



Fiscalité carbone et progrès social. Application au cas français

Emmanuel Combet

► To cite this version:

Emmanuel Combet. Fiscalité carbone et progrès social. Application au cas français. Economies et finances. École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS), 2013. Français. tel-00813550

HAL Id: tel-00813550

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00813550>

Submitted on 15 Apr 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales

Discipline : Economie

FISCALITE CARBONE ET PROGRES SOCIAL

APPLICATION AU CAS FRANÇAIS

*Thèse présentée pour obtenir le grade de Docteur de l'EHESS
et soutenue publiquement par*

Emmanuel COMBET

le 9 avril 2013

*Cette thèse a bénéficié d'une allocation de recherche ADEME
co-financée par la CFDT et le CNRS*

JURY

M. **Thomas STERNER**, Professeur de l'Université de Göteborg
M. **Patrice GEOFFRON**, Professeur de l'Université Paris-Dauphine
Mme **Anabella ROSEMBERG**, Confédération Syndicale Internationale
M. **François BOURGUIGNON**, Directeur d'études à l'EHESS
M. **Eloi LAURENT**, Professeur à Science Po
M. **Jean-Charles HOURCADE**, Directeur d'études à l'EHESS

Rapporteur
Rapporteur
Examinatrice
Examineur
Examineur
Directeur

Remerciements

Cette thèse est le résultat de cinq années de recherche durant lesquelles j'ai eu la chance de pouvoir m'appuyer sur l'aide, l'intérêt et la confiance de nombreuses personnes.

La principale rencontre, celle qui a rendu ce résultat possible, fut évidemment celle de mon directeur de thèse, Jean Charles Hourcade. A l'origine, il a su susciter en moi un vif intérêt pour la problématique de la fiscalité carbone. Il m'a ensuite aidé à m'approprier ce « dossier complexe » en me transmettant la grande expérience qu'il a accumulée sur plus de vingt ans. Enfin, il n'a jamais cessé de faire en sorte que je repousse mes limites, à chaque étape et dans tous les domaines.

Le résultat n'aurait pas été le même sans les nombreuses personnes qui participent activement (ou ont participé) au développement des modèles IMACLIM. La version dont je me suis servi pour explorer les conséquences de l'introduction d'une taxe carbone est le produit d'une collaboration étroite avec Frédéric Gherzi et Camille Thubin. Mais les innovations techniques et la clarification des concepts que cet outil présuppose sont le fait de toute une équipe : Ruben Bibas, Thierry Brunelle, Christophe Cassen, Renaud Crassous, Gaëtan Giraudet, Céline Guivarch, Meriem Hamdi-Cherif, Julien Lefevre, Gaëlle Le Treut, Jun Li, Aurélie Méjean, Elsa Mosseri, Julie Rozenberg, Olivier Sassi, Jules Schers, Adrien Vogt-Schilb, Henri Waisman, William Wills.

J'ai également connu au CIREN un environnement particulièrement favorable, et ceci grâce à toutes les personnes qui y travaillent. Il serait trop long ici de les nommer (elles sont nombreuses), mais je les remercie pour chaque moment d'échange intellectuel, de légèreté et de détente. Elles ont toutes contribué à rendre plus supportables les nombreuses heures passées devant l'ordinateur.

J'aimerais aussi remercier Jean Pierre Bompard et Gael Callonnec, que j'ai croisés plus occasionnellement, mais qui m'ont fait confiance et m'ont permis d'obtenir mes financements.

Merci aux membres de mon jury, François Bourguignon, Patrice Geoffron, Jean-Charles Hourcade, Eloi Laurent, Anabella Rosemberg et Thomas Sterner, d'avoir manifesté leur intérêt et accepté d'examiner ce travail, malgré les contraintes de temps qu'impliquent leurs nombreuses responsabilités.

Je ne serais jamais parvenu au bout sans l'appui et le soutien quotidien de ma famille et de mes amis. Un grand merci à chacun d'eux, en particulier à Corina qui a relu le manuscrit, et à Henri et Meriem, avec qui j'ai partagé et vécu l'ensemble de cette intense aventure.

À Georges et Willy
pour le courage
qu'ils m'ont donné

Introduction

Cela fait maintenant vingt ans que la communauté internationale, à travers l'adoption de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, a reconnu la responsabilité de l'homme dans l'accélération du réchauffement de la planète et s'est engagée à agir pour éviter une hausse incontrôlée des températures. Cela fait aussi vingt ans que les économistes apportent de la matière utile sur les instruments à mettre en œuvre pour coordonner l'action collective et inciter de très nombreux acteurs à tenir compte de cet enjeu de long terme dans leurs comportements quotidiens de production et de consommation. Pourtant, on ne peut que constater le blocage des projets envisagés lorsqu'ils sont débattus dans les sphères médiatiques et politiques.

Chaque tentative présente ses spécificités. Mais au-delà des singularités de chaque pays et circonstance historique, *on observe la manifestation répétée d'un écart entre prescription théorique et réalisation*. La recommandation des économistes de recourir à des instruments de marché – une taxe écologique ou un système de permis d'émission échangeables – a pourtant eu une influence manifeste, puisqu'elle a mené les dirigeants de nombreux pays à inscrire sur les agendas politiques des projets de *taxe carbone*. Mais lorsqu'on examine les quelques dispositifs réels qui ont été introduits, on se rend compte qu'ils présentent peu de ressemblance avec la taxe idéale des manuels et que le niveau du « signal-prix » est en général insuffisant au regard des objectifs affichés (Pearce, 2006). De plus, on compte de lourds échecs politiques ; parmi les plus criants, ceux de la taxe carbone-énergie de l'Union Européenne (1992) et de la *BTU tax* du président Clinton (1993). Dans cette thèse, nous considérerons le cas de la France qui est à ce titre emblématique, étant donné que trois projets ont été successivement abandonnés : ceux de la Mission Interministérielle de l'Effet de Serre en 1990, du gouvernement Jospin en 1999 et de Nicolas Sarkozy en 2009.

L'interprétation la plus courante, évoquée pour expliquer cet écart de mise en œuvre, est qu'il existe des obstacles de nature politique à l'adoption de solutions qui sont économiquement optimales, soit pour des raisons « d'acceptabilité » de leurs conséquences immédiates, soit par manque de volonté des gouvernants, trop sensibles à l'influence de certains lobbys. Dans les débats, les difficultés se cristallisent autour de *la question de la distribution des coûts et des bénéfices du projet*, qui s'avère suffisante pour agréger une diversité hétéroclite de groupes d'intérêts et constituer un large « front de refus » (Hourcade, 2007). Bien souvent en effet, on constate que les deux arguments principaux d'opposition – les conséquences négatives pour les ménages vulnérables et les distorsions de compétitivité pour les activités concurrencées – sont mobilisés avec force, moins pour insister sur la nécessité d'y remédier que comme évidences bloquant un plus ample examen.

Nous partons de l'idée que si l'existence d'obstacles politiques est évidente, le *caractère général et récurrent* des problèmes de mise en œuvre est aussi le symptôme de limites dans les méthodes et les outils qu'utilisent les économistes pour nourrir les débats publics. Il se peut en effet que *les modèles mobilisés ne tiennent pas assez compte des facteurs du monde réel qui font que les moyens avancés pour réduire les émissions de gaz à effet de serre peuvent conduire à des conséquences socioéconomiques inacceptables, peu compatibles avec les exigences et les besoins des populations*. Il se peut aussi que les analyses normatives qui servent à définir le dispositif optimal ne tiennent pas assez compte des causes subjectives de désaccord : la diversité des perceptions du fonctionnement de l'économie et des jugements de valeur que défendent les acteurs de la décision.

Partant de cette idée, nous chercherons à comprendre ce qui détermine l'existence d'*antinomies*, ou au contraire de *synergies*, entre agir pour réduire le risque climatique et contribuer à la promotion des autres objectifs socioéconomiques de la collectivité. Ceci de façon à identifier, parmi les dispositifs possibles, les meilleurs, et ceux qui ont le plus de chance d'être acceptés.

Le dispositif idéal sur lequel s'accordent les économistes est bien connu : une taxe unique, sans exemption, égale au coût marginal des dommages climatiques. Mais cette recommandation se fonde sur *deux hypothèses théoriques fortes*. Premièrement, qu'en l'absence de politique climatique, le fonctionnement « naturel » des marchés est efficace, au sens où ils tendent spontanément à assurer *une utilisation et une allocation optimales des ressources productives* ; deuxièmement, que les questions distributives soulevées par l'introduction d'un prix unique du carbone peuvent être réglées séparément par *des compensations financières que les autorités sont en mesure de mettre en œuvre grâce à un système de transferts forfaitaires*. L'avantage d'un tel schéma est que la conception d'une politique climatique se traite indépendamment des autres enjeux et raisonnements qui justifient le choix des systèmes fiscaux. Par conséquent, en dépit du fait que beaucoup d'analystes soulignent que dans un monde de référence moins idéal l'argument d'efficacité d'un prix unique ne garantit pas sa mise en œuvre, en général pourtant ces difficultés sont passées sous silence - ou, comme chez Böhringer et al. (2009), elles sont mentionnées puis laissées de côté.

Nous chercherons à défendre une approche différente, à savoir qu'il est nécessaire d'abandonner cette référence à un « *monde de premier rang* », même en l'absence d'une théorie alternative consensuelle, pour faire évoluer les techniques et les outils d'analyse, et décrire des *mondes de second rang*, c'est-à-dire des modèles de l'économie où *certaines contraintes* réduisent l'efficacité des marchés et « l'ère de contrôle » de l'intervention publique (Drèze et Stern, 1987). Cet effort est nécessaire, d'abord afin de clarifier les deux arguments principaux d'équité et de compétitivité mobilisés pour bloquer la réforme ; ensuite, pour étudier *les arbitrages* d'une société confrontée en permanence à plusieurs enjeux (le sous-emploi, la dette, la sécurité énergétique, etc.). En second rang en effet, il n'est plus nécessairement possible ou efficace « d'internaliser l'externalité climatique » en s'accordant uniquement sur un instrument spécifique. Dans le cas de l'introduction d'une taxe carbone, se pose alors la question du « meilleur usage de ses recettes » au regard, non seulement défi climatique, mais aussi des autres objectifs d'une réforme de la fiscalité.

Il importe donc de développer des outils d'analyse qui permettent de faire le lien entre plusieurs domaines d'expertise et qui récupèrent l'intuition des modèles d'équilibre général : la possibilité de décrire un schéma des interdépendances économiques entre secteurs d'activité et agents économiques. Cet impératif technique doit aussi être mené d'une façon telle que l'on puisse peindre le fonctionnement d'une économie qui, indépendamment du problème climatique, n'est pas optimale. Mais, si la description d'une économie de premier rang est univoque, tel n'est pas le cas d'une société de second rang. Par conséquent, pour que l'analyse économique puisse apporter une contribution réelle au débat public, il devient nécessaire de représenter avec cohérence les divers points de vue sur l'économie que tiennent les parties prenantes engagées dans le processus de délibération collective. D'autant que pour proposer une solution « conforme à l'intérêt général » et qui ait le plus de chance d'être adoptée, on ne peut préjuger des objectifs qui se trouvent en concurrence (la nature des arbitrages), ni des conditions nécessaires à l'émergence d'un consensus politique et à l'adoption d'un dispositif (les conditions réelles de l'acceptabilité). Notre objectif sera donc de contribuer au développement d'un *instrument de dialogue et de négociation sociale* qui aura

la particularité de permettre l'étude des conséquences de *plusieurs visions des contraintes et des objectifs*, et ainsi de clarifier les sources de désaccords sur les modalités du projet.

Cela fait longtemps que le CIRED s'est consacré à développer ce type d'instruments et nous poursuivons cet effort en travaillant sur un modèle qui met l'accent sur des paramètres macroéconomiques et distributifs importants pour la détermination des conséquences de la réforme sur l'activité, l'emploi, les finances publiques et la répartition des richesses. Pour cerner les tensions économiques et sociales que risque de générer la transition vers une économie bas-carbone, nous limiterons notre analyse aux conséquences induites sur un moyen terme allant de 15 à 20 ans. Nous négligerons donc les bénéfices économiques de l'atténuation des changements climatiques obtenus au-delà. On notera que ces travaux ont participé à l'expertise dans le cadre du processus lancé par Nicolas Sarkozy et conduit par Michel Rocard, mais qu'ils avaient été engagés bien avant, avec l'ADEME et une organisation syndicale (la CFDT) qui avait perçu l'intérêt de lier l'action climatique aux autres choix de réforme des finances publiques (en particulier le financement de la protection sociale), tout en tenant compte des contraintes imposées par le processus de mondialisation (notamment la compétition industrielle accrue par l'essor des pays émergents).

Cette thèse s'organise en trois parties. Dans une première partie de « diagnostic » nous chercherons à « disséquer l'écart de mise en œuvre », avec l'objectif d'identifier la contribution relative des facteurs d'acceptabilité purement politiques et des limites opérationnelles des apports de l'analyse économique. Nous tirerons d'abord des leçons de notre expérience de la dernière tentative française d'introduire une taxe carbone (premier chapitre), avant d'identifier, à partir d'une revue des approches et outils des économistes, les principes d'une réponse méthodologique adaptés à notre objectif de construire un outil de dialogue et de négociation (deuxième chapitre).

Dans une seconde partie consacrée à « l'outil et la méthode » nous présenterons le développement du modèle numérique IMACLIM-S.2.4, spécialement conçu pour traduire en pratique notre réponse méthodologique (troisième chapitre). Cet outil repose sur le développement d'une comptabilité intégrée et cohérente des relations entre macroéconomie, environnement et distribution (quatrième chapitre). Une telle comptabilité n'est pas encore proposée par les statisticiens et résulte d'un effort pour réconcilier les statistiques énergétiques, les données provenant d'enquêtes auprès des ménages et les tableaux de synthèse de la comptabilité nationale.

Dans une troisième partie d'« analyses et résultats », nous utiliserons ce modèle pour revisiter l'économie d'une réforme fiscale carbone en France. Nous y étudierons les relations de synergie-antinomie entre l'objectif d'atténuation des émissions de CO₂ et les principaux objectifs socioéconomiques de la France contemporaine : divers dispositifs envisageables seront comparés, en premier lieu, selon leur efficacité productive globale, favorable à l'emploi et l'activité (cinquième et sixième chapitres), puis selon leur justice distributive, qui est nécessaire à la cohésion sociale et à l'adhésion des citoyens au projet (septième chapitre), enfin, selon l'objectif de contrôle des déficits publics, requis pour assurer la durabilité de « l'Etat providence » français qui risque d'être particulièrement éprouvé dans un contexte futur, marqué par une transition démographique inédite et des tensions accrues sur les ressources en énergie carbonée (huitième chapitre).

Sommaire

PREMIERE PARTIE : DIAGNOSTIC

Chapitre 1. Leçons d'un échec. Les économistes interpellés	7
---	----------

Chapitre 2. Quelle modélisation « quand plus rien ne tient » ?	41
---	-----------

DEUXIEME PARTIE : OUTIL ET METHODE

Chapitre 3. L'architecture de simulation IMACLIM-S	77
---	-----------

Chapitre 4. Comptabilité intégrée et relations entre macroéconomie, environnement et distribution	119
--	------------

TROISIEME PARTIE : ANALYSES ET RESULTATS

Chapitre 5. Efficacité macroéconomique de la substitution d'une taxe carbone à des prélèvements obligatoires sur le travail	157
--	------------

Chapitre 6. Efficacité macroéconomique de diverses modalités de mise en œuvre d'une fiscalité carbone	197
--	------------

Chapitre 7. Effets distributifs et arbitrage équité-efficacité	229
---	------------

Chapitre 8. Fiscalité carbone, réforme des retraites et déficits publics	249
---	------------

BIBLIOGRAPHIE	277
----------------------------	------------

TABLE DES MATIERES.....	289
--------------------------------	------------

ANNEXES TECHNIQUES	295
---------------------------------	------------

Chapitre 1

Leçons d'un échec. Les économistes interpellés

“Political economy analysis, in which the interaction of economics and political reality is emphasised, explains the gap between theoretical ideals and practical reality. A closer look at the factors that influence real world policy design should help policy-oriented economists in designing measures that have a greater chance of adoption. The end-result may well be n^{th} -best solutions which simply have to be “lived with”. But there may also be room for design improvements that still honour the political constraints of policy design.”

David Pearce (2006)

Nous débutons par un bref récit de l'histoire de la récente tentative française, de la conception du projet de réforme aux rapides événements qui ont abouti à son abandon. Cette histoire illustre la nature des liens étroits qui existent entre les détails du dispositif de réforme et les considérations qui en conditionnent l'acceptabilité. Elle met aussi en évidence le fait que l'action collective est gênée par l'existence de fortes asymétries entre la perception des experts, celles des diverses parties prenantes et en dernier lieu celle de l'opinion.

Les sources et les conséquences de ces asymétries sont étudiées dans les deux sections suivantes, lorsque nous cherchons à comprendre les mécanismes d'interaction sociale qui ont favorisé la non-coopération plutôt que la recherche d'un compromis. Nous identifions d'abord les facteurs qui ont nourri un sentiment général de défiance, qui ont poussé les acteurs à désertir la table des négociations et les ont amenés à préférer le *statu quo*. Ensuite, nous précisons la nature des controverses qui n'ont pu être suffisamment développées, alors que leur résolution conditionne la formation d'un consensus politique sur les modalités d'un dispositif efficace et acceptable.

C'est après ce volet de diagnostic que nous préciserons l'orientation et les objectifs de la thèse. Nous tirerons les leçons de l'analyse des facteurs qui ont favorisé, ou au contraire, se sont opposés à l'usage des expertises au cours des débats et au moment de la prise de décision. Ceci nous amènera à définir la voie de recherche que nous empruntons et que nous présentons au long des chapitres suivants : celle du développement d'une démarche d'analyse destinée à être embarquée « sur le terrain », pour aider la négociation sociale et la prise de décision concertée.

1 Histoire récente d'un échec prévisible¹ (janv. 2009-mars 2010)

Le projet d'une taxe carbone est réapparu sur la scène politique française en 2006 lors du lancement du « Pacte écologique » de la fondation Nicolas Hulot², et se voit crédité ensuite d'un

¹ L'anticipation des difficultés que nous exposons ici a fait l'objet de deux textes de vulgarisation dès 2007 : « La taxe carbone : une bonne idée à ne pas gâcher » (Hourcade et Gherzi, 2007, paru dans *Pour la Science*) et « La taxe-carbone : pour ne pas disqualifier une idée d'avenir » (Hourcade, 2007, Note et Argument du CIRED).

apparent consensus politique (Encart 1) : peu avant l'élection présidentielle de 2007, cinq des principaux candidats acceptent de signer ce pacte, puis, après les élections, le président Sarkozy semble vouloir respecter son « engagement » auprès des ONG environnementales. Il lance en premier lieu le « Grenelle de l'environnement », une consultation tripartite pour définir tout un ensemble de mesures de préservation ; la taxe carbone y apparaît comme l'une des politiques phares. Puis, lors son discours de vœux présidentiels pour 2009, il officialise le lancement du projet.

Encart 1 : Chronique de l'essor et de la chute brutale du projet de taxe carbone

31 janvier 2007	Les principaux candidats à l'élection présidentielle signent le « pacte écologique Hulot »
25 octobre	Engagement confirmé par le président Sarkozy en clôture du Grenelle de l'environnement
6 juin 2008	Le prix du baril de pétrole bat de nouveaux records et s'approche des 140 \$ (<i>Le Monde</i>)
12 juin	La secrétaire d'état à l'écologie (Kosciusko-Morizet) annonce un report de la réforme (AFP)
5 février 2009	Annonce du lancement des travaux lors des vœux présidentiels de N. Sarkozy
7 juin	Europe Ecologie fait une percée historique aux élections européennes (15,82 %)
2, 3 et 9 juillet	Conférence des experts et tables rondes sur la contribution climat-énergie
28 juillet	Remise du rapport Rocard : prescription d'un taux de 32 €, contenu carbone et énergie, aucune exonération, une négociation devra permettre de préciser l'usage des recettes
5 juillet	Le ministre de l'écologie (Borloo) défend le « chèque vert » rendu aux ménages (<i>Le Point</i>)
6 juillet	Le ministre du budget (Woerth) se déclare opposé au chèque vert (<i>La Tribune</i>)
2 septembre	Le premier ministre (Fillon) annonce un taux initial de 14 €
3 septembre	Deux Français sur trois se déclarent contre la réforme (sondage TNS Sofres)
10 septembre	Sarkozy tranche : électricité non taxée, taux réduit à 17€, exonérations et chèque vert
18 décembre	Le projet est adopté au parlement
29 décembre	Le Conseil Constitutionnel prend sa décision d'invalidation
20 janvier 2010	Les travaux et concertations sont relancés
23 mars	Le Premier Ministre Fillon annonce l'abandon du projet

Les deux précédents échecs sont restés dans les mémoires. Trois commissions d'experts, rassemblant des économistes, des représentants du gouvernement et de la société civile (syndicats, patronat et ONG) ont été mises sur pied pour préparer la réforme. Par ailleurs, un dispositif innovant de pratique administrative fut envisagé : il y aurait un temps intermédiaire pour le débat en amont de la formulation du projet gouvernemental. Cette « conférence Rocard » devait permettre d'éclairer

² Le Pacte écologique fut élaboré en 2006 et proposé en 2007 aux futurs candidats de l'élection présidentielle pour recueillir leur engagement à placer l'écologie au cœur de l'action publique. Il comportait dix objectifs et cinq propositions concrètes, dont l'instauration d'une « contribution climat-énergie » pour inciter à réduire les émissions de CO₂ et la consommation d'énergie.

les fondamentaux du dossier et donner le plus possible de chance à la recherche d'un compromis politique³. Le choix de la personnalité même de son président, Michel Rocard, qui reste dans les mémoires l'artisan de la contribution sociale généralisée, affichait de manière évidente cet objectif. Enfin, le projet avait été rebaptisé « contribution climat-énergie » (CCE) pour marquer la différence de finalité par rapport à la levée d'un impôt budgétaire et réduire autant que se peut la force des réflexes antifiscaux.

En dépit de cette préparation précautionneuse, jugée d'ailleurs plutôt réussie par certains à l'issue de la conférence, les choses se sont brutalement inversées au moment de la communication publique. Au motif principal de la préservation du pouvoir d'achat, la fragile amorce de compromis s'est rapidement délitée, notamment sous l'effet de la prise de parole vigoureuse des associations de consommateurs et par l'amplification des médias. Au final, l'expression de ces désaccords contrastait avec les conclusions de Michel Rocard qui saluait, au terme de ses travaux, le « consensus exprimé par la quasi totalité des experts de tous bords ».

Lors de la communication publique, des signaux contradictoires avaient en effet été envoyés. L'annonce publique par le ministre de l'écologie (Jean-Louis Borloo) de la mesure du « chèque vert », à savoir la rétrocession « égalitaire »⁴ des fonds acquittés par les ménages, marquait l'acceptation tacite des autorités publiques de la contradiction du projet avec l'objectif de préservation du pouvoir d'achat et révélait de fortes dissensions ministérielles⁵. Elle contribuait aussi doublement à la perte de crédibilité du projet : d'abord, auprès de l'opinion qui ne pouvait plus comprendre l'intérêt de taxer puis restituer, d'une manière qui d'ailleurs paraissait peu équitable ; ensuite, parce que ces déclarations marquaient la dérive du projet gouvernemental par rapport aux recommandations des commissions d'experts et le déni du dialogue social engagé sur l'usage des recettes. Par conséquent, elles favorisaient aussi le repli conservateur des autres parties prenantes.

Suite à la décision de censure et d'invalidation du projet de loi par le conseil constitutionnel, la tentative se solda au final par l'abandon du gouvernement Fillon ; celui-ci rencontra alors peu de résistance et pour cause : premièrement, la décision du conseil constitutionnel n'imposait aucun réexamen, alors que cette décision fut en partie motivée par l'insuffisance du projet gouvernemental vis-à-vis de l'objectif climatique et que la loi fut adoptée par le parlement. Deuxièmement, les deux tiers des Français s'étaient déclarés défavorables à la taxe carbone, alors même qu'ils se considéraient à 90% préoccupés par l'environnement. Troisièmement, ce recul du gouvernement suscitait, au final, une satisfaction exprimée de tous bords : Laurence Parisot (Mouvement des Entreprises de France, Medef) s'est dite « soulagée, notamment pour toute l'industrie qui n'aurait pas supporté ce nouveau handicap de compétitivité » ; pour Laurence Rossignol (secrétaire à l'environnement, Parti Socialiste) « l'abandon de la taxe carbone, qui était injuste et inefficace, est une bonne nouvelle pour les ménages » ; et même, chose notable, selon Djamila Sonzogni (Les Verts) « le projet, enterré ce jour par Nicolas Sarkozy, ne sera pas regretté par les écologistes ».

³ Les porteurs du projet avaient aussi conçu les commissions d'experts et leurs procédures pour « tester la recevabilité sociale d'arguments ou d'orientations auprès de représentants d'organisations exprimant certaines 'sensibilités' » (Godard, 2010).

⁴ C'est la notion égalitaire qui a fondé l'idée de chèque vert bien que la proposition finale ait été modulée pour prendre en compte les différences de localisation (les urbains, les ruraux), de taille et de composition des ménages (nombre et âge des enfants).

⁵ *Le Point* du 5 juillet 2009 titrait simultanément : « Le "chèque vert" n'est qu'une "option" selon Christine Lagarde » et « Borloo défend l'idée du "chèque vert" ». *La Tribune* titrait le surlendemain « Taxe carbone : Eric Woerth contre le "chèque vert" ».

1.1 Expertises et calendrier : une préparation précautionneuse du projet

Les trois commissions d'experts étaient chargées d'étudier et de définir les politiques domestiques à engager pour placer la France sur une trajectoire de développement compatible avec l'objectif volontariste d'un « Facteur quatre »⁶ (F4) qui portait l'ambition des autorités publiques de réduire, d'ici à 2050, les émissions de gaz à effet de serre au quart seulement de leur niveau de 1990. Les différents problèmes de conception et de mise en œuvre de ces politiques ont ainsi fait l'objet de travaux successifs : le groupe Landau, s'est penché sur la place et l'usage des instruments économiques par rapport aux outils réglementaires, incitatifs et informationnels (de février 2006 à juillet 2007) ; la commission Quinet, sur l'estimation d'une valeur sociale de référence pour la tonne de CO₂ émise (de janvier à juin 2008) ; la commission Rocard, pour finir, a été chargée de préciser les modalités pratiques d'une contribution carbone-énergie (de janvier à juillet 2008).

Ces commissions avaient été mises sur pied pour réduire les sources de dissensions et favoriser l'émergence d'un accord en effectuant une synthèse de la littérature disponible et en réalisant des évaluations. Leur objectif était double : construire un socle de recommandations qui fasse consensus parmi leurs membres et identifier, dans le champ des controverses, les pistes susceptibles de favoriser une large adhésion au projet (Tableau 1 page 11). Dans son ensemble, la procédure d'évaluation suivait le principe d'une démarche « coût-efficacité » : les performances des différentes politiques et mesures étaient comparées dans l'analyse, au moyen d'indicateurs de coût global, de leur efficacité économique relative pour atteindre un même niveau d'abattement de CO₂ (compatible avec un F4).

Les experts recommandaient ainsi la création de la contribution carbone pour s'attaquer au problème des émissions diffuses, celles qui échappent au système européen de permis d'émissions négociables (EU-ETS) qui ne couvre, lui, que les seules émissions des 3 280 installations industrielles les plus « intensives en carbone » et exposées à la concurrence internationale. Certes, ces émissions représentent tout de même près de 30% des émissions totales, mais elles sont stabilisées ou décroissantes depuis près de deux décennies (celles de l'industrie, par exemple, ont diminué de 12% sur la période 1990-2007). A l'inverse, celles des transports et du résidentiel, non couvertes par ce système, ont continué de croître (respectivement de 14% et 2%)⁷. La taxe apparaît donc comme l'instrument indispensable pour introduire le « signal-prix » nécessaire pour orienter les comportements des 63 millions de Français et de très nombreuses entreprises, tout en s'assurant que les solutions d'abattement les moins coûteuses seront mises en œuvre préférentiellement.

⁶ Cet objectif entériné par la loi POPE du 13 juillet 2005 (Programmation et Orientation de la Politique Énergétique française) est la traduction à l'échelon français d'un objectif de division par deux des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici à 2050, ce qui nécessite, compte tenu des différences de consommation entre pays, une division par quatre ou cinq de ces émissions pour les pays développés ».

⁷ La hausse des émissions du résidentiel est modeste ; si l'on considère les émissions totales des usages énergétiques dans les bâtiments (résidentiel et tertiaire), elles sont même légèrement en baisse (-2%). Mais leur contribution aux émissions nationales n'a pourtant pas cessé d'augmenter, alors même que le potentiel d'abattement estimé est grand : des baisses importantes ont été réalisées au niveau européen (-19%) et un objectif de baisse de la consommation d'énergie de -38% en 2020 dans les bâtiments apparaît techniquement réalisable (loi « Grenelle 1 » du 3 août 2009, Article 5).

Commission	Objectif	Prescriptions consensuelles	Difficultés
Boissieu (2006)	Définir une trajectoire (correspondant à une stratégie) de réduction d'émissions de GES, faisable et compatible avec l'objectif « facteur 4 en 2050 ».	Mutation profonde des modes de production et de consommation, faisable mais difficile, en raison de l'inertie des techniques, des infrastructures et des comportements. Mise en œuvre rapide d'un ensemble cohérent de politiques et mesures, de façon crédible, progressive et acceptable.	Acceptabilité de la réforme par chaque citoyen « Socialisation de la connaissance pour aboutir à une décision partagée [...] sur un projet d'avenir suscitant l'adhésion de chacun ». (pages 55-56)
Landau (2007)	Dresser le bilan de dispositifs de gouvernance applicables. En particulier, examiner la possibilité de concevoir et de mettre en œuvre de nouveaux instruments économiques.	Introduction d'un <i>signal-prix</i> crédible, valorisant les émissions de GES, pour inciter de manière coordonnée les entreprises et ménages. Il s'agit d'un complément indispensable à d'autres instruments par ailleurs nécessaires pour promouvoir le changement technique (politique d'infrastructures, accélération de l'innovation) et obtenir l'adhésion des citoyens (information, sensibilisation).	Tensions, voire arbitrages contradictoires entre objectifs : - entre action vigoureuse et action politiquement acceptable ; - entre action vigoureuse et maintien de la compétitivité ; - dans la répartition de l'effort. Les détails du dispositif doivent faire l'objet d'un consensus large, couvrant tous les secteurs de l'opinion et les sensibilités politiques.
Quinet (2008)	Réévaluer le profil temporel d'une valeur sociale de référence* attachée à la tonne de CO ₂ émise ou évitée, pour la définition des politiques publiques et le calcul économique.	Croissance progressive du taux jusqu'à l'horizon 2050 : - 2010 : 45 €/tonne (+6% par an jusqu'en 2030) - 2030 : 100 €/tonne (objectif européen « -20% en 2020 ») - 2030-2050 : +4 % par an (taux d'actualisation public ; Lebègue (2005)). Trajectoire définie selon la démarche d'évaluation « coût/efficacité »** A réévaluer tous les 5 ans pour tenir compte des informations nouvelles.	La valeur sociale « directrice » est synthétique ; elle ne fixe pas mécaniquement la trajectoire du taux d'une nouvelle taxe. Celle-ci doit aussi prendre en compte : - l'usage d'autres instruments (système de permis, fiscalité, normes et subventions existantes...) ; - l'incidence économique et sociale, les effets redistributifs et les impacts sur la compétitivité du dispositif de réforme fiscale.
Rocard (2009)	Étudier les modalités de mise en œuvre d'une réforme fiscale carbone en France en considérant conjointement les conditions de son efficacité économique et celles de son acceptabilité.	Création d'un nouveau droit d'accise « universel » : - sur le contenu énergétique et carbone de toutes les ventes d'énergie - sans exemption ni dérogation, à niveau de prélèvements obligatoires constants pour maintenir la compétitivité et le pouvoir d'achat. Niveau initial de 32€/tonne (plutôt que 45€ pour des raisons d'acceptabilité) Progression de 6% par an, prévisible et crédible, pour atteindre 100€ en 2030	Le choix du « recyclage » des recettes soulève de nombreuses difficultés (crédibilité, gouvernance, incitation). En particulier un arbitrage entre : - la réduction des prélèvements les plus pénalisants pour l'activité (les cotisations sociales des employeurs ou la taxe professionnelle) - la compensation forfaitaire directe des ménages les plus modestes et des secteurs les plus touchés.

* Cette valeur est dite « tutélaire », dans la mesure où elle relève d'une décision de l'État, sur la base d'une évaluation concertée de l'effort à fournir pour respecter l'engagement français dans la lutte contre le changement climatique. Elle remplace l'ancienne valeur de 27 euros, la tonne recommandée par la commission Boiteux-Baumstark (« Transports : choix des investissements et coût des nuisances », Commissariat Général du Plan, 2001). La nécessité de définir une nouvelle valeur fut soulignée par le rapport Syrota de 2008 (« Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050 », Centre d'analyse stratégique).

** Elle se distingue de la démarche « coût/avantages » par laquelle on calcule la valeur sociale d'une tonne de CO₂ en évaluant le coût supplémentaire (marginal) des dommages futurs que son émission actuelle causerait. Comme cette évaluation est très sensible, d'une part au « taux d'actualisation » retenu (très controversé : cf. IPCC, 2007a ; Stern, 2007), d'autre part aux évaluations (très incertaines) de l'ampleur des dommages et des coûts de l'abattement des émissions, on préfère en pratique évaluer cette valeur sociale en calculant le niveau de signal-prix à introduire dans l'économie pour atteindre à moindre coût un objectif d'abattement donné. Bien entendu, cette évaluation est également sujette à de nombreuses incertitudes, étant donné qu'elle dépend du modèle économique, comme de la notion de coût, retenus.

Tableau 1 Nature des recommandations : les quatre rapports des commissions d'experts

Les exigences d'équité et de préservation de la compétitivité des entreprises françaises donnèrent lieu à la proposition de deux ajustements : l'abaissement du taux initial de taxe de 45 à 32€ et la compensation directe des plus vulnérables (les ménages modestes et les secteurs exposés à la concurrence internationale). La commission proposait aussi de mettre à l'étude les diverses pistes de « recyclage » des recettes nécessaire pour maintenir la constance du niveau général des prélèvements obligatoires. À l'endroit du choix d'usage des recettes, il existe en effet une tension entre trois objectifs : premièrement, maintenir la logique incitative du dispositif et son efficacité environnementale, excluant dès lors toute exemption ou exonération ; deuxièmement, ne pas nourrir la suspicion que, sous l'alibi de l'action climatique, la véritable finalité des autorités publiques est de renflouer les comptes publics, rendant utiles l'affichage et le respect d'un principe de « neutralité budgétaire » ; troisièmement, en cette période de crise, préserver la compétitivité des entreprises et le pouvoir d'achat des ménages.

Le rapport soulignait pour finir l'importance d'engager de nouveaux travaux d'expertise, des consultations et un dialogue social suivi sur les points débattus :

« La mise en place, avec une perspective pluriannuelle, d'un tel instrument devrait s'accompagner de la mise en place d'une gouvernance appropriée, comparable aux « Green Tax Commissions » existant à l'étranger, pour institutionnaliser ce besoin de gouvernance, évaluer son impact, et apprécier l'utilisation de cette recette »

Synthèse et recommandation du rapport Rocard (page 62)

La conférence Rocard fut organisée pour présenter ces résultats et recueillir les réactions et les revendications des représentants de la société civile. Bien sûr, l'usage des recettes n'était pas le seul élément du dispositif qu'il restait à discuter¹ ; néanmoins, comme nous l'illustrons tout au long de cette thèse, cet usage peut être, selon les cas, le nœud du problème ou la clef de la réussite, mais son importance est toujours centrale lorsque l'on souhaite évaluer les effets ou juger de l'acceptabilité d'une réforme fiscale carbone.

1.2 Controverses et consultations des parties prenantes : vers un compromis ?

« Il y a quelque chose d'extraordinaire, de totalement inattendu pour une société aussi conflictuelle que la nôtre, dans le consensus exprimé par la quasi totalité des experts de tous bords ayant participé à ces réflexions. »

Michel Rocard
conclusion du rapport, page 67

En fait, au terme de la conférence Rocard, les éléments du dispositif ayant suscité l'adhésion² étaient surtout les trois suivants : la création d'un droit d'accise additionnel sur toutes les ventes

¹ Parmi les autres éléments en discussion se trouvaient deux principaux : d'une part, remettre à plat ou non, à cette occasion, les autres dispositifs de fiscalité environnementale jugés peu efficaces ou contre-productifs, et d'autre part, asseoir ou non la contribution sur une composante « énergie », comme proposé par la commission Rocard, pour atteindre, en plus de l'objectif climatique F4, l'objectif européen du « -20% » d'économie d'énergie, mais aussi pour ne pas favoriser disproportionnellement le nucléaire et pour assurer la transmission du signal-prix malgré les tarifs administrés du gaz et de l'électricité.

² Il serait abusif de parler d'un accord unanime. Les opposants notables au principe même de taxe carbone comptaient les associations de consommateurs au premier plan desquels l'UFC Que Choisir (2009) , mais aussi les courants politiques

d'énergie (entreprises et particuliers) ; sa croissance progressive dans le temps, en partant de 32€³ la tonne de CO₂ pour atteindre 100€ en 2030 ; et le « recyclage » intégral des nouvelles recettes pour maintenir le niveau général des prélèvements obligatoires. Mais le consensus sur les modalités précises du dispositif était loin d'être complet : les travaux et discussions préalables avaient clarifié les arbitrages qu'engage le choix du mode de recyclage, mais ces modalités n'étaient pas tranchées. En particulier, deux usages répondant à deux logiques différentes se trouvaient en concurrence.

D'un côté, les recettes peuvent permettre de réduire les prélèvements existants les plus « distorsifs »⁴. Les économistes s'accordent sur le fait que c'est la solution à préférer si l'on souhaite réduire au maximum le coût global du dispositif. Dans le contexte français, deux options étaient alors envisagées : la suppression de la taxe professionnelle (TP) et l'allègement des cotisations sociales (CS). Ces allègements peuvent en effet être favorables à une économie fortement concurrencée, en favorisant l'attractivité du pays pour les investisseurs, en limitant les délocalisations et en réduisant les risques d'embauche et d'investissement. Leur baisse doit donc permettre de compenser d'une manière favorable l'effet inflationniste de la nouvelle taxe, qui, à l'instar d'un choc pétrolier, risque d'induire une hausse généralisée des coûts de production.

D'un autre côté, la distribution des bénéfices de ces réductions fiscales - progression des revenus et création d'emploi - reste largement incertaine. Il est donc justifié d'utiliser une partie des recettes pour compenser directement le fardeau fiscal supporté par les ménages les plus modestes et les secteurs d'activité les plus exposés, en tentant ainsi d'assurer une certaine justice distributive dans la répartition des coûts et des bénéfices de la réforme. Des compensations forfaitaires directes étaient donc envisagées (*via* un chèque ou une déduction d'impôts directs), mais on se heurtait dans leur conception à une difficulté : parvenir à découpler ces transferts des consommations de CO₂ pour ne pas affaiblir l'effet incitatif de la réforme⁵. Au final, deux critères de vulnérabilité furent privilégiés pour désigner les « bénéficiaires » : la fraction du budget des ménages allouée aux achats d'énergie et le niveau d'exposition des secteurs à la concurrence internationale.

Comme l'illustrent les positions des parties prenantes, la recherche du point d'équilibre est politiquement sensible (Tableau 2 page 14). Un regard transversal montre que les parties prenantes s'accordaient sur les objectifs généraux – l'équité, la compétitivité et l'efficacité environnementale – mais pas sur les détails du dispositif qui permettrait de concilier ces trois exigences : aucune modalité d'usage des recettes n'emporte l'adhésion de tous. Pour caricaturer, les patrons favorisent, au nom de la compétitivité, la baisse des charges qui reposent sur les systèmes productifs : les facteurs de production, l'investissement, l'innovation ; à l'opposé, les associations de consommateurs exigent,

s'opposant au principe de l'économie de marché (*cf.* les justifications de ne pas signer le Pacte Ecologique donnée par le Parti Communiste et le parti d'extrême droite, le Front National), ou encore les représentants de certains secteurs d'activité (transports et agriculteurs).

³ Ce qui, pour les ménages, représentait une hausse de 7 à 8 centimes d'euro par litre d'essence et de 1 centime par kWh de gaz.

⁴ Le lecteur pourra trouver le mot « distordant » dans la littérature française au lieu de « distorsif », comme équivalent de l'anglais *distortionary*. *Distortionnaire* étant à éliminer pour des raisons d'euphonie, nous choisissons *distorsif* pour indiquer le potentiel de la fiscalité indirecte à produire des distorsions, c'est-à-dire à réduire l'efficacité de l'économie en altérant le système des prix qui ne coordonne plus efficacement les agents économiques (ce concept économique sera précisé au chapitre 2, page 44).

⁵ De ce point de vue, les difficultés que pose l'élaboration de ces compensations sont analogues à celles, plus étudiées, rencontrées dans les réformes de la politique agricole commune (Bureau 2007). Plus fondamentalement, elles consistent en la difficulté pratique d'élaborer des transferts forfaitaires à but redistributif sans qu'ils n'induisent d'effets de substitution indésirables. Or cette condition est centrale pour pouvoir traiter de manière disjointe les questions d'équité et d'efficacité. Nous développons ce point particulier au deuxième chapitre (section 2.2, page 59).

au nom du pouvoir d'achat, la compensation directe des ménages ; entre les deux, les syndicats demandent une négociation sociale pour trouver un consensus entre ces deux logiques, qui puisse être juste et acceptable pour les salariés ; enfin, le ministère des finances souhaite combler le manque dû à la suppression de la taxe professionnelle et contenir les déficits, alors que le ministère du développement durable, suivant les recommandations des experts, favorise la baisse des cotisations.

Parties prenantes	Revendications et propositions	Arguments et justifications
Syndicat de salariés (CGT)	Opposition aux allègements de CS patronales et à la suppression de la TP. Affectation aux investissements pour l'adaptation aux changements climatiques. Liaison avec la révision générale des PO (pas forcément à niveau constant).	Les CS constituent un « salaire différé », leur allègement risque d'amputer le pouvoir d'achat des salariés. La TP est le seul impôt qui responsabilise les entreprises sur leur territoire. Le système actuel des PO n'est pas juste.
Syndicat de salariés (CFDT)	Correctifs pour ne pas accroître les inégalités salariales, pour les travailleurs « contraints » (absence de transports collectifs, horaires atypiques, etc.). Allègements de CS patronales envisageables seulement si elles font l'objet de négociations obligatoires. Liaison avec le réexamen des PO, y compris des prélèvements sociaux	L'argument de l'urgence climatique n'a pas de prise devant les impératifs d'emploi et de salaire. La mesure ne doit pas pénaliser les ménages les plus défavorisés, surtout en période de crise. Les aides publiques aux entreprises ont une efficacité douteuse. Le contexte d'exigence portée à la maîtrise des déficits invite à chercher une synergie avec la réforme du financement des comptes sociaux.
Dirigeants d'entreprises, industriels (MEDEF, Arkema)	Opposition à tout accroissement global des PO sur les coûts de production. Affectation partielle à l'innovation et aux investissements dans l'efficacité énergétique et la baisse des émissions. Mise en œuvre d'un processus de consultation et de concertation plus large.	La compétitivité des entreprises françaises est déjà faible. Le niveau de PO et la taxation des facteurs de production sont parmi les plus élevés d'Europe. L'évolution des comportements doit être facilitée. Les questions de compétitivité et d'équité doivent être traitées en considérant l'ensemble des PO.
Associations de défense des consommateurs (UFC-Que Choisir)	Opposition aux allègements de CS patronales (« TVA sociale énergie »). Compensations directes intégrales des consommateurs (« chèque vert » uniforme) et majorées pour les ruraux.	Les baisses de CS n'auront pas de retombées positives suffisantes pour les consommateurs qui supporteront disproportionnellement le fardeau de la réforme. La hausse des dépenses des consommateurs est injuste car ils sont « captifs » : les réponses aux prix des consommations d'énergie sont faibles.
Ministère des finances (DGTPE, DLF)	Financement de la taxe professionnelle (Direction de la législation fiscale). Baisse des cotisations sociales (Mission d'analyse macroéconomique des politiques publiques).	La suppression de la TP coûte 8,1Md€ La France a un taux « implicite » de taxation du capital supérieur aux autres pays européens. Une CCE affectée à une baisse des charges a un effet macroéconomique légèrement positif à long terme.

Sources : synthèse des positions à partir des interventions à la conférence Rocard de Pierre-Yves Chanu (Confédération Générale du Travail, CGT), Jean-Pierre Bompard (Confédération Française Démocratique du Travail, CFDT), Stéphane Brimont (Mouvement des Entreprises de France, MEDEF), Nicolas de Warren (Arkema, groupe multinational français spécialisé dans les productions chimiques), François Carlier (Union Française des Consommateurs, UFC-Que Choisir), Benoît Coeuré (Direction Générale du Trésor et de la Politique Economique, DGTPE), Anne Epaulard (DGTPE) et Marie-Christine Lepetit (Direction de la Législation Fiscale, DLF).

Tableau 2 Positions et argumentations des parties prenantes

Malgré tout, les positions des partenaires sociaux n'étaient pas définitives, ce qui laissait la porte ouverte à un accord futur : ils s'étaient déclarés ouverts à la discussion pour trouver un compromis acceptable, pondérant les exigences de compétitivité, d'emploi et de redistribution. Leur seule condition était que *ce processus de négociation s'étende à la réforme générale des prélèvements obligatoires* (PO) et donne lieu à de nouvelles consultations et concertations. En définitive, la commission Rocard prit en compte cette demande dans son rapport en recommandant la création d'une « *Green Tax Commission* », une instance pérenne d'orientation et d'évaluation, afin d'installer sur la durée un mode de gouvernance partagée, favorable à la confiance et à l'engagement de chacun⁶.

1.3 Communication publique, prises de paroles et incohérences rédhibitoires : de la conférence Rocard à l'abandon

Ce fut sur ce résultat plutôt prometteur que se termina le temps de l'expertise et s'ouvrit la communication publique. L'absence de consensus sur les modalités précises du dispositif était normale à ce stade, mais les travaux d'experts et la conférence avaient permis d'aboutir à un cadrage consensuel des débats. Les points d'accord et de désaccord étaient plus clairement identifiés et les parties prenantes étaient parvenues à un diagnostic commun sur les pistes à privilégier pour poursuivre les discussions et parvenir à une solution négociée.

Néanmoins, il n'était pas encore possible de communiquer sur un dispositif précis car aucune justification partagée, seule susceptible de réduire toute présomption de « détournement » de l'enjeu climatique au profit d'intérêts particuliers, n'avait encore été obtenue. De plus, pour diverses raisons, on ne jugea pas possible de communiquer sur les éléments de complexité qui sous-tendent l'arbitrage sur l'usage des recettes. Mais la fondation Nicolas Hulot ainsi que certains ministres étaient convaincus que seule l'option du chèque vert serait compréhensible par le grand public et que la bonne stratégie politique imposait d'agir rapidement⁷. *A posteriori*, cela apparaît décisif⁸, puisque le projet, construit sous cette impulsion politique, s'est avéré en fait incompréhensible pour l'opinion, favorisant un sentiment de défiance et au final, le rejet de la réforme.

⁶ Cette instance aurait été créée à l'image du Conseil d'Orientation des Retraites qui rassemble des parlementaires, des représentants des partenaires sociaux, des experts et des représentants de l'État. En plus d'établir « une vision partagée sur l'usage des recettes à opérer dans la durée », il était suggéré « qu'elle garantisse l'efficacité d'ensemble des interventions publiques contre le risque climatique », qu'elle s'assure « de la pertinence de la trajectoire de la contribution » et qu'elle examine « différentes questions qui ne pourront être traitées dès la première étape : inclusion des autres gaz ; transmission des prix du carbone dans les tarifs électriques ; évolution et cohérence de la tarification des infrastructures de transports » (Rapport Rocard, 2009, pages 64-65).

