

Les effets macroéconomiques des scénarios énergétiques de l'Ademe

Gaël Callonnec, Gissella Landa, Paul Malliet, Frédéric Reynès

À l'occasion du débat national sur la transition énergétique, l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) a présenté ses propres visions à échéance 2030 et 2050. Elle a estimé les effets macroéconomiques de la mise en œuvre de son scénario, à l'aide d'un modèle macroéconomique néokeynésien multisectoriel, qu'elle a co-développé avec l'OFCE (Observatoire français des conjonctures économiques) depuis 2008. Ce modèle, dénommé ThreeME¹ (Modèle macroéconomique multisectoriel d'évaluation des politiques énergétiques et environnementales), tient compte des effets sur l'emploi et la balance commerciale d'un transfert d'activité des branches énergivores vers les branches sobres, et aussi des effets rétroactifs de la variation de la demande sur la production et le niveau de l'activité économique. La conclusion majeure de ce modèle : la lutte contre le changement climatique entraînerait un regain d'investissement, des créations d'emplois dans les filières vertes bien supérieures aux destructions de postes dans la branche des énergies fossiles et des filières énergivores et une nette contraction du déficit de la balance commerciale.

Le scénario de prospective 2030-2050 élaboré par les équipes de l'Ademe avait été présenté dans la *Revue de l'énergie* n° 612 (mars-avril 2013). Il prévoit une forte diminution de la demande d'énergie finale, de 18 % entre 2010 et 2030 et de 47 % à l'horizon 2050. Cette baisse est obtenue grâce à une amélioration de l'efficacité énergétique dans tous les secteurs, sans rupture technologique majeure, mais aussi grâce à un regain de sobriété, notamment dans les transports.

Après une brève description des caractéristiques-clés de la modélisation macroéconomique, les résultats de la simulation sont présentés. C'est la première fois en France qu'un

scénario de transition énergétique complet et cohérent défini du côté de l'offre et de la demande énergétique à l'aide d'outils technico-économiques (MEDPRO) fait l'objet d'un bouclage macroéconomique avec ce type de modèle.

1. ThreeME, un modèle multisectoriel néokeynésien

Le modèle développé conjointement avec l'OFCE est un modèle néo-keynésien du type « offre globale - demande globale » comparable aux modèles couramment utilisés par les instituts de prévision conjoncturelle, comme EMOD de l'OFCE² ou MESANGE

1. G. Callonnec, G. Landa, P. Malliet, F. Reynès, Y. Yedir Tamsamani. *A full description of the Three-ME model: Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy policy*, OFCE, 2013. <http://www.ofce.sciences-po.fr/pdf/documents/threeme/doc1.pdf>

2. V. Chauvin, G. Dupont, E. Heyer, M. Plane, Xavier Timbeau, « Le modèle France de l'OFCE, la nouvelle version : e-mod.fr », *Revue de l'OFCE* n° 81, avril 2002, 300 p. <http://www.ofce.sciences-po.fr/pdf/revue/6-81.pdf>

de l'INSEE³, à cette différence près qu'il est multisectoriel.

Désagrégé en 24 secteurs de production et 17 sous-secteurs énergétiques, ThreeME permet de mettre en évidence les effets d'un transfert d'activité d'une branche à une autre :

- sur l'emploi, puisque les secteurs de production n'ont pas tous la même intensité en main d'œuvre ;
- sur la consommation énergétique, puisqu'ils n'ont pas tous la même intensité énergétique ;
- sur la balance commerciale, puisqu'ils n'ont pas tous la même propension à importer et à exporter.

Par exemple, une hausse des énergies renouvelables au détriment des centrales thermiques à flamme entraîne une augmentation de l'emploi – les premières étant plus intensives en main d'œuvre que les secondes – et une diminution des importations de combustibles fossiles.

Or, la modification du contenu en emploi de l'économie exerce une influence directe sur la consommation et donc sur la demande, tout comme l'évolution du déficit extérieur qui se répercute sur le PIB puisque cet agrégat est égal à la somme de la consommation C , de l'investissement I , des variations de stocks ΔS et du solde de la balance commerciale $(X-M)$.

$$\text{PIB} = C + I + \Delta S + (X - M)$$

Si l'on admet que la demande n'est pas sans influence sur la production (voir *infra*), il est essentiel de modéliser finement l'influence des transferts sectoriels sur l'emploi et la balance commerciale, faute de quoi le modélisateur s'expose à des biais de perspectives conséquents.

A) De possibles arbitrages énergétiques

Pour modéliser les choix énergétiques des agents, 17 sous-secteurs énergétiques ont été identifiés.

Les entreprises réalisent des arbitrages énergétiques :

- Elles substituent du capital à l'énergie lorsque son prix relatif augmente.

- Elles peuvent substituer les sources d'énergies les unes aux autres.

- Il existe un progrès technique endogène (l'efficacité énergétique s'améliore lorsque les prix relatifs de l'énergie augmentent).

Les ménages font un choix entre investissements permettant ou non des économies d'énergie, en particulier entre 3 classes de logements et de véhicules.

- Les parts de marché de chaque classe varient en fonction de l'évolution des coûts d'usage (amortissement du prix d'achat net, des aides et de la consommation d'énergie).
- Le taux de pénétration des véhicules électriques est supposé exogène.

Par ailleurs, ThreeME tient compte de l'effet de sobriété induit par la variation des prix : les ménages réduisent leurs dépenses de chauffage et de carburant lorsque les prix augmentent et inversement.

ThreeME a la particularité d'être un modèle hybride dans les sens où il combine la modélisation macroéconomique et la modélisation technique des consommations énergétiques : les investissements des agents (les flux) entraînent une modification des parcs de véhicules et immobiliers (les stocks) et c'est la structure de ces parcs qui détermine la consommation d'énergie. C'est une différence importante avec la plupart des modèles d'équilibre général où la consommation d'énergie dépend directement du revenu des ménages. Ces modèles ont alors tendance à générer un biais de prospective puisque la relation entre consommation énergétique et revenu n'est généralement pas linéaire.

Contrairement aux purs modèles d'offre (d'inspiration néoclassique), les modèles néokeynésiens comme ThreeME prennent en compte les effets rétroactifs de la variation de la demande (consommation, investissement et balance commerciale) sur l'offre (la somme des valeurs ajoutées) et *vice versa*. Un modèle multisectoriel néokeynésien peut donc faire apparaître, avec de moindres biais de prospective, l'influence de la transition énergétique sur la demande et évaluer en retour son impact sur l'activité économique.

3. C. Klein, O. Simon, « Le modèle MESANGE nouvelle version ré-estimée en base 2000 », document de travail de la DGTPÉ, n° 2010/02, mars 2010, 106 p. <http://www.tresor.economie.gouv.fr/file/326046>

B) Un effet d'éviction limité grâce à la création monétaire

L'une des grandes différences entre les modèles offre-demande (néokeynésien, en équilibre dynamique) et les modèles d'offre (warrassien, en équilibre statique) porte sur l'effet d'éviction entre investissements.

Dans ThreeME, les investissements ne sont pas seulement financés par l'épargne, mais aussi grâce au crédit bancaire, qui est une forme de création monétaire. Le modèle présuppose donc un effet d'éviction entre investissements limité.

Par exemple, la hausse des investissements de rénovation énergétique des ménages ne débouche pas sur une baisse équivalente de leurs dépenses par ailleurs. Celles-ci diminuent d'un montant égal à la hausse des annuités de la dette induite par les travaux, moins la baisse des factures énergétiques obtenues.

