, et des finances, à la Caisse des Dépôts. Ce texte n'engage pas la Caisse des Dépôts.

La crise financière apparue en 2008 a eu pour effet d'accentuer ces difficultés structurelles : l'aversion au risque est plus importante et les dettes publiques atteignent des niveaux historiquement élevés en temps de paix. Cette configuration compromet la capacité de nos économies à financer les investissements longs de la croissance verte.

Cette discordance entre besoins d'investissement et offre d'épargne ne pourra être réduite que si nos sociétés sont capables de définir un nouveau partage des rôles entre Etats et marchés pour le financement des investissements de long terme. Au cours des décennies passées, ce financement a essentiellement, voire exclusivement, reposé sur des financements publics. Or, les investissements qu'il faut entreprendre pour "verdir" la croissance sont structurellement hors de portée des seuls Etats. Aujourd'hui, le risque serait de reporter vers le seul secteur privé le financement des investissements nécessaires. Cette approche "simpliste" déboucherait sur une impasse : les investissements privés seraient spontanément insuffisants pour satisfaire les objectifs ambitieux, en particulier de réduction des émissions de carbone que s'est fixés l'Union Européenne et la France ; les finances publiques, pour leur part, ne seraient que transitoirement soulagées, les loyers publics à verser aux gestionnaires privés d'infrastructures montant progressivement en puissance.

Le financement des investissements de la croissance verte suppose un partage efficace des financements et des risques entre la sphère publique et la sphère privée. Il repose sur quatre grandes conditions.

- *La « vérité des prix écologiques ». L'alignement de la rentabilité financière sur la rentabilité collective des projets d'investissement passe par la valorisation des externalités générées. La tarification européenne des émissions de carbone reste en particulier insuffisante, si bien que de nombreux projets privés de réduction des émissions, justifiés d'un point de vue écologique, ne voient pas le jour car leur rentabilité financière est trop faible. Sans signaux prix appropriés, les efforts de recherche et d'innovation sont trop faibles et trop lents, les investissements privés permettant l'amélioration de la performance énergétique des processus de production et des bâtiments demeurent insuffisants ou coûteux pour les finances publiques, les reports de trafic vers les modes de transport sobres en carbone sont trop limités, les choix d'urbanisme et d'aménagement du territoire n'intègrent pas suffisamment les exigences environnementales. A l'inverse, des avantages fiscaux excessifs, accordés par exemple à des projets d'énergies renouvelables, peuvent conduire à l'apparition de phénomènes de bulles et de rentes.*

L'implication des investisseurs de long terme, c'est-à-dire des investisseurs bénéficiant d'un passif long et stable, tels que les assureurs, les fonds de pension ou les fonds souverains. Ces investisseurs de long terme peuvent contribuer de manière substantielle au financement de la croissance verte. Parce qu'ils sont moins susceptibles de subir des contraintes de liquidité, les investisseurs de long terme sont en effet en capacité de réaliser des arbitrages socialement désirables entre bénéfiques à court terme et à long terme, ce qui le rend plus enclins à investir dans des projets dont la rentabilité nécessite un temps long. L'Etat doit veiller à ce que l'environnement réglementaire, prudentiel comptable et fiscal permette à ces investisseurs potentiellement de long terme d'exploiter pleinement leurs avantages comparatifs.

- *Le développement de supports pour mobiliser l'épargne disponible, globalement abondante dans le monde mais ne se dirigeant pas suffisamment vers le financement des besoins d'investissement de long terme. Il existe de ce point de vue des innovations*

financières mobilisables pour faciliter la congruence entre les attentes des épargnants et les besoins en investissement. Le tiers-investissement dans la rénovation thermique du bâti pour mobiliser des capitaux privés qui seront rémunérés pour partie par les économies générées, les obligations climatiques pour offrir des supports sécurisés au financement des infrastructures constituent deux illustrations de ces innovations.

- *Un partage approprié des risques entre public et privé. Le cœur du problème de la croissance verte est la mise en œuvre de schémas de financement permettant la mobilisation la plus efficace possible des ressources des acteurs économiques dans un contexte d'incertitudes très fortes. Afin d'optimiser l'utilisation des ressources publiques et de limiter les problèmes d'aléa moral, l'Etat doit se positionner sur ses avantages comparatifs que sont en particulier sa capacité à mutualiser des risques diversifiables (Arrow et Lind, 1970) et à assumer des risques extrêmes non diversifiables (crise financière majeure, conséquences des dérèglements climatiques), tout en veillant à mettre en place des schémas dans lesquels les risques sont bien partagés avec les acteurs privés. Cela suppose, en amont, une bonne prise en compte des risques financiers, socio-économiques et environnementaux dans l'évaluation des projets⁸. Ce partage des risques entre public et privé peut concrètement prendre plusieurs formes : couverture partielle par l'Etat du risque projet dans le cadre de contrats de partenariat pour des grands projets d'infrastructure ; mutualisation des risques par des co-investissements en fonds propres dans des entreprises innovantes ou mise en place de schémas de garantie publique. Ce partage des risques doit naturellement se refléter dans la rémunération relative des investisseurs publics et privés.*

Au total, la transition vers une croissance plus sobre en ressources et moins polluante repose sur un engagement fort des Etats sur les trajectoires de prix, notamment du prix du carbone, et un partage efficace des financements et des risques avec le secteur privé.

1 - les conditions d'un financement efficace de la croissance verte : vérité des prix et financements longs

a - Le bouclage du financement de la croissance verte est spontanément difficile à assurer

Les besoins d'investissement sont considérables et de nature très diverse

On peut identifier 4 grands besoins d'investissement :

- les dépenses d'adaptation pour accroître la résilience des équipements, des infrastructures, de l'agriculture et des forêts aux effets du changement climatique. Comme l'a bien montré le récent rapport de Perthuis, Hallegatte et Lecocq (2010) pour le conseil économique pour le développement durable, ces dépenses d'adaptation relèvent davantage d'un calcul de rentabilité financière privée, en raison de bénéfices plus aisément appropriables par les investisseurs ;

⁸ C'est l'objet des travaux en cours de la Commission Gollier sur la valorisation du risque dans les projets d'investissement.

- les dépenses permettant d'améliorer la performance énergétique et de réduire les émissions, en particulier de gaz à effet de serre, des équipements et des bâtiments, dont la durée de vie est par essence très longue. Le Plan Bâtiment du Grenelle de l'environnement a fixé des objectifs ambitieux : à l'horizon 2020, tous les nouveaux bâtiments devront être à énergie positive ; 400 000 logements devront être rénovés chaque année ; les 800 000 logements sociaux les plus énergivores devront avoir été rénovés. Ces investissements peuvent dégager une rentabilité financière au titre des économies d'énergies qu'ils procurent. Mais ils sont spontanément insuffisants en raison de l'étalement dans le temps des économies d'énergie et de la difficulté de partager les coûts et les bénéfices entre propriétaires et locataires ;
- le développement de nouvelles infrastructures plus sobres en ressources et moins polluantes. En France, l'étude d'impact de la loi sur le Grenelle de l'environnement évalue les besoins pour le seul volet infrastructures de transport à 97 Mds€ d'ici 2020, dont 30 Mds€ de projets devraient être lancés d'ici 2015. Le schéma national des infrastructures de transport, sur lequel la concertation est lancée, prévoit lui des besoins de 170 Mds€ sur 20 à 30 ans ;
- le financement de l'innovation. Au-delà des considérations sur les externalités positives du savoir qui justifient une intervention publique transversale en faveur de la recherche, les technologies utiles à la croissance verte doivent bénéficier d'une priorité de politique publique durant la phase de transition vers un nouveau modèle de croissance si l'Etat veut encourager le développement d'une offre industrielle nationale et ne pas s'en remettre uniquement aux technologies disponibles sur le marché mondial.

L'offre privée de financements longs et risqués s'est raréfiée

Les besoins d'investissement exigent la mobilisation d'une large gamme de financements longs et risqués. Or ceux-ci se sont raréfiés avec la crise et, plus structurellement, les exigences de rendement des investisseurs vis-à-vis des classes d'actifs les plus risquées sont plus élevées en termes réels. Ces évolutions ont des conséquences très directes sur le financement de la croissance verte :

- le financement de la recherche et des entreprises innovantes est compromis durant les premiers stades de développement de ces entreprises (fonds d'amorçage et de capital-risque mais aussi crédit bancaire). La recherche et l'innovation "vertes" sont affectées du fait des incertitudes très fortes entourant la rentabilité des technologies propres développées ;
- le financement des infrastructures sous contrats de partenariat exige désormais davantage de fonds propres : ainsi, pour un projet sans risque de trafic, le besoin de fonds propres est passé d'une fourchette de 5 à 10% à une fourchette de 10 à 15% ; pour un projet avec risque de trafic, le besoin de fonds propres est passé de 15-20% à 20-30%. Par ailleurs, les prêts accordés par les banques sont plus chers - le niveau des primes de risque demandé sur les dettes projet sans recours à long terme est passé de 100 à 200-250 points de base par rapport aux titres publics équivalents - et plus courts (inférieurs à 10 ans), faisant peser sur les projets un risque de refinancement.

Dans un tel contexte, le financement de la croissance verte ne pourra être "bouclé" que par la mise en place d'une trajectoire de prix des externalités et un allongement de la "ligne d'horizon" des investissements.

b - La "vérité des prix écologiques" : une condition nécessaire mais non suffisante

La valorisation des externalités est nécessaire pour donner une rentabilité financière aux investissements utiles à la croissance verte

La valorisation des externalités repose sur la définition des trajectoires de prix permettant de préserver la biodiversité, d'économiser l'eau, de réduire les émissions de polluants et les déchets. Ainsi, la trajectoire de valeurs du carbone qui permet d'atteindre les objectifs politiques européens de mars 2007 de réduction des émissions de gaz à effet de serre a été définie dans le rapport Quinet (2008) du Conseil d'analyse stratégique. Cette trajectoire repose sur une valeur de référence de trente deux euros la tonne de CO₂ s'élevant progressivement jusqu'à 100 euros à l'horizon 2030. Cette trajectoire reflète le caractère ambitieux des objectifs européens de réduction des gaz à effet de serre et le coût du déploiement des technologies peu émettrices en CO₂ sur un horizon aussi court.

Ce référentiel donne une indication du signal prix dont l'économie a besoin pour satisfaire les objectifs d'émissions de gaz à effet de serre. L'importance de ce signal dépasse sa fonction d'orientation des choix des consommateurs. Il a vocation à jouer un rôle structurant à long terme à un double titre :

- il donne une rentabilité privée aux investissements d'efficacité énergétique et de « dépollution » de l'économie, donc permet à l'investissement privé de venir relayer et appuyer les investissements publics ;
- le recours à une tarification du carbone plutôt qu'à la réglementation est plus incitatif à l'innovation. Les entreprises sont en effet toujours incitées, dans un système de prix, à diminuer leur niveau de pollution pour payer moins de taxe, et ne pas se contenter de respecter la norme.

Aujourd'hui, nombreuses sont les incitations mobilisées (subventions, tarifs de rachat, réglementation), générant des signaux-prix vers les agents économiques qui vont dans le sens de la réduction de l'écart entre rentabilités sociétale et financière. Mais le "bouquet" actuel d'incitations est incohérent (avec des prix implicites de la tonne de CO₂ évitée très différents d'un dispositif à l'autre) et coûteux pour les finances publiques. L'intérêt d'un signal-prix plus fort n'est pas de procurer aux Etats une ressource supplémentaire, mais de favoriser une mobilisation des ressources privées au service de l'innovation et du déploiement de technologies décarbonées.

Les trajectoires de prix et de subventions doivent être suffisamment prévisibles pour orienter les investissements

La définition d'une trajectoire de prix est au moins aussi importante que le niveau de départ pour orienter les efforts de recherche et les investissements de long terme dont l'Europe a besoin pour passer à un modèle de croissance plus sobre en ressources naturelles et moins

polluant. Les incitations mises en place doivent être les plus prévisibles possible afin de limiter le degré d'incertitudes et faciliter les prises de décision des acteurs économiques.

Au niveau des prix, l'expérience témoigne de la difficulté de faire émerger une nouvelle taxation aux niveaux national, européen, mondial, *a fortiori* une taxation se durcissant dans le temps. En revanche, le développement progressif de la finance carbone (système de quotas d'émission échangeables, infrastructures de marchés de CO₂, financement de projets) va dans le sens de l'établissement de mécanismes de marché favorables à l'envoi dans la durée de signaux-prix appropriés vers les acteurs économiques. Le bon fonctionnement de ces nouveaux mécanismes de marché repose sur deux familles de conditions :

- une bonne régulation de ces nouveaux marchés, permettant d'assurer des processus de formation des prix efficaces ;
- la limitation de la volatilité des prix de marché, susceptibles de brouiller la lisibilité de long terme des prix de marché. De ce point de vue, un prix plancher représenterait une garantie minimale d'efficacité, selon des modalités à définir, soit que les Etats s'engagent à acheter des permis au prix plancher, soit qu'ils fixent un prix de réserve sur les enchères.

Au niveau des subventions, si le coût de la tonne de CO₂ évitée est significativement supérieure à la référence proposée, cela signifie que le coût économique peut, *a priori*, être considéré comme excessif au regard de l'objectif de lutte contre le changement climatique. Pour autant, certaines considérations peuvent justifier que l'on engage des actions dont le coût soit dans un premier temps supérieur au référentiel proposé, pour stimuler le développement de filières nouvelles. Il convient ensuite d'ajuster dans le temps le niveau de la subvention ou du tarif de rachat, en définissant à l'avance des trajectoires de baisse des prix. A défaut, les subventions risquent de déboucher sur la formation de bulles d'investissement et de rentes.

2 - Au-delà de la valorisation des externalités, l'incomplétude et les imperfections des marchés financiers constituent un obstacle au financement de la croissance verte

Même dans un monde où les externalités seraient correctement tarifées, les objectifs environnementaux pourraient s'avérer difficiles à atteindre en raison de la réticence des marchés financiers, des investisseurs institutionnels et des banques à assumer le financement par fonds propres et dettes d'un montant élevé d'investissements longs et risqués.

Il ne s'agit pas ici de faire la liste des défaillances de marché que la crise financière récente a bien mis en évidence, mais de rappeler que l'absence des générations futures, principales concernées par le changement climatique et l'épuisement des ressources, sur les marchés empêche le partage des coûts et des bénéfices entre générations. Il n'existe pas aujourd'hui de mécanisme de marché qui permette à une génération de partager les risques avec les suivantes. Du fait de cette incomplétude intemporelle, le marché ne permet pas une allocation inter temporelle efficace des risques. Cette donnée fondamentale se décline en plusieurs défaillances de marché spécifiques :

- le premier cas de figure est celui où les agents privés n'actualisent pas au même taux que la société dans son ensemble les gains de leurs investissements ;

- le deuxième cas de figure est celui d'investissements financièrement rentables, mais avec des temps de retour très longs. C'est traditionnellement le cas des investissements dans les infrastructures de transports. C'est aussi le cas des investissements dans les économies d'énergie dans le bâtiment : à la difficulté de financer une opération gagée par des économies futures très étalées dans le temps s'ajoute celle de la répartition des bénéfices et des coûts entre bailleurs et locataires ou au sein des copropriétés ;
- le troisième cas de figure est celui d'investissements présentant un degré de risque élevé. C'est le cas des investissements dans l'innovation. C'est aussi le cas des investissements dans le déploiement d'un nouveau réseau d'infrastructures : la mise en place d'un réseau d'infrastructures de charge pour les véhicules électriques, par exemple, implique une masse critique d'investissements dont les coûts seraient difficilement récupérables en cas d'échec.

Ces défaillances de marchés rendent nécessaire l'existence d'investisseurs dont la stratégie s'inscrit dans la durée et qui transforment l'épargne disponible en investissements longs (2) et de mécanismes de financement fondés sur un partage des risques exploitant de manière efficace les avantages comparatifs des acteurs publics et privés (3).

3 - la contribution des investisseurs de long terme au financement de la croissance verte

La crise financière a montré les méfaits d'un certain court-termisme, la capacité de résistance et l'utilité potentielle des investisseurs à horizon long. Au-delà de leur rôle stabilisateur en temps de crise, ceux-ci constituent en effet des vecteurs potentiels d'allocation de l'épargne vers les projets porteurs de croissance verte.

a - Les investisseurs de long terme sont plus enclins à investir dans des projets dont la rentabilité se matérialise sur un temps long

Les investisseurs de long terme ne constituent pas une catégorie d'investisseurs institutionnels homogène : on rassemble sous ce vocable des institutions de nature juridique et financière sensiblement différentes - publiques et privées, cotées et non cotées, soumises à des régulations publiques également différentes. C'est à partir d'une analyse du passif qu'il est possible de dégager les spécificités permettant de qualifier un investisseur de « long terme » (Glachant, Lorenzi, Quinet et Trainar, 2010) :

- le passif d'un investisseur de long terme se caractérise par une faible dépendance aux refinancements de marché. Il bénéficie en effet d'un niveau de fonds propres généralement élevé, de ressources permanentes (épargne contractuelle...), avec un recours limité au levier d'endettement. L'investisseur de long terme n'est donc pas soumis, contrairement aux banques, au risque de retrait des dépôts ou de tarissement du marché interbancaire ;
- certains investisseurs de long terme n'ont pas d'engagements contractuels individuels à leur passif, ce qui leur donne des marges de manœuvre supplémentaires. C'est en particulier le cas des fonds souverains qui gèrent une épargne collective tirée des revenus de matières premières ou d'excédents commerciaux. D'autres fonds, quoique moins importants en taille, répondent à une logique similaire : les fonds familiaux, les fonds de dotation universitaires, ou encore les fonds de lissage des systèmes de retraite.

Parce qu'ils supportent des contraintes de passif plus faibles à court terme, les investisseurs de long terme ont la possibilité de déconnecter leur allocation d'actifs de considérations sur leur capacité de financement à court terme, donc d'optimiser leur stratégie d'allocation dans une perspective longue. Ils ont une capacité plus élevée que d'autres acteurs économiques à porter des risques sur des périodes longues et à lisser l'impact des chocs financiers à travers une politique d'accumulation de réserves durant les bonnes années.

Compte tenu de leurs caractéristiques, les investisseurs de long terme sont plus enclins à investir dans des projets dont la rentabilité se matérialise sur un temps long :

- un investisseur de long terme, qui a naturellement une préférence pour le présent moins élevée, utilise généralement un taux d'actualisation plus faible qu'un agent économique confronté au stress d'une contrainte de liquidité liante ou aux attentes de rentabilité de court terme de ses mandants⁹ ;
- un investisseur de long terme doit davantage que d'autres investisseurs, s'intéresser aux tendances longues et les intégrer dans sa stratégie d'allocation. A titre d'illustration, l'évolution des modes de mobilité ou le changement climatique peuvent avoir un impact important sur les revenus générés par un projet d'infrastructures, et donc sur le rendement attendu par l'investisseur ;
- son horizon d'investissement plus long et ses contraintes de financement plus faibles permettent à l'investisseur de long terme d'assumer les primes de risque et de liquidité que refusent d'assumer les investisseurs standards. Pour le financement de la croissance verte, deux domaines caractérisés par l'illiquidité et un niveau de risque élevé sont ainsi particulièrement susceptibles de retenir l'attention d'un investisseur de long terme : l'innovation et les actifs d'infrastructure à construire (projets *greenfield*).

Au total, les investisseurs de long terme ont une capacité plus élevée que d'autres acteurs économiques à porter des risques sur des périodes longues et à lisser l'impact des chocs financiers dans le temps et à travers les générations. Cette capacité leur permet *a priori* de dégager une rentabilité financière plus élevée -via les primes de risque et d'illiquidité - tout en contribuant à l'amélioration du bien-être collectif. Selon Gollier (2008) l'effet de partage intergénérationnel des risques sur le bien-être équivaldrait à une augmentation de 1% du rendement du capital.

b - L'efficacité des investisseurs de long terme dépend de l'environnement financier et du cadre normatif

La capacité des investisseurs de long terme à exploiter leurs avantages comparatifs dépend du cadre économique et réglementaire dans lequel ils évoluent. Au moins deux facteurs jouent un rôle déterminant : l'environnement macroéconomique et monétaire d'une part ; le cadre comptable, fiscal et prudentiel d'autre part.

L'évolution des stratégies d'allocation des fonds de pension et du *private equity* dans les années quatre-vingt-dix et jusqu'à la crise de 2007 illustrent bien l'incidence des conditions

⁹ L'estimation de la valeur actualisée nette d'un projet dépend crucialement du taux d'actualisation retenu, plus précisément de la courbe de taux d'actualisation utilisée. Ainsi les valeurs actualisées d'un revenu unitaire dans 25 ans sont respectivement de 3/10^{ème} et 1/10^{ème} pour des taux d'actualisation de 5% et 10%.

monétaires sur les stratégies financières. Les fonds de pension, et dans leur sillage les fonds de *private equity*, se sont initialement comportés en investisseurs de long terme en se portant vers des classes d'actifs peu liquides, en favorisant notamment le développement du capital risque et du non coté. Dans son article fondateur, Jensen (1989) présente l'allongement de l'horizon comme un avantage décisif du *private equity*, dans la mesure où celui-ci peut s'affranchir de la pression des marchés et où les managers disposent d'incitations pour orienter leurs investissements sur le long terme. L'horizon de certains de ces investisseurs s'est ensuite progressivement raccourci sous l'effet de l'abondance des liquidités disponibles et du recours facile au crédit. L'endettement contraint en effet l'investisseur à raccourcir son horizon : en cas de perte imputable sur les fonds propres, il doit en effet, pour respecter le ratio cible dette/fonds propres, vendre une partie des actifs.

Au-delà de l'environnement monétaire, le cadre prudentiel, comptable et fiscal auquel doit se conformer l'investisseur de long terme joue un rôle essentiel :

- le régime fiscal permet d'introduire de la viscosité dans les passifs, *via* les incitations à l'épargne longue donnée aux ménages ;
- les normes prudentielles définissent le niveau de risque maximal qu'une institution financière peut prendre compte tenu du niveau de ses fonds propres et des caractéristiques de son passif. Elles ont un impact direct sur son allocation d'actifs et notamment sur la part de son portefeuille investie en actifs risqués comme les actions. Une réglementation prudentielle excessivement conservatrice peut avoir des effets négatifs sur le bien-être collectif si elle décourage les investissements en fonds propres et la transformation d'une épargne liquide en emplois longs ;
- les normes comptables, en définissant notamment les règles de provisionnement, déterminent le degré de répercussion de la volatilité des marchés dans les comptes des investisseurs. L'application mécanique de la valeur de marché peut notamment avoir pour effet de limiter la capacité de lissage dans le temps des résultats des investisseurs de long terme et de gommer l'incidence différenciée des investissements longs d'un côté, des activités de *trading* de l'autre, sur le bien-être collectif.

4- Les schémas de financement et de partage du risque à promouvoir pour favoriser les investissements longs

Pour répondre à l'incomplétude et aux imperfections de marchés identifiées, le financement de la croissance verte devra reposer, au-delà du rôle spécifique des investisseurs de long terme, sur l'innovation financière et un partage efficace des risques et des rendements entre le public et le privé. Cette dernière partie a pour objet d'illustrer comment il est possible de calibrer des outils de financement dans le cas de trois grandes familles d'investissement : l'adaptation du capital existant, le développement des nouvelles infrastructures et l'innovation.

a - Le financement de l'adaptation du stock existant d'équipements et de bâtiments

L'enjeu de la rénovation thermique des bâtiments est essentiel compte tenu du poids de l'immobilier dans les émissions de gaz à effet de serre et du faible taux d'obsolescence des immeubles. Le secteur du bâtiment est le plus gros consommateur d'énergie en France : il consomme actuellement 42% de l'énergie finale totale. C'est aussi un gros émetteur de CO₂

avec 23% des émissions nationales. Le Plan Bâtiment du Grenelle de l'Environnement a fixé des objectifs ambitieux puisqu'il s'agit de réduire la consommation d'énergie de 38% et les émissions de gaz à effet de serre de 50% d'ici 2020. Pour atteindre ces objectifs, le plan prévoit des mesures importantes, allant de formules classiques d'incitations fiscales pour les particuliers et de prêts bonifiés pour le logement social à des formes plus innovantes - certificats d'économie d'énergie et contrats de performance énergétique.

Dans cette perspective, deux modes de financement méritent ici d'être mentionnés pour illustrer la gamme des leviers d'action mobilisables : l'appui de l'Etat à l'action classique de transformation bancaire ; la mise en place de sociétés de tiers investissement permettant de mobiliser des fonds propres privés.

La mobilisation et la transformation de ressources courtes en emplois longs porteurs de croissance verte

La mobilisation et la transformation de ressources courtes en prêts à plus long terme est la solution traditionnelle de financement des investissements dans les économies d'énergie. Compte tenu des défaillances de marché identifiées précédemment et du caractère ambitieux du plan Bâtiment du Grenelle, l'Etat s'implique à un double titre dans ce processus de transformation :

- l'Etat joue un rôle de garant du processus de transformation de l'épargne liquide en emplois longs. C'est sur ce modèle économique que fonctionne en France le fonds d'épargne géré par la Caisse des Dépôts pour le compte de l'Etat – qui mobilise les ressources des livrets A et des autres livrets d'épargne réglementaires pour financer le logement social ;
- l'Etat bonifie en plus certains prêts dont la rentabilité financière n'est pas assurée. C'est vrai au niveau des prêts aux ménages -avec l'éco-prêt à taux zéro -comme au niveau des prêts au logement social- avec l'éco-prêt logement social.

A titre d'illustration, l'éco-prêt logement social lancé en février 2009 vise à financer, en seulement deux ans, à des conditions de taux très préférentielles (1,9% pour un prêt à 15 ans), les travaux d'amélioration thermique des 100 000 logements sociaux les plus énergivores. Les éco-prêts logement social sont accordés aux organismes de logement social qui s'engagent à hisser les logements classés E, F ou G sur l'étiquette énergie du diagnostic de performance énergétique à la classe C après travaux, soit la réalisation d'une économie d'énergie d'au moins 80 Kwh/m² par an et par logement.

La valorisation des économies d'énergie futures

Au-delà de l'action de transformation classique bénéficiant du concours de l'Etat sous forme de garanties et de bonifications, l'implication des investisseurs institutionnels privés est nécessaire pour atteindre au meilleur coût les objectifs du Grenelle de l'Environnement. Il faut pour cela parvenir à rendre d'emblée rentables des projets présentant des objectifs ambitieux de rénovation thermique :

- si les objectifs d'économies d'énergie restent limités, les investissements privés tendent à être financièrement rentables car les travaux nécessaires pour améliorer l'efficacité énergétique restent eux-mêmes limités et mobilisent les gisements d'économie les

moins coûteux. C'est sur ce modèle que fonctionnent aux Etats-Unis, les *Energy Saving companies* qui avancent le coût des travaux en se rémunérant pour une large part sur les économies réalisées dans les années suivant les travaux ;

- cependant, une rénovation trop partielle ne constitue pas nécessairement le meilleur choix possible : les opérations de rénovation sont lourdes et irréversibles et il est souvent difficile de réaliser des travaux successifs de rénovation additionnelle. Lorsque les objectifs d'efficacité énergétique deviennent ambitieux, le modèle devient financièrement plus tendu. Il faut en effet effectuer des travaux de plus en plus coûteux et les retours sont plus étalés dans le temps.

C'est pour résoudre cette équation que se montent actuellement des projets de sociétés de tiers investissement. Ces acteurs :

- réaliseraient ou feraient réaliser en une fois globalement les travaux, afin d'obtenir un maximum d'économies et viser un facteur 3 ou 4 ;
- seraient chargés d'assurer le bouclage du financement en valorisant les gains obtenus sur une longue période (économies d'énergie mais aussi isolation phonique, gains esthétiques ...), en jouant un rôle d'ensemblier, d'intégrateur habilité des différentes sources de financement d'une opération (subventions, certificats d'économie d'énergie, fiscalité, quotas CO₂...) et en garantissant juridiquement le dispositif.

Ce type d'acteurs devrait nécessairement avoir des compétences plurielles (immobilières, financières, énergétiques et juridiques) et pouvoir apporter les garanties contractuelles nécessaires. Il semble possible à droit constant ou quasi-constant de mettre en place des Sociétés de Tiers Investissement (STI), éventuellement spécialisées par type d'objets rénovés thermiquement : bureaux privés, bâtiments publics, logement social, copropriétés... Ces sociétés généreraient notamment leurs risques par diversification de leur portefeuille entre opérations plus ou moins coûteuses. Elles pourraient éventuellement bénéficier de subventions nationales ou locales sur la base de leur contribution à l'intérêt collectif.

b - Le financement des nouvelles infrastructures d'énergies et de transports

Le financement des projets d'infrastructure, dans le domaine des transports et de l'énergie notamment, doit reposer sur une analyse précise des avantages relatifs de la sphère publique et de la sphère privée. Comme l'ont par exemple bien explicité Martimort et Rochet (1999), l'Etat dispose de deux avantages comparatifs : sa capacité à diversifier les risques de projets et à diluer les risques entre un grand nombre de contribuables. Le secteur privé, pour sa part, est incité à davantage d'efficacité opérationnelle, sous la pression combinée de la concurrence et des actionnaires.

Compte tenu de ces avantages, le premier rôle de l'Etat est un rôle d'amorceur et de catalyseur durant les premières phases de développement d'un projet. Dans certains cas, les projets en question sont marqués par des rendements d'échelle croissants, dans le cas par exemple de la création d'un nouveau réseau tel que celui des infrastructures de charge des véhicules électriques, ce qui pose des problèmes de financement tant que le marché n'est pas assez large. Quand les recettes futures ne suffisent pas pour que le projet soit porté par les investisseurs privés et quand l'infrastructure semble malgré tout justifiée du point de vue sociétal, l'Etat doit intervenir dans une logique subventionnelle pour en assurer le financement. La taxation de la

rente foncière générée par l'infrastructure constitue l'un des moyens pour l'Etat, au-delà de la fiscalité générale, de bénéficier des effets de retour favorables de l'investissement qu'il a contribué à financer.

Le second rôle de l'Etat est un rôle de porteur d'une partie des risques de projets. L'Etat utilise pour ce faire plusieurs techniques de partage des risques entre public et privé : concessions ou contrats de partenariat (PPP). Un contrat de PPP efficace est celui qui fait porter chaque risque par l'acteur le plus capable de le porter et de le maîtriser. A cet égard, la crise financière survenue en 2008 montre que la répartition entre les acteurs du projet du risque de financement doit parfois être modulée en fonction de l'environnement financier global. Pour surmonter la crise, la France a ainsi mis en place une garantie d'Etat qui couvre le remboursement d'une partie de la dette bancaire jusqu'à la mise en exploitation de certains projets, ainsi qu'une enveloppe de prêts bonifiés.

L'innovation financière peut jouer un rôle utile dans le partage des risques. Plusieurs schémas de titrisation peuvent en effet être imaginés pour transférer une partie du risque des banques vers les investisseurs institutionnels. Les infrastructures de transport et d'énergies renouvelables se prêtent en particulier bien à la titrisation du fait de leur profil de revenus stables, comme en témoignent les projets actuels d'obligations vertes ou d'obligations climatiques : les prêts aux projets d'énergies renouvelables pourraient ainsi faire l'objet d'une titrisation destinée notamment aux investisseurs de long terme. Le fonds commun de titrisation, qui devrait avoir une taille critique suffisante, achèterait les portefeuilles de dettes seniors garanties par les flux de revenus issus des projets, et financerait ces acquisitions en émettant lui-même des obligations de long terme standardisées de manière suffisamment abondante pour que le marché ait une profondeur et une liquidité suffisante. Il y aurait ainsi un transfert de la structure de capital la moins risquée des projets d'énergies renouvelables, des banques vers les investisseurs de long terme. Un tel transfert permettrait aux banques de reconstituer des marges de manœuvre pour financer de nouveaux projets auprès des industriels.

Dans le même esprit, le groupe de travail Madelin (2010) propose la création d'un fonds commun de titrisation qui aurait pour but de refinancer les contrats de PPP : ce fonds achèterait les créances représentatives de l'engagement irrévocable de paiement de l'Etat des redevances à compter de la mise en service du projet (i.e. de l'acceptation de la cession Dailly par l'Etat). Ce fonds opérerait en émettant des obligations adossées à ces contrats de PPP, avec un risque équivalent à celui de l'Etat, et serait ouvert aux investisseurs institutionnels.

c - Le financement de la recherche et de l'innovation vertes

Une priorité publique spécifique en faveur de la recherche et l'innovation vertes est justifiée

Au-delà des considérations sur les externalités positives du savoir qui justifient une intervention publique transversale, la croissance verte doit reposer sur une véritable stratégie d'innovation verte (Crifo, Debonneuil et Grandjean, 2009). De fait, plusieurs arguments militent en faveur d'interventions publiques temporaires visant à stimuler spécifiquement la recherche et l'innovation vertes :

- la recherche et l'innovation vertes contribuent à réduire le risque de dérèglements climatiques, non diversifiable, non assurable et non pris en compte par le marché ;

- alors que dans les secteurs matures l'innovation incrémentale représente environ 80% de l'innovation, les innovations vertes sont encore pour la plupart des innovations de rupture dont les coûts de recherche et de développement sont élevés. Les marchés pour les technologies propres sont encore très peu développés alors que le potentiel de diffusion de ces technologies dans l'ensemble de l'économie et les bénéfices futurs pour la collectivité sont très importants ;
- la rentabilité financière des technologies propres est pénalisée par l'absence de juste valorisation des ressources naturelles et des coûts des pollutions et l'étranglement initial des marchés. Sans intervention publique directe, les efforts d'innovation ont donc trop tendance à s'exercer dans le secteur "polluant" plus productif que le secteur "vert" (Acemoglu *et alii*, 2009).

Ces éléments plaident pour une intervention publique directe transitoire en faveur de la recherche et de l'innovation vertes.