⁷ Le gouvernement, pour tenir l'échéancier d'une « réforme éclair » et masquer les dissensions ministérielles, mais aussi certains militants écologistes, à l'instar de la fondation Nicolas Hulot, jugeant qu'une stratégie de communication minimale serait la plus apte à favoriser l'acceptabilité de la réforme. Le ministère des finances s'est donc dans un premier temps limité à présenter le principe du recyclage à prélèvements constants sans préciser les modalités du recyclage : « Si cette contribution climat-énergie entraîne une augmentation des prélèvements, ailleurs il y aura une diminution des prélèvements. C'est l'engagement que nous avons » ; mais cette précaution fut abandonnée par J-L. Borloo lorsqu'il annonça publiquement l'idée du « chèque vert » mis en avant par la fondation Hulot.

⁸ Pour certains, il s'agissait d'une erreur, pour d'autres, d'une belle manœuvre politique visant à faire échouer le projet. Cette interprétation est compréhensible, si l'on considère, d'une part, le fait que Jean-Louis Borloo a communiqué très tôt sur l'option du « chèque vert », se plaçant ainsi sans ambiguïté en contradiction avec les autres ministères et ses services (organismes de la commission Rocard) ; mais aussi, si l'on se souvient que les associations de consommateurs ont milité pour cette option et exploité efficacement la faille qu'elle ouvrait dans la crédibilité du système (voir « Taxe carbone : Constats et position de l'UFC-Que Choisir », Que choisir, 2009).

La très mauvaise communication du gouvernement fut portée tout naturellement au crédit des détracteurs de l'idée même d'une taxe carbone, d'abord parce que l'opinion ne disposait que de données partielles et ne maîtrisait pas les fondamentaux du dossier, mais aussi parce que leur argumentaire était plus convaincant. On notera au passage que la faible vulgarisation des résultats scientifiques a probablement contribué au sentiment de défiance de l'opinion vis-à-vis des experts et, comme nous le verrons, à la diffusion de fausses vérités, à l'instar de l'épisode contemporain et très médiatisé des « climato-sceptiques »⁹.

Au final, c'est le discours des opposants qui l'emporta sur la scène médiatique, véhiculant efficacement l'idée d'une mesure « punitive et culpabilisatrice », « socialement inéquitable » et « inefficace » pour changer les comportements. Les arguments de défense du pouvoir d'achat des ménages et de compétitivité des entreprises ont ici joué le rôle d'un chant des sirènes, et la dérive du projet gouvernemental par rapport aux recommandations de la commission Rocard marqua l'acceptation tacite de ce discours par le gouvernement (Tableau 3).

Modalités du dispositif	Projet du gouvernement Fillon		Conférences des experts	
	Mesures	Justifications	Mesures	Justifications
Taux de taxe	17€/tCO ₂ et pas d'engagement sur l'évolution à venir. Pas d'application à l'électricité.	Alignement sur le prix du système européen	32€/tCO ₂ Composante additionnelle sur le contenu énergétique	Equilibre entre la crédibilité de la progression du taux à 100 en 2030 et l'acceptabilité du changement
Exemptions	Industries intensives en énergie, routiers, agriculteurs*	Préservation de la compétitivité Atténuation des effets sociaux	Aucune	Efficacité environnementale Objectif facteur 4 ambitieux Participation de tous
Usage des recettes				
Compensations forfaitaires	« Chèque vert » à l'ensemble des ménages, modulé selon leur taille et leur localisation**.	Préservation du pouvoir d'achat des ménages, en particulier des vulnérables	Compensations limitées aux ménages et aux secteurs les plus vulnérables	La majeure partie des recettes doit servir à limiter l'effet de la hausse des coûts de production sur l'activité et l'emploi
Ajustement de la fiscalité existante	Suppression de la part de la taxe professionnelle sur les investissements.	« Impôt imbécile » Allègement du coût du capital et préservation de la compétitivité	Négociation entre taxe professionnelle et baisse des cotisations sociales	L'adhésion au projet des diverses parties prenantes est nécessaire et demande un partage négocié des coûts et bénéfices de la réforme.

Sources : projet de loi de finance pour 2010 et rapport de la conférence des experts (Rocard, 2009).

* Aux installations couvertes par le système de permis européen ETS s'ajoutaient les autres installations industrielles ayant un coût de l'énergie supérieur à 3% de la valeur de leur production, ou bien un montant acquitté de taxes sur l'énergie supérieur à 0,5% de la valeur ajoutée ; la pêche bénéficiait d'un taux réduit aux trois quarts et les agriculteurs d'un remboursement aux trois quarts ; enfin, le transport routier était exonéré du fait de la création de l'écotaxe spécifique sur les poids lourds.

** La base de ce crédit d'impôt forfaitaire par personne physique était fixée à 46€ et modulée à 61€ pour les contribuables domiciliés dans des communes non intégrées à un périmètre de transports urbains. Ces bases étaient majorées de 10€ par personnes à charge.

Tableau 3 Écart entre le projet du gouvernement et les recommandations des experts

⁹ Cet épisode au cours duquel les résultats, pourtant consensuels, du GIEC (le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) ont été niés dans les médias de masse par un petit nombre de détracteurs (dont le chef de file fut Claude Allègre). Certes, leur arguments étaient scientifiquement faux, mais leur rhétorique était plus convaincante (voir Chappellaz et al., 2010).

La dérive par rapport aux travaux préparatoires et à l'amorce de consensus remet définitivement en cause la légitimité, l'acceptabilité et la cohérence du dispositif, car la crédibilité de quatre éléments était entachée.

- En premier lieu, *la progression du signal-prix nécessaire pour atteindre l'objectif F4*. La décision d'abaisser le taux initial de 32€ à 17€ la tonne de CO₂ (5 centimes le litre de carburant) sans annoncer sa progression manquait l'arbitrage entre, d'un côté, assurer la crédibilité de la politique climatique¹⁰, et de l'autre, rendre supportable le renchérissement des énergies. Cela revenait à imposer une hausse de 9% par an plutôt que de 6%, et augmentait l'incertitude sur la stabilité politique future du système à travers les années et les gouvernements. Or, cette incertitude qui pèse sur les anticipations des entrepreneurs peut freiner la mise en œuvre d'options d'abattement d'émissions de CO₂ et l'anticipation d'une hausse de taux trop rapide et trop importante risque de pousser les sociétés à produire le plus possible aujourd'hui avec des technologies polluantes¹¹.

- En second lieu, *la participation de l'ensemble de la société à la cause environnementale fait l'objet de doutes*. L'importance des exemptions et dérogations s'oppose évidemment à l'idée que tout le monde participe à l'effort, et remet en cause la crédibilité de l'ambition d'une transformation profonde des modes de production et de consommation. Ainsi, comme l'exprima le conseil constitutionnel dans sa décision d'invalidation, l'objectif de compétitivité, bien que reconnu d'intérêt général, ne suffisait pas à justifier le fait que plus de la moitié des émissions de gaz à effet de serre ne seraient pas couvertes, et parmi elles 93% des émissions de CO₂ industrielles¹². Cela reflétait enfin le jeu des forces de lobbying en présence, ce qui renforça la défiance de l'opinion.

- Enfin, *le partage juste des coûts et des bénéfices de la réforme est également discutable*. Les modalités d'usage des recettes retenues ne satisfaisaient pas clairement l'exigence première qu'on en attendait : assurer la juste distribution de l'effort dans la lutte contre le changement climatique. Or, c'est de là que vient toute la difficulté, car en donnant une valeur au carbone il est difficile de ne pas opérer une certaine redistribution. L'affectation des recettes au financement de la suppression de la TP et au chèque vert, favorise de fait les installations les plus « capitalistiques », souvent les gros émetteurs, exonérés de taxe carbone, ainsi que les ménages qui ont le plus d'alternatives pour réduire leur consommation d'énergies fossiles, et qui sont aussi *a priori* les plus aisés.

Cette dérive des moyens retenus par rapport aux fins affichées se retrouve dans la décision d'invalidation du conseil constitutionnel, jugeant que l'« importance [des exonérations touchant les gros émetteurs] était contraire à l'objectif de lutte contre le réchauffement climatique et créait une

¹⁰ On voit mal comment enclencher les réductions d'émissions requises sans une forte progression du taux de taxe. Rappelons que le principal risque de dommages climatiques vient de la déconnexion entre la rapidité des transformations que le réchauffement planétaire imposera aux écosystèmes et aux sociétés et la rapidité d'adaptation de ces derniers. La probabilité d'une telle déconnexion croît fortement dès qu'on s'achemine vers des hausses de 3°C, 4°C et 5°C de température moyenne sur le globe GIEC (IPCC, 2007b). Respecter l'objectif européen de 2°C suppose un pic des émissions avant 2020. Rester en dessous de 3° repousse ce pic de 10 ans. Pour rester en dessous de 4°C, il faut que la décroissance intervienne entre 2020 et 2060, ce qui demande déjà quelque effort.

¹¹ En outre, la justification de se caler sur le système de quotas européens et son prix spot du moment était contestable (certains jugent que le prix reflète surtout la surallocation des quotas) et ne traduit de toute façon pas les différences d'objectif pour les émissions diffuses françaises (-3% par an jusqu'en 2050) et pour les émissions des installations ETS européenne (-1,74% par an).

¹² Certes, une grande part de ces installations sont déjà couvertes par le système EU-ETS, et de ce fait sont soumises à des incitations à réduire leurs émissions. Il reste qu'il est difficilement compréhensible pour l'opinion (et conciliable d'un point de vu juridique) que ces installations participent à un objectif européen en deçà de l'objectif F4 français et bénéficient encore d'allocations gratuites jusqu'en 2013 et pour certaines industries jusqu'en 2027 (directive 2009/29/EC du 23 avril 2009).

rupture caractérisée de l'égalité devant les charges publiques »¹³. Cette décision se prête à interprétation – elle fut critiquée sur le plan de la logique économique pure par certains¹⁴, justifiée du point de vue juridique par d'autres¹⁵ – mais il est indéniable que dans cette version, le projet présentait de sérieuses incohérences, n'assurant pas son adéquation suffisante aux objectifs. En bref, il ne parvenait pas à faire tenir l'édifice constitué des priorités publiques et satisfaire l'ensemble des conditions de son acceptabilité.

Ainsi, l'acceptabilité et l'efficacité de la réforme supposent que soient bien perçues sa légitimité environnementale mais aussi sa justice distributive ; autrement dit, sur ce dernier point, il doit être admis que le réarrangement fiscal opère dans son ensemble une répartition acceptable des « gagnants » et des « perdants ». Ici, la perte de crédibilité a été largement favorisée, d'abord, par le télescopage dans l'agenda politique avec la suppression de la TP, puis, par les dissensions ministérielles sur l'usage des recettes. Au total, les incohérences l'ont emporté. A l'opposé, la cohérence d'ensemble et la communication du projet suisse, mis en œuvre en janvier 2008 sans grande difficulté, offre un exemple éclairant (Encart 2).

**Encart 2 : Les clefs de l'acceptabilité : légitimité environnementale et justice distributive
L'exemple du dispositif suisse et de sa communication (2007)**

Pour atteindre l'engagement pris en signant le protocole de Kyoto, de réduire pour 2008 ses émissions de CO₂ de 10% par rapport à leur niveau de 1990, la Suisse s'est fixé un calendrier annualisé d'objectifs graduels : 94% du niveau de 1990 en 2006, 90% en 2007 et 86,5% en 2008. Ont alors été mises en œuvre en priorité des mesures « librement consenties » par les milieux économiques, de grands programmes énergétiques et des politiques de transport ; mais, ces dernières s'étant avérées insuffisantes, le conseil fédéral les a renforcées par un nouvel ensemble de mesures et a décidé, à compter du 1^{er} Janvier 2008, d'instaurer une taxe-carbone.

12 francs suisses par tonne de CO₂ (soit 7,27 €) seront donc perçus à partir de cette date. Au-delà, l'augmentation du taux de la taxe sera échelonnée et liée à l'évolution des émissions de CO₂. Ainsi, son niveau doublera (24 CHF/tco₂) en 2009 si l'objectif de 2007 n'est pas atteint, et triplera (36 CHF/tco₂) en 2010 si celui de 2008 ne l'est pas non plus. La taxe sera perçue par la Direction Générale des Douanes à l'importation sur la totalité des combustibles fossiles et son montant apparaîtra sur les factures établies à l'achat. Seuls le bois et la biomasse, jugés neutres en termes d'émissions, ne seront pas concernés. La totalité des recettes, estimées entre 220 millions de francs pour le premier échelon en 2008 (133,3 M€) et 650 millions (393,9 M€) pour le troisième en 2010, sera redistribuée deux ans après perception, proportionnellement à la population et aux entreprises ; pour les ménages, ce sera de manière égale à toutes les personnes, *via* les assureurs des caisses maladies obligatoires ; pour les entreprises, ce sera en proportion de leur masse salariale, *via* les caisses de compensation AVS (caisses de sécurité sociale financées par les entreprises).

Par ailleurs, une certaine flexibilité est prévue pour ne pas trop altérer la profitabilité et la compétitivité internationales des entreprises énergivores. Chacune d'elles peut choisir d'être exemptée de la taxe mais elle doit alors s'engager à réduire le niveau de ses émissions sur une période donnée et convertir cette convention volontaire d'objectif en engagement juridiquement contraignant (la procédure est allégée pour les PME). En plus des mesures prises dans ses propres locaux, toute entreprise pourra aussi respecter son engagement (1)

¹³ Conseil constitutionnel, Décision n° 2009-599 DC du 29 décembre 2009 Loi de finances pour 2010, et Décision n° 2009-600 DC du 29 décembre 2009 Loi de finances rectificative pour 2009.

¹⁴ Voir notamment, Glachant et Lévêque, « L'économie du carbone incomprise du Palais-Royal », La Tribune du 5 janvier 2010 ; Gollier et Tirole, « Taxe carbone, de Charybde en Scylla », Les Échos du 6 janvier 2010 ; et l'audition de Charpin du 17 février 2010 par la Commission des finances du Sénat.

¹⁵ Taly, « La Contribution Climat énergie. Le point de vue d'un praticien de la fiscalité », intervention du 2 juillet 2009, lors de la conférence des experts ; Rocard, « Il faut supprimer le marché des quotas de CO₂ au profit d'une taxe carbone européenne », Les Échos du 6 janvier 2010 ; Godard, « La Contribution carbone après la censure du Conseil constitutionnel », 8 janvier 2010 *in* « Genèse et avortement de la contribution carbone en France (2009-2010) », mai 2010.

soit en achetant des droits d'émission excédentaires à d'autres sociétés exemptées et en participant au marché de permis national, (2) soit d'acquérir un nombre limité de certificats étrangers comme le permet le système de permis international mis en place à Kyoto. Enfin, les entreprises exemptées ne bénéficieront pas du recyclage mais seront remboursées si elles respectent leurs engagements, sinon elles devront s'acquitter de la taxe plus des intérêts.

En termes redistributifs, ce dispositif incitatif profitera aux entreprises employant beaucoup de main-d'œuvre et consommant peu d'énergie (p. ex., le secteur des services), tout en favorisant la compétitivité des entreprises les plus aptes à innover dans le sens d'une réduction de leurs émissions ; pour les particuliers, indépendamment du revenu, il profitera à tous ceux qui présenteront une consommation de combustibles fossiles inférieure à la moyenne, ainsi qu'aux familles nombreuses, du fait du mécanisme par tête.

La prise en étau de l'action climatique entre les deux exigences fondamentales d'équité et de compétitivité réapparaît en final dans la décision d'abandon du gouvernement, qui fut motivée ainsi : *« Il serait absurde de taxer les entreprises françaises en donnant un avantage compétitif aux entreprises des pays pollueurs [...] je subordonne la création d'une taxe carbone intérieure à une taxe aux frontières qui protégera notre agriculture et nos industries contre la concurrence déloyale de ceux qui continuent à polluer sans vergogne »* (Nicolas Sarkozy, le 24 mars 2010).

2 Une capture de l'intérêt collectif par le jeu d'intérêts mal formés

« Policy is politics; and politics is a very realistic matter. There is no scientific sense whatever in creating for one's self some metaphysical entity to be called "The Common Good" and a not less metaphysical "State", that, sailing high in the clouds and exempt from and above human struggles and group interests, worships at the shrine of the Common Goods. »

Joseph Schumpeter (1949, page 208)

L'histoire du rejet de la taxe carbone en France est un exemple frappant d'une situation complexe d'interaction sociale négative, où les prises de parole protestataires et les défections des parties prenantes l'ont emporté sur la coopération. Comment l'expliquer ? Ce projet avait fait l'objet d'une préparation précautionneuse, le résultat des Verts aux élections européennes était historique, le Grenelle de l'environnement était une réussite et l'approche de la Conférence de Copenhague constituait un terreau propice à l'engagement politique. Après la multitude d'articles de presse, d'interventions radiophoniques et télévisées, il est clair que l'impopularité de la taxe s'est nourrie de graves malentendus qui ont empêché une compréhension des fondamentaux économiques du dossier.

2.1 *Un « nid à incertitudes fabriquées »¹⁶*

Deux résultats, centraux dans les travaux académiques, ont été particulièrement mal compris : l'argument de la supériorité économique d'une fiscalité incitative et l'intérêt de baisser simultanément d'autres prélèvements obligatoires existants, en particulier en France ceux qui pèsent sur les revenus du travail. Ces incompréhensions apparaissent au travers d'un certain nombre d'idées reçues pourtant contredites par l'état des connaissances scientifiques. Trois malentendus principaux ont joué un rôle central dans le basculement de l'opinion et ont été confortés par les arbitrages et la communication du gouvernement.

La taxe carbone : une idée punitive, culpabilisatrice et liberticide ?

Le fait qu'une écotaxe est un outil de prévention qui permet de sensibiliser chacun au coût des dommages associés à son comportement n'a pas été distingué de l'idée également importante de responsabilité (le principe « pollueur-payeur »). Cela a eu pour effet de limiter le débat au partage des coûts techniques de réduction d'émissions et a nourri l'idée qu'il serait bien plus juste et efficace de recourir à d'autres mesures « plus sympathiques ». L'argument d'entrave aux libertés, repris par des personnalités aux réflexes aussi opposés que Ségolène Royal ou Nicolas Baverez, est qu'on ne saurait taxer les ménages tant qu'ils n'ont pas d'options alternatives à leur disposition. Il faudrait donc plutôt recourir à des programmes de rénovation du bâtiment, des investissements publics dans les infrastructures de transport, des normes techniques imposées aux industriels ou toutes autres interventions réglementaires. Pourtant, les inefficacités économiques et les coûts que risquerait d'induire la généralisation de ce type de mesures ont été largement étudiés¹⁷. Par ailleurs, tenter d'encadrer par voie réglementaire l'ensemble des décisions des ménages et des entreprises risque aussi d'ouvrir la voie à des jeux de lobbying peu maîtrisables et de générer des coûts de recueil d'informations, d'administration et de contrôle très importants. Ces mesures bénéficient donc dans l'opinion d'une fausse impression de gratuité. Comment financer l'effort d'investissement en cette période de croissance « molle » et de priorité portée au contrôle des déficits ? Les économistes soulignent que l'efficacité d'un signal prix est justement de rendre transparents ces coûts. Nous verrons que derrière ce malentendu se cache en fait la difficulté de définir les termes d'une transition juste vers un mode de développement « bas-carbone » et de penser conjointement dans cette transition la gestion des problèmes d'efficacité et des questions distributives.

Une nouvelle ponction fiscale sous alibi écologique ?

Le principe de neutralité budgétaire était sensé prévenir cette suspicion, mais ses modalités laissaient peser un doute : s'agit-il d'un « cadeau au patronat » sur le dos des automobilistes

¹⁶ Expression empruntée à Dominique Bureau (actuel délégué général du conseil économique pour le développement durable, membre des trois commissions d'experts et rapporteur à la conférence Rocard) lors de la table ronde du 14 décembre 2010 « Les leçons d'un échec, de la mission Rocard à l'abandon de la taxe carbone », Conférence du CIREN et du laboratoire d'économie de l'Ecole des Ponts, « Fiscalité Carbone, Lubie d'écolo ou idée d'avenir ? Ce que l'analyse économique peut vraiment dire ».

¹⁷ On ne donnera que deux exemples d'arguments économiques, mais ils sont nombreux : premièrement, les normes ou les accords volontaires peuvent générer des rentes privées, coûteuses pour la collectivité lorsque les administrations publiques n'ont pas l'information précise sur les potentiels de réduction de chaque émetteur (Fullerton et Metcalf, 2001) ; deuxièmement, les normes ou les subventions risquent de favoriser la diffusion de technologies sous-optimales à longue durée de vie et les standards technologiques, des stratégies et des technologies curatives (Baumol et Oates, 1988).

« vaches à lait » ?¹⁸ S'agit-il d'une stratégie politicienne visant à réduire l'indépendance financière des collectivités territoriales ? Ce soupçon s'est trouvé favorisé par l'impossibilité de distinguer complètement la taxe carbone incitative des écotaxes à finalité financière, affectées au financement des activités curatives (comme les redevances sur l'eau et la taxe parafiscale sur la pollution de l'eau), et des taxes « de rendement » qui ont par ailleurs un impact environnemental (comme la taxe intérieure sur les produits pétroliers). Les premières ont un taux insuffisant pour changer les comportements, tandis que les secondes ne reflètent pas nécessairement le coût des aménités portées à l'environnement (Hourcade et Bureau, 1998). La taxe incitative est bien un moyen opérationnel d'« internalisation des coûts externes » de la consommation d'énergie : il s'agit de pallier le fait que les prix à court terme des marchés ne reflètent ni les coûts des dommages climatiques, ni les coûts d'opportunité à long terme d'une ressource rare non renouvelable. Dans ce cas, c'est l'optimisation de la politique environnementale qui est recherchée et non le rendement fiscal. Cependant, la taxe produit des recettes et il faut bien chercher à en faire le meilleur usage, mais pour être accepté ce choix ne doit pas entrer en contradiction avec la lutte contre le changement climatique et doit répondre à un critère de justice sociale. Cette impossibilité de traiter séparément les diverses fonctions du système de prélèvements obligatoires¹⁹ rend la recherche d'une cohérence d'ensemble utile pour justifier une grande réforme et, de ce point de vue, la réforme fiscale suédoise du début des années 90 est exemplaire²⁰.

Le « chèque rendu » aux consommateurs : un garant du pouvoir d'achat des ménages ?

L'idée d'un chèque rendu s'est répandue comme une traînée de poudre en ce temps de crise, en partie grâce à l'efficacité de la communication des opposants, comme l'association de défense des consommateurs *Que Choisir*, mais aussi par certains défenseurs²¹, persuadés qu'un « chèque vert universel » serait la seule option susceptible de convaincre l'opinion que la taxe incitative n'est pas une ponction fiscale supplémentaire sur les ménages. C'était oublier l'argument, pourtant régulièrement rappelé par les économistes, que l'augmentation des prix de l'énergie provoquée par la taxe frapperait aussi les entreprises et, qu'à l'instar des chocs pétroliers, elle accroîtrait leurs coûts de production. La propagation de cette hausse de secteur en secteur peut se traduire au bout du compte par une forte inflation : par exemple, si le surcoût de l'énergie est de 10, le surcoût des biens finaux risque d'être nettement supérieur, disons de 15. Les entreprises répercuteront probablement une grande part de ce surcoût dans leur prix, pour le moins les secteurs peu exposés à la concurrence internationale²². Au final, sans même prendre en compte les pertes de revenu dus à la hausse du chômage, l'alourdissement de la facture des ménages - entre 8 et 15, si l'on suppose que le surcoût de leurs achats directs d'énergie est de 8 - ne sera pas compensé par la restitution des recettes (un

¹⁸ Dans le même ordre d'idée, on a même entendu dire lors d'un débat sur une grande radio périphérique que cette idée stupide revenait à « taxer les bébés parce qu'ils émettent du CO₂ quand ils respirent ».

¹⁹ Classiquement on distingue depuis Musgrave (1959) les fonctions d'allocation (financer les biens publics et remédier aux défaillances de marché), de redistribution (réduire les inégalités et la pauvreté) et de stabilisation (interventions macroéconomiques).

²⁰ Agell et al (1996) offrent une vue d'ensemble de la réforme fiscale générale votée par la Suède en 1991 et Millock (2010) détaille le système et l'évolution de la taxation énergie-climat. Cette réforme d'une ampleur sans précédent liait différentes mesures pour répondre simultanément et avec cohérence aux divers défis économiques que posent l'épuisement des énergies fossiles, la dégradation de l'environnement, la mondialisation et la libéralisation des échanges.

²¹ Cf. *supra* : la *Fondation Nicolas Hulot* et plusieurs ministres.

²² Pour les entreprises concurrencées, la perte de parts de marché sera plutôt susceptible d'induire, au final, des délocalisations ou des pertes d'emplois.

chèque vert de 8). Une façon d'éviter ce mécanisme pervers est proposée par les économistes : il s'agit de « recycler » les recettes en baissant d'autres prélèvements fiscaux existants qui affectent les coûts de production. Dans le contexte français, la majorité des travaux académiques s'accordent sur la baisse des prélèvements sur le travail qui constituerait la parade la plus efficace à ce mécanisme.

2.2 *L'oubli d'analyses pourtant inévitables*

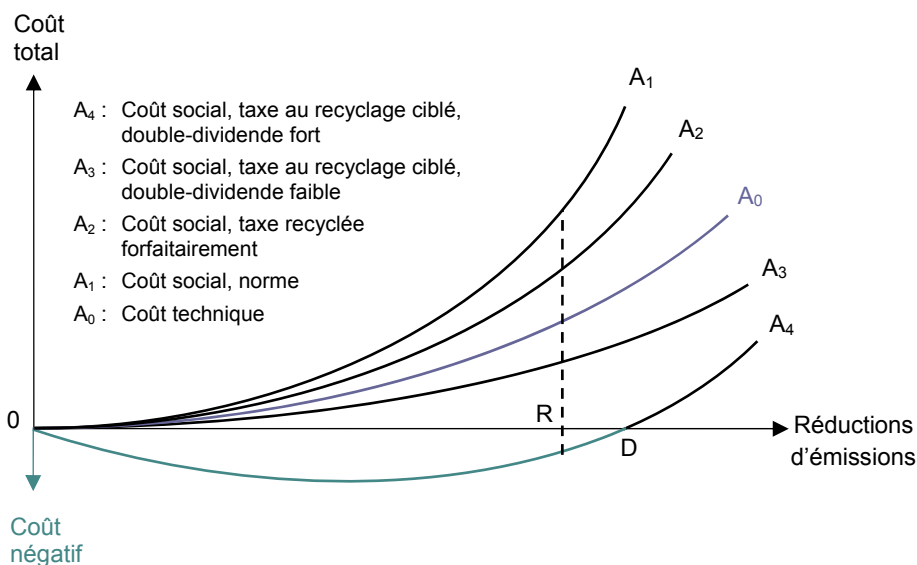
La circulation et l'amplification de ces fausses vérités est symptomatique de l'oubli de résultats économiques pourtant bien établis. Depuis les années 70, une masse toujours plus importante de travaux économiques s'est consacrée à la comparaison des instruments de politiques environnementales et au choix d'usage des recettes de la taxe. Dans l'ensemble, ces travaux ont produit de nombreux arguments en faveur d'une taxe recyclée en une baisse d'impôts distorsifs. Ils ont permis d'atteindre un consensus réel à l'occasion du second rapport du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat (IPCC, 1995).

Ce consensus, peut être résumé ainsi (Figure 1 ci-contre) : pour atteindre un objectif de baisse d'émissions donné, une taxe dont le revenu serait restitué forfaitairement aux ménages et aux entreprises (courbe A_2) est plus efficace que des normes et réglementations (courbe A_1) ; mais dans les deux cas, l'objectif environnemental est atteint à un coût macroéconomique net supérieur à son coût technique (courbe A_0)²³. En revanche, si les recettes servent à compenser les agents, non pas forfaitairement mais par la baisse des prélèvements obligatoires existants, il serait possible d'atteindre le même objectif pour un coût macroéconomique inférieur au même coût technique (courbe A_3) ; il devient alors coutumier de dire que l'option d'une substitution d'assiettes fiscales, en réduisant les atteintes au climat à moindre coût, offre un double dividende au sens « faible »²⁴.

Cette hiérarchie est justifiée par le fait qu'au-delà d'un certain niveau d'ambition des objectifs climatiques il faudra bien, au moins un temps, mobiliser des techniques dont le coût est supérieur à celles en vigueur aujourd'hui. Or, les émissions de CO₂ sont produites par de très nombreuses « sources diffuses » (entreprises et ménages) et les coûts d'abattement d'émissions diffèrent fortement de l'une à l'autre. Comme les autorités publiques ne disposent pas de toute l'information sur la répartition et l'évolution dynamique de ces coûts privés, il leur est difficile de concevoir un système de normes et de réglementations capable d'induire la sélection des solutions les moins coûteuses.

²³ Le coût technique correspond au coût de remplacement des technologies conventionnelles de production et de consommation d'énergie qui constitue le risque majeur de perte d'efficacité productive à court terme, induit par la politique climatique. A ce niveau de l'exposition, nous identifions le « coût social » au « coût macroéconomique net » souvent estimé par les modèles empiriques. Nous précisons et affinerons la différence entre ces divers indicateurs de coût global lors de notre analyse (cf. chapitre 5, page 158, chapitre 6 page 215 et chapitre 7, page 244).

²⁴ Les économistes retiennent généralement la définition d'un double dividende au sens faible proposée par (Goulder, 1995) : « *By using revenues from the environmental tax to finance reductions in marginal rates of an existing distortionary tax, one achieves cost savings relative to the case where the tax revenues are returned to taxpayers in lump-sum fashion* » (page 4).



Le coût technique des réductions augmente avec l'ampleur de ces réductions (courbe A₀). Le coût social final hors réforme fiscale est donné par la courbe A₁. En cas de taxe recyclée forfaitairement, il passe à la courbe A₂. Par un recyclage ciblé, il peut passer en A₃ ou en A₄.

Figure 1 Coût global des politiques climatiques

Dans ces conditions, si les objectifs sont poursuivis par l'instauration de normes, on peut montrer trois mécanismes qui font que le coût pour la collectivité sera supérieur au seul coût technique.

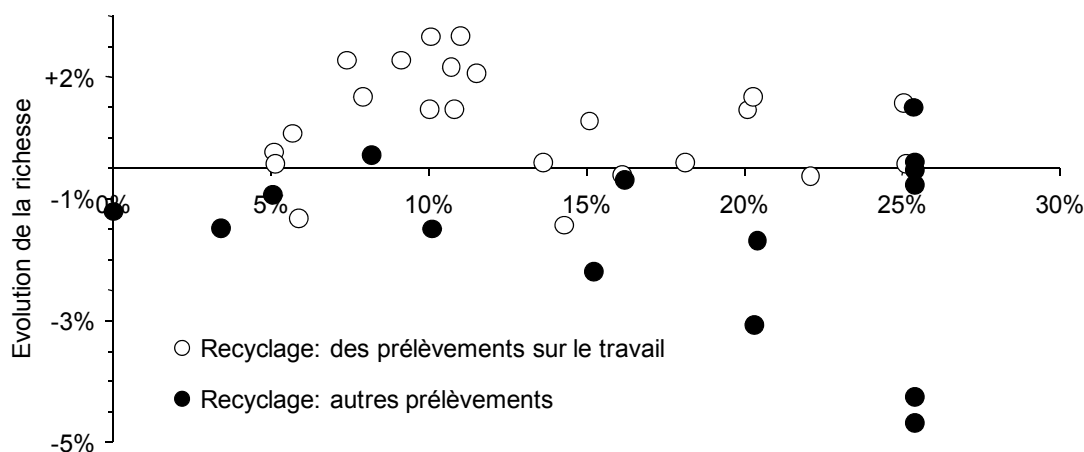
- *La création de rentes privées* : une norme non différenciée n'entraîne pas le même coût pour toutes les sources. Supposons que l'unité la plus en difficulté pour respecter cette contrainte ait un coût marginal c à répercuter par produit vendu ; alors si les entreprises mieux placées ne peuvent instantanément mettre en œuvre de nouvelles capacités pour gagner des parts de marché et si elles font face à une demande inélastique à court terme, le nouveau prix de marché du bien s'établira à $p + c$ (p désignant le prix initial). Les autres unités de production vont donc augmenter leur marge d'une rente égale à la différence entre c et leur propre coût de mise en conformité.

- *La propagation du coût entre secteurs d'activité* : nous avons déjà souligné qu'une hausse du coût de l'énergie entraîne par exemple une hausse des coûts du ciment et de l'acier, qui entraîne à son tour une hausse des coûts de construction des centrales électriques, des automobiles ou des immeubles, etc. L'effet multiplicateur sur le niveau général des prix s'accroît avec la part de l'augmentation des coûts de production qui est transmise d'un secteur amont à un secteur aval puis au consommateur.

- *La baisse du pouvoir d'achat des ménages* entraînée par la hausse de prix des biens et la transformation de la structure des prix relatifs ; cette baisse provoque une contraction de la demande finale et de l'activité économique.

Une taxe carbone uniforme recyclée forfaitairement empêche la capture par les agents privés de la rente que constitue la nouvelle valeur du carbone, car les différentes entreprises font désormais face à un coût marginal du carbone identique. Par contre, cette option de recyclage ne compense pas la hausse de coût subie par les producteurs nationaux. Dans ce cas, nous l'avons déjà évoqué, la propagation de cette hausse risque de pénaliser l'activité et l'emploi. L'usage des recettes pour financer une baisse simultanée d'autres impôts coûteux pour l'activité réduit donc cet effet et dès lors, le coût d'ensemble de l'action climatique.

De la diversité des simulations et des modèles utilisés pour évaluer les coûts macroéconomiques nets de divers dispositifs, il ressort une certaine constance dans l'estimation de l'ampleur de l'effet : dans le contexte européen, l'affectation des recettes de la taxe à une baisse des prélèvements sur le travail peut permettre d'atteindre des objectifs de réduction d'émission au prix d'une faible variation de la richesse produite (Figure 2)²⁵ ; les tensions entre les objectifs de protection de l'environnement et d'efficacité productive apparaissent finalement limitées.



Source : Hourcade et Gherzi (2007), d'après IPCC, Second Assessment Report, 1995.

Légende : Synthèse de plusieurs études menées en Europe occidentale. Quand les taxes sont compensées par une baisse des prélèvements sur le travail, la richesse augmente (ronds blancs). Quand elles sont compensées par d'autres réductions de prélèvements ou par des subventions, la richesse diminue (ronds noirs).

Figure 2 Impact macroéconomique des taxes carbone selon des modalités de recyclage des recettes

A côté de ces résultats consensuels, une partie de la littérature macroéconomique s'est polarisée, au cours des années 90, sur une importante controverse scientifique à propos du signe de la variation du coût global, c'est-à-dire sur la possibilité d'obtenir, par ce réarrangement fiscal, un gain macroéconomique net : une forme « forte » de l'hypothèse d'un double dividende qui demeure encore aujourd'hui controversée²⁶.

²⁵ Un résultat encore plus tranché est obtenu en comparant cette option avec un recyclage forfaitaire (IPCC, 1995).

²⁶ La définition de la forme forte du double dividende est également donnée par Goulder (1995) : « *It is possible to find a distortionary tax such that the revenue-neutral substitution of the environmental tax for this tax involves a zero or negative gross cost.* » (page 4)

On comprend bien l'enjeu historique : avec l'émergence de l'affaire climatique, les bénéfices environnementaux à long terme dus aux dommages évités commençaient à faire l'objet d'évaluations, mais restaient peu tangibles et marqués d'une forte incertitude ; par contre, les coûts de court terme d'une hausse de la fiscalité sur l'énergie étaient eux mieux connus et moins incertains. L'issue de la controverse a donc encore aujourd'hui un enjeu politique aisément compréhensible :

- si la politique climatique entraîne un coût pour l'économie actuelle, il faut que l'opinion publique accepte de le payer et soit convaincue que les sacrifices consentis sont justifiés par les dommages évités ;
- si la réforme fiscale carbone permet d'avoir à la fois une croissance plus soutenue avec plus d'emplois et moins de fragilité par rapport aux chocs pétroliers, on peut y faire adhérer même ceux qui doutent de l'existence des risques majeurs liés au changement climatique.

Suite aux chocs pétroliers, un certain nombre d'économistes avancèrent l'idée qu'il pouvait être plus efficace, au sens de Pareto, de substituer des taxes sur la pollution à d'autres taxes socialement plus coûteuses, en respectant une règle de neutralité budgétaire pour les finances publiques²⁷. La perspective d'une stratégie « sans regret », c'est-à-dire souhaitable pour la collectivité indépendamment de bénéfices climatiques incertains, se traduisait par l'intuition que taxer les « *bads* » (le CO₂) pour détaxer les « *goods* » (le travail) pourrait générer une croissance plus soutenable car mieux orientée, sinon plus forte.

Cette première intuition fut confirmée par une première vague d'études empiriques, conduites à l'aide de modèles macroéconométriques, souvent de facture néo-keynésienne, qui obtinrent un bilan macroéconomique net positif (une croissance du PIB) pour une taxe recyclée en une baisse des prélèvements sur le travail en Europe²⁸. Mais l'analyse théorique, sans exclure cette possibilité, a modéré l'optimisme des premières analyses, en soulignant les raisons pour lesquels ce résultat positif n'est pas systématique. Comme nous l'a montré la Figure 2, le panel des modèles actuels qui se distinguent par leur structure et leur paramétrage, montre que le signe de l'effet reste ambigu.

Nous verrons au cours de notre analyse qu'il importe de clarifier ce débat, car un moindre coût macroéconomique offre évidemment davantage de marges de manœuvres pour réduire les tensions sociales ; mais il convient aussi de le relativiser, puisqu'il focalise l'attention sur un point numériquement de second ordre, et que cette approche fondée sur la mesure d'un coût global ne clarifie en rien la question de la distribution du fardeau de la réforme.

2.3 Le poids du contexte et le jeu des a priori

On ne peut réellement comprendre pourquoi ces raisonnements économiques ont eu si peu de poids sans considérer le contexte économique et politique particulier dans lequel se sont déroulées les discussions. Comme nous venons de le voir, ces analyses n'offrent qu'une vision

²⁷ Par exemple, Terkla (1982), Baumol et Oates (1988), Pearce (1991), Oates (1992) et Poterba (1993).

²⁸ Voir par exemple Godard et Beaumais (1993), EC (1992, 1994) et Barker and Johnstone (1993).

agrégée des effets de la réforme, tandis que la multiplication d'incertitudes fabriquées sur la distribution des coûts et des bénéfices de cette réforme est un facteur qui semble avoir favorisé la non-coopération plutôt que la recherche d'un compromis. On le comprend aisément : pour que se forme un consensus sur les modalités, il ne faut pas seulement parvenir à se mettre d'accord sur ce que l'on entend par une « juste distribution », il faut aussi en amont qu'il y ait un diagnostic partagé sur les conséquences distributives attendues des dispositifs envisagés. L'émergence d'une « anticipation collective » de ces conséquences demande du temps et une délibération suffisante est nécessaire pour parvenir à former une vision commune, surtout sur un problème si complexe.

Mais l'explication est-elle suffisante ? Pourquoi cette succession d'échecs en France ? Pourquoi aucune des parties prenantes ne s'est élevée pour défendre l'option privilégiée des économistes, la baisse des cotisations sociales ? Il est vrai qu'aux Etats-Unis ou en Australie la propension au rejet des politiques climatiques est également forte, mais en ce qui les concerne, la raison apparaît plus évidente vu que ces pays comptent parmi les plus dépendants des énergies carbonées. En France, à l'inverse, en raison du nucléaire, le contexte énergétique est *a priori* plus favorable. Par ailleurs, si l'on poursuit le raisonnement précédent sur la diffusion de l'information, les deux tentatives passées ont tout de même dû susciter un apprentissage et diffuser au grand public les résultats de l'analyse économique. En outre, au Danemark, en Suède, ou plus récemment en Suisse et en Irlande, la première tentative a fonctionné sans grandes difficultés. Doit-on mettre ces réussites au seul crédit d'une meilleure éducation ou communication ?

En fait, l'observation des débats révèle aussi l'importance des mécaniques de raisonnement, des intérêts acquis et des rapports de forces hérités du passé. On rejoindrait là l'hypothèse plus générale pour la France d'une « société de défiance » (Algan et al. 2012), où l'histoire aurait nourri la méfiance des concitoyens entre eux et à l'égard des institutions, rendant le dialogue social et la coopération particulièrement difficiles. On sait que ces contingences particulières dans lesquelles prennent place les débats comptent évidemment lorsqu'il s'agit de définir et d'accepter un « contrat social », ou plutôt ici, un « pacte fiscal ». Le fait est qu'on se trouve en pratique bien loin de la situation d'un voile d'ignorance sur la situation et les intérêts historiques de chacun. Or, ces contingences de départ apparaissent particulièrement défavorables en France à la mise en œuvre d'une réforme fiscale carbone.

Nous avons déjà évoqué la manifestation d'un certain nombre de réflexes qui ont empêché un examen lucide des enjeux autour de la taxe carbone : le réflexe antifiscal du contribuable contre le Ministère des Finances, le réflexe antilibéral contre tout palliatif à de « vraies » contraintes sur les entreprises, le réflexe antiétatique contre un outil discrétionnaire aux mains de l'État, le réflexe patronal de défense de la compétitivité... Et bien sûr, dans ce jeu de postures contradictoires, une place spéciale doit être reconnue à la crispation pro- et anti-écolo, comme l'a attesté l'épisode des « climato-sceptiques » déjà évoqué, ou encore, la teneur des débats récurrents sur le nucléaire.

Mais il reste à évoquer une convention particulière qui a joué un rôle central dans le fait qu'on ait laissé l'opinion se polariser autour de l'option du chèque vert et que l'on ait ignoré la recommandation de baisser les cotisations sociales. Il s'agit d'un point de blocage central à toute tentative d'emprunter cette voie, souvent qualifiée de « politiquement impraticable ». On peut lui en

trouver des sources historiques : des crispations liées à l'hypothèse très controversée du double dividende fort et des crispations sur le principe même d'une baisse des cotisations sociales²⁹.

L'optimisme des premières analyses, concluant à l'occurrence d'un double dividende en cas de baisse des prélèvements sur le travail, s'est rapidement retrouvé dans l'argumentaire en faveur d'une taxe carbone-énergie (notamment dans le livre blanc de la commission européenne³⁰). Aujourd'hui, après la démonstration que ce résultat est incertain, nombre d'acteurs des débats sont méfiants et semblent avoir hérité du défaut inverse : marqués par cette conclusion négative, ils restent sceptiques face à tout argument en faveur d'une baisse de cotisations, en oubliant alors le résultat consensuel de cette littérature : le fait que ce mode d'usage des recettes est moins coûteux qu'une restitution directe aux ménages. Ce scepticisme est également favorisé par l'idée que la controverse scientifique est close, or, nous le verrons, des éléments nouveaux peuvent être apportés³¹. Le peu de progrès enregistré en ce domaine depuis la fin des années 90 est notamment dû au déclassement des taxes incitatives au profit des systèmes de permis d'émission négociables après l'adoption du protocole de Kyoto³².

La résistance à cette modalité s'explique également par l'expérience française des derniers allègements de cotisations sociales et par la crainte d'un partage injuste de ces dégrèvements. Cette option est ainsi étiquetée « TVA sociale énergétique »³³, elle manifeste le soupçon d'un « cadeau aux entreprises » fait au détriment des consommateurs. L'opposition à ces allègements est aussi une forme de militantisme pour défendre l'acquis social que constitue cette forme de « salaire différé ». Cette option apparaît, d'une part, comme la remise en cause du système de gestion paritaire de la sécurité sociale, et d'autre part, comme un palliatif défavorable à la mise en œuvre de réformes plus profondes (la taxation du capital, la réforme des retraites, etc.). Ces considérations expliquent pour partie la réserve des organisations syndicales à la conférence Rocard, ou encore, de l'ONG militante *Attack* au moment du débat sur la réforme des retraites³⁴.

Il est supposé que ces baisses ne seront pas répercutées dans les prix, ni utilisées pour faire progresser les salaires ou créer des emplois. Cette crainte que des hausses de marges ne sapent ces allègements peut se nourrir de l'expérience récente de baisse de la TVA sur la restauration, et plus largement d'une longue histoire de baisses des cotisations sociales (sur les bas salaires principalement) qui n'ont pas toujours favorisé l'emploi³⁵. Elle prend source aussi dans un contexte

²⁹ Cette crispation était évidente lors de la présentation des simulations aux acteurs des débats (simulations que nous présenterons lors de notre analyse des chapitres 5 à 7) : les réactions différaient sensiblement selon que l'on parlait de « baisser les cotisations sociales » ou, dans une posture prospective, de « contenir la hausse des cotisations ».

³⁰ cf. EC, 1994.

³¹ Le chapitre 5 présente des arguments macroéconomiques et le chapitre 8 y ajoute des arguments prospectifs (l'évolution du contexte démographique et énergétique à l'horizon 2020).

³² Or, si Kyoto prévoit des échanges de permis entre Etats, ceux-ci ont toute latitude pour utiliser en interne les outils de leur choix ; en outre, dès lors que leur allocation initiale se fait aux enchères, comme c'est le cas aujourd'hui pour l'électricité dans le système européen, ou comme c'est envisagé par l'administration Obama aux Etats-Unis, on retrouve le même problème de recyclage de leur produit.

³³ Cf. Tableau 2, page 14 argument des associations de consommateurs.

³⁴ A titre d'illustration, on pourra se reporter à notre échange de tribunes avec trois membres du conseil scientifique d'Attac : « La contribution climat-énergie pour sauver les retraites », Combet, Perrissin et Quirion (*Médiapart*, le 24 novembre 2010) ; « Une contribution climat-énergie ne peut pas financer les retraites ! », Harribey, Khalfa et Marty (26 novembre 2010) ; « Comment financer une nouvelle réforme des retraites », Combet, Perrissin et Quirion, (16 décembre 2010).

³⁵ L'analyse selon laquelle la première vague d'allègements sur les bas salaires (Balladur, 1993 et Juppé, 1996) aurait permis de créer environ 300 000 emplois est consensuelle. Par contre, les estimations de la seconde vague (Fillon, 2003) ne montrent pas

général de tensions sur le partage de la richesse produite. Ce contexte est celui d'inégalités croissantes (Piketty, 2001) dans un « capitalisme financier » où la rentabilité exigée du capital est en forte progression (Aglietta et Rebérioux, 2004) et où les rémunérations des dirigeants se sont progressivement alignées sur celles des actionnaires (Orléan, 2010). Mais les discussions sont difficiles sur ces points, en partie du fait d'un flou statistique sur le partage de la valeur ajoutée, dont la constance est parfois prise comme « loi de la nature »³⁶. Au demeurant, il existe un sentiment général de pression accrue sur les salaires : les représentants unifiés des actionnaires et du patronat seraient favorisés dans leur rapport de force avec les organisations syndicales et l'inégalité de ce rapport ne serait pas sans lien avec une exposition croissante de l'économie à la concurrence internationale (induisant une progression des risques de délocalisation, de baisse de l'attractivité des capitaux ou de *dumping* fiscal et social).

Mais ces parallèles sont trompeurs, pour deux raisons. La première est que les baisses historiques ont été accordées sans contrepartie véritable, alors qu'ici la baisse des cotisations patronales doit compenser une hausse de la fiscalité énergétique. Autrement dit, dans le cas de la baisse de TVA un entrepreneur peut, pour profiter de l'effet d'aubaine, se contenter de maintenir ses prix, alors qu'ici, il doit prendre la décision de les augmenter. Mais pourquoi ne prend-il pas cette décision indépendamment de la réforme ? Deuxièmement, les baisses ne sont pas conjoncturelles, ni ciblées en fonction de la capacité de conviction de tel ou tel groupe d'acteurs, elles prennent place dans un réaménagement fiscal d'ampleur, devant inciter sur le long terme un changement structurel vers une économie plus économe en énergie et plus intensive en travail. Or, ce réarrangement prend place dans un contexte macroéconomique différent de celui qui a prévalu dans le passé ; la transition démographique, les tensions sur les ressources énergétiques et l'essor des pays émergents comme compétiteurs sur les marchés mondialisés rendent le diagnostic moins aisé.