Dans les modèles néokeynésiens comme ThreeME, la hausse de l'investissement peut contrebalancer la « perte sèche » induite par l'instauration d'une taxe. En effet, dans les modèles d'offre pure, la hausse de la fiscalité entraîne une augmentation mécanique du prix des produits ou des facteurs qui y sont assujettis. Elle incite les agents à réaliser des investissements qui se substituent à d'autres. Ils ne provoquent pas une augmentation globale de la demande, puisque l'effet d'éviction est total. Ces investissements sont moins rentables que ceux auxquels ils se substituent puisqu'une taxe est nécessaire pour les rendre profitables. La taxe réduit donc les profits et l'investissement, ce qui affecte négativement la demande et la croissance ; à moins que la taxe n'induisse une diminution des importations, soit parce qu'elle frappe essentiellement des produits importés (comme les combustibles fossiles, par exemple) soit parce que le recyclage des recettes permet à l'État de réduire une taxe encore plus distortive (comme les cotisations employeurs, par exemple). Mais, dans ces cas, le coût de la taxe est en partie supporté par le reste du monde.

Dans le modèle ThreeME, les investissements d'efficacité énergétique induits par la fiscalité environnementale des entreprises comme des ménages sont essentiellement financés à crédit.

Ils ne se substituent pas intégralement aux autres. La substitution capital-énergie débouche donc sur une augmentation globale des investissements en général puisque l'effet d'éviction est partiel. La demande croît et les débouchés des entreprises se développent : la demande influence l'offre.

Cela entraîne une hausse de la production, sous l'effet à la fois de l'augmentation du stock de capital productif et de l'augmentation des ventes des fournisseurs de biens d'équipement, et une diminution des importations d'énergie qui génère une hausse de l'emploi et donc de la consommation : l'offre influence la demande.

Une spirale expansive s'enclenche à court terme. Toutefois, à long terme, le remboursement de la dette induite par le financement de l'investissement exerce un effet récessif sur l'économie (la masse monétaire se contracte).

Dans ce cadre théorique, à court terme, l'instauration d'une taxe énergétique est non seulement compensée par l'amélioration de la balance commerciale, mais aussi par une hausse globale de l'investissement.

À long terme, si la somme des revenus directs générés par l'investissement et si les revenus indirects induits par l'effet multiplicateur sur l'emploi et l'évolution de la balance commerciale couvrent la charge de la dette, alors la hausse du PIB sera durable. À l'inverse, si les investissements ne sont pas rentables (les VAN sont négatives) et si leurs pertes ne sont pas compensées par ailleurs par les effets d'entraînement positifs qu'ils ont exercés sur le reste de l'économie, alors la baisse du PIB sera durable.

Par exemple, l'instauration d'une taxe carbone incite les consommateurs à privilégier les modes de transports les moins carbonés : comme, par exemple, délaissé la route au bénéfice du rail. L'usage des automobiles diminue, mais la consommation de transports collectifs augmente. Or le contenu en emploi des chemins de fer est supérieur à celui du trafic routier. Cela entraîne une contraction du chômage qui rétroagit aussi positivement sur la demande. Dans un modèle d'offre, cet effet aurait été, au moins en partie, compensé par une diminution tendancielle du taux de profit, qui aurait réduit le taux d'épargne et donc l'investissement, si bien que la demande serait restée

stable. Dans le cas d'un modèle offre-demande où l'épargne ne finance pas l'investissement, les créations d'emplois liées au transfert d'activité des secteurs énergivores vers les secteurs sobres exercent un effet multiplicateur positif sur l'économie.

En théorie, à l'équilibre de plein emploi, les modèles néo-keynésiens retrouvent des propriétés néoclassiques. Le sentier de croissance devient parfaitement stable. Le taux de croissance du PIB revient au niveau qui était le sien avant l'intervention de l'État. Mais le niveau du PIB est supérieur. Il est ainsi possible de montrer que l'instauration d'une taxe environnementale génère un double dividende : écologique et économique.

C) Le cas de la transition énergétique

La transition énergétique implique non seulement l'instauration d'une contribution climat énergie, la réalisation d'investissement d'efficacité énergétique, mais aussi une modification du mix énergétique.

Nous venons d'expliquer pourquoi, dans ThreeME, les investissements d'efficacité énergétique ne se substituent pas nécessairement aux investissements d'autres secteurs. Ce raisonnement ne vaut pas pour les investissements liés à la modification du mix. En effet, pour une demande donnée et un instant t , l'augmentation de la puissance installée d'énergie renouvelable sera au moins partiellement compensée par une diminution de la puissance installée des énergies non renouvelables. La hausse des investissements dans les filières vertes devrait donc s'accompagner d'une diminution des investissements dans d'autres secteurs, en l'occurrence les énergies carbonées (le raisonnement est aussi valable entre les divers modes de transports). Il existe donc un effet de substitution conséquent, indépendamment du mode de financement de ces équipements. Le regain d'investissement dans les énergies renouvelables ne devrait donc pas exercer un fort effet d'entraînement à court et moyen terme, sauf si la propension à importer les biens d'équipements dans les secteurs de production d'énergie renouvelable est inférieure à la propension à importer les biens d'équipements dans les

secteurs de production d'énergie non renouvelable. Ce qui n'est pas le cas aujourd'hui.

En revanche, la substitution des énergies renouvelables aux autres devrait augmenter le contenu en emploi de la branche et déboucher sur une baisse sensible de nos importations de combustibles fossiles. Cela devrait avoir un effet expansif.

Néanmoins, la hausse du prix de l'énergie qui pourrait en résulter, au moins à court et moyen terme, pourrait exercer un impact récessif sur l'activité, essentiellement via une baisse de la compétitivité externe et interne car les entreprises devraient répercuter cette hausse sur leur prix de vente. Cela pourrait donc contrebalancer, au moins en partie, l'effet expansif lié à la variation de l'emploi et des importations d'énergie fossiles.

Ceci dit, au niveau macroéconomique, les coûts des uns sont les gains des autres. Toutes les recettes liées à la production d'énergie renouvelable seront redistribuées aux agents (et en définitive aux ménages) via les dépenses du secteur (salaires, consommations intermédiaires, investissement, dividendes), sauf celles qui serviront à l'achat de biens importés et une partie de la charge de la dette (qui sert au refinancement des banques auprès de la Banque centrale). L'augmentation de la production d'énergie renouvelable et du coût de l'énergie ne devrait donc pas affecter négativement le revenu disponible moyen des ménages net de leur facture énergétique, sauf si la propension à importer et le coût du capital des filières vertes sont supérieurs au secteur des énergies non renouvelables.

Si les effets expansifs l'emportent sur les effets récessifs et que la somme cumulée des gains de PIB couvre le remboursement des annuités de l'emprunt, alors le niveau du PIB restera durablement supérieur à ce qu'il aurait été en l'absence de transition. À l'inverse, si les effets récessifs l'emportent sur les effets expansifs, les entreprises devront augmenter leurs prix et l'État devra augmenter les taxes pour rembourser leurs dettes respectives, ce qui affectera négativement et durablement la demande.

En définitive, les effets macroéconomiques de la transition énergétique vont dépendre :

- de l'effet de la baisse de la demande d'énergie sur la balance commerciale ;
- de la réduction de production d'énergie ;
- des effets de la hausse du coût unitaire de production des entreprises sur les prix et la demande interne et externe ;
- des modalités de la redistribution des recettes fiscales environnementales ;
- de la variation de l'emploi ;
- de la modification de la propension à importer/exporter des diverses filières ;
- de l'influence des prix de l'énergie sur les investissements d'efficacité énergétique et leur rentabilité.

2. Le calibrage du modèle

Pour faire correctement la part des choses entre les effets récessifs et les impacts expansifs à l'œuvre, il est essentiel de calibrer soigneusement le modèle.

Le modèle ThreeME est calibré sur plusieurs bases de données, en premier lieu sur les tableaux de la comptabilité nationale (TES et TEE) de l'INSEE à l'année de base⁴, ainsi que sur des bases sectorielles pour les logements, les véhicules et les consommations d'énergie des différents secteurs.