Des schémas de co-investissement en fonds propres public - privé ou de garantie pour financer le développement des entreprises de la croissance verte

L'Etat peut aussi participer au financement en fonds propres des entreprises de la croissance verte, en particulier au niveau du capital risque, pour promouvoir une offre nationale et bénéficier de la "prime au pionnier" (*first mover advantage*).

Ses interventions doivent tenir compte de la nature de ses avantages comparatifs : l'Etat a une capacité à mutualiser les risques diversifiables ; il n'est pas en revanche mieux placé pour sélectionner les technologies les plus prometteuses.

Afin d'optimiser l'utilisation des ressources publiques et de limiter les problèmes d'aléa moral, l'Etat doit veiller à mettre des schémas dans lesquels il peut exercer un effet de levier sur l'investissement privé et les risques et les rendements sont équitablement partagés avec les acteurs privés plus à même de procéder à la sélection des technologies propres les plus performantes :

- aux Etats-Unis, l'Etat donne sa garantie aux emprunts émis par les SBIC (*Small business investment companies*), organismes financiers privés agréés dont la mission est d'apporter des fonds propres et des prêts à long terme aux entreprises en phase de démarrage ;
- en France, le schéma des SBIC a inspiré le dispositif *France Investissement* de coinvestissement public-privé dans le capital-risque lancé en 2006. Dans ce schéma, la Caisse des Dépôts dote en fonds propres, à côté de partenaires privés, un fonds de fonds qui alimente ensuite des fonds spécialisés, dans une logique d'irrigation de l'ensemble du capital risque. C'est dans ce cadre que pourraient monter en puissance des fonds verts spécialisés. Le schéma en cascade de *France Investissement* permet en effet d'optimiser l'effet d'entraînement du financement public en mobilisant des financements privés à la fois au niveau de la structure de tête et de chacun des fonds dédiés. La mise en place d'une gouvernance mixte public-privé adaptée contribue à assurer l'objectif de rentabilité financière des financements publics ; la liberté de choix conférée à chacun des fonds spécialisés en termes d'investissement garantit la nécessaire sélectivité des entreprises.

Conclusion

La transition vers un nouveau modèle de croissance plus sobre en ressources et moins polluant est un enjeu collectif de long terme qui mobilisera des investissements considérables partout dans le monde. Cette transition n'est envisageable dans des délais compatibles avec le réchauffement climatique que par l'alignement progressif sur l'intérêt collectif des comportements de l'ensemble des agents économiques, en particulier des entreprises et des investisseurs. Cet alignement passe non seulement par la juste valorisation des externalités mais aussi par un effort spécifique de financement de l'innovation et des investissements *via* de nouveaux partenariats public-privé.

Bibliographie

- D. Acemoglu, Ph. Aghion, L. Bursztyn, D. Hemous - "The environment and directed technical change" - *Harvard – MIT* - Sept 2009.
- K. Arrow, R. Lind – "Uncertainty and the Evaluation of Public Investment Decisions" – *American Economic Review* – June 1970.
- P. Crifo, M. Debonneuil, A Grandjean – "Croissance verte : l'économie du futur" – *Conseil économique pour le développement durable* - 2009
- J.Glachant, J.H.Lorenzi, A.Quinet, Ph. Trainar - " Investissements et investisseurs de long terme" - *Conseil d'Analyse Economique* – 2010.
- Ch.Gollier - "Intergenerational risk-sharing and risk-taking of a pension fund" - *Journal of Public Economics*, Vol 92/5-6, pp 1463-1485 - 2008.
- M. Jensen – "The Eclipse of the Public Corporation" – *Harvard Business Review* – n°67 - 1989
- A. Madelin – "Rapport du groupe de travail du financement des PPP" – 2010.
- D. Martimort, J.Ch. Rochet - "Le partage public-privé dans le financement de l'économie" - *Revue française d'économie* – vol 14 - 1999.
- Ch. de Perthuis, S.Hallegatte et F.Lecocq - "Economie de l'adaptation au changement climatique" - *Conseil économique pour le développement durable* - 2010.
- A. Quinet - "La valeur tutélaire du carbone" - *Conseil d'analyse stratégique* – 2008.

Finance durable et investissement responsable

Christian GOLLIER¹⁰

Il n'existe pas aujourd'hui de consensus sur la rentabilité de l'investissement socialement responsable (ISR), que ce soit dans la communauté des gestionnaires de fonds, que dans celle des scientifiques spécialistes du domaine. En effet, il existe pratiquement autant d'approches de sélection d'actifs ISR qu'il n'existe de fonds estampillés ISR. Pour certains, les fonds ISR surperforment le marché, ce qui constitue un argument de vente, alors que pour d'autres, cette surperformance, si elle a existé dans le passé, ne peut être qu'un phénomène transitoire dû à un effet de mode. La finalité de l'ISR et son impact sur le fonctionnement de nos économies restent eux aussi insuffisamment documentés. Finalement, le concept de responsabilité sociale et environnementale n'a pas reçu à ce jour de traduction consensuelle en termes de règle opérationnelle d'évaluation des actifs. Certes, l'uniformisation des concepts et des approches n'est pas forcément désirable dans l'absolu. Mais il faut constater que la plupart des discours sur le sujet comportent beaucoup d'ambiguïté, et conduit à un message pas toujours compréhensible pour l'épargnant.

Ce constat est en flagrante opposition avec l'impressionnant corpus d'outils quantitatifs d'évaluation purement financière développé depuis 40 ans en théorie de la finance. Il est dommage que cette théorie ne se soit pas encore vraiment ouverte sur ces débats relatifs à l'ISR. Cela en dit long d'une attitude assez dédaigneuse de la recherche en finance pour ces questions à travers le monde. La création en 2007 de la Chaire « Finance Durable et Investissement Responsable », centrée sur deux institutions scientifiques de grand renom international (Ecole Polytechnique et Toulouse School of Economics) témoigne cependant de l'émergence de travaux visant à remédier à ce déficit de fondements théoriques des méthodes d'évaluation et de sélection extra-financières.

1 - Responsabilité sociale et environnementale : Une source de profit ?

Il y a des raisons objectives de penser qu'une entreprise qui traite mieux ses employés, ses clients et son environnement peut surperformer sur le long terme ses concurrentes moins

¹⁰ Toulouse School of Economics (University of Toulouse, LERNA), Chaire finance durable et investissement responsable. Je remercie Marcel Boyer, Antoine de Salins, Thierry Deheuvels, Claude Jouven, Carlos Pardo, et Henry Tulkens, pour leurs commentaires sur une version antérieure de cet article.

socialement responsables. L'argument le plus simple est qu'elle a plus de chance d'éviter des conflits avec les parties prenantes : grève par les employés, embargo par les consommateurs... Par ailleurs, la « vieille » théorie des contrats implicites de travail (Holmström (1983)¹¹, Drèze et Gollier (1993)¹²) explique par exemple qu'une entreprise qui met en place pour ses employés une certaine sécurité de l'emploi et de salaire surperformera ses concurrents ayant une approche plus court-termiste de la gestion de ses ressources humaines. L'argument est qu'en offrant une assurance implicite aux travailleurs risquophobes contre les fluctuations de leur productivité en valeur, l'employeur peut dégager un revenu supplémentaire en provenance de cette activité d'assurance. La théorie du salaire d'efficience (Krueger et Summers (1988)¹³) explique qu'une entreprise qui offre des salaires supérieurs à ses concurrents lui permet de mieux motiver ses employés et d'attirer les meilleurs candidats sur le marché, ce qui peut avoir un effet net positif sur sa performance financière. Finalement, la fameuse hypothèse de Porter suggère qu'une entreprise qui anticipe les futures contraintes environnementales qui s'imposeront à l'industrie aura un avantage compétitif au moment où les autres devront s'adapter en catastrophe. Un tel argument nécessite néanmoins que les marchés financiers soient incapables d'intégrer cette dimension dans la fixation des valeurs d'actifs.

Un élément crucial dans ce courant de pensée est l'effet de réputation, qui constitue la substance de la surperformance. C'est parce que l'entreprise a démontré par le passé qu'elle traitait ses employés et ses clients de façon responsable qu'elle est plus profitable, les consommateurs, par exemple, acceptant de payer plus pour le produit parce qu'il y est attaché une image responsable. Le risque devient donc la perte d'image, que l'ISR se doit d'auditer fréquemment.

Ceci signifie que la responsabilité sociale et environnementale des entreprises peut être le résultat d'un calcul traditionnel de maximisation des profits. Dans un tel contexte, l'utilisation d'un critère ISR n'est pas de nature différente des autres critères (small cap, sectoriel...). Il ne fait pas appel à de nouveaux critères éthiques qu'exigeraient des consommateurs en quête de valeurs dans leurs investissements. Ici, l'ISR n'aurait aucun impact sur l'allocation des ressources dans l'économie et sur le bien-être des citoyens. L'ISR serait une stratégie opportuniste des investisseurs attirés par des entreprises toutes aussi opportunistes. Cette approche est parfaitement en ligne avec le fameux « Premier Théorème du Bien-Etre », qui proclame que la libre concurrence et la recherche égoïste du profit pur conduit à un équilibre Pareto-efficace. La « main invisible » n'a que faire de l'ISR !

2 - Rôle des fonds ISR en faveur d'une Société plus vertueuse

Il existe une approche très différente à la rationalité de l'ISR. Elle part du constat que les entreprises traditionnelles n'intègrent pas toutes les conséquences, positives ou négatives, de leurs actes sur le bien-être de leurs « parties prenantes » (consommateurs, employés, fournisseurs...). Les économistes ont depuis longtemps mis en exergue l'existence du problème d'externalité, qui est une des sources les plus abondantes d'inefficacité des marchés. Le problème d'externalité invalide le premier théorème du bien-être, et offre un rôle à l'Etat et à l'ISR pour améliorer la Société. Une entreprise qui pollue la rivière adjacente à l'usine

¹¹ Holmström, B., (1983), Equilibrium Long-Term Labor Contracts, Quarterly Journal of Economics, Supplement 1983.

¹² Drèze, J.H., and C. Gollier, (1993), Risk Sharing on the Labour Market and Second-Best Wage Rigidity, European Economic Review, 37, 1457-1482.

¹³ Krueger and Summers (1988), Efficiency Wages and the Inter-Industry Wage Structure, Econometrica, 56 (2), Mar 1988, 259-293.

n'intègre pas dans ses décisions le fait que son activité affecte négativement les riverains en aval. L'industriel de la pêche à la baleine ne tient pas compte de l'effet de sa pêche sur la disponibilité de la ressource pour les générations futures. La firme minière multinationale implantée dans un état totalitaire ne se sent pas concernée par l'utilisation injuste des royalties perçues par le gouvernement corrompu. L'entreprise pharmaceutique ne prend en compte que très partiellement les bénéfices sociaux des connaissances scientifiques nouvelles qu'elle produit par ses efforts de R&D, parce que les brevets qu'elle en tire ne couvrent qu'une partie de ces connaissances, sur un temps limité. Les employeurs ne sont pas toujours intéressés à financer de meilleures formations à leurs employés, étant donné le risque que ces formations profitent aux concurrents qui pourraient débaucher ces employés une fois la formation accomplie.

L'existence d'externalités introduit une divergence entre profit privé et bénéfice social. Parce qu'il n'internalise pas les dommages qu'il cause à autrui, l'entrepreneur-pollueur polluera plus qu'il n'est socialement désirable, le pêcheur pêchera plus que ne le voudrait une communauté intégrant les aspirations des générations futures, et le pharmacien fera moins d'efforts de R&D que ne le voudrait la poursuite du bien commun. L'équilibre du marché est inefficace. Les Etats ont cherché à réduire ces inefficacités de multiples façons. La stratégie la plus évidente est le « command and control », par laquelle la puissance publique impose des normes de responsabilité et cherche vaille-que-vaille à vérifier que ces normes sont respectées. Il en va ainsi des multiples normes sociales (formation continue, épargne salariale,...), ou environnementales (amiante, REACH, ...). Cette approche « command and control » nécessite des armées de fonctionnaires capables d'évaluer les impacts des comportements d'entreprise, de déterminer le comportement socialement désirable à partir d'une évaluation des coûts et des bénéfices sociaux, et de vérifier sur le terrain le respect de ces normes.

L'approche alternative consiste à donner un prix aux externalités produites et à le faire payer par les producteurs de ses externalités, à charge pour eux de décider de modifier leur mode de production pour éviter de devoir payer ce prix. C'est le principe « pollueur-payeur » appliqué à l'ensemble des problèmes d'externalité. Il peut être mis en œuvre par une taxe, ou par un système de marché de permis d'émission. Si le niveau du prix correspond à la valeur monétaire des impacts de ces externalités sur le bien-être des parties prenantes, le producteur de l'externalité est en situation d'internaliser les conséquences de ses décisions sur l'ensemble de la Société. On identifie bénéfice privé et bénéfice social, et on restitue l'efficacité sociale des décisions individuelles. Néanmoins, cet idéal est loin de se réaliser en pratique. Les tergiversations internationales sur l'après-Kyoto le montre sur le sujet très médiatisé du changement climatique, mais aussi sur la biodiversité, ou la préservation des ressources naturelles. L'origine de cet échec au moins partiel des Etats à compenser celui des marchés est multiple : absence d'une autorité supranationale pour gérer les biens communs globaux, puissance des lobbies capturant l'autorité des Etats à leur avantage, asymétrie de l'information sur les impacts...

Sommes-nous donc condamnés à vivre au sein d'une Société inefficace, où actions privées et bien commun sont incompatibles ? Depuis longtemps, des groupes de citoyens, des ONG et des associations de toutes sortes se sont créées pour tenter de peser à leur tour sur ces déficiences. Des groupements de consommateurs ont imposé des boycotts (Nike, Wall-Mart,...), ou ont plus simplement modifié leurs habitudes de consommation pour mieux affirmer leurs valeurs et pour tenter de peser sur les décisions des entreprises. Ils acceptent de payer des prix plus élevés pour acheter des produits dont le processus de production respecte mieux leurs valeurs. De même, certains employés acceptent de travailler pour un salaire plus faible dans une entreprise

qui correspond mieux à leurs aspirations éthiques et sociales. Si le citoyen agit de cette façon en tant que consommateur et que travailleur, pourquoi ne pourrait-il pas aussi affirmer ses valeurs par ses choix d'épargne et d'investissement ?

Cette approche de l'ISR, qui s'oppose radicalement à celle de l'ISR opportuniste développée ci-dessus, fait le double constat de l'inefficacité des marchés et de l'existence d'une frange altruiste des épargnants. Ici, les entreprises qui maximisent leurs profits sont irresponsables à cause des externalités qu'elles n'internalisent pas dans leurs choix. Par contre, certains citoyens tiennent compte de l'impact de leur épargne sur autrui, et sont prêts à sacrifier une partie de la rentabilité de leur portefeuille si cela leur permet d'éviter que leur argent soit investi dans des projets irresponsables. Mais ce sacrifice a-t-il un sens ? Modifie-t-il les équilibres sur les marchés de manière à rendre la Société plus efficace ? Car à quoi bon respecter des principes éthiques si cela ne réduit pas les injustices envers lesquels ces principes ont été construits ?

Les fonds ISR ont un rôle économique qui permet aux acteurs éthiques d'exprimer leur valeur et de peser sur la manière dont nos ressources sont allouées dans nos économies. En évitant d'investir dans des entreprises et des projets jugés irresponsables, ces fonds exercent une pression sur leurs gestionnaires. En « votant avec leurs pieds », ces investisseurs renchérissent le coût du capital de ces entreprises, qui auront plus de difficultés à placer leurs dettes sur le marché et à lancer une émission nouvelle d'actions. Au contraire, les entreprises responsables vont bénéficier d'un meilleur accès au marché des capitaux, et financeront leur capital à un coût plus faible. Ce différentiel de coût du capital qu'induit l'action des investisseurs éthiques à travers les fonds ISR donne un sens à leur action. Il incite les entrepreneurs à revoir leur stratégie dans un sens de plus de responsabilité, de manière à bénéficier d'une réduction du coût de leur capital. Les investisseurs éthiques jouent donc sur l'appât du profit des entreprises pour les rendre elles-mêmes plus éthiques !

Landier et Nair (2008)¹⁴ expliquent très clairement le bénéfice que les fonds ISR précurseurs tirent de cette évolution des marchés. Au fur et à mesure que l'ISR monte en puissance, les entreprises socialement responsables dans lesquelles ces premiers fonds sont investis vont voir leurs coûts baisser, ce qui va faire grimper leurs cours boursier. C'est un effet d'aubaine qui devrait permettre aux fonds ISR de surperformer le marché tant que ces fonds attirent une proportion croissante d'investisseurs. Néanmoins, ce phénomène est de nature temporaire. En régime permanent, le coût du capital des entreprises responsables va arrêter de baisser et le cours boursier arrêter de monter. Pire, en régime permanent, *le coût du capital emprunté par les entreprises vertueuses, c'est aussi la rentabilité du capital prêté par les investisseurs ISR*. En régime permanent, les investisseurs qui placent leur épargne dans des entreprises responsables acceptent donc d'en tirer une rentabilité inférieure à ceux qui placent leur épargne sans référentiel éthique. Avec Sébastien Pouget, j'étudie un modèle d'équilibre qui permet de mieux réfléchir sur cet ensemble d'idées.

Il y a donc une incompatibilité majeure dans le discours tenu par un certain nombre d'acteurs ISR, qui consiste à la fois à flatter le rôle éthique que les fonds ISR ont dans l'amélioration de notre Société, et en même temps à faire référence à une rentabilité supérieure de ces fonds. Si cette surperformance devait perdurer pendant longtemps, cela voudrait dire que les entreprises dans lesquelles les fonds ISR investissent rémunèrent leurs actionnaires et leurs obligataires

¹⁴ Landier, A., et V.B. Nair, (2008), Investing for change : Profit from responsible investment, Oxford University Press.

plus que leurs concurrents moins vertueux. Dans une telle configuration, la vertu aurait un coût, alors qu'on voudrait qu'elle génère un bénéfice privé, de manière à organiser une incitation en faveur de cette vertu.

Peut-on fonder une action collective sur l'hypothèse qu'il existe une composante de la Société qui est prête à sacrifier une partie de son bien-être pour le bien commun ? Force est de constater que cette composante reste aujourd'hui une petite minorité de l'ensemble. Le degré d'altruisme individuel est de toute évidence un trait de personnalité très hétérogène. Une vaste majorité des investisseurs détermine son allocation d'actifs sur la seule base du couple rentabilité-risque. Pour eux, qu'une certaine frange d'investisseurs s'agite en faveur de l'ISR est une aubaine, car elle augmente la rentabilité à long terme des « sin-stocks » dans lesquels ils vont évidemment investir préférentiellement. Au contraire, la plus faible performance anticipée à long terme dans les actifs ISR fait fuir les investisseurs opportunistes, ce qui va compenser au moins partiellement l'impact des investisseurs verts. C'est un effet d'éviction, qui peut faire craindre que les efforts des altruistes soient défaits, au moins partiellement, par l'opportunisme des autres investisseurs. On peut espérer que cet effet d'éviction soit limité par l'émergence d'une norme sociale portée par la fraction grandissante des investisseurs altruistes.

Des recherches récentes¹⁵ de Jean Tirole (TSE) et Roland Benabou (Princeton) ont porté justement sur l'origine des comportements pro-sociaux. En particulier, les individus peuvent tirer un supplément de bien-être de l'image positive qu'ils donnent d'eux-mêmes, comme l'explique par exemple la théorie de l'attribution en psychologie. Dans un tel contexte, investir de façon responsable permet d'améliorer son image, donc son bien-être. La construction d'une image positive est un actif de réputation pour l'épargnant. Sans doute l'accroissement de la proportion d'épargnants altruistes dans la Société peut-elle augmenter le coût psychologique des investisseurs moins responsables, de manière à enclencher un cercle vertueux conduisant à l'émergence d'une norme sociale plus favorable à l'ISR.

Ces travaux apportent aussi un éclairage particulier au débat sur la performance financière des fonds ISR. En effet, une incitation monétaire à investir dans un fonds ISR, du type « l'ISR surperforme le marché », peut être contreproductive, et détruire le supplément d'image que les épargnants peuvent tirer de leur geste responsable en investissant en ISR. L'équipe de Dan Ariely, professeur de psychologie au MIT, a montré que le comportement pro-social des individus en faveur d'une bonne cause est partiellement ou totalement évincé si une incitation financière est adossée à l'action éthique. Les individus ont peur que leur contribution soit interprétée comme un signe de cupidité plutôt que de générosité.

3 - Qu'est-ce qu'un projet socialement responsable ?

Reste donc cette question centrale, que se pose tout acteur de l'ISR, qu'ils soient gestionnaire de fonds, investisseur individuel ou institutionnel, ou agence de notation extra-financière. Comment déterminer si un actif déterminé mérite d'apparaître dans un portefeuille ISR ? Evidemment, il est facile d'exclure l'industrie de l'armement ou du tabac, sur quelques principes généraux simples. Mais qu'en est-il du nucléaire, dont certains vantent les bénéfices sociaux en termes de lutte contre le changement climatique, ou les OGM, dont d'autres prétendent qu'ils sauveront l'humanité de la faim ? Comment juger d'une politique de

¹⁵ Benabou, R., et J. Tirole, (2006), Incentives and Prosocial Behavior, *American Economic Review*, vol. 96, n. 5, p. 1652-1678.

délocalisation de la production vers des pays africains, dont certains d'entre eux ont bien besoin de ces nouveaux emplois pour résoudre des problèmes bien plus vitaux que ceux des pays riches ? Et l'industrie du téléphone portable, n'est-elle pas irresponsable de ne pas se préoccuper plus intensément des conséquences sanitaires des ondes qu'elle fabrique ?

Nos travaux avec Nicolas Treich et d'autres chercheurs du Laboratoire d'Economie des Ressources Naturelles (LERNA/INRA) de la Toulouse School of Economics, visent à développer des outils de l'évaluation sociale et environnementale qui permettent d'intégrer certaines de ces dimensions dans l'évaluation des impacts des investissements sur le bien-être collectif.¹⁶ Nos axes majeurs d'analyse sont centrés sur le changement climatique, l'énergie, l'eau, la sécurité industrielle et le risque. L'idée centrale consiste à ce que pour chaque projet d'investissement, l'ensemble des impacts sur l'ensemble des parties prenantes soit monétarisé, et qu'une comparaison des bénéfices sociaux avec les coûts sociaux soit réalisée. Il s'agit d'être le plus inclusif possible dans la prise en compte des impacts, en considérant le présent et l'avenir, les considérations sociales, environnementales, psychologiques, ou en termes de redistribution des richesses. Un projet sera dit socialement responsable, si les bénéfices sociaux excèdent les coûts sociaux. Une entreprise, définie comme un nexus d'investissements de toutes sortes, est socialement responsable si chacun des investissements qui la définit l'est. Cette approche, souvent appelée « analyse coût-bénéfice », a été appliquée depuis de nombreuses années pour l'évaluation socioéconomique des infrastructures (autoroute, TGV,...), de la politique sanitaire, et plus récemment pour l'évaluation du changement climatique (Stern Review, valeur carbone...). La mise en œuvre du même type d'approche est pertinente pour l'évaluation sociale des investissements privés.

a - La valeur Carbone

L'exemple du carbone, qui fait déjà l'objet d'un marché d'émission, est éclairant à plus d'un titre. Emettre du CO₂, c'est faire porter des dommages aux générations futures. Il est donc socialement responsable d'essayer de réduire ces émissions. Comment ? Jusqu'où ? Prenons l'exemple d'une entreprise qui produit de l'électricité en installant des panneaux photovoltaïques. Elle permet de fermer une petite centrale au charbon en Allemagne. Ce projet est-il socialement responsable ? Une réaction simple consisterait à reconnaître qu'en éliminant une pollution néfaste pour autrui, ce projet est responsable, et devrait être intégrée dans les fonds ISR. Néanmoins, d'après des travaux de la DGTPE, ce type de projet a un coût social de 600 euros par tonne de CO₂ évitée. L'analyse coût-bénéfice donne donc une réponse négative. Deux arguments peuvent être invoqués. Premièrement, la plupart des évaluations des impacts du changement climatique donnent un coût de la tonne de CO₂ inférieur à 100 euros. L'investissement considéré appauvrit donc la Société dans son ensemble. Effectivement, il réduit l'intensité de la catastrophe climatique, mais le coût que devra payer le citoyen final, par le prix de son électricité ou par ses impôts, sera supérieur au dommage évité. De ce point de vue, mieux vaut investir dans l'éolien par exemple, dont le coût par tonne de CO₂ évitée est 10 à 20 fois inférieur au photovoltaïque. C'est le deuxième argument en défaveur du projet photovoltaïque. Avec le même budget consacré aux efforts environnementaux, on pourrait réduire les émissions entre 10 et 20 fois plus en réallouant l'investissement vers l'éolien. Faire le bien environnemental ne suffit donc pas pour être ISR. Encore faut-il le faire du mieux possible. On pourrait aussi parler par exemple des efforts d'isolation thermique des bâtiments, des normes de construction automobile, ou de réduction de la vitesse sur autoroute.

¹⁶ Evidemment, nous ne sommes pas les seuls. Voir par exemple Bréchet, T., et H. Tulkens, (2009), Beyond BAT: selecting optimal combinations of available techniques, with an example from the limestone industry, *Journal of Environmental Management*, à paraître.

Comment un fonds ISR doit-il évaluer la qualité environnementale d'un projet d'entreprise ?

La bonne méthode consiste à fixer une valeur au carbone et aux autres polluants, à monétariser toutes ces émissions en utilisant cette valeur, et finalement à imputer cet élément extra-financier de la performance dans les coûts du projet. Il est crucial d'utiliser la même valeur du carbone dans l'évaluation de l'ensemble des projets disponibles pour la collectivité, de manière à ce que seuls les projets les plus efficaces soient entrepris. Cela ne laisse sans doute au photovoltaïque qu'un faible rôle socialement responsable dans les zones sans vent comme au Sud Sahel dans le cadre de l'alimentation en énergie des puits d'irrigation.

En France, la Commission Quinet mise en place par le Premier Ministre Fillon en 2008 a proposé que la valeur carbone soit fixée à 32 €/tCO₂, et que cette valeur croisse au taux d'intérêt pour atteindre 200 €/tCO₂ en 2050.

b - Valeur de la vie

Dans les années soixante dix, Ford développa un nouveau modèle de voiture bas de gamme, la Pinto, qui avait son réservoir d'essence à l'arrière. Ce réservoir pouvait exploser en cas d'accident par l'arrière. Ford avait estimé que ce risque pouvait être évité en réalisant une modification dans la structure du modèle qui aurait coûté 110 millions de dollars de l'époque. Par ailleurs, les ingénieurs avaient estimé aussi que cela permettrait d'éviter 200 morts sur l'ensemble de la durée de vie de la série. En conséquence, Ford avait conclu au maintien du design initial. C'était évidemment socialement irresponsable, car cela faisait peu de cas de la vie humaine des clients de Ford. En l'occurrence, Ford estimait la valeur de la vie de chacun de ses clients à un montant seulement légèrement supérieur à un demi-million. Sinon, l'analyse coût-bénéfice aurait conclu à la recommandation d'effectuer la modification de structure. Les tribunaux américains allouèrent d'ailleurs une pénalité de 1.2 milliards de dollars à Ford sur ce dossier, ce qui montre dans ce cas que l'irresponsabilité sociale ne paie pas nécessairement !

Néanmoins, il ne faudrait pas déduire de cet exemple que la vie n'a pas de prix, et que tout décès dû à un industriel est la conséquence d'une irresponsabilité. Des accidents du travail, il y en a dans toutes les industries, mais dans certaines plus que d'autres. Des économistes ont estimé dans les années quatre vingt que pour sauver une vie statistique supplémentaire dans l'industrie nucléaire, il fallait dépenser 1.8 milliards de dollars de l'époque, alors que cette somme n'était que de 0.3 millions dans le secteur de la construction de tunnels.

La question cruciale pour déterminer du caractère responsable d'une politique de sécurité industrielle d'une entreprise est donc de déterminer la valeur de la vie. En fait, il faut se poser la question de ce que chacun est prêt à payer pour augmenter sa propre espérance de vie. L'approche par introspection, la moins fiable, consiste à questionner les gens sur leur propension à payer pour éviter un risque d'accident mortel. Mais cette méthode n'offre pas de garantie concernant la précision ou même la réalité de la valeur obtenue. Au contraire, une méthode basée sur l'observation des comportements réels de protection face aux dangers mortels est plus prometteuse. Si l'individu observé est rationnel, il ne réalisera que les investissements dont le coût par année de vie gagnée en moyenne est inférieur à la valeur qu'il accorde à cette année. Votre choix d'acheter une voiture dotée d'airbags constitue un exemple typique entre santé et argent. Implicitement, lorsque qu'un individu décide d'acheter ou non l'option ABS ou airbags, il effectue un arbitrage entre années de vie (en espérance) et richesse.

Bien entendu, l'argent n'est pas un bien en soi. L'argent n'a de valeur que pour les biens qu'il permet de se procurer.

Le célèbre film « Le salaire de la peur » nous montre un exemple dans lequel un individu accepte de mettre en péril sa vie en échange d'une compensation financière. De façon moins extrême, plusieurs économistes du travail américains ont pu montrer que les postes de travail plus exposés à un risque étaient mieux compensés en termes de salaire. C'est le prix du risque que les employeurs doivent payer pour attirer des candidats à ces postes dans un marché du travail concurrentiel. Dans un marché du travail compétitif et de plein emploi, le différentiel de salaire entre deux postes de travail identiques en tout point excepté pour la sécurité nous donne une indication sur la valeur que les travailleurs donnent à leur propre vie. Supposons que le poste le moins sécurisé implique une augmentation du risque de décès de l'ordre de 1/5000 par an. Si on observe un différentiel de salaire annuel de 1000 € entre les deux emplois, c'est que la valeur de la vie humaine est égale à 5 000 000 €. En particulier, elle ne pourrait être supérieure à cette valeur pour ceux qui ont accepté cet emploi. Utilisant cet argument de préférence révélée, les études américaines ou anglaises sur ce sujet nous donnent une valeur de la vie humaine comprise entre 2 et 10 millions d'euros.

En conséquence, il serait socialement désirable que les entreprises mettent en œuvre toutes les stratégies de sécurité industrielle et sanitaire dont le coût par vie statistique est inférieur ou égal à cette valeur. Ceci peut être mis en œuvre en imposant une règle d'indemnisation d'un tel montant à toute famille de victime, de manière à forcer les entreprises à assumer les conséquences sociales de leurs actes. Différents éléments rendent cette méthode difficile à mettre en œuvre, comme par exemple la difficulté pour la justice à repérer les responsables. Dans ce cas, l'ISR peut influencer positivement les entreprises qui sous-évaluent manifestement la vie humaine dans leurs stratégies.

c - Prise en compte du risque

Dans de très nombreux cas concrets d'évaluation de la responsabilité sociale des entreprises et des industries, l'indécidabilité est avancée à cause de l'importance des incertitudes dans l'estimation des coûts et des bénéfices sociaux et environnementaux. Le principe de précaution est alors souvent invoqué pour favoriser le statu quo sur l'innovation. Quel devrait être la position des fonds ISR face à la promotion ou au rejet du progrès scientifique et technique ? Ici aussi, ont été développées des méthodes quantitatives pour trancher sur le caractère socialement responsable des investissements en incertitude.

Prenons l'exemple d'une innovation qui, si elle était mise en œuvre à travers le monde, permettrait d'accroître le PIB mondial uniformément de 1%, aujourd'hui et pour toujours. Néanmoins, une incertitude prévaut sur les conséquences environnementales. En fait, il y a une chance sur 100 que le PIB mondial soit en fait diminué de 10%, maintenant et pour toujours, suite à la mise en œuvre de cet investissement. Est-il en conséquence irresponsable de mettre en œuvre cette innovation ? Les fonds ISR devraient-ils désinvestir dans l'entreprise qui détient le brevet dès que ce risque a été mis en évidence ? Pour répondre à cette question, il faut pondérer les gains et les pertes potentiels. Manifestement, en termes d'espérance, le projet est attractif, mais la prise en compte de l'aversion au risque des ménages pourrait renverser la décision. En effet, nous savons que les êtres humains subissent une perte d'utilité supérieure pour une chute donnée de leur consommation qu'ils n'augmentent leur utilité pour une augmentation d'intensité équivalente de cette consommation. Au début du XVIIIe siècle, Daniel Bernoulli a utilisé cet argument pour expliquer l'aversion au risque, et le Prix Nobel

Daniel Kahneman a étoffé cet argument de la notion d'aversion aux pertes dans sa théorie des perspectives. Avec Amos Tversky, il suggère comme leçon des expériences qu'ils ont menées que les pertes « comptent double ». Un euro de perte a autant d'effet sur le bien-être que deux euros de gain. Si on utilise cette métrique, l'impact d'un risque d'un gain de 1% avec probabilité 99% et d'une perte de 10% avec probabilité 1% reste socialement désirable. Il faudrait en fait que chaque euro perdu vaille 10 euros de gain pour retourner la préférence sociale.

Plus généralement, les économistes recommandent que l'évaluation d'actes collectifs aux conséquences incertaines fasse l'objet d'une évaluation socio-économique basée sur son impact sur l'espérance d'utilité des parties prenantes, où l'utilité de celles-ci est une fonction concave de leurs consommations. Ceci permet de déterminer un impact « équivalent certain », c'est-à-dire l'accroissement de consommation certaine qui aurait le même effet sur le bien-être des parties prenantes que le risque qu'on leur impose effectivement. C'est cet impact équivalent certain qui doit être pris en compte dans l'analyse coût-bénéfice. La calibration de ce modèle sur base des degrés d'aversion au risque communément considérés comme raisonnables¹⁷ indique que la réalisation de ce projet a un impact sur le bien-être collectif équivalent à une hausse certaine du PIB mondial comprise entre 0.86% et 0.88%.