Enfin, on comprend aussi qu'il existe une confusion entretenue dans les argumentaires ; le rejet est parfois justifié sur un plan purement économique, alors qu'il se trouve davantage lié au choix et à l'institution des modes de gouvernance. Sur ce point, le refus de considérer les recettes de la taxe carbone comme substitut aux cotisations sociales dans le financement de la protection sociale manifeste le rapport de force qui existe entre le gouvernement et les défenseurs du système de gestion paritaire. C'est ici, par exemple, que la défense du maintien des cotisations comme salaire différé intervient, pour préserver un « acquis social », sous l'hypothèse que sans cela, la réforme siphonnera les fonds des caisses paritaires au profit du budget général du gouvernement³⁷.

Quelles que soient les causes profondes de ces crispations, elles sont en tout cas symptomatiques d'accords tacites qui transparaissent dans les discussions et qui ont joué en faveur

d'effet visible, ce qui favorise le scepticisme sur l'effet de nouveaux allègements. Un élément d'explication possible est que les travailleurs se font plus rares en « queue de distribution » et donc qu'il faut des baisses de cotisations toujours plus fortes pour créer un même nombre d'emplois non qualifiés. Par ailleurs, l'efficacité du dispositif se trouve affaibli dans un contexte où le smic réel progresse peu ; or, il est probable que sa hausse sera moindre à l'avenir que dans les années Balladur/Juppé, soit de sept points entre 1994 et 1997 (Askénazy, 2011, pages 198-199.).

³⁶ Une controverse importante porte sur les données macroéconomiques, qui montrent que sur le long terme un partage de la valeur ajoutée entre le travail et le capital est stable (deux tiers/un tiers). Mais la définition des revenus du travail intègre les cotisations sociales salariées qui ont été multipliées par six depuis 1960 ainsi que les intéressements des grands dirigeants ; la mesure du partage de la valeur ajoutée est donc marquée par une ambiguïté conceptuelle et sensible aux conventions comptables retenues (Sylvain, 2007 ; Askénazy 2003). Les dernières mesures suggèrent que la constance pourrait avoir été altérée au cours de la dernière décennie et qu'une tendance à la baisse de la part des revenus du travail aurait été engagée.

³⁷ Dans nos échanges suivis avec les partenaires sociaux il fut surprenant de voir à quel point la distinction des termes « prélèvements obligatoires » et « fiscalité » est importante, justement pour appuyer la distinction de gouvernance de ces fonds.

de positions conservatrices s'étendant bien au-delà de la simple question de l'élaboration d'une politique climatique. Une partie des méfiances envers le projet de taxe carbone rejoint d'autres enjeux de politiques publiques : ce constat nous fait mesurer toute l'importance de la demande formulée lors de la conférence Rocard, aussi bien par les syndicats que le patronat, de lier dans une négociation sociale d'ensemble le projet de taxe carbone aux autres mesures envisagées dans le cadre de la réforme des prélèvements obligatoires.

Dans l'ensemble, l'importance prise par les *a priori* hérités de l'expérience du passé et par les incertitudes fabriquées sur les effets du projet de réforme témoigne, tout à la fois, des difficultés des acteurs à se projeter dans un futur inédit et des difficultés des économistes à convaincre que leurs recommandations sont en adéquation avec les préoccupations réelles de la population.

3 Des controverses insuffisamment développées

La difficulté d'appréhender les effets d'ensemble d'une réforme fiscale carbone a donc autorisé de nombreux malentendus dans l'évaluation de ses coûts et ses bénéfices, ce qui a empêché la formation d'un consensus en favorisant l'expression de réflexes antifiscaux et de crispations idéologiques. La multitude hétéroclite d'intérêts acquis s'est au final manifestée comme l'expression univoque d'une « fédération de mécontents » fermement opposée à la réforme. Mais la question est complexe puisque dans ce nid à incertitudes fabriquées se glissent aussi des inquiétudes parfaitement légitimes au sujet desquelles les réponses des économistes ne sont que partielles. Ces inquiétudes se cristallisent autour de la difficulté d'élaborer un dispositif répondant conjointement aux exigences collectives d'efficacité, d'équité et de compétitivité.

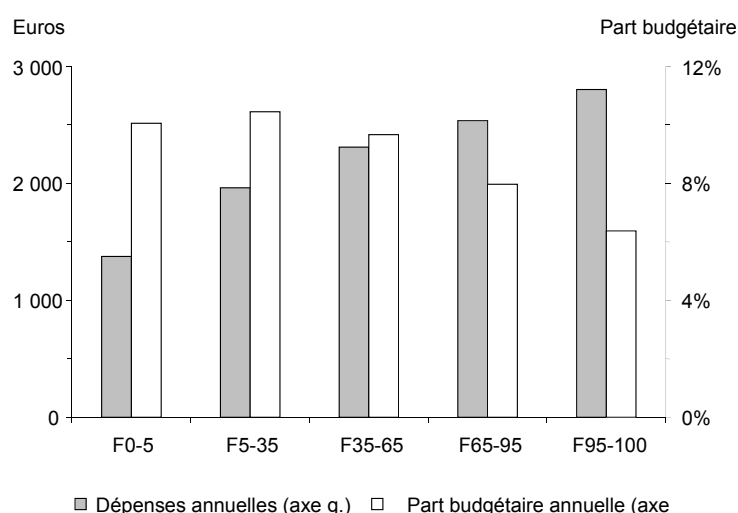
3.1 Les questions d'équité et de compétitivité

Peut-on se permettre de perturber des entreprises déjà affectées par la crise financière et un chiffre d'affaires incertain ? Fallait-il vraiment interdire aux ménages de profiter de la détente que représentait, pour leur pouvoir d'achat, le reflux du cours du pétrole brut (de 147 dollars le baril en juillet 2008 à 44 dollars en janvier 2009 et 80 dollars en mars 2010 à l'abandon du projet) ? On peut certes regretter que de tels arguments touchant aux questions d'équité et de compétitivité aient été posés comme des évidences sans plus ample examen, mais on ne saurait nier qu'ils soulèvent de sérieux problèmes, surtout dans un contexte de crise.

Le fait est que même si l'instauration d'une taxe carbone est souhaitable au vu d'un indicateur du coût global de la politique climatique (par exemple, le PIB ou la consommation des ménages), cela n'empêche pas que la répartition de ce coût soit inéquitable. De même, un tel niveau d'agrégation ne rend pas compte de la vulnérabilité spécifique d'activités fortement intensives en énergie comme la sidérurgie, la production de ciment ou d'aluminium (Giraud et Nadaï, 1994) ; or, la crainte de voir

celles-ci trop affectées est particulièrement forte dans l'hypothèse d'une mesure décidée unilatéralement³⁸.

Ces inquiétudes sont confortées par les statistiques microéconomiques qui décrivent l'hétérogénéité des dépenses énergétiques des ménages et des entreprises. On observe dans l'enquête *Budget des familles (BDF)* de 2001 que, certes, les 5% des ménages les plus riches³⁹ dépensent en moyenne deux fois plus pour l'énergie que les 5% les plus pauvres, mais qu'ils y consacrent une part de leur budget 30% inférieure à celle consacrée par les 35% les plus défavorisés⁴⁰ (Figure 3). De même, du côté des secteurs d'activité, on observe dans le *tableau entrées-sorties* de 2004 (INSEE, 2004a) que 65 types de productions représentant 70% de la valeur ajoutée ont une part énergétique dans leurs coûts de production inférieure à 1%, mais que celle-ci est égale ou supérieure à 5% pour le groupe des activités les plus intensives en carbone – le transport, la chimie et la production d'énergie essentiellement ; certes ces activités comptent pour moins de 2% de la valeur ajoutée, mais leur trop lourde pénalisation risque d'entraîner d'importants coûts stratégiques et sociaux.



F## : fractile de niveau de vie (F0-5: 5% des ménages les plus pauvres, etc.)
Source : INSEE (2001), in Combet et al. (2010c), calcul des auteurs

Figure 3 Dépenses annuelles et parts budgétaires énergétiques moyennes par fractile de niveau de vie

Au vu de ces statistiques, il est probable que l'effet « direct » de la taxation du carbone soit « régressif », au sens large où son coût économique est supporté disproportionnellement par les ménages ou les activités considérés comme les plus vulnérables⁴¹. Mais ce résultat à la fois tranché et bien connu néglige d'importantes difficultés qui ne sont pourtant pas de second ordre.

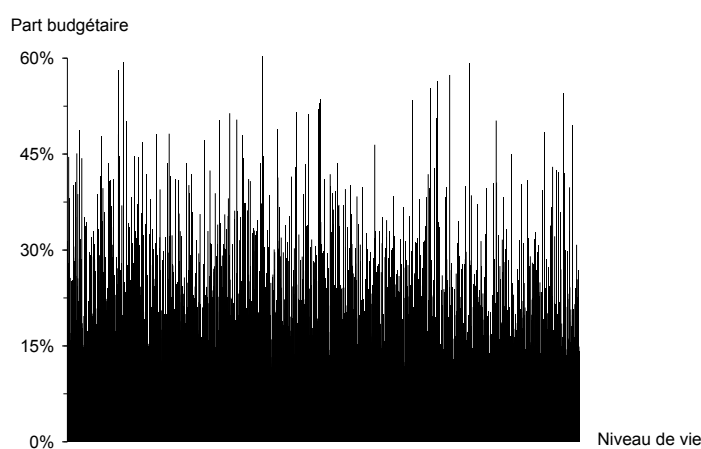
³⁸ Ou de toute acceptation d'une « contrainte carbone » plus forte que dans d'autres pays.

³⁹ Selon leur niveau de vie tel que défini par l'INSEE : revenu disponible annuel divisé par le nombre d'unités de consommation (UC, 1 UC au premier adulte du ménage, 0,5 UC aux autres personnes de 14 ans et plus, 0,3 UC aux moins de 14 ans).

⁴⁰ Calcul de l'auteur. Cette observation est confirmée par les données de 2006 (ADEME, 2008).

⁴¹ Elle serait dite « progressive » dans le cas inverse.

En premier lieu, quel concept et quel indicateur de vulnérabilité utiliser ? Le problème est ici l'analogue de celui, plus général, de la lutte contre la pauvreté. La nature fondamentalement multidimensionnelle du phénomène de vulnérabilité énergétique pose d'abord un problème d'identification. En effet, du côté des ménages, une analyse plus fine révèle que l'axe « riche-pauvre », tel que défini par la notion de niveau de vie, rend insuffisamment compte des *vulnérabilités* aux prix des énergies⁴² (Figure 4) ; d'autres facteurs jouent un rôle au moins aussi important (climats locaux, ruralité, proximité de transports en commun, distance domicile-travail, type d'habitat ou d'équipement de chauffage). Les ménages les plus touchés sont en définitive ceux qui cumulent pauvreté et dépendance aux énergies fossiles, d'où par exemple, la sensibilité des français « modestes » (F5-35), plus motorisés que les plus pauvres (79,5% contre 64,8% en 2001).



Source : INSEE (2001), in Combet et al. (2010c), calcul des auteurs

Figure 4 Part de l'énergie dans le budget de 10 305 ménages

En fait, l'indicateur « statique » du poids actuel des dépenses énergétiques dans le budget ou dans les coûts de production donne une première estimation mais n'est pas satisfaisant, car la dépendance aux énergies fossiles est une notion dynamique. Elle nécessite pour sa mesure de quantifier le potentiel d'abattement de CO₂ d'un ménage (ou d'une entreprise) sur une période temps et pour un coût en bien-être (ou en profit) donnés. Les limites de cet indicateur statique s'illustrent bien à partir d'un exemple éclairant : si l'on retient le seuil d'une part budgétaire énergétique de 10% couramment utilisé pour dénombrer les ménages en situation de « pauvreté énergétique », on découvre, à partir de l'enquête BDF de 2001, qu'environ 17% de ces ménages se trouvent parmi les 20% les plus riches⁴³.

⁴² L'indicateur de richesse économique définissant l'axe riche-pauvre est également controversé et son choix n'est pas neutre pour le diagnostic des effets distributifs (cf. Grainger et Kolstad, 2009 ; Hassett, et al., 2007). Le revenu disponible courant, utilisé pour construire l'indice de niveau de vie, tend à favoriser le constat de régressivité, tandis que l'usage des dépenses de consommation, comme indicateur du concept de « revenu permanent » de la théorie du cycle de vie, tend plutôt à modérer ce constat.

⁴³ Ce diagnostic est vérifié à partir de l'enquête BDF pour les autres années disponibles (1979, 1984, 1989 et 1995).

Ainsi, parmi les autres dimensions qui comptent pour juger de la vulnérabilité d'un agent, interviennent toutes celles qui déterminent sa capacité à éviter l'impôt, c'est-à-dire à exploiter le plus rapidement possible les alternatives à l'usage d'énergies fossiles ; il s'agit tout particulièrement des facteurs liés à l'organisation spatiale du territoire et aux choix de localisation, car ils fixent dans une grande mesure le caractère plus ou moins irréversible de l'usage de véhicules particuliers à court terme ; il s'agit également des facteurs qui freinent en pratique l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments et le renouvellement des équipements, comme les restrictions à l'octroi de crédits ou les cas d'inefficacité énergétique qui perdurent du fait d'une situation de « dilemme locataire-propriétaire »⁴⁴.

Il en va de même du côté des secteurs productifs : il n'existe pas non plus de lien mécanique entre les différences de coûts que l'on observe, les risques de distorsions de compétitivité avec les concurrents étrangers et les risques de délocalisation industrielle (les « fuites de carbone »). À poids identique des dépenses courantes d'énergies, la vulnérabilité sectorielle s'accroît avec l'exposition à la concurrence étrangère et le recours aux marchés boursiers pour financer de nouvelles capacités productives (Hourcade et al., 2007), mais elle se réduit avec les possibilités de substitution technique qui sont exploitables étant donné les infrastructures et les compétences disponibles.

Ces difficultés rendent l'identification de ceux qui sont réellement « les plus vulnérables » difficile et l'élaboration de dispositifs de compensation complexe, d'autant que ces considérations ne portent que sur l'effet « direct » de la taxation du carbone. Or, nous avons vu qu'en réalité celui-ci ne peut être isolé des effets d'ensemble de la réforme sur l'activité, l'emploi et la distribution des revenus. On rencontre alors d'autres difficultés qui sont encore davantage négligées dans les débats publics, car les traiter demanderait de s'atteler à l'évaluation conjointe des effets macroéconomiques et distributifs du couple taxe carbone/usage des recettes et ce, à différents horizons temporels⁴⁵. Nous verrons par la suite que les effets distributifs « indirects » ne peuvent être négligés : s'ils sont moins évidents et plus incertains, ils restent d'un ordre de grandeur comparable aux effets directs.

Au total, parvenir à un consensus sur l'identité des plus vulnérables est, d'un point de vue pratique, doublement important : d'abord, nous l'avons vu, le sentiment de justice est une condition essentielle à l'acceptabilité ; ensuite, une meilleure évaluation des effets distributifs doit non seulement permettre d'élaborer un dispositif de compensation plus juste, mais aussi une réforme plus efficace⁴⁶.

⁴⁴ Même si les propriétaires comme les locataires ont intérêt à améliorer la performance énergétique de leurs bâtiments, il est particulièrement difficile de trouver un accord sur la prise en charge de l'investissement et le partage de gains sur les factures énergétiques ; ce « dilemme » réduit donc l'efficacité des systèmes d'incitation par les prix.

⁴⁵ Cette évaluation conjointe pose de nombreuses difficultés. *La justice distributive des transitions énergétiques* est un thème central de notre réflexion. Nous le développerons tout au long de la thèse. Les développements méthodologiques, que nous présentons par la suite et qui ont permis d'obtenir les évaluations des effets distributifs exposées au chapitre 7, constituent les premiers pas concrets dans le sens d'une évaluation. Des perspectives pour de futures recherches sont aussi évoquées en plusieurs endroits. Au chapitre 4, nous présentons les possibilités d'étendre le cadre et les méthodes de simulation pour tirer le meilleur profit des données micro et macroéconomiques disponibles. En conclusion du chapitre 7, nous proposons quelques éléments de réflexion sur le concept de justice, lorsque celui-ci est appliqué à l'analyse d'une transition énergétique.

⁴⁶ Nous illustrons numériquement une des raisons au chapitre 7 page 240, à savoir que cela doit permettre de limiter le coût d'opportunité du système de compensation. Disposer d'un indicateur plus satisfaisant peut aussi permettre de réduire les coûts d'administration en ciblant davantage les plus vulnérables ; enfin, le choix des « bénéficiaires » du système risque plutôt de refléter les forces de lobbying en présence s'il n'est pas associé à des critères clairs et peu contestables.

3.2 Les tensions entre les intérêts de court et de long terme

Derrière les désaccords sur l'impact social d'une fiscalité carbone se trouve en fait une tension entre deux visions opposées : d'un côté, une vision statique de court terme, où les plus vulnérables sont surtout touchés par le renchérissement immédiat de l'énergie ; de l'autre, une vision dynamique de long terme, où ces mêmes « plus vulnérables » bénéficient de la réforme, car celle-ci réduit la dépendance et la pauvreté énergétiques, accroît la résilience aux chocs pétroliers, et dans le cadre d'une « économie verte et inclusive », améliore l'emploi et les finances publiques. Or, nous avons vu que ces deux visions génèrent des positions conflictuelles, que ce soit à propos du choix des instruments d'intervention, ou à propos du choix de l'usage des recettes de la taxe.

Ainsi, le problème central de l'élaboration d'une politique climatique acceptable devient celui de trouver la meilleure gestion des tensions entre court et long terme. Cette question rejoint alors celle, controversée, du diagnostic sur l'efficacité dynamique d'un signal-prix : avec quelle ampleur et à quelle vitesse la hausse des prix des énergies fossiles fera-t-elle baisser leur consommation ? Si la réponse est « fortement et rapidement », les tensions de court terme seront faibles, le pouvoir d'achat des ménages ne sera pas trop affecté et la compétitivité des entreprises non plus ; dans ce cas, la taxe carbone est parfaitement efficace quel que soit l'horizon temporel considéré, il n'est donc pas nécessaire de recourir à d'autres instruments, ni de compenser directement les plus fragiles. Si à l'inverse la réponse est « faiblement et très lentement », les bénéfices seront maigres même à long terme, le coût et les tensions dues au renchérissement des énergies élevés et durables ; il est alors nécessaire de recourir à d'autres instruments à court terme, de rendre le taux de taxe supportable et de prévoir des compensations. Evidemment, la controverse porte sur le fait de savoir où l'on se situe entre ces deux cas polaires.

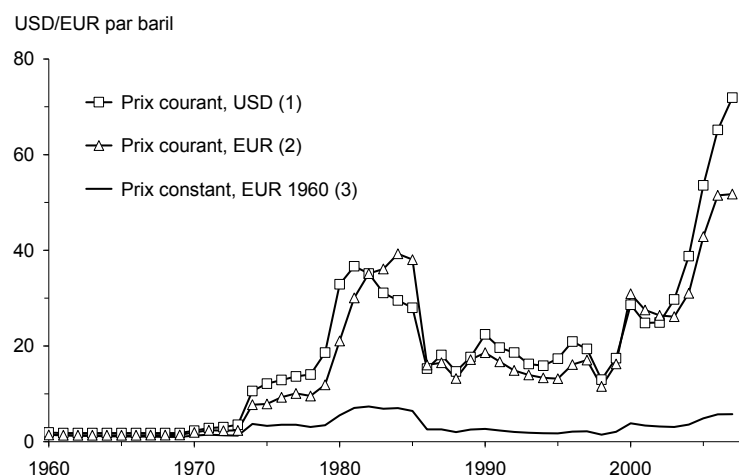
Si l'on se réfère aux argumentations des parties prenantes⁴⁷, il est clair que pour les associations de consommateurs et certains représentants du patronat, c'est la seconde conception qui l'emporte : ni les consommateurs à revenu modeste, ni ceux à revenu élevé ne modifieront leurs comportements, les premiers parce qu'ils n'ont aucune marge de manœuvre pour le faire, les seconds parce qu'ils choisiront tout simplement de payer. Du côté des entreprises, la majorité d'entre elles seraient insensibles à la taxe parce que le coût de l'énergie représente pour elles un paramètre de décision négligeable ; quant aux industries intensives en énergie, les taxer mettrait en danger leur compétitivité et serait inefficace puisqu'elles ont déjà exploité l'essentiel de leurs potentiels d'abattement d'émissions.

Mais ce qui est certainement vrai à court terme ne l'est pas forcément à moyen et long terme⁴⁸ : de nombreux travaux économétriques montrent que, pour un revenu réel donné, une hausse des prix de l'énergie conduit bien à une modification des choix des ménages et des entreprises (Goodwin et al., 2004). En fait, contrairement à un sentiment général, le prix du pétrole

⁴⁷ Cf. Tableau 2, page 14.

⁴⁸ Cette notion de moyen-long terme est à distinguer des périodes particulières de 3 à 5 ans qui ont été évoquées par les associations de consommateurs pour appuyer l'argument d'inefficacité des signaux-prix (cf. UCF-*Que Choisir*, 2009, page 9). Nous désignons par là une période de temps supérieure à 10 ans, sur laquelle il devient possible de modifier les équipements durables (voiture, chauffage, isolation du bâtiment), les infrastructures du transport, l'organisation spatiale du territoire et la structure de l'économie (évolution des techniques et des filières, des secteurs d'activités, etc.). Nous définirons plus loin la notion de moyen terme que nous retiendrons pour traiter des questions de transition vers un chemin de développement durable (chapitre 2, page 73).

n'a pas connu une augmentation constante depuis cinquante ans. En dollars courants, il a certes été multiplié par 31,4 entre 1970 et 2007, mais en termes réels et après correction des variations de taux de change, le pic de juillet 2008 ne représente qu'une hausse de 0,6% par rapport à 1982 et de 1,3% par rapport à 1971 (Figure 5). Au premier janvier 2009, le prix spot du baril de Brent en euros constants était inférieur d'environ 60% à son record de novembre 1982 (Nadaud et Hourcade, 2009).

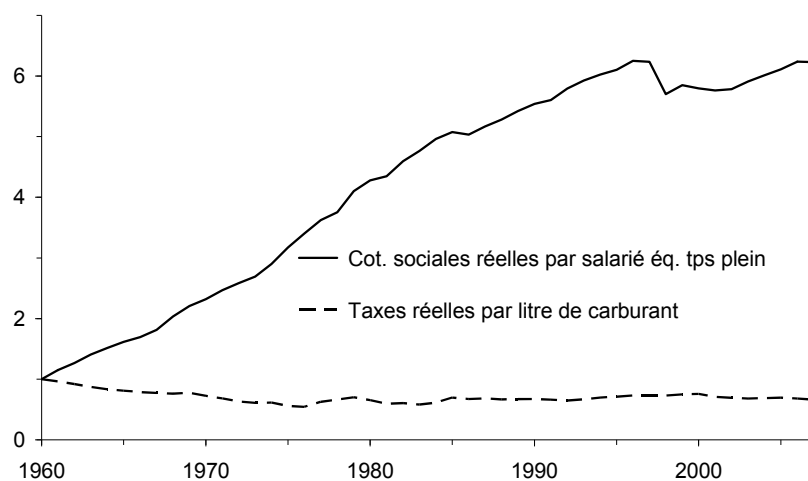


Prix constant : prix courant en euros déflaté de l'indice de prix du PIB base 1960. Calcul de l'auteur.
Sources : (1) Observatoire de l'énergie d'après douanes, DIREM ; (2) BCE ; (3) INSEE.

Figure 5 Evolution du prix du baril de pétrole depuis 1960

Par ailleurs, depuis 1960, le montant de taxation réelle par litre de carburant est resté globalement stable (Figure 6) et l'amélioration des automobiles a réduit de 46% le coût du carburant nécessaire pour parcourir 100 km, tandis que sur la même période, les cotisations par salarié ont été multipliées par 6 et le nombre de chômeurs par 7. Il faut aussi garder à l'esprit que la tendance au renchérissement des énergies fossiles des dernières années a été masquée par une variation erratique des prix (Artus et al., 2010) et par l'augmentation constante des coûts de la construction, des loyers et des prix des transports publics (Figure 7). Enfin, les efforts d'investissement en R&D énergétique ont chuté avec le prix du baril après l'épisode des chocs pétroliers (Figure 8, page 36).

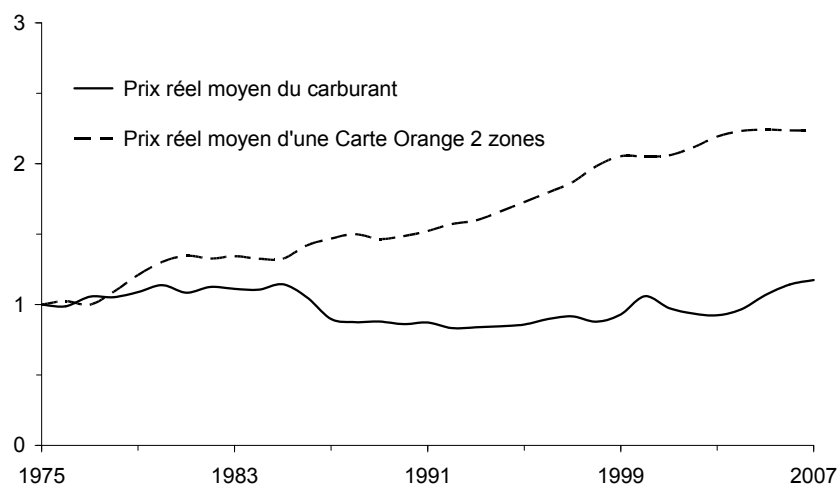
Base 1 en 1960



Source : INSEE, CPDP. D'après Nadaud et Hourcade (2009).

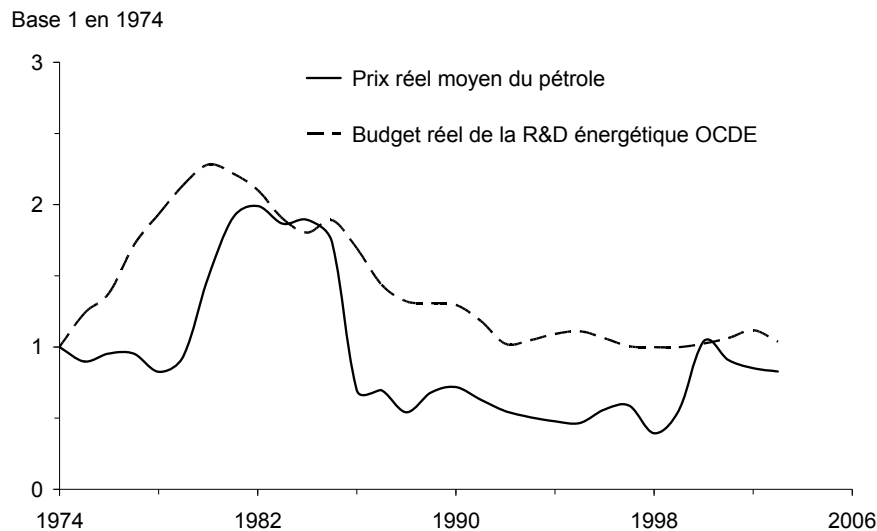
Figure 6 Evolutions comparées de la taxation des carburants et des cotisations sociales en termes réels

Base 1 en 1975



Source : CPDP, RATP. D'après Nadaud et Hourcade (2009).

Figure 7 Evolution des prix réels moyens du carburant et d'une carte orange mensuelle deux zones



Source : IEA. D'après Carraro (2009).

Figure 8 Evolution des prix réels moyens du pétrole et de la R&D énergétique dans les pays de l'OCDE

L'observation des statistiques suggère donc que, sur longue période, la progression des prix de l'énergie fut un signal bien trop « brouillé » pour éclairer les comportements. L'effet de la réforme peut être bien différent si la taxe carbone introduite produit un renchérissement progressif, clair et annoncé. A l'inverse, il semble plutôt que le système des prix relatifs a, dans son ensemble, profondément guidé l'innovation, les choix de localisation et de consommation, dans un mode de développement qui a créé une dépendance accrue aux énergies fossiles. Autrement dit, le maintien de bas prix des énergies des années 60 puis de la période 1985-2000 n'a pas permis d'anticiper les tensions énergétiques de long terme, ce qui explique la situation actuelle, caractérisée par une pauvreté énergétique en progression et une forte inertie des comportements de consommation d'énergie⁴⁹.

Néanmoins, si l'efficacité à long terme du signal-prix fait consensus parmi les économistes, ce n'est pas le cas des valeurs de l'élasticité des consommations au prix, marquées par des incertitudes irréductibles⁵⁰. Le principal élément de cette controverse porte sur *l'ampleur des potentiels techniques à la fois disponibles et exploitables* sur des horizons allant de 10 à 100 ans (IPCC, 2007a). Ces marges de manœuvres dépendent évidemment du portefeuille existant des technologies de remplacement, mais aussi de facteurs de changement structurel plus incertains, comme les potentiels d'innovation, ou la rapidité avec laquelle les stocks d'équipements et d'infrastructures seront renouvelés, de nouvelles compétences acquises et de nouvelles filières créées.

⁴⁹ Le maintien de l'énergie à un prix inférieur à son coût social a freiné l'amélioration de l'efficacité énergétique et entretenu encore davantage la dépendance aux énergies fossiles des plus modestes (cf. Merceron et Theulière, 2010 ; RAPPEL, 2011).

⁵⁰ L'estimation d'élasticités-prix des demandes d'énergies pose de nombreux problèmes : court terme contre long terme ; effets d'irréversibilité ou d'asymétrie à la hausse ou à la baisse ; difficultés économétriques dues au caractère erratique des prix de l'énergie ; rare prise en compte de la hausse des prix de l'immobilier, facteur de la demande de mobilité ; absence de données de panels sur longue période et de catégories de ménages variées pour saisir l'hétérogénéité des comportements sur la durée ; impossibilité de raisonner à élasticités constantes pour des variations de prix non-marginales, ne serait-ce qu'en raison de l'existence de besoins essentiels et d'asymptotes techniques à l'amélioration de l'efficacité énergétique.

L'exploitation à un horizon donné de ces alternatives à la fois techniques et organisationnelles que l'on peut rassembler sous les termes de « potentiels de décarbonisation » de l'économie, dépend aussi des réponses au prix, également incertaines, qui découlent de facteurs aussi variés que l'évolution des prix des substituts⁵¹, la vitesse des transports alternatifs, la confiance en ce que les gouvernements successifs feront progresser le taux de taxe⁵², les liquidités ou les droits nécessaires pour investir dans la rénovation du bâtiment ou dans l'acquisition de nouveaux équipements ; sans même parler de l'inertie des savoir-faire et de la difficulté que représente tout simplement le changement des habitudes.

Ces éléments justifient la réflexion croissante dans la littérature sur une « structure d'incitation hybride » adossant une taxe carbone à des instruments non fiscaux⁵³. On retombe alors sur les controverses à propos de la hiérarchie des coûts macroéconomiques de modalités alternatives d'intervention publique : une juste mesure doit être trouvée entre les pertes dues à la création de rentes privées dans le cas de mesures non tarifaires et celles qui résultent d'un alourdissement trop important des factures énergétiques, ceci transitoirement, le temps que l'effet de ces inerties se soit atténué et que la réponse à un signal-prix puisse être effective.

3.3 Les modalités d'atténuation du coût macroéconomique

Pour une bonne gestion de la transition, l'identification des moyens disponibles les plus efficaces pour réduire le coût économique à court et plus long terme est un point particulièrement sensible, en particulier dans la conjoncture de crise et le climat d'incertitude actuels. Au-delà du résultat consensuel, que nous avons rappelé et qui est mis en avant par les économistes, à savoir la supériorité d'une taxe recyclée dans le financement d'une baisse de prélèvements obligatoires existants, la controverse perdure sur la question du meilleur usage pour l'économie française des recettes générées par la taxe.

Un usage optimisé doit permettre d'atténuer au maximum les tensions lors de la phase sensible d'initiation de la transition vers une économie bas-carbone. Nous avons vu plus haut que cette question a fait l'objet d'une quantité importante de travaux économiques depuis les années 70, mais qu'elle a été largement écartée de la délibération publique. Ces questions n'ont été abordées qu'au sein d'une sphère restreinte d'acteurs « avertis », en marge de la conférence Rocard, c'est-à-dire essentiellement par des économistes, des chercheurs académiciens et des fonctionnaires des Ministères (des finances et de l'équipement).

Dans ces discussions, la prescription de baisser les cotisations sociales s'est confrontée essentiellement à deux objections : d'abord, qu'en cette période d'extrêmes tensions sur les marchés

⁵¹ En plus du prix d'achat des transports en commun, le prix d'achat d'un logement ancien (le plus souvent dans les centres-villes) augmentait de 146,3% entre 1985 et 2007 (Nadaud et Hourcade, 2009).

⁵² Le cas particulier du lancement de véhicules électriques est particulièrement éclairant pour souligner l'importance de cette crédibilité. Si par exemple, la somme des coûts du pétrole et du carbone ne conduit pas à des prix de l'essence plus élevés qu'aujourd'hui, les entreprises vertueuses qui auraient fait le pari d'une production massive de véhicules crouleraient vite sous un stock d'inventaires qu'aucun marché public ne saurait absorber (Vogt-Schilb et Sassi, 2009).

⁵³ Des dispositifs combinant plusieurs instruments ont été, par exemple, étudiés par Giraudet et al. (2011) pour inciter l'amélioration énergétique dans les bâtiments, et par Combet et al. (2009) pour inciter à une réduction d'émission dans les transports.

financiers, on ne peut se permettre de préempter ces recettes fiscales, elles doivent être affectées à la résorption des déficits ; ensuite, que la suppression d'autres impôts pénalisant tout autant l'activité et l'emploi est politiquement plus praticable (la taxe professionnelle).

La résolution de cette controverse n'a pas beaucoup été aidée par l'analyse économique appliquée, étant donné qu'il n'existe pas de travaux d'évaluation comparant pour la France toutes les options d'affectation des recettes envisagées⁵⁴. Outre les difficultés analytiques⁵⁵, les évaluations sont aussi restées inscrites dans le respect d'un *principe de neutralité budgétaire*, alors même que l'argument d'acceptabilité qui le justifiait est contestable. En outre, le contexte a changé par rapport à celui des années 90, contemporain de ces analyses. On peut même se demander s'il ne serait pas préférable d'affecter directement les recettes au remboursement de la dette publique. Et-il si évident que d'autres options – « TVA sociale », baisse des dépenses publiques – soient préférables ?

Par ailleurs, les économistes théoriciens ont aussi rappelé l'incertitude sur le signe du coût global d'une taxe carbone recyclée en baisse des cotisations sociales⁵⁶. Nous avons déjà souligné les fortes incertitudes qui existent dans les évaluations : la réforme pourrait contribuer non seulement à réduire les émissions de CO₂ mais aussi à améliorer le fonctionnement d'ensemble de l'économie, mais cela demeure très incertain. Par la suite, nous défendrons l'idée qu'il est possible d'avancer sur ce point, mais qu'il faut pour cela lever certains blocages et faire évoluer les méthodes d'évaluation. En tout cas, l'expression du doute théorique sur l'existence d'un potentiel d'amélioration « gratuit » que pourrait libérer la politique climatique, a aussi joué, dans les esprits, en défaveur d'une baisse des cotisations et en faveur de la restitution des recettes aux ménages. Mais il demeure que cet arbitrage ne s'est pas fondé sur des évaluations permettant de comparer dans un cadre d'analyse commun les effets macroéconomiques des deux options.

En fait, les effets des modalités alternatives de réforme fiscale carbone devraient, en toute rigueur, être comparés aux effets produits par le *statu quo* et par les autres systèmes fiscaux envisagés, dans une *démarche de réflexion prospective*, liant à l'introduction d'une taxe carbone les autres défis qui président à la réforme générale des prélèvements obligatoires - en premier lieu, la sortie de crise, le financement de la protection sociale et la réduction des déficits publics⁵⁷.

Aujourd'hui, cette réflexion d'ensemble se justifie à la fois par la rapidité de l'évolution du monde et par les nombreuses interdépendances qui caractérisent le fonctionnement de l'économie contemporaine. Pourtant, les projets de réforme fiscale font largement l'objet d'études et de discussions variées, pratiquement sans recoupement. En France, par exemple, les discussions au

⁵⁴ Nous verrons que nos travaux participent à cet objectif mais ils demanderaient à être étendus pour décrire les singularités des effets de chaque impôt existant. En particulier, les seules études sur l'effet de la suppression de la taxe professionnelle ont été menées uniquement en équilibre partiel par le Ministère des Finances (cf. Durieux et al., 2010).

⁵⁵ Elles sont multiples. Pour la taxe professionnelle, elles viennent en particulier de la complexité de son assiette et de ses taux (divers éléments de la valeur ajoutée sont taxés selon des taux non-linéaires et différenciés entre les collectivités) ; l'évaluation de sa suppression doit donc prendre en compte la réaction simultanée des choix d'investissement et d'embauche, de la réaction des salaires et de l'évolution des taux d'intérêts versés aux détenteurs du capital. L'effet de la résorption des déficits publics est difficile à prévoir et à représenter étant donné que la réponse des taux d'intérêts étrangers est non linéaire et brutale.

⁵⁶ Voir Guesnerie (2010, page 35) et Schubert (2010, page 43).

⁵⁷ La crise des *subprimes* est un bon révélateur de ces défis et de leur interdépendance. Elle est indissociable en effet d'une bulle immobilière qui a masqué la stagnation du revenu des couches moyennes aux Etats-Unis et nourri quelques illusions sur leur enrichissement en Espagne ou en Irlande. Derrière cette stagnation, la montée de la concurrence des pays émergents pèse sur les salaires et le niveau de la protection sociale, dans un contexte de vieillissement de la population et de renchérissement des systèmes de santé. Dans tous les pays de l'OCDE, la montée de l'endettement synthétise ces tensions et est un marqueur des menaces pour la durabilité de nos niveaux de vie (Aglietta et Rebérioux, 2004 ; Krugman, 2008 ; Orléan, 2010).

sujet du projet de taxe carbone ont été complètement dissociées de celles qui ont porté sur le financement de la protection sociale, aujourd'hui essentiellement assuré par les prélèvements sur le travail. La fiscalité environnementale est encore peu discutée comme une alternative crédible aux autres dispositifs avancés, comme la création d'une « TVA sociale » ou « compétitivité », alors qu'elle comporte sur le plan de l'analyse économique de nombreuses similitudes et même, nous le verrons, quelques avantages potentiels. En fait, notre thèse sera aussi de montrer qu'on ne peut réellement juger des coûts et des bénéfices sociaux d'une fiscalité carbone qu'en effectuant ces comparaisons.

Mais l'analyse conjointe se confronte à de nombreuses difficultés, en particulier celle de conduire un exercice prospectif du système des finances publiques pour identifier ce que leur évolution tendancielle ferait peser sur l'économie dans 20 ou 30 ans ; sur ce point les incertitudes sont évidemment accrues et avec elles les controverses sur le choix du *meilleur* système fiscal. L'identification de ces enjeux méthodologiques fait justement l'objet de notre second volet de diagnostic. Mais auparavant, il nous faut encore tirer quelques conclusions de ce cas d'étude.

4 Coordination des anticipations et dialogue social

« Si l'on accepte l'idée que l'action est essentiellement le résultat d'une évaluation rigoureuse des coûts et des bénéfices prospectifs, on donnera à coup sûr plus de poids à ceux qui sont connus et quantifiables ; il est évident à partir de là que l'action deviendra aussi égocentrique, du simple fait que chaque personne connaît mieux ses propres désirs, satisfactions, déceptions et souffrances que ceux d'autrui. »

Albert Hirschman à propos de l'action intéressée,
Vers une économie politique élargie (1986, pages 8-9)

L'histoire de la taxe carbone en France nous éclaire un peu plus sur les sources de blocage à sa mise en œuvre. Elle montre qu'en dépit d'une préparation précautionneuse, le dialogue social s'est trouvé en quelque sorte détourné, empêchant au final un apprentissage collectif et la formation d'un consensus sur les détails d'un dispositif. Pour expliquer cet échec, nous avons présenté des éléments contextuels propres à ce cas d'étude – le télescopage avec la suppression de la taxe professionnelle, la mauvaise communication et la « stratégie éclair » du gouvernement – mais nous avons aussi mis en lumière des causes plus profondes et générales – les désaccords sur les effets des dispositifs et la difficulté de répondre conjointement aux divers objectifs publics. Les acteurs ont en particulier manifesté leurs doutes quant aux solutions avancées pour régler les questions de justice et réconcilier au mieux les exigences sociales à court et plus long terme.

Au premier plan des difficultés de mise en œuvre d'une fiscalité carbone se trouve *l'organisation du dialogue social dans une société démocratique contemporaine très médiatisée*. Dans les circonstances actuelles, il est particulièrement difficile de parvenir à une décision partagée sur un projet complexe qui demande de faire des arbitrages entre des objectifs concurrents. Dans la littérature économique, ce problème a été beaucoup étudié : la prise de décision collective sous incertitude sur un projet de long terme est ardue lorsque le « pouvoir de décision est décentralisé »

et « l'information est centralisée » (Johansen, 1978) ; la circulation de l'information est alors nécessaire pour « former les intérêts » et éviter que de « fausses conceptions » ne contraignent l'action collective (Hirschman, 1986 ; Godard, 2004).

Mais l'usage stratégique des controverses ajoute une autre dimension à ces difficultés : on joue avec la confusion, on propose des raisonnements tronqués, des vérités partielles. Le transfert d'informations des experts vers le grand public a été filtré et son attention a été focalisée sur des problèmes qui sont en réalité de second ordre pour la décision. Or, si on attend des politiques climatiques qu'elles soient le vecteur d'une mutation profonde des modes de consommation et de production, cela ne peut évidemment se faire sans un réel effort de réforme qui touche les intérêts les plus divers. D'autant que si on est réellement ambitieux, une taxe carbone, en générant des recettes, devient la composante d'une restructuration d'ensemble du régime général des prélèvements obligatoires. Dans ces conditions, « pour aboutir à une décision partagée, *il faut une socialisation de la connaissance* » (Boissieux, 2006) ; une négociation sociale d'ampleur est donc inévitable pour former une anticipation commune du futur et autoriser une action coordonnée. Comme le synthétise Hourcade (1991) :

*« Plus qu'à un problème de marché en information imparfaite qu'il s'agirait de « réparer », nous sommes confrontés à un problème de **coordination des anticipations**.*

Plus qu'à un problème d'incertitude sur les « états du monde futurs », nous sommes confrontés à un problème de décision sous controverse où :

- *la décision doit être prise alors que la compétition entre des « théories » éclairant ce futur ne peut encore être tranchée au plan scientifique ;*
- *le fait de choisir, explicitement ou non, parmi une des « théories » disponibles provoque un mécanisme de prophétie autoréalisatrice qui change la distribution des possibilités effectives de réalisation des différents états du monde. »*

Sur le problème du choix social d'un projet énergétique
in Boyer, et al. (1991, page 304)

Nous concluons ce chapitre introductif en précisant l'objectif de la thèse : proposer une méthodologie d'analyse permettant d'étudier les conditions de cohérence de chaque état socioéconomique anticipé, en distinguant clairement dans ces anticipations la contribution de « l'existant » (domaine de la mesure) et celle du « postulé » (domaine de la conviction). L'ambition est de développer un **outil de négociation** (Henry, 1984) qui synthétise l'état des connaissances et des croyances, et qui soit mobilisable, lors du processus de décision, pour aider en pratique la formulation politique du projet, en clarifiant ce qui fait consensus, mais aussi les points d'accord à propos des dissensus. Toujours en nous appuyant sur l'exemple de la mise en œuvre d'une fiscalité carbone, nous allons maintenant voir que la traduction de cet objectif demande de réviser le cahier des charges des modèles qui alimentent l'évaluation économique.

Chapitre 2

Quelle modélisation « quand plus rien ne tient » ?

“Quand plus rien ne tenait. [...] Il y a eu un contrecoup à l’excessive naïveté avec laquelle était vue la programmation économique dans les domaines les plus divers. [...] Certains y virent une raison pour rejeter totalement les pratiques antérieures du calcul économique. La plupart d’entre nous, sinon tous, avons compris aujourd’hui qu’il fallait plutôt amender, compléter, réformer les pratiques antérieures en leur adjoignant certains adjuvants que tout remettre en cause définitivement [..., pour] dégager des conclusions plus ou moins opératoires, mais qui montrent la voie à suivre pour traiter ces problèmes.”

La science économique et les décisions d’économie globale
Edmond Malinvaud (1987, pages 70-71)

Dans les causes de l’écart entre les recommandations et la réalisation, les économistes ont peut-être aussi une part de responsabilité : les pratiques et les outils du calcul économique rendent-ils compte de manière satisfaisante des facteurs qui expliquent les difficultés de mise en œuvre ? Les conclusions dégagées montrent-elles une voie à suivre pour répondre à ces difficultés ?

Dans ce second chapitre, nous poursuivrons notre diagnostic en quittant les débats pour nous concentrer sur les méthodes d’analyse. Ce faisant, nous tenterons de suivre le conseil d’expérience que nous offre Malinvaud. Nous tenterons d’isoler, dans l’état de l’art des pratiques et des outils des économistes, des éléments qui peuvent être amendés pour aller dans le sens de notre objectif : construire un modèle de dialogue pour coordonner les anticipations sur les effets socioéconomiques d’une fiscalité carbone et organiser la négociation collective sur les modalités de son introduction. Nous verrons que cette recherche nous fera envisager des défis qui dépassent l’ambition de cette thèse. Mais que faire d’autre que balayer plus largement pour savoir ce qui est essentiel ? Cet examen nous permettra d’introduire les principes de l’approche méthodologique d’ensemble dans laquelle nous nous inscrirons et de justifier pourquoi nous avons retenu en priorité les développements particuliers que nous présenterons dans les chapitres suivants.

Pour effectuer ce tour d’horizon nous procéderons de la façon suivante. Dans une première section, nous introduisons le problème méthodologique général auquel se confrontent les économistes lorsqu’ils cherchent à donner des indications *opérationnelles* sur un projet de réforme. Ce problème, à la fois conceptuel et pratique, est celui de *la modélisation en « second rang »*. Nous verrons que le développement de cette modélisation se confronte à la difficulté d’identifier et représenter les contraintes qui déterminent l’efficacité réelle des projets d’intervention publique. Dans une seconde section, nous identifions et précisons les développements requis pour décrire, dans une même architecture de modélisation, l’interaction de trois ensembles de contraintes qui limitent l’« ère de contrôle » de l’action publique et sur lesquelles se concentrent les désaccords : les techniques et les dépendances énergétiques (section 2.1), l’hétérogénéité des ménages (section 2.2) et la nature des comportements économiques (section 2.3). De cet examen, nous tirerons un cahier des charges pour le modèle numérique et le système de comptabilité que nous présenterons ensuite.

1 Un lien nécessaire entre modélisation de second rang et posture prospective

L'analyse économique des effets « indirects » d'une taxe carbone et des modalités d'usage de ses recettes fut abordée, à partir des années 70, dans le cadre de *modèles d'équilibre général* qui ont la caractéristique de décrire l'interdépendance mutuelle des agents au sein d'une économie¹. Dans un premier temps, la littérature économique est parvenue à des résultats théoriques consensuels dans le cadre du modèle walrassien « de premier rang ». Mais par la suite ce consensus ne s'est pas généralisé aux analyses empiriques qui modélisent des mondes de second rang moins idéaux.

1.1 Nécessité et difficulté du passage à une analyse de second rang

Historiquement, les modélisateurs ont modifié progressivement et marginalement un modèle de référence du fonctionnement de l'économie en cherchant à l'adapter aux questions que pose l'instauration d'une écotaxe. En suivant la tradition de l'Economie Publique, ils partirent du modèle néoclassique d'inspiration walrassienne. Mais en déviant de ce modèle, ils retrouvèrent rapidement les débats théoriques plus généraux sur les écarts entre les résultats des analyses normatives de premier et de second rang.