Une attention particulière a été portée aux coûts unitaires de production, puisque ceux-ci influencent beaucoup les résultats. Les coûts unitaires de production de l'énergie ont été calibrés sur la base du rapport « Coût de production de l'électricité » de la DGEMP (2003)⁵. Les autres coûts ont été calibrés sur la base du rapport In Numeri (2008)⁶. Le coût du nucléaire estimé par la DGEMP en 2003 a été corrigé sur la base du rapport de la Cour des comptes sur le coût du nucléaire (2012)⁷. Le coût du MWh (hors coût

d'acheminement) est fixé à 50 €/MWh pour les centrales existantes (frais de prolongation inclus). Le coût de production de l'EPR a été fixé à 70 €/MWh sur la base du rapport du Sénat rédigé sur la question (2012)⁸. Ce chiffre correspond à la fourchette basse de l'estimation réalisée, comprise entre 70 et 90 €/MWh.

On suppose par ailleurs que la propension à importer les biens d'équipements des filières ENR converge vers celle des branches industrielles à l'horizon 2030-2040. Cela signifie implicitement que l'État encourage le développement de filières nationales via sa politique d'appel d'offre.

Les paramètres des équations de comportement sont estimés sur la base d'études économétriques du CEREN et de l'INSEE pour les arbitrages énergétiques des agents. Pour la consommation énergétique des ménages, ThreeME distingue une élasticité prix à court terme (effet de sobriété ou de restriction dû à la hausse des prix de l'énergie) et un arbitrage entre des investissements peu efficaces (achat d'un véhicule énergivore, travaux de rénovation sans isolation) et des investissements efficaces (achat de véhicule sobre, travaux de rénovation performant). Cet arbitrage est réalisé par le ménage en considérant un coût d'usage du véhicule et du logement qui dépend du coût de l'investissement, du coût du crédit et des prix de l'énergie anticipés. Pour la substitution inter-énergie, des élasticités issues de la littérature sont retenues pour le logement alors que, pour le véhicule électrique, le taux de pénétration est exogène car, faute de données sur une longue période, il n'est pas possible de modéliser de manière pertinente le choix des agents.

Dans l'industrie, des élasticités de substitution capital énergie et inter-énergie sont fixées respectivement à 0,5 et 0,4, pour les combustibles servant à la production de chaleur.

En dehors du bloc énergie, les équations de comportement ont été paramétrées sur la base d'études économétriques de l'OFCE : politique monétaire (règle de Taylor), fixation des

4. http://www.insee.fr/fr/themes/comptes-nationaux/default.asp?page=archives/archives_cnat_annu.htm

5. DGEMP, DIDEME, « Coûts de référence de la production électrique, rapport, décembre 2003, 80 p.

6. I NUMERI, « Marchés, emplois et enjeu énergétique des activités liées à l'amélioration de l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2008-2009 - perspectives 2010 », rapport Ademe, octobre 2010, 380 p.

7. Cour des comptes, « Les coûts de la filière électronucléaire », rapport thématique, janvier 2012, 430 p. <http://www.ccomptes.fr/Publications/Publications/Les-couts-de-la-filiere-electro-nucleaire>

8. Sénat, « Le coût réel de l'électricité afin d'en déterminer l'imputation aux différents agents économiques », rapport du Sénat n° 667, sous la présidence de Ladislav Poniatowski, rapporteur. Jean Desessard, 11 juillet 2012. <http://www.senat.fr/rap/r11-667-1/r11-667-11.pdf>.

salaires (*Courbe Wage Setting WS*), fixation des prix (théorie du *mark-up*), élasticité de substitution entre facteurs de production (fonction CES). De ce fait, les propriétés dynamiques du modèle sont comparables à celles du modèle de prévision conjoncturelle utilisé par l'INSEE et la DG Trésor de Bercy, MESANGE. Ainsi, en cas d'augmentation des investissements publics de 1 point de PIB, l'activité économique augmente de 1,3% à court terme.

3. Les résultats de la modélisation macroéconomique

Pour apprécier les effets macroéconomiques des visions Ademe, on introduit des mesures ou des changements exogènes dans un scénario de référence, dont la particularité est de suivre un « sentier de croissance équilibré », autrement dit une tendance relativement stable, dénuée de fluctuation conjoncturelle⁹. Ainsi les écarts à ce scénario de référence pourront-ils être imputés à la seule dynamique générée par l'introduction des nouvelles mesures. Ces changements sont calibrés de manière à ce que le modèle reproduise les hypothèses de production et de consommation énergétiques exposées dans la vision Ademe.

Le scénario de référence est un scénario virtuel, qui n'a pas la prétention d'être réaliste. C'est un étalon de mesure de ce que serait le développement potentiel d'un monde, où toutes les variables seraient guidées par une forme de *business-as-usual* perpétuel. On y suppose ainsi que les parts des différentes énergies dans le mix restent stables entre 2010 et 2050 et que les instruments de lutte contre le changement climatique ne sont pas modifiés (CIDD, bonus-malus, taxes intérieures de consommation, etc.).

Conformément aux hypothèses utilisées dans les scénarios énergétiques de la DGEC, on suppose également que les gains de productivité augmentent à un taux constant de 1,4% et que la croissance démographique annuelle

9. Si l'on s'abstient d'introduire des chocs de demande exogènes à répétition dans un modèle macroéconomique, le taux de croissance converge rapidement vers une tendance égale à la somme des gains de productivité et du taux de croissance démographique. C'est le taux de croissance potentielle de l'économie.

est toujours de 0,4%. Ainsi, le taux de croissance de l'économie tend de manière endogène vers 1,8% (chiffre qui correspond simplement à la somme des deux taux ci-dessus). Le taux de croissance est le même pour tous les secteurs, sauf pour la consommation de produits alimentaires (qui croît comme la population et non comme le revenu), l'achat de véhicule (le taux d'équipement des ménages atteint rapidement un seuil), la construction de logements (les projections de l'INSEE sont de 0,7%/an) et enfin l'énergie, puisque la demande dépend en grande partie de l'expansion du parc immobilier et du parc automobile, du progrès technique et de l'évolution du prix des combustibles fossiles. Selon les prévisions de l'AIE, les prix des produits pétroliers et du gaz importés augmenteront à un taux supérieur au taux d'inflation, qui correspond à une hausse moyenne des prix de près de 2 % en euros constants¹⁰.

Sur la figure 1, on remarque que la demande primaire d'énergie demeure relativement stable malgré l'augmentation de la population et de l'activité économique. La part de l'électricité augmente dans le mix sous l'effet d'une augmentation plus rapide des prix du fioul et du gaz. La consommation finale d'énergie s'élève à 156 MtepEf en 2030 et 138,5 MtepEf en 2050. Ce niveau correspond aux projections du scénario DGEC-AME réalisées par le ministère de l'Écologie et de l'Énergie, dans le cas où les mesures existantes demeureraient inchangées.