Dans la plupart des cas, la probabilité de catastrophe est très complexe à estimer, ce qui introduit une incertitude beaucoup plus radicale que celle représentée dans le paragraphe précédent. C'est dans ce contexte que le Principe de Précaution prend toute sa signification. L'incertitude sur la probabilité de catastrophe doit recevoir un traitement particulier dans l'évaluation ISR des projets d'investissement. En effet, l'observation des comportements individuels a amplement démontré l'existence d'une aversion à l'ambiguïté qui se surimpose à l'aversion au risque des ménages. On doit à Daniel Ellsberg (1961)¹⁸ d'avoir mis en évidence les conséquences de l'incertitude sur les choix des acteurs. Le jeu d'Ellsberg porte sur une urne contenant des boules dont certaines sont blanches et d'autres noires. On tire au hasard une boule de l'urne et le joueur reçoit un prix si la boule tirée est de la couleur qu'il a préalablement choisie. Dans la version « risquée » du jeu, le joueur sait que l'urne contient autant de boules blanches que de boules noires. Dans sa version « incertaine », on ne lui donne aucune information sur la composition de l'urne. De nombreuses études menées en laboratoire ont montré une nette préférence pour la version risquée du jeu. C'est un paradoxe puisque les joueurs sont en général indifférents à parier sur noir ou blanc, révélant ainsi une probabilité de 1/2 de gagner dans l'un ou l'autre jeu. Si les risques sont les mêmes, pourquoi donc les valoriseraient-ils différemment ? La raison s'en trouve dans l'aversion au caractère ambigu de la probabilité de gagner dans le jeu incertain. Cette aversion à l'incertitude se rajoute à l'aversion au risque pour créer une fuite vers la qualité, mesurée non pas par l'absence de risque mais par l'existence de probabilités objectives.

L'ampleur de la fuite vers la qualité observée depuis neuf mois est révélatrice de l'intensité de cette aversion à l'incertitude. Une étude menée à l'université de Toulouse par Laure Cabantous (2007)¹⁹ auprès d'actuaire français permet de se faire une idée du problème. Elle leur a d'abord demandé de fixer le prix d'une probabilité de 2 ‰ de perdre 1,5 million d'euros : en moyenne les actuaire l'estimaient à 35 % de la perte espérée. Dans une deuxième expérience, on leur expliqua que les experts reconnaissaient leur incapacité à établir une probabilité

¹⁷ On prend une aversion relative au risque comprise entre deux et quatre.

¹⁸ Ellsberg, D., Risk, ambiguity, and the Savage axioms, *Quarterly Journal of Economics*, 75, 1961, pp. 643-69.

¹⁹ Cabantous, L., Ambiguity aversion in the field of insurance : insurers' attitude to imprecise and conflicting probability estimates, *Theory and Decision*, 2007.

objective mais que celle-ci était certainement comprise entre 1 et 3 ‰. La prime moyenne de risque monta à 78 % ! Et quand on expliqua que les experts étaient en désaccord entre eux, la moitié estimant la probabilité à 1 ‰ et l'autre moitié à 3 ‰, alors la prime de risque monta à 88 % ! Dans ce dernier cas, plus d'un actuair sur cinq aurait recommandé à son employeur de ne pas accepter ce risque, quel que soit son prix du marché.

Est-ce que ce comportement est rationnel ? Correspond-il à la nature des préférences de l'être humain dont les gestionnaires de fonds ISR devraient s'inspirer quand ils contemplent la possibilité d'investir dans les nouvelles technologies, les OGM ou le nucléaire ? Je pense personnellement que ces expériences nous enseignent beaucoup, et que nous serions bien inspirés d'en tenir compte pour transformer le principe de précaution en un outil opérationnel permettant de trancher l'indécidable en situation d'incertitude. Avec mes collègues toulousains, nous y travaillons en menant de front à la fois des travaux théoriques et expérimentaux sur ces questions.

d - Prise en compte du temps et des générations futures

Les questions de développement durable mettent en œuvre des coûts et des bénéfices étalés sur des temps longs. Comment appréhender l'évaluation sociale d'actions impliquant des sacrifices pour certaines générations, et des bénéfices pour d'autres générations ? Aujourd'hui, notre Société est assaillie de questionnements sur l'impact de notre style de vie sur le bien-être des générations futures. Des voix s'élèvent qui demandent plus de responsabilité écologique en mettant en œuvre des actions qui impliquent d'importants sacrifices aux générations actuelles. La lutte contre l'effet de serre ou la gestion des déchets illustrent ces questions. Certains proposent de tels sacrifices qu'ils conduisent à la décroissance. Les fonds ISR seront donc amenés à prendre position sur ce qu'est la responsabilité sociale et environnementale dans le cadre du développement durable, et sur l'intensité de nos efforts en faveur des générations futures.

Là encore, une approche pragmatique peut être basée sur l'évaluation des actions au cas par cas. Ils ont été par exemple impliqués dans la rédaction du dernier rapport du GIEC, et interagissent avec l'équipe de Nicholas Stern à l'origine du « Stern Review », en particulier sur le sujet crucial du taux d'actualisation. Imaginons que nous contemplions un projet d'investissement qui produise 10 euros dans 200 ans par euro investi aujourd'hui. Est-il socialement responsable d'investir dans un tel projet ? Si l'on part du principe que tout ce qui accroît le bien-être des générations futures est bon à prendre, un tel projet serait désirable. Néanmoins, si la rentabilité du capital est de 4% dans l'économie, chaque euro placé dans l'infrastructure productive de la nation plutôt que dans le projet considéré, rapportera dans 200 ans $1.04^{200} = 2550$ euros. Ainsi, la mise en œuvre d'un tel projet pourrait bien réduire le bien-être des générations futures s'il est financé au détriment des autres investissements dans l'économie plutôt que par une réduction de la consommation actuelle des ménages. Cet argument d'arbitrage milite pour que les fonds ISR actualisent les bénéfices futurs au taux de rentabilité du capital quand ils évaluent le degré de responsabilité sociale des projets.

La question que pose le changement climatique, comme d'ailleurs d'autres grands enjeux de développement durable (OGM, nucléaire, biodiversité,...), c'est de savoir ce que nous serions prêts à sacrifier de notre consommation courante pour améliorer la consommation des générations futures. Evidemment, la réponse à cette question dépend crucialement de ce que nous anticipons du niveau de développement de ces générations. Si nous croyons que la croissance du PIB réel sera de 2% par an, comme ce fut le cas sur les 2 derniers siècles dans les

pays développés, la consommation des ménages dans 200 ans sera plus de 50 fois supérieure à celle d'aujourd'hui. Intuitivement, on comprend que par cet « effet richesse », on ne sera prêt à ce que nous, les moins bien lotis, acceptions de sacrifier de notre richesse pour augmenter celle de nos riches descendants que si la rentabilité de cet investissement est supérieure à un niveau minimum, appelé « taux d'actualisation ». Evidemment, ce taux dépendra de notre aversion aux inégalités de consommation dans le temps, ou entre générations. Comme pour l'aversion au risque, cette aversion aux inégalités peut s'expliquer par le fait que l'utilité marginale de la consommation est décroissante avec le niveau de cette consommation. Augmenter la consommation d'un riche à un effet moindre sur son utilité que si cette augmentation de consommation était allouée à un pauvre. On peut estimer cette aversion en observant comment les jeunes ménages acceptent de sacrifier leur propre consommation courante en épargnant pour augmenter leur propre consommation future, malgré la croissance anticipée de leurs revenus. Cette approche conduit en général à recommander un taux d'actualisation qui soit le double du taux de croissance économique. Il sera donc égal à 4% dans ce cas.

Evidemment, cette analyse classique des économistes (elle date de Frank Ramsey (1928)²⁰) repose sur l'absence d'incertitude sur le taux de croissance économique, une hypothèse intenable quand on l'applique sur des durées si longues. Est-ce que les incertitudes radicales qui prévalent sur le long terme invalident l'ensemble de l'argument ? En tout cas, elles nous forcent à nous poser la question du sens profond de la notion de « développement durable ». La science pourrait-elle perdre sa voix quand elle est confrontée à tant d'incertitude ? Ce serait faire injure à quatre siècles de réflexion savante sur le risque, depuis Blaise Pascal et Daniel Bernoulli, jusqu'aux nombreux Prix Nobel d'économie qui ont travaillé sur le sujet (Robert Lucas, Daniel Kahneman, Paul Samuelson, Kenneth Arrow...).

Ici aussi, on peut éclairer la décision collective en étudiant comment les jeunes ménages réagissent eux-mêmes quand ils sont confrontés à des incertitudes sur leur consommation future. Les multiples études sur ce sujet montrent que cette incertitude accroît leur « épargne de précaution », un sacrifice courant pour mieux affronter l'incertitude future ! De même, l'incertitude sur la croissance du PIB doit collectivement nous inciter à plus d'efforts, ce qui est fait en abaissant le taux d'actualisation. De plus, comme cette incertitude s'accumule massivement quand on passe des décades aux siècles, cet argument de précaution nous impose de prendre un taux d'actualisation d'autant plus faible que l'horizon temporel est éloigné. Mes travaux scientifiques²¹ sur le sujet ont conduit l'Etat français, dans le rapport Lebègue (2005), à adopté un taux de 4% pour actualiser des bénéfices antérieurs à 30 ans, mais un taux de 2% pour actualiser des bénéfices se réalisant au-delà de 30 ans. On est plus très loin des 1.4% implicitement utilisés par l'équipe du Stern Review ! Notons que mon collègue Martin Weitzman, de l'Université Harvard, utilisant le même type d'argument basé sur la précaution²², va jusqu'à recommander un taux nul, voire négatif, pour des horizons longs ! Je m'oppose à un tel résultat.²³

Notre responsabilité sociale vis-à-vis des générations futures justifie donc d'actualiser les bénéfices futurs des investissements dont les fonds ISR considèrent l'intégration dans leurs

²⁰ Ramsey, F.P., (1928), A mathematical theory of savings, *The Economic Journal*, 38, 543-59.

²¹ Gollier, C., (2002), Time horizon and the discount rate, *Journal of Economic Theory*, 107, 463-473.

²² Weitzman, M.L., (2007), Subjective expectations and asset-return puzzle, *American Economic Review*, 97, 1102-1130. Voir aussi Gollier, C., (2008), Expected net present value, expected net future value, and the Ramsey rule, mimeo.

²³ Gollier, C., (2008), Discounting with fat-tailed economic growth, *Journal of Risk and Uncertainty*, 37, 171-186.

portefeuilles. Ce taux, s'il est faible, n'est pas nul. Il balance la nécessité long-termiste de la finance et la prise en compte équilibrée des générations présentes et futures.

e - Prise en compte des populations vulnérables et de la réduction des inégalités

Les conséquences sociales d'un dommage, financier ou extra-financier, dépendent de l'état initial et de l'environnement des individus doivent l'affronter. Un individu capable de réagir à un tel dommage en mettant en œuvre une stratégie correctrice efficace souffrira moins qu'un autre qui ne dispose pas de cette flexibilité. Parallèlement, une même perte financière aura des conséquences bien plus dramatiques si elle est subie par un individu au bord du minimum de subsistance que par un représentant de la classe moyenne. Encore une fois, c'est parce que l'utilité marginale de la richesse n'est pas constante. Au contraire, elle est décroissante avec la richesse. Un agent économique socialement responsable se doit d'intégrer cette différenciation dans l'évaluation de ses actions. Cette caractéristique conduit à une aversion aux inégalités au sein d'une même génération.

On peut par exemple appliquer cette intuition à l'évaluation des délocalisations au regard de la responsabilité sociale des entreprises. D'une part, ce risque de délocalisation rend les travailleurs peu qualifiés des pays industrialisés vulnérables, ce qui constitue une perte sociale compte tenu de leur propre aversion au risque. D'autre part, les délocalisations tendent à réduire les inégalités sociales au niveau de la planète, comme on peut le voir par exemple dans les BRIC. Encore faut-il que le niveau des salaires soient compatibles avec la productivité du travail dans le pays d'accueil de manière à ce que le transfert de l'emploi bénéficie au plus grand nombre plutôt qu'à enrichir la caste dirigeante par exemple. De plus, il faut aussi pouvoir tenir compte que ces délocalisations tendent aussi à réduire le prix des produits à la consommation, ce qui est aussi socialement responsable. On voit que la prise en compte de la réduction des inégalités est un sujet complexe, et que la responsabilité des entreprises dans ce domaine ne peut se limiter à des commentaires souvent outrancièrement simplificateurs, comme dans les débats sur les délocalisations.

4 - Conclusion

Le développement des fonds « Investissement Socialement Responsable » constitue un signal fort dans notre Société où une proportion grandissante de la population a pris conscience de sa responsabilité envers les générations futures. J'ai montré le rôle que ces fonds peuvent jouer pour faire changer le monde. En offrant une prime dans le financement d'entreprises œuvrant en faveur de la prise en compte des caractéristiques extra-financières de leurs projets d'investissement, les fonds ISR incitent les entreprises à internaliser ces éléments dans leurs décisions. A court et à moyen terme, cette baisse présente et à venir du coût du capital des firmes vertueuses permet d'améliorer la performance financière des fonds ISR. Néanmoins, en régime permanent, lorsque la collecte de ces fonds sera stabilisée, on peut anticiper la fin de cette surperformance.

Dans la deuxième partie de ce texte de synthèse, une méthodologie générale de l'évaluation du degré de responsabilité sociale et environnementale des projets et des actifs a été développée. En effet, les fonds ISR ne peuvent se limiter à l'établissement de grands principes généraux dans leur choix d'actifs. La maturité du secteur nécessite d'aller plus loin, en construisant les outils d'une évaluation efficace de l'ISR qui intègre dans l'analyse l'ensemble des caractéristiques extra-financières des projets et des actifs. Ces outils doivent être basés sur la

fixation de *valeurs* : valeur de la vie, valeur du carbone, valeur du risque, valeur du temps, et sans doute bien d'autres valeurs encore. En fixant des valeurs aux dimensions extra-financières des projets, on améliore en effet leur comparabilité, et on assure la consistance globale des évaluations. On s'assure que seuls les projets les plus performants, au sens du bien commun, seront mis en œuvre. En choisissant une valeur unique aux choses qui n'ont pas de prix et pas de marché, et en permettant aux citoyens d'exercer leur libre arbitre sur la base de ces valeurs à travers les fonds ISR, on restaure l'optimum social mis à mal par des marchés inefficaces et des entreprises par ailleurs trop peu incitées à agir en faveur du bien commun.

Certes, les connaissances sur la valeur de ces dimensions extra-financières demeurent imprécises. Il est de la responsabilité des fonds ISR de les fixer aux niveaux qu'ils considèrent compatibles avec les aspirations des ménages qui leur font confiance. Cet effort de recherche de valeurs de l'ISR rendra toute la démarche plus crédible et plus transparente. Il évitera toute sorte d'extrémismes de parties prenantes aux agendas opportunistes, et assurera la capacité des fonds à justifier leurs décisions. Il fondera une ère de finance durable et d'investissements responsables que nous appelons tous de nos vœux.

L'investissement socialement responsable en France : Etat des lieux et perspectives

Patricia CRIFO²⁴

Que ce soit aux Etats-Unis ou en Europe, près d'un dollar investi sur neuf l'est aujourd'hui au moins partiellement dans une perspective d'investissement socialement responsable (ISR), c'est-à-dire en tenant compte à la fois d'anticipations financières et de critères extra-financiers portant sur la performance sociale ou environnementale par exemple (EURO SIF 2008, US SIF 2008, EFAMA, 2008).

Dans la plupart des pays développés, l'ISR est progressivement sorti d'un marché de niche réservé à des investisseurs individuels militants « éthique » pour intégrer les pratiques d'acteurs plus classiques comme les grands fonds de pension. Cette croissance constitue un levier de « mainstreaming » de l'ISR, c'est-à-dire de convergence entre gestion d'actif classique (ou mainstream) et ISR (finance durable ou verte), et pourrait conduire la finance traditionnelle à s'engager plus directement en faveur d'activités liées à la croissance verte c'est-à-dire ayant de meilleures performances environnementales, sociales et de gouvernance (Crifo et Mottis, 2010).

Peut-on voir alors dans l'ISR un instrument original de financement de la croissance verte ?

Plusieurs types de fonds ISR co-existent en pratique. Historiquement, les « fonds éthiques » sont apparus aux Etats-Unis dans les années 1920 en s'appuyant sur les visions morales de leurs promoteurs - des congrégations religieuses - afin d'exclure tout investissement dans les industries du « péchés » (sin stocks) : alcool, jeu, pornographie... Les « fonds socialement responsables » qui se sont développés dans les années 1960 s'appuient sur les valeurs morales, pas forcément religieuses, d'ONG, associations de consommateurs ou syndicats, en appliquant des critères de sélection liés aux droits de l'homme, à l'environnement ou à la qualité des produits. Depuis les années 1990, les « fonds de développement durable » utilisent des critères de sélection des investissements avec un objectif de performance à long terme couplée à une volatilité réduite. Ils s'adressent notamment à des fonds de pension et comportent parfois une dimension significative d'activisme actionnarial (action auprès des dirigeants pour infléchir le pilotage de l'entreprise). Ces fonds peuvent laisser penser que le mainstreaming de l'ISR

²⁴ Univ. Paris Ouest et Ecole Polytechnique. Patricia.crifo@polytechnique.edu

pourrait permettre de promouvoir les objectifs de croissance verte sur les marchés financiers, via les dimensions environnementales, sociales et de gouvernances (ESG) des investissements réalisés.

En Europe, les actifs strictement ISR représentent plusieurs dizaines de milliards d'euros et connaissent un développement particulièrement rapide. En outre, contrairement aux pays anglo-saxons qui développèrent historiquement l'ISR sur des bases éthiques, l'Europe continentale se caractérise d'abord par une approche financière de sélection positive (dite « best in class ») qui vise à retenir en priorité les firmes qui ont les performance ESG (Dejean, 2006).

A ce titre, le marché français de l'ISR est le plus dynamique d'Europe, avec une croissance de plus de 600% entre 2005 et 2007 (Eurosif, 2008). L'approche dominante y est celle du « best in class » avec l'objectif clair de se diffuser vers la gestion d'actif classique (Europlace, 2008). La diffusion des critères ISR aux fonds conventionnels (non ISR) est très intéressante de ce point de vue : en 2009, 63% des actifs gérés dans les fonds classiques français incorporait au moins un critère ISR alors que les fonds ISR au sens strict ne représentaient que 2% des actifs sous gestion (Novethic 2009, Arjaliès, 2009).

Toutefois, cette tendance est récente et reste à confirmer. En effet 70% de l'ISR en France concerne actuellement la gestion taux (fixed income), segment pour lequel les investissements sont réalisés selon un arbitrage permanent de taux dans lequel l'ISR a peu de sens (Arjaliès, 2010).²⁵

C'est donc plus vraisemblablement la co-existence du développement de l'ISR comme marché de niche, notamment les fonds verts, avec un processus de mainstreaming qui peut représenter une source intéressante de financement de la croissance verte.

Le développement de ce marché appelle néanmoins une plus grande transparence sur les critères, avec par exemple la création de labels appropriés (le récent label Novethic représente à ce titre une expérience intéressante).

²⁵ La « gestion action » (« equity investment ») désigne l'achat de titres en anticipation d'une augmentation de leur valeur sur le marché. La « gestion taux » (« fixed-income investment ») désigne le fait de prêter des sommes à un emprunteur, qui doit ensuite verser régulièrement un intérêt et rembourser l'emprunt après une période donnée.

La mutation énergétique face aux contraintes budgétaires

Dominique BUREAU²⁶

La plupart des grands pays et des organisations internationales ont élaboré des scénarios de transition énergétique pour répondre au défi du changement climatique, dont notre Grenelle constitue le prototype. La prise de conscience des menaces associées à la poursuite des tendances actuelles d'émissions de gaz à effet de serre avait alors été concomitante à une conjoncture macroéconomique marquée par le besoin de soutenir l'activité, facilitant l'inscription budgétaire des programmes d'investissements correspondants. Mais leur priorité est questionnée aujourd'hui dans un contexte macroéconomique différent, dominé les contraintes sur les dettes publiques. De plus, la réalisation de ces projets apparaît souvent moins spontanée, ou facile, en termes de mobilisation des financements, que ce qui était envisagé au moment du lancement du Grenelle, par exemple.

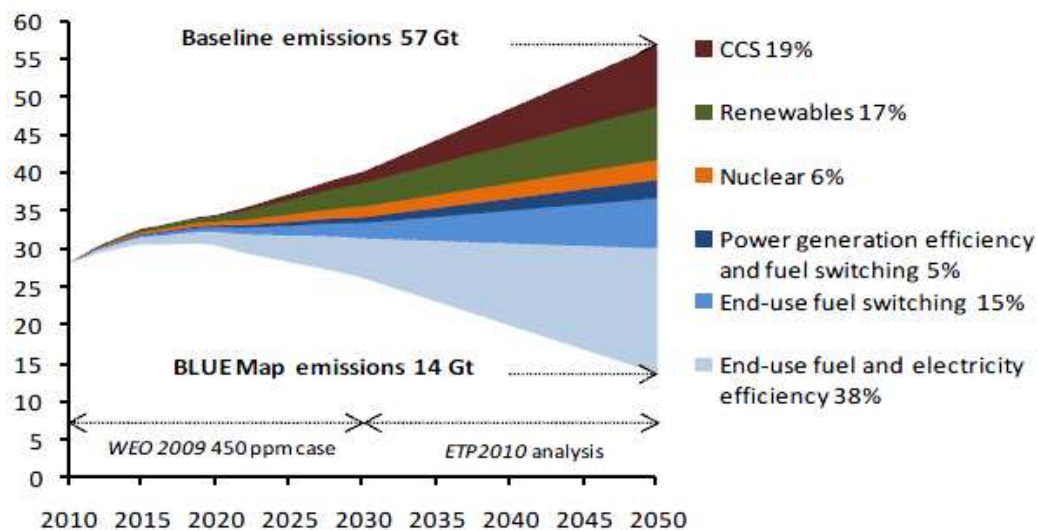
Tirant les leçons d'un modèle de croissance très stylisé développé en annexe, on se propose de confirmer la pertinence macroéconomique des stratégies sectorielles de type Grenelle (ou « Blue map » de l'AIE), caractérisées par le souci d'engager tôt le processus de transition, pour préparer l'avenir et assurer notre compétitivité. Mais ce nouveau contexte amène à en préciser les conditions de réalisation pour l'Etat : rôle du signal-prix ; partage public-privé ; gouvernance publique, avec, comme maître-mot, la lisibilité des politiques à moyen et long termes, car celle-ci est déterminante pour le déclenchement et le financement des projets.

1 - Les questions

Les scénarios sectoriels à faible contenu de CO₂ mettent en avant des besoins d'investissements très importants. L'Agence Internationale de l'Energie estime qu'il faudra encore multiplier par plus de quatre le rythme des investissements dans les technologies énergétiques peu carbonées d'ici 2030, par rapport à celui (pourtant accru) des trois dernières années. A cela, il faut ajouter tout ce qui concerne les bâtiments, la ville, et les transports... Plus généralement, ces scénarios pour réduire les émissions de CO₂ combinent des efforts importants de maîtrise de l'énergie, et le recours à une gamme très large de technologies (cf. figure 1), affectant tous les usages de l'énergie. Leur mise en œuvre nécessite de nouvelles infrastructures, et en amont de la R&D et de l'innovation, avec une réallocation forte des investissements, des combustibles fossiles vers les technologies propres.

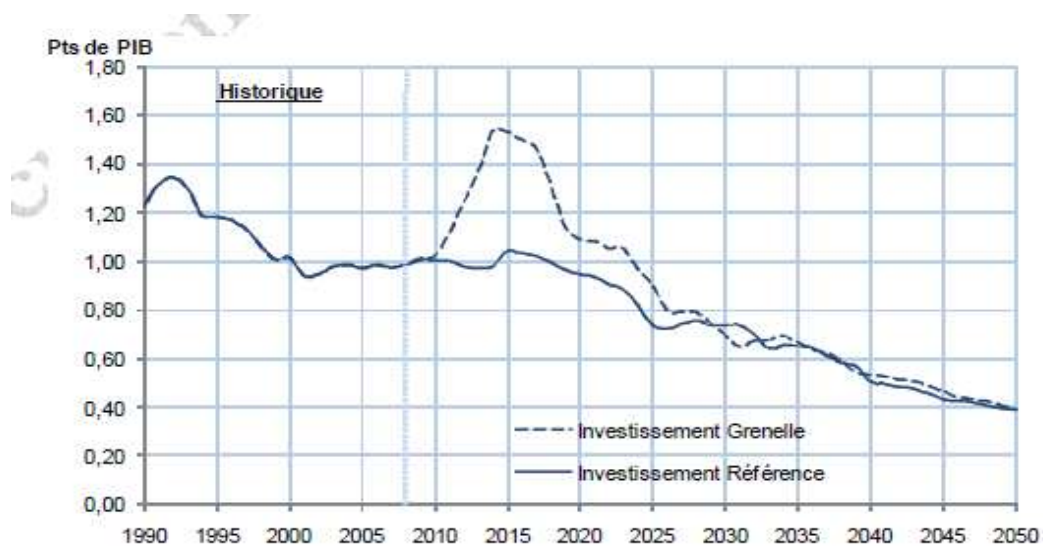
²⁶ Conseil économique pour le développement durable.

Figure 1 : AIE, Energy Technology Perspectives 2010.



Les programmes du « Grenelle de l'environnement » déclinent au niveau national une telle stratégie. La DGT du Ministère de l'économie s'était livrée à un exercice de chiffrage de son volet « transport », pour en apprécier l'ampleur macroéconomique (figure 2).

Figure 2 : Comparaison des volumes d'investissement dans les infrastructures de transport entre le scénario « Grenelle » et le scénario de référence (en points de PIB).



Source : calculs DGTPE

Ainsi, la mise en œuvre du Grenelle apparaissait associée à une « bosse » des volumes d'investissements, atteignant pour ce volet 0.5 point de PIB vers 2015. Etalés sur 2010-2020, l'augmentation d'investissement en ce domaine, par rapport à la période passée récente, serait de l'ordre de +25% à +30%. Les volets « énergie et bâtiment » conduiraient par ailleurs à des profils similaires. Les uns jugent cela considérable. Les autres relativisent ces montants, en notant : que si l'effort supplémentaire est important au niveau sectoriel, il faut le replacer au

niveau macroéconomique ; que des contraintes techniques de réalisation imposeront de fait un certain étalement ; et aussi que les scénarios de référence utilisés sous-estiment de manière générale les besoins d'infrastructures pour la croissance. Il n'en demeure pas moins que, dans un contexte marqué par l'exigence de réduction des dettes publiques, ce type de figure peut suggérer la recherche systématique de l'étalement des dépenses d'investissements ou de R&D initialement envisagées, avec l'idée d'opérer un « recentrage », cette approche se combinant sans doute avec le développement de PPP purement financiers.

L'analyse développée ci-dessous écarte nettement une telle stratégie : après la phase de prise de conscience et l'identification des scénarios qu'a constitué le Grenelle de l'environnement, l'étape suivante doit être celle de la réalisation des investissements de R&D et d'infrastructures nécessaires pour répondre au défi climatique et assurer la sécurité énergétique ; les questions du partage public-privé et du rôle de l'Etat nécessitent une vision économique, et donc d'aller au delà des simples logiques de « débudgétisation » ; maîtriser la dette publique et préparer la transition énergétique sont deux éléments d'une politique de préparation de l'avenir, donc complémentaires et non à opposer ; et les deux sont conciliables si les instruments et gouvernances appropriés sont en place.

2 - Macro et micro – économie de la transition : enjeux d'une ré-allocation du capital pour la croissance verte

Le modèle décrit en annexe vise à préciser le « timing » de la politique d'investissements à mener. Il combine un modèle de croissance très simple, avec une contrainte « plafond » sur un stock d'émissions polluantes, formalisant la contrainte sur les concentrations de gaz à effet de serre compatible avec l'objectif des 2°C. Il considère par ailleurs deux cas polaires : dans le premier, les possibilités de substituer à l'aval la demande énergétique sont importantes ; dans le second, les services énergétiques sont incompressibles. Dans le premier cas, la réduction des émissions résulte principalement des substitutions dans la consommation, de type maîtrise de l'énergie. Dans le second, elle passe par sa « décarbonisation », et nécessite la disponibilité du capital approprié. Les scénarios de l'AIE semblent donc considérer un mix entre ces deux cas polaires.

Il apparaît alors, s'agissant du second cas, que la constitution du capital « vert » nécessaire à la décarbonisation de l'énergie justifie bien un effort d'investissement et d'épargne supplémentaires. Surtout, il faut noter qu'au moment où l'on constate que le plafond d'émissions est plus contraint que ce qui pouvait être imaginé antérieurement, la structure du capital apparaît inadéquate.

En l'absence de coûts d'ajustement, ceci justifierait une ré-allocation immédiate massive du capital disponible vers ce capital « vert », reflétant la rupture associée sur le coût social des émissions. Sinon, il convient de constituer ce capital aussi rapidement que possible, en lui donnant la priorité, par rapport aux autres formes de capital dont la rentabilité marginale relative apparaît un temps plus faible. Ceci légitime donc la « bosse » d'investissements décrite ci-dessus. L'étaler systématiquement reviendrait à pérenniser une structure du capital inappropriée par rapport à ce qui serait souhaitable, et par là à mal préparer l'avenir.

En effet, le rapport Stern avait montré que la prévention du risque climatique se justifie en termes économiques, eu égard à la menace que constituent les scénarios catastrophiques auxquels pourraient être confrontées les générations futures en cas de non action, notamment

les plus vulnérables. Les controverses auxquelles il a donné lieu depuis sa publication ont renforcé cette vision assurantielle des politiques climatiques.

Leur rentabilité économique ainsi calculée demeure cependant une rentabilité « sociale », dont l'essentiel des avantages bénéficie à des générations relativement éloignées. Ceci signifie que cette rentabilité pour la collectivité ne se concrétise pas directement en rentabilité financière pour des investissements privés.

Mais ceci n'implique pas pour autant que ces investissements doivent être réalisés par le secteur public, et financés par l'impôt, car il s'agit non seulement d'investissements dont beaucoup sont localisés chez les acteurs privés (production électrique, matériels de transports, chauffage dans le résidentiel et le tertiaire...), mais aussi parce que les politiques publiques à mettre en place sont d'abord des politiques de « régulation », et en premier lieu d'instauration de prix « écologiques ». Ainsi, la transition énergétique réclame d'abord - et ceci vaut quel que soit le cas étudié - que soit mis en place un prix du carbone, croissant avec le temps. Dans le modèle, cet instrument est nécessaire et suffisant, dès lors que l'on suppose que les instruments de gestion de l'équilibre macroéconomique sont efficaces. Ce résultat appelle cependant quelques commentaires : sur le sens du recours aux instruments économiques pour établir ce prix ; sur les questions plus spécifiques du financement ; et sur le rôle de l'évaluation.

3 - Prix du carbone et financement des investissements verts

L'opportunité d'établir des prix écologiques est souvent présentée en insistant sur le rôle des prix vis-à-vis des comportements à court terme, ce qui est effectivement important : L'AIE a estimé (au niveau mondial), que la simple suppression des « subventions aux énergies fossiles » permettrait de réduire de 7% les émissions de CO₂ à l'horizon 2020.

Mais c'est aussi un élément-clef pour orienter l'investissement, y compris la R&D, qui, sinon, continue à aller vers les produits existants, plus rémunérateurs, ou dit autrement : les prix écologiques orientent la demande pour les produits propres, et par là, déterminent la rentabilité des investissements dans ces secteurs. Pour les éléments les moins « marchands » (carbone, biodiversité), ceci ne peut être fait que par le biais de régulations publiques, créant les prix ou les marchés nécessaires.

Contrairement à ce qui est souvent avancé, l'intérêt financier des écotaxes n'est donc pas tant de dégager une recette fiscale pouvant servir à financer des investissements publics, que de redonner une rentabilité « privée » aux investissements de « décarbonisation » que doivent faire les agents économiques, publics ou privés ; et ainsi, avoir un bon partage public-privé dans la réalisation de la transition énergétique. Si l'on se place du point de vue des Finances Publiques, leur mérite est donc d'abord de permettre de ne pas avoir à faire porter par l'Etat des projets qui devraient relever des agents privés ; et le peuvent donc, les expériences du bonus-malus et de l'ETS montrant comment ces enchaînements vertueux peuvent être engagés.

En revanche, sans signal-prix carbone, il n'y a pas de demande solvable suffisante pour déclencher ces investissements. Ainsi, au niveau mondial, l'absence de visibilité actuelle sur l'évolution des mécanismes Kyoto pousse à l'attentisme des acteurs, ceux-ci ayant même intérêt à retarder l'action pour améliorer leur position de négociation en 2020. De manière similaire, la protection de la biodiversité ne peut dépasser les « dilemmes du prisonnier » que si la valeur des ressources naturelles est établie, pour inciter à la préservation et à leur utilisation soutenable.

En France, un préalable à lever pour établir des prix écologiques est d'ordre juridique. En effet, notre pays ne peut utiliser dans des conditions satisfaisantes les instruments fiscaux, de marché, ou fonciers, dont on observe le développement à l'étranger : l'affirmation suivant laquelle l'éco-fiscalité incitative peut être intégrée aux impositions de toutes natures contributives conduit à la même impasse depuis dix ans ; les marchés de permis ou de droits demeurent établis sur des bases incertaines et insuffisamment régulées ; le cadre des servitudes contractuelles est archaïque ; les articulations ou cohérences à avoir entre ces instruments ne sont pas en place... Une loi organique établissant un cadre pour cet ensemble d'instruments, déterminants pour la mise en œuvre moderne de l'article 3 de la Charte de l'environnement (prévention), semble nécessaire pour lever cet obstacle.