Le premier pas : l'analyse normative de premier rang

Le point de départ fut de considérer, dans la tradition de l'Économie du Bien-être, qu'une taxe carbone incitative peut être mobilisée pour corriger les marchés qui ne reflètent pas naturellement la réalité des coûts, pour la collectivité, des émissions de CO₂. L'outil fiscal permet de « décentraliser » cette information : les agents émetteurs ont un intérêt économique à réduire leur consommation d'énergies fossiles tant que cela est moins coûteux que de s'acquitter de la taxe. De cette manière, les autorités « internalisent » dans le circuit économique « l'externalité environnementale » d'une manière socialement efficace, puisqu'elles ne créent pas de rentes privées².

Les conclusions normatives de Pigou (1920), obtenues en équilibre partiel, se retrouvent sans altération en équilibre général lorsque l'on retient les hypothèses d'une économie de marché libre et concurrentielle : c'est-à-dire qu'il est optimal (i) de *fixer la taxe au niveau de la valeur marginale des dommages* causés par l'émission d'une nouvelle tonne de CO₂ et (ii) de *restituer les recettes au moyen d'un système de transferts forfaitaires* qui permet de compenser parfaitement les effets redistributifs de la taxe³. De cette manière, on corrige l'externalité environnementale en perturbant le moins possible le système des prix relatifs qui résulte du fonctionnement naturel des marchés.

¹ Rappelons que les modèles d'*équilibre général* se distinguent des modèles d'*équilibre partiel* ; ces derniers ne représentent que les relations d'équilibre entre l'offre et la demande sur un marché isolé, les quantités et les prix des autres biens et services, des autres facteurs de production, etc. étant donnés par des projections exogènes. Un modèle d'équilibre général est un système d'équation plus complexe qui peut comprendre de très nombreuses variables et qui décrit le fonctionnement d'ensemble d'une économie.

² Nous avons noté au chapitre précédent cette raison de la supériorité économique d'une taxe par rapport aux normes et réglementations (cf. chapitre 1, page 23).

³ Tous les transferts forfaitaires n'ont bien sûr pas cette propriété, selon Atkinson et Stiglitz (1980) : « *Lump sum taxes are defined as those that do not depend on any action of the individual; there is no way that he can change the tax liability. [...] It is sometimes stated in textbooks that lump-sum taxes are those that have no effect on behaviour; the correct statement is that they have no substitution effect. The impact of a lump-sum tax is however a pure income effect, and we say that it is non-*

$$T^* = -\frac{\partial D}{\partial CO_2} = T^{P*}$$

La taxe optimale de Pigou

$$\begin{bmatrix} \text{Niveau optimal} \\ \text{de taxe} \\ \text{sur l'énergie} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Dommage marginal} \\ \text{causé par une unité} \\ \text{supplémentaire de } CO_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Taxe} \\ \text{optimale} \\ \text{pigouvienne} \end{bmatrix}$$

Les conclusions pratiques sont donc extrêmement simples et claires : la discussion sur les modalités de mise en œuvre se limite au calcul de la valeur actuelle des dommages futurs D^4 et la seule condition nécessaire à l'*efficacité économique* de l'intervention est que la taxe carbone mise en œuvre soit *uniforme et universelle*, c'est-à-dire identique et appliquée à tous.

Aujourd'hui, ce résultat constitue ce que les économistes ont coutume d'appeler une *solution optimale dans un monde de premier rang (au sens de Pareto)*, car il est établie dans un modèle de l'économie particulier, constitué des hypothèses qui valident les deux théorèmes du bien-être (Arrow et Debreu, 1954). Dans ce monde, les marchés allouent efficacement les ressources, l'externalité environnementale introduite est l'unique cause d'inefficacité et les possibilités techniques, les préférences et la rareté des ressources sont toutes trois données et constituent les seules contraintes qui s'imposent aux agents économiques.

Mais lorsqu'une contrainte supplémentaire empêche la réalisation d'au moins une des conditions d'optimalité de la solution de premier rang, alors la réalisation des autres conditions – qui définissent les modalités d'intervention – n'améliorent plus nécessairement le bien-être (Lipsey et Lancaster, 1956). Les travaux ultérieurs ont donc cherché à rendre compte de l'effet de l'ajout d'autres contraintes. Ce faisant, ils ont cherché à identifier des *solutions optimales de second rang* qui restent valides dans des conditions plus proches de celles que connaissent les décideurs lorsque se pose le problème de la mise en œuvre.

Le second pas : l'analyse normative de second rang de Sandmo

Le glissement majeur fut de considérer, en plus de la nécessité de corriger l'externalité environnementale, celle de financer un bien public par la levée d'impôts indirects. Précédemment, dans le monde de premier rang, il n'y avait aucune rationalité dans le fait de recourir à la fiscalité indirecte car celle-ci pouvait être à tout moment remplacée par un système d'impôts forfaitaires plus efficace. Mais en réalité, *les autorités publiques n'ont pas la possibilité de recourir exclusivement à un système d'impôts forfaitaires pour financer la production de biens publics et redistribuer les richesses sans altérer les propriétés d'efficacité des marchés* (les prix relatifs et l'allocation des ressources)⁵.

distortionary. [...] Lump-sum taxes may vary from individual to individual; it is only required that there is nothing that individual can do to change his liability. » (page 28)

⁴ C'est pourquoi beaucoup de modèles de l'économie du climat, à la suite du modèle DICE/RICE de Nordhaus, se concentrent sur l'évaluation de la fonction de dommage (qui associe à chaque niveau d'émission une valeur monétaire et actualisée des dommages futurs). Ils suivent le principe d'une approche coût-bénéfice étendus aux conséquences climatiques et cherchent à déterminer une « valeur sociale du carbone » au niveau de laquelle fixer la taxe pigouvienne.

⁵ La démonstration théorique remonte à Mirrlees (1971) qui invoque l'asymétrie d'information fondamentale empêchant les autorités fiscales de connaître les caractéristiques exactes de chaque contribuable et ainsi de les taxer en fonction de leur productivité réelle. Un système d'impôt forfaitaire risque par exemple de générer un phénomène de « sélection adverse » aboutissant à une perte d'efficacité économique puisque les travailleurs sont incités à ne pas révéler leur productivité. Nous

Sandmo (1975) montre alors que la fixation du taux de taxe sur l'énergie doit intégrer d'autres considérations : il s'agit non seulement de signaler le coût de l'externalité environnementale, mais aussi de *recourir à cette base fiscale pour financer la production de biens publics si ce recours est économiquement efficace du point de vue de l'allocation des ressources*. Les questions de justice, elles non plus, ne peuvent plus être traitées séparément : l'introduction de l'écotaxe induit une redistribution des coûts et bénéfices de l'atténuation des dommages d'un côté, de la perte de richesse qui résulte d'une moins bonne allocation des ressources de l'autre⁶. Or, sans transferts forfaitaires, les perdants ne peuvent être compensés que par la fiscalité indirecte elle-même. Les objectifs d'environnement, de justice et d'efficacité deviennent donc interdépendants et on ne peut plus les traiter séparément.

Dans ces conditions, le niveau de taxation optimal de l'énergie T^* comprend toujours une composante pigouvienne T^{P*} - qui reflète cette fois encore le coût marginal des dommages⁷ - mais également une *composante de rendement* T^{R*} qui sert à financer le bien public et qui reflète les considérations usuelles d'efficacité fiscale⁸. L'importance relative de ces deux objectifs dans la fixation du taux dépend d'un paramètre η^* qui est appelé le « coût marginal des fonds publics » et qui mesure le gain en termes de bien-être collectif d'une ponction additionnelle sur les revenus privés, pour financer par l'impôt la production de biens publics⁹.

$$T^* = \left(1 - \frac{1}{\eta^*}\right) \cdot T^{R*} + \frac{1}{\eta^*} \cdot T^{P*}$$

La taxe optimale de Sandmo (1975)

Niveau optimal de taxe sur l'énergie en l'absence de transferts forfaitaires	=	Terme croissant avec le coût marginal des fonds publics et l'efficacité de la base fiscale énergétique	+	Terme décroissant avec le coût marginal des fonds publics et croissant avec le coût marginal des dommages
---	---	--	---	---

La solution de premier rang n'est donc optimale que dans des cas particuliers, par exemple si $\eta^* = 1$, dans une situation où l'on jugerait que le bien public est déjà financé à un niveau optimal¹⁰.

revenons sur les limites des transferts forfaitaires dans la seconde section de ce chapitre, lorsque nous discutons la possibilité ou non de traiter séparément, dans l'évaluation, les questions d'équité et d'efficacité (cf. section 2.2 page 59).

⁶ La littérature théorique mesure ces coûts en considérant comment varie la *charge excédentaire de l'impôt*, grandeur qui synthétise la valeur des pertes de production et d'utilité qui incombent au système de fiscalité indirecte. Cette mesure de perte d'efficacité économique, aussi appelée *perte sèche* ou *coût social de l'impôt*, est plus précisément égale à la différence entre la valorisation monétaire de perte de bien-être des agents privés et le rendement fiscal. Cette différence vient des effets de substitution (des intrants dans la production et biens dans la consommation) induits par la fiscalité indirecte qui introduit un écart entre les prix d'achat et les prix de production. Dans le cas où le fonctionnement des marchés est spontanément efficace, le système fiscal est « distorsif » ou « distordant », car il perturbe les signaux-prix qui coordonnent dans l'économie de marché les décisions des agents économiques.

⁷ Bien que Sandmo (1975) prenne soin de faire remarquer que la valeur sociale du carbone diffère de celle calculée en premier rang : « *It does not imply that the marginal social damage is the same under a system of commodity taxation as in the first-best situation [...]. In general, both relative prices and incomes of consumers will differ between the two situations and so, therefore, will the marginal social damage.* » (page 93).

⁸ A savoir, que les énergies fossiles doivent être taxées d'autant plus que leur consommation est inélastique (règle de Ramsey-Boiteux) et que la production du bien public - donc leur financement par la fiscalité - contribue plus efficacement au bien-être social que les revenus privés (règle de Samuelson) ; d'un autre côté, il faut taxer ces énergies fossiles d'autant moins que cela va à l'encontre de l'objectif de redistribution des autorités publiques ; c'est-à-dire, que le fardeau de cette taxation est supporté disproportionnellement par des individus fragiles.

⁹ « *The higher $1/\eta$ is, the higher the marginal value of private income compared with public income, and the lower the tax requirement, given that this is itself derived from an underlying optimization criterion.* » (Sandmo, 1975, pages 94-95)

¹⁰ En effet, dans cette situation l'utilité marginale du revenu public est égale à l'utilité marginale du revenu privé. Il n'est donc pas utile de recourir à la fiscalité énergétique pour lever de nouvelles recettes fiscales.

Pour faire un pas de plus vers le réalisme, on peut introduire le fait qu'en plus de ne pouvoir recourir à des transferts forfaitaires, les autorités fiscales font face à des contraintes d'information qui les empêchent d'anticiper avec exactitude les conditions d'optimalité (T^{P*} , T^{R*} , η^*). Le niveau *effectif* de la fiscalité énergétique, que l'on suppose être le produit du comportement rationnel des administrations, correspond à une anticipation erronée (T^P , T^R , η). La formule de Sandmo suggère alors que la taxation de l'énergie devrait être augmentée dans plusieurs configurations. Or, dans l'état des connaissances empiriques, il ne semble pas que ces conditions soient irréalistes :

- **Si $T^P < T^{P*}$** , c'est-à-dire si *la taxation de l'énergie n'internalise pas complètement les externalités de son usage*. Outre les dommages des émissions de CO₂ sur le climat futur, il faut en théorie prendre en compte les autres externalités : la pollution locale, le bruit, l'insécurité, la congestion, *etc.* Les évaluations françaises présentées dans le rapport Rocard suggèrent plutôt que le niveau de taxation serait de ce point de vue insuffisant en France (Becker, 2009)¹¹.
- **Si $T^R < T^{R*}$** , autrement dit si *l'efficacité fiscale des prélèvements sur l'énergie est sous évaluée*. Ce qui peut résulter d'une mauvaise estimation des paramètres classiques de l'efficacité des prélèvements (par exemple, une surévaluation de l'élasticité des consommations d'énergie), ou de leur effet sur l'usage et l'allocation des ressources¹² ; par exemple, une mauvaise appréciation des inefficacités associées à la consommation d'énergie fossile : une mauvaise anticipation des niveaux de prix futurs, des difficultés et du temps nécessaire à la mutation des systèmes techniques, des gains économiques associés à l'indépendance énergétique, *etc.*
- **Si $\eta < \eta^*$ et $T^R < T^{R*}$** , ce qui est équivalent à considérer que *l'utilité d'une contribution de la fiscalité énergétique aux finances publiques est sous-évaluée* ; autrement dit, si l'énergie s'avère relativement peu taxée par rapport aux autres biens et revenus alors que cela ne se justifie pas du point de vue de l'allocation des ressources et que la priorité portée au financement des biens publics justifie une hausse du niveau général des prélèvements.

Par ailleurs, les deux termes de la formule d'optimalité de Sandmo (la composante de rendement et la composante pigouvienne) intègrent aussi les considérations distributives aux travers de coefficients qui décrivent l'utilité marginale sociale du revenu individuel. Par conséquent, même si le diagnostic collectif sélectionne l'une ou une combinaison des trois conditions précédentes - c'est-à-dire si l'analyse des termes du dilemme entre efficacité économique et efficacité environnementale justifie une hausse des taxes sur l'énergie - cette hausse peut être remise en cause dans le cas où elle serait en contradiction avec les objectifs de justice de la société.

¹¹ Selon cette étude, « La taxe sur le carburant étant un instrument de second rang pour tarifier les 'externalités kilométriques', son niveau optimal est inférieur au montant des externalités kilométriques (ramenées au litre de carburant), d'un facteur de l'ordre de 0.5 » (conclusion de la présentation, diapo. 17).

¹² Le concept d'une « bonne allocation des ressources » est en soit problématique. Au sens le plus général, en théorie économique formalisée, il s'agit de la répartition des quantités de ressources qui correspondent à la solution d'un programme de maximisation sous la contrainte d'un système de prix fictifs (*shadow prices*) qui reflètent « les valeurs sociales des biens ». Toute la difficulté est bien entendu de définir le programme (le modèle de fonctionnement du monde) et l'utilité sociale (le critère du choix). Nous proposons des indicateurs d'efficacité moins synthétiques mais adaptées à l'évaluation aux chapitres 5 (page 158) et 7 (page 244).

Dans l'ensemble, cette *théorie du second rang* montre que le choix de la réforme n'est pas si simple : premièrement, un seul résultat est conservé lors du passage du premier au second rang. Sandmo appelle ce résultat le « principe d'additivité » : la composante pigouvienne ne s'applique qu'au bien qui génère l'externalité, c'est-à-dire l'énergie¹³. Mais par contre, *le niveau optimal de taxation de l'énergie n'est plus pigouvien*. Deuxièmement, *le choix de la structure de l'impôt est désormais dépendant des arbitrages de la collectivité entre les objectifs de préservation de l'environnement, de production de biens publics, de richesse privée et de justice distributive*. Cet arbitrage est lui-même compliqué par l'interdépendance de ces dimensions d'objectif public au sein du système économique, interdépendance qui dépend des hypothèses de second rang retenues. Troisièmement, *les problèmes de mesure et les incertitudes paramétriques se multiplient*. Pour déterminer le dispositif optimal, il faut rassembler de nombreuses données empiriques, notamment sur de nouveaux facteurs techniques – par exemple, les élasticités des consommations – mais aussi sur des paramètres de jugements de valeur qui reflètent la nature des arbitrages entre objectifs.

Ainsi, cet exemple de l'analyse de second rang de Sandmo montre qu'une déviation *a priori* marginale des hypothèses d'une économie de premier rang (l'impossibilité de recourir à un système de transferts forfaitaires) complique considérablement la question pratique du choix du dispositif, que ce soit pour la détermination du taux de la taxe ou pour décider des modalités d'usage de ses recettes. L'identification des caractéristiques empiriques de la « situation de référence en l'absence de réforme » devient centrale puisqu'il faut comparer le niveau de taxation des produits énergétiques avec le niveau optimal avant de procéder à l'ajustement. Cette comparaison doit se faire en considérant non seulement la situation actuelle, celle qui prévaut au lancement de la réforme, mais aussi en anticipant la trajectoire future de l'économie. Cette « contrainte prospective » accroît l'incertitude puisque la détermination du niveau optimal nécessite que le consensus sur la valeur actuelle des dommages climatiques soit étendu aux effets de distorsion des systèmes fiscaux et aux objectifs de la collectivité dans le contexte futur, aujourd'hui inconnu.

Indécision des analyses normatives de second rang

Alors que de nombreuses analyses fondées sur d'autres théories du second rang ont été conduites dans les années 90, on observe dans l'ensemble qu'elle ne convergent pas vers une solution univoque et consensuelle. En particulier, les travaux de la littérature du double dividende ou de la fiscalité optimale soulignent *l'ambiguïté* des résultats normatifs : les solutions optimales identifiées dans des mondes de second rang sont très sensibles aux hypothèses des modélisateurs qui définissent la sous-optimalité de la situation initiale, le fonctionnement des marchés, la nature des contraintes techniques, ou encore, les limites des instruments de politique publique disponibles¹⁴. Par conséquent, à l'origine de *l'ambiguïté des recommandations de second rang* se trouve *la confrontation d'une pluralité de visions du fonctionnement de l'économie contemporaine, également probables* en l'état des connaissances scientifiques.

¹³ Par conséquent, dans le cadre de ce modèle, il n'est jamais souhaitable de corriger l'externalité par un moyen détourné, par exemple en recourant à une subvention des substituts – un crédit d'impôt à la rénovation du bâti – ou à la taxation d'un bien complémentaire – un malus sur l'achat de véhicule polluant.

¹⁴ Ces travaux sont nombreux. Les détailler davantage apporterait peu à notre raisonnement. On trouvera une synthèse des critiques adressées au champ de la taxation optimale chez Salanié (2002), une comparaison des formules d'optimalité obtenues en variant la nature des hypothèses de second rang chez Cremer et al. (1998), et une synthèse des analyses théoriques de l'hypothèse du double dividende fort proposée par Chiroleu-Assouline (2001).

Cette difficulté est liée à un enjeu méthodologique plus général qui fut diagnostiqué dès les années cinquante : les analyses normatives de second rang peuvent aider à identifier des options réelles de réforme, mais il faut un minimum d'accord sur le fonctionnement de l'économie. En d'autres termes, le jugement normatif est très sensible au jugement positif, à *la vision du monde*, au modèle de second rang particulier que l'analyste ou l'acteur utilise pour interpréter la réalité. Or, en raison de la dynamique et des risques futurs du réchauffement climatique, et puisque la prise de décision rationnelle doit considérer de nombreux paramètres marqués d'incertitude, on ne peut attendre qu'une vision s'impose par un processus purement scientifique (Ha-Duong et al., 1997).

De même, en s'élevant à un niveau élevé d'abstraction, Lipsey et Lancaster (1956)¹⁵ furent plutôt pessimistes quant à la possibilité de définir, en dehors des hypothèses du premier rang, des règles robustes et opérationnelles pour la décision publique. Ces auteurs montrent qu'en général, la prise en compte d'une contrainte incompatible avec la solution de premier rang – par exemple l'impossibilité de mettre en œuvre des transferts forfaitaires – peut suffire à perturber toutes les autres caractéristiques d'une solution optimale : l'unicité du prix, la séparabilité du traitement des questions d'équité, etc. Ceci suggère, par extension, que les analyses en second rang sont aisément réfutables au nom du fait que le modèle mobilisé ne fait pas l'objet d'un consensus. Elles seraient trop subjectives, leurs résultats reflèteraient pour l'essentiel les visions particulières du monde retenues. Or, sur un plan politique, ces visions ne sont pas aujourd'hui consensuelles, ni parmi les acteurs, ni parmi les scientifiques. Les solutions optimales de second rang dérivées de ces modèles particuliers sont donc sujettes à caution. Elles risquent de servir une vision singulière, partisane, qui peut être mobilisée dans un but stratégique opposé à l'intérêt général. Sur le plan de la théorie « pure », la démonstration de Lipsey et Lancaster a parfois été utilisée pour justifier le fait de rester dans la construction logique du premier rang qui, bien qu'éloignée de la réalité, a une cohérence interne inégalées (et qui culmine avec l'axiomatique de la théorie de l'équilibre général walrassien).

En fait, Drèze et Stern (1987, page 937) soulignent que d'autres travaux, comme ceux de Guesnerie (1979), ont permis d'exposer les conditions sous lesquelles il existe des règles opérationnelles, raisonnablement simples et utiles pour la prise de décision, lorsque la solution optimale dans un monde de premier rang n'est pas faisable. Il n'est donc pas impossible d'obtenir des propositions de second rang robustes, permettant d'améliorer les choix de gestion des systèmes fiscaux réels, et ce, même sans résolution préalable de toutes les incertitudes et de tous les désaccords sur la complexité du réel. L'essentiel est que la rationalité de ces règles soit acceptée par les parties prenantes de la décision publique. Nous avons défendu l'idée en conclusion du chapitre précédent qu'une « acceptabilité » de ce type peut être obtenue par un processus de dialogue et de délibération, aboutissant à un accord suffisant sur les paramètres les plus controversés ; ici on sort de la théorie pure, car on peut difficilement préjuger du « suffisant » et du « plus controversé » sans étudier précisément la singularité de chaque problème de décision.

Mais si l'on accepte l'idée que dans une négociation collective il est plus facile de s'accorder sur les données du problème (le modèle de l'économie) que sur les valeurs (la hiérarchie des objectifs), alors une analyse de second rang peut contribuer à réduire l'indécision plutôt que

¹⁵ Ces auteurs montrent qu'en général un dispositif optimal identifié sans prendre en compte une contrainte importante à sa faisabilité n'est pas forcément pareto-améliorant pour le bien-être social. Le mettre en œuvre au terme d'un processus de décision fondé sur cette analyse erronée s'accompagnera de conséquences inattendues.

l'accroître si elle aide à isoler les paramètres incertains sur lesquels doit se concentrer la discussion car un consensus à leur sujet est nécessaire pour coordonner les anticipations sur les effets de chaque dispositif de réforme. L'analyse peut ainsi contribuer à organiser la négociation en sériant les difficultés : d'abord celles que l'on rencontre pour obtenir un consensus sur a) les données d'observation et les paramètres incertains du fonctionnement de l'économie, puis sur b) les mécanismes qui expliquent les conséquences induites par chaque dispositif, et enfin seulement, sur c) les raisonnements éthiques qui guident l'arbitrage entre les objectifs. Pour atteindre cet objectif, un seul modèle de second rang n'est pas suffisant, il nous faut une architecture de modélisation qui permette de représenter dans un cadre unique diverses « visions concurrentes du monde ». Pour définir le type d'architecture requis, il nous faut préciser l'information que l'on cherche à en tirer.

Sur la nécessité d'analyses « positives » en second rang

Pour l'étude d'une fiscalité carbone, trois arguments au moins justifient de prendre le risque de s'aventurer dans des mondes distants du premier rang :

- **le cadrage scientifique des controverses** lorsque se confrontent diverses visions du fonctionnement du monde. A partir de leur expérience de la réalité économique, les acteurs se forgent une vision des défaillances de marché et des coûts des politiques envisagées pour y pallier. C'est ce que l'on observe par exemple, dans les débats sur les causes du chômage et les politiques de l'emploi : vaut-il mieux « modérer » les salaires pour favoriser la compétitivité extérieure ou plutôt accélérer leur progression pour stimuler la demande intérieure ? Le fait de concevoir des modèles de second rang force la discussion et la confrontation des diagnostics sur la nature et l'ampleur des inefficacités. Cette approche ne règle donc pas les discussions sur l'état du monde, ni sur les modalités d'un projet, mais organise néanmoins le développement d'échanges, rationalisables sous le contrôle d'une démarche scientifique ;

- **l'analyse de certains problèmes sensibles de mise en œuvre** qui sont minimisés (sinon éludés) dans des mondes voisins du premier rang¹⁶ : il en va ainsi de l'étude des modalités pratiques de résolution du dilemme entre l'exigence d'équité et la recherche d'efficacité, problème qui se trouve au cœur des débats et que nous aborderons par la suite. L'indépendance de ces enjeux est en effet postulée dans un monde de premier rang, alors qu'il s'agit de l'une des difficultés majeures de mise en œuvre. Il en va également de l'efficacité sociale des interventions qui visent à corriger le système des prix de marché quand il existe un écart entre les prix réels et les valeurs sociales des biens, écart dont la mesure nécessite un consensus préalable sur le modèle sous-jacent¹⁷ ;

¹⁶ Dans son article de 1995, Guesnerie discute la validité de certains résultats classiques toujours obtenus dans un monde de premier rang mais pas toujours dans un monde de second rang : « *the statement of some 'vérité première' (something intermediate between a basic truth, veritas indiscutibile, Grundwahrheit, verdad de pugno) will be discussed and sometimes refuted. The first two 'vérité première' concern the efficiency-equity dilemma and lead us to examine the problem of 'Non-convexities and efficiency-enhancing income redistribution' and 'Asymmetric information and the lost virtues of lump-sum compensation'. The titles [...] 'Intricate geometry and the difficulties of optimisation' and 'Second-best social values and the ambiguity of price signals' speak for themselves.* » (page 355)

¹⁷ Il faut notamment recourir à des modèles de second rang pour comprendre qu'un système fiscal n'est donc pas nécessairement *distorsif*, il peut aussi bien-être *correctif* s'il contribue à rapprocher le système effectif des prix de marché de la « valeur sociale des biens » dans un modèle de second rang particulier. Traduit dans les termes mathématiques du contrôle optimal cette proposition est équivalente à la suivante : « *At the second-best optimum, [...] Lagrange multipliers can be associated with the scarcity constraints. As well as in the first-best problem, these Lagrange multipliers provide shadow prices that give the right 'social' valuation of an exogenous manna of extra endowments - or of the endogenous manna that a 'public' investment creates. Hence, the Lagrange multipliers associated with all commodities can be viewed as 'social opportunity costs' or 'social values of commodities'. But contrary to what happens in first-best optimisation, these social opportunity costs do not coincide any longer,*

- ***l'étude des effets systémiques d'une politique dans un monde qui combine plusieurs sources d'imperfections de marché.*** Les discussions sur les effets de la mondialisation illustrent bien le fait que les acteurs se forment des représentations du fonctionnement de l'économie qui se distinguent du modèle de premier rang par bien d'autres facteurs que l'existence d'obstacles aux transferts forfaitaires¹⁸. Ces représentations se confrontent dans les débats actuels sur les politiques à mettre en œuvre pour réduire le chômage, améliorer la compétitivité ou contenir le creusement des inégalités sans porter atteinte à l'activité et aux finances publiques. Dans ces conditions, on peut s'interroger sur le sens même de la démarche historique qui consiste à ajouter une imperfection après l'autre. Le rôle des interactions entre imperfections est de fait crucial : si en déviant « pas à pas » d'une situation d'efficacité naturelle des marchés on remet en cause à chaque pas les résultats antérieurs, pourquoi ne pas envisager aussitôt des sauts plus conséquents ?

1.2 Deux principes d'une réponse méthodologique : prospective et croyances

Nous faisons donc face à un dilemme. D'un côté, *retenir une conception proche du premier rang ne nous permet pas de représenter la réalité des tensions entre la préservation de l'environnement, l'efficacité productive et la justice distributive* (alors que ces tensions se situent à l'origine des difficultés de mise en œuvre) ; une telle démarche peut de surcroît mener à formuler des prescriptions inadaptées, éventuellement dangereuses. Mais d'un autre côté, *les approches qui visent à s'écarter du monde théorique de premier rang se confrontent à l'indécision sur le monde à prendre comme référence* et exposent les économistes à la critique de la justification de ce choix¹⁹.

Nous avons déjà donné, en conclusion du chapitre précédent, une idée de la voie de sortie creusée dans cette thèse. Nous suggérions alors, à la suite d'Henri et d'Hourcade, que si dans un univers incertain et controversé le calcul économique public ne peut donner la solution au problème de décision, il peut néanmoins servir d'*outil de négociation*, en aidant à organiser la synthèse d'informations, le dialogue entre disciplines, et à faire raisonner les acteurs à long terme, au-delà de l'existant, sur des états du monde encore inédits. La philosophie d'une telle approche se distingue de celle du calcul économique standard en ce qu'elle ne cherche pas à identifier *la* solution optimale, mais à préciser dans quelles conditions le choix d'un dispositif peut objectivement, étant donné l'état des connaissances, être jugé préférable à un autre. Il s'agit donc bien de déplacer l'effort d'analyse vers la discussion « positive » à propos de l'économie actuelle et future. Mais il nous faut encore discuter de la façon de procéder pour traduire concrètement cette philosophie en pratique.

at least in general, with market prices.” (Guesnerie, 1995 page 374). Ainsi, en recourant à des modèles de second rang, on peut comprendre l'intérêt de quotas sur la consommation de certains biens (Guesnerie et Roberts, 1984), ou de politiques diverses pour modifier le régime macroéconomique lorsque les processus systémiques qui déterminent les prix ne contribuent pas réellement au bien-être social (Drèze, 1985 ; Arrow et al., 2003).

¹⁸ Nous nous sommes efforcé au premier chapitre de mettre en évidence les écarts entre la vision des économistes et les diverses visions des acteurs des débats à partir de l'économie politique de la récente tentative française. On pourrait aussi compléter ce diagnostic en mobilisant les réflexions récentes, internes à la profession, sur les hypothèses des analyses économiques appliquées aux questions d'actualité (voir par exemple, en France, *le manifeste des économistes atterrés* d'Askénazy et al., 2011).

¹⁹ La réticence à sortir de l'optimalité comme paradigme de représentation du monde est en effet due à la difficulté de proposer des méthodes alternatives : l'indétermination qui caractérise un monde sous-optimal et l'inconfort qui en résulte. Ces désaccords de méthode rejoignent la controverse plus générale sur l'approche scientifique en économie, notamment celle sur la validation des hypothèses nécessaires à la construction des modèles (Malinvaud, 1991, chapitre 10).

C'est à cet objectif que sont consacré le reste de ce chapitre, ainsi que les deux suivants. Nous y présenterons les choix techniques de modélisation et de traitement de données qui nous semblent adaptés à la construction d'un outil de négociation sur un projet de fiscalité carbone. Mais avant de considérer ce cas particulier, il nous faut encore introduire les deux principes généraux sur lesquels nous fondons et apprécions ces développements : *la représentation de la diversité des croyances qu'expriment les acteurs et l'adoption d'une posture prospective sur les états du monde futurs.*

L'enjeu de la coordination des croyances

La représentation des croyances dans le calcul économique vient de l'idée que le fonctionnement de l'économie n'est pas le résultat d'une loi de la nature qui s'impose aux acteurs, une machine comme une autre que l'on peut piloter en recourant à des modèles économétriques estimés à partir de l'observation du passé, mais qu'il résulte d'un processus dynamique liant formation des croyances et autoréalisation. Cette idée est déjà apparue à diverses reprises au long des lignes précédentes et se retrouve aussi dans les réflexions des théoriciens sur les limites de la modélisation économique moderne :

*« In formal theory, an economy is usually described by endowments, preferences, and technology [...]. We think it is important that something more be added: the **beliefs** held by various participants in the economy. "Beliefs" include ordinary expectations and conjectures about prices, incomes, and various aggregates; we also intend the word to cover attitudes and even theories about the way the economy works. The way the economy actually does work can depend on the way the agents believe the economy to work. [...] When there is more than one equilibrium position, policy actions can help to determine which of them the economy eventually finds. Starting from a "bad" equilibrium, policy may be able to push the system into a better one. [...] What may lacking is a **coordination of beliefs**. »*

A Critical Essay on Modern Macroeconomic Theory
Frank Hahn et Robert Solow (1997, page 150-151)

Lors de délibérations, la coordination des croyances sur le fonctionnement de l'économie peut être considérée comme l'étape décisive pour parvenir à la coordination des anticipations sur les conséquences et la désirabilité d'un projet de réforme. L'intérêt que présente un procédé de calcul économique qui cherche à rendre compte de la diversité des croyances est par conséquent double : il est à la fois opérationnel et scientifique.

Sur le plan opérationnel, ce recours devrait favoriser une meilleure appropriation des analyses par les acteurs. Ces derniers expriment une méfiance souvent légitime à l'encontre des modèles économiques qui reflètent une vision particulière du monde, celle du modélisateur (souvent jugée simpliste), ou pire, celle d'une des parties prenantes des débats (et peut alors être jugée partisane). Or, la confiance des acteurs en la neutralité de l'analyse est cruciale ; en particulier, si cette dernière est conçue pour servir à encadrer les négociations. Pour servir de « table de négociation », le modèle doit pouvoir traduire la diversité des croyances qui s'opposent dans les débats. Chaque partie prenante de la négociation peut alors exprimer et expliciter ses points de désaccord sur le fonctionnement du monde et n'a aucune raison de rejeter les résultats de l'analyse. Pour atteindre

cet objectif, l'architecture de modélisation doit être construite sur un mode de représentation qui autorise la formalisation de croyances alternatives, éventuellement opposées ou incompatibles. Nous faisons ici l'hypothèse que si cette propriété est atteinte en pratique, l'outil de modélisation sera doté des caractéristiques *opérationnelles* essentielles requises pour être accepté et utilisé en pratique, lors des *délibérations*, en vue de former les intérêts particuliers et coordonner les croyances²⁰.

Outre cette utilité opérationnelle, sur le plan scientifique, le recours à l'information sur la nature des croyances permet de réduire le problème d'indécision sur le fonctionnement du monde, problème que nous avons identifié plus haut et que rencontrent les économistes lorsqu'ils cherchent à développer des modèles de second rang. Mais il faut alors disposer d'un *cadre cohérent suffisamment large pour rendre compte de la diversité de ces croyances d'acteurs et ne pas réduire l'analyse à une théorie particulière*²¹.

Pour définir les éléments qui composent et délimitent le cadre de modélisation le plus adapté au problème de décision - celui qui couvre les éléments de représentation du monde qui sont à la fois controversés et cruciaux pour l'analyse des conséquences de la réforme, on peut s'appuyer sur l'information tirée de l'étude des controverses. Cette information qualitative est objective, elle garde le modélisateur de sélectionner les hypothèses du modèle par un procédé arbitraire, lorsqu'une démarche de validation/réfutation classique (économétrique ou axiomatique) n'est pas faisable. Par ce procédé, on délimite l'ensemble des mondes de second rang qu'il est pertinent d'explorer pour couvrir les controverses, tout en faisant le bilan de l'état actuel des connaissances et des croyances.

L'utilité de faire « remonter l'information du futur »²²

Parvenir à une coordination des croyances sur l'état et le fonctionnement du monde actuel n'est pourtant pas suffisant dès lors qu'on souhaite décider, non d'une mesure conjoncturelle, mais de la mise en œuvre d'un projet de long terme, comme une politique climatique ambitieuse qui nécessite, non seulement de s'accorder sur un modèle de second rang, mais aussi sur le futur.

Les fondateurs de l'école française de la prospective, Gaston Berger et Pierre Massé²³, soulignaient que l'adoption d'une posture prospective se justifie à plusieurs niveaux : aussi bien par le contexte économique actuel marqué par l'avènement de grandes transitions, que par la réflexion scientifique sur la conduite du calcul économique appliqué à l'évaluation de projets de long terme.

Le problème scientifique que pose la conception de projets de long terme est par ailleurs singulier : il est critiquable de raisonner aujourd'hui en pensant au long terme avec des modèles de

²⁰ Une remarque est nécessaire pour préciser le lien entre la notion que nous utilisons ici - la « coordination des croyances » - et la notion proche évoquée en conclusion du premier chapitre : le besoin d'une « coordination des anticipations » sur les effets de dispositifs alternatifs de réformes. Dans le chaînon de causalité Dispositif → Effet, l'implication cache un modèle de fonctionnement du monde. Par conséquent, nous prêtons à la coordination des anticipations un sens plus large que la coordination des croyances, mais cette dernière est une condition de la coordination des anticipations.

²¹ Remarquons que la représentation des croyances pose un problème singulier ; les croyances sont transversales, elles s'expriment sur les autres éléments classiques de la théorie formelle (par exemple ceux de Hahn et Solow : les dotations, les préférences et les technologies). Ceci définit donc un cadre de modélisation minimal : celui qui est nécessaire et suffisant pour englober la diversité des croyances qui se trouve à l'origine des controverses sur le fonctionnement du monde.

²² Expression due à Claude Henry et reprise par Hourcade (1998).

²³ Cf. Berger et al. (2007), *Textes fondamentaux de la prospective française*, et Massé (1965), *Le Plan ou l'anti-hasard*.

second rang du passé ou du présent. En reprenant les mots de l'écrivain Paul Valéry, « on aborde le futur à reculons ». On peut parvenir à des solutions différentes selon que l'on raisonne dans un *temps du projet* et dans le *temps de l'histoire* ; c'est en effet à partir de cette distinction que Dupuy défend l'idée que « l'erreur de base des recherches en « économie institutionnelle » au sens large est probablement de se situer exclusivement dans le temps du projet » car « il est fréquent qu'un même problème admette plusieurs théories autoréalisatrices, chacune étant porteuse d'une expérience propre au temps du projet. La question se pose alors de savoir laquelle va émerger, et comment les agents vont se coordonner sur elle. Ma thèse est qu'il n'y a de réponse à cette question que dans le temps de l'histoire »²⁴. Or, l'utilité réelle du calcul économique dans l'adoption d'un projet vient de ce qu'il permet de vérifier sa rationalité économique, c'est-à-dire sa conformité avec un état futur souhaité. Comme l'a souligné Gabriel Dessus, c'est une « reconstruction fallacieuse *a posteriori* » de dire que le projet a été déterminé par le calcul économique²⁵. La dimension prospective est donc nécessaire car elle offre un cadre au calcul économique : elle nous fait discuter des états du monde réalisables dans le futur, elle offre une « table des situations » (Paul Valéry).

On peut en effet remarquer que monte aujourd'hui la prise de conscience de la nécessité d'une réforme fiscale qui, au-delà des exercices standards de révision générale des prélèvements obligatoires, doit adapter les finances publiques aux grands bouleversements du monde qui se réalisent à des rythmes rapides et différenciés : affirmation des pays émergents comme compétiteurs industriels, vieillissement démographique, accroissement des inégalités, évolution des relations sociales et des structures familiales, etc. La rapidité de ces phénomènes contraste avec l'inertie qui caractérise l'évolution des systèmes fiscaux. L'exercice prospectif est alors essentiel pour déterminer comment relever ces défis de long terme et éviter que la dérive des systèmes fiscaux ne finisse par mener à une « crise de l'Etat Providence »²⁶ ; il l'est d'autant plus que les phénomènes et les objectifs se sont complexifiés avec la mondialisation. Les éléments de conjoncture à considérer pour évaluer les projets publics sont donc eux aussi multipliés.

La littérature énergétique a donc naturellement, depuis les années 70, contribué à développer des techniques et des outils pour améliorer cette capacité prospective. Mais si cette orientation constitue la clef de voûte de ce domaine de recherche, il n'en va pas de même dans les analyses économiques de la fiscalité, qui sont conduites avec des modèles où la temporalité est plus imprécise²⁷. Par conséquent, les développements envisagés devront autoriser, en plus de la représentation d'une diversité de croyance, sinon une description, du moins une prise en compte, de l'historicité de la décision publique et des états du monde jugés réalisables à un horizon donné. Nous verrons que ceci demande de rassembler beaucoup d'information empirique dans un tout cohérent, évidemment sur la conjoncture future, mais aussi sur la situation initiale, car ce n'est qu'en référence à un état actuel que l'on peut délibérer et s'accorder sur ce qui est à la fois souhaitable et faisable.

²⁴ Dupuy (1991), note 17, page 131.

²⁵ « Les principes généraux de la tarification dans les services publics », Dessus (1971, page 264).

²⁶ Pour faire référence à la littérature du *Welfare State* dont l'objet est justement d'étudier l'historicité et de comparer les formes d'Etat-providence et leurs processus d'évolution sous l'effet des mutations socioéconomiques (voir notamment, « *Welfare states in transition: national adaptations in global economies* », Esping-Andersen, 1996).

²⁷ Celles-ci sont en fait dominées par les techniques de microsimulation qui se limite à l'étude d'effets en équilibre partiel et à court terme (voir le site de simulation mis en ligne par Landais, Picketti et Saez en 2011 : *Pour une révolution fiscale*).

2 Les déterminants de trois ensembles de contraintes sur l'action publique

Ces principes généraux établis, il nous reste à définir les contours de ce cadre de modélisation dans le cas qui nous occupe : l'étude empirique d'un projet de fiscalité carbone en France. Pour couvrir le champ des controverses que l'on rencontre à propos des conséquences de la réforme, nous nous fixons comme objectif de construire un cadre de modélisation qui représente avec cohérence un système d'interactions entre trois ensembles de contraintes (Tableau 4) :

1. *les contraintes techniques qui déterminent la dépendance des agents aux énergies fossiles*
2. *l'hétérogénéité des ménages qui détermine leur vulnérabilité relative à la réforme*
3. *la nature des comportements qui déterminent les effets indirects, induits par la réforme*

Nous allons, dans les trois sections suivantes, examiner les enjeux de la représentation de ces contraintes, avec l'objectif d'identifier des solutions de modélisation techniquement réalisables.

Contraintes	Incertitudes et controverses	'Consommateurs'	Syndicats	Patronat	Gouvernement
Techniques et dépendance aux énergies fossiles	Sur les possibilités de substitution des ménages	A	B	B	B
	Sur les possibilités de substitution des entreprises	0	B	A	B
Hétérogénéité des situations	Sur l'hétérogénéité des consommations et des potentiels de substitution	A	B	B	B
	Sur la répartition des revenus et des emplois	B	A	0	0
	Sur l'incidence du système des prélèvements obligatoires dans son ensemble	B	A	A	0
Nature des comportements	Sur l'efficacité des politiques budgétaires et fiscales	0	B	A	A
	Sur les termes de la compétitivité et de l'attractivité nationale	0	B	A	A
	Sur le rapport salarial : - marché du travail - partage de la valeur ajoutée	B	A	0	0

A : composante majeure de l'argumentation ; **B** : composante mineure de l'argumentation ; **0** : composante absente de l'argumentation.

Remarque : il s'agit d'une vision évidemment très schématique des débats ; cette lecture se fonde sur les éléments apportés au premier chapitre et en particulier sur les « Positions et argumentation des parties prenantes » (Tableau 2, page 14), le « Poids du contexte et visions a priori » (pages 25-29) et sur « des controverses insuffisamment traitées » (pages 29-39).

Tableau 4 L'information tirée de l'analyse des controverses :
cadre de modélisation et système de croyances

2.1 Les contraintes techniques et l'évolution des besoins en énergie

La justification d'une taxe incitative repose sur l'hypothèse qu'il est possible de découpler le développement économique d'un recours intensif aux ressources fossiles. Ce sont les potentiels d'évolution technique qui conditionnent l'efficacité de l'instrument, tout comme d'ailleurs son incidence sur les différentes activités et les divers groupes de population²⁸. Or, estimer avec réalisme ces potentiels est un exercice particulièrement difficile ; il faut tenir compte d'un côté, des *inerties des systèmes techniques actuels* et au-delà des contraintes à un *changement structurel*. L'évolution des besoins en énergie carbonée dans le système économique résulte en effet de la nature et de l'ampleur à la fois des limites à la libération des potentiels techniques et technologiques disponibles et des interdépendances complexes entre les choix techniques, les changements de localisation et l'évolution des modes de consommation (Hourcade, 1993)²⁹.

Les limites des pratiques standard de représentations du changement technique

C'est en spécifiant les marges de manœuvre techniques disponibles que les modélisateurs distinguent les trajectoires de développement *potentielles* des trajectoires qui ne sont pas *techniquement réalisables* et délimitent ainsi une *frontière des possibles*. Historiquement, les représentations du changement technique ont donné lieu à des controverses permanentes entre deux pratiques historiques de modélisation (Grubb et al., 1993)³⁰.

- **L'analyse technico-économique** est fondée sur une *représentation explicite et précise des systèmes techniques* engagés dans les processus de production et de consommation. Les ingénieurs qui la développent se limitent généralement à l'étude d'un secteur particulier : l'énergie, les transports, le bâtiment, l'agriculture, etc. Elle prend soin de tenir compte des contraintes physiques, technologiques et économiques qui caractérisent le secteur étudié et elle se fixe comme objectif d'identifier précisément les choix techniques disponibles et d'évaluer si la rentabilité attendue couvre les coûts d'investissement. Ces analyses portent une attention particulière à la dynamique du processus : la rapidité avec laquelle on peut espérer faire « pénétrer » les nouvelles technologies bas-carbone, étant donné les informations dont on dispose sur la durée de vie des équipements, des infrastructures et des capacités productives, les taux de renouvellement et de rénovation du bâti, l'évolution attendue de la demande, etc. L'évaluation des potentiels et des coûts résulte alors d'une démarche ascendante (dite « *Bottom up* »), par laquelle les résultats obtenus à l'échelle sectorielle sont agrégés pour atteindre le niveau national.

- **L'analyse macroéconomique** se fonde, elle, sur une *représentation très stylisée et agrégée des systèmes techniques* mais qu'elle incorpore dans une vision plus complète des interdépendances mutuelles qui caractérisent le fonctionnement de l'économie. Les développements apportés pour

²⁸ Les désaccords au sujet de ce que nous avons appelé les « potentiels de décarbonisation » nourrissent aussi les débats sur l'efficacité relative du signal prix par rapport à celle des autres instruments d'intervention : réglementaires, informationnels, etc. (cf. chapitre 1, page 33).

²⁹ Les conceptions les plus larges envisagent le changement technique comme « le résultat de l'interaction permanente entre (i) des possibilités technologiques existantes, et forcément celles qui sont déjà 'installées' dans les équipements et infrastructures en place, (ii) des usages et des comportements courants, responsables de l'évolution de la demande, (iii) du contexte économique général, des prix relatifs - qui conditionnent la profitabilité respective des différentes technologies - et du revenu disponible - qui conditionne la capacité de financement des nouveaux équipements et des nouvelles infrastructures » (Crassous, 2008, page 87).

³⁰ Ces deux traditions de modélisation se sont notamment illustrées en s'opposant dans la controverse sur l'existence d'un « *energy efficiency gap* » et sur la possibilité de mettre en œuvre des politiques de changement technique « sans regret ».

l'étude des politiques climatiques concernent essentiellement les conditions d'un *changement technique endogène et induit par les prix*³¹ dans une économie de marché où l'innovation résulte, non seulement des sources de progrès techniques sectoriels (effort en R&D, apprentissage par la pratique, etc.), mais aussi de la disponibilité en ressources pour investir et embaucher, de l'évolution simultanée de la demande finale des ménages et des demandes des autres secteurs d'activité (analyse *input-output*) ; autant de variables qui sont données et supposées indépendantes de l'évolution des systèmes techniques dans l'analyse technico-économique. Le changement technique n'est donc plus un phénomène sectoriel circonscrit, mais un *phénomène systémique* contraint en premier lieu par la nature des relations entre l'offre et la demande sur les marchés.

Si les limites des modèles technico-économiques sont évidentes et assumées par leurs constructeurs - à savoir que le raisonnement néglige toute rétroaction du changement technique sur le reste de l'économie – il faut entrer dans des considérations techniques pour saisir celles qui caractérisent les modèles macroéconomiques. Leurs limites viennent de la façon dont est traditionnellement représentée et estimée la réponse des systèmes techniques à une évolution du prix relatif des intrants (les possibilités de substitution des intrants dans la production).

Le contenu physique de l'économie n'apparaît pas explicitement, il est traité par « subrogation » (Samuelson, 1962), c'est-à-dire en représentant d'une façon synthétique des relations de complémentarité/substituabilité entre des agrégats d'intrants - le capital productif, le travail et, d'une façon similaire, les autres consommations intermédiaires comme l'énergie – au moyen de *fonctions de production agrégées* au lieu d'une description technico-économique explicite des différents procédés (Gherzi et Hourcade, 2006). Si ce principe d'une description synthétique des techniques au moyen d'une fonction de production agrégée n'est pas remis en cause, l'hypothèse d'une fonction immuable l'a été, tout comme son estimation à partir de données monétaires tirées de l'observation du passé et sans aucun recours aux grandeurs physiques (Ayres et Warr, 2009).