Pour modéliser le scénario de transition énergétique de l'Ademe, les modifications suivantes ont été apportées au scénario de référence. La part du nucléaire tend vers 50 % d'ici 2030 et se maintient à ce niveau dans le scénario haut. Il diminue vers 25 % en 2050 dans le scénario médian et vers 18 % dans le scénario bas. Les centrales au fioul et au charbon sont fermées d'ici 2030. La part du gaz naturel passe de 77% à 25% dans la distribution de combustibles gazeux et chaleur entre 2006 et 2050. Cette diminution est compensée par l'augmentation du biogaz et de la chaleur renouvelable (bois, déchets, géothermie, solaire). On suppose par ailleurs que le parc de véhicules électriques et

10. <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2013/>

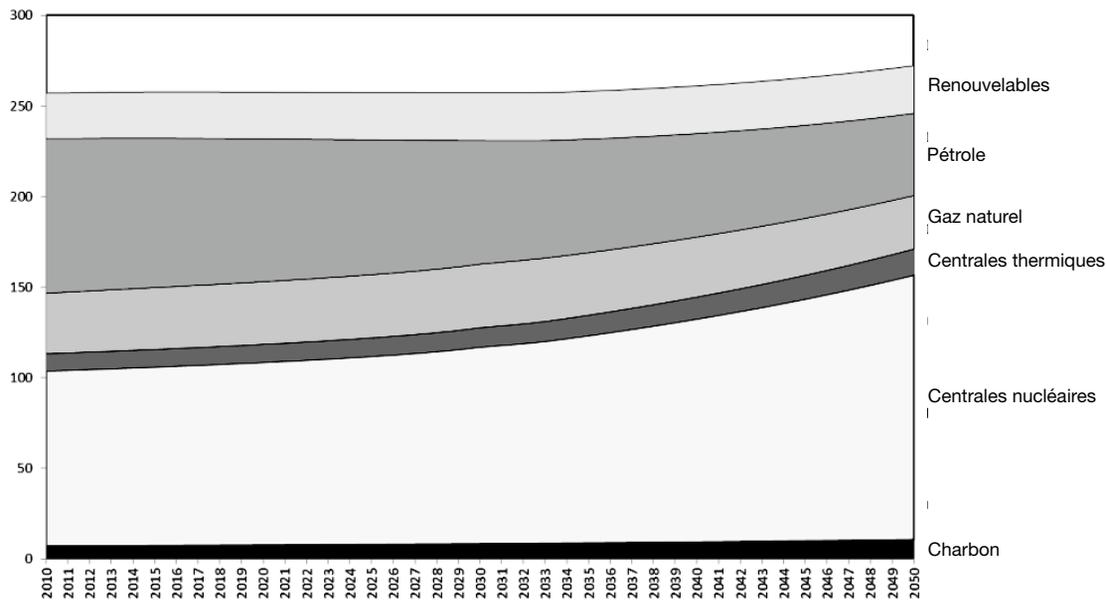


Figure 1. Scénario de référence
Évolution du mix énergétique en Mtep énergie primaire - Source : ThreeME 2013

hybrides augmente jusqu'à atteindre près de 10 millions de véhicules équivalents « tout électrique » en 2050.

La baisse de la demande d'énergie attendue dans la vision Ademe est permise par l'instauration d'un signal-prix à travers une taxation accrue de l'énergie, avec une part proportionnelle au contenu carbone pour les combustibles fossiles (charbon, produits pétroliers et gaz naturel) et une autre part assise sur le contenu énergétique de l'électricité. On suppose que les taux sont uniformes pour les ménages et les entreprises assujetties. Les recettes de la fiscalité sur les produits fossiles sont redistribuées aux agents via une baisse de l'impôt sur le revenu (IR) pour les ménages et des cotisations employeurs pour les entreprises, alors que la taxe sur l'électricité abonde le budget de l'État dans le respect de la règle de la non-affectation du produit des taxes.

Ces modifications par rapport au scénario de référence conduisent, du côté de la demande, aux baisses des consommations énergétiques pour le logement, les véhicules particuliers, l'industrie globalement et pour le tertiaire. Côté offre, le mix global obtenu en 2030 et 2050 est conforme aux cibles retenues pour chacune des trois variantes de mix électrique (figure 2).

4. Des effets expansionnistes

Au terme de cette modélisation, l'Ademe et l'OFCE ont estimé que les impacts expansionnistes de la transition énergétique l'emportent sur ses effets récessifs. En 2050, dans le cadre du scénario médian de l'Ademe, le PIB français serait supérieur de 3 points à celui du scénario de référence et l'économie française se serait enrichie de plus de 800 000 emplois supplémentaires.

Ces résultats s'expliqueraient essentiellement par une augmentation de l'activité des secteurs des énergies renouvelables, du transport collectif et de la rénovation du bâtiment, au détriment de la branche énergie. Or les premiers ont une forte intensité en main d'œuvre et une propension à importer relativement faible par rapport aux secteurs des énergies non renouvelables. La transition se solderait donc par une forte progression des créations d'emplois et une amélioration sensible de la balance commerciale qui auraient un effet expansif sur la demande. Ce phénomène compense très largement l'effet récessif lié à la perte de compétitivité qu'éprouvent les entreprises à court terme à la suite de la hausse du prix de l'énergie.

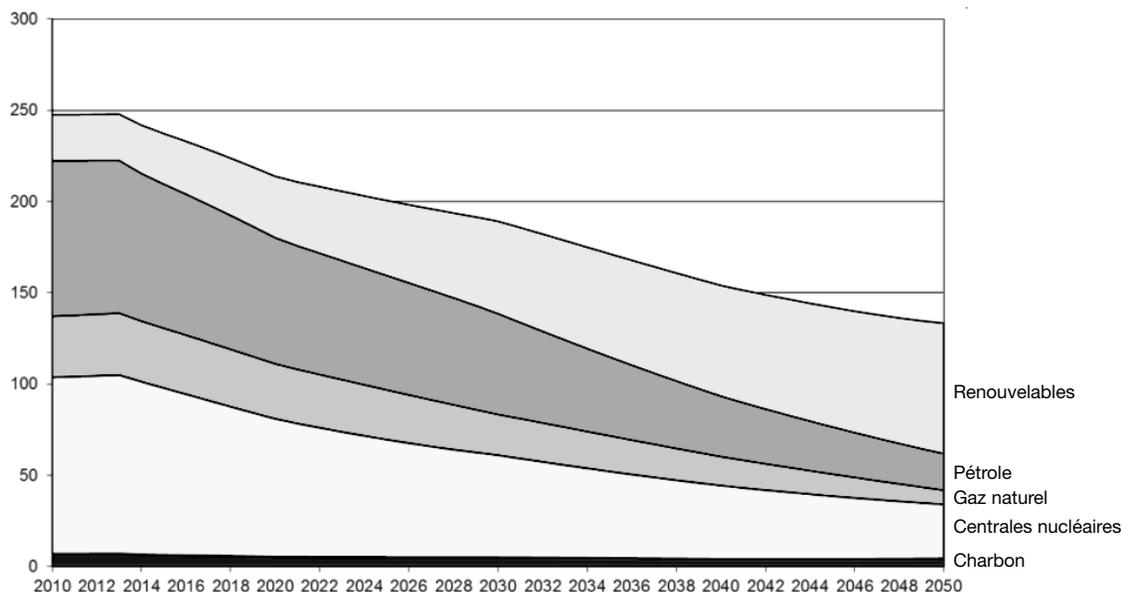


Figure 2. Scénario Ademe Médian
Évolution du mix énergétique en Mtep énergie primaire - Source : ThreeME 2013

A) Une amélioration du revenu disponible des ménages

Si, dans un premier temps, la facture énergétique des ménages s'accroît sous l'effet d'une hausse du prix des combustibles et des taxes (figure 3), elle diminue ensuite grâce à la baisse de la demande d'énergie.

À terme, la somme cumulée des économies d'énergie excède le remboursement de la charge de la dette liée aux investissements d'efficacité énergétique. Ce phénomène, conjugué à la baisse du chômage, entraîne une augmentation de 4 % de leur revenu disponible, net de la facture énergétique et du remboursement des annuités induites par le financement des travaux d'efficacité énergétique) par rapport au scénario de référence en 2050 (figure 4).

B) Un regain d'investissement

La transition énergétique induit une augmentation notable des investissements dans certaines branches et, en particulier, dans le secteur des énergies renouvelables (+ 39 milliards d'euros d'investissement annuels en moyenne sur la période par rapport au scénario de référence), la rénovation énergétique des logements (+ 8 milliards), et les transports collectifs

(+ 3 milliards d'euros d'investissement annuels en moyenne sur la période).