4 - Rareté des financements privés et besoin d'aides publiques

Dans le modèle étudié, sans coûts d'ajustement, et sans imperfections dans la réalisation de l'équilibre macroéconomique, la politique à mettre en place se limiterait à l'instauration de ce signal-prix. D'autres éléments doivent cependant être intégrés, notamment le fait que ces projets ont souvent des durées d'amortissement très longues, et sont risqués. A cet égard, ce ne serait pas tant l'insuffisance globale d'épargne qui constituerait la contrainte, que la capacité à diriger les capitaux vers ces projets de long terme.

Il y a alors potentiellement deux sources d'écarts à combler entre la rentabilité sociale et la rentabilité privée des projets. La première réside dans la nature « environnementale » de leurs bénéfiques, qui profitent aux générations futures, et ne sont pas « internalisés » spontanément dans les comportements d'investissements des agents économiques. Comme on l'a vu, celle-ci nécessite la mise en place des signaux-prix appropriés, notamment pour le carbone. La seconde renvoie à des imperfections des marchés financiers, face à des projets dont l'horizon est particulièrement long et comportant beaucoup de risques.

Là encore, il convient cependant d'examiner en premier lieu ce que peut fournir le marché, et les régulations publiques nécessaires à cette fin, pour délimiter le domaine où les subventions sont nécessaires et préciser leurs modalités. Ce chantier du financement est cependant plus nouveau, et foisonnant, car les instruments à combiner sont divers : Capital-risque ; Fonds ; Tiers-investisseur ; Partenariats public-privés, etc. Il concerne de plus de multiples acteurs (ingénieries diverses, secteur bancaire, assurances, OSEO, ADEME... comme le souligne la contribution de Didier Janci et Alain Quinet).

Il nécessite de considérer spécifiquement trois types de situations : les activités nouvelles et l'innovation ; les infrastructures ; et « l'existant ». S'agissant de projets risqués et longs, les obstacles à lever pouvant justifier des aides publiques se situent à deux moments-clefs :

- Les périodes de recherche ou d'apprentissage, quand les technologies ne sont pas encore matures, ou celles pendant lesquelles les basculements de comportements vers les nouveaux produits ou infrastructures alternatives n'ont pas encore opéré complètement. Celles-ci justifient des subventions (directes, ou différés d'amortissement), et des apports publics en Fonds propres. Normalement, ces interventions peuvent être progressivement réduites. De plus, ceci peut être organisé, sachant qu'annoncer le rythme de diminution des subventions en fonction du taux de pénétration de la technologie considérée demeure plus propice à l'investissement, que

des niveaux d'aides maintenus artificiellement, avec un fort risque réglementaire perçu par les investisseurs ;

- L'assurance vis-à-vis d'aléas plus existentiels pour la réussite de certains projets, lorsque l'on juge que le risque mérite cependant d'être pris. Ceci justifie d'avoir une réflexion sur les garanties d'Etat, non pas conçues pour restaurer à tout coup la rentabilité des opérateurs privés, mais pour partager les risques que le privé ne peut raisonnablement prendre. L'idée que les Etats garantissent un prix plancher du carbone relèverait aussi de ce type de démarche.

5 - L'évaluation des projets publics et des politiques

L'analyse qui précède met l'accent sur la nécessité : de ne pas différer l'engagement de la décarbonisation de nos systèmes énergétiques et de leurs usages malgré l'effort que ceci réclame et qu'il ne faut donc pas occulter ; et sur l'importance d'établir les conditions permettant au privé d'y prendre pleinement sa part, l'Etat exerçant d'abord son rôle de « régulateur », en complétant les lacunes des financements privés. Ceci n'empêche pas cependant que le secteur public a aussi son rôle à jouer plus directement, notamment en matière d'infrastructures et de R&D.

A cet égard, s'il faut donc « d'étalement » systématique de ces projets, qui n'aurait pour impact principal que de différer leurs bénéfices et en accroître les charges d'intérêt intercalaires, il importe en revanche de les optimiser, car toutes leurs composantes n'ont pas la même rentabilité (sociale). Mais « étalement » et « optimisation » procèdent de deux logiques fondamentalement différentes, cette différence se trouvant accrue en pratique par le fait que la mise en avant d'une logique d'étalement favorise inévitablement un biais vers l'engagement des projets qui ne seraient pas les premiers par ordre de mérite. Il en résulte un besoin impérieux de renforcement de l'évaluation économique, qui vaut d'ailleurs aussi pour les réglementations.

Tout d'abord, l'évaluation est nécessaire directement, pour identifier les priorités, ce qui nécessite l'analyse, au cas par cas, des projets ou des réglementations envisagés pour en déterminer le taux de retour et l'ordre de mérite. S'agissant de décisions qui doivent intrinsèquement être prises en situation d'incertitude, l'évaluation est précieuse, en particulier, pour éviter les deux écueils, de la prise de risque excessive d'un côté, mais aussi de la prise de risque insuffisante de l'autre, face à des menaces pourtant documentées, ou vis-à-vis de technologies suffisamment prometteuses pour représenter un fort enjeu de compétitivité.

Le cloisonnement des expertises entre « macroéconomie » et « sectoriel » apparaît par ailleurs comme un fort obstacle à une vision intégrée de la croissance. Dans cette perspective, la commission Stiglitz s'était attachée à définir des mesures plus pertinentes de la croissance, intégrant le développement durable et l'environnement. Ceci a conduit (cf. « le point sur un an de mise en œuvre de recommandation de la Commission Stiglitz », n°64, CGDD, 2010) à créer de nouveaux indicateurs comme « l'empreinte carbone », et à retenir quinze indicateurs associés à la nouvelle stratégie nationale de développement durable. Mais on pourrait en accélérer la mise en œuvre, si l'on dépasse les craintes contradictoires, mais conjuguées, des uns qui portent le souci de la qualité technique des « comptes » ou mesures de la richesse, et celles de ceux qui craignent que ce souci aboutisse in fine à compter pour zéro la dégradation des ressources naturelles, et par là à sous-estimer les coûts de l'inaction.

Un élément, à considérer dans cette perspective est que :

- Arrow, Dasgupta, et Mäler (2003) ont montré, dans des conditions très générales, (« Evaluating Projects and Assessing Sustainable Development in Imperfect Economies ») que les valorisations de ces ressources à utiliser pour l'évaluation des projets, et pour l'évaluation macroéconomique, sont les mêmes ;
- la France a une longue tradition de définition de telles valeurs tutélaires, avec récemment les groupes Lebègue (Taux d'actualisation), Boiteux (Pollution et valeur des décès évités), Quinet (prix du carbone) et Chevassus-au-Louis (biodiversité), et Gollier (en cours, prise en compte du risque).

Ainsi, il serait potentiellement facile d'incorporer ces valeurs, dont la légitimité est forte, dans les rapports des Commissions des Comptes de la Nation, et les présentations qui s'appuient dessus, notamment le Rapport économique et financier au Parlement, qui devrait aujourd'hui accorder systématiquement une place appropriée à la soutenabilité.

Enfin, la transparence des évaluations et la mise en pleine lumière des enjeux est aussi nécessaire pour la bonne gouvernance du processus de « sanctuarisation » des dépenses publiques d'avenir (« Grand Emprunt »), qui sinon risque de : dégénérer dans les jeux bureaucratiques bien connus, où les uns essayent d'y remettre des dépenses courantes (directement ou indirectement en ajustant à dûe concurrence les budgets normaux, ou des mécanismes de droit commun essentiels, comme le Crédit d'Impôt Recherche), les autres d'y placer leurs projets les moins prioritaires, au détriment non seulement de l'efficacité de la programmation, mais aussi de la bonne gestion des projets ; ou d'aboutir, du fait de la fragilité de décisions trop discrétionnaires, à des choix reflétant seulement des « opinions » sur ce que seraient les « bonnes » ou les « mauvaises » filières, et par là essentiellement les capacités d'influence des différentes groupes de pression. A cet égard, l'évaluation est là encore un élément important de la gouvernance, pour assurer que les procédures de sélection et de gestion des projets créent un climat de confiance et une lisibilité propices à l'absence de ces biais.

Annexe : modèle de croissance avec plafond d'émissions

Afin d'appréhender comment les scénarios de transition énergétique élaborés pour répondre au défi climatique affectent l'équilibre macroéconomique, on considère ici un modèle simple²⁷ de croissance, intégrant un plafond sur les émissions de gaz à effet de serre. Celui-ci est exprimé en termes de « stocks », pour formaliser la contrainte sur les concentrations admissibles de ces gaz dans l'atmosphère, au regard des risques climatiques.

L'objectif est d'explicitier simultanément les trajectoires optimales vis-à-vis de ces émissions et les variables macro-économiques (investissement, épargne), et ainsi de caractériser les enjeux de gestion associés, aussi bien sur le plan micro que macro-économique.

1 - Données communes

On considère essentiellement un modèle de croissance à un seul facteur, le capital (K), dont on note (a) la productivité et (δ) le taux de dépréciation. La production brute (Y) vaut donc $Y = a K$, et sert à la fois à la consommation et à l'investissement.

Outre le bien de consommation courant (C) ainsi produit, les ménages consomment des services énergétiques (E). Ceux-ci sont produits à partir de deux « facteurs » : des émissions (F) de gaz à effet de serre²⁸, dont le cumul ne peut dépasser S_0 ; et du capital (H) « vert », permettant de réduire ces émissions. Notant $U(C, E)$ la fonction d'utilité des ménages, ρ leur taux de préférence pour le présent, f la fonction de production des services énergétiques, et supposant les deux types de capital parfaitement substituables, le programme à résoudre est donc de déterminer les trajectoires optimales d'émissions, de production, de consommation et d'investissement, soit :

$$\text{Max} \quad W = \int_0^{\infty} U(C, E) e^{-\rho t} dt$$

s.c

$$(\lambda) \quad \int_0^{\infty} F. dt \leq S_0$$

$$(\mu_t) \quad dK / dt = a(K-H) - C - \delta K$$

$$\text{et} \quad E = f(H, F)$$

On a donc les conditions d'optimalité à chaque instant suivantes :

$$(C) \quad U'_C \cdot e^{-\rho t} = \mu_t$$

$$(F) \quad U'_E \cdot f'_F \cdot e^{-\rho t} = \lambda$$

$$(H) \quad U'_E \cdot f'_H \cdot e^{-\rho t} = a\mu_t$$

$$(K) \quad d\mu / dt = -(a - \rho) \mu_t \quad \text{d'où} \quad \mu_t = \mu_0 e^{-(a - \rho)t}$$

Celles-ci permettent notamment de qualifier la structure des prix permettant de décentraliser ces trajectoires optimales. Prenant à chaque instant le bien courant comme numéraire, celles-ci déterminent :

- un taux d'actualisation égal à $(a - \delta)$, égal à la productivité marginale nette du capital,

²⁷ Et donc spécifique. Mais on peut évidemment replacer celui-ci dans le cadre de modèles plus généraux, étudiés par Dasgupta, Guesnerie, Heal, Smulders, Sterner etc...

²⁸ La dimension fossile des énergies concernées est ici ignorée. Mais elle a été étudiée par Amigues, Chakraworthy, Moreaux, et Schubert, notamment.

- un prix virtuel des émissions $p(t)$ croissant comme ce taux d'actualisation (règle de Hotelling).

2 - « Timing de l'ajustement »

La caractérisation plus avant de ces trajectoires devenant vite complexe, il est plus facile d'en approcher les caractéristiques en considérant d'abord deux cas polaires. Le premier considère que les possibilités de substitution des services énergétiques avec le bien courant au niveau de la consommation des ménages sont relativement aisées, alors que le second considère au contraire un besoin incompressible de tels services. Dans ce dernier cas, le capital « vert » H est donc seul susceptible de compenser la raréfaction nécessaire des émissions de gaz à effet de serre.

Dans ces deux cas, on considère des fonctions simples, caractérisées pour une élasticité unitaire de l'utilité marginale du revenu (Log), et par une fonction de Cobb-Douglas pour la production des services énergétiques, supposant de plus un coefficient unitaire pour le taux de remplacement des émissions par du capital « vert ». L'analyse est ensuite étendue pour caractériser l'ajustement de H à une diminution de S_0 .

2 - 1 Cas 1 - Services énergétiques et consommation substituables

On considère donc :

$$U(C, E = f(H, F)) = (1 - \alpha) \text{Log } C + (\alpha/2) \text{Log } H + (\alpha/2) \text{Log } F$$

Dans ce cas, les aspects sectoriels et la politique macroéconomiques sont largement séparables.

La trajectoire pour les émissions est essentiellement guidée par le taux de préférence pour le présent ρ , qui détermine directement le taux de réduction des émissions au cours du temps. En effet, celle-ci vérifie :

$$F_t = \rho S_0 e^{-\rho t}$$

La constatation à l'instant $t = 0$ que le montant cumulé d'émissions futures admissibles (S_0) serait réduit se traduit donc immédiatement par un ajustement de F_0 à due proportion, la dynamique ultérieure étant guidée par le même taux de réduction (ρ).

La dynamique macroéconomique suit les résultats classiques pour ce type de modèle :

- toutes les grandeurs marchandes croissent au même taux $g = (a - \delta) - \rho$, d'autant plus élevé que la préférence pour le présent est faible. Plus précisément on a :

$$K = K_0 e^{gt}$$

$$C = [(1 - \alpha) / (1 - \alpha/2)] \rho K_0 e^{gt}$$

$$H = (1/a) [(\alpha/2) / (1 - \alpha/2)] \rho K_0 e^{gt}$$

- le taux d'actualisation vérifie la règle de Ramsey puisque $(a - \delta) = \rho + 1.g$
- la trajectoire optimale est à taux d'épargne usuel $(1 - C/Y)$ constant, qui vaut ici

$$s = 1 - [(1 - \alpha) / (1 - \alpha/2)] (\rho / a)$$

Dans ce cas, l'ajustement à une variation anticipée de S_0 se fait donc au niveau de la consommation des ménages, par la maîtrise directe de leurs émissions, sans impact sur ce taux d'épargne. L'impact « macroéconomique » se limite au coût pour ceux-ci (en termes de bien-être) d'avoir à opérer cet ajustement des émissions, mais sans interaction avec la politique macroéconomique.

2-2 Cas 2 - Besoin incompressible de services énergétiques

Il en va tout autrement si les services énergétiques (E) associés aux émissions devra être compensé par un accroissement de capital « vert ».

On considère dans ce cas :

$$U(C) = \text{Log } C \text{ et } E = (H.F)^{1/2}$$

Le rythme de réduction des émissions est alors guidé par le taux d'actualisation, et le taux de compensation entre émissions et capital « vert ». Sous les hypothèses ci-dessus, il vaut $(a - \delta) / 2$. On a donc :

$$F = [(a - \delta) / 2] S_0 e^{-[(a - \delta) / 2] t} \quad (\text{car les conditions nécessaires sur (F) et (H) conduisent à } a E^2 / F^2 = \lambda / \mu_t, \text{ ce qui détermine donc un taux de déplétion optimal } (a - \delta) / 2, \text{ d'où } H = E^2 / F = 2 E^2 / [(a - \delta) S_0]. e^{[(a - \delta) / 2] t})$$

Le montant de capital qu'il serait souhaitable d'affecter pour économiser les émissions vaut, à l'instant initial :

$$H_0 = 2 E^2 / [(a - \delta) S_0]$$

Il est donc inversement proportionnel au stock d'émissions futures admissibles. Si l'on y ajoute les besoins de renouvellement et d'investissement associés pour satisfaire le taux de croissance de ce capital $((a - \delta) / 2)$, c'est globalement une part du capital $K_{HO} = [2a / (a - \delta)] H_0$ qui doit ainsi être consacrée à l'accumulation de celui-ci.

Le capital résiduel disponible pour satisfaire la dynamique de la consommation vaut alors $K_0 - K_{HO}$, et celle-ci devrait croître comme précédemment au taux optimal $((a - \delta) - \rho)$.

Plus précisément, les trajectoires optimales vérifient :

$$K = K_{HO} e^{[(a - \delta) / 2] t} + (K_0 - K_{HO}) e^{[(a - \delta) - \rho] t}$$

$$C = (1 / \mu_0) e^{[(a - \delta) - \rho] t} \quad \text{avec } (1 / \mu_0) = \rho [K_0 - K_{HO}]$$

Dans ce cas, il y a donc des interactions importantes entre la politique de transition climatique et l'équilibre macroéconomique, le taux d'épargne devant être accru lorsque l'on constate que le montant d'émissions futures admissibles apparaît plus contraint que cela était escompté antérieurement.

A l'instant $t = 0$, ce taux vaut en effet :

$$s_0 = (1 - \rho / a) + (\rho / a) (K_{HO} / K_0)$$

L'ajustement de S_0 dans un tel scénario implique donc une augmentation du taux d'épargne usuel pour assurer la progression du capital vert permettant de s'affranchir progressivement des émissions de gaz à effet de serre ($K_{HO} \uparrow$ si $S_0 \downarrow$)

Cependant, l'élément le plus important est en fait la ré-allocation de capital qu'il serait souhaitable de réaliser au sein de K_0 , en amont, immédiatement à cet instant.

En effet, la constatation d'une acuité plus élevée des contraintes climatiques ($\Delta S_0 < 0$) implique une « rupture » dans la trajectoire du coût social des émissions, qui se trouve alors accru. Il en résulte que la productivité marginale du capital « vert » devient supérieure à celle du capital productif commun, justifiant cette réallocation. En l'absence de coût d'ajustement, celle-ci peut être immédiate. Sinon, il est normal que le processus d'accumulation du capital privilégie nettement la constitution de capital « vert », tant que n'est pas atteinte la structure optimale dans l'affectation du capital.

2-3 Typologie des transitions vertes

On peut aller au delà de ces deux cas polaires en considérant de manière générale, le cas suivant :

- $U(C) = u[C + v(E)]$, avec u et v concaves, et v déterminant une fonction de demande pour les services énergétiques d'élasticité notée η
- f fonction de production des services énergétiques, CES à rendements constants, et élasticité de substitution notée σ

En l'absence d'effet-revenu au niveau de la consommation, la demande de services énergétiques (E) et celle des facteurs nécessaires à leur fourniture (H et F) correspondent simplement aux demandes résultant : de prix de facteurs égaux à a pour H , et à $p_0 e^{(a-\delta)t}$ pour F , et du coût unitaire en résultant compte tenu de la structure des facteurs face à ce coût.

Il en résulte immédiatement, compte tenu de la contrainte de plafond d'émissions, qu'une diminution de S_0 accroît p_0 , et par là, $p(t)$ à tout instant. En effet, à niveau de production (E) donné, la demande de chaque facteur est décroissante de son prix. Par ailleurs, l'augmentation du prix de l'un d'entre eux augmente le coût unitaire, et réduit donc la demande de service énergétique. Une variation de p déclenche alors deux effets cumulatifs, de substitution au sein de la production, et au sein de la consommation, qui tendent à réduire F à tout instant. Une réduction de S_0 accroît donc p_0 , et ce d'autant plus que les deux élasticités correspondantes sont faibles.

Au niveau du « capital vert » H , les deux effets jouent en revanche de manière contradictoire. Plus précisément, l'impact d'une réduction de S_0 se traduit (sur la trajectoire optimale) :

- par une augmentation de H_0 , et plus généralement de H , si $\sigma \geq \eta$. Le second cas illustre cette situation (avec $\sigma = 1$ et $\eta = 0$) ;
- par une diminution de H_0 , et plus généralement de H , si au contraire $\sigma < \eta$, auquel cas l'ajustement passe d'abord par la réduction de la demande d'énergie (cf. 1^{er} cas).

Dans ce qui précède, on a par ailleurs considéré qu'une ré-allocation du capital était possible à tout instant, ce qui permettait de repérer le sens de la ré-allocation souhaitable du capital. Si l'on considère que les deux formes de capital sont non substituables, des contraintes complémentaires sur l'évolution de H et de $K - H$ sont à introduire. Fondamentalement, celles-ci impliquent que l'investissement devra privilégier un temps la forme de capital « manquante », donc la constitution de H , par exemple, si l'on considère que le second cas est le plus plausible.

Prix du carbone, catalyseur d'une nouvelle croissance

Christian de PERTHUIS²⁹ et Boris SOLIER³⁰

Le passage à la « croissance verte » implique un redéploiement des ressources économiques qui prenne davantage en compte les impacts des modes de croissance actuels sur l'environnement. Un tel redéploiement ne peut s'opérer de façon spontanée car le système existant des prix n'exprime que très imparfaitement les risques et les coûts provoqués par la dégradation des ressources naturelles. Une intervention de l'autorité publique est donc justifiée pour corriger cette défaillance du marché. Pour que cette intervention soit efficace et ne s'effectue pas au détriment de la croissance économique, la majorité des économistes préconise d'internaliser les coûts environnementaux dans les prix, au moyen de taxes environnementales ou de systèmes de plafonnement et d'échange de permis d'émission.

Dans le domaine du changement climatique, une telle tarification s'est développée, au plan international avec les mécanismes de compensation carbone hérités du protocole de Kyoto, au plan européen avec le système d'échange de quotas de CO₂. Le projet de mise en place d'une « contribution climat-énergie », abandonné par le gouvernement en mars 2010, visait à étendre cette tarification à l'ensemble des émissions françaises d'origine énergétique. Un tel prix du carbone est un instrument de financement direct de la croissance verte : les acteurs sont incités à réduire leurs émissions sitôt que leur coût d'abattement est inférieur au prix du carbone indiqué par la taxe ou le marché de permis. L'apparition d'un prix du carbone peut également contribuer au financement de la croissance verte, via l'utilisation de la « rente carbone » qui est une nouvelle valeur économique créée par le rationnement des droits à émettre. Ce deuxième volet est particulièrement important en période de disette budgétaire.

Cette contribution vise à montrer les liens existants entre le financement de la croissance verte et l'apparition d'un prix du carbone dans le circuit économique. Elle rappelle dans un premier temps les outils d'analyse pertinents, en mettant l'accent sur le concept de « rente carbone ». Elle examine ensuite les possibilités qu'offrent les instruments existants de tarification du carbone pour contribuer au financement de la croissance verte en France, en intégrant notamment le rôle qu'aurait pu jouer la mise en œuvre d'une taxation du carbone dans le secteur des émissions diffuses. La conclusion souligne la faible utilisation actuelle des mécanismes de tarification du carbone pour le financement de la croissance verte en France et s'interroge sur les voies de leur renforcement.

²⁹ Professeur d'Economie à l'Université Paris-Dauphine, Directeur scientifique de la Chaire Economie du Climat.

³⁰ Doctorant en Sciences économiques à l'Université Paris-Dauphine, Chercheur à la Chaire Economie du Climat.

1 - Qu'est-ce que la rente carbone ?

Pour bien comprendre le lien entre prix du carbone et financement de la croissance verte, il convient de rappeler les mécanismes économiques de base. En mettant en place un prix du carbone, au moyen d'une taxe ou d'un marché de permis, les pouvoirs publics créent une nouvelle valeur économique : la rente carbone. Le système européen des quotas de CO₂ a reposé sur le plafonnement initial de deux milliards de tonnes de CO₂ émises par les installations industrielles les plus importantes. Avant le démarrage de ce marché, ces deux milliards de tonnes n'avaient pas de valeur marchande. Depuis janvier 2005, date de lancement du marché européen du carbone, ces deux milliards valent entre 20 et 50 milliards d'euros suivant le cours du quota sur le marché. Cette nouvelle valeur est une rente de rareté, créée artificiellement par l'autorité publique qui a plafonné les émissions. Dans le cas de l'introduction d'une taxe carbone, il y aurait apparition d'une rente fiscale, associée au pouvoir de monopole qu'a l'autorité publique en matière de levée d'impôt : pour un taux de 17 euros la tonne de CO₂, la contribution climat-énergie devait générer des recettes fiscales annuelles de l'ordre de 4 à 4.5 milliards d'euros.

Les règles de formation de la rente carbone s'apparentent à celles d'autres rentes de rareté, comme la rente pétrolière : le pétrole est une denrée non renouvelable. Elle est donc marquée par une certaine rareté qui s'accroît avec le temps à mesure que les gisements s'épuisent. Cette rareté s'exprime par une rente qui vient s'ajouter aux autres éléments du coût de production (y compris la rémunération du capital) lors de la formation du prix. La rente de rareté peut être accrue à court terme s'il y a une entente entre les principaux producteurs pour restreindre l'offre. À long terme, elle augmente au rythme de la raréfaction des réserves de pétrole dans le sous-sol.

Avec le système des quotas de CO₂, l'Europe a fait simultanément apparaître le prix du CO₂ et une nouvelle rente de rareté de plusieurs dizaines de milliards d'euros. Cette rente carbone vient s'ajouter aux coûts de production des émetteurs de CO₂ et ce indépendamment du mode d'allocation des quotas³¹. Si l'Europe décide d'accroître ses engagements en resserrant la contrainte sur les industriels, les quantités sous quotas diminuent et le prix de la rente augmente. La valeur globale de la rente a tendance à augmenter si l'évolution du prix est plus marquée que celle des quantités, ce qui est généralement le cas³². Réciproquement, si l'Europe assouplit ses règles, la rente diminue et peut même disparaître si le prix du carbone tombe à zéro.

Un deuxième mécanisme important de la rente se rattache à la différence entre les coûts de production. Il a été mis à jour par Ricardo à partir des différences de fertilité des terres. Il s'agit de la rente différentielle. La rente différentielle permet de comprendre les règles de distribution de la rente entre les différents producteurs. Illustrons le propos en reprenant l'exemple du pétrole. À la sortie du champ de Ghawar, le plus grand champ de pétrole du monde situé en Arabie Saoudite, le coût d'extraction d'un baril est de l'ordre de 2 dollars. Si le prix du pétrole

³¹ Cela apparaît clairement dans le cas d'une allocation payante. En cas d'allocation gratuite, les firmes sous quotas supportent ce que les économistes appellent un « coût d'opportunité ». Le coût d'opportunité est le coût de renoncement à un bénéfice. À partir du moment où les quotas sont cessibles et ont une valeur marchande, la firme qui choisit de les conserver ou de les utiliser pour sa conformité renonce à une recette potentielle sur le marché.

³² Le coût marginal de réduction des émissions est en effet croissant car les réductions d'émission se font d'abord là où elles sont les moins coûteuses. En termes plus techniques, on dira que la courbe du coût marginal de réduction des émissions est convexe.

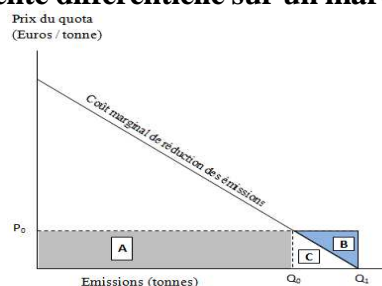
se fixe à 100 dollars, la rente atteint 98 dollars par tonne extraite. En mer du Nord, ce coût avoisine 20 dollars. La rente revient à 80 dollars. Dans les forages en eau plus profonde ou pour extraire des pétroles non conventionnels, il faut dépenser nettement plus. La rente se rétracte encore, pour disparaître sur les champs où l'extraction est la plus coûteuse.

On retrouve ce jeu de la rente différentielle dans le partage de la rente carbone entre industriels européens. Pour produire 5 000 kWh de courant - la consommation moyenne d'un ménage européen - on émet 5 tonnes de CO₂ avec une centrale à charbon, 2,5 tonnes avec une centrale à gaz et zéro tonne depuis un barrage hydroélectrique. Retenons par hypothèse un prix du CO₂ de 20 euros la tonne. Un électricien qui passe d'une production au charbon à une production au gaz obtient une rente différentielle de 50 euros pour produire ces 5 000 kWh. S'il bascule vers une source non émettrice comme l'hydraulique ou le nucléaire, la rente différentielle monte à 100 euros. La recherche de rente différentielle est la motivation qui pousse les firmes à réduire les émissions une fois que le carbone a un prix. Elle est écologiquement vertueuse.

Lorsqu'on met en place un marché de permis d'émission, la taille de la rente de rareté créée par le plafonnement des émissions est généralement sans commune mesure avec celle de la rente différentielle que les industriels peuvent obtenir en réduisant leurs émissions. Sur le marché européen des quotas de CO₂, la rente de rareté apparue avec le prix du carbone a par exemple été de l'ordre de 40 milliards d'euros par an en 2005 et 2006, avant que le prix ne tombe à zéro. La rente différentielle obtenue grâce aux réductions opérées a été de l'ordre du quarantième de cette grandeur. Ceci apparaît visuellement sur la Figure 1 qui représente ces deux rentes sous forme du rectangle A et du triangle B. A mesure que le plafond sera réduit, on se déplace sur la partie gauche du graphique et le poids de la rente différentielle obtenue grâce aux réductions d'émission augmente.

En cas d'allocation gratuite, cette rente est partagée entre les industriels et les consommateurs suivant la configuration des marchés de biens et services. En cas d'allocation payante, c'est l'autorité publique qui capte cette rente, et on est dans un schéma très proche d'une taxe carbone dont le taux est déterminé non plus par une décision discrétionnaire de l'autorité publique mais par la situation du marché des permis.

Figure 1 - Rente de rareté et rente différentielle sur un marché de permis d'émissions



Lecture : Q₁ est la quantité initiale d'émission, point d'origine de la droite figurant les coûts marginaux de réduction d'émission. Au prix d'équilibre P₀, résultant de l'établissement du plafond d'émission Q₀, les entreprises réduisent la quantité Q₁-Q₀. La surface du triangle C figure le coût des réductions d'émission réalisées. La rente différentielle obtenue par ces réductions est figurée par l'aire du triangle B. La superficie A représente la valeur totale des quotas (rente de rareté).

Source : De Perthuis (2010), chapitre 7.

1 - Ce qu'on peut faire avec les mécanismes existants...

Plusieurs mécanismes ont été mis en place en Europe pour internaliser les émissions de CO₂. Le plus important est le système européen des quotas (SCEQE), qui à partir de 2005 a plafonné près de 2 milliards de tonnes de CO₂ par an, soit environ la moitié des émissions de CO₂ du continent. Parallèlement à cela, des mécanismes de projets se sont développés : ils ont permis de financer la croissance verte dans les pays en développement, au travers du mécanisme pour un développement propre. Ils peuvent également être utilisés à l'intérieur des pays développés via le dispositif de mise en œuvre conjointe, plus connu en France sous l'appellation « projets domestiques CO₂ ». La taxation du carbone en complément du système européen des quotas est enfin un instrument, déjà mis en place dans un certain nombre de pays d'Europe du nord, qui a failli être institué en France en 2010.

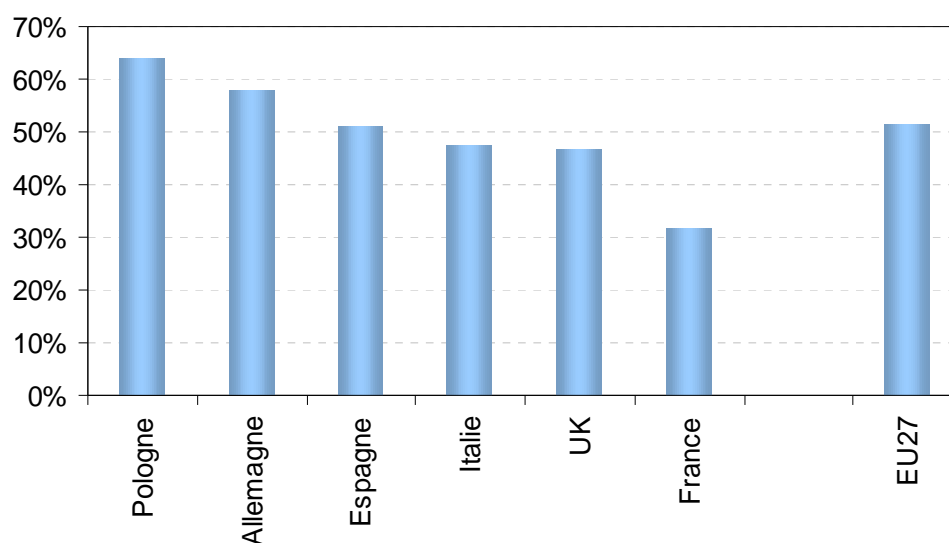
a - Le financement direct des réductions d'émissions par le système européen des quotas

L'un des premiers résultats du SCEQE concerne les réductions d'émission qu'il a effectivement suscitées et ce malgré la situation globalement longue du marché (plus de quotas que d'émissions) en première période. En effet, l'introduction d'un prix pour les émissions de CO₂ et la possibilité de valoriser les quotas non utilisés sur le marché ont incité les industriels à financer des mesures de réductions de leurs émissions. Bien qu'il s'agisse d'un exercice délicat, puisque soumis à de nombreuses incertitudes, les estimations qui ont été faites révèlent des réductions d'émission de l'ordre de 2 à 5% au cours de la première période, soit une réduction de 40 à 100 millions de tonnes de CO₂ par an entre 2005 et 2007³³. Il faut bien noter que si ces réductions d'émissions sont restées modestes, elles ont été financées avec un prix du CO₂ relativement faible, 20 euros par tonne en moyenne en 2005 et 2006. Si l'on retient la valeur médiane de 75 Mt par an comme niveau d'abattement, le prix du carbone a permis de financer des réductions d'émissions pour un montant voisin d'un milliard d'euros par an depuis le lancement du marché.

La majorité des réductions d'émission a été réalisée en Europe de l'Ouest, les pays d'Europe de l'Est ayant été globalement en situation d'excédents de quotas et n'ayant donc pas été « obligés » d'utiliser les mécanismes de tarification du carbone pour assurer leur conformité. Il n'existe pas d'étude examinant en détail les abattements d'émission dans le cas français, qui a la particularité de ne comprendre qu'une part modeste des émissions d'origine énergétique dans le système européen des quotas du fait de son mixe électrique à base de nucléaire (Figure 2). Or dans le reste de l'Europe, une grande partie des réductions d'émission a été opérée au sein du secteur électrique, qui a été globalement en situation de déficit de quotas depuis le démarrage du marché. Il est donc probable que les réductions d'émission directement financées par le SCEQE ont été, en proportion, plus faible en France qu'en Allemagne, au Royaume Uni ou en Espagne.