Historiquement, ce procédé d'estimation fut initié par Solow qui le présente comme une « astuce »³² pour répondre à la théorie du modèle de croissance de Harrod. Elle consiste à « révéler » économétriquement les paramètres du changement technique dans la fonction de production agrégée (les élasticité de substitution) en recourant d'une part, aux données historiques sur la part de la rémunération du travail et de la propriété dans le revenu nominal, et d'autre part, à l'hypothèse selon laquelle ces facteurs sont rémunérés à leur productivité marginale (Solow, 1957). Cette pratique fut ensuite étendue dans les années 80 au paramétrage de modèles plus désagrégés (multisectoriels), avant de devenir une pratique dominante en analyse appliquée³³.

Mais ce procédé pose problème dès lors que l'on souhaite étudier un changement non marginal et inédit des systèmes énergétiques, comme dans le cas d'une politique climatique. D'une

³¹ Dans le quatrième rapport du GIEC les progrès sur ce chantier majeur de la modélisation macroéconomique sont clairement reconnus : *“A major development since the TAR has been the treatment of technological change in many models as endogenous, and therefore potentially induced by climate policy, compared to previous assumptions of exogenous technological change that is unaffected by climate policies.”* (Barker et al., 2007, section 11.5.1). Le progrès technique était en effet traité initialement dans la théorie de la croissance comme un phénomène « *exogène et autonome* » (cf. Sassi, 2008).

³² « *I did have a new wrinkle in mind: to use observed factor prices as indicators of current marginal productivities, so that each observation would give me not only an approximate point on the production function but also an approximate indication of its slopes.* » (Solow 1988, page 313).

³³ L'auteur qui a le plus contribué à systématiser cette pratique dans le domaine énergétique est Jorgenson (Jorgenson et Fraumeni, 1981).

part, les estimations économétriques à partir des statistiques de la part des coûts de l'énergie reflètent mal les complémentarités réelles entre capital et énergie (Frondel et Schmidt, 2002)³⁴. D'autre part, ces estimations sont extrapolées dans l'espace de variation des prix relatifs au-delà du domaine expérimenté historiquement, et ce, en choisissant arbitrairement des fonctions de production « well-behaved » (régulières) qui ne dérivent d'aucun travail empirique pour cerner la réalité des techniques. Ainsi, dans de nombreux cas, le recours à des élasticités de substitution constantes ne tient pas compte des effets de saturation dus aux inerties des infrastructures, des équipements et des localisations (Gherzi et Hourcade 2006).

Par ailleurs, ce procédé est contraignant pour modéliser des mondes de second rang. Le lemme de Shephard, qui permet de déduire des quantités d'énergie à partir d'une information sur les coûts, n'est valide que pour certaines hypothèses concernant le comportement des producteurs ; l'astuce est de ce point de vue ancrée dans la tradition de l'analyse de premier rang, car elle suppose que l'évolution de la structure des coûts reflète des ajustements faits au voisinage d'un optimum. Il existe donc un risque d'interpréter l'évolution historique de la rémunération des facteurs de production comme le résultat de contraintes techniques immuables, alors qu'il est tout autant possible, si on se réfère à un modèle de second rang, qu'elle reflète surtout le jeu d'autres contraintes, comportementales, physiques ou sociales, qui sont propres à un contexte historique singulier et ne sont pas forcément optimales.

Au total, le fait de recourir à cette pratique pour simuler les effets futurs d'un doublement ou triplement des prix de l'énergie peut aussi bien nous amener à envisager des états techniques irréalistes, susceptibles à l'extrême de violer les principes de la thermodynamique (Lindenberger et Kümmel, 2011)³⁵, ou au contraire, à juger que des états réalisables sont en fait techniquement impossibles.

L'hybridation et le contrôle des analyses du changement technique

En fait, cette astuce, nécessaire en son temps, n'est plus aujourd'hui requise. Les approches des ingénieurs et des macroéconomistes ne sont pas incompatibles ; elles se focalisent simplement sur des aspects et des niveaux d'agrégation différents³⁶. Ces approches apportent des éléments complémentaires pour décrire les potentiels et les contraintes d'un changement structurel profond qui suppose, non une évolution autonome des systèmes techniques, mais une mutation conjointe et

³⁴ On ne rentrera pas ici dans le détail de la littérature fournie qui vise à estimer économétriquement la complémentarité/substituabilité de l'énergie aux autres facteurs de production ; on notera simplement que ces travaux se confrontent à de nombreuses difficultés : distinguer des élasticités de court et de long terme (Espey, 1998), tenir compte du caractère erratique des prix de l'énergie et d'effets d'irréversibilité ou d'asymétrie à la hausse ou à la baisse (Meyer et von Cramon-Taubadel, 2004 ; Hamilton, 2003), prendre en compte l'évolution de la qualité réelle des équipements ou l'effet d'autres signaux-prix, comme la hausse des prix de l'immobilier qui est un facteur important de la demande de mobilité à long terme (Gusdorf et Hallegatte, 2007) ; il ne décrivent pas non plus l'évolution des déterminants techniques et spatiaux des besoins essentiels des ménages et des asymptotes à l'amélioration de l'efficacité énergétique des procédés, des équipements et des bâtiments. Enfin, l'absence de données de panels sur longue période et de catégories de ménages variées, rend impossible une évaluation de l'hétérogénéité des comportements sur la durée (Calvet et Marical, 2011).

³⁵ En effet, les fonctions de production incorporent souvent des élasticités de substitution constantes qui ne tiennent pas compte des effets de saturation dus aux inerties des infrastructures, des équipements, des localisations à un horizon donné. Par ailleurs, le recours à une fonction de production constante à différents horizons néglige aussi les déformations de la frontière des possibles, dans le temps, en raison du processus d'innovation (Gherzi et Hourcade, 2006).

³⁶ La première met l'accent sur les informations qui permettent de dire si une trajectoire technique est *physiquement* réalisable, tandis que la seconde étudie plutôt si cette trajectoire est *économiquement* faisable étant donné les interdépendances qui caractérisent le fonctionnement d'une économie.

compatible des techniques, des relations économiques et des modes de vie³⁷. Pour faire le lien entre les dimensions techniques et économiques, il faut concevoir des approches qui puissent faire le pont.

Des *modèles « hybrides »* ont donc été développés pour établir un dialogue entre ces deux domaines d'expertise, sur les déterminants techniques et économiques d'un changement structurel induit (Crassous, 2008). Ces avancées méthodologiques ont permis de synthétiser les connaissances et de clarifier le rôle des croyances sur la nature des contraintes techniques pour l'élaboration et le choix des politiques climatiques (Gherzi, 2003 ; Sassi, 2008). Dans le cas d'un « couplage fort » des deux approches, il est tenté de pallier leurs limites respectives en combinant avec cohérence, dans une même architecture de modélisation, des descriptions réalistes et précises des technologies, des comportements et des interdépendances macroéconomiques (Hourcade et al., 2006).

Ces développements sont nécessaires pour explorer des mondes prospectifs au contenu physique inédit, sans pour autant perdre le contrôle de l'interface entre système économique et réalisme technique. Mais ils exigent un travail préalable de recueil et de traitement de données en amont de la construction du modèle. Les modèles macroéconomiques standards sont en effet construits exclusivement à partir des données monétaires de la comptabilité nationale - parfois mises sous la forme d'une « matrice de comptabilité sociale » - et ce, bien qu'ils reposent sur le principe de l'axiomatique d'Arrow-Debreu : la représentation duale des flux de biens et services dans l'économie en quantités et en valeurs. Mais les quantités ne sont pas décrites au moyen de grandeurs physiques, elles sont déduites des données monétaires sous l'hypothèse d'un prix fictif normalisé. Or, la synthèse des connaissances disponibles sur les possibilités d'un changement structurel profond requiert un dialogue entretenu entre économistes et ingénieurs puisqu'il s'agit d'un processus d'innovation complexe. Mais ce dialogue ne peut s'organiser sans l'adoption d'une description commune du contenu physique (réel) de l'économie.

Cela suppose *la construction préalable d'une comptabilité hybride* qui ne déduit pas les quantités de données monétaires mais utilise l'information contenues dans des *bilans de matière* qui comptabilisent les quantités en unités physiques, par source d'approvisionnement et par usage.

Cette traduction opérationnelle du principe d'Arrow-Debreu - sans recours à des formes fonctionnelles « bien-élevées » pour représenter l'espace des possibilités techniques - n'était pas envisageable auparavant en raison des techniques de modélisation, des contraintes calculatoires et du manque de données. Mais l'explosion des potentiels de calcul, des méthodes de récupération d'information ainsi que la disponibilité d'un plus grand nombre d'enquêtes statistiques rendent possibles ces développements. La construction d'un *système de comptabilité hybride en unités monétaires et physiques* est aujourd'hui faisable mais ce que nous appellerons **les techniques d'hybridation des flux de matière** - les principes et manipulations grâce auxquels on parvient à un

³⁷ On observe historiquement que les deux catégories de modèle ont été mobilisées pour illustrer des visions plus ou moins optimistes ou pessimistes sur les marges de manœuvre technique. Il existe tout de même un lien historique entre les croyances et les cultures des modélisateurs ; en caricaturant, on peut y distinguer deux extrêmes : une confiance sans faille dans le progrès technologique et une croyance excessive dans l'efficacité des marchés. Ainsi, de nombreuses expertises d'ingénieurs, comme celles du groupe Mc Kinsey (2009), font apparaître d'importants potentiels de baisse d'émissions à coûts négatifs (un gain dû à la pénétration d'une technologie moins onéreuse), menant à penser que la transition vers une économie bas-carbone ne coûterait rien. De leur côté, les analyses macroéconomiques réduisent parfois les réponses aux prix à des réflexes quasi pavloviens, négligeant l'ampleur des inerties, et donc, le temps nécessaire au renouvellement des infrastructures, des équipements et à la diffusion des innovations ; mais elles négligent surtout, bien souvent, les possibilités d'un phénomène de rupture profonde, d'une bifurcation inédite des systèmes techniques.

système de tableaux statistiques cohérent en partant de sources de données physiques et monétaires diverses - ne sont pas encore réalisées par les statisticiens, ni répandues dans la communauté des modélisateurs.

Nous décrirons au chapitre 4 l'élaboration d'une compatibilité hybride et nous verrons qu'elle présente pour l'analyse deux intérêts majeurs³⁸.

- *Elle améliore l'évaluation de l'effet de l'introduction d'un prix du carbone dans l'économie.* Nous verrons qu'elle aboutit à une description différente des flux d'énergie dans l'économie, ce qui a un effet sur l'évaluation des effets macroéconomiques et distributifs d'une taxation du carbone. Selon la méthode mise en œuvre, non seulement le poids économique des flux d'énergie dans l'économie est modifié (leur valeur ajoutée marchande), mais le sont aussi l'attribution des consommations d'énergie et des émissions de CO₂ (aux ménages et secteurs productifs) et la description de l'hétérogénéité des tarifs d'achat auxquels sont soumis les agents économiques. La mise en œuvre ou non de l'hybridation détermine donc l'évolution respective des coûts de production des secteurs productifs et du pouvoir d'achat des populations de ménages. L'hybridation est particulièrement importante dès lors que l'on envisage une politique non marginale, par exemple un niveau de taxe carbone de plusieurs centaines d'euros qui est atteint sur une période de 20 ans³⁹.

- *Elle assure le contrôle du réalisme d'évolutions techniques simulées*, car elle donne des indicateurs physiques (« Tonnes équivalent pétrole » d'énergie, m² de surfaces habitées, passager-km parcourus, etc.), nécessaires pour borner les possibilités d'économie d'énergie à un horizon donné et contrôler la crédibilité des effets de substitution induits par de hauts niveaux de taxe et de prix des énergies. Ces indicateurs sont nécessaires pour mobiliser, au niveau de description agrégé, l'information des analyses technico-économiques sur l'efficacité énergétique et l'inertie des stocks existants d'infrastructures ou d'équipements. Ces indicateurs non monétaires permettent aussi d'intégrer dans l'analyse les informations disponibles sur le rythme de renouvellement des équipements (par exemple, la rénovation du bâti), sur le temps que demande l'adoption de nouvelles techniques, et sur l'évolution des quantités d'énergie nécessaires pour produire et satisfaire les besoins essentiels des populations (mobilité, chauffage, alimentation, etc.). L'hybridation offre donc une interface pour organiser le dialogue et représenter la diversité des croyances d'acteurs sur les « potentiels de décarbonisation » et la capacité d'un signal-prix à les libérer⁴⁰.

³⁸ Nous développerons ces points par la suite. Au chapitre 4, nous montrerons en quoi l'hybridation modifie la description quantitative des flux d'énergie dans l'économie à partir des statistiques françaises (section 1.2, page 123). Au chapitre 5, nous illustrerons l'importance de cette description pour l'évaluation en étudiant analytiquement les effets de la réforme sur l'activité et l'emploi à partir d'un modèle d'équilibre général très simple (section 2.1 à 2.3, pages 163-172). Une démonstration plus complète de l'influence des techniques d'hybridation sur les évaluations fait l'objet d'un article à paraître (titre provisoire : « *How to build a statistical system to evaluate climate policies? Methods of hybridizing energy flows in physical and monetary unit* »).

³⁹ Dans ces circonstances, si la métaphore du « ragoût fait d'un éléphant et d'un lapin » de Hogan et Manne (1977) n'est plus valide, à savoir que ce qui arrive dans le secteur énergétique (2% du produit intérieur brut en France) ne peut être négligé dans l'analyse des effets macroéconomiques de la réforme.

⁴⁰ La façon de formaliser, d'une façon simple, différentes croyances sur les potentiels techniques est présentée au chapitre suivant (cf. page 83 du côté des ménages et page 88 du côté des systèmes productifs).

2.2 L'hétérogénéité des ménages et les liens entre distribution et croissance

Dans la théorie moderne des incitations, l'asymétrie d'information entre les administrations publiques et les agents privés limite en pratique la vertu des transferts forfaitaires. Contrairement à l'analyse de Sandmo⁴¹, il est possible de recourir à ces derniers pour redistribuer les richesses, mais il devient pratiquement impossible de ne pas introduire une réaction des ménages qui risquerait d'altérer l'allocation des ressources. C'est pourtant sur cette hypothèse de travail que repose la grande majorité des évaluations d'un prix du carbone, qui estiment, d'un côté, le coût global des projets de réformes, et de l'autre, leurs effets redistributifs⁴². En fait, en se penchant sur les données disponibles, on observe que les conditions requises en théorie ne sont pas réunies en pratique.

Les conditions d'une séparabilité de traitement ne sont pas réunies

En théorie économique, le critère de Pareto (1896)⁴³ sert à juger si un projet est susceptible d'améliorer l'état social. Un projet est *strictement efficace au sens Pareto* s'il améliore la situation d'au moins une personne sans dégrader celle d'aucune autre, ce qui est théoriquement attrayant ; mais il est rare, en pratique, qu'un projet passe le test (même en supposant que le fonctionnement du monde fasse l'objet d'un consensus). Le critère que proposent Kaldor (1939) et Hicks (1939) est plus pragmatique : le changement induit par le projet sera jugé souhaitable pour la société si ceux qui y perdent sont compensés intégralement par ceux qui y gagnent et qu'au moins une personne y gagne toujours. On juge alors que le projet est « *potentiellement Pareto-efficace* ».

Si l'on admet la faisabilité de cette compensation intégrale, il n'est alors pas nécessaire, pour évaluer la désirabilité d'un projet, de prendre en compte les jugements de valeur sur la distribution des richesses ; il suffit d'en étudier les effets agrégés (à l'échelle de l'économie pour une politique domestique). C'est sur ces bases que repose l'approche coûts-bénéfices classique de l'économie de l'environnement qui a été suivie par les commissions Quinet et Rocard⁴⁴. Cette approche justifie l'application d'un prix unique du CO₂, non différencié selon les ménages, pour les raisons d'efficacité économique globale que nous avons présentées au premier chapitre. Mais bien sûr, ceci ne dispense pas, si les conséquences distributives du projet vont à l'encontre des considérations éthiques, de les mesurer pour élaborer un système de compensation. Ce raisonnement justifie simplement la séparation des analyses.

Bien entendu, si, comme dans l'analyse de Sandmo, on suppose qu'aucun instrument spécifique de redistribution n'est disponible, il devient nécessaire de tenir compte des effets

⁴¹ Cf. section 1.1, page 42.

⁴² Les modèles technico-économiques ou macroéconomiques évoqués précédemment s'affranchissent d'une représentation de l'hétérogénéité des ménages ; ils reposent sur l'hypothèse d'un « ménage représentatif unique ».

⁴³ Pareto donne une définition de son critère de « maximum d'ophélimité » pour la société dans sa note 2, paragraphe 721 de son *Cours d'Economie Politique* (pages 92-94 de l'édition de Droz, 1964). Cette définition suppose que le surplus de richesse qu'il est possible de produire peut être « distribué d'une manière convenable » (page 93).

⁴⁴ En pratique, cette approche est construite sur l'hypothèse que les évaluations monétaires des coûts et bénéfices peuvent simplement être sommées sans pondérations. Formellement, le test prend la forme de $\text{Max}_{\{q_i\}} \sum_{i=1} [B_i(q_i) - C_i(q_i)] \rightarrow q_i^*$, où q_i représente l'abattement de CO₂ par source i , $Bi(.)$ le bénéfice et $Ci(.)$ le coût associés à l'abattement par la source i , et qi^* le niveau d'abattement optimal. Au sujet de l'élaboration des politiques climatiques, la démarche consistant à traiter séparément ces questions a même été théorisée (voir la « *comprehensive approach* » de Wiener et Stewart, 1992).

distributifs lorsque l'on détermine le taux de taxe. En théorie, on devrait différencier les prix (théorème Bowen-Lindhall-Samuelson), comme le montrent Chichilnisky et Heal (1994) dans le cas de la fourniture des biens publics, ou fixer la taxe à des niveaux plus bas que le niveau pigouvien (Cremer et al., 2003).

L'argument classique alors avancé pour justifier la faisabilité d'une compensation monétaire satisfaisante est que les autorités publiques disposent de moyens de redistribution directs et efficaces (taxation progressive des revenus, transferts sociaux, etc.)⁴⁵. Mais Drèze et Stern (1987) soulignent que cet argument ne justifie pas d'ignorer les implications distributives des projets, car il y a toujours une incertitude sur la faisabilité de cette compensation et même si elle réalisable, sa mise en œuvre a toujours un coût pour la société ou pour certains agents économiques⁴⁶. Or, dans le cas de l'introduction d'une taxe carbone, plusieurs arguments vont en ce sens.

- Premièrement, *l'information est insuffisante pour élaborer une compensation forfaitaire intégrale*⁴⁷. Le système de compensations monétaires ne peut qu'être imparfait : l'impossibilité d'isoler d'une manière satisfaisante les ménages les plus vulnérables a contribué au sentiment d'injustice lors de la récente tentative française ; par exemple, un habitant des banlieues contraint de travailler avec des horaires atypiques ne peut utiliser les transports en commun, or il était prévu qu'il reçoive la même compensation qu'un parisien, plus riche et moins contraint à utiliser son automobile⁴⁸. Même si l'on pense pouvoir observer l'hétérogénéité des situations individuelles, cela ne saurait se faire sans d'importants coûts de recueil d'information et d'administration.

- Deuxièmement, *il est difficile d'évaluer monétairement l'ensemble des conséquences distributives*. Cela demande de prendre en compte les effets distributifs indirects qui découlent des changements macroéconomiques induits par le dispositif de réforme (la taxe carbone et les modalités d'usage de ses recettes). Les difficultés viennent aussi du fait que la formation des vulnérabilités est un phénomène multidimensionnel et dynamique, qui évoluera selon la nature et l'ampleur des mutations structurelles induites et avec les facteurs d'inclusion sociale : spatiaux (nouvelle répartition des activités et des zones d'habitation) et économiques (quantité, qualité et répartition des emplois et des salaires dans la nouvelle économie formelle).

- Troisièmement, *la définition et la désignation des plus vulnérables est difficile et conflictuelle*. Il existe des éléments d'espoir (mais aussi de crainte) que le changement structurel de l'économie contribuera à délier (ou bien à accroître) les tensions sociales accumulées : croissance des inégalités nationales, segmentation du marché du travail, chômage, rapport salarial, etc. Même en supposant

⁴⁵ Une justification plus radicale parfois avancée est que la distribution des revenus n'est pas une préoccupation appropriée pour le gouvernement.

⁴⁶ Comme le soulignent ces auteurs (page 958), l'argument qu'il est possible de recourir à un moyen de redistribution sans coûts, car parfaitement efficace, découle d'une mauvaise compréhension du second théorème de l'économie du bien-être. Depuis Mirrlees (1971), nombre de travaux étudient les systèmes de redistribution optimaux comme ceux qui constituent le meilleur arbitrage entre une exigence de redistribution et une exigence d'incitation à la production des richesses.

⁴⁷ Nous avons illustré au premier chapitre la nature multidimensionnelle du phénomène de vulnérabilité énergétique à partir des statistiques disponibles et souligné le *problème d'identification* que cela pose (cf. chapitre 1, page 31). Or, en reprenant le cadre formel de l'analyse coût-bénéfice (cf. note 44, page 59), la mise en œuvre de compensations intégrales nécessite que les autorités publiques soient en mesure d'observer la distribution des coûts d'abattement *Ci* et des bénéfices *Bi* de toutes les sources (chaque entreprise et chaque ménage). En pratique, l'asymétrie d'information est flagrante, on ne dispose que d'enquêtes très partielles ; sur un plan théorique, cette contrainte d'information constitue même l'argument principal motivant le recours aux instruments économiques (taxe ou permis) pour internaliser l'externalité environnementale dans le cas de nombreuses sources diffuses.

⁴⁸ Ce « cas type » avait été avancé par la CFDT lors de la Conférence Rocard.

qu'une compensation monétaire soit techniquement réalisable, l'identification des « perdants » n'est pas exempte de jugements de valeur, défendus ou contestés par tel ou tel groupe d'intérêt.

Par conséquent, en considérant l'univers d'incertitude, d'information imparfaite et de controverse dans lequel prend place l'examen d'un projet de fiscalité carbone, on ne peut pas juger *a priori* de la faisabilité pratique et politique d'une compensation parfaite des perdants par les gagnants. Notons que ceci n'implique pas qu'il faille renoncer à chercher comment distinguer et concilier, dans les modalités du projet, l'efficacité et l'équité ; ceci justifie simplement qu'il faut évaluer ces conséquences conjointement, en intégrant le fait que : *i*) le relèvement uniforme des tarifs (potentiellement pareto-efficace) touche davantage les plus vulnérables, *ii*) les mesures de différenciation des tarifs réduisent l'efficacité de la transition, *iii*) les exonérations et les politiques non-tarifaires doivent être financées par des moyens qui ont aussi un coût pour la société (ces moyens peuvent éventuellement être moins efficaces et/ou plus injustes).

Les leçons de la littérature sur les effets distributifs en équilibre partiel

La grande majorité de la littérature qui évalue les effets distributifs d'un prix du carbone ou d'un relèvement des tarifs énergétiques néglige les effets macroéconomiques de ces mesures sur l'emploi et les revenus. En équilibre partiel, les premières analyses ont très tôt mis en évidence la régressivité de l'effet immédiat d'une taxe carbone sur le bien-être des ménages (Pearce, 1991). Nous l'avons vu au premier chapitre, en pesant davantage sur le budget des plus pauvres que sur celui des plus riches, la nouvelle taxe affecte plus leur bien-être, du fait d'un « effet revenu » (baisse du pouvoir d'achat) et par le renchérissement de services essentiels (plus forte baisse d'utilité)⁴⁹. Mais l'abondante littérature développée par la suite montre que ce « dossier à charge », s'il est aisément communicable dans le débat public, masque de nombreuses difficultés.

En effet, les méthodes de *microsimulation*⁵⁰ appliquées aux enquêtes sur les revenus et les dépenses des ménages et initialement utilisées pour évaluer des *effets distributifs directs de premier ordre de la taxation du carbone selon le niveau de revenu*⁵¹, ont été développées et étendues pour prendre en compte d'autres dimensions de l'hétérogénéité des ménages et d'autres canaux de transmission des effets de la réforme.

⁴⁹ Le « fardeau » de la taxe supporté par un agent peut dans certaines conditions être approximé simplement par le renchérissement de son panier de consommation initial (Parry et al., 2005). En pratique, on peut alors utiliser les enquêtes décrivant les dépenses et les revenus des ménages et l'information sur la taille et la composition du panier de consommation (observé *ex ante*, c'est-à-dire avant la réforme). On trouve que la taxe est régressive en France et dans la plupart des pays de l'OCDE quoique, d'après Bosquet (2000), cela ne soit pas systématique ; on y trouve souvent que la taxe est moins régressive avec le revenu par tête (Grainger et Kolstad, 2010) ou tout autre indicateur servant d'approximation du concept de « revenu permanent » (Hassett *et al.* 2007). Les travaux sur les pays en développement, plus rares, suggèrent eux une corrélation faible, voire inversée (Yusuf et Resosudarmo, 2007).

⁵⁰ Les modèles de microsimulation permettent de simuler une politique sur un échantillon d'agents économiques (individus, ménages, entreprises) à l'échelle de l'individu. Le choc que constitue la politique modifie l'environnement des agents qui, contrairement aux modèles d'équilibre général, est exogène. Les modèles qui ignorent la réponse des agents sont parfois appelés modèles de microsimulation « arithmétique », en distinction de ceux qui modélisent des comportements microéconomiques, et qui sont parfois appelés modèles de microsimulation « comportementale » (Bourguignon et Spadaro, 2006).

⁵¹ Formellement, ce coût immédiat est une approximation au premier ordre de la mesure monétaire de la variation compensatoire du bien-être. Son calcul par « microsimulation arithmétique » n'est valide que si la réforme n'a qu'un effet marginal et homogène sur la contrainte budgétaire de tous les ménages ; la variation de prix induite par la taxe doit donc être faible et le « mix » énergétique, les tarifs et les contenus carbone identiques ; elle ne doit pas non plus modifier les autres facteurs qui contraignent leur comportement (localisations, équipements, *etc.*), ni les autres prix et les revenus (Bourguignon et Spadaro, 2006).

- *Les autres dimensions de la vulnérabilité énergétique.* Comme nous l'avons déjà souligné, la distribution du fardeau entre consommateurs dépend beaucoup de facteurs d'inégalité « horizontale »⁵² qui ne sont pas toujours corrélés au revenu, au premier plan desquels, la taille, la composition des ménages et leur localisation (Wier et al., 2005 ; Brännlund et Nordström, 2004). L'étude des structures de corrélation entre les divers facteurs de vulnérabilité montre que certaines populations cumulent une dépendance énergétique et une fragilité économique (RAPPEL, 2011).

- *L'hétérogénéité de la capacité des consommateurs-contribuables à éviter l'impôt en réduisant leur consommation* d'énergie carbonée par la modification du mix énergétique, l'amélioration de l'efficacité des équipements, des bâtiments, l'utilisation des modes de transport collectif, etc. Le recours à des élasticités-prix permet l'évaluation des *effets directs de second ordre*⁵³ qui ont tendance à atténuer la régressivité au premier ordre de la taxe (Cornwell et Creedy, 1996 ; West et Williams, 2004). Mais ce résultat est marqué de fortes incertitudes : en raison de « l'utilité décroissante du revenu », les ménages pauvres ont certes tendance, à la marge, à être plus sensibles aux variations de prix, mais au-delà d'un certain niveau de taxe, ils risquent rapidement de ne plus être en mesure d'y répondre : l'énergie leur fournit des services de base incompressibles (chauffage, cuisine, mobilité) et ils sont contraints par des équipements peu efficaces, sans toujours disposer des ressources pour les remplacer, ni encore d'un lieu de vie ou d'horaires de travail qui leur permettent de s'affranchir de l'usage de l'automobile.

- *Les effets distributifs indirects dus à l'évolution des prix des autres biens et services* par la transmission des hausses de coûts de production aux autres secteurs d'activités. Les évaluations (Symons, et al., 2000) tendent plutôt à démontrer un renforcement de la régressivité de la taxe, car les ménages à bas revenus dépensent relativement plus en biens et services dont la production est intensive en CO₂ (Wier et al., 2005). Mais ces calculs reposent sur des hypothèses fortes qui ne tiennent pas compte des effets macroéconomiques à court et plus long terme : les productions s'effectuent à rendements et coefficients techniques constants et les entreprises sont en mesure de répercuter intégralement aux consommateurs la hausse de leurs coûts⁵⁴.

- *Les effets du mode d'usage des recettes sont essentiels.* Sans prise en compte des interactions macroéconomiques, la restitution directe des recettes aux consommateurs peut annuler, voire inverser, la régressivité de la taxe et l'effet distributif net diffère selon les modalités retenues (Metcalf, 2007) : s'il s'agit, par exemple, d'un même montant par ménage ou par personne, ou plutôt, d'un même montant par unité de consommation (modulé selon la taille et la composition

⁵² Les termes d'inégalité « verticale » et « horizontale » sont utilisés en économie publique. La majorité des travaux étudient les « inégalités verticales », c'est-à-dire les distributions de variables entre ménages ou individus distingués selon le niveau de leur revenu (par exemple, la distribution des montants de taxe acquittés ou de l'évolution de la part du budget allouée à l'énergie). La distribution de ces variables selon une autre dimension, par exemple, le lieu de résidence des ménages est un exemple d'inégalité « horizontale » ; nous l'étudierons un cas d'inégalités territoriales au chapitre 7, paragraphe 3.2, page 240.

⁵³ Une fois estimées les élasticités « non-compensées » pour chacun des ménages de l'échantillon, on calcule les nouveaux montants de taxe acquittés après l'ajustement des consommations d'énergie par une méthode de « microsimulation comportementale ». Deux ménages, qui ont initialement la même part budgétaire énergétique, peuvent alors supporter un coût d'autant plus différent que la consommation de l'un est très rigide et que celle de l'autre est très élastique en réponse aux prix.

⁵⁴ Ces études mobilisent dans un premier temps l'information sur les structures de coûts et les émissions des secteurs productifs (tableaux entrée-sortie de la comptabilité nationale et statistiques énergétiques). Elles estiment ainsi les variations de prix des biens et services grâce au modèle *input-output* de Leontief (1966) et à l'hypothèse de répercussion totale des coûts dans les prix (*forward shifting*). Elles estiment dans un second temps les effets distributifs de ces variations de prix par microsimulation en recourant aux données d'enquête (cf. Symons et al., 2000).

du ménage)⁵⁵. La réforme, dans l'ensemble, devient évidemment progressive puisqu'elle surajoute à la taxation du carbone une mesure très redistributive (les plus riches paient une plus grande part de la taxe et les plus pauvres touchent un chèque bien plus important en proportion de leur revenu).

Malgré ces progrès, les analyses en équilibre partiel sont insuffisantes pour tracer l'ensemble des conséquences distributives attendues. Leurs résultats peuvent être trompeurs car ils masquent une partie de *l'écart entre la distribution du coût direct et immédiat de la mesure et la distribution du coût d'ensemble de la réforme à court et plus long terme*. Les analyses distributives en équilibre général montrent en effet que celui qui paye l'impôt n'est pas nécessairement celui qui en supporte le coût ultime, car pour identifier l'incidence de l'impôt, on ne saurait raisonner à emploi, croissance et revenus constants. La prise en compte des interdépendances entre la distribution des richesses, la macroéconomie et le changement technique peut encore modifier l'évaluation de la distribution des coûts et des bénéfices de la réforme, surtout dans le cas d'une réforme « non-marginale ».

Les leçons de la littérature sur les effets distributifs en équilibre général

Si les avancées précédentes ne parviennent pas, malgré tout, à retracer toutes les conséquences de la réforme, c'est que les méthodes de microsimulation, en raison de leurs hypothèses, ne permettent pas d'appréhender les changements structurels profonds qu'on cherche à induire. Pourtant, l'analyse de ces questions en équilibre général n'a donné lieu qu'à une littérature éparse, mais qui a néanmoins le mérite d'avoir précisé les mécanismes dont il faut tenir compte.

- *Les effets sur le partage de la valeur ajoutée entre travail et capital.* La réforme vise à accroître le coût de l'énergie relativement aux coûts des autres facteurs de production. Intuitivement, la demande et la rémunération relatives du capital devraient se réduire si les secteurs les plus émetteurs sont aussi les plus intensifs en capital et si le travail est plus substituable aux énergies fossiles que ne l'est le capital. Mais ce résultat n'est valide que pour certaines hypothèses de complémentarités/substitutions techniques entre travail, capital et énergie (Fullerton et Heutel, 2007)⁵⁶. L'incertitude sur le sens et l'ampleur d'une déformation de la « distribution primaire des revenus » est donc forte, elle rejoint non seulement celle sur les potentiels techniques, mais aussi celles sur la nature et l'efficacité des comportements stratégiques qui visent à influencer la rémunération des facteurs (progression des salaires, taux de profits, etc.).

- *Les effets de la réforme sur progressivité d'ensemble du système fiscal et social,* en particulier si la modalité de recyclage des recettes en une baisse d'impôts préexistants est retenue. Ainsi, Chiroleu-Assouline et Fodha (2011) ont montré que sous certaines hypothèses, une taxe recyclée en baisse des cotisations sociales selon un dispositif, non pas uniforme, mais progressif et associé à un abaissement du plancher d'imposition sur les bas salaires, pourrait améliorer la progressivité du système sans pénaliser la croissance et l'emploi. Mais si l'aversion sociale pour les inégalités est très

⁵⁵ Le montant reçu par un ménage dépend alors des normes contenues dans l'*échelle d'équivalence de consommation* retenue. Par exemple, l'échelle « OCDE modifiée », utilisée en France, associe 1 unité de consommation (UC) au premier adulte du ménage, 0,5 UC aux autres personnes de 14 ans et plus, 0,3 UC aux moins de 14 ans ; alors que l'échelle d'Oxford, utilisée auparavant, associait 1 UC à la personne seule, 0,7 UC par adulte supplémentaire et 0,5 UC par enfant.

⁵⁶ Ces auteurs montrent notamment que ce résultat n'est pas valide si le capital et le travail sont des facteurs de production fortement complémentaires ou si les consommateurs ont moins de possibilités de substitution que les secteurs intensifs en carbone.

forte, la redistribution forfaitaire des recettes aux ménages, selon un schéma progressif, peut aussi être souhaitable (Proost et van Regemorter, 1995). Enfin, la réforme peut interagir avec d'autres instruments de redistribution. Par exemple, la progressivité du système de redistribution peut aussi se voir modifiée par l'ajustement mécanique des revenus de transferts, si les effets de la réforme sur le niveau général des prix ou des salaires sont tels qu'ils modifient indirectement le niveau des prestations en raison des règles d'indexation en vigueur (Fullerton et al., 2012).

- *Les effets de l'induction d'une nouvelle trajectoire de développement* qui modifient en profondeur la structure des modes de production, de consommation et de localisation. La distribution des richesses, des besoins et des opportunités économiques peut être sensiblement changée une fois la transition opérée. Or, les incertitudes sont nombreuses sur les effets distributifs d'un changement structurel inédit et lui-même fortement contraint par les grandes mutations en cours du système mondial. Il existe beaucoup d'espoirs sur des progrès en matière d'inclusion sociale, d'emploi et d'équité dans des « économies vertes », mais les effets sociaux de l'émergence (et de la destruction) de nouvelles filières ou d'une nouvelle organisation de l'espace ne sont pas encore étudiés conjointement. C'est pourtant l'imbrication de ces changements qui risque de déterminer la nature des formes sociales et l'évolution des vulnérabilités, en modifiant les « *besoins fondamentaux* » des populations sur la nouvelle trajectoire de développement (emploi, mobilité, chauffage, logement, etc.). Dans ces conditions, les conséquences à long terme d'une réforme d'ampleur sont incertaines : iront-elles globalement dans le sens d'un progrès social ?

Dans l'ensemble, en parcourant les évaluations disponibles sur les effets distributifs, on se rend compte qu'en dépit de progrès importants, elles ne parviennent pas à appréhender l'ensemble des conséquences directes et indirectes de la réforme. En effet, le développement d'une analyse empirique intégrée, tenant compte des effets d'interaction en équilibre général, est rendu malaisé par les difficultés techniques que rencontrent les modélisateurs. Leurs tentatives se confrontent à un obstacle de taille : élaborer un schéma simplificateur de l'hétérogénéité des situations à l'échelle du territoire national, un tableau quantifié de la distribution des grandeurs macroéconomiques, qui offre un détail suffisant pour mener une analyse distributive pertinente.

Une méthode d'évaluation intégrée des conséquences distributives

Pour étudier conjointement les conséquences de dispositifs de réforme sur la macroéconomie, la pauvreté et les inégalités, on doit être en mesure de proposer des modèles qui articulent dans un même cadre d'équilibre général, une description de la distribution des richesses (observée à une échelle microéconomique) avec une description de la structure de l'économie (observée aux échelles multisectorielle et macroéconomique). Les principales avancées en ce domaine ont été faites récemment dans la littérature du développement (Bourguignon et al., 2008) ; elles ont donné lieu au développement de techniques et d'**outils d'évaluation « macro-micro »** qui combinent dans trois types d'approche les techniques de simulation microéconomique et macroéconomique.

- *Les modèles macroéconomiques avec groupes de ménages représentatifs* (*macro models with representative household groups*) décrivent la répartition des grandeurs macroéconomiques entre des catégories de ménages qui ont en commun certaines caractéristiques (même niveau ou structure de revenu, préférences semblables de consommation, etc.). Ces modèles permettent

d'étudier la distribution de variables économiques entre les groupes. Par contre, il est supposé que la réforme n'a pas d'effet sur la distribution au sein des groupes (entre les ménages qui les composent).

- **Les modèles de simulation descendante** (*Top-down simulation models*) ont été développés pour décrire plus précisément l'hétérogénéité des ménages, mais n'intègrent pas cette description dans le modèle macroéconomique. L'exercice de simulation est mené en deux étapes (Figure 9). La réforme est d'abord simulée dans le modèle macroéconomique ; la solution obtenue (variations de prix, de revenu, de consommation, etc.) est ensuite utilisée pour « microsimuler » les effets distributifs, en recourant à la base de donnée d'une enquête de ménages. Le lien entre la partie macro (*top*) et la partie micro (*down*) est définie par un vecteur de variables d'articulation (*Linking aggregate variables, LAVs*) qui met en correspondance les deux niveaux de description.

- **Les modèles macro-micro complètement intégrés** (*Fully integrated macro-micro models*) prennent deux formes : (a) des modèles macro dans lesquels les groupes de ménages représentatifs sont étendus au point d'intégrer l'ensemble des observations des enquêtes microéconomiques (plusieurs dizaines ou centaines de milliers de ménages) ; (b) des modèles de simulation descendante utilisés itérativement jusqu'à la convergence des solutions des modèles macro et micro. Une boucle de rétroaction du niveau micro (*bottom*) vers le niveau macro (*top*) est introduite jusqu'à ce que les variations des LAVs obtenues par les simulations aux deux niveaux soient compatibles.

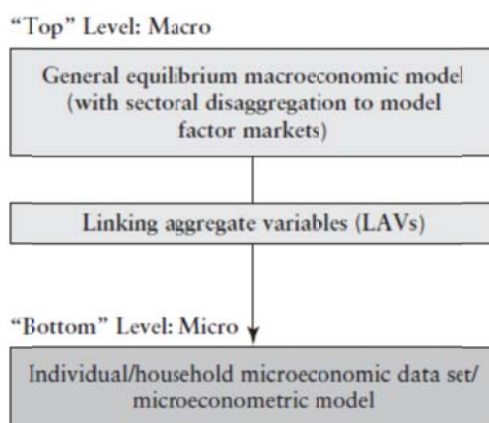


Figure 9 Principe de la technique de simulation descendante
(représentation schématique de Bourguignon et al., 2008, page 12)

Chacune de ces trois techniques a des avantages et des inconvénients (Tableau 5). La méthode des ménages représentatifs favorise la description des interactions entre distribution et croissance, mais supprime une partie de l'information sur l'hétérogénéité des ménages. À l'inverse, les méthodes de simulation descendante simple ou itérative (modèle intégré par boucle numérique) améliorent la description de la distribution, mais ne réconcilient qu'imparfaitement les niveaux macro et micro. Enfin, le temps de calcul augmente rapidement avec les modèles complètement intégrés ; il est nécessaire de limiter le nombre de variables endogènes qui lient les niveaux d'analyse (le nombre de produits et de marchés, la diversité des sources de revenus, etc.).

Techniques macro-micro	Niveau d'agrégation	Dimensions d'hétérogénéité	Cohérence macro-micro	Interactions macro-micro	Temps de calcul
Ménages représentatifs	–	–	+	+	+
Simulation descendante	+	+	–	–	+
Modèles intégrés (a)- structurels	+	–	+	–	–
Modèles intégrés (b)- boucle numérique	+	+	–	+	+

Définitions : Niveau d'agrégation = effectif de ménages ou nombre de groupes représentatifs ; dimensions d'hétérogénéité = nombre de variables descriptives par ménage ou groupe ; cohérence macro-micro = sources statistiques réconciliées (un – signifie que la réconciliation n'est pas nécessaire mais que l'analyse ne peut être conduite qu'en terme de variations) ; interaction micro-macro = nombre de variables d'articulation (grandeurs décrites aux deux niveaux) ; temps de calcul = temps de résolution numérique pour une même perturbation (réforme simulée).

Tableau 5 Une comparaison des méthodes d'articulation micro-macro

Par conséquent, nous nous fixons comme objectif d'adapter la technique des groupes représentatifs en décrivant plusieurs classes de ménages dans un modèle où les flux d'énergie sont hybridés⁵⁷. Recourir à cette technique nous semble le choix le plus approprié pour deux raisons. Premièrement, ce recours permet de lever le principal obstacle que rencontre la littérature et qui empêche d'estimer l'effet distributif net de la combinaison des effets directs et indirects induits par la réforme : la difficulté de décrire dans un même cadre d'équilibre général les interactions entre distribution, changement technique et croissance. Deuxièmement, développer une description plus fine de l'évolution de l'hétérogénéité des ménages à un horizon prospectif de moyen-long terme nécessite de multiplier des hypothèses largement arbitraires⁵⁸. D'un autre côté, en retenant la technique des groupes représentatifs, nous supposons que la réforme n'affecte pas la distribution au sein des groupes⁵⁹. Mais, même avec cette restriction, il s'agit d'un progrès par rapport à l'état de l'art, dont on peut en espérer des résultats utiles, complémentaires de ceux obtenus en équilibre partiel.

2.3 Les comportements et les sources d'inefficacité systémique

De nombreuses contributions de la littérature théorique ont montré que les hypothèses sur les comportements des agents économiques sont cruciales pour juger de l'incidence et de l'utilité sociale d'un système des prélèvements obligatoires. Dans l'ensemble, elles soulignent le fort lien de dépendance entre la vision que l'on a de ces comportements et le jugement normatif qu'on porte sur le projet de réforme.

⁵⁷ Une fois encore, nous voyons que le développement d'un outil de simulation de ce type nécessite, en amont, de répondre à des enjeux comptables. Nous verrons plus précisément, au chapitre 4, les questions spécifiques que pose la décomposition du compte national des ménages en plusieurs groupes de population (cf. chapitre 4, section 3 page 147).

⁵⁸ Pour avoir une idée plus précise de ces difficultés, on pourra se reporter aux problèmes que rencontrent les tentatives d'adaptation dynamique des techniques de microsimulation (cf. par exemple, Bourguignon et Spadaro, 2006, pages 96 à 98).

⁵⁹ Or, cette hypothèse est gênante pour l'analyse de la vulnérabilité énergétique puisque nous avons vu qu'il existe une grande hétérogénéité des consommations d'énergie à chaque niveau de vie. Les effets à l'intérieur des catégories ne sont donc pas nécessairement négligeables par rapport aux effets entre les groupes. Dans ce cas, la technique peut introduire un biais dans l'analyse (Robinson et al., 2005). Nous nous garderons donc bien d'utiliser les résultats pour dénombrer un nombre absolu de ménages, par exemple de « pauvres ».

1. Si l'on pense que les comportements individuels contribuent naturellement au bien-être de la société, car des marchés concurrentiels les coordonnent spontanément et efficacement, alors la structure de la fiscalité doit avoir le moins d'influence possible sur le système des prix : c'est le résultat classique des analyses de premier rang.

2. Si des comportements « déviants » (stratégiques, non concurrentiels, etc.) influencent les prix, la coordination des activités économiques ne s'opère plus seulement par les prix mais aussi par les quantités produites et échangées. La structure de la fiscalité doit alors être conçue de manière à rapprocher les prix de marché des « valeurs sociales des biens », celles qui permettent d'éviter chômage et rationnements : c'est le résultat mis en avant par les théories des déséquilibres (Bénassy, 1984) et du second rang (Guesnerie, 1995).

3. Si les contraintes qui s'appliquent aux comportements sont inégales dans la population, le fardeau de la fiscalité retombe sur les agents les plus contraints et non pas sur ceux qui y sont assujettis. Par exemple, le partage des allègements de cotisations sociales sera « récupéré » par les entrepreneurs si le pouvoir de négociation des salariés ne permet pas de faire augmenter les salaires ; la mesure bénéficiera aux consommateurs si les entrepreneurs n'ont pas de pouvoir de marché et sont incités à répercuter ces allègements dans une baisse de prix. La structure des prélèvements obligatoires modifie alors la distribution des richesses d'une façon qui dépend de la nature des comportements : c'est ce que mettent en évidence les analyses d'incidence fiscale (Fullerton et Metcalf, 2002).

4. Si les comportements introduisent des biais, à la fois entre le système des prix et le système des valeurs sociales et entre la distribution des richesses effective et la distribution recherchée, la structure de la fiscalité doit contribuer à les réduire, en prenant en compte la nature des comportements : c'est ce que montre la théorie moderne des incitations qui ajoute aux exigences classiques de financement des biens publics et de redistribution la nécessité de respecter une contrainte d'incitation (un « *incentive-compatible device* » introduit par Mirrlees, 1971).

Fondements et réalisme des pratiques de modélisation des comportements

La formalisation des comportements à l'échelle macroéconomique fait l'objet de très nombreuses controverses parmi les économistes. Les méthodes mises en œuvre se distinguent par la façon de traduire en pratique deux exigences : premièrement, *i*) expliciter le lien de cohérence entre la description macroéconomique et les connaissances issues de l'expérience des comportements à l'échelle des individus (les « fondements microéconomiques ») et deuxièmement, *ii*) préciser la procédure qui assure le passage d'une échelle à l'autre (les hypothèses d'agrégation).

Avec le recours aux modèles de croissance optimale issus des travaux de Ramsey, à l'hypothèse d'anticipation rationnelle de Friedman ou aux modèles de cycles réels de Kydland et Prescott, la culture du premier rang a été en quelque sorte transposée de la microéconomie à la macroéconomie. Ces courants de modélisation se retrouvent en effet dans leur façon de décrire des comportements macroéconomiques à partir des modèles microéconomiques de la théorie néoclassique du producteur et du consommateur. Le saut d'échelle est réalisé grâce à l'hypothèse

d'agrégation parfaite – les comportements des individus sont suffisamment homogènes⁶⁰ – tandis que le passage à la dynamiques résulte de l'*hypothèse d'anticipation parfaite* – les agents optimisent leur choix sur un horizon infini en disposant d'une information totale sur le futur. Ces modèles se caractérisent généralement par de bonnes propriétés théoriques, c'est-à-dire que la flexibilité des prix de marché suffit à coordonner les agents économiques pour produire une trajectoire de croissance équilibrée⁶¹.

Ces pratiques, encore dominantes dans les exercices appliqués de macroéconomie, sont régulièrement attaquées sur leurs fondements empiriques, par la simplification qu'elles opèrent en négligeant les facteurs techniques, institutionnels et sociaux qui interviennent dans la formation des comportements ; la vision naïve des « fondements microéconomiques » sur laquelle elles se fondent est aussi critiquée⁶², puisque l'hypothèse d'agrégation parfaite néglige les hétérogénéités interindividuelles et les facteurs comportementaux « émergents », qui résultent des interactions sociales et qui ne peuvent être décrit par une théorie d'un comportement individuel optimisateur⁶³.