Cette hausse est quasi compensée par la diminution des besoins d'investissements, notamment dans l'automobile (les dépenses des ménages en automobiles sont ici traitées comme des dépenses d'investissement) et les centrales thermiques, si bien que le regain d'investissements par rapport au scénario de référence ne s'élèverait qu'à 16 milliards d'euros annuels en moyenne (figure 5). Cela représente un peu moins de 1 point de PIB par an. Cette évaluation correspond aux estimations du rapport Stern selon lequel la lutte contre le changement climatique requiert la mobilisation de 1 % de nos richesses annuelles.

Avec 63 milliards d'euros par an en moyenne sur la période 2014-2050, la rénovation énergétique représente le besoin d'investissement nécessaire à l'accomplissement de la transition énergétique le plus élevé. Mais nombre de ces investissements, intégrés au cycle de rénovation naturel des bâtiments, auraient également été réalisés dans le scénario de référence sous l'effet de la hausse du prix du pétrole et du gaz naturel (voir figure 6). C'est en fait le secteur des énergies renouvelables qui bénéficie du montant d'investissement le plus important

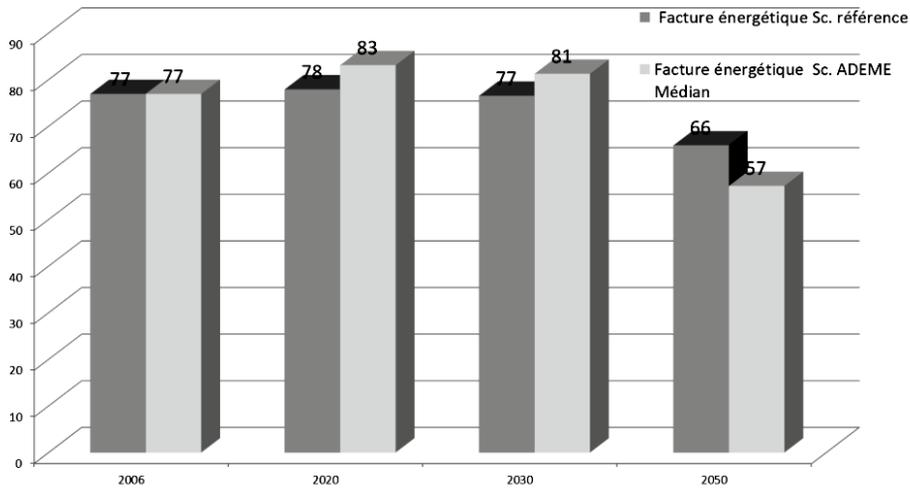


Figure 3. Facture énergétique des ménages - Scénario Ademe Médian (en milliards d'euros constants) - Source : ThreeME 2013

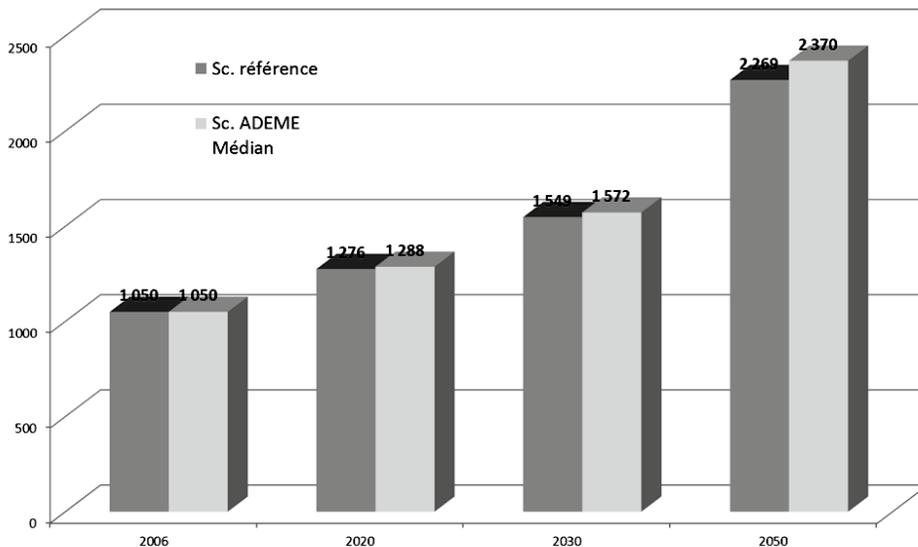


Figure 4. Revenu disponible brut des ménages - hors énergie et charge de la dette (en milliards d'euros constants) - Source : ThreeME 2013

par rapport au scénario de référence, avec 39 milliards d'euros additionnels en moyenne annuelle.

C) Un impact positif sur l'emploi

Les créations d'emplois directes et indirectes dans les secteurs bénéficiaires de la transition énergétique (énergies renouvelables, transport collectif, BTP) compensent largement les pertes dans les secteurs en décroissance (nucléaire,

thermique à flamme, production et distribution de combustibles fossiles, industrie automobile) : voir figure 7.

La réduction du chômage exerce un effet d'entraînement durable sur l'activité, si bien que le nombre d'emplois induits est conséquent, notamment dans le secteur des autres industries et le tertiaire.

En définitive, la transition générerait 330 000 créations d'emplois en 2030 et 825 000 emplois en 2050.

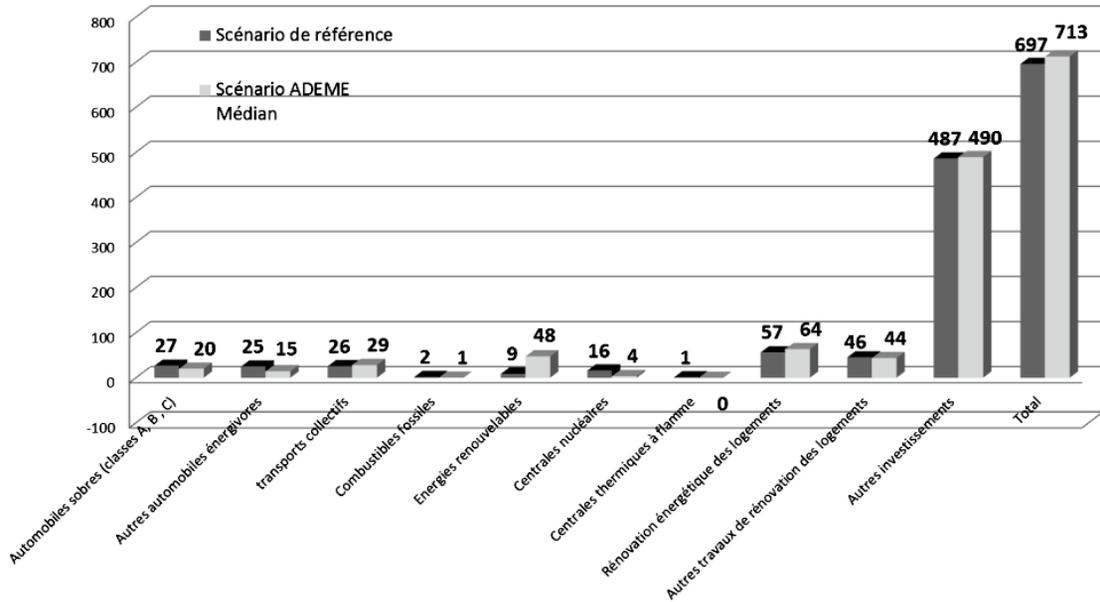


Figure 5. Moyenne annuelle des investissements réalisés sur la période 2014-2050 (en milliards d'euros constants) - Source : ThreeME 2013