³³ Pour une étude plus approfondie des réductions d'émission du SCEQE, se référer au chapitre 5 de l'ouvrage « Le prix du carbone », de A. D. Ellerman, F. Convery et C. de Perthuis, 2010.

Figure 2 - Part des émissions de CO₂ couvertes par le système européen d'échanges de quotas



Source : Rapport de la Commission Rocard ((2009)

La contribution directe du SCEQE au financement des réductions en France devrait cependant augmenter dans les années qui viennent en raison de la réduction planifiée du plafond d'émission. Les règles de la seconde phase (2008-2012) avaient été négociées avant le déclenchement de la crise économique qui a atténué le durcissement de la contrainte environnementale. Autre conséquence de la crise : les investissements dans le secteur énergétique ont été au mieux retardés, au pire annulés. Cet attentisme n'est pas favorable à une décarbonation rapide du système énergétique qui suppose de mettre en œuvre des investissements importants visant à modifier le paysage énergétique en profondeur. Mais les règles s'appliquant à la troisième période (2013-2020) sont connues. Le plafond des émissions diminuera de manière linéaire à partir de 2012 pour atteindre une réduction de 21 % des émissions en 2020 par rapport à 2005, cette cible pouvant le cas échéant être portée à 31 % si les préconisations de la direction Energie-climat de la Commission européenne sont retenues.

b - L'absence d'utilisation des enchères en France

Un second volet de lancement du marché européen concerne le levier financier que peut apporter la mise aux enchères des quotas. Les revenus collectés par la vente des permis peuvent être utilisés de différentes manières par les pouvoirs publics. Ils peuvent dans un premier temps s'ajouter aux autres recettes du budget national et venir atténuer les déficits publics. Dans le contexte actuel, cela permettrait de limiter la hausse d'autres prélèvements obligatoires rendue nécessaire pour l'objectif de résorption des déficits publics. Ils peuvent également servir à réduire le caractère distorsif de certains prélèvements fiscaux : ils permettent dans ce cas d'obtenir un double dividende, concept cher aux économistes. Enfin, le produit des enchères pourrait servir à financer des politiques de recherche et développement visant à limiter les émissions de gaz à effet de serre, comme par exemple l'amélioration des technologies de capture et de stockage géologique du carbone (CSC). Il participerait dans ce cas une deuxième fois au financement de la croissance verte.

Au cours des deux premières périodes de fonctionnement du marché européen du carbone, l'allocation gratuite des quotas a été la règle et la mise aux enchères l'exception. Les adjudications se sont déroulées de manière décentralisée et n'ont pas permis de faire jouer

pleinement le levier financier. A partir de 2013, les enchères de quotas vont s'intensifier et s'organiser, au moins en partie, à partir d'une plateforme européenne commune. Bien que les règles de fonctionnement n'aient pas encore été arrêtées dans le détail, les grandes lignes entourant la mise aux enchères des quotas sont dès à présent connues. Les électriciens devront acheter la totalité de leurs quotas dès 2013, à l'exception de certains pays d'Europe de l'Est dont les systèmes électriques doivent être modernisés et mieux interconnectés avec le reste de l'Europe. Les industriels quant à eux achèteront 20% de leurs quotas par enchères à partir de 2013, pourcentage qui augmentera progressivement pour atteindre 70% en 2020 et 100% en 2027. Toutefois, un certain nombre de secteurs exposés au risque de fuite de carbone, dont le ciment et la sidérurgie, pourront continuer à bénéficier de manière transitoire d'une allocation gratuite. Enfin, les compagnies aériennes, qui rejoindront le marché européen en 2012, devront se procurer 15% de leurs permis aux enchères.

Durant la première période de fonctionnement du SCEQE, chaque Etat membre avait la possibilité de mettre jusqu'à 5% de ses quotas aux enchères. La France, et de manière générale la plupart des Etats européens ont alors largement sous-utilisé cette possibilité pour favoriser l'acceptabilité du nouveau système par les industriels. Seuls quelques pays (le Danemark, l'Irlande, la Hongrie et la Lituanie) ont mis en vente des quotas, mais cela est resté marginal puisque les quotas vendus ont représenté moins de 1 % du total des quotas alloués en première période.

Avec le passage à la seconde période, le volume de quotas pouvant être mis aux enchères a été porté à 10 % de l'enveloppe totale allouée. Plusieurs Etats, notamment l'Allemagne et le Royaume-Uni, ont organisé des mises en vente régulières de quotas. En Allemagne, ce sont ainsi plus de 100 Mt CO₂ qui ont été vendues depuis 2008, permettant de récolter près de 2,5 milliards d'euros pour les finances publiques. A l'opposé, en France, aucun quota n'a été mis aux enchères depuis le début de la seconde période. A partir d'une enveloppe annuelle de plus de 130 Mt de quotas et en prenant un prix moyen de 15 € par tonne, on obtient une estimation grossière du manque à gagner pour les finances publiques françaises qui est de l'ordre de 200 M€ par an, soit 1 milliard d'euros pour l'ensemble de la seconde période sous l'hypothèse d'un prix qui se maintient à 15 euros la tonne. Au niveau du SCEQE, le manque à gagner pour les pouvoirs publics représentera plus de 6 milliards d'euros d'ici fin 2010 (Tableau 1), et dix milliards d'euros à l'horizon 2012. Il est assez paradoxal qu'un si grand nombre de gouvernements européens se privent d'un tel levier dans le contexte général de disette de ressources fiscales consécutif à la crise économique et financière

Tableau 1 – La mise aux enchères des quotas en phase II du SCEQE

	2008	2009	2010	Total Phase II
Enchères potentielles (Mt)	200	200	200	600
Enchères effectives (Mt)	42	72	84*	198
Quotas gratuits additionnels (Mt)	158	128	116	402
Manque à gagner théorique (M€, prix de 15€/t)	2 370	1 920	1 740	6 030

*Volume prévisionnel à la fin de l'année 2010, estimé à partir des enchères déjà programmées par les Etats membres.

Source : auteurs, à partir des données de la Commission européenne

En phase III, le volume de quotas à mettre aux enchères devrait représenter en moyenne 1500 Mt chaque année. Selon que le prix du carbone sera de 25 ou 30 € la tonne, les enchères de quotas pourraient rapporter entre 300 et 450 Milliards d'euros sur l'ensemble de la période pour les finances publiques en Europe. La répartition entre les Etats membres des volumes de quotas à mettre aux enchères a été clairement définie dans le paquet énergie-climat³⁴. Pour la France, il implique une enveloppe globale de 85 Mt à allouer chaque année aux enchères³⁵. En théorie, le passage aux enchères ne modifie pas les réductions d'émissions engendrées par le marché, dans la mesure où les industriels tiennent compte du coût d'opportunité des permis. En revanche, il modifie le partage de la rente carbone et génère des transferts financiers en faveur des pouvoirs publics. En reprenant toujours un prix du carbone compris entre 25 et 30 €, les pouvoirs publics français devraient avoir à gérer une recette supplémentaire de l'ordre de 2 à 3 milliards d'euros par an. Son mode d'utilisation ne sera évidemment pas neutre pour la croissance en général et la croissance verte en particulier.

La commission européenne recommande d'affecter au moins la moitié de ces revenus au financement de mesures de mitigation et d'adaptation au changement climatique, au sein de l'Union européenne ou à l'extérieur. Dans la pratique néanmoins, les Etats disposent d'une grande liberté d'utilisation du revenu des enchères, qui relève des budgets nationaux. Au plan macroéconomique, la sagesse recommande d'utiliser une fraction importante de ces suppléments de revenu à la consolidation budgétaire qui prendra de longues années. Un tel usage permet d'éviter la levée de nouveaux prélèvements obligatoires ou de raboter des dépenses utiles. Il est en revanche justifié de destiner une partie de ces flux additionnels à la recherche et au développement de technologies sobres en carbone qui ne peuvent pas être financés par les prix du CO₂ actuels. Cette règle deviendra d'autant plus évidente que la montée des déficits budgétaires en Europe, à la fois structurels et conjoncturels, rendra de plus en plus difficile la recherche de sources de financements publics pour la croissance verte et remettra sans doute en cause les mécanismes potentiellement les plus dispendieux à terme comme par exemple les tarifs d'achat d'électricité renouvelable.

c - L'utilisation des mécanismes de projet en France

Les mécanismes de projet sont des mécanismes de compensation qui permettent d'utiliser la rente carbone pour aller financer des réductions d'émission en dehors du périmètre contraint par le plafonnement. L'intérêt de ces transferts est triple : ils permettent à des acteurs non contraints par une régulation de pouvoir utiliser le levier du prix du carbone pour lancer des projets volontaires, grâce à l'attribution de crédits carbone ; pour les acteurs sous plafond, ils ouvrent l'accès à des réductions d'émission à plus faible coût ; pour l'économie dans son ensemble, ils réduisent le coût global de réduction d'émission, ce que traduit la baisse du prix sur le marché des quotas par rapport à une situation où il n'y aurait pas d'accès aux mécanismes de projet.

Le principal marché de compensation carbone a été créé, dans le cadre du protocole de Kyoto, par le mécanisme pour un développement propre. Mi-2010, 2000 projets avaient été enregistrés

³⁴ 88% des quotas à mettre aux enchères seront répartis entre les Etats au prorata du niveau de leurs émissions vérifiées de 2005, ou de la moyenne des émissions 2005-2007 si cette dernière s'avérait être plus élevée. 10 % des quotas seront attribués à des fins de solidarité, en fonction du revenu par tête des Etats, mesure qui bénéficiera principalement aux pays d'Europe de l'Est. Les 2% de quotas restants seront partagés entre les Etats qui en 2005 étaient en bonne voie de respecter leur engagement de Kyoto.

³⁵ En 2005, les émissions vérifiées de la France représentaient 6,5% du total des émissions du SCEQE. En phase III, elle devrait donc pouvoir mettre le volume suivant aux enchères: $0,065 * 0,88 * 1500 = 85,8$ Mt.

auprès des Nations Unies et 3000 étaient dans la file d'attente. Sur le papier, ces projets sont susceptibles de générer des réductions d'émissions de l'ordre de 2,8 milliards de tonnes d'équivalent CO₂ d'ici 2012. Ce montant représente 6 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre de 2005 (y-compris déforestation), ou encore trois années de croissance des émissions mondiales. Compte tenu des taux d'échec et des retards, il est plus raisonnable de tabler sur 1,25 milliard de crédits carbone pouvant être livrés à cette échéance. En termes financiers, ces crédits carbone représentent une valeur de l'ordre de 20 milliards de dollars qui a servi de levier pour déclencher des « investissements verts » de l'ordre de 100 milliards de dollars dans les pays en développement. Les entreprises françaises ont eu une présence importante dans les projets de réduction d'oxyde nitreux, dans la gestion des décharges et les projets de développement des énergies renouvelables.

L'utilisation des mécanismes de compensation carbone pour financer la croissance verte en France est possible, grâce à la transposition nationale du mécanisme de mise en œuvre conjointe, communément appelé « projets domestiques CO₂ ». Son cadre juridique a été brossé par l'arrêté du 2 mars 2007 précisant les règles que doivent suivre les investisseurs sur le territoire national pour obtenir la délivrance de crédits carbone par la puissance publique. Ces crédits carbone, dénommés Unité de Réduction d'Emission (URE) sont ensuite valorisables sur le marché européen des quotas de CO₂ qui en constitue, de loin, le principal débouché dans le monde. Ils constituent le levier qui permet de financer des projets de réduction d'émission, pour un prix qui a toujours été inférieur au prix du quota de CO₂ sur le marché européen.

Du côté de l'Etat, le dispositif peut s'apprécier de la façon suivante au plan financier : *primo*, l'Etat ne délivre que 90 crédits pour 100 tonnes de réduction d'émission ce qui est une sorte de taxe de 10 % (en tonnes de carbone) qu'il pourra ensuite valoriser sur le marché. *Secundo*, les 90 URE sont délivrées en contre partie de la destruction de 90 Unités de Quantités Attribuées (UQA), les unités Kyoto que la France devra présenter en contrepartie des émissions au moment de la conformité. Ces UQA n'ont qu'une valeur marginale sur le marché des Etats qui est long et n'a guère de perspective en l'absence d'un accord international prolongeant le système d'engagement de Kyoto sur la période post-2012. Le mécanisme permet donc de transformer des unités sans véritable valeur marchande en crédits carbone qui financent des réductions d'émissions sur le territoire national à un coût très inférieur à celui de la plupart des dispositifs d'incitation existant par ailleurs.

Malgré son intérêt, ce dispositif a été relativement peu utilisé jusqu'à présent. Il s'est par exemple développé moins rapidement qu'en Allemagne, partie pourtant plus tardivement, mais qui a mis en place un système d'encadrement administratif nettement plus adapté aux contraintes des porteurs de projet. En octobre 2010, on comptait 13 projets domestiques enregistrés auprès des pouvoirs publics, devant délivrer de l'ordre de 10 millions de tonnes de réduction d'émission d'ici décembre 2012 (Tableau 2). A l'exception de trois projets de type programmatique, deux dans l'agriculture et un dans la substitution énergétique dans les scieries, le dispositif a surtout servi de pré-compliance pour des industriels émettant de l'oxyde nitreux dont les installations seront soumises à un plafond d'émission à partir de janvier 2013 dans le cadre de l'élargissement du système européen des quotas.

Tableau 2 - Les réductions d'émissions générées par les projets domestiques en France

Type de projet	Nombre de projets	Réductions d'émission attendues (ktCO ₂ eq)
N ₂ O	10	8 994
Autres	3	872
Ensemble	13	9 866

Source : sites du MEEDDM et de l'UNFCCC

Le dispositif expérimental a cependant permis tant aux pouvoirs publics qu'à certains acteurs économiques de s'approprier ce type d'instrument nouveau. Au-delà des premières réductions d'émission obtenues sur la période 2008-2012, les leçons de ces expérimentations pourront peut-être conduire à une montée en régime de ces mécanismes après 2013. Les volets les plus innovants ont concerné les démarches programmatiques conduites dans des secteurs d'émission diffuse comme l'agriculture et l'industrie du bois. De tels mécanismes pourraient parfaitement se combiner à une tarification du carbone dans le secteur des émissions diffuses non couverts par le système des quotas pour élargir la panoplie des instruments de financement de la croissance verte et en accroître l'efficacité.

d - L'enjeu de la taxation du carbone dans les secteurs d'émissions diffuses

Comme il a déjà été mentionné, les trois quart des émissions française de CO₂ ne sont pas incluses dans le système européen de plafonnement et d'échange de quotas. Ceci ne rend que plus stratégique l'enjeu de réduction des émissions dans les secteurs non couverts : agriculture, transport (hors aviation), bâtiment. Une multiplicité de dispositifs incitatifs ou réglementaires coexistent en la matière, dont les objectifs environnementaux ont souvent été clarifiés ou étendus grâce au Grenelle de l'environnement. C'est un progrès. En revanche, leurs coûts et bénéfices économiques ne sont pas toujours clairement explicités. Lorsque des évaluations économiques sont conduites, il apparaît que les coûts de ces dispositifs, ramenés à la tonne de CO₂ peuvent être élevés³⁶.

L'enjeu de la taxation du carbone dans les secteurs d'émission diffuse est en premier lieu de s'assurer que les réductions d'émission qui pourraient être obtenues à partir d'un prix du carbone donné soient effectivement financées. Deux approches peuvent être retenues pour la détermination de ce prix : soit l'utilisation d'une « valeur tutélaire » déterminée à partir des travaux d'experts ; soit l'utilisation de l'information donnée par les marchés de permis d'émission en visant à unifier, en tendance, le prix du carbone pesant sur l'ensemble des acteurs économiques. La Commission Rocard sur l'introduction de la « Contribution Climat Energie » s'inscrivait plutôt dans la première logique en préconisant un prix d'introduction de la taxe de 32 euros la tonne. L'arbitrage du gouvernement en faveur d'un taux de 17 euros et d'une exemption des entreprises sous quotas de CO₂ s'inscrivait dans celle d'unicité du prix du carbone pesant sur l'ensemble des acteurs économiques³⁷.

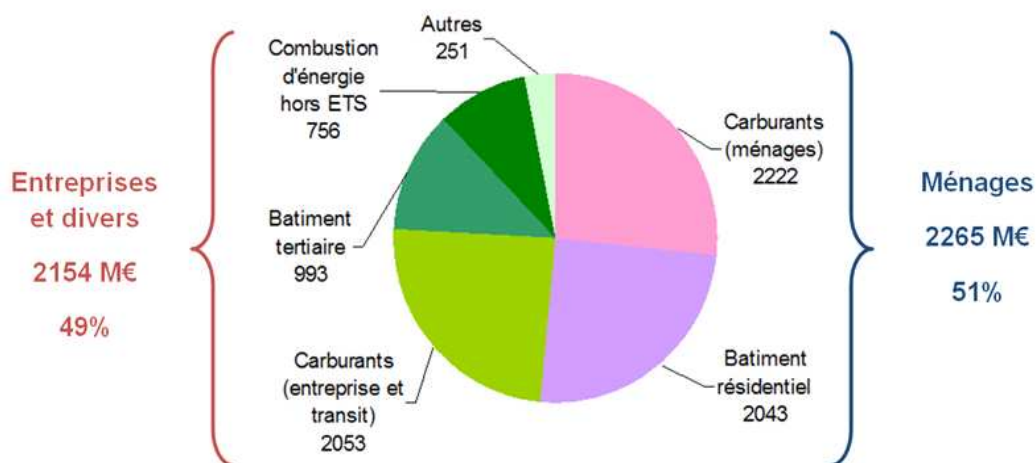
Par construction, il reste impossible de faire la moindre évaluation *ex-post* de l'impact d'une telle taxe carbone sur le financement des réductions d'émission en France. Et on peut ajouter que les travaux techniques d'évaluation *ex-ante* ont très peu examiné ce point. La plupart des

³⁶ Voir la contribution du Ministère des Finances à ce rapport

³⁷ Choix également retenu par la République d'Irlande qui a introduit une taxe de 15 euros la tonne au 1^{er} janvier 2010 sur l'ensemble des émissions de CO₂ d'origine énergétique non couvertes par le système européen des quotas.

travaux d'expertise avancent l'hypothèse que le signal prix du carbone devrait avoir nettement moins d'impact sur les réductions d'émission dans les secteurs d'émission diffuse que dans le secteur industriel. Cependant, l'expérience a montré que lorsqu'un prix du carbone est effectivement mis en place, les acteurs économiques ne réagissent généralement pas comme s'y attendaient les experts en réduisant notamment des émissions là où personne ne s'y attendait. Il subsiste donc une grande incertitude sur le montant et le type de réductions d'émissions susceptibles d'être obtenues par l'introduction d'une taxe carbone dans le secteur des émissions diffuses.

Figure 3 – Recette attendue de la taxe carbone en France



Note : A partir des émissions observées de 2007, pour un prix de 17€ la tonne
Source : auteurs, à partir du rapport de la Commission Rocard

Comme dans le cas de la mise en place d'un marché de droits, l'instauration d'une taxe carbone génère une rente qui est une rente de monopole versée à l'autorité publique, seule à disposer du pouvoir discrétionnaire de lever l'impôt. A partir des travaux de la Commission Rocard, on peut évaluer cette rente à un peu plus de 4 milliards d'euros par an pour un prix du carbone de 17 euros, voisin de celui observé sur le marché des quotas. Le mode d'utilisation de cette recette supplémentaire est évidemment crucial pour apprécier l'impact d'une taxe carbone sur la croissance verte. Les expériences des pays nordiques ayant déjà expérimenté de tels systèmes sont riches d'enseignements. Ils ont généralement retenu des systèmes de compensations ciblés sur les ménages les plus démunis en évitant l'attribution indifférenciée de « chèques verts ». Par ailleurs, la réinjection d'une partie des recettes de la fiscalité carbone sur des dépenses d'investissement en faveur de la réduction d'émission est une pratique assez courante. La taxe carbone agit alors comme un fusil à double détente sur le niveau des émissions. Dans ce cas, il faut cependant soigneusement veiller à ce que seules des dépenses non finançables par le prix du carbone bénéficient effectivement du deuxième coup de gâchette ³⁸!

³⁸ Voir les travaux à paraître de Jérémy Elbeze sur la taxation du carbone en Europe.

2 - Conclusion : quelle peut être la contribution du prix du carbone à la croissance verte demain ?

La réorientation des ressources économiques exigée par le passage à la croissance verte ne peut se faire de façon spontanée car le système existant des prix n'intègre pas les coûts et les risques économiques résultant des atteintes sur le milieu environnemental. La prise en compte de ces externalités environnementales par le système des prix semble donc l'une des voies les plus prometteuses pour verdir la croissance. Les dispositifs français destinés à intégrer ces externalités reposent dans leur grande majorité sur des mécanismes réglementaires ou fiscaux qui ne tarifient pas le coût des nuisances environnementales. Continuer dans cette direction est, d'une façon générale, le plus sûr moyen de passer à côté de la croissance verte.

Les instruments mis en place pour agir face au changement climatique font exception à cette règle générale : ils reposent largement sur des mécanismes visant à tarifier les émissions de gaz à effet de serre. La majorité de ces mécanismes ont été définis au plan européen ou dans le cadre d'accords climatiques internationaux. Les pouvoirs publics français ont donc été contraints de les introduire en les adaptant au mieux au contexte national. Cette introduction semble jusqu'à présent avoir été faite au cas par cas, en application des règles européennes ou internationales s'imposant à notre pays, sans une stratégie d'ensemble qui viserait à utiliser toutes les possibilités de la tarification du carbone pour financer le verdissement de la croissance.

L'intermède du projet de la Contribution Climat-Energie, visant à étendre de façon unilatérale la tarification domestique du carbone, a été de ce point de vue une grande occasion manquée. De même, l'absence d'utilisation des mécanismes existants d'enchères dans un pays où les déficits publics pointent vers les 8 % du PIB est difficilement compréhensible. Enfin, le dispositif des projets domestiques, instruments dont on a vu tout l'intérêt économique pour l'Etat, est géré en quasi catimini quand des mesures infiniment plus coûteuses pour les finances publiques font l'objet de communications nettement plus proactives.

Dans le contexte de consolidation budgétaire qui va durer plusieurs années, l'efficacité économique aussi bien que l'équité entre les citoyens rendent souhaitables une utilisation plus systématique et plus transparente des mécanismes de tarification du carbone. Ceux-ci permettent en effet de stimuler la croissance verte de deux façons : en financement directement les réductions d'émission les moins coûteuses par les agents économiques ayant accès au prix du carbone ; en utilisant judicieusement la valeur de la rente carbone créé dont le montant se chiffre déjà en milliards d'euros. Cette rente pourrait demain constituer l'une des sources pérennes de financement de l'effort de recherche et développement non finançable aux conditions du marché même si les prix des biens et services intègrent la valeur actuelle du carbone.

Bibliographie

Charpin Jean-Michel (Président), Rapport sur les modalités de vente et de mise aux enchères des quotas de CO₂ en France, MEEDDM, Juillet 2009. Disponible sur : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/le_rapport.pdf

Commission européenne, Directive 2009/29/CE du parlement européen et du conseil modifiant la directive 2003/87/CE. Disponible sur : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0063:0087:FR:PDF>

Delbosq Anaïs et De Perthuis Christian, Les marchés du carbone expliqués, Pacte mondial de l'Organisation des Nations-Unies, 2009. Disponible sur : http://www.caissedesdepots.fr/fileadmin/PDF/finance_carbone/rapports/24_09_les_marches_carbone_expliques.pdf

De Perthuis, Christian, *Et pour quelques degrés de plus... Changement climatique : incertitudes et choix économiques*, 2^e édition, Pearson, 2010

De Perthuis, Christian, *Le débat sur la taxe carbone : les économistes au chevet du climat*, Futuribles, N°356, Octobre 2009.

Ellerman Denny, Convery Frank, de Perthuis Christian et alii, *Le prix du carbone*, Pearson, 2010.

Journal officiel, Arrêté du 2 mars 2007 relatif à l'agrément des activités de projet relevant des articles 6 et 12 du protocole de Kyoto. Disponible sur : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/joe_20070307_0056_0061-2.pdf

Leguet, Benoît, Cote à la hausse pour les projets domestiques, Climatsphère n°15, CDC Climat, juillet 2009.

Rocard Michel (Président), Rapport sur la conférence des experts et de la table ronde sur la contribution climat-énergie, MEEDDM, juillet 2009. Disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/01-18.pdf>

Les politiques environnementales et technologiques au service de l'innovation et de la croissance vertes

Patricia CRIFO ³⁹

La notion de croissance verte n'est pas un concept nouveau en soi : depuis plusieurs décennies l'idée d'une croissance ou d'une économie plus durable est mise en avant comme réponse aux problèmes économiques et environnementaux. Fondamentalement, l'économie verte conjugue deux dimensions en apparence contradictoires : une composante réglementaire d'une part, perçue comme une contrainte pour les acteurs économiques, et une composante économique d'autre part, qui traduit à l'inverse un potentiel d'investissement et de compétitivité. La notion de croissance verte suggère que la contrainte se transforme en fait en opportunité. Mais les outils d'analyses existants et les résultats de la littérature économique laissent subsister de larges incertitudes sur le potentiel réel de la croissance verte (Crifo, Crassous et Flam, 2010).

Dans ce contexte, le financement de l'innovation soulève plusieurs enjeux majeurs. En premier lieu, à quels problèmes économiques (c'est-à-dire quelles externalités) doit répondre une politique de financement de l'innovation verte ? Deuxièmement, quelles politiques d'offre ou de demande sont mises en avant dans la littérature pour stimuler l'innovation verte ?

Enfin, le développement de l'investissement socialement responsable est-il un outil prometteur pour le financement de la croissance verte ?

1 - Financer l'innovation et la croissance verte pour corriger quelles externalités ?

Le financement de l'innovation et la croissance vertes doit prendre en compte deux types d'externalités simultanément : les externalités environnementales d'une part, et les externalités d'innovation (invention et adoption) d'autre part. ⁴⁰

a - Les externalités environnementales

La notion d'externalité se définit comme l'impact des actions d'un agent économique sur un autre agent qui ne transite pas par le marché et ne donne donc pas lieu à transfert monétaire. En l'absence de marché, les acteurs économiques n'internalisent pas le coût (d'utilisation d'une ressource, d'émission d'un certain niveau de pollution...) car ils n'en payent pas le prix, et ils

³⁹ Univ. Paris Ouest et Ecole Polytechnique. Patricia.crifo@polytechnique.edu

⁴⁰ Voir Jaffe, Newell et Stavins (2005) pour plus de détails.

n'ont donc pas d'incitation à minimiser les coûts externes (pour l'ensemble de la société) de leurs décisions économiques.

L'économie de l'environnement repose largement sur la notion de défaillance des marchés en présence d'externalités environnementales négatives (pollution, épuisement des ressources naturelles etc.). Ces externalités ont des effets par exemple sur la santé, la productivité, l'écosystème ou ont un impact « esthétique ».⁴¹

Ces externalités conduisent à un coût net sur le plan social (écart entre bénéfice individuel et social), et les politiques environnementales visent alors à restaurer les incitations économiques à minimiser les externalités environnementales.

Deux options sont habituellement envisagées pour atteindre cet objectif : internaliser les coûts environnementaux pour que les pollueurs intègrent leur consommation de biens environnementaux dans leurs décisions ou imposer une limite sur le niveau de pollution environnementale ou les émissions.

Dans l'établissement des politiques environnementales, une analyse coût-bénéfice est nécessaire pour comparer les bénéfices marginaux d'un environnement plus propre avec les coûts marginaux de la baisse de la pollution (par exemple baisse de production, augmentation de l'utilisation d'autres inputs, dépenses d'abattement et de dépollution, substitution par des biens ou procédés plus coûteux...).

Mais dès lors que l'on prend en compte l'innovation et le progrès technique, les termes de l'arbitrage entre les coûts et bénéfices marginaux des politiques environnementales sont modifiés.

En effet, l'innovation technologique permet (directement ou indirectement) de réduire les coûts marginaux de dépollution. C'est le cas par exemple des innovations dans les équipements de contrôle de la pollution, les méthodes de production plus propres, ou permettant l'utilisation de produits substitués moins polluants.

Dans une vision statique, le progrès technique entraîne ainsi un bénéfice social net puisque le coût de réduction de la pollution diminue et la qualité de l'environnement augmente.

Mais dans une vision dynamique, les politiques environnementales ont des effets plus larges : elles permettent de réduire la pollution aujourd'hui, mais elles changent également les incitations à investir dans de nouvelles technologies demain pour réduire la pollution à moindre coût.

Les coûts et bénéfices marginaux des politiques environnementales sont donc différents quand on prend en compte le progrès technique. Or, le processus d'innovation est lui-même sujet à des externalités et défaillances de marché.

⁴¹ Plusieurs types de méthodes d'évaluation des externalités environnementales sont développés dans la littérature. Le graphique de l'annexe 1 adapté de Dixon et al. (1994) en présente une typologie succincte.

b - Les externalités d'innovation

En matière d'innovation, les externalités ne sont pas négatives mais positives, que ce soit dans les phases d'invention et de diffusion technologique.

Dans la phase d'invention, l'entreprise qui investit en recherche pour développer une nouvelle idée et ensuite la transformer en produit ou processus crée une externalité positive de diffusion des connaissances. L'innovateur ne pouvant a priori exclure ses concurrents de bénéficier des progrès de connaissances pour lesquels il a réalisé son investissement, la valeur privée de l'innovation sera inférieure à sa valeur sociale et l'incitation à innover trop faible.

Dans le domaine environnemental, les bénéfices des innovations vertes les plus importants sont publics (réduction de l'externalité environnementale négative), les incitations à innover resteront faibles tant qu'un prix clair et approprié sur cette externalité n'existe pas.

Dans la phase de diffusion de la technologie, il existe également des externalités d'adoption. Le coût ou la valeur d'une innovation dépend en effet souvent du nombre d'utilisateurs. Les bénéfices de l'innovation résultent de fait au moins autant l'invention de nouveaux produits et procédés, et leur exploitation commerciale initiale, que leur diffusion et leur utilisation généralisée. Ces « rendements croissants dynamiques » proviennent d'effets d'apprentissage (learning-by-using, learning-by-doing) ou d'effets réseaux.

Dans le domaine environnemental, les effets d'apprentissage sont très importants au début de la commercialisation, et l'adoption et la diffusion de la technologie sont retardées dans la mesure où les clients potentiels attendent des baisses de coût potentielles futures. En l'absence d'utilisateurs précoces, les effets d'apprentissage et de diffusion ne peuvent se matérialiser (Veugelers et Serre, 2009).

Un système de droits de propriété intellectuelle ou de brevets permet de corriger ces défaillances de marché dans l'incitation à l'innovation en assurant à l'innovateur une rente de monopole temporaire pour qu'il puisse bénéficier des résultats de sa recherche, tout en rendant publique l'information relative à l'invention.⁴²

Dans le domaine environnemental, les innovations vertes étant complexes et cumulatives, l'appropriation des bénéfices de l'innovation est plus difficile, ce qui appelle des mécanismes d'appropriation complémentaires à la protection par le brevet.

Par ailleurs, toute course à l'innovation est généralement caractérisée par deux forces incitatives : la menace concurrentielle et l'incitation au profit (Beath et al. 1989). La menace concurrentielle exerce une pression pour être le premier à innover et ne pas perdre de parts de marché si c'est un concurrent qui innove en premier. L'incitation au profit est un déterminant important des dépenses de recherche lorsque les firmes présentes sur un marché ne prennent en

⁴² Notons que le système de brevet ne satisfait pas aux conditions de l'efficacité de premier rang, pour lesquelles une fois produit, un bien collectif pur doit être mis à la disposition de tous les agents. Comme il fournit un monopole d'exploitation à son détenteur, il introduit une distorsion sur le marché, et la diffusion des connaissances dans l'économie n'est pas parfaite. Le brevet n'est alors qu'un compromis de « second rang » entre les exigences d'efficacité ex post, et celles d'incitation ex ante (Guesnerie et Tirole, 1985, Crifo, 1999).

compte que les bénéfices futurs qu'elles retireraient de l'innovation, indépendamment du comportement des autres.

Dans le domaine environnemental, les technologies vertes sont en concurrence avec des technologies classiques (non vertes) qui disposent d'un avantage compétitif sur les marchés. Ces derniers sont donc plus incités à innover qu'un concurrent potentiel avec une technologie verte.

Ce manque d'incitations est renforcé par la nature de la concurrence dans les filières vertes, faible au niveau national et fragmentée au plan international, et la forte incertitude sur les rendements espérés des innovations vertes.

c - Asymétrie d'information et incertitude

L'information incomplète et l'incertitude sur les rendements de l'innovation entraînent des défaillances de marché supplémentaires. En particulier, les développeurs sont souvent mieux informés que les outsiders pour évaluer les perspectives de succès d'une innovation ce qui handicape le financement de l'innovation (ou le rend plus coûteux en terme de prime de risque). Ces imperfections sur le marché des capitaux dans le financement de l'innovation viennent alors renforcer l'insuffisante incitation à innover.

Dans le domaine environnemental, les incertitudes et les risques systémiques et réglementaires exacerbent les incertitudes sur les rendements probables des innovations vertes. Les contraintes financières sont plus fortes pour les innovations vertes car elles se caractérisent par un risque ou une incertitude technologique, commerciale et réglementaire plus forte, d'autant plus handicapante dans les phases initiales de développement de la technologie.

Pour Jaffe et Stavins (1994), ces défaillances de marché contribuent à expliquer le paradoxe du sous-investissement en technologies économes en énergie, efficaces en terme de coûts mais manifestement sous-utilisées.

L'interaction entre ces différents types d'externalités (environnementales et technologiques) implique qu'en l'absence d'intervention publique, l'incitation sur les marchés à investir dans les nouvelles technologies environnementales est doublement insuffisante.