Le comportement de second rang du système économique peut venir des contraintes qu'impose l'existence de comportements non compétitifs ou stratégiques qui peuvent s'expliquer de nombreuses manières : les « esprits animaux » de Keynes, les interactions sociales et les « jeux stratégiques », les normes et les conventions de l'Economie Institutionnelle, les « routines » d'Herbert Simon, etc. Quelles que soient les raisons microéconomiques invoquées, ces comportements sont des sources potentielles de sous-optimalité de l'économie dans son ensemble, du point de vue de l'usage des ressources comme de leur allocation. Ces comportements - qu'on qualifiera de « *non walrassiens* » - ont tous en commun de ne pas se limiter à la description d'agents optimisateurs isolés, qui disposent d'une information parfaite et qui s'en servent pour exploiter le plus efficacement possible les ressources, les préférences et les techniques dont ils sont dotés et sur lesquels ils ne peuvent influencer.

Trois sources microéconomiques de comportements non walrassiens

Dans les débats, que ce soit à propos de la taxe carbone, de la TVA dénommée « sociale » ou « compétitivité », ou encore à propos de l'effet de nouveaux allègements de cotisations sociales,

⁶⁰ Un problème d'agrégation intervient lorsque le comportement agrégé, par exemple la demande de l'ensemble des ménages pour un bien, ne peut être « traité comme si il résultait de la décision d'un unique consommateur maximisateur », d'un « agent représentatif » (Deaton et Muellbauer, 1980). Les conditions mathématiques d'une agrégation parfaite sont extrêmement restrictives et comme ces auteurs l'observent : « *The transition from the microeconomics of consumer behavior to the analysis of market demand is frequently referred to as the « aggregation problem » [...] the role of aggregation theory is to provide the necessary conditions under which it is possible to treat aggregate consumer behavior as if it were the outcome of the decisions of a single maximizing consumer. [...] These [exact] aggregation conditions often turn out to be stringent, which has tempted many economists to sweep the whole problem under the carpet or to dismiss it as of no importance* » (ibid. p 148). En particulier, ces conditions négligent tous les effets d'interaction entre distribution et développement soulignés plus haut.

⁶¹ L'existence d'ajustements économiques permettant une certaine stabilité dynamique est recherchée car elle permet d'expliquer l'observation d'une croissance soutenue, en dépit de périodes de crises, dans les économies de marché capitalistes depuis la révolution industrielle. Mais Hahn et Solow (1997) montrent que les hypothèses de flexibilité des prix, d'agrégation et d'anticipation parfaite n'impliquent pas nécessairement l'existence d'une trajectoire équilibrée ; elles peuvent aussi bien donner lieu à des dynamiques « pathologiques ». À l'inverse, l'adoption d'hypothèses empiriquement plus réalistes ne mène pas nécessairement à l'absence de trajectoire de croissance ou au chaos.

⁶² Il s'agit par exemple du fondement principal des objections adressées par Hahn et Solow (1997) aux macroéconomistes dans leur *Essai critique sur la théorie macroéconomique moderne* (déjà cité).

⁶³ Vieille tradition qui prend source dans les pensées de Marx, Keynes et Schumpeter, comme celles développées par Kaldor, Kalecki et Robinson. Mais on pensera aussi dans une perspective plus large aux nombreux travaux en sciences sociales sur l'opposition du « paradigme de l'individualisme méthodologique » et du « paradigme holiste », qui suppose que les comportements ne se comprennent réellement qu'avec une représentation systémique des interactions sociales.

nous avons observé l'importance, dans les argumentaires, de croyances conflictuelles sur la nature et la force des phénomènes systémiques qui limitent, orientent ou façonnent les comportements économiques nationaux. Parmi ces facteurs, nous porterons une attention toute particulière sur :

1) *les relations sociales qui influent sur le partage des richesses produites* et qui déterminent, avec la nature des techniques de production, comment évoluent les salaires, les rémunérations des détenteurs du capital et les ressources disponibles pour financer les choix d'investissement et d'embauche des entrepreneurs. « Rapports de production » marxistes ou « rapport salarial » de la théorie de la régulation, on retrouve ici la même idée : les interactions sociales – qu'elles soient conflictuelles ou coopératives – déterminent pour partie le partage de la valeur ajoutée : *un écart peut donc s'introduire entre la productivité marginale des facteurs de production et leur rémunération effective* ; il en résulte que les « rapports de force » influent sur l'évolution des prix, le pouvoir d'achat des salariés, la distribution des revenus et le changement technique. L'équilibre de ces rapports peut se maintenir à un moyen terme, tant que les facteurs sociaux qui l'expliquent demeurent : les pouvoirs de négociation relatifs des entrepreneurs, des syndicats et des propriétaires du capital, les normes de rémunération des détenteurs du capital, les exigences de « modération salariale », etc. Mais l'évolution de ces facteurs ne peut se concevoir aujourd'hui sans considérer l'évolution simultanée des contraintes liées à l'ouverture des économies nationales.

2) D'autres facteurs qui influencent les comportements économiques viennent des *formes de concurrence qui caractérisent l'insertion de l'économie nationale dans le régime international*. Ils contraignent les comportements nationaux à plusieurs niveaux : au niveau des marchés des biens et services, l'ouverture expose les entrepreneurs à la concurrence internationale mais leur offre aussi des perspectives de débouchés à l'export ; au niveau des marchés des capitaux, la concurrence entre investisseurs privés ou institutionnels étrangers et nationaux est accrue. Les effets de l'ouverture sur l'évolution des comportements stratégiques, s'ils sont manifestes, sont aussi très incertains. On s'oppose sur ce qui fait la *compétitivité* de l'économie nationale, la sensibilité de la demande à l'évolution respective des coûts (la « compétitivité-prix ») ou d'autres facteurs : la qualité, la traçabilité, l'innovation, etc. Il en va de même pour les capitaux : les normes qui déterminent la *solvabilité* d'une entreprise ou d'un pays auprès des financeurs sont perturbées et les liens avec les « fondamentaux » des choix d'investissement sont ténus (la rentabilité et les risques réels). Dans un climat d'incertitude sur l'évolution des formes de concurrence, l'optimalité future des choix actuels de gestion des finances publiques, d'embauche ou d'investissement, est loin d'être assurée.

3) Enfin, *les inerties techniques et institutionnelles s'opposent à une optimisation complète et immédiate* des techniques et des institutions en réponse à ces mutations. L'ajout de l'inertie est nécessaire pour rendre compte des difficultés dynamiques d'adaptation des économies contemporaines aux mutations en cours. Ces difficultés sont évidentes dans les faits présentés au premier chapitre et peuvent s'expliquer théoriquement en évoquant divers facteurs physiques (durée de vie des équipements et des infrastructures), sociaux (normes, conventions) ou psychologiques (habitudes, routines) ; l'existence de ces inerties suppose que les comportements à l'origine des évolutions techniques et institutionnelles se forment avec des *anticipations imparfaites*, en raison des restrictions sur la disponibilité et la circulation de l'information (incertitudes, asymétries, etc.). La qualité et la rapidité du processus d'apprentissage – processus absent des modèles de premier rang – sont ici cruciales pour la recherche et l'atteinte d'un optimum social ; ce

processus assure l'évolution des formes institutionnelles, le renouvellement des normes et des conventions, l'adaptation des comportements et l'émergence de formes de régulation économique inédites dans des conjonctures nouvelles (North, 1990).

Bien entendu, dans une économie mondialisée, les relations sociales qui influent sur le partage des richesses ne sont pas indépendantes des formes de concurrence, ni des éléments qui structurent l'économie (techniques et institutionnels). Les acteurs expriment des croyances sur la façon dont se combinent ces contraintes et agissent stratégiquement sous l'influence de ces représentations. Il s'agit de *différentes conceptions de la « mondialisation »*, de ses effets, des contraintes et des opportunités que ce phénomène impose aux choix privés et collectifs. Ces conceptions définissent dans une grande mesure l'environnement de l'action publique, les contours d'une « aire de contrôle », dont dépend de façon cruciale l'efficacité d'une intervention publique (Drèze et Stern, 1984). S'il n'existe pas non plus, à notre connaissance, de théorie générale à ce sujet, l'expérience des acteurs, à travers leur vie économique, prête un certain niveau de cohérence logique à certaines associations d'hypothèses : par exemple, il semble plus probable que dans une économie libéralisée, le fait de supposer une exposition accrue à la concurrence internationale sur les marchés des biens et des capitaux s'accommode mieux de l'hypothèse d'un pouvoir de négociation des salariés limité plutôt qu'accru. Ceci n'est qu'un exemple, mais nous verrons au cours de notre analyse qu'en raisonnant de la sorte, on peut obtenir des résultats très utiles pour cadrer la négociation collective et nourrir les discussions.

Ces trois ensembles de facteurs sont essentiels. En influant sur les comportements, ils empêchent des ajustements économiques rapides et entièrement opérés par les prix de marché. Par ailleurs, ils permettent de tenir compte d'un certain degré d'irréversibilité qui résulte de l'héritage historique des évolutions techniques, institutionnelles et sociales. Enfin, ils ouvrent sur la possibilité de représenter des systèmes comportementaux inédits qui correspondent à une prospective concernant l'évolution, dans les années à venir, de ces mêmes facteurs techniques, institutionnels ou sociaux, et de leurs effets sur les comportements. A l'échelle macroéconomique, ces comportements non walrassiens font système en influant sur le fonctionnement agrégé de marchés interdépendants ; de ce fait, ils peuvent être responsables de dynamiques économiques sous-optimales à moyen terme.

Trois implications pour les ajustements macroéconomiques à moyen terme

Dans un modèle macroéconomique, les relations sociales qui jouent sur le partage de la valeur ajoutée, les formes de concurrence et les inerties techniques et institutionnelles influent sur l'efficacité de la réforme à travers le fonctionnement agrégé de quatre types d'institutions : le marché du travail, le marché des biens et services, le marché des capitaux et la gestion des finances publiques. Pour rendre compte de ces implications, il nous faudra recourir à une formalisation mathématique qui nous permette de traduire dans le modèle les hypothèses suivantes :

- *un marché du travail en situation structurelle de sous-emploi* (chômage involontaire), avec une flexibilité des salaires limitée, à la baisse (par exemple, en raison du droit du travail) comme à la hausse (par exemple, en raison du resserrement des contraintes concurrentielles qui pèsent sur le marché de l'emploi). On peut montrer que cette hypothèse de flexibilité limitée des salaires est cohérente avec le point d'équilibre d'une négociation entre employeurs et employés. Les salaires

nominaux ne croissent pas nécessairement lorsque les entreprises génèrent des profits et créent de l'emploi⁶⁴. Une plus grande ouverture des marchés peut s'accompagner d'une « modération salariale » si, toutes choses égales par ailleurs, le pouvoir de négociation des employeurs est accru (par exemple, parce qu'une plus forte exposition à la concurrence internationale augmente les incertitudes sur les ventes futures, les risques de délocalisation et peut réduire la disponibilité des capitaux). Néanmoins, à forme de concurrence inchangée, une baisse du chômage doit favoriser une progression des salaires⁶⁵. Dans l'ensemble, il nous faut décrire des paramètres techniques et sociaux qui peuvent influencer sur l'ajustement des salaires réels et ainsi modifier les effets qu'induit la réforme sur le « chômage structurel »⁶⁶.

- *Des marchés des biens et services et des marchés financiers imparfaits*, avec un certain niveau de concurrence oligopolistique entre les entreprises domestiques et avec des concurrents étrangers, et des erreurs d'anticipation sur la rentabilité réelle des investissements⁶⁷. La concurrence monopolistique doit se traduire par un écart entre les prix de ventes et les coûts marginaux de production (les producteurs font une marge nette ou des profits purs), ce qui est cohérent avec l'existence de pouvoirs de marché en fonction desquels les entreprises peuvent jouer sur les prix. La compétitivité des productions domestiques vis-à-vis des produits étrangers doit pouvoir n'être que partiellement sensible aux coûts domestiques et aux différences de prix de vente. Les imperfections sur les marchés financiers doivent, elles, autoriser un écart entre l'offre de capitaux et la rémunération effective (*ex post*) de la propriété financière ; l'investissement effectif doit pouvoir être rationné : ou bien déterminé par la demande future qu'anticipent les entrepreneurs (l'offre de capitaux n'est pas limitante), ou bien par les anticipations de profit des investisseurs (l'offre de capitaux est limitante).

- *Des modalités de gestion des finances publiques imparfaites*. Il nous faut rendre compte du fait que les administrations suivent des règles simples de gestion budgétaire qui déterminent, par exemple, le niveau des dépenses et des investissements publics, un niveau d'endettement, des règles d'évolution du niveau des prestations sociales, ou encore, diverses modalités d'ajustement des prélèvements obligatoires. Mais la plupart du temps, des erreurs d'anticipation empêchent

⁶⁴ Voir par exemple, Hahn et Solow, 1997 (pages 101-102). Nous illustrons cette interprétation microéconomique à l'aide d'un petit modèle formalisé au chapitre suivant (*cf.* chapitre 3, paragraphe 2.3, note 28, page 92).

⁶⁵ Il existe différentes interprétations microéconomiques de cette corrélation négative sur un marché du travail déséquilibré : le pouvoir de négociation des salariés peut augmenter relativement à celui des employeurs lorsque le chômage diminue (modèle de négociation) ; cela peut aussi inciter les entrepreneurs à offrir des salaires plus importants pour éviter le débauchage de leurs salariés (modèle de « salaires d'efficience »). Cette dépendance de la réponse des salaires au niveau de chômage est généralement décrite formellement à l'échelle macroéconomique par une *wage-curve* (Blanchflower et Oswald, 1995).

⁶⁶ Malinvaud, le père de la réflexion sur les conditions théorique d'un chômage involontaire, a clairement expliqué que s'il est utile pour la compréhension de développer des analyses théoriques qui postulent une contrainte sur l'évolution des salaires réels (pratique commune dans les modèles macroéconomiques standard), cette évolution dispose dans la réalité d'une certaine autonomie : « *The subject (i.e. why unemployment may result from inappropriate real wages) would not arise if the evolution of real wages was strictly determined by the growth process and had no autonomy with respect to other determinants of this process. But some of the questions now raised precisely assume such an autonomy, and I shall take it to exist, even though I easily recognize that the evolution of real wages is mostly induced* » (Malinvaud, 1982, page 1). Il est alors utile pour couvrir une diversité de situations réelles de raisonner comme nous le faisons sur le comportement des salaires nominaux (Solow, 1986), même si cette hypothèse nous fait envisager des mondes où le partage de la valeur ajoutée entre capital et travail n'est plus constant à long terme (voir la discussion engagée sur ce sujet au premier chapitre, paragraphe 2.3, note 36, page 28).

⁶⁷ L'existence d'erreurs d'anticipation se maintenant à moyen terme est compatible d'une part, avec l'hypothèse d'inertie des comportements et des institutions (comportements moutonniers, phénomènes de sélections adverses, *etc.*) et d'autre part, avec l'hypothèse d'information imparfaite : une allocation sous-optimale des capitaux peut en effet résulter de risque accrus sur les investissements de moyen-long terme relativement aux placements de court terme ; ceci, par exemple, dans le cas où les investisseurs sont dans une certaine mesure « *risques adverses* » et que la qualité de l'information sur la rentabilité réelle des investissements à long terme se réduit avec l'allongement de l'horizon temporel.

l'équilibrage spontané des comptes publics, le niveau des déficits doit alors servir de variable d'ajustement. Les déséquilibres budgétaires peuvent s'accumuler d'autant plus que l'inertie institutionnelle est forte et les erreurs d'anticipation importantes. Mais il nous faudra aussi pouvoir envisager des situations où les déséquilibres des comptes publics jouent un rôle d'« amortisseur macroéconomique » - un soutien à l'activité en période de récession - ou à l'inverse, un rôle d'« amplificateur », dans un sens positif ou négatif pour la croissance, selon que les règles de gestion renforcent des mécanismes macroéconomiques vertueux ou vicieux. Au total, nous considérons qu'aucun planificateur de premier rang, bienveillant et parfaitement informé, n'optimise la gestion des finances publiques.

En conséquence, l'interaction entre ces sources d'inefficacité macroéconomique peut expliquer le fait que se maintienne un certain moment une dynamique économique sous-optimale, sans qu'il n'y ait de correction mécanique des déséquilibres économiques. Sur cette période, le modèle doit pouvoir décrire une « croissance effective » qui se distingue d'une « croissance naturelle » idéale - dans un sens général proche de celui qu'en donne Phelps (1961)⁶⁸ - c'est-à-dire, la croissance qui serait obtenu *le long d'une trajectoire potentielle*, dans un monde optimal, où les ajustements des techniques, des organisation, des institutions et des comportements s'opèrent immédiatement de façon à tirer à chaque instant le meilleur profit des sources exogènes de croissance des forces productives (la force de travail issue d'une démographie autonome et les facteurs non expliqués de sa productivité, comme l'éducation, les idées, la prise de conscience, *etc.*). Il est alors possible d'envisager que la réforme fiscale puisse avoir des effets divers sur la dynamique macroéconomique : en modifiant les comportements, le choix des techniques et les modes de consommation, la distribution et l'usage des revenus (consommation et épargne), le recours à l'endettement, *etc.*, elle peut contribuer à corriger les déséquilibres ou au contraire à les aggraver.

Bien entendu, à long terme, si ces inefficacités aboutissent à des déséquilibres trop importants, elles seront corrigées par des ajustements plus ou moins brutaux dans la trajectoire économique (réformes structurelles, correction des anticipations, *etc.*). Leur persistance sur quelques années n'est donc pas incompatible avec l'existence de mécanismes correcteurs à plus long terme (dans le pire des cas, à l'occasion d'une crise). On supposera qu'un régime d'accumulation sous-optimal peut néanmoins se maintenir un certain temps - *sur un horizon de moyen terme* - avant que les déséquilibres qui résultent de ces inefficacités n'induisent de mécanismes correcteurs.

Par *moyen terme*, nous entendons ainsi une temporalité où des ajustements structurels peuvent être partiellement engagés (changement technique et innovations institutionnelles). Il s'agit d'une temporalité intermédiaire entre la macroéconomie de court terme (à la Keynes) et la croissance de très long terme (à la Solow). Défini ainsi vaguement, un modèle intermédiaire de moyen terme convient à la problématique de la transition⁶⁹, car il autorise une description des effets

⁶⁸ « *Second, I assume that Solovia's golden-age growth rate is independent of its investment ratio. We may call this growth rate, g , the natural rate of growth, in that it depends not upon our investment decisions but only upon γ (the growth rate of the labor force), λ (the growth rate of capital efficiency), μ , (the growth rate of labor efficiency) and possibly certain parameters affecting the shape of the production function. The existence of a natural growth rate implies capital and labor are substitutable in such a way that the capital-output ratio can adjust to any value of s (the investment/output ratio) so as to equate the rate of capital growth* » (page 639).

⁶⁹ On remarquera que notre définition du moyen terme (10-20 ans) correspond déjà au long terme dans les modèles macroéconométriques de prévision (long terme qui advient dès 5 ans) ; mais ces modèles ne considèrent pas les phénomènes d'évolution profonde de la structure de l'économie (modes de production et de consommation, localisations, changements institutionnel majeurs). Le passage du court au long terme n'est donc pas sous-tendu par l'idée d'un changement structurel profond ; il correspond essentiellement au temps nécessaire pour les prix - supposés rigides à court terme - de devenir flexible (or ce temps caractéristique est inférieur à celui des ajustements structurels dont l'inertie définit notre moyen terme).

d'une réforme structurelle sur l'économie, mais dans une temporalité fortement marquée par l'influence d'inerties accumulées au cours de l'histoire économique antérieure du pays (Figure 10).

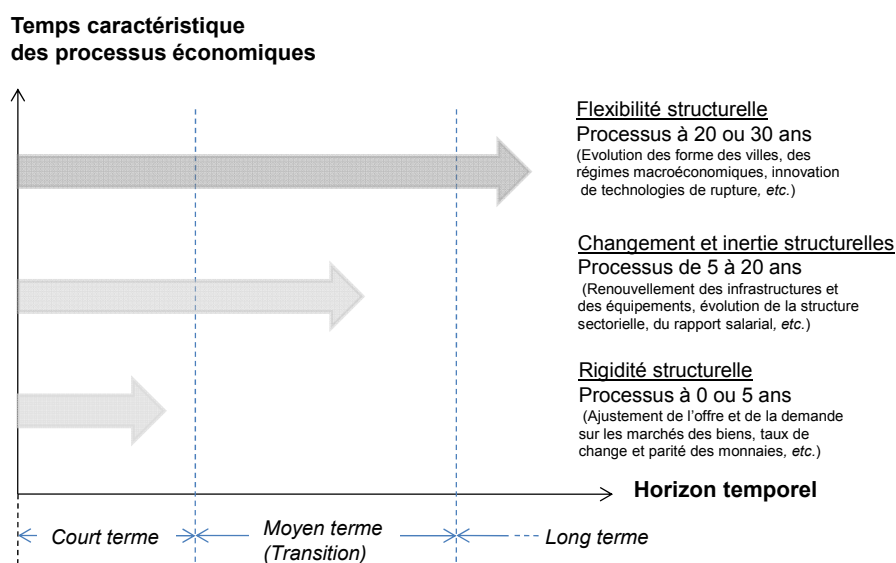


Figure 10 Régimes de moyen terme et processus d'ajustement économique

3 Pourquoi privilégier la statique comparative ?

Nous arrivons au terme de notre diagnostic sur les causes de l'écart entre les prescriptions théoriques et la réalisation d'une réforme fiscale carbone en pratique. Il s'en dégage plusieurs enseignements qu'il est certainement utile à ce stade de résumer. En premier lieu, ce diagnostic attribue une responsabilité partagée aux décideurs et aux économistes : si les premiers ont eu tendance à négliger les conséquences indirectes des dispositifs de fiscalité carbone - celles qui résultent des interdépendances mutuelles au sein de l'économie - les seconds ont insuffisamment pris en compte, dans leurs analyses, les contraintes réelles susceptibles de limiter l'efficacité ou la justice des dispositifs. Parmi ces contraintes, nous en avons identifié trois majeures pour le problème de décision : celles qu'imposent les techniques, l'hétérogénéité des ménages et les comportements.

Les autres enseignements concernent les obstacles propres à l'innovation en matière d'analyse économique : pour décrire ces contraintes du monde réel dans l'analyse, il faut être en mesure de construire des modèles de marchés sous-optimaux, dits de *second rang*, ce qui pose de sérieux problèmes méthodologiques. Tout d'abord, il n'existe pas de théorie générale qui fasse consensus ; il devient alors nécessaire de ne pas se limiter à une conception particulière, mais d'envisager la diversité des croyances qu'expriment les acteurs. Ensuite, comme l'évolution du monde ne cesse de s'accélérer, les contraintes de demain ne seront pas celles d'aujourd'hui, ni *a fortiori* celles d'hier. Une prospective de situations futures inédites est donc nécessaire pour évaluer les conséquences socioéconomiques des dispositifs envisagés. Elle doit être menée à un horizon de moyen terme (de

une à quelques décennies) car c'est dans cette temporalité intermédiaire, peu explorée, que l'on peut observer si les moyens envisagés peuvent contribuer à réduire les tensions entre les intérêts de court et ceux de long terme. Mais la modélisation des phénomènes macroéconomiques à moyen terme pose elle aussi problème ; il faut identifier quels sont les ajustements possibles et ceux qui ne le sont pas en raison des irréversibilités héritées des choix socioéconomiques présents et passés. Enfin, la disponibilité des données est le facteur qui limite le développement de nouveaux modèles. Les efforts de synthèse statistique doivent être poursuivis pour aboutir à une description quantitative cohérente des interdépendances entre l'usage des ressources, la distribution des revenus et la macroéconomie.

Nous concluons ce cahier des charges en précisant un dernier choix de méthode : le procédé d'analyse en *statique comparative* à partir duquel seront dérivés les résultats déductifs de la thèse. Cette méthode permet de comparer des états socioéconomiques issus d'ajustements se déployant sur un moyen terme : on simulera la déformation de l'image d'une situation de référence historique ou projetée sous l'effet du choc externe que constitue la réforme. Certes l'analyse statique ne décrit pas toute la séquence des ajustements, mais elle permet de raisonner sur des états induits, des « coupes » de trajectoires à un horizon donné⁷⁰. Nous verrons que le cadre statique autorise déjà de nombreuses avancées par rapport aux analyses existantes et que les résultats obtenus sont utiles pour la décision. Bien sûr, il faudrait rentrer dans les complications dynamiques pour étudier le tuilage des politiques, le tempo de leur mise en œuvre. Mais le choix d'un cadre statique se justifie aussi du fait des limites des théories dynamiques, en particulier sur la distribution des revenus et ses interactions avec la croissance. Il permet de se coordonner sur des situations jugées possibles même si le chemin pour y parvenir est encore peu connu. Enfin, contrairement à certaines idées reçues, cette technique n'est aucunement atemporelle, ni limitée à la description d'ajustements complets ou réversibles, ou encore, à des trajectoires de croissance optimales et équilibrées.

« The method of comparative statics [...] the investigation of changes in a system from one position of equilibrium to another without regard to the transitional process involved in the adjustment. By equilibrium is meant here only the values of variables determined by a set of conditions, and no normative connotation is attached to the term [...] [This] concept of equilibrium system [...] is applicable as well as in the case of a single variable as to so-called general equilibrium involving thousands of variables. [...] In every case ceteris paribus assumptions must be made. The only difference lies in the fact that [in] the general equilibrium analysis of, let us say, Walras, [...] the things which are taken as data for that system happen to be matters which economists have traditionally chosen not to consider as within their province. Among these data may be mentioned tastes, technology, the governmental and institutional framework, and many others. It is clear, however, that logically there is nothing fundamental about the traditional boundaries of economic science. »

Foundations of Economic Analysis
Paul Samuelson (1983, pages 8-9)

⁷⁰ Une remarque sur la cohérence temporelle de l'analyse est ici nécessaire. Si l'on décide de considérer un horizon de plus long terme (par exemple 20 ans au lieu de 10 ans), il faudra en toute cohérence, pour une même vision du monde, réviser le jeu d'hypothèses économiques retenu, puisqu'en toute logique, les mécanismes les plus longs auront plus de temps pour se déployer.

Nous arrivons maintenant au terme de cette première partie de diagnostic. La seconde partie de la thèse se compose des deux chapitres qui décrivent l'outil de simulation numérique développé spécifiquement pour cette étude. Le premier présente l'architecture de modélisation, tandis que le second revient sur les problèmes liés aux données. Ce second chapitre, sous une apparence technique, traite d'une pièce maîtresse de l'amélioration des techniques d'évaluation : l'extension du cadre de la comptabilité nationale. Les solutions pratiques qu'il propose rendent possible l'analyse que nous conduirons ensuite, mais aussi, plus généralement, ouvrent sur de nouvelles perspectives concernant l'élaboration d'outils d'analyse quantitative de politiques de développement durable.

Chapitre 3

L'architecture de simulation IMACLIM-S

La plateforme de modélisation IMACLIM¹ est l'un des fruits de l'approche d'analyse prospective développée depuis le début des années 90 au CIRED. Les principes méthodologiques de cette approche ont été pensés pour articuler dans un cadre unique et cohérent une description explicite des systèmes énergétiques avec une description du reste de l'économie (Hourcade, 1993 ; Hourcade et al., 2006 ; Gherzi et Hourcade, 2006). Par la suite, ces principes ont été mis en pratique avec le développement de différentes versions : nationales et statiques (Chapuis, 1996 ; Gherzi, 2003), dynamique et mondiale (Sassi et al., 2010) et nationales et dynamiques (Combet et al., 2009 ; Giraudet et al., 2011 ; Bibas et al., 2012).

Dans le cadre de cette thèse, nous avons développé une nouvelle version nationale et statique IMACLIM-S.2.4 pour traiter la problématique d'une fiscalité carbone². Cette version se distingue des précédentes car elle décrit avec moins de détails les systèmes techniques, mais avec plus de précision les facteurs institutionnels et socioéconomiques. En particulier, conformément à notre cahier des charges, elle permet de représenter (i) diverses modalités de gestion des finances publiques (politiques budgétaires et fiscales), (ii) divers régimes macroéconomiques en déséquilibre, et (iii) divers motifs de distribution des revenus au sein du pays et entre catégories de ménages.

1 Structure et spécificités d'IMACLIM-S.2.4³

IMACLIM-S.2.4 représente une économie française ouverte sur l'extérieur, désagrégée en quatre catégories d'agents (les ménages répartis en vingt classes de revenu, les sociétés, les administrations publiques et le « reste-du-monde ») et quatre produits (le pétrole brut, les carburants, les autres énergies⁴, et un bien « composite » qui agrège l'ensemble des biens et services non énergétiques). Un état économique est décrit par l'ensemble des transactions qui sont réalisées, au cours d'une année, sur le territoire national. Ces transactions mettent en jeu la production et la consommation de biens et services, ainsi que les échanges de revenus qui y sont associés (Figure 11).

¹ “*Impact Assessment of CLIMate policies-version Statique*”. Nous parlons d'une architecture de modélisation car il est possible dans ce cadre de formaliser divers modèles de second rang de l'économie.

² En collaboration avec Frédéric Gherzi et Camille Thubin.

³ Dans l'ensemble, nous avons fait le choix de limiter dans le corps du texte la formalisation mathématique et les aspects techniques ; pour plus de précision, nous renvoyons le lecteur à la documentation placée en annexes. On y trouve les formes des équations fonctionnelles (section I, page 299), l'origine et le traitement des données (section II, page 332), la méthode d'affectation des valeurs aux paramètres (section III, page 357) et la méthode de projection (section IV, page 368).

⁴ Les deux agrégats d'énergies transformées se distinguent ainsi selon leur usage final : les carburants fournissent un service de transport et les autres énergies des services « résidentiels et tertiaires » dans les bâtiments. Cette logique de découpe résulte d'un compromis entre la volonté de garder un niveau de description agrégé et celle de représenter l'hétérogénéité des consommations d'énergie des ménages. Elle a été également retenue dans la perspective de mobiliser l'information d'enquêtes auprès des ménages et de modèles technico-économiques des caractéristiques des bâtiments ou des parcs de véhicules détenus par diverses catégories de ménages.

Ces transactions sont enregistrées dans les deux tableaux de synthèse de la comptabilité nationale française : le *Tableau Entrées-Sorties (TES)*, qui décrit les transactions associées à la production, aux échanges et aux usages des biens et services, et le *Tableau Economique d'Ensemble (TEE)* qui résume les opérations de distribution, redistribution et usage des revenus.

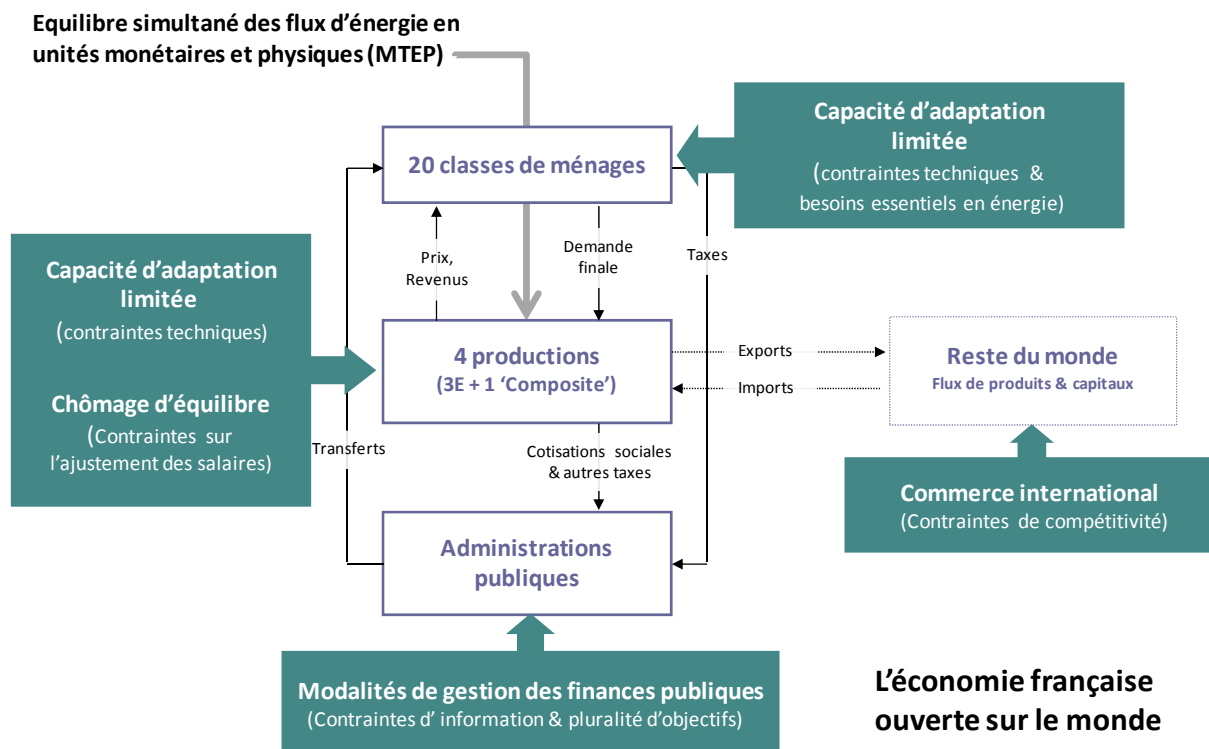


Figure 11 Représentation schématique du modèle IMACLIM-S.2.4

La modélisation du circuit économique repose sur le principe d'une double description de la circulation des biens et services dans l'économie : en valeurs et en volumes. Dans l'ensemble, ce cadre comptable (1) assure la conservation des valeurs et des quantités, (2) représente chaque valeur d'échange par le produit d'un prix et d'une quantité, et (3) décrit par des relations quantitatives les liens d'interdépendance entre les choix de production, d'échange et d'usage des revenus des acteurs nationaux entre eux et avec l'étranger.

Par rapport à la plupart des modèles d'équilibre général calculable, **IMACLIM-S.2.4 se distingue d'abord par son cadre comptable** où (i) les flux d'énergie ne sont pas déduits des transactions monétaires, mais résultent d'un effort d'harmonisation des statistiques énergétiques avec les données des comptes nationaux (cf. la méthode d'*hybridation*, chapitre 4⁵) ; (ii) la distribution des revenus et la structure des finances publiques sont détaillées sans perturber la cohérence d'ensemble, en réconciliant les données microéconomiques d'enquêtes de ménages avec les statistiques macroéconomiques (cf. la méthode de *désagrégation* par classe, chapitre 4⁶).

⁵ Section 2, page 128.

⁶ Section 3, page 147.

Par ailleurs, IMACLIM est **une structure de modélisation dont la modularité permet** (1) **de choisir le niveau de détails de la représentation de l'économie** (agrégation des secteurs, des ménages, des opérations d'échange, etc.) et (2) **d'expliciter divers jeux d'hypothèses définissant des croyances, conceptions ou théories sur le fonctionnement de l'économie et sur le futur**. C'est cette dernière propriété qui nous permettra d'effectuer des tests de sensibilité des résultats aux diverses « visions positives du monde et du futur » qu'expriment les acteurs des débats. Nous effectuerons ces tests en partant d'une « configuration de référence » - la structure du système d'équations et le paramétrage par défaut - à partir de laquelle chaque variante de vision du monde sera définie⁷.

Le choix des paramètres et des valeurs qui leurs sont affectées est donc fait en conséquence⁸. On distingue un jeu de paramètres « connus », pour lesquels une information quantitative est disponible avec un certain degré de précision, et un jeu de paramètres « plus inconnus », parmi lesquels certains renvoient à des controverses sensibles. Les premiers portent essentiellement sur la démographie, les taux de prélèvements obligatoires, les montants des transferts sociaux et la fraction de chaque source de revenu que perçoit chaque catégorie d'agents ; les seconds concernent les paramètres économiques sur lesquels « diverses croyances » s'expriment, et à partir desquels il faudra conduire des tests de sensibilité systématiques :

- i. ***l'ajustement des niveaux de consommation d'énergie en réponse aux signaux-prix***, puisque les possibilités d'économie d'énergie sont limitées par les contraintes techniques qui réduisent, dans une certaine mesure, les capacités d'ajustement des systèmes productifs et des ménages ;
- ii. ***la réponse des salaires à l'évolution du chômage et à la réforme des prélèvements obligatoires*** (surtout dans le cas où de nouveaux allègements de cotisations sociales seraient appliqués) ;
- iii. ***l'efficacité de modalités alternatives de gestion des finances publiques***, puisque les règles budgétaires et fiscales sont appliquées en situation d'information imparfaite et pour atteindre une hiérarchie d'objectifs publics qui n'est pas nécessairement consensuelle ;
- iv. ***l'effet de la compétitivité-prix*** : la réponse à l'évolution des coûts de production des échanges marchands avec le reste-du-monde ; les échanges extérieurs pouvant être plus ou moins sensibles à l'effet de la réforme sur les prix des productions nationales.

Lors de la procédure de paramétrage, nous choisissons les valeurs que nous affectons aux paramètres inconnus en considérant qu'ils correspondent à une vision du monde donnée. On calcule ensuite les valeurs des paramètres « calibrés », de façon à ce que le modèle IMACLIM reproduise, en

⁷ Cette configuration de référence correspond à des choix de modélisation et de paramétrage faits tout au long du développement du modèle. Ces hypothèses sont résumées et détaillées dans l'annexe technique (Table B, page 328 et Table BB, page 367). Les équations et les valeurs des paramètres qui définissent chacune des variantes considérées dans l'analyse des chapitres 5 à 8 sont détaillées dans la Table DD, page 373. L'étude de sensibilité ne s'y limite pas à des tests sur les valeurs des paramètres ; en suivant la méthode mise en œuvre par Sen (1963), les modifications apportées peuvent aussi porter sur le choix des variables et des paramètres et sur les formes fonctionnelles qui décrivent les relations entre variables et paramètres (cf. Table C, page 329).

⁸ Comme le souligne Samuelson : « *the things which are taken as data for that system happen to be matters which economists have traditionally chosen not to consider as within their province. [...] It is clear, however, that logically there is nothing fundamental about the traditional boundaries of economic science.* » (cf. *supra*, page 74) Les visions du monde ou théories se distinguent souvent par ce choix ; c'est par exemple ce qui distingue les théories macroéconomiques de la distribution (Sen, 1969).

l'absence de réforme, les grandeurs connues et enregistrées dans les tableaux comptables que nous élaborons pour une année de base (dans cette étude 2004) ou que nous projetons dans le cadre d'un scénario prospectif (ici, à l'horizon 2020). Dans la configuration de référence, les valeurs des paramètres inconnus proviennent d'un choix arbitraire, mais renseigné (en nous référant à des études existantes, une information partielle disponible et à un raisonnement logique), alors que les valeurs prises par ces paramètres dans les variantes sont scénarisées. Nous cherchons à concevoir les tests de sensibilité aux visions du monde de sorte que les hypothèses soient suffisamment contrastées pour encadrer un espace de valeurs probables, de façon à embrasser une diversité de conceptions tenables par les acteurs dans des débats⁹.

Une fois le modèle calibré sur une année de base ou une année projetée, l'introduction d'une réforme déforme l'image de cette situation de référence. Le sens et l'ampleur de cette déformation sont déterminés par le jeu d'hypothèses qui définit la nature des comportements économiques.

Après avoir présenté les hypothèses de la configuration de référence et les variantes possibles (section 2 et 3), nous verrons comment utiliser la modularité d'IMACLIM pour construire une projection à l'horizon 2020 et liant, dans un même ensemble, l'analyse prospective d'une fiscalité carbone avec celle d'une réforme du financement des retraites (section 4, page 107). Nous y présenterons comment modifier la structure du système et les valeurs des paramètres pour reproduire et compléter l'image d'un scénario de référence du Conseil d'Orientation des Retraites (COR), produit pour préparer la dernière réforme du gouvernement Fillon (2010).

2 La modélisation des comportements économiques

Nous présentons d'abord les comportements de chaque catégorie d'agents (section 2.1), puis les comportements de production qui caractérisent le fonctionnement des systèmes productifs, qu'ils soient gérés par des entrepreneurs individuels (ménages), des sociétés privées ou des administrations publiques (section 2.2). Enfin, nous décrivons les relations macroéconomiques qui résultent de l'interaction de comportements sur des marchés non nécessairement walrassiens (section 2.3). La formalisation mathématique du modèle est détaillée dans les annexes techniques ; nous nous limitons dans les paragraphes suivants à une présentation générale des principales relations fonctionnelles qui relient les variables et les paramètres du système économique.

2.1 Les comportements des agents institutionnels

Les quatre catégories d'agents correspondent aux concepts des « secteurs institutionnels » de la comptabilité nationale. Ces derniers rassemblent des individus ou des organisations qui ont des comportements économiques similaires.

⁹ La liste des paramètres calibrés et non calibrés est donnée en annexe (cf. section III, page 357).

Les ménages

Un ménage est défini par sa fonction de consommateur final privé¹⁰. Les vingt classes de ménages, pour l'essentiel, tirent leurs revenus de la rémunération de leur travail (salaires et revenus « mixtes » des indépendants), de leur capital¹¹ (Excédent brut d'exploitation) et de la redistribution opérée par les administrations publiques (transferts sociaux). Ils s'acquittent de leurs impôts directs, consomment, investissent et échangent des capitaux sur les marchés financiers en fonction de leur capacité d'autofinancement : la différence entre leur épargne et leurs dépenses d'investissement. L'abandon de l'hypothèse d'égalité entre l'épargne et l'investissement permet de rendre compte de situations durables d'endettement ou de créances vis-à-vis des autres agents. En retour, les ménages reçoivent ou paient des revenus de la propriété financière en proportion de leur position financière nette¹² et de l'évolution des taux d'intérêts. Comme les marchés financiers sont imparfaits, les ménages font face à un taux d'intérêt distinct de celui auquel sont soumises les sociétés et les administrations, mais qui varie selon un taux directeur unique et déterminé par la règle de bouclage macroéconomique (cf. paragraphe 3.1, page 97).

Revenu disponible de la classe de ménages h (après impôts et échanges de revenus de la propriété)

$$R_h = (1 - \tau_{R,h}) \cdot \left[\Psi_h + \omega_{w,h} \cdot (1 - \tau_w) \cdot wL + \overline{\omega_{l,h}} \cdot (1 - \tau_l) \cdot EBE - i_h \cdot D_h \right] \quad \text{avec : } i_h = \overline{i_{h0}} + i$$

$$\begin{bmatrix} \text{Revenu disponible après impôt et "intérêts"} \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \text{Dédution des impôts directs} \\ = \text{impôt sur le revenu moyen de la classe} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Transferts sociaux : retraites, chômage et autres} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Parts des revenus du travail nettes de cotisations sociales perçues par la classe} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Part d'excédent d'exploitation net d'impôt} \\ = \text{revenus de la propriété non financière} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Revenus de la propriété financière nette :} \\ \text{positif si dette} \\ \text{, négatif si créance} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \text{Taux d'intérêt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Fonction du taux directeur} \end{bmatrix}$$

Investissement de la classe de ménages h

$$(1 + \tau_C) \cdot p_C \cdot I_h = \overline{g_h} \cdot R_h$$

$$\begin{bmatrix} \text{Dépenses d'investissement (bien composite au prix d'acquisition, TTC)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Proportion du revenu disponible} \end{bmatrix}$$

Epargne de la classe de ménages h

$$S_h = R_h - \overline{c_h} \cdot R_h$$

$$\begin{bmatrix} \text{Epargne de la classe de ménage } h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Revenu disponible après impôt et "intérêts"} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{Budget total consommé} \\ = \text{proportion du revenu} \end{bmatrix}$$

¹⁰ Néanmoins, le secteur institutionnel des ménages a aussi des fonctions économiques secondaires. C'est le cas des entrepreneurs individuels et des propriétaires de logement qui produisent un « service de logement ».

¹¹ La détention directe de capital productif par les ménages (propriété non financière) correspond essentiellement à la propriété immobilière. Les revenus associés proviennent de la valorisation effective ou fictive des services de logement que ce capital permet de produire (le revenu fictif de la propriété immobilière est autoconsommé par les propriétaires occupants leurs logements).

¹² La propriété financière nette des agents nationaux est renseignée dans le compte du patrimoine. Il s'agit de la valeur nette du stock de patrimoine financier (somme de la valeur des actifs moins la somme de la valeur des passifs financiers détenus par chaque catégorie d'agents). La définition de cette variable à partir de la nomenclature de la comptabilité nationale est précisée dans les annexes (section II.1, page 332).

Endettement de la classe de ménages h

$$D_h = f_{D,h} \left((1+\tau_C) \cdot p_C \cdot (C_h + I_h) + (1+\tau_E) \cdot p_E \cdot C_{E,h} - R_h \right)$$

$$\begin{bmatrix} \text{Endettement} \\ = \text{opposé de} \\ \text{la position} \\ \text{financière nette} \end{bmatrix} = f \left(\begin{bmatrix} \text{Dépenses} \\ \text{d'investissement} \\ \text{et de consommation} \\ \text{(énergie et composite)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{Revenu} \\ \text{disponible} \\ \text{après impôt} \\ \text{et "intérêts"} \end{bmatrix} \right)$$

Opposé de la capacité d'auto-financement des ménages

L'allocation du budget de consommation des ménages à l'achat des différents biens de consommation finale (carburants, énergies résidentielles, bien composite) est décrite par un jeu d'équations qui peuvent être interprétées comme des conditions du premier ordre d'un programme d'optimisation sous une contrainte de budget et d'inertie technique¹³. Une fois leurs achats d'énergie financés, les ménages allouent le solde de leur budget à l'achat de biens et services non énergétiques (achat de bien composite).

Consommation d'énergie de la classe h

$$C_{E,h} = f_{C,h} \left(\frac{(1+\tau_E) \cdot p_E}{(1+\tau_C) \cdot p_C} ; \overline{\varepsilon P_{A,h}}, \overline{\varepsilon R_{A,h}}, \overline{b_{A,h}} \right)$$

$$\begin{bmatrix} \text{Volumes} \\ \text{de l'agrégat} \\ \text{d'énergies E} \\ \text{consommées} \end{bmatrix} = f \left(\begin{bmatrix} \text{Fonction des prix} \\ \text{relatifs des énergies E} \\ \text{des élasticités prix et revenu} \\ \text{et du niveau de besoin} \\ \text{essentiel (incompressible)} \end{bmatrix} \right)$$

Consommation de bien composite de la classe h

$$(1+\tau_C) \cdot p_C \cdot C_h = \overline{c_h} \cdot R_h - (1+\tau_E) \cdot p_E \cdot C_{E,h}$$

$$\begin{bmatrix} \text{Budget alloué à} \\ \text{la consommation} \\ \text{de bien composite} \\ \text{(solde du budget)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Budget total} \\ = \text{proportion} \\ \text{du revenu} \\ \text{disponible} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{Budget} \\ \text{alloué} \\ \text{aux achats} \\ \text{d'énergie} \end{bmatrix}$$

Les potentiels d'économie d'énergie des consommateurs (comme des producteurs) sont limités aux horizons de moyen terme considérés, en raison des inerties dans le renouvellement des stocks d'équipements, des infrastructures, dans l'organisation du territoire et les localisations. Cette contrainte d'inertie est résumée par un niveau exogène de besoins essentiels en énergie qui doit être cohérent avec l'horizon temporel considéré. En conséquence, les élasticités des consommations d'énergie à l'évolution des prix et des revenus ne sont pas constantes sur tout l'espace des taxes, mais diminuent au fur et à mesure où les consommations se rapprochent des besoins incompressibles (Figure 12).

¹³ Mais ce programme n'est pas explicité. Ces équations décrivent le comportement agrégé d'un groupe de ménages qui ne découle pas d'une agrégation parfaite de comportements microéconomiques identiques sur des marchés parfaits. Ce choix correspond au cahier des charges de modélisation établi au second chapitre : la représentation de comportements variés, contraints par un certain niveau de dépendance énergétique. Les déterminants techniques de la consommation d'énergie des groupes de ménages peuvent être calibrés pour reproduire le comportement agrégé de modèles technico-économiques (modèle de bâtiments, parc de véhicules, etc.).