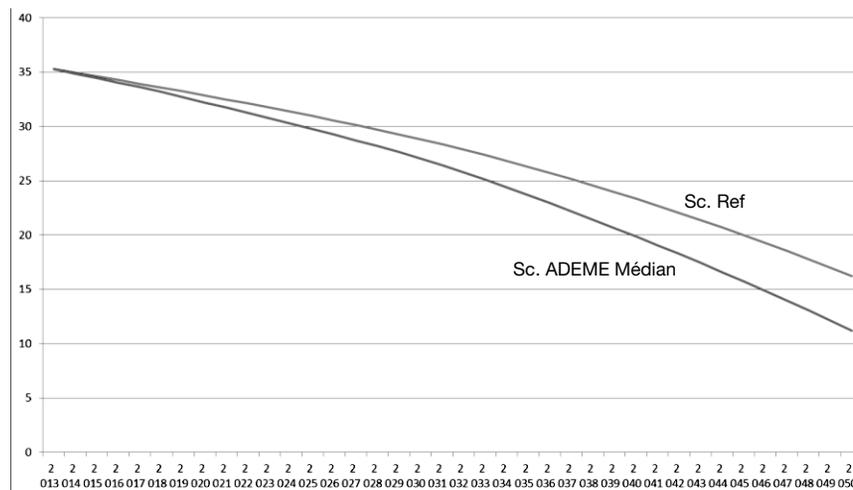


Figure 6. Consommation énergétique des immeubles résidentiels (en Mtep ef) Source : ThreeME 2013

Les emplois sont affectés aux divers secteurs selon les règles en vigueur dans la comptabilité nationale :

- Ainsi, les emplois liés à l'exploitation de l'équipement sont affectés au secteur concerné (maintenance des éoliennes, production d'électricité éolienne).
- Les emplois liés à l'investissement (FBCF, Formation brute de capital fixe, comme la construction de l'éolienne) sont imputés aux fabricants du bien d'équipement.

- Les emplois liés à l'installation des équipements sont affectés aux secteurs qui en ont la charge, s'ils sont sous-traités (par exemple, si la réalisation des réseaux de chaleur ou l'installation de panneaux photovoltaïques est effectuée par le secteur du BTP, ses effectifs augmenteront).

La part des actifs occupés en pourcentage de la population active augmenterait donc de 3 %. En tenant compte d'un taux de flexion de près de 50 %, le taux de chômage diminuerait ainsi

de 1,5 point en pourcentage de la population active (figure 8).

La structure du marché du travail sera donc modifiée, mais dans des proportions relativement modestes. Il faudra notamment organiser la reconversion d'environ 80000 postes dans les secteurs impactés négativement. Cette tâche ne devrait pas poser de grandes difficultés aux organismes de formation et aux administrations compétentes, sachant que la reconversion devrait s'opérer progressivement sur une durée longue de près de 40 ans et dans un marché en expansion où les créations de postes devraient excéder assez largement les pertes.

Les créations d'emplois sont d'autant plus importantes que la part du nucléaire dans le mix est faible, puisque l'intensité en main-d'œuvre des renouvelables est supérieure à celle des centrales nucléaires. Ceci explique pourquoi les gains de PIB sont légèrement supérieurs dans les scénarios bas et médian (le PIB est égal à l'ensemble des revenus distribués dans l'économie).

D) Une diminution du déficit de la balance commerciale

Dans un premier temps, le déficit de la balance commerciale s'accroît sous deux effets conjugués. D'abord, la hausse du prix de l'énergie (et notamment de l'électricité)

provoque une augmentation des coûts unitaires de production des entreprises qui dégrade un peu leur compétitivité à l'extérieur. Ensuite, le regain des investissements dans les renouvelables favorise, dans un premier temps, les importations de biens d'équipements en provenance de l'extérieur jusqu'à ce que les filières françaises se développent. En conséquence, le déficit se creuse d'un montant égal à 0,2 % de PIB à court terme (figure 9) puis se rétracte grâce à la réduction des importations de gaz et de pétrole d'1 point de PIB. La France verrait aussi son indépendance, et donc sa sécurité énergétique, renforcée.

Le déficit de la balance commerciale diminue davantage dans le scénario haut puisque la propension à importer des biens d'équipements est plus faible dans le nucléaire que dans le secteur des renouvelables.

E) Les effets induits sur le PIB

La hausse de l'investissement, de l'emploi et la réduction concomitante du déficit de la balance commerciale entraîne une augmentation du PIB. En définitive, le niveau de l'activité serait supérieur de 3 % par rapport au niveau qui serait le sien dans le scénario de référence.

Les gains de PIB sont assez comparables d'un scénario à l'autre. Cela s'explique par :

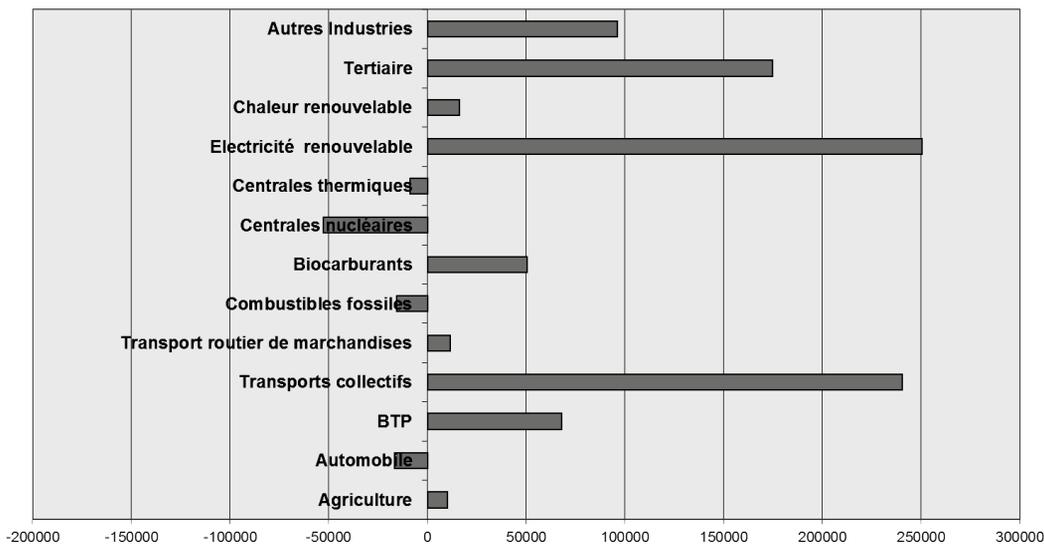


Figure 7. Créations ou pertes d'emplois par secteur en 2050. Sc. Ademe Médian
Source : ThreeME