Cela renforce la nécessité de mettre en œuvre des politiques environnementales pour stimuler et financer l'innovation. Le coût de la politique environnementale peut a priori se révéler plus faible qu'il n'y paraît puisqu'une partie de ces coûts est un investissement qui entraîne des externalités positives. La validité de cet argument dépend cependant des effets d'éviction d'autres types d'innovation. Si l'effort d'innovation environnementale se fait au détriment d'autres formes d'innovation, le coût ou le bénéfice net dépendra alors des effets de spillovers relatifs entre les différents types d'innovation.

2 - Quelles politiques pour promouvoir l'innovation verte ?

Les outils de politiques économiques visant à restaurer les incitations à innover dans les technologies vertes en présence de ces deux types d'externalités sont par nature plus complexes. Pour Jaffe et al. (2005), compter sur les politiques environnementales seules pour stimuler les nouvelles technologies comme un effet secondaire de l'internalisation des externalités environnementales est insuffisant, et il faut inclure des instruments favorisant

explicitement l'innovation et sa diffusion. Autrement dit, il faut combiner les outils de politique technologique et de politique environnementale.

Cette combinaison est d'autant plus importante que les politiques technologiques sont plus faciles à faire accepter socialement, et l'engagement des gouvernements dans ce domaine plus aisé. Par ailleurs, au niveau international, la nature globale des problèmes environnementaux, technologiques et de commerce international plaide pour une combinaison d'outils dans ces domaines plutôt que de les traiter de manière isolée.

Dans la littérature économique, une attention considérable a été consacrée aux interactions entre les enjeux environnementaux et technologiques mais la plupart du temps en considérant le progrès technique comme une donnée exogène c'est-à-dire sans prendre en compte la réponse endogène des décisions d'adoption technologiques aux politiques environnementales.

L'apport des modèles de croissance endogène dans lesquels la recherche développement et l'innovation sont au cœur de l'expansion économique, à la suite notamment des travaux de Romer (1990) et Aghion et Howitt (1992, 1998), permet cependant de renouveler ces débats et jeter une lumière nouvelle sur l'interaction entre les outils de politique environnementale et technologique au service de la croissance verte.

a - Les canaux de transmission des politiques environnementales et technologiques : l'apport des modèles de croissance

Ricci (2007) décompose l'impact des politiques environnementales sur la croissance en deux effets : un effet statique direct et un effet dynamique indirect.

En statique, une politique environnementale restrictive réduit l'activité économique car elle impose un coût additionnel sur les possibilités de production. Pour réduire la pollution, les firmes doivent développer des activités d'abattement qui augmentent leurs coûts de production. La politique environnementale a donc un effet statique direct sur les facteurs de production.

Mais en dynamique, les moteurs de la croissance que sont la technologie ou le capital humain sont endogènes, ils s'ajustent aux incitations économiques, et l'impact des politiques environnementales sur les possibilités de production est plus complexe à évaluer. Une politique plus restrictive peut notamment inciter les firmes à adapter leur technologie pour étendre leurs possibilités de production, comme le suggère l'hypothèse de Porter (1991).

La contrainte environnementale se transformera alors en opportunités pour les entreprises qui adaptent leur technologie avec un double bénéfice macro-économique (environnemental et économique).

- *Dans les modèles de croissance sans réponse endogène de la technologie, cet effet dynamique positif s'appuie sur plusieurs déterminants économiques*

Tout d'abord l'existence de rendements croissants dans le secteur d'abattement de la pollution, exploitables grâce à une politique de taxe sur les émissions, implique un lien positif entre croissance et politique environnementale (Xepapadeas, 1997, Smulders, 1995). Deuxièmement, la qualité environnementale peut affecter la productivité des facteurs, directement dans le secteur productif (effet sur la productivité totale des facteurs), ou indirectement via l'effet sur

la santé, l'espérance de vie ou les capacités des individus et donc le capital humain et la croissance (Gradus et Smulders, 1996, 1993 ; Kany et Ragot, 1998, Hettich, 1998).

Troisièmement, lorsque la qualité environnementale et la consommation sont des biens complémentaires pour le consommateur, si les ménages anticipent une amélioration de la qualité de l'environnement ils vont repousser une partie de leur consommation en augmentant leur épargne, ce qui stimulera l'investissement et la croissance (Mohtadi, 1996).

Cet impact n'est toutefois pas assez important pour compenser l'effet direct négatif (statique) de la politique environnementale sur la croissance. En revanche, une politique de taxe sur les émissions peut modifier la composition des actifs des ménages en les contraignant à réallouer leur épargne vers des investissements productifs non polluants. Sans taxe, investir dans des firmes polluantes génère des dividendes fondés sur une « rente » de pollution, que la politique environnementale peut corriger (Fisher et van Marrewijk, 1998).

- Dans les modèles de croissance qui prennent en compte le progrès technique, cet effet dynamique positif repose sur la notion de progrès technique induit.

L'effet de progrès technique induit remonte à Hicks (1932) 43 et a été formalisé de deux manières.

- La première considère l'effet de la politique environnementale sur le prix relatif des facteurs de production (progrès technique induit par les prix directement).

A la suite des travaux de Kennedy (1964) et Kamien et Schwartz (1968), de nombreux modèles s'appuient sur une « fonction d'innovation induite », c'est-à-dire une fonction de production de connaissances améliorant la productivité des facteurs. Une réduction de la part dans les coûts de l'un des inputs de cette fonction (par exemple l'énergie) accroît la part des autres (par exemple le capital et/ou le travail). Un changement des prix relatifs va alors induire de l'innovation en direction d'un input particulier. L'augmentation des prix de l'énergie s'accompagnera notamment d'innovations améliorant l'efficacité énergétique.

Empiriquement, un certain nombre d'études confirme cet effet (voir notamment Popp, 2002, Newell, Jaffe et Stavins, 1999), mais ces modèles reposent toutefois sur une forme réduite et ad hoc des liens entre prix et progrès technique.

- La seconde famille de modèle considère l'effet de la politique environnementale sur les décisions de R&D (progrès technique induit par la R&D).

Ces modèles formalisent explicitement les incitations économiques des entreprises à innover, la réponse du progrès technique est donc véritablement endogène, c'est-à-dire fondée sur des arbitrages et incitations économiques explicites.

⁴³ Pour Hicks (1932), « un changement dans les prix relatifs des facteurs est en soi un moteur pour les inventions d'un type particulier, celles dont la finalité est d'économiser l'utilisation d'un facteur qui est devenu relativement cher ».

Considérant le rôle du capital humain dans les décisions de R&D, une première série de modèles s'intéresse aux effets de réallocation de la main-d'œuvre entre les secteurs (R&D et production).

Si l'on considère que la R&D est intensive en qualifications, une taxe sur les émissions du secteur intensif en travail qualifié va réduire la demande de travail qualifié (devenu plus coûteux), ce qui exerce une pression à la baisse sur le salaire qualifié et donc le coût de la R&D. En d'autres termes, la taxe sur les émissions dans le secteur de production intensif en qualifications libère du travail qualifié pour la R&D (Elbasha et Roe, 1996). De même, lorsque les émissions entrent comme input supplémentaire, et complémentaire, au travail qualifié, dans les secteurs de R&D (le moins polluant) et de production traditionnelle (le plus polluant), une taxe sur les émissions réduit la demande d'inputs dans la production, les salaires et donc le coût de la R&D (Bretschger, 1998). Mais ce dernier résultat repose sur une faible substituabilité entre les inputs, contrairement au résultat de Dasgupta et Heal (1974) reposant sur un degré de substituabilité élevé entre les inputs permettant de concilier croissance économique et baisse des émissions ou de l'utilisation des ressources naturelles.

Considérant les décisions d'innovation dans des technologies améliorant l'efficacité d'inputs différenciés dans leur intensité en pollution, une politique environnementale fondée sur une hausse des prix de l'énergie (ou une contrainte sur les quantités) exerce un effet positif sur la direction du progrès technique en faveur des innovations vertes, c'est-à-dire destinées à améliorer l'efficacité des émissions donc polluer moins, aux dépens des innovations améliorant l'efficacité des inputs moins polluants (Smulders et Nooij, 2003).

Dans ces modèles, l'effet des politiques environnementales sur l'innovation et la croissance repose sur l'importance relative des externalités technologiques (spillovers et effets de diffusion) associées d'une part au progrès technique induit - effet d'éviction de la R&D dans le secteur vert par rapport autres secteurs et, d'autre part, au degré de substituabilité ou de complémentarité entre les secteurs.

La politique environnementale a un effet net positif sur la croissance si les externalités technologiques (et les défaillances de marché dans la R&D) sont importantes dans les innovations vertes par rapport aux autres secteurs (notamment les externalités inter-temporelles et pas seulement inter-sectorielles, comme dans le modèle de van Zon et Yetkiner (2003). Inversement, les gains dynamiques liés au progrès technique induit ne compenseront pas les coûts « statiques » de la politique environnementale (pas d'effet net positif sur la croissance) si les effets d'éviction prédominent, auquel cas la politique environnementale conduit simplement à une ré-allocation des efforts de R&D vers le secteur vert avec éviction des efforts dans les autres secteurs, sans une augmentation de la R&D globale (modèle de Smulders et Nooij, 2003).

Une dimension importante des politiques environnementales portent sur leur timing : le sentier d'abattement optimal serait croissant dans le temps (plus faible au départ) dans les modèles avec progrès technique induit par la R&D et décroissant dans les modèles avec effets d'apprentissage (Gillignham et al., 2008).

Le modèle le plus complet pour analyser les différentes dimensions des politiques environnementales (nature et timing des instruments, rôle des spillovers et dimension internationale) est proposé par Acemoglu et al. (2009) et fondé sur la notion de progrès technique « dirigé ».

➤ La direction du progrès technique et le timing des politiques environnementales

L'un des messages essentiels du modèle d'Acemoglu, Aghion, Bursztyn et Hemous (2009) est que les décisions d'innovation étant sensibles aux prix, il est possible d'attirer l'innovation dans les secteurs verts via une combinaison de taxe et subvention à la recherche pour ces technologies. Deux instruments (taxe et subvention) sont en effet nécessaires car il y a deux types d'externalités à corriger (environnementales et technologiques).⁴⁴ Par ailleurs, le coût en terme de croissance sera relativement faible et court, et en présence d'externalités de connaissances, la subvention n'a en effet pas besoin d'être permanente.

Enfin, plus la politique est mise en place tôt, moins elle sera coûteuse : l'écart technologique entre les technologies polluantes et propres devient en effet de plus en plus difficile à combler avec le temps, donnant aux technologies polluantes un avantage comparatif croissant.

Concrètement, les auteurs proposent un modèle de croissance endogène dans lequel le bien final est produit par des inputs provenant de deux secteurs, un secteur vert qui utilise des inputs propres (non polluants) et un secteur qui utilise des inputs polluants. La R&D peut être dirigée vers l'amélioration des machines dans chacun de ces secteurs.

La direction du progrès technique est endogène et repose sur deux effets majeurs : l'effet « taille du marché » qui favorise l'innovation dans le secteur où l'input est le plus abondant, et l'effet prix qui favorise l'innovation dans le secteur où le prix est le plus élevé.

L'ampleur de ces effets contraires dépend de trois facteurs : l'élasticité de substitution entre les secteurs, le niveau relatif de développement technologique des secteurs et le fait que les inputs polluants sont produits en utilisant une ressource épuisable.

Le modèle combine externalité environnementale (risque de « désastre environnemental » si la qualité de l'environnement tombe en dessous d'un certain seuil) et technologique (intertemporelle dans la R&D) et analyse les politiques optimales et leur timing.

Les auteurs montrent que lorsque les deux secteurs sont très substituables, l'économie va rapidement au désastre environnemental car l'effet taille du marché implique un avantage de productivité initial pour les inputs polluants qui dirige la R&D dans ce secteur, supérieur à l'effet prix (l'usage de machines polluantes plus productives réduit le prix de cet input polluant).

Dès lors, une intervention temporaire (taxe sur les inputs, les profits ou subvention à l'innovation) peut être suffisante pour éviter ce désastre en redirigeant l'innovation dans le secteur propre. En outre, retarder l'intervention est coûteux car cela accroît l'écart entre les deux secteurs et nécessite une taxe future plus forte pour éviter le désastre environnemental.

Lorsque les deux secteurs sont moins substituables, le désastre se rapproche moins vite car l'effet prix domine et l'avantage de productivité initial des machines polluantes induit de l'innovation dans le secteur propre. Dans ce cas, pour éviter le désastre environnemental, il faut

⁴⁴ Nordhaus (2010) considère au contraire qu'un seul instrument de prix est nécessaire: « internalizing the pollution externality suffices ... there would be no grounds for further special treatment for the green R&D activity ».

une intervention permanente car il est impossible de switcher de manière permanente vers le secteur propre.

La structure de réglementation optimale dans ce modèle -combinaison d'une taxe sur les inputs (taxe carbone) et d'une taxe sur les profits du secteur polluant (ou subvention de la R&D verte)- implique que la taxe adoptée seule décourage les activités polluantes et rentabilise la R&D verte mais introduit des distorsions productives trop fortes.

Mais la combinaison de ces deux instruments doit être temporaire lorsque les inputs sont très substituables (et permanente sinon), et un exercice de calibration montre que la politique optimale conduit à un switch de la R&D vers le secteur vert immédiatement (en sept ans dans le scénario de référence).

Enfin, en considérant ces enjeux au niveau international, les auteurs montrent que lorsque les deux secteurs sont substituables et qu'il existe des spillovers technologiques internationaux, la régulation environnementale dans le Nord entraîne une amélioration suffisante pour éviter le désastre environnemental, à condition d'une coordination politique globale.

b - Les politiques publiques au service de la croissance verte en pratique

En pratique, plusieurs études ont analysé la sensibilité de l'innovation aux différentes politiques économiques.

En s'appuyant sur des données américaines Popp (2002) montre par exemple que sur la période 1970-1994, une hausse des prix de l'énergie de 10 % a entraîné une hausse des brevets dans le secteur de l'énergie de 3.54 % et ce, pour moitié dans les cinq premières années.

De même, Newell, Jaffe et Stavins (1999) montrent que l'efficacité énergétique en 1993 aurait été de 25 à 50 % plus faible dans les climatiseurs et chaudières à gaz si les prix de l'énergie avaient conservé leur niveau de 1973, et ces gains de productivité et d'efficacité sont intervenus dans les cinq premières années.

Une étude plus récente de Dechezleprêtre et al. (2008) considère les dépôts de brevets d'inventions intervenus entre 1978 et 2003 dans sept catégories d'énergies renouvelables (éolien, solaire, géothermie, énergie marine, biomasse, hydroélectricité, énergie tirée des déchets) et six autres domaines contribuant à la réduction des émissions de GES (destruction de méthane, procédés de réduction des émissions de CO₂ pour la fabrication de ciment, efficacité énergétique dans le bâtiment, moteurs à injection, éclairage basse consommation, capture et stockage du carbone).

Les auteurs montrent notamment que jusque dans les années 1990, l'innovation était principalement impulsée par les prix de l'énergie. Depuis la fin des années 1990 (notamment depuis la ratification du protocole de Kyoto), c'est plutôt les politiques environnementales et climatiques qui ont accéléré le rythme de l'innovation verte (voir table 1 et figure 1).

Table 1: Top 12 inventors, with average % of total inventions (2000 - 2005)

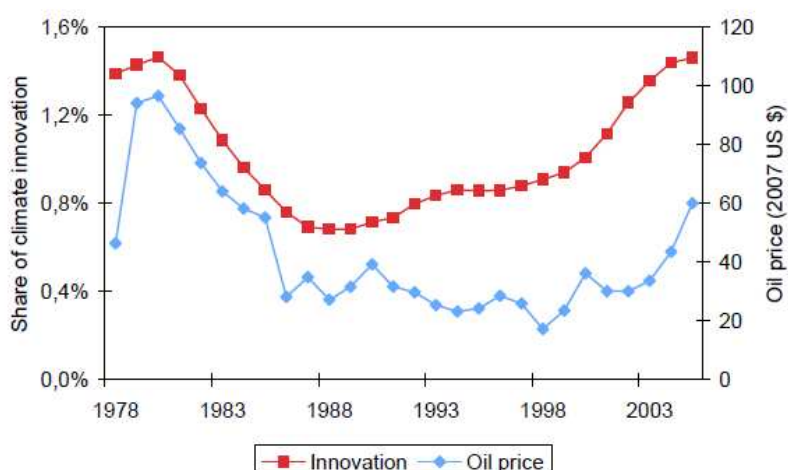
Country	Rank	Average % of world's inventions	Average % of world's high-value inventions	Top 3 technologies (decreasing order)
Japan	1	37.1 %	17.4 % (2)	All technologies
USA	2	11.8 %	13.1 % (3)	Biomass, insulation, solar
Germany†	3	10.0 %	22.2 % (1)	Wind, solar, geothermal
China	4	8.1 %	2.3 % (10)	Cement, geothermal, solar
South Korea	5	6.4 %	4.4 % (6)	Lighting, heating, waste
Russia	6	2.8 %	0.3 % (26)	Cement, hydro, wind
Australia	7	2.5 %	0.9 % (19)	Marine, insulation, hydro
France†	8	2.5 %	5.8 % (4)	Cement, electric & hybrid, insulation
UK†	9	2.0 %	5.2 % (5)	Marine, hydro, wind
Canada	10	1.7 %	3.3 % (8)	Hydro, biomass, wind
Brazil	11	1.2 %	0.2 % (31)	Biomass, hydro, marine
Netherlands†	12	1.1 %	2.1 % (12)	Lighting, geothermal, marine
Total	-	87.2 %	77.2 %	

† Note: Together, EU27 countries represent 24% of the world's inventions.

Source : Dechezleprêtre et al. (2008)

Figure 1: Share of climate-related innovation in total innovation in comparison with oil prices

Source: Authors' calculations, based on PATSTAT data



Source: Dechezleprêtre et al. (2008)

c - Les nouveaux besoins en capital humain et l'ajustement de l'offre de travail

Les gouvernements peuvent recourir à différents instruments pour stimuler l'innovation verte. Les politiques de demande augmentent le rendement de ces innovations, et corrigent donc le problème d'appropriation en présence de spillovers. Les politiques d'offre consistent à subventionner la recherche privée ou la recherche publique. La première présente l'intérêt que les entreprises ont un avantage informationnel sur les perspectives de commercialisation.

Toutefois le succès de ces politiques dépend de manière cruciale des nouveaux besoins en capital humain et de l'adaptation des compétences qui en découle.

Plusieurs rapports récents ont ainsi souligné les contraintes au verdissement de l'économie découlant des pénuries et lacunes de compétences dans les pays développés comme dans les pays émergents (voir par exemple COE, 2010, CAS, 2010). Cela concerne notamment l'industrie des biocarburants au Brésil, le secteur des énergies renouvelables et de l'environnement en Allemagne, au Bangladesh et aux Etats-Unis, et le secteur de la construction en Afrique du Sud, en Australie, en Chine et en Europe. En France par exemple, le secteur du bâtiment considère que 360 000 individus devront être formés chaque année pour répondre aux objectifs fixés dans le cadre du Grenelle de l'Environnement (Crifo, Crassous et Flam, 2010).

Or l'offre de travail très qualifié étant inélastique à court terme, un risque important des politiques en faveur des innovations vertes est qu'elles ne soient consommées en partie par une hausse des salaires.

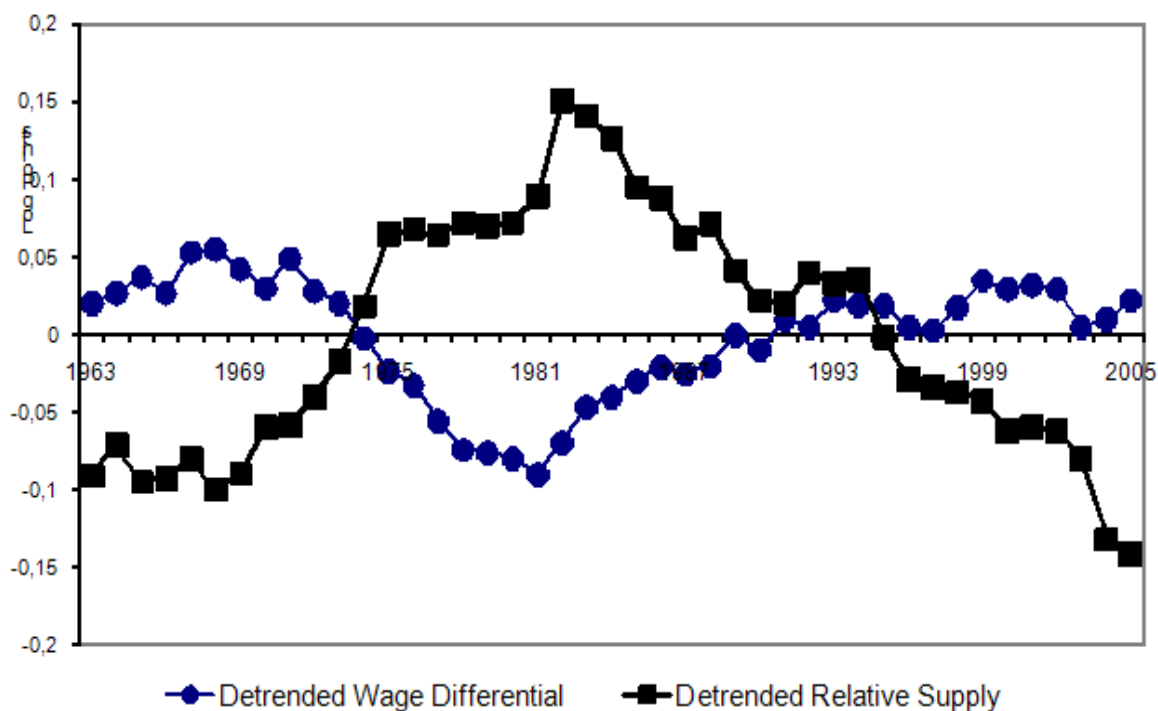
Schématiquement, la structure des salaires est en effet déterminée par l'opposition entre deux forces contraires. D'un côté le progrès technique, en augmentant la demande de travail qualifié, exerce une pression à la hausse sur les salaires qualifiés. D'un autre côté, l'éducation, en augmentant l'offre de travail qualifié, a tendance à réduire les salaires qualifiés.

Aux Etats-Unis par exemple, la réduction des inégalités dans les années 1970 reflétait la prédominance des effets de l'éducation et de l'augmentation de l'offre. A l'inverse, l'augmentation des inégalités dans les années 1980 reflétait la prédominance des effets de la technologie et du déplacement de la demande (Crifo, 2005).

L'interaction entre ces deux effets et le décalage d'ajustement de l'offre (son caractère inélastique à court terme) peut même conduire à une relation négative entre la demande et l'offre de travail qualifié. C'est ce que l'on peut observer par exemple aux Etats-Unis entre 1981 et 1990 et entre 1995 et 2005, deux périodes au cours desquelles la forte augmentation de la demande relative (i.e. du salaire relatif) s'est accompagnée d'une baisse de l'offre relative de travail qualifié, comme le documente la figure 2 (Crifo, 2008).

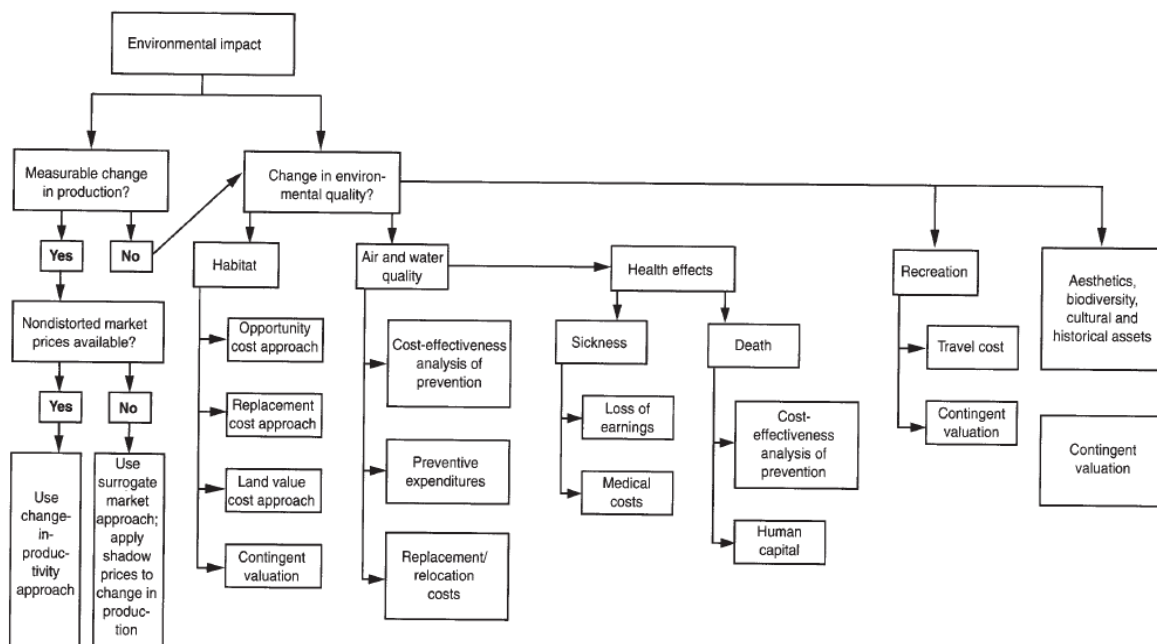
Dès lors, en augmentant les besoins en « travail qualifié vert », les politiques stimulant l'innovation verte vont créer un effet de demande à la hausse (effet de progrès technique biaisé). Si l'offre de travail n'augmente pas elle aussi, cet effet se traduira par une pression mécanique augmentant les différentiels de salaires. Par conséquent, pour éviter que ces politiques d'innovation ne soient simplement « absorbées » par une augmentation des salaires, il est nécessaire de les accompagner par des politiques de formation et d'éducation dans les secteurs verts.

Figure 2 : Différentiel de salaire et offre relative de travail qualifié (niveau d'éducation enseignement supérieur par rapport à secondaire) aux Etats-Unis, 1963-2005



Source : Autor, Katz et Kearney (2008), reproduit dans Crifo (2008)

Annexe 1 : Méthodes d'évaluation des externalités environnementales



Source : Dixon et al. (1994)

Bibliographie

- [1] Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. et D. Hemous. 2009. The Environment and Directed Technical Change. *NBER Working Paper* n° 15451.
- [2] Aghion, P. et P. Howitt. 1992. A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60 (2): 323-351.
- [3] Aghion, P. et P. Howitt. 1998. *Endogenous Growth Theory*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- [4] Arjaliès, DL. 2009. A social movement perspective on finance: how Socially Responsible Investment mattered. *Journal of Business Ethics*, à paraître.
- [5] Arjaliès, DL. 2010. *Institutional Change in the Making – The Case of Socially Responsible Investment*. Thèse de doctorat.
- [6] Autor, D., Katz L. et M. Kearney. 2008. Trends in U.S. Wage Inequality: Revising the Revisionists. *The Review of Economics and Statistics*, 90(2): 300-323.
- [7] Beath, J., Katsoulacos, Y. et D. Ulph. 1989. Strategic R&D Policy, *Economic Journal*, 99:74-83.
- [8] Bretschger, L. 1998. How to Substitute in Order to Sustain: Knowledge Driven Growth under Environmental Restrictions. *Environment and Development Economics*, 3: 425-442.
- [1] CAS, 2010. *La croissance verte : quels impacts sur l'emploi et les métiers*. Note de veille du Centre d'analyse stratégique n° 164. Janvier.
- [2] COE, 2010. *Croissance verte et emploi*. Rapport du Conseil d'orientation pour l'emploi. Janvier.
- [9] Crifo, P. 1999. L'analyse de l'innovation dans les modèles de croissance endogène. *Revue Française d'Economie*, 14(2): 189-221.
- [3] Crifo, P. 2005. L'augmentation des inégalités est-elle le prix à payer pour l'innovation et la croissance? *Revue Française d'Economie*, 19(3) : 117-157.
- [4] Crifo, P. 2008 Skill Supply Response and Biased Technical Change. *Labour Economics*, 15 : 818-830.
- [5] Crifo, P. et N. Mottis, 2010. Composition and activities of SRI teams: case study of the French market. in *Corporate Social Responsibility: from Compliance to Opportunity*, P.Crifo et JP.Ponssard eds. Editions de l'Ecole Polytechnique.
- [6] Crifo, P., Crassous, R. et M. Flam. 2010. *L'économie verte et le rôle de l'industrie dans la croissance verte*. Etude pour le Cercle de l'industrie. Juin 2010. 74p.
- [10] Dasgupta, P. et G. Heal. 1974. The Optimal Depletion of Exhaustible Resources. *Review of Economic Studies*, 40: 3-28.
- [7] Dechezleprêtre, A., Glachant, M., Hasic, I., Johnstone, N. et M. Yann. 2008. Invention and Transfer of Climate Mitigation Technologies on a Global Scale: A Study Drawing on Patent Data, rapport pour l'Agence Française de Développement.
- [8] Dejean, F. 2006. La création du marché de l'ISR en France : logique d'offre et stratégie de communication. *Revue d'économie financière*, 85: 273-284.

- [9] Dixon, J., Scura, L., Carpenter, R. et P. Sherman. 1994. *Economic Analysis of Environmental Impacts*. London: Earthscan Publications.
- [10] EFAMA 2008. Annual asset management report: facts and figures. European Fund Asset management Association .Juillet 2008.
- [11] Elbasha, E. et T. Roe. 1996. On Endogenous Growth: the Implications of Environmental Externalities. *Journal of Environmental Economics and Management*, 31: 240–268.
- [11] Europlace 2008. Rapport de la Commission Europlace: Investissement Socialement Responsable.
- [12] EUROSIF, 2008. European SRI study.
- [12] Fisher, E. et C. van Marrewijk. 1998. Pollution and Economic Growth. *Journal of International Trade and Economic Development*, 7(1): 55–69.
- [13] Gillingham, K., Newell, R. et W. Pizer. 2008. Modeling Endogenous Technological Change for Climate Policy Analysis. *Energy Economics*, 30: 2734–2753.
- [14] Gradus, R. et S. Smulders, 1993. The Trade-off between Environmental Care and Long-term Growth-Pollution in Three Prototype Growth Models. *Journal of Economics*. 58(1): 25–51.
- [15] Guesnerie, R., et J. Tirole. 1985. L'économie de la recherche-développement, introduction à certains travaux théoriques. *Revue Economique*, 5: 843-871.
- [16] Hettich, F., 1998. Growth Effects of a Revenue-neutral Environmental Tax Reform. *Journal of Economics*, 67(3): 287–316.
- [17] Hicks, J. 1932. *The Theory of Wages*. Macmillan, London, UK.
- [13] Jaffe A. et R. Stavins. 1994. The Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology. *Resource and Energy Economics*, 16: 91-122.
- [18] Jaffe, A., Newell, R. et R. Stavins. 2005. [A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy](#). *Ecological Economics*, 54(2-3): 164-174.
- [14] Jaffe, A., Newell, R. et R. Stavins. 2005. A Tale of Two Market Failures : Technology and Environmental Policy. *Ecological Economics*, 54 : 164-174.
- [19] Kamien, M. et N. Schwartz. 1968. Optimal Induced Technical Change. *Econometrica*, 36: 1-17.
- [20] Kany ,F. et L. Ragot. 1998. L'environnement : un frein à la croissance dans les modèles traditionnels. dans Schubert K. et Zagamé P. éd., *L'environnement. Une nouvelle dimension de l'analyse économique*, Vuibert, Paris.
- [21] Kennedy, C. 1964. Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution. *The Economic Journal*, 74(295): 541-547.
- [22] Mohtadi, H., 1996. Environment, Growth, and Optimal Policy Design. *Journal of Public Economics*, 63(1): 119–140.
- [23] Newell, R., Jaffe, A. et R. Stavins. 1999. The Induced Innovation Hypothesis and Energy-saving Technological Change. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(3): 941-975.

- [15] Newell, R., Jaffe, A. et R. Stavins. 1999. The induced innovation hypothesis and energy-saving technological change”. *The Quarterly Journal of Economics* 114(3): 941-975.
- [16] Novethic, 2009. L’essentiel de l’ISR n°17, janvier/février 2009.
- [24] Nordhaus, W. 2010. Designing a Friendly Space for Technological Change to Slow Global Warming, *Energy Economics*, à paraître.
- [25] Popp, D. 2002. Induced Innovation and Energy Prices. *American Economic Review*, 92(1): 160-180.
- [17] Porter, M. 1991. American green strategy, *Scientific American*, 264: 168.
- [18] Porter, M. et C. van der Linde. 1995. Towards a new conception of the environment-competitiveness relationship, *Journal of Economic Perspectives*, 9: 97-118
- [26] Ricci, F. 2007. Channels of transmission of environmental policy to economic growth: a Survey of the Theory. *Ecological Economics*, 60: 688-699.
- [27] Romer, P. 1990. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, S71S102.
- [28] Smulders, S. 1995. Environmental Policy and Sustainable Economic Growth. *De Economist*, 143(2): 163–195.
- [29] Smulders, S. et M. de Nooij. 2003. The Impact of Energy Conservation on Technology and Economic Growth. *Resource and Energy Economics*, 25: 59-79.
- [30] Smulders, S. et R. Gradus. 1996. Pollution Abatement and Long-term Growth. *European Journal of Political Economy*, 12 (3): 505–532.
- [19] US SIF, 2008. 2007 Report on Socially Responsible investing Trends in the United States . Social Investment Forum.
- [31] van Zon, A. et I. Yetkiner. 2003. An Endogenous Growth Model with Embodied Energy-saving Technical Change. *Resource and Energy Economics*, 25: 81-103.
- [20] Veugelers, R. et C. Serre 2009. Cold Star for the Green Innovation Machine. *Bruegel Policy Contribution* n° 2009-12.
- [32] Xepapadeas, A. 1997. Economic Development and Environmental Pollution: Traps and Growth. *Structural Change and Economic Dynamics*, 8(3): 327–350.