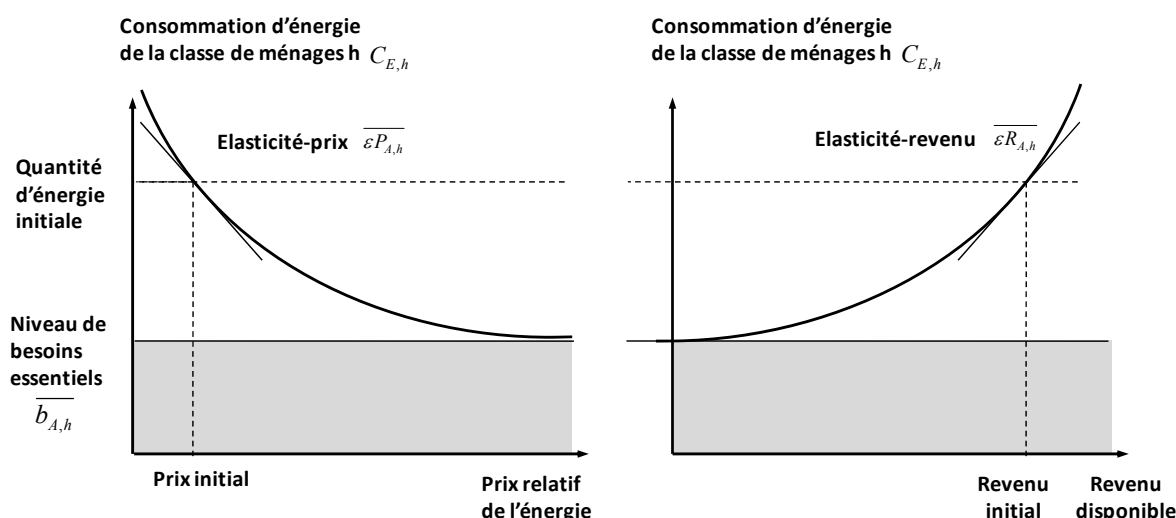


Figure 12 Possibilités d'ajustement des consommations d'énergie des ménages

Les classes de ménages ont des propensions à consommer et à investir différentes mais constantes (une part fixe du revenu disponible après impôt est affectée à la consommation). Dans la configuration de référence, les taux d'intérêts sur les marchés financiers, les niveaux de besoins essentiels et les élasticités des consommations d'énergie sont identiques¹⁴. Pour représenter des visions du monde alternatives, on introduira dans les variantes une capacité d'ajustement des consommations d'énergie des ménages différente en jouant, soit sur le niveau des besoins essentiels (ce qui change la part de consommation sensible aux prix et revenus), soit sur la valeur des élasticités (ce qui change la sensibilité aux prix et revenus de la fraction non contrainte). De cette manière, il est possible de *rendre compte de façon simple de diverses croyances sur les potentiels d'économie d'énergie des ménages et l'efficacité du prix du CO₂* sur l'horizon de moyen terme considéré. En outre, la description des quantités d'énergie en unité physique permet de donner un sens plus tangible aux niveaux de consommation, ce qui facilite le dialogue et l'expression des croyances d'acteurs¹⁵.

Les sociétés

L'unique fonction des sociétés est de produire mais elles peuvent aussi contribuer à la détermination du partage des richesses produites, en incluant à cela les choix d'autofinancement. Elles tirent leur revenu d'une fraction de l'excédent brut d'exploitation, s'acquittent de l'impôt sur les sociétés, investissent et échangent des capitaux sur les marchés financiers, mais elles ne consomment pas pour elles-mêmes. Comme les ménages, elles empruntent (ou prêtent) des

¹⁴ Néanmoins, sous l'effet d'un renchérissement des prix, la baisse de consommation d'énergie sera limitée pour les ménages proches de leurs besoins essentiels ; les élasticités des classes qui sont initialement proches de leurs besoins de base décroissent donc plus rapidement.

¹⁵ Nous verrons qu'on peut calculer un volume d'énergie qui correspond à une notion de besoin essentiel ou de consommation contrainte : par exemple, la consommation moyenne de carburant des ménages pour effectuer leurs trajets domicile-travail (cf. Encart 9, page 269). On peut alors décider de créer un crédit d'impôt pour exonérer un niveau de besoins essentiels en énergie de taxe carbone (cf. chapitre 7, paragraphe 3.1, page 237).

capitaux et en retour échantent des revenus de la propriété financière en versant (ou recevant) des dividendes et des intérêts en fonction de leur position financière nette.

Revenu disponible des sociétés (après impôts et échanges de revenus de la propriété)

$$R_S = (1 - \tau_{R,S}) \cdot \left[(1 - \tau_{\Pi}) \cdot \overline{\omega_{S,\Pi}} \cdot EBE - i_S \cdot D_S \right] \quad \text{avec : } i_S = \overline{i_{S0}} + i$$

$$\begin{bmatrix} \text{Revenu} \\ \text{disponible} \\ \text{après impôt} \\ \text{et "intérêts"} \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \text{Dédution des} \\ \text{impôts directs} \\ = \text{impôt moyen} \\ \text{sur les sociétés} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Part d'excédent} \\ \text{d'exploitation} \\ \text{net d'impôt} \\ = \text{revenus de} \\ \text{la propriété} \\ \text{non financière} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Revenus de} \\ \text{la propriété} \\ \text{financière nette :} \\ \cdot \text{positif si dette} \\ \cdot \text{négatif si créance} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \text{Taux} \\ \text{d'intérêt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Fonction du} \\ \text{taux directeur} \end{bmatrix}$$

Autofinancement des sociétés

$$(1 + \tau_C) \cdot p_C \cdot I_S = \overline{g_S} \cdot R_S$$

$$\begin{bmatrix} \text{Dépense} \\ \text{d'investissement} \\ \text{(bien composite)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Proportion} \\ \text{du revenu} \\ \text{disponible} \end{bmatrix}$$

Endettement des sociétés

$$D_S = f_{D,S} \left((1 + \tau_C) \cdot p_C \cdot I_S - R_S \right)$$

$$\begin{bmatrix} \text{Endettement} \\ = \text{opposé de} \\ \text{la position} \\ \text{financière nette} \end{bmatrix} = f \left(\begin{bmatrix} \text{Dépenses} \\ \text{d'auto-investissement} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{Revenu} \\ \text{disponible} \\ \text{après impôt} \\ \text{et "intérêts"} \end{bmatrix} \right)$$

Opposé de la capacité d'autofinancement des sociétés

Dans la configuration de référence, le budget d'investissement des sociétés est une proportion fixe de leur revenu disponible une fois leurs impôts acquittés.

Les administrations publiques

Les administrations regroupent les administrations d'État, les collectivités territoriales et la fonction publique hospitalière. Elles consomment, investissent et échantent des capitaux sur les marchés financiers comme les ménages, mais organisent aussi les finances publiques et la redistribution des revenus en suivant un certain nombre de règles budgétaires et fiscales. Par convention comptable, les administrations ne consomment que du bien composite, la consommation d'énergie pour la production de service public est contenue dans les consommations intermédiaires en énergie du secteur de production de bien composite.

L'état des finances publiques est synthétisé par la contrainte budgétaire des administrations qui met en regard les sources de revenu (essentiellement les recettes des prélèvements obligatoires et l'excédent brut d'exploitation des entreprises publiques ou sous contrôle public) avec les postes de dépense (consommation et investissement publics, transferts sociaux). Le compte public présentera donc généralement un certain niveau de déficit ou d'excédent courant.

Recettes du système de prélèvements obligatoires¹⁶

$$T = \tau_w \cdot w \cdot L + \tau_{\Pi} \cdot EBE + \tau_{R,S} \cdot R_S + \tau_C \cdot p_C \cdot \left(C_G + I_G + \sum_h (C_h + I_h) \right) + \sum_h (\tau_{R,h} \cdot R_h + \tau_E \cdot p_E \cdot C_{E,h})$$

$$\begin{bmatrix} \text{Recettes} \\ \text{fiscales} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Cotisations} \\ \text{sociales} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Impôt moins} \\ \text{subventions sur} \\ \text{la production} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Impôt sur} \\ \text{les sociétés} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Fiscalité indirecte} \\ \text{(sur les produits)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Impôt sur} \\ \text{le revenu} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Fiscalité} \\ \text{énergétique} \end{bmatrix}$$

Revenu disponible des administrations

$$R_G = T + (1 - \tau_{\Pi}) \cdot \overline{\omega_{G,\Pi}} \cdot EBE - i_G \cdot D_G$$

$$\begin{bmatrix} \text{Revenu} \\ \text{disponible} \\ \text{après impôt} \\ \text{et "intérêts"} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Recettes} \\ \text{fiscales} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Part d'excédent} \\ \text{d'exploitation} \\ \text{= revenus de} \\ \text{la propriété} \\ \text{non financière} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Revenus de} \\ \text{la propriété} \\ \text{financière} \\ \text{positif si dette} \\ \text{négatif si créance} \end{bmatrix}$$

Transferts sociaux (aux classes de ménages h)

$$\Psi_h = \rho_{u,h} \cdot N_{U,h} + \rho_{R,h} \cdot N_{R,h} + \rho_{A,h} \cdot N_h$$

$$\begin{bmatrix} \text{Transferts} \\ \text{sociaux} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Allocations} \\ \text{chômage} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Prestations} \\ \text{retraite} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Autres} \\ \text{prestations} \end{bmatrix}$$

Dette publique

$$D_G = f_{D,G} \left((1 + \tau_C) \cdot p_C \cdot (C_G + I_G) + \sum_h \Psi_h - R_G \right)$$

$$\begin{bmatrix} \text{Endettement} \\ \text{= opposé de} \\ \text{la position} \\ \text{financière nette} \end{bmatrix} = f \left(\begin{array}{c} \begin{bmatrix} \text{Dépenses} \\ \text{publiques} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{Revenu disponible} \\ \text{après impôt et "intérêts"} \end{bmatrix} \\ \text{Opposé de la capacité d'autofinancement des administrations} \end{array} \right)$$

Les administrations peuvent modifier le niveau et la structure des impôts, le niveau et la structure des transferts sociaux, et contrôler la fourniture des services publics en choisissant le niveau des dépenses de consommation et d'investissement publics.

Les leviers de gestion des finances publiques (politique budgétaire et fiscale)

Les modalités de gestion des finances publiques sont traduites par des règles qui contraignent l'évolution des prélèvements obligatoires et des prestations sociales, du niveau de la consommation et de l'investissement public et du poids des déficits (ou de la dette).

Structure des prélèvements obligatoires

$$(\tau_{w,h}, \tau_{\Pi}, \tau_{R,S}, \tau_{R,h}, \tau_C, \tau_E) = f_{\tau}(\bar{\lambda}_2)$$

$$\begin{bmatrix} \text{Niveau de chacun} \\ \text{des taux moyens} \\ \text{de prélèvements} \\ \text{obligatoires} \end{bmatrix} = f \left(\begin{array}{c} \text{Modalité de gestion} \\ \text{des finances publiques} \\ \text{= règle d'ajustement des taux} \\ \text{(choix des endogènes/exogènes} \\ \text{et modalité d'ajustement)} \end{array} \right)$$

Consommation et investissement publics

$$C_G + I_G = f_G(\bar{\lambda}_3)$$

$$\begin{bmatrix} \text{Niveau de dépenses} \\ \text{de consommation et} \\ \text{d'investissement des} \\ \text{administrations} \end{bmatrix} = f \left(\begin{array}{c} \text{Modalité de gestion des finances publiques} \\ \text{= règle d'ajustement des dépenses publiques (choix} \\ \text{des endogènes/exogènes et modalité d'ajustement)} \end{array} \right)$$

¹⁶ Le modèle distingue dans la fiscalité indirecte des taxes *ad valorem* (TVA sur les achats d'énergie et de composite, autres impôts sur les produits) et les *accises* (Taxe intérieure sur les produits pétroliers, taxe carbone).

Niveau des prestations sociales

$$\forall k \in [U; R; A], \quad \rho_{k,h} = f_{\rho k} \left(\bar{\lambda}_1 \right) \cdot \overline{\rho_{k,h0}}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Niveau de prestation} \\ \text{sociale } per \text{ capita} \\ \text{(chomage, retraite, autres)} \end{array} \right] = f \left(\begin{array}{l} \text{Modalité de gestion des finances publiques} \\ \text{= règle d'ajustement des niveaux de prestation (choix} \\ \text{des endogènes/exogènes et modalité d'ajustement)} \end{array} \right)$$

Niveau des déficits (ou de la dette)

$$D_G = f_{CAF,G} \left(\bar{\lambda}_4 \right)$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Endettement} \\ \text{= opposé de} \\ \text{la position} \\ \text{financière nette} \end{array} \right] = f \left(\begin{array}{l} \text{Modalité de gestion des} \\ \text{finances publiques = règle} \\ \text{d'ajustement du niveau des} \\ \text{déficits (CAF) ou de la dette} \end{array} \right)$$

Dans le fonctionnement de référence du modèle, la gestion des finances publiques respecte les modalités suivantes : (1) le montant des dépenses publiques rapporté à la richesse nationale est maintenu constant (le niveau réel des services publics résulte donc de l'évolution de leur prix – celui du bien composite – et de l'évolution nominale du PIB) ; (2) Les transferts sociaux à destination des ménages sont indexés sur le salaire net moyen pour rendre compte des fortes pesanteurs politiques qui tendent à limiter les désindexations. Enfin, (3) les administrations respectent un objectif de contrôle de la dette publique, en gardant constant son niveau en proportion du PIB nominal. Pour respecter cette contrainte, elles ajustent le niveau des prélèvements sur le travail (cotisations sociales). Les autres taux d'imposition sont maintenus constants (taxes *ad valorem*) ou indexés sur l'indice des prix à la consommation (accises), hormis, bien entendu, les taux ciblés par la réforme fiscale étudiée.

En variantes, il est possible de simuler une grande diversité d'ajustement des finances publiques. Les modalités se distinguent entre elles et par rapport à la gestion de référence par la « clôture » du compte public, c'est-à-dire le jeu de variables d'ajustement et les contraintes qui définissent les objectifs (les règles de gestion). Nous verrons que les effets des divers dispositifs de taxe carbone ne sont pas indépendants des autres choix de gestion des finances publiques (Tableau 6) : les règles qui sont inscrites dans les lois de finance et qui incluent, d'une part, les modalités de gestion courante (règles d'indexation, règle d'évolution des taux de prélèvements obligatoires, des dépenses de consommation et d'investissement) et d'autre part, d'éventuelles réformes structurelles, dont la mise en œuvre pourrait être concomitante au déploiement d'une fiscalité carbone (réforme des retraites, réduction des déficits, etc.).

Domaines	Contraintes (règles de gestion)	Variables d'ajustement
Dispositif de fiscalité carbone	Taux de taxe carbone ; modalité de recyclage ; règle de « neutralité budgétaire », système de compensation, d'exonération.	Taux de prélèvement(s) obligatoire(s) (PO) désigné(s) pour le recyclage des recettes ; niveau des compensations.
Gestion des finances publiques	Règle d'évolution des dépenses publiques (consommation et investissement) ; cible de désendettement ou de contrôle des déficits ; indexation des prestations sociales.	Taux de PO désigné(s) en cas d'ajustement des recettes ; déficits ou niveau des dépenses en cas de constance des taux de fiscalité.
Autres réformes	Financement des dépenses des régimes de retraite.	Report de l'âge légal de départ en retraite ; taux de PO désigné(s) ; niveau des dépenses publiques.

Remarque : certaines règles de gestion sont incompatibles avec d'autres. La formalisation des contraintes et les différentes modalités de bouclage du compte public sont résumées et détaillées dans l'annexe technique (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, page **Erreur ! Signet non défini.**).

Tableau 6 **Modalités alternatives de gestion des finances publiques**

Le reste-du-monde

Le reste-du-monde a un comportement « passif » dans le modèle, c'est-à-dire qu'aucune équation ne lui attribue une quelconque rationalité économique. Mais un comportement lui est attribué de facto à travers la description des marchés des biens et services et des marchés financiers. Les échanges commerciaux avec la France sont réglés par le ratio entre le prix des biens mondiaux et le prix français sous deux hypothèses (cf. infra, page 91) : d'une part, celle d'un taux de change constant, car la France, appartenant à l'union monétaire européenne, ne dispose pas des instruments de la politique monétaire¹⁷ ; et d'autre part, l'hypothèse que les prix des biens étrangers ne sont pas affectés par les évolutions nationales : la France est un petit pays à l'échelle des marchés mondiaux. Quant aux flux de capitaux, le reste-du-monde offre ou reçoit les montants souhaités par les agents de l'économie française.

2.2 Les arbitrages dans les systèmes productifs

Le comportement des systèmes productifs détermine les arbitrages techniques du côté des secteurs de production, les choix de tarification et les décisions d'investissement.

Les arbitrages techniques

La modélisation des choix techniques dans les systèmes productifs suit le même principe que celle des choix de consommation des ménages. Elle formalise un comportement de minimisation des coûts unitaires de production sous une contrainte de possibilités techniques à l'horizon de l'analyse. On remarquera qu'au niveau d'agrégation retenu, les arbitrages relatifs à la production de bien composite ne décrivent pas seulement les choix techniques à une échelle microéconomique ou sectorielle (c'est-à-dire l'adoption de nouvelles technologies, de procédés de production), ils représentent l'induction d'un changement structurel de l'économie : l'importance relative des secteurs d'activité, la disparition et la création de filières¹⁸.

Les ajustements techniques sont décrits par un jeu de six fonctions de demande d'intrants (trois consommations intermédiaires énergétiques, une consommation intermédiaire non énergétique, du travail et du capital). Cette description comprend trois spécificités importantes :

- Une distinction entre la valeur réelle de la productivité marginale du « capital machine » (le stock d'outils physiques de production, le « capital fixe ») et la rémunération de la propriété du capital (la « marge » ou l'« excédent net d'exploitation », dégagé(e) une fois le travail rémunéré et les impôts acquittés). Cette distinction conduit à introduire dans l'équation de prix le coût de

¹⁷ Par conséquent, la réforme n'a pas d'effet sur la parité entre l'euro et le panier des autres devises des partenaires commerciaux de la France. Les échanges internationaux de la France se font de toute manière en grande majorité avec les pays de l'union monétaire européenne. En 2010, 65% de la valeur des importations de la France provenaient de partenaires européens et 75% de la valeur de ses exportations.

¹⁸ Au niveau du secteur de production de bien composite, l'« *innovation possibility curve* » au sens d'Ahmad (1966) définit une frontière de production agrégée à l'horizon de moyen terme considéré (cf. Ghersi et Hourcade, 2006). Les ajustements aux variations de prix synthétisent non seulement une croyance sur le niveau d'inertie des capacités installées à une échelle microéconomique (hypothèse « *putty-clay* » de Johansen, 1959), mais aussi toutes les croyances qui portent sur les potentiels de substitution disponibles à d'autres échelles.

l'amortissement du capital, comme valorisation de la consommation réelle de capital fixe, lui-même constitué de l'accumulation passée en bien composite (investissement)¹⁹.

- Un changement technique induit et un moteur de croissance endogène. Les consommations unitaires d'intrant de chaque secteur diminuent avec leur prix relatif, selon une élasticité de substitution donnée, et avec le niveau d'investissement, selon un taux de progrès technique endogène (« learning-by-doing » de Arrow, 1962) ; elles augmentent avec le niveau de production, selon un coefficient de décroissance des rendements « statiques » (cette décroissance reflète les limites de capacité productive du capital installé).

- Des potentiels de substitution contraints. Comme pour les consommations finales des ménages, l'efficacité du signal-prix introduit par la politique climatique est limitée par un certain niveau d'inerties techniques. De même, ces inerties sont synthétisées par des asymptotes techniques, limitant les potentiels de substitution à l'horizon d'analyse et renvoyant à des niveaux de consommation minimaux d'intrants, insensibles aux prix. En conséquence, l'élasticité de substitution diminue également au fur et à mesure que les consommations unitaires d'intrants se rapprochent de ces asymptotes.

Ajustements techniques (travail, capital et énergie)

$$\begin{aligned}
 l &= f_L \left(\begin{matrix} w, p_E, p_C, & \bar{\varepsilon}_s, & I, & \bar{\xi}, & Y, & \bar{\Phi}, & \bar{b}_L \\ - & + & + & & + & - & + \end{matrix} \right) \\
 k &= f_K \left(\begin{matrix} w, p_E, p_C, & \bar{\varepsilon}_s, & I, & \bar{\xi}, & Y, & \bar{\Phi}, & \bar{b}_K \\ + & + & - & & + & - & + \end{matrix} \right) \\
 e &= f_E \left(\begin{matrix} w, p_E, p_C, & \bar{\varepsilon}_s, & I, & \bar{\xi}, & Y, & \bar{\Phi}, & \bar{b}_E \\ + & - & + & & + & - & + \end{matrix} \right)
 \end{aligned}$$

$$\left[\begin{matrix} \text{Consommation} \\ \text{unitaire d'intrants} \\ \text{(coef. technique)} \end{matrix} \right] = f \left(\left[\begin{matrix} \text{Prix relatifs} \\ \text{des intrants} \end{matrix} \right], \left[\begin{matrix} \text{Elasticité de} \\ \text{sustitution} \end{matrix} \right], \left[\begin{matrix} \text{Niveau d'investissement} \\ \text{= progrès technique} \\ \text{(learning-by-doing)} \end{matrix} \right], \left[\begin{matrix} \text{coef. de progrès} \\ \text{technique} \\ \text{endogène} \end{matrix} \right], \left[\begin{matrix} \text{Niveau de production} \\ \text{= rendements} \\ \text{décroissants statiques} \end{matrix} \right], \left[\begin{matrix} \text{coef. de} \\ \text{rendements} \\ \text{décroissants} \end{matrix} \right], \left[\begin{matrix} \text{Niveau} \\ \text{d'asymptote} \\ \text{technique} \end{matrix} \right] \right)$$

Dans la configuration de référence, le progrès technique induit et les rendements décroissants statiques s'appliquent de façon homogène à tous les intrants (hypothèse de progrès technique neutre au sens de Hicks). Les inerties techniques dans les trois secteurs de production et de transformation d'énergie sont plus fortes que dans le secteur de production composite, pour tenir compte des durées de vie plus importantes des installations et capacités dans ces industries. Dans les variantes, en retenant des hypothèses alternatives sur la valeur des paramètres, il est possible de *rendre compte de façon simple de diverses croyances sur les potentiels de substitution énergie/travail, l'efficacité du prix du CO₂ et l'effet de la réforme sur le potentiel de production* pour l'horizon de moyen terme considéré.

Les choix de tarification

La concurrence oligopolistique entre les entreprises domestiques et avec les concurrents étrangers est prise en compte simplement dans la formation du prix de production en appliquant un

¹⁹ La valeur comptable de l'amortissement, la niveau de consommation de capital fixe, sert ici d'approximation de l'investissement cumulé.

taux de marge qui introduit un écart entre les prix et les coûts moyens de production (« *markup pricing* »). Cette règle de tarification est cohérente avec l'hypothèse d'imperfection de concurrence sur les marchés des biens et services retenue dans notre cahier des charges. Elle suppose l'existence de pouvoirs de marché en fonction desquels les entreprises peuvent intervenir sur le niveau prix²⁰.

Formation des prix de production

$$p = (e.p_E + l.w + k.p_C).(1 + \pi)$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Prix de} \\ \text{production} \\ \text{nationaux} \end{array} \right] = \left(\left[\begin{array}{c} \text{Coûts unitaires} \\ \text{énergétiques} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Coût du} \\ \text{travail} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Coût d'usage du} \\ \text{capital productif} \end{array} \right] \right) \cdot \left(\left[\begin{array}{c} \text{Taux de marge} \\ \text{sur les coûts} \end{array} \right] \right)$$

On distingue ainsi, dans la décomposition des tarifs, les coûts variables d'un côté, qui incluent une estimation du coût de remplacement du capital productif déprécié (« amorti »), et l'excédent net d'exploitation de l'autre, qui rémunère les propriétaires du capital avancé. Par conséquent, une distinction est introduite entre les facteurs techniques et les facteurs sociaux qui déterminent le partage de la valeur ajoutée. Le *markup* rend donc aussi compte des conventions qui président la capacité des entreprises à imposer leur prix aux consommateurs et à répercuter leurs coûts dans leurs prix (« *pass through costs* »). En interaction avec la boucle salaire-chômage, c'est donc l'un des déterminants du partage des richesses produites au sein des organisations productives. Dans le fonctionnement de référence du modèle, le taux de marge sur les coûts sera constant. Dans les variantes, il pourra évoluer pour représenter diverses possibilités de partage des allègements de cotisations sociales.

Les décisions d'investissement

Dans les systèmes productifs, l'investissement réel (en volume) est une décision qui appartient aux entrepreneurs. Dans chaque secteur d'activité, la demande d'investissement augmente en proportion du niveau d'activité et des besoins en capital productif du secteur. Le coefficient de proportionnalité reflète l'état des anticipations des entrepreneurs sur les potentiels futurs de croissance ou les risques liés aux décisions d'investissement (en raison de l'incertitude sur les taux d'intérêt futurs, la capacité d'auto-investissement de l'entreprise, la durée de vie des investissements, etc.).

²⁰ L'exemple le plus simple pour en donner l'intuition microéconomique est celui d'une entreprise monopoliste opérant sur un marché unique qui cherche à maximiser son profit : $\max P.Y - w.I.Y$ sous la contrainte $Y = Y_0.P^{-\eta}$ où les coûts de production ne comportent que la rémunération du travail $w.I.Y$ et où η représente la valeur absolue de l'élasticité prix de la demande adressée à l'entreprise. En résolvant ce programme, on obtient la règle de tarification suivante : $P = w.I / [1 - (1/\eta)] = (1 + \pi).w.I = w.I / (1 - \tau)$. Le prix P est fixé avec une marge sur les coûts, avec le taux de *markup* π qui dépend du pouvoir de marché de l'entreprise contenu implicitement dans l'élasticité de substitution η . La décomposition des coûts donne $P = w.I + \tau.P$, où τ correspond à la part des profit (l'excédent net d'exploitation). Si η tend vers l'infini, le prix est égal aux coûts variables ($P = w.I$), tandis que le taux de *markup* tend vers l'infini lorsque η tend vers l'unité. À côté du pouvoir de marché, il existe dans la littérature de multiples justifications théoriques d'un *markup pricing*, comme par exemple la volonté de générer une capacité d'autofinancement suffisante pour financer l'investissement (Eichner, 1980).

Investissement productif des entrepreneurs

$$I = \bar{\beta}.k.Y$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Volume} \\ \text{d'investissement} \\ \text{par secteur} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Proportionnelle au niveau de consommation de capital fixe} \\ \text{(produit de l'intensité capitalistique par le niveau de production)} \\ \text{le capital fixe productif est constitué uniquement de bien composite} \end{array} \right]$$

Dans le fonctionnement de référence du modèle, le niveau d'investissement est proportionnel à la valeur totale de la dépréciation du capital²¹. Le niveau d'investissement effectif (au point d'équilibre général) est déterminé par la clôture macroéconomique du modèle qui permet d'égaliser l'offre et la demande de capitaux sur les marchés financiers (voir ci-dessous, page 97). Nous verrons que ce niveau d'équilibre dépend non seulement du comportement d'investissement des entrepreneurs, mais aussi des hypothèses qui déterminent le fonctionnement des marchés financiers, la distribution des revenus et les choix d'usage des revenus de chaque catégorie d'agents.

2.3 Le fonctionnement des marchés

Le modèle décrit la formation de l'équilibre comptable des échanges sur trois types de marchés : les marchés des biens et services, le marché du travail et les marchés financiers. La formation de ces équilibres est cohérente avec les hypothèses faites au chapitre 2 sur l'existence de comportement non walrasiens sur ces marchés (cf. section 2, page 80). Ainsi, le système des prix n'assure pas nécessairement une diffusion efficiente de l'information, une coordination efficace, et par voie de conséquence, une utilisation et une allocation optimales des ressources.

Les marchés des biens et services

Les échanges sur les marchés des biens et services sont décrits par huit contraintes qui assurent la conservation des valeurs et des quantités sur les quatre marchés des biens et services. Ces contraintes correspondent aux équilibres Emplois-Ressources comptabilisés dans le tableau entrées-sorties des comptes nationaux. Elles assurent que toute ressource, produite sur le territoire ou importée, sert bien un usage : la consommation intermédiaire des secteurs productifs, la consommation finale des ménages ou des administrations, l'accumulation du capital productif, les exportations. Les valeurs sont exprimées en millions d'euros de 2004, les quantités d'énergies sont comptabilisées en millions de « tonnes équivalent pétrole » (MTEP) et les volumes de bien composite à l'aide d'un indice de quantité²².

²¹ Cette formalisation est cohérente avec deux hypothèses concernant les anticipations des effets de la réforme par les entrepreneurs sur l'horizon temporel considéré ; premièrement, ils ont le temps d'ajuster leurs décisions en réponse aux évolutions de la demande effective qui leur est adressée et des besoins en capital productif qui résultent de leurs arbitrages techniques ; deuxièmement, la réforme est neutre sur les anticipations des potentiels de croissance de leur secteur d'activité au-delà de cet horizon. En effet, appliquer un coefficient constant sur le niveau de dépréciation du capital fixe revient à supposer que le taux de renouvellement du capital est identique, avec ou sans réforme.

²² L'indice de quantité mesure la déviation des volumes de bien composite par rapport à la situation prise comme référence (2004). Dans cette situation le modèle est calibré sous l'hypothèse que le prix de production du bien composite est égal à l'unité.

Equilibres emplois-ressources en quantités sur le marché des biens

$$Y = \alpha.Y + C + I + X - M \quad \text{avec} \quad \alpha = \{e, l, k, \dots\}$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Volumes} \\ \text{produits} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Consommations} \\ \text{intermédiaires} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Consom. finales} \\ \text{sur le territoire} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Investissement} \\ \text{sur le territoire} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Volumes} \\ \text{exportés} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{Volumes} \\ \text{importés} \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{c} \text{Coefficients} \\ \text{techniques} \end{array} \right]$$

Equilibres emplois-ressources en valeur sur le marché des biens

$$p_Y.Y = p_{CI}.\alpha.Y + p_C.C + p_I.I + p_X.X - p_M.M \quad p_Y, p_{CI}, p_C, p_I, p_X, p_M$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Valeur des} \\ \text{productions} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Coût des consom.} \\ \text{intermédiaires} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Coût des} \\ \text{consom. finales} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Coût des} \\ \text{investissements} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Valeur des} \\ \text{exportations} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{Valeur des} \\ \text{importations} \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{c} \text{Valorisation aux prix} \\ \text{d'acquisition = toutes} \\ \text{taxes comprises (TTC)} \end{array} \right]$$

Les équilibres emplois-ressources en quantités se font, pour la grande majorité des marchés, par l'ajustement des quantités produites étant donné les contraintes qui déterminent les niveaux (i) de consommation et d'investissement dans les secteurs productifs, (ii) de consommation finale des ménages et des administrations et (iii) d'échanges commerciaux avec le reste-du-monde. L'ajustement des prix de production assure le respect de l'équilibre comptable emplois-ressources en valeur à l'équilibre général du modèle, ceci étant donné la structure du système de fiscalité indirecte et les marges de commerce et transport perçues sur les ventes de biens et services²³.

A l'horizon de moyen terme considéré, les ajustements des stocks ne sont pas décrits, ce qui est cohérent avec l'hypothèse que les filières qui assurent la production et la distribution ont le temps de s'ajuster à l'évolution de la demande qui leur est adressée²⁴. Les volumes d'exportation et d'importation sont décrits pour chaque marché, mais les usages des produits importés ne sont pas distingués des usages des productions nationales (les produits servent indifféremment, quelle que soit leur origine, à l'investissement ou à la consommation des catégories d'agents).

Les termes de la compétition entre les productions nationales et les productions étrangères, à la fois sur le territoire national (ce qui détermine la proportion de produits importés) et à l'étranger (le niveau d'exportation), n'évoluent qu'avec le ratio des prix domestiques aux prix internationaux. Par conséquent, *la compétitivité des productions nationales est sensible aux coûts de production domestiques* : une hausse des coûts tend à défavoriser la production nationale sur les marchés étrangers (baisse du niveau des exports) et sur le marché français (hausse de la part des importations dans les achats domestiques). A l'inverse, une baisse des coûts tend à favoriser la compétitivité française. Mais *cette réaction du commerce international dépend des hypothèses formulées sur le degré de sensibilité de la compétitivité aux prix, ce qui permet de rendre compte de différentes croyances sur l'exposition du pays à la concurrence internationale et sur le rôle des prix dans cette exposition*. Pour se rapprocher des points de vue exprimés dans les débats au sujet de l'effet de la

²³ Ces marges sont perçues par les entreprises qui se trouvent à l'aval des filières de distribution des biens et services. Etant donné la nomenclature des produits et le niveau d'agrégation retenu, ces marges sont perçues par le secteur de production de bien composite.

²⁴ Par conséquent, on suppose qu'à moyen terme on peut négliger l'effet de la réforme sur la gestion des stocks. Ceci est cohérent avec l'hypothèse que si la réforme modifie durablement le niveau de la demande, la confrontation répétée de l'offre et de la demande sur les marchés aura permis, sur cette période de temps, aux producteurs d'adapter leur offre à ces nouvelles conditions. Une hypothèse différente devrait être faite, par exemple, pour évaluer des effets de court terme d'un choc de prix de l'énergie.

mondialisation sur la formation des prix et des salaires, nous mesurons le niveau de ces derniers par rapport au prix mondial du bien composite (« numéraire » du modèle).

Niveau des exportations en volume

$$X = f_X \left(\frac{p}{p^*}, \varepsilon \right)$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Volumes} \\ \text{exportés} \end{array} \right] = f \left(\begin{array}{c} \text{Inversement proportionnels} \\ \text{au termes de l'échange selon} \\ \text{l'hypothèse sur la sensibilité} \\ \text{de la compétitivité aux prix} \end{array} \right)$$

Proportion importée de composite

$$\frac{M}{Y} = f_M \left(\frac{p}{p^*}, \varepsilon \right)$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Ratio des volumes} \\ \text{importés aux} \\ \text{volumes produits} \end{array} \right] = f \left(\begin{array}{c} \text{Proportionnel aux termes} \\ \text{de l'échange selon} \\ \text{l'hypothèse sur la sensibilité} \\ \text{de la compétitivité aux prix} \end{array} \right)$$

L'ajustement des marchés énergétiques présente quelques spécificités. D'abord, comme l'énergie ne peut être stockée, elle n'est pas accumulée (pas de participation à la formation brute de capital fixe). Ensuite, chaque agrégat d'énergie est vendu aux catégories d'agents à des prix hors taxe différenciés, ce qui permet de tenir compte de différences de qualité (types de produits énergétiques) et de l'hétérogénéité des contrats d'approvisionnement (volumes, fréquences, *etc.*)²⁵. Enfin, la production domestique de pétrole est fixe ; l'approvisionnement en pétrole du pays est donc assuré par l'ajustement des volumes importés, sous l'hypothèse que cet approvisionnement n'est pas rationné et que la politique climatique domestique n'entraîne aucune réponse stratégique de la part des pays exportateurs (les prix d'importations sont constants)²⁶.

Le marché du travail

Le fonctionnement du marché du travail modifie les niveaux d'emploi et de salaire moyens. Les valeurs d'équilibre de ces variables sont déterminées à l'intersection d'une courbe agrégée de demande de travail qui résulte des arbitrages techniques et des niveaux de production des secteurs, avec une « boucle salaire-chômage » ou « *wage curve* » (Blanchflower et Oswald, 1995) qui synthétise les forces qui président à la formation des salaires²⁷. Cette seconde courbe peut être interprétée comme le résultat d'un jeu de négociations entre salariés et employeurs²⁸, en supposant

²⁵ Cette différenciation des tarifs est un produit important de la méthode d'hybridation que nous avons développée et qui permet d'incorporer dans le modèle l'information sur l'hétérogénéité des prix des énergies (*cf.* chapitre 4, Tableau 12, page 130).

²⁶ En 2010, la France importait 1,8 millions de barils de pétrole brut, soit 2% de la production mondiale (89 millions de barils). Même dans le cas où une politique climatique française, mise en œuvre 20 ans plus tôt, aurait permis de réduire ce niveau d'importation au quart (disons pour atteindre l'objectif d'un « facteur 4 »), elle n'aurait induit qu'une baisse de 1,5% de la demande totale adressée aux pays exportateurs (si, comme nous l'envisagerons, cette mesure avait été décidée unilatéralement). En prospective, cette baisse pourrait être accrue par la mise en œuvre de politiques climatiques dans d'autres pays, mais l'effet sur les prix aurait alors lieu indépendamment du cas français (sauf, bien sûr, si la réforme française avait une forte influence politique hors de l'hexagone). Dans le cas où l'action climatique internationale resterait encore pour un temps limitée, la progression de la demande mondiale de pétrole serait un facteur d'évolution des prix bien plus important (*cf.* Tableau 7, page 111).

²⁷ Avec le recours à une « *wage curve* », nous nous rapprochons des modèles « structuralistes » qui découlent des travaux de Layard et Nickell (1986), Layard et al. (1991), Lindbeck (1993), et Phelps (1992, 1994). Ces modèles cherchent à endogénéiser les facteurs monétaires et non monétaires qui déterminent l'évolution à moyen-long terme du taux de chômage « structurel » ou « naturel » de l'économie (au sens de Phelps). Nous nous limitons ici à trois types de facteurs non monétaires : le système des prélèvements obligatoires, les relations sociales qui influent sur le partage de la valeur ajoutée et les variables techniques qui déterminent les besoins en travail des systèmes productifs. L'association d'une *wage curve* avec l'équation de demande de travail qui résulte de l'arbitrage technique des entrepreneurs (*cf. supra*, page 87) permet alors de décrire plusieurs comportements possibles d'évolution des salaires réels, ce qui est un point important de notre cahier des charges (*cf.* chapitre 2, paragraphe 2.3, page 66).

²⁸ Par exemple, Rubinstein (1982) conçoit le processus de négociation de la manière suivante : l'employeur fait une offre que le travailleur peut accepter ou non, puis c'est au tour du travailleur de faire une offre, et ainsi de suite. Lorsque l'intervalle entre les

que le pouvoir de négociation des salariés se réduit avec le chômage²⁹. Elle peut aussi être interprétée comme une courbe agrégée d'offre de travail (Phelps, 1990) résultant de l'arbitrage d'une coalition de salariés entre un niveau de revendication salariale et un niveau d'emploi.

Dans la posture prospective que nous souhaitons prendre, la formalisation agrégée de la *wage curve* permet de représenter de façon simple une diversité de croyances à propos du fonctionnement du marché du travail et de tester la sensibilité des résultats à diverses anticipations de l'évolution des contraintes imposées par le processus de mondialisation³⁰. Nous le vérifierons par la suite, il s'agit là d'un point d'incertitude majeur, décisif lorsqu'on cherche à évaluer les effets et la désirabilité d'une réforme fiscale à moyen-long terme.

Diverses croyances sur le fonctionnement de ce marché peuvent être formalisées en jouant sur deux paramètres : (i) l'élasticité de la réponse des salaires au taux de chômage qui modifie les modalités d'ajustement du marché du travail : lorsqu'elle tend vers l'infini, le marché s'ajuste par le niveau des salaires nominaux (la courbe agrégée d'offre de travail est alors verticale) et lorsqu'elle tend vers zéro, le marché s'ajuste par les quantités (le niveau d'emploi). Mais la progression du pouvoir d'achat des salaires (le salaire réel) dépend aussi des rapports de force dans les négociations salariales. Cela sera un paramètre déterminant de la possibilité de compenser totalement la perte de pouvoir d'achat due à la hausse des prix de l'énergie par une hausse de salaires. On peut se demander jusqu'à quel point l'exposition de l'économie à la concurrence étrangère va conduire à une désindexation des salaires et une « modération salariale » ? Par conséquent, il est utile de pouvoir simuler *(ii) différentes « routines » et pratiques d'indexation des salaires*, que l'on formalise en associant deux hypothèses : le prix de référence qui oriente l'évolution des salaires et le niveau de friction qui la limite. Par exemple, lorsque la boucle salaire-chômage s'applique au niveau des salaires en terme nominal, le prix de référence pour l'indexation est le numéraire du modèle. Dans ce cas, la flexibilité des salaires tend à aligner leur progression sur l'évolution des prix internationaux (qu'on suppose déterminés dans une grande mesure par le niveau des salaires à l'étranger). D'autres pratiques d'indexation peuvent être simulées en changeant ce prix de référence (par exemple, en l'identifiant à des indices d'évolution des prix nationaux comme l'indice des prix à la consommation).

Au total, en jouant sur ces deux paramètres, on évite de recourir à l'hypothèse d'une loi immuable d'un partage fixe de la valeur ajoutée entre salaire et profit, loi qui correspond peu à la

offres tend vers zéro, le résultat du jeu correspond à la solution du programme $\max (\pi - \pi^0)^\alpha \cdot (w - \hat{w})^{1-\alpha}$, où $\alpha = \frac{1}{1+\delta}$ est une mesure du « pouvoir de négociation » relatif de l'employeur et π^0 et \hat{w} les profits qui peuvent être obtenus par chacun des partis dans le cas où ils décideraient de se retirer de la négociation. La solution du jeu donne le salaire d'équilibre $w^* = \frac{\delta}{1+\delta}$ qui diminue lorsque le pouvoir de négociation de l'employeur augmente.

²⁹ Blanchflower et Oswald (1990) justifient la forme de la courbe *wage curve* à partir du modèle de négociation de la manière suivante : le pouvoir de négociation des travailleurs est affaibli par un haut niveau de chômage car il réduit leurs chances de trouver un revenu auprès d'un nouvel employeur ; si l'évolution de ce pouvoir de négociation est incertaine, ces auteurs soulignent qu'il est probablement borné : il sera nul si la probabilité de trouver un nouvel emploi est nulle (lorsque le chômage tend vers 0) et il atteindra son maximum (l'unité) pour un niveau de chômage jugé élevé. Il existe aussi d'autres interprétations microéconomiques : dans un modèle de « salaires d'efficacité » par exemple, la hausse du chômage peut aussi inciter les entrepreneurs à offrir des salaires plus importants pour éviter le débauchage de leurs salariés.

³⁰ Des travaux complémentaires ont permis de montrer que l'on peut représenter les différentes visions du fonctionnement du marché du travail contenues dans les principaux modèles microéconomiques existants (modèles de négociation syndicale, modèles d'appariement, modèles de salaire d'efficacité, modèles « insider-outsider »), en jouant sur les paramètres de la *wage curve* agrégée (cf. Thubin, 2012, chapitre 2).

vision des acteurs des phénomènes sociaux en pleine mutation qui influent sur le partage des richesses³¹. La formalisation que nous venons d'exposer permet de représenter de façon simple et transparente diverses tendances d'évolution possible du pouvoir d'achat des salaires à moyen terme (ce qui, rappelons-le, est un élément important de notre cahier des charges).

Formation des salaires (courbe salaire-chômage)

$$w = P_{ind} \cdot f_w(u, \bar{\eta}) \quad \text{et en général :} \quad d\left(\frac{w}{P_{ind}}\right) \neq 0 \neq d\left(\frac{w}{IPC}\right)$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Niveau de} \\ \text{salaire net} \\ \text{moyen} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Prix de référence} \\ \text{pour l'indexation} \\ \text{des salaires} \end{array} \right] \cdot f \left(\begin{array}{c} \text{Inversement proportionnels} \\ \text{au taux de chômage moyen} \\ \text{selon l'hypothèse sur la} \\ \text{sensibilité des salaires} \end{array} \right)$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Généralement, l'évolution des salaires n'assure} \\ \text{pas l'indexation complète, ni la constance} \\ \text{du salaire réel (= salaire nominal déflaté de} \\ \text{l'indice des prix à la consommation, IPC)} \end{array} \right]$$

Dans le fonctionnement de référence du modèle, l'élasticité de réponse des salaires au chômage est fixée à -10%³² et la boucle salaire-chômage décrit une corrélation entre le salaire et les prix étrangers plutôt que les prix nationaux, ceci pour traduire les contraintes concurrentielles qui poussent à la désindexation des salaires³³. Notons aussi que dans la forme actuelle du modèle, la réforme fiscale et ses effets économiques n'influent pas sur le taux de participation (le partage de la population entre actifs et inactifs), mais rien en principe n'interdit de la faire.

L'hétérogénéité des classes de ménages sur le marché du travail

Le modèle ne décrit pas explicitement la segmentation du marché du travail selon différents types de qualifications et de productivités, mais les classes de ménages ont néanmoins des niveaux d'emploi et de salaire différenciés. A même niveau de qualification, les niveaux de salaire moyen ne sont pas nécessairement identiques d'un secteur d'activité à l'autre, ce qui est cohérent avec l'hypothèse d'une mobilité imparfaite des travailleurs. D'autre part, le niveau d'allocation chômage que perçoivent les chômeurs diffère également selon les classes et l'exposition de ces dernières à l'évolution du chômage est hétérogène ; cela se traduit dans le modèle par une règle de répartition des créations/destructions d'emploi entre les classes.

Dans le fonctionnement de référence, la distribution sectorielle des salaires nets et les écarts de salaire et d'allocation chômage entre classes sont constants et correspondent à ceux observés dans l'enquête *Budget de Familles* de 2001. Les créations/destructions d'emplois sont réparties en proportion des niveaux de chômage observés pour cette même année : les classes ayant un taux de chômage plus élevé sont plus sensibles à l'évolution du chômage. Par exemple, la classe des 5% des ménages les plus pauvres, dont le taux de chômage initial est de 64%, sera davantage concernée par les créations/destructions d'emploi que la classe des 5% les plus riches, caractérisée par un taux de chômage de 4%. Enfin, pour tenir compte des débats sur l'effet de nouveaux allègements de

³¹ Nous avons déjà souligné que la mesure du partage de la valeur ajoutée est aussi controversée chez les économistes (chapitre 1, note 36, page 28). D'ailleurs, il n'existe pas non plus de théorie unifiée du partage de la valeur ajoutée (Askénazy, 2007).

³² Autrement dit, une hausse de 1% du taux de chômage induit une baisse de 0,1% du salaire nominal indexé (w/P_{ind}).

³³ La désindexation des salaires sur les prix est devenue un trait partagé par plusieurs modèles macroéconomiques français tels Amadeus ou Mimosa du CEPII-OFCE (Equipe MIMOSA, 1996). Elle est validée par des travaux économétriques (Bonnet, 1999 ; Heyer et al., 2000).

cotisations sociales sur les bas salaires (qui ont déjà fait l'objet d'exonérations), la répartition d'emplois dépend également de la distribution des taux de cotisation sociale entre les classes, calculée à l'année de référence 2004.

Effectif de chômeurs des classes de ménages h

$$N_{U,h} = f_{NU,h} \left(\overline{\omega_{U,h0}}, \tau_{w,h} \left(\overline{\gamma_{h0}} \right) \right) N_U$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Effectif de} \\ \text{chômeurs} \\ \text{des classes } h \\ \text{= distribution} \\ \text{des emplois} \\ \text{créés/supprimés} \end{array} \right] = f \left(\begin{array}{l} \text{Evolution des effectifs en proportion} \\ \text{du chômage de référence des classes} \\ \text{et, dans le cas de nouveaux allègements} \\ \text{de cotisations sociales, modulée selon} \\ \text{le taux de référence propre aux classes} \\ \text{(de référence = observé en 2004)} \end{array} \right)$$

Evolution de la part des salaires perçue par les classes h

$$\omega_{w,h} = \omega_{w,h} \left(L_h, \overline{w_{h0}} \right)$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Part de la masse} \\ \text{salariale nette totale} \\ \text{perçue par la classe} \end{array} \right] = f \left(\begin{array}{l} \text{Fonction de l'effectif des actifs} \\ \text{occupés de la classe et des écarts} \\ \text{de salaires observés en référence} \end{array} \right)$$

Les flux de capitaux

Le fonctionnement des marchés financiers détermine les échanges de capitaux mis en œuvre entre les quatre catégories d'agents. Nous avons vu que ces échanges sont enregistrés dans le Tableau Economique d'Ensemble (TEE) et sont de deux natures : d'un côté, les agents institutionnels prêtent et empruntent des capitaux en fonction de leur capacité d'autofinancement (la différence entre leurs revenus disponibles et leurs dépenses), et de l'autre, ils échangent des revenus en fonction de l'évolution de leur position financière nette (la différence entre leurs stocks de créances et de dettes).