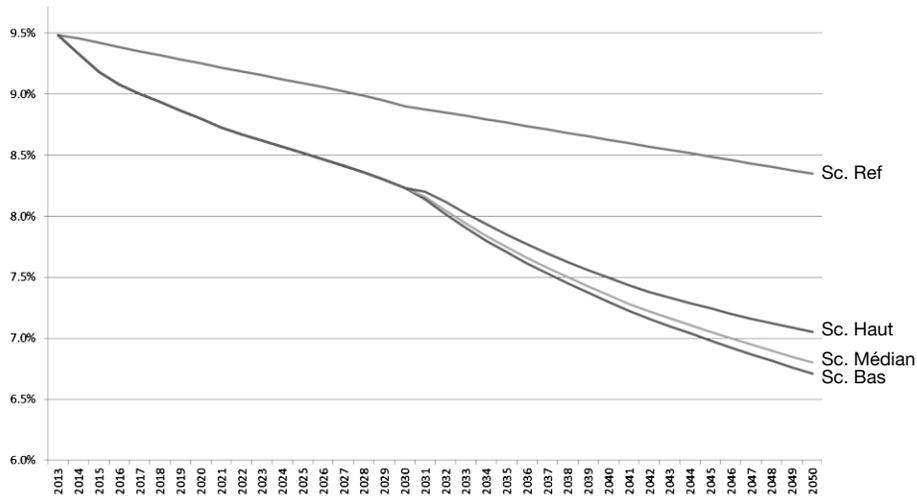


Figure 8. Taux de chômage (en % de la population active) - Source : ThreeME 2013

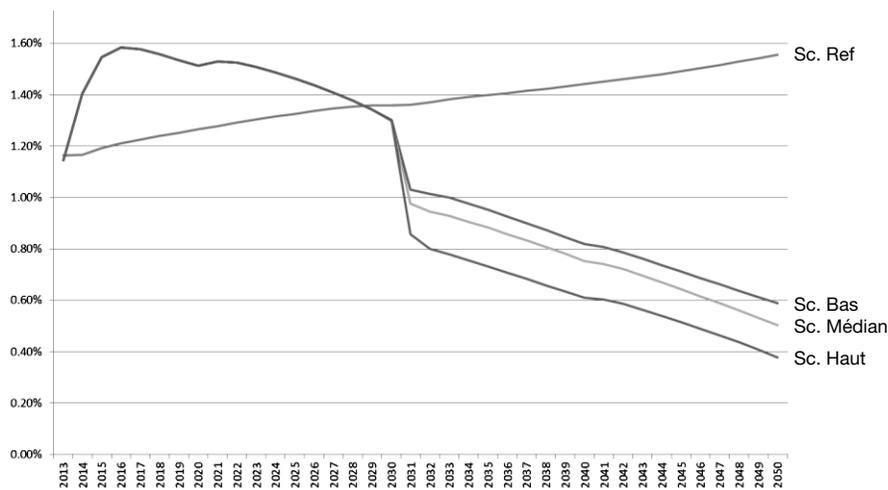


Figure 9. Déficit de la balance commerciale (en % du PIB) - Source : ThreeME 2013

- La diminution dans tous les scénarios du poids du secteur de l'électricité dans le PIB.
- La relative convergence des prix du nucléaire et des renouvelables.

La légère contraction du gain constatée en 2030 résulte de l'instauration d'une taxe sur l'électricité. Pour une même cible de demande électrique, la contribution fiscale est d'autant plus forte que le prix de l'électricité est faible.

F) La fiscalité énergétique

Le taux de la contribution énergie-climat reflète la valeur d'un ensemble de mesures de natures différentes et pas seulement fiscales,

qui peut être assimilé à un « signal prix » adressé aux agents.

Le taux de la taxe carbone est calibré de manière à atteindre les cibles de consommation de combustibles utilisés pour les besoins de transport et de chauffage définies dans le scénario de l'Ademe.

Elle atteint 50 € constants en 2020, 80 € en 2030 et 325 € en 2050 (figure 11). L'évolution obtenue de cette « valeur tutélaire » du carbone est très comparable aux résultats de la commission Quinet¹¹ présentés en 2008. Les experts

11. Centre d'analyse stratégique, « La valeur tutélaire du carbone », rapport Quinet, La Documentation française, 2009.

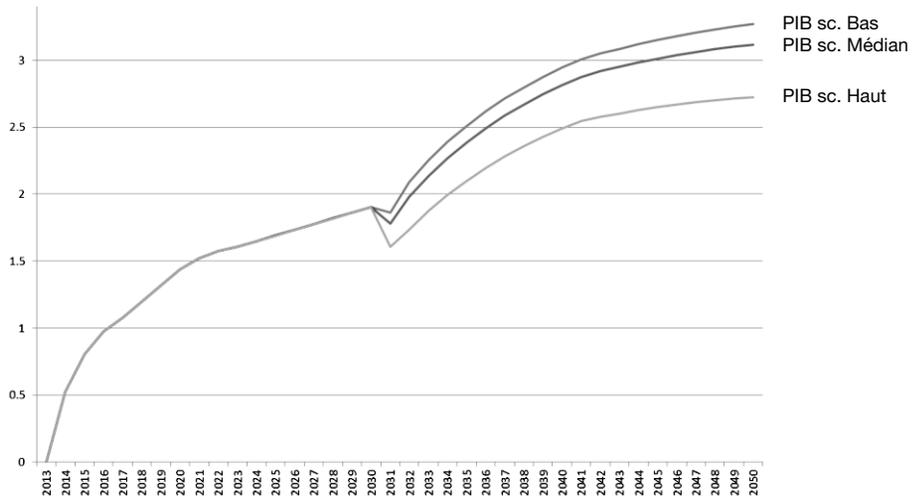


Figure 10. PIB en volume. Écart au scénario de référence en points d'indice - Source : ThreeME 2013

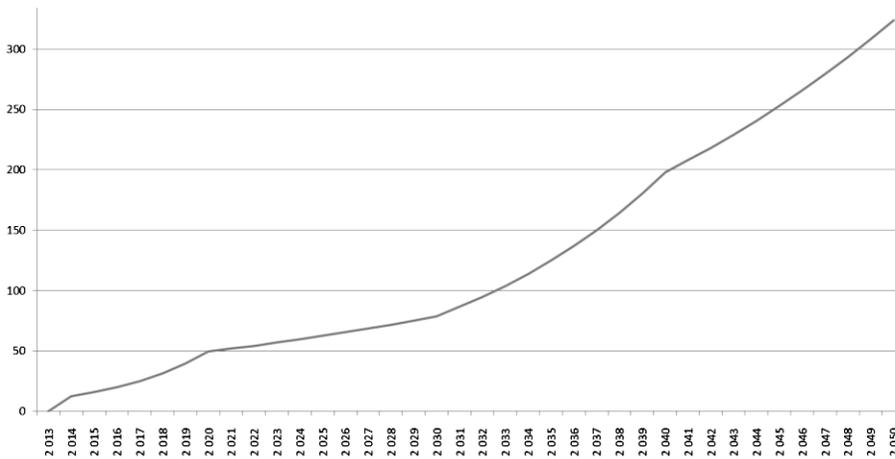


Figure 11. Scénario Ademe Médian. Taux de la taxe carbone (en € constant par tonne de CO₂)
Source : ThreeME 2013

l'avaient estimée à 56 € en 2020, 100 € en 2030 et à un niveau compris entre 200 € et 350 €/tCO₂ en 2050.

Un montant de 325 €/tCO₂ peut sembler élevé, à première vue. Pour mieux apprécier son importance, il est utile de le comparer avec le niveau de taxe qui pèse actuellement sur les carburants. Si l'on divise l'ensemble des recettes de taxe intérieure de consommation sur les produits pétroliers par les émissions de CO₂ générées par leur combustion, on constate que, dès aujourd'hui, le taux implicite de taxe en euros par tonne de CO₂ s'élève à 243 €/tCO₂ pour l'essence et à 157 € pour le diesel.

L'instauration d'une taxe carbone de 325 €/tCO₂ reviendrait donc à environ tripler la TIPP sur le diesel en un demi-siècle. Plutôt que de payer 60 centimes d'euros par litre, le consommateur aurait à payer 2 € par litre en 2050. Ce montant est relativement faible dans la mesure où, sur la même période, les recettes de la taxe seront entièrement redistribuées aux ménages, que le revenu des ménages aura doublé et que leur consommation de gaz naturel et de pétrole aura été divisé par 10. Ceci explique pourquoi leur facture diminuera malgré la hausse des taxes. À partir de 2020, l'effet volume l'emporte sur l'effet prix.

Si l'on ajoute aux recettes de la taxe carbone à proprement dite, les recettes prélevées sur l'électricité et la chaleur d'origine renouvelable, on obtient un taux de taxe d'environ 750 € par tonne équivalent pétrole. Le montant des taxes qui pèsent sur la chaleur représenterait ainsi 18 % de son prix de vente en 2050 dans le scénario Ademe (figure 12).