Vers un cadre stable et efficace de soutien public aux énergies renouvelables

Marie-Laure GUILLERMINET, Henri LAMOTTE, Timothée OLLIVIER,
et Xavier BONNET⁴⁵

1 - Les objectifs du paquet Energie-Climat européen en termes d'énergies renouvelables et sa déclinaison pour la France

Lors du Conseil européen des 8 et 9 mars 2007, les 27 pays de l'Union Européenne (UE) se sont accordés sur l'objectif contraignant de porter à 20 % la part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie de l'UE à l'horizon 2020. Cet objectif a été repris dans la directive européenne 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables qui détermine la répartition entre Etats membres de l'objectif fixé au niveau européen.

En France, en cohérence avec la directive européenne et suivant les préconisations du comité opérationnel 10 du « Grenelle Environnement » (le Comop 10), la loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, dite loi Grenelle I, a fixé à 23 % la part d'énergies renouvelables (EnR) dans la consommation énergétique à atteindre en 2020, soit une production de 36 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) contre 16 Mtep aujourd'hui.

Les sources renouvelables sont utilisées dans la production de trois types d'énergie :

- la chaleur, à partir :
 - d'équipements utilisant de la biomasse sylvicole ou agricole (y compris le biogaz),
 - de l'incinération d'ordures ménagères (en faisant appel aux Unités d'Incinération d'Ordures Ménagères, UIOM),
 - de la géothermie,
 - des pompes à chaleur (y compris géothermiques),
 - des capteurs solaires thermiques (pour l'eau chaude sanitaire et / ou pour le chauffage avec un plancher solaire direct par exemple),
 - ainsi que la chaleur coproduite en même temps que l'électricité par les cogénérations à partir de biomasse et de biogaz ;

⁴⁵ DGT, Ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi

- l'électricité à partir d'éoliennes terrestres et maritimes, de panneaux photovoltaïques (PV) et de centrales solaires au sol, de barrages hydroélectriques, de centrales électriques ou de cogénérations à partir de biomasse et de biogaz ;
- l'énergie, consommée dans le secteur des transports produite à partir de biocarburants.

La directive 2009/28/CE ne spécifie pas d'objectif concernant les usages électrique et thermique de ces énergies mais fixe un taux par Etat membre de 10 % d'incorporation de biocarburants et d'électricité produite à partir de sources renouvelables (article 3, alinéa 4-b) dans la consommation du secteur des transports. Par ailleurs, la directive 2009/30/CE fixe un objectif de 6% de réductions des émissions de CO₂ du transport par l'utilisation de biocarburants d'ici 2020 (2% d'ici fin 2014 et 4% d'ici fin 2017).

Le tableau 1 présente la répartition de l'objectif entre les différentes filières d'EnR retenue par la France.

Tableau 1 : Objectif de production d'énergie à partir de sources renouvelables en 2020

<i>(en ktep)</i>	Situation en 2005	Potentiel en 2012	Potentiel en 2020
Total	16 218	23 601	37 146
Biocarburants	544	3 112	4 062
<i>dont</i>			
Electricité provenant de sources renouvelables	141	212	402
Chaleur	9 153	12 222	19 732
Géothermie, à l'exception des applications de pompes à chaleur	130	195	500
Solaire	38	185	927
Biomasse dont Chaleur Cogénération ⁴⁶	9 153	10 542	16 455
Energie renouvelable des pompes à Chaleur	76	1 300	1 850
Electricité	6 521	8 267	13 352
Hydroélectricité, y compris par pompage	6 040	5 981	6 165
Géothermie	8	19	41
Solaire	2	116	592
<i>dont</i>			
Solaire Photovoltaïque	2	113	508
Technologies marines, solaire thermodynamique	46	49	99
Eolien terrestre et en mer	97	1 544	4 979
Biomasse dont biogaz et part EnR des UIOM	328	558	1 476

Source : MEEDDM (2010), « Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables - Période 2009-2020 » (en application de l'article 4 de la Directive 2009/28/CE)

Lecture : Entre 2020, la production totale d'énergie renouvelable serait égale à 37 146 ktep. La production d'électricité à partir d'EnR contribuerait à hauteur de 13 352 ktep à cet objectif, et parmi la production d'électricité, la filière photovoltaïque contribuerait pour 508 ktep.

⁴⁶ Cette production est liée à la production d'électricité à partir de biomasse.

2 - L'ensemble de dispositifs français de soutien aux sources renouvelables pour atteindre ces objectifs

Pour inciter les comportements des agents économiques vers davantage d'utilisation des énergies renouvelables, un grand nombre de dispositifs de soutien (fiscaux et autres) a été mis en place ou complété, tant pour la production de chaleur et d'électricité que pour le développement des biocarburants.

a - Panorama des dispositifs actuels pour la production de chaleur et d'électricité à partir d'énergies renouvelables

Ces dispositifs s'adressent tant aux particuliers qu'aux entreprises et aux collectivités comme indiqué dans le tableau ci-après.

Dispositifs d'aide	Particuliers	Entreprises	Collectivités
fiscaux			
Crédit d'impôt développement durable (CIDD)	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 ⁴⁷		X	
autres			
Fonds « chaleur renouvelable » (Fonds Chaleur) ⁴⁸		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 (fournisseurs d'énergie)	

Les tarifs d'achat de l'électricité, conclus dans le cadre de l'obligation d'achat ou des appels d'offre, sont supérieurs au prix du marché de gros de l'électricité afin de rentabiliser l'investissement dans les EnR. Les surcoûts entre tarifs d'achat garantis et prix de gros sont dans un premier temps supportés par les opérateurs historiques, EDF ou les distributeurs non nationalisés. Instituée par la loi n°2003-8 du 3 janvier 2003, la contribution au service public de l'électricité (CSPE) vise entre autres choses à leur compenser ces surcoûts. Cette contribution est due par tous les consommateurs finals d'électricité au prorata des kWh consommés (sauf exceptions, exonération et/ou plafonnement) puis redistribués aux opérateurs historiques en fonction des surcoûts supportés.

Les tarifs d'achat sont fixés :

- soit par le système des obligations d'achat, mis en place en 2001, avec la publication de plusieurs arrêtés fixant les niveaux du tarif par type d'énergie. Les tarifs de rachat ont ensuite été revus en 2006, 2009 et 2010 afin d'inciter le

⁴⁷ Les agriculteurs peuvent conserver le régime des bénéficiaires agricoles lorsque les revenus rapportés par l'implantation d'un système photovoltaïque sont accessoires. L'article 75 A du Code Général des Impôts permet aux exploitants agricoles de rattacher aux résultats agricoles les revenus de la production d'électricité d'origine photovoltaïque ou éolienne, dès lors que le montant de ces recettes n'excède ni 50 % des recettes agricoles, ni 100 000 €.

⁴⁸ Le Fonds Chaleur a été créé en décembre 2008 et est géré par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie). Ce fonds ne vise pas à l'essor des nouvelles technologies mais au développement commercial des technologies propres.

développement des sources d'électricité renouvelables. Le tableau 2 présente les niveaux actuels des principaux tarifs d'achat selon le type de production d'électricité renouvelable pour les nouveaux sites de production⁴⁹,

- soit par le système des appels d'offre qui complète, se substitue⁵⁰ ou pourrait coexister⁵¹ avec ces obligations d'achat. Deux appels d'offre concernant le photovoltaïque au sol et la biomasse électrique⁵² ont été lancés respectivement les 20 avril 2009 et 28 juillet 2010. Les deux précédents appels d'offre⁵³ pour la biomasse ont donné un tarif moyen de 12,8 et 14,5 c€/kWh.

Tableau 2 : principaux tarifs d'achat actuels de l'électricité renouvelable actuellement en vigueur (depuis le révision d'aout 2010)

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 - 15 c€/kWh pour énergie hydraulique des mers (houlomotrice, marémotrice ou hydrocinétique)
Biogaz et méthanisation	15 ans	- entre 7,5 et 9 c€/kWh selon la puissance + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh + prime à la méthanisation de 2 c€/kWh
Biomasse et farines animales	20 ans	- 4,5 c€/kWh + prime facultative entre 8 et 13 c€/kWh attribuée en fonction de la puissance (qui doit être supérieure à 5 MW), des ressources utilisées et de l'efficacité et modulé en fonction de cette dernière
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 : 58, 51 ou 44 c€/kWh selon l'usage du bâtiment et la puissance installée - installations intégrées simplifiées au bâti : 37 c€/kWh - autres installations : Corse, DROM, Saint-Pierre-et-Miquelon et Mayotte : 35,2 c€/kWh ; Métropole : 27,6 c€/kWh modulé de +0% à +20% selon l'ensoleillement moyen de la zone d'implantation
Géothermie	15 ans	- Métropole : 12 c€/kWh + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh - DROM : 10 c€/kWh + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh

Source : DGEC, DG Trésor

Par ailleurs, ces dispositifs sont complétés par d'autres pour certaines technologies non matures (comme les technologies marines, solaire thermodynamique) qui nécessitent un soutien en

⁴⁹ Le niveau du tarif d'achat dépend de la date de création du site de production. Ainsi, un site créé avant la publication des arrêtés révisant le niveau du tarif d'achat continue de bénéficier du tarif en vigueur avant la publication de l'arrêté.

⁵⁰ « La PPI n'est pas seulement un exercice prospectif. Dans le cas où les investissements prévus dans l'arrêté relatif à la PPI ne sont pas réalisés par les acteurs du marché, le Gouvernement peut décider de lancer un appel d'offres (article 8 de la loi du 10 février 2000). », cf. page 9 du rapport de la PPI.

⁵¹ Le tarif d'achat pour l'électricité produite à partir de biomasse est destiné aux installations moyennes (5-12 MWe) et l'appel d'offre du 28 juillet 2010 est réservé aux installations de grande taille (> 12 MWe). Dans la pratique, l'industriel peut adapter son projet pour le présenter dans le cadre de l'appel d'offre ou du tarif de rachat, l'effet pervers d'association des deux systèmes est bien présent.

⁵² pour des installations supérieures à 12 MWe.

⁵³ requérant des capacités installées différents.

recherche et développement. Le Fonds démonstrateur de recherche⁵⁴, créé en juillet 2008 et géré par l'ADEME, a vocation à contribuer à l'essor de nouvelles « technologies propres » dans le domaine du transport, le secteur de l'énergie et l'habitat, en soutenant l'expérimentation de technologies encore en développement grâce à la réalisation de démonstrateurs de taille suffisamment importante pour être représentative des conditions d'utilisation dans un environnement industriel. Suite aux conclusions de la commission sur les priorités stratégiques d'investissement et l'emprunt national, les « investissements d'avenir »⁵⁵, pilotés par un Commissariat Général à l'Investissement sous l'autorité du Premier ministre, s'inscrivent dans la continuité des orientations du Fonds démonstrateur de recherche.

b - Le dispositif de soutien au développement des biocarburants

On désigne par biocarburants les carburants issus du mélange de produits végétaux avec les carburants « classiques », essence ou gazole. On distingue : i) 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 ii) les biocarburants de seconde génération mobilisant tout type de matière végétale (biomasse ligno-cellulosique) : plantes entières, ligneuses ou herbacées, résidus agricoles ou sylvicoles, déchets verts...

Les biocarburants ne doivent pas être confondus avec l'utilisation de la biomasse pour la production de chaleur ou d'électricité.

Deux instruments permettent de soutenir le développement des biocarburants :

- une exonération partielle de taxe intérieure sur la consommation⁵⁶ ;
- une incorporation obligatoire sous menace de TGAP : la loi de finance 2005 a créé une TGAP dont les distributeurs sont exonérés s'ils incorporent des biocarburants à hauteur d'un objectif fixé. Si un distributeur n'a pas acheté la quantité de biocarburants lui permettant de bénéficier de l'exonération, il peut acheter un certificat d'incorporation à un autre distributeur qui a incorporé suffisamment de biocarburants. Pour respecter l'objectif obligatoire d'incorporation et ne pas payer de pénalité, les distributeurs de carburants sont donc prêts à payer plus cher les biocarburants, ce qui constitue une rente pour les producteurs de biocarburants, assimilable à une subvention⁵⁷.

Les producteurs de biocarburants ont de plus bénéficié d'aides de la PAC dédiées aux cultures énergétiques⁵⁸ et sont protégés par des barrières tarifaires.

⁵⁴ Ce fonds, initialement doté de 325 M€ en autorisations d'engagement sur la période 2009-2012 (dépenses nouvelles auxquelles s'ajoutent les dépenses de 75 M€ faites en 2008 dans le cadre des projets OSEO), a été complété de 50 M€ dans le cadre du Pacte automobile. Les crédits de paiements s'étaleront jusqu'en 2014 – 2015.

⁵⁵ Au titre des Investissements d'Avenir, l'ADEME s'est vue confier plusieurs programmes et actions relevant de ses domaines de compétences : le programme « véhicules du futur » pour un montant de 1 milliard d'euros, le programme « démonstrateurs et plateformes technologiques en énergies renouvelables et décarbonées et chimie verte » pour 1,6 milliard d'euros et la thématique « réseaux électriques intelligents » du programme « Développement de l'économie numérique » pour un montant de 250 millions d'euros.

⁵⁶ Les niveaux d'exonération baissent progressivement de 27c€/hl pour l'éthanol et 22c€/hl en 2008 à 14c€/hl et 8c€/hl en 2011 pour le biodiesel. Aucune décision n'a pour l'instant été prise pour la suite.

⁵⁷ Les producteurs de biocarburants répercutent dans leur prix de vente une partie de la taxe dont devrait s'acquitter le distributeur en l'absence d'incorporation, fonction de son pouvoir de marché et des tensions sur le marché des biocarburants.

⁵⁸ Celles-ci ont été abandonnées en 2010 à l'occasion du bilan de santé de la PAC en 2008.

Les deux instruments précédents soutiennent le développement des biocarburants de 1^{ère} génération. Par ailleurs, la France s'est engagée dans un soutien significatif en recherche et développement sur les biocarburants de 2^{nde} génération, technologie encore non mature. D'abord, l'ANR soutient des recherches académiques sur les biocarburants de seconde génération, dans le cadre du PNRB⁵⁹ notamment, puis du programme Bioénergies (Bio-E). Ensuite, de nombreux industriels français, soutenus par le fonds démonstrateur décrit plus haut, s'engagent actuellement dans des projets démonstrateurs pilotes (Futurol, BioTfuel, Gaya) afin de faire passer ces efforts de recherche appliquée à un stade industriel. Enfin, nombre de ces investissements sont de plus éligibles à d'autres instruments plus transversaux comme le crédit d'impôt recherche et à d'autres financements publics via des pôles de compétitivité (Axelera, Industrie et agro-ressources, etc.).

3 - Le dispositif actuel de soutien public aux énergies renouvelables : interrogations et limites

a - La question de l'articulation entre les différents dispositifs de soutien à la production d'énergie renouvelable

Les différents dispositifs peuvent se cumuler comme le montre le tableau 3, qui rappelle les conditions d'éligibilité des différentes technologies :

- Au crédit d'impôt développement-durable,
- A l'éco-prêt à taux zéro,
- A la TVA à taux réduit,
- Aux tarifs d'achats,
- Et aux certificats d'économie d'énergies.

A l'ensemble des dispositifs décrits précédemment, il faudrait également ajouter les aides des collectivités locales ou de l'ANAH qui sont plus ponctuelles. Par ailleurs, la future réglementation thermique sur les logements neufs qui entrera en vigueur en 2012 devrait accélérer le développement des EnR dans le neuf.

Il existe donc de nombreux dispositifs proches dont la cohérence d'ensemble est nécessaire pour ne pas limiter l'efficacité économique des instruments ou favoriser les effets d'aubaine.

b - L'impact du soutien public au développement des énergies renouvelables sur la contribution au service public d'électricité et sur les finances publiques

Le coût du développement des énergies renouvelables pour la puissance publique (subventions) et le consommateur (via la CSPE compensant les opérateurs d'électricité du surcoût lié aux tarifs garantis de rachats d'électricité) est très variable en fonction du mode de production d'énergie considéré. En effet, les surcoûts liés à ces tarifs d'achat (i.e. les différences entre les tarifs et le prix sur le marché de gros) doivent a priori être répercutés dans le prix de vente de l'électricité aux consommateurs finals, via la Contribution au Service Public de l'Electricité, ou CSPE).

⁵⁹ Programme national de recherche sur les bioénergies (<http://www.pnrp.net>)

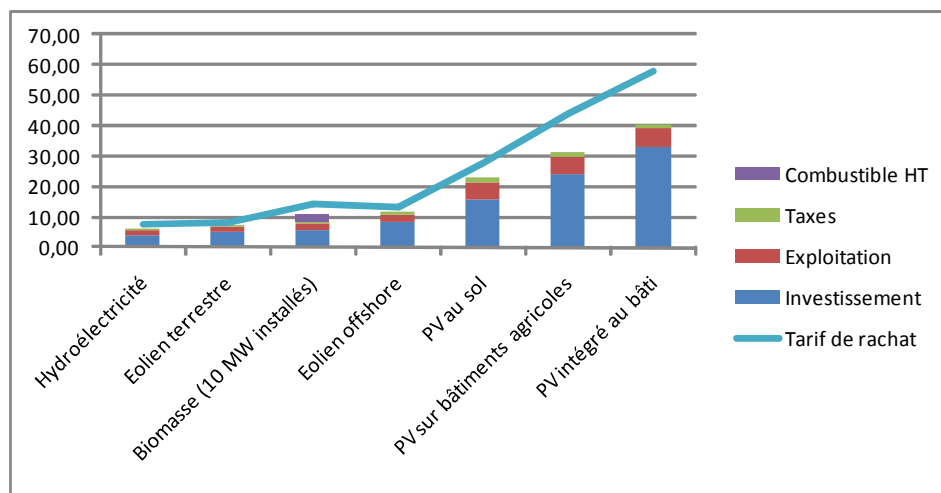
Tableau 3 : dispositifs existants pour la production de chaleur à partir d'énergies renouvelables

Dispositif	CIDD	Eco-PTZ	TVA à taux réduit	Tarif d'achat	Certificats d'économie d'énergie
Période de validité	31/12/2012	31/12/2013	-	-	-
Description du dispositif	Crédit d'impôt sur le revenu avec un taux variant suivant l'équipement installé dans une résidence principale neuve ou ancienne	Prêt sur 3 à 10 ans à taux zéro pour un bouquet de travaux (d'un montant maximum de 20 000 ou 30 000 € par foyer) dans une résidence principale uniquement ancienne	TVA à 5,5 % au lieu de 19,6 % pour les équipements de production d'énergie renouvelable dans le secteur résidentiel existant	Tarif d'achat fixé selon la source d'énergie renouvelable utilisée	Les fiches d'opérations standardisées précisent les conditions d'éligibilité et les modalités d'évaluation des économies d'énergie
Assiette	Equipements	Fourniture et pose	Equipements	Production d'électricité	
Contraintes de cumul	Cumul possible avant le 31/12/2010 si le revenu fiscal du foyer n'excède pas 45 000 €		Pas de contrainte	Contrainte d'intégration au bâti pour les particuliers pour le solaire PV	Pas de contrainte
Caractéristiques techniques des équipements éligibles par dispositif de soutien					
Solaire – Chauffage et production d'eau chaude	Eligible si certification CSTBat, Solar Keymark ou équivalent des capteurs solaires	Eligible si certification CSTBat, Solar Keymark ou équivalent des capteurs solaires et à l'exception des appareils de chauffage	Eligible	Non éligible	Eligible
Raccordement à un réseau de chaleur EnR	Eligible	Non éligible	Non éligible (mais TVA à 5,5 % sur l'énergie)	Non éligible	Eligible
Bois et autres biomasses - Chauffage et production d'eau chaude	- Chaudière éligible si rendement > 70 % (resp. 75%) si chargement manuel (resp. automatique) - Insert, poêle, foyer fermé, cuisinière utilisée comme mode de chauffage éligibles si rendement > 70 % et si concentration moyenne de carbone < 0,6 %	- Chaudière éligible si de « classe 3 » - Insert, poêle, foyer fermé éligibles si rendement > 70 % - Cuisinière utilisée comme mode de chauffage non éligible	Eligible	Non éligible	Eligible
Pompes à chaleur	Eligible si COP>3,3 et à l'exception des PAC air-air	Eligible si COP>3,3	Eligible	Non éligible	Eligible
Solaire – Production d'électricité	Eligible si normes EN61215 ou NF EN 61646	Non éligible	Eligible	Eligible	Non éligible
Eolien	Eligible	Non éligible	Eligible	Eligible	Non éligible

Source : DGFIP/DG Trésor

Le graphique 1 présente les écarts entre tarifs d'achat et coûts de production de différentes sources d'électricité renouvelables. Il apparaît notamment que l'électricité photovoltaïque bénéficie d'un soutien qui dépasse fortement les coûts complets (investissement + exploitation)

Graphique 1 : écart entre tarif d'achat et coût de production de différentes sources d'électricité renouvelables (en c€/kWh)



Calcul : DG Trésor, Source : MEEDDM, DGEC

L'augmentation des charges liées aux EnR en 2020 a initialement été prévue correspondre à une augmentation de l'ordre de 10 % de la facture électrique pour un client domestique par rapport à 2010 sous l'hypothèse que les investissements atteignent les volumes prévus dans le « plan d'action national en faveur des énergies renouvelables – période 2009-2012 ». Or le recouvrement des charges (dont celles liées aux EnR) de CSPE pose déjà problème. La contribution unitaire pour compenser les charges pour 2010 a été fixée à 0,45 c€/kWh, alors que la Commission de Régulation de l'Energie estime qu'elle aurait dû s'élever à 0,65 c€/kWh, dépassant ainsi le plafond fixé par la loi du 10 février 2000⁶⁰. Le déficit de recouvrement, qu'elle estime à environ 750 M€, est à la charge d'EDF et sera pris en compte dans l'évaluation des charges prévisionnelles de CSPE en 2012. Les informations plus récentes laissent entrevoir que le dérapage est bien plus important encore.

c - Des gains environnementaux limités au regard des surcoûts associés

L'augmentation de la production de toutes les filières d'énergies renouvelables n'est pas toujours économiquement justifiée. Dans certains cas, le coût de la tonne de CO₂ ainsi évitée (ou coût d'abattement) reste largement supérieur au prix du CO₂ sur le marché européen de quotas (estimé de 15 à 18 € la tonne de CO₂ entre fin 2009 et fin 2010) ainsi qu'à la valeur tutélaire retenue dans le rapport Quinet (32 € la tonne de CO₂ en 2010 et 100 € la tonne de CO₂ en 2030). Par différence avec les coûts d'abattement, les coûts publics ou assimilés⁶¹ rapportés à la tonne de CO₂ évitée permettent de mesurer si les aides publiques sont bien calibrées. Ceux-ci sont présentés dans le tableau 4. Ces évaluations restent entourées de

⁶⁰ L'article 5 de la loi 2000-108 du 10 février 2000 fixe ce plafond à 7 % du tarif réglementé de vente 6 kVA base hors abonnement, soit 0,55 c€/kWh depuis la révision tarifaire d'août 2009.

⁶¹ dans le cas de transfert des consommateurs vers les producteurs pour la CSPE ou les biocarburants quand du fait de l'obligation d'incorporation, une rente est captée par les producteurs de biocarburants, qui est donc une sorte de subvention indirecte à la production de biocarburants.

nombreuses incertitudes, notamment en ce qui concerne les hypothèses de substitution entre les différents moyens de production, mais les résultats demeurent robustes.

Pour déterminer le coût d'une tonne de CO₂ évitée de différentes filières d'énergie renouvelable, et ainsi évaluer la pertinence économique de soutenir le développement de telle ou telle filière, nous avons mené une évaluation socio-économique. Pour cela, nous avons estimé le surcoût correspondant à l'introduction à court ou à long terme de ces sources renouvelables par rapport aux moyens évités, en intégrant les différentes externalités⁶² : coûts liés à la localisation, coûts liés à l'intermittence de la production, externalités environnementales (paysagère et sonore). Il est donc nécessaire de déterminer le type de production substituée, notamment en fonction de l'énergie substituée et des moyens substitués⁶³ à court et long termes : substitution à de la production, substitution à des investissements futurs. Face aux surcoûts des différentes filières d'énergie renouvelable, le principal bénéfice associé reste la baisse des émissions de gaz à effet de serre. Cette baisse tient compte des émissions indirectes de CO₂ liées à l'analyse en termes de cycle de vie dans les filières électriques⁶⁴ et ce n'est pas le cas dans les filières thermiques. Pour les substitutions aux moyens électriques, nous raisonnons en contenu CO₂⁶⁵ :

- moyen pour tout usage en base tel que l'eau chaude sanitaire (ECS). Si ce calcul ne reflète pas l'évolution du système électrique et donc l'impact en termes d'émissions carbonées de l'installation de nouveaux chauffe-eaux électriques, il est probable que le contenu carbone de ces nouveaux chauffe-eaux électriques soit du même ordre de grandeur, les efforts d'économie d'énergie et le développement des énergies renouvelables prévus dans le Grenelle devant en principe permettre d'augmenter la part d'électricité non carbonée dans le mix électrique.
- marginal sinon, en analysant comment se traduit un accroissement de la demande et donc en déterminant quel est le moyen de production le moins cher disponible à la hausse.

Le tableau 4 précise à quel type de demande répond le moyen alternatif de production et sur quel horizon temporel se base le calcul. Ce dernier est important pour savoir si on considère par exemple qu'une turbine à gaz à cycle combiné sera remplacée par la construction d'un parc d'éoliennes (LT) ou si la production d'une centrale au charbon sera substituée marginalement par la production d'électricité d'origine éolienne (CT). Dans chaque cas, les coûts évités ne sont pas les mêmes. Nous ne tenons pas compte des effets de rebonds.

Les filières les plus pertinentes à soutenir en matière de déploiement sont celles dont le coût de la tonne de CO₂ évitée est inférieur à une valeur tutélaire estimée dans le rapport Quinet : 32 €/tCO₂ à court terme, 100 €/tCO₂ à plus long terme (2020). Par exemple, de ce point de vue, les filières utilisant de la biomasse (y compris la cogénération) pour la production de chaleur ou d'électricité sont de bons candidats.

⁶² i.e. une somme d'effets auxquels le marché est incapable d'attribuer spontanément une valeur marchande. Les émissions de CO₂ constituent une externalité climatique négative.

⁶³ Nous n'avons pas envisagé ici l'arrêt de production, valorisé au coût fixe et variable de production.

⁶⁴ Cf. C. Bordier (2008), « Développement des énergies renouvelables : quelle contribution du marché carbone ? ». Etude Climat n°16 et Observatoire de l'Industrie Electrique – UFE (2010), « Infrastructures – Consommation – Environnement – Marché »

⁶⁵ Cf. Note ADEME/RTE du 08/10/2007, « Le contenu CO₂ du kWh électrique : avantages comparés du contenu marginal et du contenu par usages sur la base de l'historique ».

Tableau 4 : Surcoût des énergies renouvelables et coût de la tonne de CO2 évitée

Type d'énergie finale	Moyen de production	Coût de la tonne de CO2 évitée €/tCO2	Coût public de la tonne de CO2 évitée €/tCO2	Surcoût hors externalité en €/MWh	Coût public en €/MWh	Moyen évité	Demande	Horizon
Electricité	Eolien terrestre	159-192	79-83	56-64	28	1/3 charbon et 2/3 nucléaire ou Taux moyen annuel du « thermique marginal » de 35% en 2010 (Contenu annuel moyen de 300 g CO2/MWh)	Semi base	CT
		61-73	41	41-49	28	1/3 charbon, 1/3 nucléaire, 1/3 exportation (en remplacement du charbon allemand)	Semi base	CT
		39-77	132	8-16	28	40% thermique (20% charbon-80% gaz), 30% nucléaire, 30% exportation (en remplacement d'énergie non carbonée)	Semi-base	LT
	Solaire Photovoltaïque	346	632	346	632	7/8 charbon et 1/8 fioul	Semi base (installation résidentielle intégrée sur bâti)	CT
		327	386	327	386	7/8 charbon et 1/8 fioul	Semi base (installation agricole)	CT
		174	222	174	222	7/8 charbon et 1/8 fioul	Semi base (installation au sol)	CT
	Biomasse	94-130	91	94-130	91	Charbon	Semi base	CT
	Cogénération	Biomasse	22-45	185	11-24	91	Charbon (électricité)	Semi base
Gaz (chaleur)								
Thermique - chaleur	Solaire Thermique	299-437	188-232	90-131	56-70	Fioul domestique	ECS et chauffage individuel	CT
		332-651	241-297	78-152	56-70	Gaz	ECS et chauffage individuel	CT
		209-285	103-127	115-157	56-70	Electricité	Chauffage individuel	CT
	Pompe à chaleur	524	163	114	36	Electricité	Chauffage individuel	CT
	Bois	-4+7	10-19	-2+4	5-10	Electricité	Chauffage individuel	CT
		-37	0	-20	0	Electricité	Chauffage collectif	CT
Carburants	Biocarburants	50-120	90 (2010)-65 (2011)	10-26	-	Carburants fossiles	-	CT

Calcul : DG Trésor, Source : DGEC, ADEME-RTE, ADEME-MIES, CRE, CEREN, CGM, IGF et CGGR

Cependant, au prix de vente actuel de la biomasse, l'offre de biomasse ne semble pas en mesure de répondre à la demande. En effet, l'offre mobilisable étant donné les prix actuels est de 11 Mtep (estimation Dg Trésor) et la demande de biomasse suscitée par le développement des filières énergétiques, estimée à 13 Mtep. Une tension pour l'usage de la ressource risque donc d'émerger, aggravée par l'hétérogénéité géographique des gisements de biomasse. La conséquence serait une augmentation du prix de la biomasse énergie, déjà visible, et qui serait répercutée sur le coût public du soutien à ces filières très sensibles à l'augmentation du coût d'approvisionnement. Dès lors, il paraît nécessaire de privilégier les usages chaleur de la biomasse (chauffage individuel, collectifs ou industriel), et de revoir à la baisse l'objectif assigné à la cogénération ou au moins d'en améliorer le dispositif de soutien. En effet, celui-ci sous-exploite le gisement limité de biomasse (moindre efficacité de transformation, ce qui dégrade l'atteinte de l'objectif EnR, exprimé en énergie finale), et ce pour des coûts publics supérieurs aux autres filières biomasse non saturées.

4 - Propositions pour optimiser d'un point de vue économique le financement des EnR

Deux stratégies sont concevables a priori pour améliorer l'efficacité coût de la politique de développement des EnR : i) le développement d'un marché européen de certificats d'énergie renouvelable, ii) une réforme des dispositifs nationaux.

a - Le développement d'un marché européen de certificats d'énergie renouvelable

La mise en place d'un marché décentralisé de certificats d'énergie renouvelable adossés aux garanties d'origine (assorti d'une obligation imposée aux producteurs d'électricité) sur le modèle de l'ETS permettrait d'orienter les investissements vers les sources de développement des EnR les moins coûteuses au niveau communautaire et d'optimiser la stratégie européenne en égalisant les coûts marginaux de développement. Les Etats membres dans les lesquels les coûts marginaux sont élevés seraient importateurs nets de certificats et les pays à faible coût seraient exportateurs.

Toutefois, la mise en place d'un marché de certificats d'énergie renouvelables se heurte à l'hétérogénéité des politiques nationales de développement des EnR dans les différents Etats membres. Ceux ayant mis en place des politiques ambitieuses de développement des EnR (tarifs de rachat élevés ou incitations fiscales) risqueraient de faire supporter aux contribuables ou aux consommateurs nationaux le développement national des EnR dont les bénéfices seraient récupérés par les entreprises vendeurs nets de certificats⁶⁶.

Pour contourner ces problèmes, deux orientations sont envisageables : centraliser au niveau des Etats les échanges de certificats et/ou harmoniser les dispositifs nationaux d'incitation. La centralisation des échanges de certificats permettrait en principe aux Etats de récupérer la « rente EnR ». Toutefois, le bilan des marchés de permis négociables réservés aux Etats n'est pas très concluant : les échanges sont très limités ; le marché n'est ni très transparent, ni très liquide ; plus globalement, les Etats n'optimisent pas. La seconde option paraît plus

⁶⁶ On peut toutefois noter qu'aucun système n'évite la formation de rentes. En principe, les tarifs de rachat modulés par filière doivent éviter les effets d'aubaine puisque leur niveau peut être fixé en fonction des coûts moyens propres à chaque technologie. Toutefois, l'asymétrie d'information entre les pouvoirs publics et les acteurs fait qu'en pratique ce système n'empêche nullement l'apparition de rentes. Les prix des certificats verts se fixent quant à eux au niveau correspondant à la technologie au coût marginal le plus élevé et tous les producteurs bénéficiant d'une technologie dont les coûts sont moindres bénéficient d'une rente.

prometteuse d'un point de vue économique mais constitue un enjeu lourd de négociations communautaires. Pour cette raison, une réforme des dispositifs nationaux constitue vraisemblablement l'option la plus opérationnelle. Elle n'est pas exclusive des précédentes options communautaires et peut d'ailleurs en constituer un préalable ou la première étape.

b - Une réforme des dispositifs nationaux

Comme dans d'autres Etats, la politique française de soutien aux EnR repose sur un mix d'instruments : tarif de rachat, mesures incitatives fiscales (CIDD, TVA à taux réduit ...) et financières (éco-prêt à taux zéro).

La partie 3 a souligné les problèmes économiques posés par le dispositif actuel : des coûts élevés pour les contribuables et les consommateurs pour un résultat environnemental décevant ; les coûts à la tonne de CO₂ évitée sont tout à la fois très élevés et très dispersés. Les calculs de rentabilité conduisent dans certaines filières à des effets d'aubaine importants.

Un premier axe consisterait à ajuster à la baisse les tarifs de rachat d'électricité qui paraissent très élevés au regard de ceux en vigueur chez nos principaux partenaires européens (Allemagne, Espagne, Italie par exemple, voir les comparaisons internationales en annexe). En outre, les gains de productivité tendanciels et la baisse des prix de certains matériaux (baisse du prix du silicium et des panneaux photovoltaïques fabriqués dans les pays émergents) justifient un ajustement des tarifs.

L'exemple de la politique de soutien aux EnR ne fait que refléter un problème plus global de politique publique : si des subventions ciblées peuvent être nécessaires pour soutenir certaines filières pendant la phase dite d'amorçage, elles doivent ensuite être réduites pendant les phases suivantes de maturation et de développement.

Tableau 7 : Evolution des tarifs de rachat pour le photovoltaïque

Cas type	Tarif 2009 en c€/kwh	Tarif jusqu'au 31 août 2010 en c€/kwh (arrêté du 12 janvier 2010)	Tarif à partir du 1 septembre 2010 en c€/kwh (arrêté du 31 août 2010)
Particulier avec une installation sur toiture intégrée au bâti < 3 kWc	60,17	58	58
Particulier avec une installation sur toiture intégrée au bâti > 3 kWc	60,17	58	51
Bâtiment d'enseignement ou de santé	60,17	58	51
Hangar agricole avec une installation sur toiture intégrée au bâti	60,17	50	44
Ombrière de parking avec une installation correspondant à l'intégration simplifiée au bâti	60,17	42	37
Installation au sol dans le sud de la France	32,82	31,4	27,6
Installation au sol dans le nord de la France	32,82	37,68	33,12

En France, deux premiers ajustements à la baisse des tarifs de rachat pour le photovoltaïque ont d'ailleurs été introduits en janvier 2010 (arrêté tarifaire de janvier, en même temps que d'autres ajustements prévus pour l'avenir⁶⁷) et en septembre 2010 (arrêté tarifaire d'août). Dans les autres pays européens, la tendance est similaire et les tarifs de rachats sont également ajustés

⁶⁷ Au 1^{er} janvier 2011, les critères pour obtenir la prime d'intégration au bâti deviendront plus contraignants. Au 1^{er} janvier 2012, les tarifs commenceront à baisser de 10 % tous les ans.

pour limiter les effets d'aubaine⁶⁸. En outre, le taux du CIDD sur les investissements photovoltaïques est réduit de moitié à l'occasion du PLF 2011.

Au-delà de ces deux premiers ajustements, une plus grande visibilité des incitations au développement des EnR serait souhaitable. La dégressivité des tarifs de rachat, justifiée tant par leur niveau actuel que par les gains de productivité des différentes filières, devrait être programmée à cet effet. Ceci permettrait de fournir un cadre à la fois plus stable et plus efficace au développement des EnR.

Plus globalement, on peut aussi s'interroger sur le bon mix d'instruments en vigueur pour atteindre l'objectif assigné en matière d'EnR de la façon la plus efficace d'un point de vue économique. Quels types d'instruments faudrait-il alors privilégier ? Quatre grands types d'instruments sont envisageables : les tarifs de rachat et mesures incitatives directes à « guichet ouvert » (aides fiscales et financières), les appels d'offre, les certificats verts et enfin les aides à la R&D qui peuvent être ciblées ou horizontales (comme le crédit d'impôt recherche). Chaque catégorie d'instruments présente ses avantages et ses inconvénients spécifiques. Les tarifs de rachat et les mesures incitatives directes permettent de soutenir le développement des EnR auprès d'un grand nombre d'opérateurs (particuliers et PME) contrairement aux appels d'offre et au marché de certificats. Par contre, ils sont impropres à révéler les coûts de développement et engendrent des pertes d'efficacité économique et des effets d'aubaine. Aucune maîtrise directe des quantités n'est possible. Les appels d'offre permettent au contraire de révéler les coûts et de maîtriser les quantités. Les marchés de certificats garantissent des gains d'efficacité coûts en favorisant à tout instant les technologies et les unités de production les moins coûteuses.

Enfin, les aides à la R&D, ciblées ou horizontales, apparaissent comme les instruments les plus adaptés pour favoriser le progrès technique dans des technologies qui sont encore loin du seuil de maturité. Les aides au déploiement (tarifs de rachat, aides financières, appels d'offre ...) au-delà de la rémunération du prix du carbone évité devraient au contraire être réservées aux technologies matures - ou proches de leur maturité - durant la phase d'apprentissage.

⁶⁸ En Espagne : dégressivité et contingentement annuel avec la gestion d'une file d'attente (2008). En Allemagne : nouvelle règle de dégressivité automatique du tarif en fonction des capacités installées, avec des réajustements ponctuels (2009).

Annexe : Comparaison des systèmes de soutien à la filière photovoltaïque

	Tarifs d'achat	Autres aspects tarifaires	Autres financements / autres mécanismes
Allemagne	<p>28,43 - 39,14 c€/kWh (installation au sol ou sur des bâtiments) au 1^{er} semestre 2010 24,16 - 32,88 c€/kWh au 2nd semestre 2010 (sous réserve de l'adoption de la révision de la loi EEG Sur 20 ans</p> <p>Prix de gros : 53,7 c€/kWh en 2010. L'écart est répercuté au consommateur final, via un mécanisme de compensation basé sur une commercialisation sur la bourse d'énergie EEX</p>	<p>Tarif dégressif de 9 % par an, ajusté dès 2011 en fonction de la capacité installée l'année précédente Anticipation de la parité réseau en 2013, par le Ministère de l'Environnement</p>	<p>Subvention de la R&D : - de l'Etat fédéral : 70 M€/an et annonce en avril 2010 d'un nouveau programme de soutien à la recherche privé de 100 M€ - des Länder : 32,3 M€ en 2006</p> <p>Existence de crédits à taux préférentiel, subventions et projets de démonstration</p>
Belgique	<p>Pas de tarif d'achat mais système de « certificats verts » (CV), : les opérateurs d'électricité doivent respecter un quota global de production ou d'achat d'électricité verte Prix de vente d'un CV : - 65 – 70 c€/kWh en 2009 sur le marché - en fonction de la politique de rachat de chaque région : * région wallonne : 45,5 – 70 c€/kWh entre 0 et 5kWh ; 32,5 – 50 c€/kWh entre 5 et 10 kWh ; 26 - 40 c€/kWh au-delà sur 15 ans * région wallonne : 15 – 72,5 c€/kWh entre 0 et 10 m² installés ; 11 – 54 c€/kWh pour les 40 m² suivants ; 7,5 – 36,3 c€/kWh au-delà pendant 10 ans * région flamande: 35 c€/kWh sur 20 ans depuis 2010 Sinon amende de 100 à 125 € par CV manquants (i.e. selon les régions)</p>	<p>Appels d'offre</p>	<p>R&D menée par l'IMEC (Inter-University Microelectronics Center)</p> <p>Existence de crédits d'impôt, déductions de l'impôt sur les sociétés, primes, aides à l'investissement, réductions d'impôt communal, « prêts verts »</p>
Espagne	<p>32 – 34 c€/kWh sur bâti < 2 MWh installés ; 32 c€/kWh au sol < 10 MWh installés Sur 25 ans</p> <p>Prix de gros : 30 c€/kWh sur 4 mois en 2010. Le décret royal 6/2009 a reconnu le déficit de 2008 de 10 Md€ comme dette publique et a prévu sa titrisation. La dette devrait être intégrée in fine dans les coûts de transport de l'électricité. En 2009, le déficit s'est creusé. Les électriciens demandent à ce que la prise en charge du déficit tarifaire soit intégrée dans le budget de l'Etat et non supportée par le consommateur final</p>	<p>Baisse tarifaire si le quota annuel d'installations (400 MWh dont 2/3 sur bâti et 1/3 au sol) est atteint Décroissance tarifaire et hausse du quota annuel de 10 %/an</p>	<p>Programmes publics et universitaires de R&D</p> <p>Existence de réduction de TVA, déductions des impôts nationaux et locaux (dans les régions autonomes)</p>
Etats-Unis	<p>Tarif à l'échelle : - étatique : ex. Californie Tarif pour une installation < 3 MWh, variable et fixé à partir du coût moyen de production d'un cycle combiné au gaz et du moment d'utilisation Sur 10, 15 et 20 ans Quota global : 478 MW - locale : ex. Gainesville</p>	<p>Pas de tarif à l'échelle nationale Système de CV dans 14 Etats dont le New-Jersey, avec un prix du CV de 66,5 c\$/kWh</p> <p>Net metering au niveau étatique</p>	<p>Subventions de la R&D : - de 145 M\$/an pour le Solar Technologies Program - via le plan de relance de février 2009 de 6 laboratoires publics et de 400 M\$ de l'agence ARPA-E, en charge des projets les plus innovants</p> <p>Existence de crédits d'impôt, notamment dans le cadre du</p>

	<p>32 (bâti et sol < 25 kWc) – 26 (panneaux autonomes) c\$/kWh pour 2009-2010, dégressif dès 2011 Sur 20 ans Quota annuel de 4 MWh</p> <p>Prix de gros : 4-5 c\$/kWh pour le 1^{er} semestre 2010</p>		<p>plan de relance de février 2009 et attribués par appel d'offre ; amortissements pour dépréciation dégressif ; subventions directes (en substitution aux crédits d'impôt) et programmes de garanties de prêts fédéraux ; aides financières directes (subventions et remises), fiscales, garanties de prêt étatiques</p>																
Italie	<p>Les tarifs se réfèrent à la quantité produite, indépendamment qu'elle soit injectée ou non sur le réseau</p> <table border="1"> <tr> <td>Installation (en c€/kWh)</td> <td>comprise entre 1 et 3 kWc</td> <td>comprise entre 3 et 20 kWc</td> <td>> 20 kWc</td> </tr> <tr> <td>intégrée au bâti ou sur un bâtiment d'une entité publique locale</td> <td>49</td> <td>46</td> <td>44</td> </tr> <tr> <td>partiellement intégré au bâti</td> <td>44</td> <td>42</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>au sol</td> <td>40</td> <td>38</td> <td>36</td> </tr> </table> <p>Tarifs augmentés de 5 % dans certains cas (comme autoconsommation jusqu'à 70 %, écoles, hôpitaux ...) Sur 20 ans</p> <p>Prix de gros pour 2009 : 6,37 c€/kWh</p>	Installation (en c€/kWh)	comprise entre 1 et 3 kWc	comprise entre 3 et 20 kWc	> 20 kWc	intégrée au bâti ou sur un bâtiment d'une entité publique locale	49	46	44	partiellement intégré au bâti	44	42	40	au sol	40	38	36	<p>Vente au Gestionnaire des Services Energétiques (Gestore Servizi Energetici) à 100 % Ministère des Finances Baisse tarifaire de 2 % par an en 2009-2010, baisse annuelle prévue pour 2011-2013</p> <p>Net metering Appels d'offre</p>	<p>Subventions de 15 M€ en 2004 de la R&D des entités publiques Existence de l'ENEA, l'équivalent de l'ADEME Financement en 2009 de 29,3 M€ des 66 M€ de projets sélectionnés par appels d'offre dans le cadre du programme « industrie 2015 »</p> <p>Existence d'exemption de TVA et pas d'assujettissement à l'impôt sur le revenu (sauf pour la production non autoconsommée injectée sur le réseau) du tarif d'achat, aides nationales et régionales aux investissements (en substitution au tarif d'achat sauf pour les entités publiques), aides dans le cadre de fonds structurels européens pour certaines régions du Sud, prime sur le tarif ou (exclusif) déduction fiscale dans le cadre de la pose de panneaux conduisant à une amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments</p>
Installation (en c€/kWh)	comprise entre 1 et 3 kWc	comprise entre 3 et 20 kWc	> 20 kWc																
intégrée au bâti ou sur un bâtiment d'une entité publique locale	49	46	44																
partiellement intégré au bâti	44	42	40																
au sol	40	38	36																
Japon	<p>Cadre tarifaire depuis le 1 novembre 2009</p> <table border="1"> <tr> <td>Installation (en ¥/kWh)</td> <td>< 10 kWc</td> <td>comprise entre 10 et 500 kWc</td> <td>> 500 kWc</td> </tr> <tr> <td>résidentielle</td> <td>48 (39)</td> <td>24 (20)</td> <td rowspan="2">négocié avec l'électricien</td> </tr> <tr> <td>non résidentielle</td> <td>24 (20)</td> <td></td> </tr> </table> <p>Sur 10 ans Ce tarif devrait être divisé par 2 d'ici 3 à 5 ans Baisse des tarifs programmée pour atteindre la parité réseau en 2050</p> <p>Prix de gros : 9 ¥/kWh</p>	Installation (en ¥/kWh)	< 10 kWc	comprise entre 10 et 500 kWc	> 500 kWc	résidentielle	48 (39)	24 (20)	négocié avec l'électricien	non résidentielle	24 (20)		<p>Vente aux électriciens et surcoût à la charge des consommateurs depuis avril 2010 Existence d'un système d'attestation: il est mis en place et géré par le secteur privé</p>	<p>La NEDO, plus grande structure publique, est chargée de la R&D et de la promotion. Le budget pour le PV : - de 6 Md¥ en 2010, en baisse - pour la R&D est égal à 30% des budgets R&D et promotion des EnR en 2008 de 55 Md¥, ou 120 Md¥ y compris tous les projets connexes En 2009, lancement du plan stratégique de R&D, « road map de l'électricité photovoltaïque PV2030+ »</p> <p>Subventions à l'investissement dans le résidentiel (sous conditions), crédits d'impôt (plafonnés), réduction d'impôt sur les PME et exemption de la taxe sur la propriété, subventions cumulables des collectivités territoriales, subventions cumulables à Tokyo de l'Etat, du département et de l'arrondissement</p>					
Installation (en ¥/kWh)	< 10 kWc	comprise entre 10 et 500 kWc	> 500 kWc																
résidentielle	48 (39)	24 (20)	négocié avec l'électricien																
non résidentielle	24 (20)																		
Portugal	<p>Choix des producteurs entre tarifs de rachat et prix de marché augmenté de la valeur des CV</p> <p>Tarifs entre 31 et 47 c€/kWh sur 15 ans ou pour un seuil de production défini (21 GWh/MW)</p>	<p>Vente aux électriciens (opérateur historique ou autre) Système d'attestation, géré par REN (gestionnaire de transport)</p>	<p>R&D : - menée par la FCT sous tutelle du Ministère de la Science, la Technologie et l'Enseignement Supérieur, des instituts, des établissements au sein des Universités, au sein du pôle de compétitivité sur l'énergie EnergyIN créé en 2009</p>																

	<p>Sont envisagés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la révision de la loi sur le régime de micro-production (< 5,75 kWc) tarif bonifié valable pour 5 ans (révision envisagée : 15 ans) de 65 c€/kWh pour les 10 premiers MW, puis décote de 5 % par tranche supplémentaires de 10 MW qui évolue selon une règle automatique pas d'injection sur le réseau > à 50 % de la production - un nouveau régime de mini-production (< 250 kWc) - appels d'offre en 2011, après ceux de 2009 <p>Prix de gros : 47 c€/kWh en 2009, prévision pour la ERSE (régulateur) à 50,8 c€/kWh en 2010</p>		<ul style="list-style-type: none"> - financée par <ul style="list-style-type: none"> * le QREN (Cadre de Référence Stratégique National), via des fonds communautaires : 68 projets, à hauteur de 23,971 M€ pour 2007-2009 * aides publiques en hausse sur le solaire : 263 000 € en 2010 * « Fonds pour les Energies Renouvelables » depuis 2008 : 70 M€ * fonds social municipal de 3,5 M€ à Moura, qui finance un laboratoire en contre-partie de l'installation d'une grande centrale PV <p>Existence de réduction de TVA, crédits et exonération d'impôt, amortissement accéléré pour les entreprises, écoles et producteurs en condominium</p>
Royaume-Uni	<p>Coexistence des tarifs d'achat (< 50 kWc) et d'un système de CV (> 5 MWc), choix pour les installations comprises entre 50 kWc et 5 MWc</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tarifs indexés sur RPI (retail price index, soit l'inflation) – depuis avril 2010 pour 98 % des installations PV <ul style="list-style-type: none"> * Generation Tariffs : 36,1 p/kWh (< 10 kWc) ; 31,4 p/kWh (entre 10 et 100 kWc) ; 29,3 (entre 100 kWc et 5 MWc) pour 2010-2011, sur la base de la production (injectée ou non sur le réseau), sur 25 ans * Export Tariffs : 3 p/ckWh supplémentaires ou prix de marché pour l'électricité injectée sur le réseau - CV, créés en 2002 jusqu'au 31 mars 2037, octroyés par l'OFGEM (régulateur) et liés à des contrats de court ou de long terme 1 CV distribué initialement contre 1 MWh d'EnR produite sans distinction par technologie, puis depuis le 1 avril 2009 contre par exemples 1 MWh pour l'éolien terrestre, 1,5 MWh pour l'éolien en mer et 2 MWh pour le solaire PV Prix moyen du CV au 25 mars 2010 : 49,24 £ Pénalité en 2010-2011 : 36,99 £/CV, indexée sur RPI <p>Prix de gros : entre 4,105 et 4,155 p/kWh le 8 juin 2010</p>	Appels d'offre	<p>Existence de plusieurs initiatives dans le cadre du programme de recherche « Energi » des Conseils de la Recherche mené par le Conseil de la Recherche Engineering and Physical Sciences Research Council (investissement de plus de 360 M£ sur ces 5 dernières années) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 59 projets (dont 17 en collaboration avec des industriels) pour une valeur totale de plus de 50 M£ - dont PV Materials for the 21st Century (6,2 M£ qui réunit des universités et professionnels et organisations) et Excitonic Solar Cells (3,4 M£, qui réunit des universités et un partenaire industriel Cambridge Display Technology) <p>Exemption de taxe sur la consommation d'énergie pour certains producteurs d'électricité à partir d'EnR, aides pour le déploiement des EnR proposées par les Agences de Développement Régional, exonération du droit de mutation pour les logements neufs neutres en carbone dont la valeur est inférieure à 500 000 £, organisations en charge d'informer et d'encourager entreprises et individus souhaitant avoir recours aux EnR (Carbon Trust et Energy Saving Trust)</p>

COMMENTAIRES

La rigueur budgétaire : un « stress-test » pour les politiques de croissance verte ?

Renaud CRASSOUS-DOERFLER⁶⁹

La crise économique de 2008-2009 ayant aggravé la situation budgétaire de nombreux états, la réduction des déficits est devenue une priorité pour la plupart de leurs gouvernements, et cette priorité est très largement perçue comme une menace pour la croissance verte, car elle conduit à une réduction des subventions. L'exemple le plus frappant est probablement le secteur des énergies renouvelables : aucun pays européen ne semble faire exception à la vague de révisions à la baisse des subventions de soutien au déploiement massif des nouvelles ENR (éolien terrestre et maritime ou solaire photovoltaïque), lesquelles révisions ne s'expliquent, cette fois, pas seulement par les baisses continues du coût des technologies, mais bien par la rigueur budgétaire. Cette actualité rappelle que le développement de nouvelles technologies est une trajectoire en « fil du rasoir », qui nécessite un arbitrage économique permanent entre accélération de l'innovation et maîtrise du coût collectif des politiques publiques. Sur ce « fil du rasoir », toute déviation finit par se voir lorsqu'elle devient importante, qu'il s'agisse de subventions jugées trop élevées lorsque l'un horizon de compétitivité est encore lointain ou bien de politiques inefficaces pour faire progresser des technologies pourtant prometteuses.

Les rectifications brutales de politiques publiques qui suivent généralement le constat d'une déviation sont, à court-terme, coûteuses pour tout ou partie des acteurs économiques. Il faut donc les éviter le plus possible. Rappelons-le : la crise budgétaire n'est qu'un révélateur du déséquilibre, certainement pas sa cause ; celle-ci est dans le design des politiques publiques. Profitons donc de ce temps de crise pour réexaminer les principes directeurs de politiques publiques efficaces et robustes aux incertitudes. A terme, ce pourrait être une bonne nouvelle pour la croissance verte : la cure d'austérité nous conduira à une cure d'efficacité.

Les diverses contributions à ce rapport sur le « financement de la croissance verte » s'inscrivent bien dans cette perspective : elles cherchent à rappeler les justifications de l'action, à en détailler les leviers ou encore à souligner les inefficacités actuelles pour mieux les rectifier. Il s'en dégage deux grandes pistes de travail sur les « politiques de croissance verte » :

⁶⁹ Direction stratégie, prospective et relations internationales, EDF

- *recourir à l'analyse théorique normative pour les rationaliser ;*
- *faire émerger quelques principes pragmatiques pouvant les rendre plus robustes aux incertitudes sur l'innovation et la croissance.*

1- Les leçons de l'analyse économique normative

Plusieurs contributions rappellent les conditions d'une intervention efficace de l'état sur les marchés, telles qu'elles sont les plus communément admises par les économistes :

- cette intervention est justifiée dès qu'il existe des imperfections de marché : problèmes de concurrence imparfaite, externalité, asymétrie d'information, marchés incomplets...
- il faut ensuite clairement identifier à quelle(s) imperfection(s) de marché chaque instrument de politique publique peut répondre. Typiquement, on privilégiera la mise en place un instrument spécifique pour chaque externalité clairement identifiée.

Pour décliner ces recommandations théoriques au sujet de la croissance verte, il est rappelé quelles sont les défaillances de marché en cause :

- il s'agit en premier lieu des nombreuses externalités environnementales négatives liées aux pollutions de tous ordres, notamment aux émissions de gaz à effet de serre. Le coût social de ces pollutions doit être internalisé dans les décisions des agents économiques, raison pour laquelle il est recommandé d'imposer un prix sur chaque polluant. Ces « prix écologiques » seront autant d'incitations à innover et investir dans les technologies « vertes » réduisant les externalisées spécifiquement visées ;
- ensuite, il apparaît que l'économie de marché souffre d'une autre externalité, positive cette fois, concernant l'innovation : un innovateur ne pouvant récolter 100% des bénéfices sociaux de ses innovations, il sera alors incité à sous-investir par rapport à ce qui aurait été optimal collectivement, et l'innovation sera trop lente. Il est alors théoriquement optimal qu'une intervention publique permette aux agents économiques d'internaliser la part collective du bénéfice de leurs investissements dans l'innovation, typiquement par des subventions, portant pour partie sur la R&D et pour partie sur l'apprentissage, en fonction des externalités spécifiques à chacune de ces phases ;
- enfin, on trouve dans la littérature un certain nombre d'autres externalités pouvant affecter de près ou de loin le domaine des technologies vertes : imperfections du côté des marchés financiers, sécurité énergétique, imperfections du marché du travail... Ces différentes imperfections justifient aussi une à une des interventions ciblées de la puissance publique.

Mais une fois ces externalités identifiées, il faut déterminer leur niveau -ou le niveau de l'état optimal auquel nous gagnerions à nous situer- pour ensuite adopter un instrument d'intervention publique qui conduise à l'optimum.

L'évaluation quantitative du niveau des externalités est complexe, comme on a pu le voir par exemple au cours des travaux de la commission Quinet pour proposer une valeur tutélaire du CO₂. En ce qui concerne les externalités de l'innovation, le débat reste théorique, sans être conclusif. En témoignent ces deux extraits choisis, tous deux très récents et signés par deux grands noms de l'analyse économique normative :

« Optimal environmental regulation should always use both an input tax (carbon tax) to control current emissions and research subsidies or profit taxes to influence the direction of research », (D. Acemoglu et al., 2010)

« Internalizing the pollution externality suffices to put the environmental activity on a level playing field with all other economic activity and with R&D on all other activities. There would (...) be no grounds for further special treatment for the green R&D activity, whether it be for global warming, or sulfur abatement, or energy conservation ». (W. Nordhaus, 2010).

Derrière ces deux assertions⁷⁰ aussi clairement contraires, se cachent deux approches distinctes du progrès technique, toutes deux intéressantes et complémentaires : Acemoglu et al. soulignent les risques d'une éviction durable des nouvelles technologies vertes à cause de l'avantage concurrentiel des technologies en place, elles aussi bénéficiant d'un progrès technique continu ; Nordhaus souligne, lui, que les externalités liées à l'innovation n'ont pas de raison d'être plus importantes pour les technologies « vertes » que pour tout autre domaine (par ex. les technologies de l'information au moment de la création d'internet), plaidant donc pour que le soutien de l'innovation soit complètement transverse à tous les secteurs et non ciblé sur celui des technologies vertes. On comprendra qu'il ne s'agit pas de croire l'un ou l'autre : l'opposition des conclusions normatives témoigne bien de l'extrême difficulté de quantifier précisément les externalités, notamment celles liées à l'innovation et l'apprentissage. La conséquence est que ce pan de l'analyse économique ne parvient pas encore à des recommandations univoques sur la structure et les niveaux de l'intervention publique.

C'est donc en situation d'information incomplète sur les externalités à corriger qu'il faut exécuter l'étape suivante, c'est-à-dire choisir des instruments d'intervention publique. C'est l'objet de la seconde piste de travail qui se dessine dans ce rapport.

2 - Des règles pragmatiques pour une intervention publique efficace et stable

En ce qui concerne les externalités environnementales, leur évaluation est également incertaine, mais à des degrés divers : pour un certain nombre de pollutions locales, ou pour le CO₂, l'administration est en mesure de proposer des valeurs tutélaires qui traduisent une estimation des externalités correspondantes. La première recommandation -unaniment partagée dans ce rapport et dans les discussions qui ont eu lieu au sein du CEDD- est alors de se rapprocher le plus rapidement possible de prix écologiques stables et visibles sur le long terme, pour internaliser ces valeurs tutélaires à l'ensemble de l'économie. Typiquement, des signaux-prix clairs pour le CO₂ comme pour les autres émissions polluantes seront les premiers moteurs d'une croissance verte pérenne et solide.

⁷⁰ Acemoglu D., Aghion P., Bursztyn L., Hemous D., 2010, "The Environment and Directed Technical Change", Harvard Working Paper, 55 p.

Nordhaus W., 2010, "Designing a friendly space for technological change to slow global warming", *Energy Economics*, in press

Cet affichage de prix écologiques peut être réalisé par différents instruments. Les subventions sont souvent privilégiées (cf. la contribution dans ce rapport de *M.I.Guillerminet et al.* récapitulant les valeurs implicites du CO₂ évité par différents dispositifs de subvention aux ENR) alors qu'elles devraient rester l'exception pour préserver les finances publiques. Au contraire, le recours à des taxes, ou des permis négociables vendus aux enchères, permet de dégager des marges de manœuvre supplémentaires dans la redistribution des recettes de la taxe, soit pour rendre celle-ci progressive et/ou socialement acceptable, soit pour libérer d'autres contraintes sur la croissance, ce que l'on nomme le « double dividende ».

En ce qui concerne le soutien aux nouvelles technologies, destiné à réduire les externalités et autres imperfections de marché concernant l'innovation, qui sont très difficiles à quantifier, notre recommandation est d'adapter les modes d'intervention publique à la maturité des technologies. On distinguera par exemple trois niveaux de maturité :

- pour stimuler l'innovation dans des technologies encore loin de la maturité commerciale, il faut privilégier le co-financement des efforts de R&D. En général, on privilégiera aussi un mode non-discrétionnaire, pour éviter les biais de sélection dans le choix des innovations prometteuses ou non prometteuses. Les choix de filières « stratégiques » peuvent être justifiés politiquement mais devront être faits à un niveau assez global pour interférer le moins possible dans la compétition des innovations pouvant fournir le même service ;
- pour permettre aux technologies qui se rapprochent de la maturité d'être testées à un stade pré-industriel, il est recommandé de permettre un déploiement à taille réelle mais contrôlé pour engranger les gains d'apprentissage et favoriser l'émergence du tissu économique. Les acteurs économiques doivent bénéficier d'une visibilité suffisante dans la durée. Pour la plupart des innovations de rupture, ce temps sera celui de la clarification des conditions réglementaires, techniques, sociales et institutionnelles d'un déploiement massif potentiel. Typiquement, la voiture électrique, les dispositifs de capture - transport - stockage du CO₂ ou encore les biocarburants nécessitent une telle phase de clarification ;
- pour les technologies ayant atteint la compétitivité, l'intervention publique peut s'avérer encore nécessaire, pour financer certaines infrastructures, pour accompagner l'insertion des innovations dans les systèmes existants, pour traiter plus rapidement les éventuelles barrières au déploiement (formation professionnelle, labels de qualité, etc.). Selon les cas, l'intervention publique pourra alors prendre la forme de partenariats public-privé (cf. contribution de *D. Janci* et *A. Quinet* dans ce rapport), de normes techniques, d'une adaptation des règles de marché...

Une telle approche permettra de rendre les politiques publiques plus robustes à deux types d'incertitude :

- concernant les technologies, les phénomènes entremêlés d'innovation et d'apprentissage sont par nature incertains : la « courbe d'apprentissage » n'a rien d'une loi d'airain, elle est un « fait stylisé » reconnu sur de nombreuses technologies, avec des taux variables, si bien que son utilisation pour la projection des changements techniques futurs doit être systématiquement accompagnée d'une analyse d'incertitude ;

- concernant l'économie, il est nécessaire, bien que tautologique, de rappeler que la production des équipements est mondialisée. C'est une réalité à double tranchant : d'un côté nous bénéficions directement de l'innovation et de l'apprentissage des autres pays conduisant à une baisse des prix ; de l'autre côté, nous devons nous prémunir contre la « fuite » des subventions à l'innovation. La progressivité du dispositif présenté ci-dessus diminue ces risques tout en offrant la possibilité d'accompagner des filières industrielles domestiques naissantes.

Les entrepreneurs et le financement de la croissance verte

Philippe ROSIER⁷¹

L'environnement est désormais bien intégré par les acteurs économiques dans leur prospective. Quoique l'on puisse regretter que le public valorise encore plus le « vert », qu'une vision intégrée avec la croissance, on observe une vraie demande de la part du public, des consommateurs et des citoyens de produits, d'énergie, de procédés de transformation qui préservent les ressources naturelles. Par ailleurs, les industriels répondent présents avec de nombreux projets sur la table : produits économes en ressources, efficacité énergétique, réduction de GES, énergie renouvelable...

Cependant ces projets ont besoin d'attirer des investisseurs pour voir le jour, car la croissance résulte d'entrepreneurs, et se construit au sein des entreprises. Si les investisseurs montrent de l'appétit pour ces projets de croissance, l'offre de valeur correspondante doit tenir compte des spécificités de ces projets de croissance d'un type nouveau, qui ne peuvent être appréhendés dans des cadres traditionnels « business-plan/benchmark ». Une vision nouvelle, bifocale -«de-risking » sur le court terme, ambition sur le long terme-, est nécessaire.

En effet, ces investissements présentent deux spécificités importantes :

- il s'agit d'investissements long terme, avec des horizons à considérer de 15 à 20 ans. Le plus important est donc la visibilité et la confiance dans le cadre réglementaire qui supporte la rentabilité de l'investissement ;
- il s'agit d'investissements innovants. Il faut donc passer par une phase de « de-risking » (projet de R&D, démonstrateurs...) et trouver le bon profil d'investisseur à chaque phase du projet (capital-risque en phase amont, épargne et dette en phase aval).

Dans le domaine de la réduction des GES, les mécanismes de projet actuels ont prouvé leur efficacité et doivent être soutenus. En effet, les mécanismes de projets (MDP, projets domestiques) fonctionnent, avec 2 500 projets enregistrés à ce jour, dont 800 ont déjà reçu des crédits CO₂. Ceci représente environ 1,1 milliard tCO₂ d'émissions évitées prévues d'ici fin 2012. Si leur structure juridique permet l'implication de sociétés privées dans les montages, le manque de visibilité post-2012 est un handicap majeur, car les incertitudes sur l'éligibilité des

⁷¹ Rhodia Energy Services

crédits issus de projets au marché européen en phase 3 on gelé l'appétit des investisseurs. Par ailleurs des critères géographiques pourraient permettre de soutenir le financement de projets dans les pays en développement.

Démultiplier le succès de ces dispositifs requiert donc une amélioration du fonctionnement des mécanismes de projet. Par ailleurs, il faut soutenir les pays désireux de s'engager dans la mise en place de «cap and trade », en favorisant l'acceptation des crédits issus de leurs projets, dans le marché européen.

En matière d'énergies renouvelables, les tarifs de rachat fonctionnent, à condition d'être bien adaptés à l'environnement. Il faut donc s'assurer de la visibilité et de la confiance sur le long terme (cf. exemple du Photovoltaïque). Il faut aussi tenir compte de toutes les contraintes réglementaires et économiques (cf. exemple du Biogaz), et s'inscrire dans la durée. L'exemple de l'éolien au Danemark et en Allemagne montre en effet que construire une filière prend entre dix et quinze ans.

Enfin, pour financer leur croissance verte, les entreprises industrielles souhaitent trouver les conditions de financement appropriées sur la place de Paris, d'où le besoin d'avancer sur la constitution des Fonds d'infrastructure et de cleantech français.

Créé en 2008 auprès du ministre du Développement durable, le Conseil économique pour le développement durable a pour mission de mobiliser des références économiques pour éclairer les politiques de développement durable.

Outre la déléguée interministérielle au développement durable et le président délégué du Conseil d'analyse économique, membres de droit, ce Conseil est composé de vingt cinq membres reflétant la diversité de la recherche académique et de l'expertise des parties prenantes sur les thématiques économiques liées au développement durable.

Les services du ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, notamment le Commissariat général au développement durable, sont étroitement associés aux travaux du Conseil.

Ces « références » établies dans le cadre de ses travaux, et diffusées pour stimuler le débat, n'engagent que leurs auteurs.

**Conseil économique
pour le
développement durable**

3, place Fontenoy
75007 Paris
Tel. : 01.40.81.21.22

**Directeur de la
publication**
Dominique Bureau