G) Les effets sur les finances publiques

La hausse de la fiscalité environnementale a une triple vertu : elle est incitative et exerce un effet d'entraînement positif sur l'économie, dans la mesure où l'essentiel des recettes est redistribuée aux agents ; elle permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre ; elle entraîne une réduction du ratio de la dette publique sur le PIB. Celui-ci diminue à la fois via une réduction du déficit, liée à l'augmentation du produit des taxes sur l'électricité et la chaleur, une diminution relative des dépenses, grâce à la résorption accélérée du chômage, mais aussi sous l'effet de l'augmentation accrue du revenu national.

Les résultats du scénario Médian (tableau 1) se révèlent être assez robustes. En effet, la modification des élasticité de substitution ou des élasticité prix de la demande, mentionnées plus haut, ne modifient guère l'écart en pourcentage entre les scénarios médian et de référence puisque ceux-ci sont affectés de la même manière. En niveau, on constate cependant une variation plus significative de la demande d'énergie. Toutefois elle n'excède jamais

7 % de la cible de consommation d'énergie primaire fixée en 2050. Ce cas extrême se produit lorsque l'on réduit des deux-tiers l'élasticité de substitution entre le travail et l'énergie.

5. Conclusion

Selon nos simulations, la lutte contre le changement climatique entraînerait un regain d'investissement, des créations d'emplois dans les filières vertes bien supérieures aux destructions de postes dans la branche des énergies fossiles et des filières énergivores et une nette contraction du déficit de la balance commerciale. À court et moyen terme, en dépit de la hausse des prix, elle débouche sur une augmentation de la demande qui rétroagit positivement sur l'offre, de sorte que le PIB est supérieur à ce qu'aurait été son niveau en 2050 dans le scénario de référence. Au bout du compte, la transition énergétique induit un gain équivalent aux revenus générés par deux années de croissance supplémentaires sur la période considérée, soit 3 points d'indice de PIB. La population active occupée augmenterait de 3 %.

À terme, la somme cumulée des économies d'énergies et des suppléments de revenus induits (notamment via l'expansion de la masse salariale) couvre le principal de la dette et la charge d'intérêts liés au financement de la transition. Il y a création de valeur, comme l'atteste la hausse du revenu disponible des ménages, net du remboursement de leurs annuités et

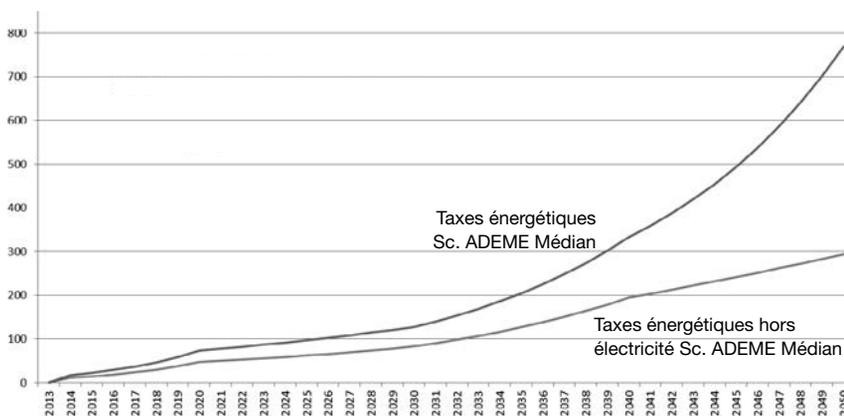


Figure 12. Valeur tutélaire de l'énergie. Scénario Ademe Médian (en € constant par tep)
Source : ThreeME 2013

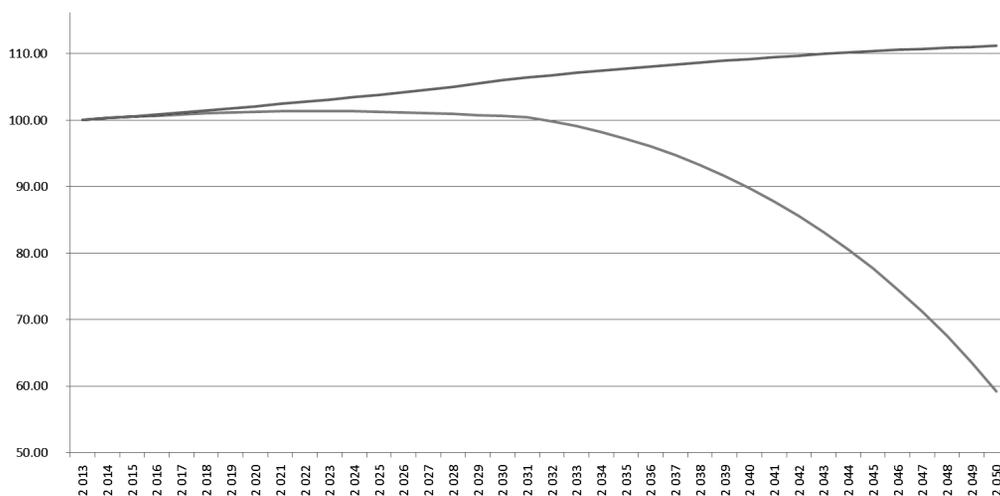


Figure 13. Base 100 en 2013. Dette publique. Scénario Ademe Médian (Indice du ratio dette publique sur PIB) - Source : ThreeME 2013

de leur facture énergétique. Le gain est donc durable.

Ce travail de modélisation supporte la vision selon laquelle la transition énergétique n'est pas inéluctablement coûteuse, du seul fait de l'augmentation du prix de l'énergie à court et moyen terme. Par ailleurs, elle ne nuit pas forcément au pouvoir d'achat des ménages et à la compétitivité des entreprises.

La décroissance de l'empreinte écologique et des émissions de gaz à effet de serre n'implique pas une diminution de l'activité économique. Un découplage PIB-émissions de CO₂ semble possible. Dès lors que l'on admet que la transition énergétique aura une incidence positive sur l'emploi, il est logique que le PIB, égal à la somme des revenus distribués dans l'économie, soit plus élevé. ■

Tableau 1

Résultats du scénario Médian

		2013	2014	2015	2020	2030	2040	2050
PIB en volume	(a)	0.00	-0.5	-0.8	1.4	1.9	2.8	3.1
Consommation	(a)	0.0	0.3	0.6	1.3	1.9	2.7	3.1
Investissement	(a)	0.0	3.7	4.9	5.6	5.9	6.6	7.3
Dépenses publiques	(a)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Exportations	(a)	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Importation	(a)	-0.1	0.8	1.1	0.8	0.4	-0.7	-0.7
Taux de chômage	(b)	0.0	-0.1	-0.2	-0.5	-0.7	-1.3	-1.5
Emploi	(a)	0.0	0.2	0.4	0.8	1.2	2.3	2.8
Déficit public	(c)	0.0	0.3	0.1	0.0	-0.5	-1.7	-3.9
Dette publique	(c)	0.0	0.0	-0.1	-0.6	-3.5	-12.4	-33.1
Déficit commercial	(c)	0.0	0.2	0.4	0.2	-0.1	-0.7	-1.1
PIB (indice)	(d)	113	116	119	131	158	190	229
Taux de la taxe carbone	(e)	0	13	16	50	79	198	324
Recette taxe carbone	(f)	0	4	5	14	18	30	32

Légende : écart par rapport au scénario de référence sauf pour (d) ; écart relatif pour (a) ; (a) (b) en % ; (c) en pourcentage du PIB ; (d) indice = en 2006 ; (e) en euros constants par tonne de CO₂ ; (f) en milliards d'euros constants ; (g) en millions ; (h) en unité