Le fonctionnement de ces marchés assure que les ajustements nécessaires aient lieu pour qu'à l'équilibre deux contraintes soient simultanément respectées. Premièrement, l'offre agrégée de capitaux doit correspondre à la demande sur le marché des « fonds prêtables » (autrement dit, tout emprunt doit être financé par un prêt de même montant³⁴). Deuxièmement, les échanges de revenus au titre de la propriété financière doivent s'ajuster de sorte que la masse des intérêts reçus corresponde à la masse des intérêts versés. Ces deux flux d'échanges de capitaux sont liés par l'évolution des positions financières des agents : ceux-ci voient leur dette augmenter lorsqu'ils empruntent (ou, s'ils sont initialement créanciers, leur capital financier se réduire), ce qui, en retour, augmente les montants qu'ils doivent verser (ou diminue ceux qu'ils reçoivent) ; et pour les agents qui prêtent, ce lien joue en sens contraire.

Dans le fonctionnement de référence du modèle, la position financière nette des agents nationaux dévie linéairement par rapport à son niveau de référence³⁵, en fonction de l'évolution de leur capacité d'autofinancement et de l'horizon temporel considéré. La composition des portefeuilles financiers est donc supposée homogène et les titres échangés sont valorisés en euros.

Pour des niveaux d'activité et de prix donnés, ces marchés s'ajustent par l'évolution d'un taux d'intérêt directeur qui correspond au niveau de rémunération effectif des actifs financiers détenus

³⁴ Dit encore autrement, les capacités d'autofinancement des agents s'annulent.

³⁵ Le niveau de référence des stocks financiers des agents institutionnels est évalué à partir des comptes du patrimoine français de 2004.

par l'étranger³⁶. La valeur d'équilibre de ce taux d'intérêt permet d'ajuster la balance des paiements³⁷, ou alternativement - comme nous allons le voir - les intérêts qui doivent être versés au reste-du-monde pour que s'égalisent l'offre et la demande de capitaux pour l'investissement productif³⁸.

Balance des paiements (marché des fonds prêtables)

$$(p.Y - i.D) \cdot (1 - (\bar{c} + \bar{g})) = p.X - (p_E.M_E + p_C.M + i.D)$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Proportion des revenus disponibles des} \\ \text{agents nationaux consommée ou investie} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Solde de la balance} \\ \text{commerciale} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Solde de la balance} \\ \text{des revenus} \end{array} \right]$$

Egalité entre l'offre et la demande d'investissement

$$\bar{g} \cdot f_{dist}(p.Y - i.D) = p_C.I = p_C \cdot \bar{\beta} \cdot k.Y$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Dépenses d'investissement des} \\ \text{catégories d'agents nationaux} \\ \text{= offre de capitaux (fonction} \\ \text{de la distribution des revenus)} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Investissement} \\ \text{total en valeur} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Budget investi par} \\ \text{les systèmes productifs} \\ \text{= demande de capitaux} \end{array} \right]$$

En autorisant un écart entre l'offre de capitaux et la rémunération effective de la propriété financière, cette représentation permet de décrire des situations diverses d'endettement, des effets d'inertie ou d'entraînement des déséquilibres initiaux sur le fonctionnement de l'économie ; en outre, la balance courante et la position extérieure de la France peuvent être déficitaires ou excédentaires.

3 Détermination de l'équilibre général et de l'empreinte carbone

Nous devons maintenant préciser comment se détermine l'équilibre du modèle. Nous commencerons par les interactions qui influent sur l'activité et l'emploi à l'échelle macroéconomique (paragraphe 3.1). Nous précisons ensuite comment se forme la distribution des revenus entre les catégories d'agents nationaux (paragraphe 3.2) et enfin, comment s'effectue le calcul de l'évolution des émissions de CO₂ (paragraphe 3.3).

³⁶ Ce taux d'intérêt de moyen terme est à distinguer du taux d'intérêt de court terme de la banque centrale européenne. Nous verrons qu'il n'est pas déterminé par la création monétaire qui résulte de la politique mise en œuvre par cette dernière. Dans une petite économie à l'échelle d'une union monétaire (comme la zone euro), il est supposé implicitement que ce taux d'intérêt de long terme reflète l'état des tensions sur les marchés de capitaux, déterminées par la nature et l'interaction complexe des anticipations sur les marchés financiers ; bien qu'adaptative, l'anticipation collective qui en résulte peut s'avérer plus ou moins fautive, selon l'erreur sur la réalité des fondamentaux de l'économie et des potentiels réels de productivité. Les sources d'erreur sont nombreuses, allant des normes comptables déterminant les critères de mesure de ces fondamentaux (Aglietta et Rebérioux, 2004) aux croyances dominantes à propos des potentiels d'un progrès technique et des capacités du pays de mettre en œuvre de manière crédible les mesures nécessaires pour les libérer.

³⁷ La balance des paiements est l'état statistique qui résume les transactions entre les résidents et les non-résidents au cours de la période annuelle. Elle est constituée des comptes de biens et services (balance commerciale), des comptes de distribution primaire et secondaire des revenus et des comptes en capital et comptes financiers (*Balance of payments and International Investment Position Manual*, IMF, 2010). Dans ce modèle qui néglige les opérations en capital, la balance des paiements est le reflet de la balance courante.

³⁸ Dans tous les cas, le reste-du-monde verse ou reçoit le solde des revenus de la propriété qui sont échangés. Par conséquent, une seule variable est nécessaire pour respecter les deux contraintes des marchés financiers.

3.1 L'activité et l'emploi

La structure macroéconomique du système est synthétisée dans l'Encart 3, page 98. Nous y retrouvons les équations présentées dans les paragraphes précédents, mais ces dernières ont été simplifiées pour qu'elles s'abstraient des éléments de complexité qui ne sont pas essentiels pour comprendre comment se détermine l'équilibre macroéconomique. Ainsi, (i) l'hétérogénéité des agents nationaux n'est pas précisée, (ii) les opérations de distribution des revenus et de redistribution (le système des prélèvements obligatoires) ne sont pas décrites, et (iii) la production française d'énergie est négligée. Dans le modèle complet, ces éléments influent aussi sur l'équilibre général, mais ils ne changent pas la nature essentielle des causalités macroéconomiques.

Les ajustements de moyen terme mis en jeu passent par des canaux d'interdépendance à la fois réels et financiers que l'on peut résumer simplement en réduisant le modèle à trois relations qui synthétisent l'ensemble des interdépendances du système macroéconomique³⁹. L'équilibre général statique est alors obtenu à l'intersection de trois plans, définis dans l'espace des trois variables du système réduit : le niveau de la production nationale (Y), le niveau du prix de la production nationale (P) et le taux d'intérêt qui rémunère les avoirs nets détenus par l'étranger (i).

- La première relation synthétise **les conditions de production effective**. Celles-ci résultent de l'interdépendance entre les choix de production et les contraintes d'interaction sociale qui déterminent le partage de la valeur ajoutée. Les choix de production sont effectués sous la contrainte d'un ensemble limité de possibilités de changement technique (équations 1 à 4), tandis que le partage des richesses produites dépend du fonctionnement du marché du travail et des modalités de formation des prix de vente (équations 8, 9, 15 et 16).
- La seconde relation synthétise **les conditions de demande effective adressée à l'appareil productif national**. Elle synthétise l'interdépendance entre l'offre et la demande sur les marchés des biens et services non énergétiques qui sont mondialisés. Le niveau de la demande dépend du pouvoir d'achat des consommateurs nationaux en bien composite (une fois les dépenses d'énergie acquittées, équations 5, 6 et 18), du degré de compétitivité vis-à-vis des producteurs étrangers (équations 10, 11 et 19 à 21) et des choix domestiques qui déterminent le remplacement et l'accumulation du capital physique (équation 7).
- La troisième relation synthétise **les conditions de disponibilité des capitaux dans une économie où les marchés financiers sont mondialisés**. Elle résume les interdépendances entre les sphères réelles et financières qui résultent du fonctionnement de ces marchés⁴⁰. Elle décrit la nature des relations entre les investisseurs et les utilisateurs des capitaux. Ces relations déterminent les paiements des avoirs nets détenus à l'étranger (équation 7), la balance des paiements (équation 7-bis) et la position extérieure de la nation (équation 17).

³⁹ L'étude approfondie des propriétés de ce modèle fait l'objet de travaux en cours. Il s'agit d'un modèle comparable au modèle de Mundell-Fleming mais généralisé à une description duale de l'économie (en unités physiques et monétaires), ce qui est utile pour étudier comment des contraintes sur la disponibilité des ressources influent sur la vitesse et le contenu de modes de développement. Un exercice analytique conduit à l'aide d'un modèle simplifié et appliqué à l'étude des conditions d'occurrence d'un double dividende fort en termes d'activité et d'emploi est néanmoins présenté au chapitre 5 (section 2, pages 161-172).

⁴⁰ Les interactions sociales qui déterminent le partage de la valeur ajoutée, et plus généralement le jeu de conditions qui déterminent la distribution des revenus, constituent l'autre lieu d'interaction entre les sphères réelle et financière de l'économie.

Avec des propensions des agents nationaux à épargner et à investir constantes et une formation de capital fixe s'ajustant à la demande qui est adressée à l'appareil de production (équation 14), l'algorithme de résolution numérique converge vers l'équilibre en calculant les flux de capitaux avec l'extérieur ($i.D$) qui annulent la demande excédentaire sur les marchés financiers (équations 7 et 7bis). L'équilibre général est obtenu en bouclant le circuit macroéconomique au niveau de la balance des paiements, qui est déterminée par les niveaux d'équilibre d'activité, de prix domestique et de taux d'intérêt.

Dans ce bouclage macroéconomique, l'investissement est déterminé par le jeu d'interaction entre les comportements d'épargne, le comportement d'investissement des entrepreneurs et la distribution des revenus. On peut ainsi décrire un panel plus large d'états macroéconomiques par rapport aux modèles où l'investissement est tiré par un seul de ces comportements (bouclages « néoclassique », « keynésien » ou « kaldorien », cf. Robinson, 2006). C'est bien l'intérêt de raisonner avec un modèle statique peu ambitieux sur la dynamique, mais qui met l'accent sur la description de l'hétérogénéité des agents et sur les possibilités de déséquilibres macroéconomiques (possibilité offerte par l'hypothèse que les dépenses d'investissement des agents ne sont pas nécessairement égales à leur épargne)⁴¹. Mais cette richesse, maîtrisable dans un cadre de statique comparative, se paie d'un autre côté, par l'impossibilité de décrire des processus de transition.

Encart 3 : Une vision d'ensemble du modèle – (1) Equilibre macroéconomique à moyen terme

On considère un petit pays en économie ouverte constitué d'agents domestiques qui produisent, consomment, investissent et échangent avec le reste-du-monde, de deux types de biens (énergies et composite), d'intrants de production (énergies, travail, capital machine fait de composite) et de trois types de marchés (biens, travail et financiers), caractérisés par quatre sortes d'imperfection (compétition oligopolistique, rigidité des salaires, inerties techniques et anticipations imparfaites).

A - Production nationale (composite)

A1- Ajustements techniques

A2- Formation du prix de production nationale (*markup pricing*)

$$1) \quad l = f_L(w, p_E, p_C, I, Y, \bar{\varepsilon}_s, \bar{\xi}, \bar{\Phi}, \bar{b}_L)$$

$$2) \quad k = f_K(w, p_E, p_C, I, Y, \bar{\varepsilon}_s, \bar{\xi}, \bar{\Phi}, \bar{b}_K)$$

$$4) \quad p = (e.p_E + l.w + k.p_C).(1 + \pi)$$

$$3) \quad e = f_E(w, p_E, p_C, I, Y, \bar{\varepsilon}_s, \bar{\xi}, \bar{\Phi}, \bar{b}_E)$$

B - Usage des revenus (agent domestique)

B1- Consommation finale d'énergie

B2- Consommation finale de composite

B3- Budget d'investissement

$$5) \quad C_E = f_C\left(\frac{p_E}{p_C}, \bar{\varepsilon}P_A, \bar{\varepsilon}R_A, \bar{b}_A\right)$$

$$6) \quad p_C.C = \bar{c}.f_{dist}(p.Y - i.D) - p_E.C_E$$

$$7) \quad p_C.I = \bar{g}.f_{dist}(p.Y - i.D)$$

C – Partage de la valeur ajoutée

C1- Formation des salaires

C2- Taux de marge

$$8) \quad w = f_w(u, \bar{\eta})$$

$$9) \quad \pi = f_\pi(\bar{\pi})$$

⁴¹ De futurs travaux devront préciser les hypothèses qui justifient la persistance de déséquilibres à moyen terme. Dans cette théorie, les distributions des anticipations et des pouvoirs de marché des agents qui opèrent sur les marchés financiers joueront probablement un grand rôle. En effet, l'évolution du taux d'intérêt résulte de la spécification des autres comportements (épargne, formation de capital fixe et opérations de distribution) ; il n'est donc pas déduit d'un modèle explicite de la formation des choix des opérateurs financiers ; ces comportements implicites mériteraient d'être précisés.

D - Compétitivité de la production nationale

D1- Exportation de composite

$$10) \quad X = f_X \left(\frac{p}{p^*}, \bar{\varepsilon} \right)$$

D2- Proportion importée de composite

$$11) \quad \frac{M}{Y} = f_M \left(\frac{p}{p^*}, \bar{\varepsilon} \right)$$

E - Equilibres comptables de flux en volumes (Disponibilités = Usages)

E1 – Marché du bien composite

$$12) \quad Y = C + I + X - M$$

E2- Bilan d'énergie (MTEP)

$$13) \quad M_E = e.Y + C_E$$

E3- Capital productif

$$14) \quad I = \bar{\beta}.k.Y$$

E4- Emploi (ETP)

$$15) \quad L = \bar{v}.I.Y$$

F - Equilibres comptables de flux en valeurs (Ressources = Emplois)

F1 - Marché du bien composite

$$4\text{-bis}) \quad p.Y = p_C.C + p_C.I + p.X - p^*.M_C$$

F2- « Factures » énergétiques

$$13\text{-bis}) \quad p_E^*.M_E = p_E.e.Y + p_E.C_E$$

F3- Investissement

$$14\text{-bis}) \quad p_C.I = p_C.\bar{\beta}.k.Y$$

F4 - Balance des paiements (Marché des fonds prêtables)

$$7\text{-bis}) \quad f_{dist}(p.Y - i.D) \cdot (1 - (\bar{c} + \bar{g})) = p.X - (p_E.M_E + p_C.M + i.D)$$

G – Relations flux-stocks

G1- Taux de chômage

$$16) \quad u = 1 - \frac{L}{N_A}$$

G2- Endettement national (opposé de la position extérieure)

$$17) \quad D = f_D(p_C.I - (1 - \bar{c}) \cdot f_{dist}(p.Y - i.D))$$

H – Prix à la consommation

H1- Prix des énergies

$$18\text{-}19) \quad p_E = p_E^* = \bar{p}_E^*$$

H2- Prix mondial du composite (numéraire)

$$20) \quad p^* = \bar{p}^* = 1$$

H3- Prix du composite

$$21) \quad p_C = \frac{p.Y + p^*.M}{Y + M}$$

VARIABLES (21) l : Quantité de travail par unité de composite produite e : Quantité d'énergies par unité de composite produite p_E : Prix des énergies p : Prix de production du composite i : Taux d'intérêt directeur C : Consommation domestique de composite D : Dette nationale X : Volume d'exportation de composite M_E : Volume d'importation d'énergies π : Taux de marge (*markup*) k : Quantité de capital par unité de composite produite w : Rémunération unitaire du travail (par équivalent temps plein) p_C : Prix d'achat du composite p_E^* : Prix d'import des énergies C_E : Consommation domestique d'énergies Y : Production domestique de composite I : Volume d'investissement M : Volume d'importation de composite L : Nombre d'emplois (en équivalent temps plein)

PARAMETRES (14)

$\overline{b_L}$: Asymptote technique dans la production (travail)	$\overline{b_K}$: Asymptote technique dans la production (capital)
$\overline{b_E}$: Asymptote technique dans la production (énergies)	$\overline{b_A}$: Besoins essentiels en énergies des ménages
\overline{c} : Propensions à consommer des agents nationaux*	\overline{g} : Propensions à investir des agents nationaux*
$\overline{\eta}$: Elasticité des salaires nets au taux de chômage	$\overline{\varepsilon_s}$: Elasticités-prix de substitution des intrants
$\overline{N_A}$: Population active	$\overline{\varepsilon}$: Elasticités des échanges commerciaux aux prix (compétitivité)
$\overline{\Phi}$: Taux de progrès technique induit	$\overline{\beta}$: Taux d'accumulation du capital
\overline{v} : Proportion d'emplois à temps plein	$\overline{\varepsilon}$: Taux de rendements décroissants statiques
$\overline{\varepsilon P_A}$: Elasticités-prix des consom. finales d'énergies	$\overline{\varepsilon R_A}$: Elasticités-revenu des consom. finales d'énergies

FONCTIONS COMPORTEMENTALES (7)

f_L, f_K, f_E : Frontière d'innovation technique (possibilités techniques, rendements d'échelle et moteur de croissance endogène)
f_w : Réaction des salaires à l'évolution du chômage (conditions de négociations, partage de la valeur ajoutée)
f_C : Frontière d'ajustement de la demande (possibilités techniques et préférences)
f_X, f_M : Réaction des échanges commerciaux effectifs aux termes de l'échange (importance de la compétitivité-prix)
f_D : Evolution de l'endettement national**
f_{dist} : Distribution du revenu national disponible

* Les propensions à consommer et à investir sont constantes mais différentes pour chaque catégorie d'agents (seules celles des administrations peuvent être modifiées dans certaines variantes de gestion des finances publiques). Par conséquent, les propensions à consommer et à investir agrégées de l'économie nationales ne sont pas fixes, elles évoluent avec la distribution des revenus.

** L'évolution de l'endettement des agents dépend non seulement de l'évolution des emprunts/prêts de l'année, mais également des hypothèses faites sur toute la trajectoire des emprunts/prêts depuis la date du choc simulé jusqu'à l'horizon de moyen terme considéré. Dans le modèle nous faisons l'hypothèse que la déviation est progressive et linéaire sur toute la période (cf. annexes, page 303).

3.2 La distribution des revenus

Dans le modèle complet, l'hétérogénéité des agents nationaux (sociétés, administrations publiques et classes de ménages représentatives) est décrite par la distribution d'un jeu de variables monétaires (revenus, dépenses, dettes, taux d'intérêt), physiques (consommation, investissement, émissions) et sociodémographiques (effectif de personnes, de retraités, de travailleurs, de chômeurs).

L'Encart 4 (page 102) résume l'ensemble des contraintes que doit respecter cette distribution à l'équilibre. On suppose que l'on se trouve au point d'équilibre macroéconomique : les valeurs des agrégats de revenus, de consommation, d'emploi, etc. sont données par la solution du système décrit dans le paragraphe précédent (Encart 3, page 98). La distribution des revenus entre les catégories d'agents nationaux résulte alors de la combinaison de cinq ensembles de facteurs :

- **La structure sociodémographique.** Le modèle décrit la répartition de la population totale, des retraités, des actifs et des chômeurs entre les classes de ménages (équations 1 à 5). L'effectif de travailleurs et de chômeurs par classe de ménages - distingués selon leur niveau de vie ou, comme nous l'envisagerons ainsi, selon leur localisation - évoluent avec l'environnement macroéconomique⁴², en fonction de deux facteurs d'hétérogénéité non

⁴² Bien entendu, nous verrons que ces effectifs évoluent en projection (cf. Tableau 7, page 111).

démographiques : le niveau relatif de leur chômage et leur taux initial de cotisations sociales (équation 4)⁴³.

- **Le partage de la valeur ajoutée.** Le modèle décrit comment l'excédent brut d'exploitation et la masse salariale se répartissent entre les sociétés, les administrations publiques et les classes de ménages, une fois que les prélèvements obligatoires sur la valeur ajoutée ont été acquittés (équations 9, 9-bis et 9-ter). Dans cette étude, le partage de l'excédent brut d'exploitation est exogène, tandis que la distribution des salaires nets évolue, elle, conformément à la distribution des emplois et aux hypothèses sur les inégalités salariales entre catégories sociales⁴⁴.
- **Les modalités de gestion des finances publiques** qui modifient à plusieurs niveaux la distribution des agrégats macroéconomiques. Les règles qui concernent la structure des prélèvements obligatoires (équation 14) déterminent les recettes fiscales des administrations (équation 16), ainsi que les revenus et les dépenses privés qui sont taxés (équations 9, 9-ter, 10, 11, 12 et 12-ter). Etant donné la structure sociodémographique, les règles de revalorisation des prestations modifient la masse des transferts sociaux qui sont versés aux classes de ménages (équations 6 et 7). Enfin, le niveau des dépenses publiques de consommation et d'investissement évolue conformément à la règle budgétaire retenue (équations 11-bis et 12-bis).
- **L'hétérogénéité des situations sur les marchés financiers**, où les trois catégories d'agents font face à des taux d'intérêt différents mais qui évoluent selon le taux directeur que détermine le bouclage macroéconomique présenté plus haut (équations 8, 8-bis et 8-ter). Dans cette étude, le taux d'intérêt payé par les ménages ne sera pas distingué par classe, car la description de situations de sélection adverse n'est pas essentielle à notre propos.
- **L'hétérogénéité des comportements de consommation et d'investissement.** Chaque classe de ménages consomme et investit une part constante mais différente de ses revenus (équations 11 et 12) ; leur consommation d'énergie évolue avec les prix et leurs revenus selon des élasticités et des niveaux de besoins essentiels identiques ou différenciés (équation 10). Les sociétés investissent, elles, une part fixe de leur revenu disponible (équations 12-ter), tandis que la règle budgétaire décide des niveaux de consommation et d'investissement publics.

⁴³ Rappelons qu'à défaut d'une représentation explicite de la segmentation du marché du travail et de différents niveaux de qualification, ces hypothèses permettent de rendre compte d'une manière simple (i) d'une exposition différente des classes de revenus à l'évolution du chômage (que nous supposons refléter leur productivité, ou plus largement, leur « employabilité ») et (ii) des allègements de charges déjà octroyés par le passé aux bas-salaires.

⁴⁴ Dans le fonctionnement de référence, il est supposé que les inégalités salariales ne sont pas affectées par la réforme. Comme les classes de ménages sont distinguées par le niveau de leurs revenus, il est commode d'interpréter ces inégalités comme le reflet de différences de productivité.

Encart 4 : Une vision d'ensemble du modèle – (2) Distribution des revenus à moyen terme

On considère un équilibre macroéconomique défini par les niveaux des salaires, de l'excédent d'exploitation, des prix de production, du taux d'intérêt, de l'emploi, des consommations finales (énergies et composite), de l'investissement et de l'endettement national. Les agents sont regroupés en ménages, administrations publiques et sociétés ; les ménages par catégorie sociale. Chaque groupe d'agents tire ses ressources du partage du produit national brut. La distribution des revenus est ensuite modifiée par les opérations de redistribution. Celles-ci sont faites par le système fiscal et social mais aussi par les échanges de revenus au titre de la rémunération de la propriété financière. Les groupes d'agents utilisent leurs revenus pour investir et/ou pour consommer (de l'énergie et un composite de biens et services non énergétiques) et ont recours aux marchés financiers pour prêter (ou emprunter) si leurs revenus surpassent (ou ne couvrent pas) leurs dépenses.

A – Catégories sociales (ménages, h)

A1- Effectif total d'individus

$$1) N_h = \overline{\omega_{N,h}} \cdot N$$

A3- Population active

$$3) N_{A,h} = \overline{\omega_{A,h}} \cdot N_A$$

A5- Effectif de travailleurs

$$5) L_h = N_{A,h} - N_{U,h}$$

A7- Transferts sociaux

$$7) \Psi_h = \rho_{u,h} \cdot N_{U,h} + \rho_{R,h} \cdot N_{R,h} + \rho_{A,h} \cdot N_h$$

A9- Revenu disponible (après impôts)

$$9) R_h = (1 - \tau_{R,h}) \cdot \left[\Psi_h + \overline{\omega_{w,h}} (L_h, w_{h0}) \cdot (1 - \tau_w) \cdot w \cdot L + \overline{\omega_{I,h}} (1 - \tau_\Pi) \cdot EBE - i_h \cdot D_h \right]$$

A10- Consommation d'énergie

$$10) C_{E,h} = f_{C,h} \left(\frac{(1 + \tau_E) \cdot p_E}{(1 + \tau_C) \cdot p_C}; \overline{\varepsilon P_{A,h}}, \overline{\varepsilon R_{A,h}}, \overline{b_{A,h}} \right)$$

A12- Investissement

$$12) (1 + \tau_C) \cdot p_C \cdot I_h = \overline{g_h} \cdot R_h$$

A2- Population de retraités

$$2) N_{R,h} = \overline{\omega_{NR,h}} \cdot N_R$$

A4- Effectif de chômeurs

$$4) N_{U,h} = f_{NU,h} \left(\overline{\omega_{U,h0}}, \tau_{w,h} \left(\overline{\gamma_{h0}} \right) \right) \cdot N_U$$

A6- Niveau des prestations sociales

$$6) \forall k \in [U, R, A], \rho_{k,h} = f_{\rho k} \left(\overline{\lambda_1} \right) \cdot \overline{\rho_{k,h0}}$$

A8- Taux d'intérêt

$$8) i_h = \overline{i_{h0}} + i'$$

A11- Consommation de composite

$$11) (1 + \tau_C) \cdot p_C \cdot C_h = \overline{c_h} \cdot R_h - (1 + \tau_E) \cdot p_E \cdot C_{E,h}$$

A13- Endettement

$$13) D_h = f_{D,h} \left((1 + \tau_C) \cdot p_C \cdot (C_h + I_h) + (1 + \tau_E) \cdot p_E \cdot C_{E,h} - R_h \right)$$

B – Administrations publiques (G)

B1- Structure fiscale

$$14) (\tau_{w,h}, \tau_{\Pi}, \tau_{R,S}, \tau_{R,h}, \tau_C, \tau_E) = f_\tau \left(\overline{\lambda_2} \right)$$

B2- Recettes fiscales

$$15) T = \tau_w \cdot w \cdot L + \tau_{\Pi} \cdot EBE + \tau_{R,S} \cdot R_S + \tau_C \cdot p_C \cdot \left(C_G + I_G + \sum_h (C_h + I_h) \right) + \sum_h (\tau_{R,h} \cdot R_h + \tau_E \cdot p_E \cdot C_{E,h})$$

B3- Consom. et investissement publics

$$11\text{-bis et } 12\text{-bis}) C_G + I_G = f_G \left(\overline{\lambda_3} \right)$$

B4- Taux d'intérêt

$$8\text{-bis}) i_G = \overline{i_{G0}} + i'$$

B5- Revenu disponible

$$9\text{- bis) } R_G = T + (1 - \tau_\Pi) \cdot \overline{\omega_{G,\Pi}} \cdot \Pi - i_G \cdot D_G$$

B6- Dette publique

$$13\text{- bis) } D_G = f_{D,G} \left((1 + \tau_C) \cdot p_C \cdot (C_G + I_G) + \sum_h \Psi_h - R_G ; \bar{\lambda}_4 \right)$$

C – Sociétés (S)**C1- Taux d'intérêt**

$$8\text{- ter) } i_S = \overline{i_{S0}} + i'$$

C2- Investissement

$$12\text{- ter) } (1 + \tau_C) \cdot p_C \cdot I_S = \overline{g_S} \cdot R_S$$

C3- Revenu disponible

$$9\text{- ter) } R_S = (1 - \tau_{R,S}) \cdot \left[(1 - \tau_\Pi) \cdot \overline{\omega_{S,\Pi}} \cdot EBE - i_S \cdot D_S \right]$$

C4- Dette

$$13\text{- ter) } D_S = f_{D,S} \left((1 + \tau_C) \cdot p_C \cdot I_S - R_S \right)$$

D – Grandeurs macroéconomiques distribuées**D1- Population totale**

$$20) N = \sum_h N_h$$

D2- Population de retraités

$$20) N_R = \sum_h N_{R,h}$$

D3- Population active

$$20) N_A = \sum_h N_{A,h}$$

D4- Emploi/Chômage

$$20) L = \sum_h L_h \text{ et } N_A - L = \sum_h N_{U,h}$$

D5- Revenus du travail

$$SAL = w \cdot L = \sum_h \left[\omega_{w,h} (L_h) \cdot (1 - \tau_w) \cdot w \cdot L \right] + \tau_w \cdot w \cdot L$$

D6- Excédent brut d'exploitation*

$$20) EBE = \left[p \cdot \frac{\bar{\pi}}{1 + \pi} + k \cdot p_C \right] \cdot Y = (1 + \tau_\Pi) \cdot \Pi$$

E – Grandeurs macroéconomiques obtenues par agrégation**E1- Consommation finale d'énergie**

$$21) C_E = \sum_h C_{E,h}$$

E2- Consommation finale de composite

$$22) C = C_G + \sum_h C_h$$

E3- Investissement

$$23) I = I_S + I_G + \sum_h I_h$$

E4- Endettement national

$$24) D = D_S + D_G + \sum_h D_h$$

E5- Rémunération des avoirs nets détenus à l'étranger

$$23) i \cdot D = i_S \cdot D_S + i_G \cdot D_G + \sum_h (i_h \cdot D_h)$$

DISTRIBUTIONS (variables sociales)**Socio-démographie**

(N_h) : Personnes par classe h

(N_{Rh}) : Retraités par classe h

$(N_{A,h})$: Actifs par classe h

$(N_{U,h})$: Chômeurs par classe h

(L_h) : Travailleurs par classe h

Variables monétaires

$(\rho_{k,h})$: Allocations sociales par classe h

(Ψ_h) : Masse de transferts par classe h

(R_G, R_S, R_h) : Revenu disponible des agents

(D_G, D_S, D_h) : Dette des agents

(i_G, i_S, i_h) : Taux d'intérêts des agents

Variables physiques

$(C_{E,h})$: Consom. d'énergie par classe

(C_G, C_h) : Consom. de composite des agents

(I_G, I_S, I_h) : Investissement des agents

FACTEURS D'HETEROGENEITE**Structure démographique**

$\overline{\omega_{N,h}}$: Part de la population totale dans la classe h
 $\overline{\omega_{NR,h}}$: Part des retraités dans h
 $\overline{\omega_{A,h}}$: Part de la population active dans h
 $\overline{\omega_{U,h0}}$: Part de la population au chômage dans h (initiale)
 $\overline{\gamma_{h0}}$: Niveau initial des cotisations sociales propres à h
 $\overline{f_{NU,h}}$: Evolution de l'emploi/chômage de la classe h

Modalités de gestion des finances publiques

$\overline{\lambda_1}$: Règle d'indexation des transferts sociaux
 $\overline{\lambda_2}$: Choix des taux de prélèvements endogènes***
 $\overline{\lambda_3}$: Règle budgétaire (consom. et investissement publics)
 $\overline{f_{pk}}$: Revalorisation du niveau des prestations sociales
 $\overline{f_{\tau}}$: Fonction d'ajustement des taux de prélèvements*
 $\overline{\tau_{w,h}}$: Taux de cotisations sociales propre à la classe h

Comportements de consommation et d'investissement

$\overline{f_{CE,h}}$: Consommation d'énergie de la classe h
 $\overline{b_{A,h}}$: Niveau de besoin essentiel en énergie de h
 $\overline{\varepsilon P_{A,h}}$: Elasticités prix des consom. d'énergie de h

Partage de la valeur ajoutée et redistribution

$\overline{\omega_{h,w}}$: Part des salaires nets perçue par la classe h
 $\overline{\rho_{k,h0}}$: Prestation sociale de h selon le risque (initiale)
 $\overline{\omega_{h,\Pi}}, \overline{\omega_{G,\Pi}}, \overline{\omega_{S,\Pi}}$: Part de l'EBE perçue par agent
 $\overline{i_{h0}}, \overline{i_{S0}}, \overline{i_{G0}}$: Taux d'intérêt effectif des agents (initial)
 $\overline{f_{D,h}}, \overline{f_{D,G}}, \overline{f_{D,S}}$: Evolution de l'endettement des agents**

Structure des prélèvements obligatoires

$\overline{\tau_w}$: Cotisations sociales
 $\overline{\tau_{\Pi}}$: Impôt sur la production
 $\overline{\tau_E}$: Fiscalité énergétique (accises*** et TVA)
 $\overline{\tau_C}$: Fiscalité non énergétique (*ad valorem* y.c. TVA)
 $\overline{\tau_{R,S}}$: Impôt sur les sociétés
 $\overline{\tau_{R,h}}$: Impôt sur les revenus et le patrimoine, classe h

GRANDEURS MACROECONOMIQUES**Distribuées**

N : Population totale
 N_R : Population de retraités
 N_A : Population active
 L : Emploi total (Equivalents temps plein)
 SAL : Masse salariale superbrute
 EBE : Excédent brut d'exploitation

Agrégées

C_E : Consommation domestique d'énergie
 C : Consommation domestique de composite
 I : Volume d'investissement
 D : dette nationale
 i : Taux d'intérêt domestique moyen

* L'excédent brut d'exploitation correspond à la somme de la valeur de l'usure des capacités productives ($k.p_c$) et à la valeur des marges : $\pi.(e.p_E + l.w + k.p_C).Y = \pi.[1 / (1 + \pi)].p.Y$ (cf. équation 4, Encart 3. page 98).

** L'évolution de l'endettement des agents dépend non seulement de l'évolution des emprunts/prêts de l'année, mais également des hypothèses faites sur toute la trajectoire des emprunts/prêts depuis la date du choc simulé jusqu'à l'horizon de moyen terme considéré. Dans le modèle nous faisons l'hypothèse que la déviation est progressive et linéaire sur toute la période (cf. équation 47, page 303).

*** Les accises sont des impôts perçus sur des volumes, c'est le cas de la TIPP perçue par volume de produit énergétique, ou encore de la taxe carbone, assise sur le contenu carbone des énergies. La TVA sur les produits énergétiques est assise sur la valeur de ces produits qui inclut les accises. Ces différents impôts sont distingués dans le modèle complet (cf. annexes, section I.1, page 297).

Nous venons de séparer la description de la distribution des revenus de celle de l'équilibre macroéconomique pour la commodité de l'exposition, mais ces ajustements sont simultanés dans le modèle. La distribution des revenus influe sur l'équilibre macroéconomique *via* la consommation, l'investissement et l'endettement (les variables agrégées) et la macroéconomie influe sur la distribution des revenus *via* l'emploi et les revenus (les variables distribuées). L'algorithme de résolution calcule les valeurs d'équilibre de ces variables, c'est-à-dire la solution du système constitué de l'ensemble des contraintes distributives et macroéconomiques.

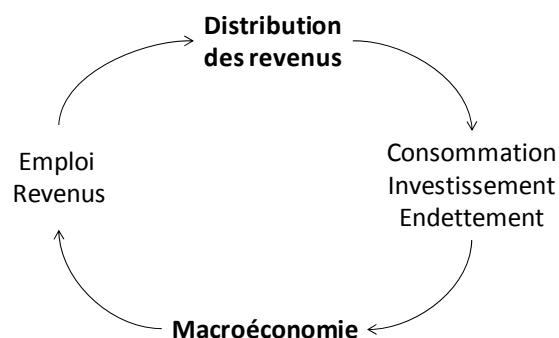


Figure 13 Représentation schématique du processus de convergence vers l'équilibre. Les interactions entre distribution des revenus et macroéconomie

Par rapport aux analyses macroéconomiques, conduites avec des modèles de croissance plus agrégés, l'architecture d'IMACLIM-S.2.4 permet de représenter plusieurs motifs d'interaction entre distribution des revenus et croissance. En outre, **la relation entre la distribution des revenus et les conditions de production n'est ni mécanique, ni univoque**, car la productivité apparente des facteurs - le partage de la valeur ajoutée entre salaires et profits (excédents d'exploitation) - ne détermine pas à elle seule la distribution des revenus. Deux éléments dans le modèle autorisent ce découplage : premièrement, la redistribution opérée par les administrations (*via* les prélèvements obligatoires et les transferts sociaux) et deuxièmement, le fonctionnement des marchés financiers qui introduit une distinction entre la rémunération de la propriété financière et le niveau des profits.

Dans ce cadre de modélisation, **un système fiscal peut avoir sur l'équilibre macroéconomique et social des effets positifs ou négatifs variés**. L'intervention n'est pas nécessairement inefficace comme dans un modèle de premier rang ; elle peut apporter un bénéfice social si elle opère une « redistribution des revenus efficace » ou rapproche les prix de marchés des « valeurs sociales des biens » (Guesnerie, 1995). Dans ce cas, le système fiscal permet d'allouer plus efficacement les ressources disponibles. Mais à l'inverse, l'intervention peut tout aussi bien aggraver les inefficacités du système économique si elle éloigne la distribution des revenus d'une distribution efficace ou les prix de marché des valeurs sociales des biens. Dans tous les cas, comme nous l'avons souligné au chapitre précédent, la performance d'un système fiscal donné dépend des hypothèses de second rang sur la nature et la combinaison des inefficacités économiques en l'absence d'intervention.

Par conséquent, l'évaluation du coût ou du bénéfice social d'une réforme n'est pas triviale, surtout en partant d'une gestion des finances publiques qui *a priori* n'est pas optimale. En influençant conjointement les coûts relatifs des facteurs et des biens et la distribution des revenus, la réforme simulée peut, par exemple, avoir un effet bénéfique du côté de l'offre, mais qui peut aussi être annulé par un effet négatif du côté de la demande. Une réforme sera bénéfique indépendamment de ses effets environnementaux, si elle contribue à déplacer l'équilibre macroéconomique vers un état supérieur (produisant plus de revenus agrégés) et si elle s'accompagne d'une distribution des revenus telle que personne ne voit sa position absolue se dégrader (critère de Pareto).

Au-delà, pour parvenir à une évaluation du surplus global ou disposer d'un critère de choix lorsque la distribution obtenue favorise la position de certains mais dégrade celle des autres, il faut disposer d'un critère éthique ; ce qui, dans la théorie utilitariste de la justice par exemple, prend la forme d'un système de poids sociaux attribués aux classes de ménages. La détermination d'un tel système renvoie alors à la question normative de la contribution au bien-être de la collectivité de l'utilité de chaque classe, discussion normative qui sera délibérément ignorée dans le premier temps de l'analyse, pour y revenir succinctement en conclusion de notre septième chapitre⁴⁵.

3.3 Les émissions de CO₂

La pression de l'activité économique sur le climat n'est décrite que par les volumes des émissions de CO₂ libérées annuellement en raison des consommations d'énergies des agents économiques (consommations finales des ménages et consommations intermédiaires des systèmes productifs). Les émissions proviennent de la combustion d'énergie fossile lors de la transformation d'énergie et pour la production de services finaux (transport, usages résidentiels ou tertiaires). A l'équilibre, la quantité émise par les ménages dépend de la quantité et du type d'énergie qu'ils consomment, tandis que la quantité qu'émettent les secteurs d'activité dépend également de l'intensité énergétique et du niveau de leur production. Les coefficients d'émission sont distingués selon les agrégats d'énergie et les agents (l'association d'énergies diffère selon les usages)⁴⁶.

Emissions de CO₂ des ménages

$$CO2_c = \gamma_c(\tau_c; \gamma_c^0) \cdot C_E$$

$$\begin{bmatrix} \text{Niveau des} \\ \text{émissions} \\ \text{des ménages} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Coef. d'émissions} \\ \text{des ménages par} \\ \text{type d'énergie E} \\ \text{(MtCO}_2\text{/MTEP)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \text{Consom. finale totale} \\ \text{d'énergie E des} \\ \text{ménages (MTEP)} \end{bmatrix}$$

Emissions de CO₂ des systèmes productifs

$$CO2_{cl} = \gamma_{cl}(\tau_{cl}; \gamma_{cl}^0) \cdot e \cdot Y$$

$$\begin{bmatrix} \text{Niveau des} \\ \text{émissions} \\ \text{des secteurs} \\ \text{de production} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Coef. d'émissions} \\ \text{par secteur et par} \\ \text{type d'énergie E} \\ \text{(MtCO}_2\text{/MTEP)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \text{Consom. intermédiaire d'énergie} \\ \text{E des secteurs (MTEP) selon} \\ \text{leur intensité énergétique} \\ \text{et leur niveau de production} \end{bmatrix}$$

Dans le fonctionnement par défaut du modèle, les coefficients d'émission de chaque consommation d'énergie sont pour la plupart constants et cohérents avec les statistiques sur la qualité des produits vendus – essence, diesel, gaz, etc. - pour une année de référence (2004). Les coefficients d'émission des « autres énergies » qui sont consommées par le secteur de production composite et par les ménages évoluent avec la taxe carbone. On représente ainsi de manière simplifiée l'induction par la taxe carbone d'une substitution accrue du fioul et du gaz vers l'électricité au sein de l'agrégat « d'autres énergies » utilisées pour les usages résidentiels-tertiaires⁴⁷. En conséquence, la diminution du coefficient d'émission est accélérée par l'application de la taxe (les émissions décroissent linéairement et s'annulent pour un taux de 600€/tCO₂). Par ailleurs, l'hétérogénéité, selon les classes de ménages, de la composition des deux agrégats d'énergies est négligée (de même, donc, que l'hétérogénéité des émissions associées).

⁴⁵ Cf. paragraphe 4 (« effets distributifs et bien-être social »), page 244.

⁴⁶ La façon dont sont attribués les volumes de chaque agrégat d'énergies consommées et les émissions associées synthétise l'information d'une diversité de sources statistiques spécialisées. Le fait que cette information ne soit pas altérée lors de la construction du modèle n'est pas évident : nous verrons qu'il s'agit de la propriété essentielle de la méthode d'hybridation des données macroéconomiques et énergétiques que nous présentons dans le chapitre suivant (cf. Tableau 13, page 131).

⁴⁷ En outre, ceci permet de tenir compte de l'amélioration de l'efficacité énergétique induite par la hausse des prix de l'énergie sur les équipements ménagers et tertiaires qui utilisent du fioul ou du gaz.

4 D'un usage rétrospectif à une méthode d'analyse prospective

Au chapitre précédent, nous avons défendu l'idée que les phénomènes d'inertie institutionnelle et technique d'aujourd'hui, en s'associant à la rareté de l'information sur le futur, sont les principales sources d'inefficacité du système économique de demain. Dans ces circonstances, notre capacité à concevoir une bonne réforme fiscale dépend, non seulement de notre aptitude à tirer profit des leçons du passé, mais aussi de notre capacité à faire « remonter de l'information du futur ». C'est pourquoi adopter une posture prospective dans l'analyse justifie d'explorer une variété de fonctionnements économiques possibles et éloignés de causes historiques. Mais pour décrire ces évolutions inédites on ne peut se limiter à l'observation du passé et les matériaux empiriques dont on dispose sont partiels et fragmentés ; il s'agit de conjectures diverses, de travaux et dires d'experts qui se limitent souvent à des sujets particuliers. Ces données sont disparates car elles sont le produit d'expériences et de démarches intellectuelles multiples : l'intuition des acteurs ; les données, les concepts et les méthodes d'inférence propres à chaque expert. Les méthodes visant à croiser ces différentes vues sont aussi créatrices de connaissance.

Nous allons maintenant décrire comment nous intégrons ces diverses informations dans une analyse d'ensemble qui emploie le modèle IMACLIM-S, non plus dans un usage « rétrospectif », mais en « prospective ». Nous préciserons d'abord la procédure suivie pour favoriser les délibérations, puis la façon d'exploiter la modularité du modèle pour construire une projection cohérente et synthétique, qui intègre les informations issues de travaux prospectifs disparates.

4.1 Méthode d'analyse prospective et délibération collective sur le futur

Nous procéderons en deux étapes (Figure 14). Nous produirons d'abord, à l'horizon retenu (2020 dans cette étude), des tableaux comptables cohérents et compatibles avec les évolutions décrites dans un *scénario de référence*. Seules quelques modifications du modèle IMACLIM-S.2.4 sont nécessaires pour construire cette *projection de référence* en partant de tableaux comptables connus (ceux construits à partir des statistiques disponibles pour une année de base récente : 2004 dans cette étude). Nous analyserons ensuite divers scénarios de réforme avec le modèle IMACLIM-S.2.4, une fois celui-ci re-calibré sur les statistiques projetées. Les équilibres dérivés obtenus seront alors comparés entre eux et avec la projection de référence, selon le principe de statique comparative.

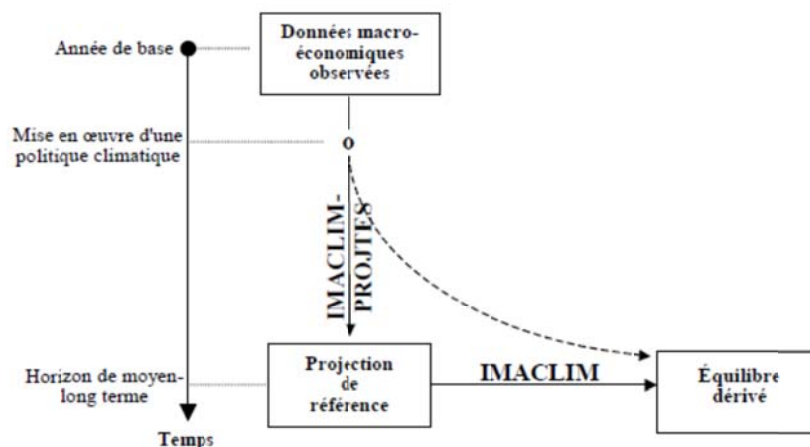


Figure 14 Principe général : statique comparative en prospective⁴⁸

Pour construire une projection de référence, il faut nécessairement sélectionner une certaine vision du futur et la formaliser dans le modèle. Or, ce choix joue sur la perception des résultats de l'analyse en variantes : la projection de référence détermine l'état dans lequel l'économie se trouvera en l'absence de réforme (en particulier, la distance par rapport à la frontière de production maximale), et par là même, l'espace pour des politiques « Pareto améliorantes » (le surplus de richesse qui peut être libéré dans le modèle). Une vision optimiste d'un scénario de « laisser-faire » nous placera sur la frontière de production ou à ses abords, laissant peu d'espace pour des co-bénéfices économiques ; à l'inverse, une vision pessimiste du futur économique sans intervention, laisse plus de chances à des politiques favorables non seulement à l'environnement, mais aussi à l'activité et l'emploi. Nous retrouvons ici toute l'importance de la discussion positive sur le futur. Pour le choix collectif en matière de réforme des finances publiques, cette étape de définition de la référence est une question à la fois fondamentale et très actuelle. Par exemple, ce choix détermine grandement l'acceptation (ou non) du coût de mesures d'austérité fortes et rapides pour réduire les déficits publics, ou encore le coût du refus de ces mesures.

En fonction de l'objectif recherché, on distinguera deux façons de procéder. On peut, comme dans la plupart des exercices de prospective synthétisés dans les rapports du GIEC, concevoir un scénario de référence sans réforme (« *Business-As-Usual* ») qui correspond à la vision particulière de chaque équipe d'économistes-modélisateurs (leur « *best-guest* » scénario). Alternativement, on peut décider de reproduire fidèlement les hypothèses d'un scénario donné qui correspond à une vision qui prédomine dans les débats, mais qui n'est pas nécessairement celle que l'on défendrait. De cette façon, on prend comme point de référence pour le raisonnement une vision du futur qui est, dans une certaine mesure, déjà connue et partagée, puisqu'elle a fait l'objet de précédents débats. Nous avons privilégié cette seconde façon de procéder, car elle convient mieux à notre objectif général qui consiste moins à réduire le plus possible l'espace d'incertitude dans la sphère restreinte de la communauté scientifique que de construire une analyse utile en pratique dans les délibérations publiques ; un exemple sera donné au chapitre 8, lorsque nous étudierons une réforme fiscale d'ensemble qui lie l'action climatique à la promotion d'autres enjeux : le financement des retraites et

⁴⁸ Tirée de Ghersi (2003).

le contrôle des déficits publics⁴⁹. Nous partons alors d'un scénario du Conseil d'Orientation des Retraites (COR) élaboré pour nourrir les débats sur la précédente réforme des retraites (Fillon, 2010).

4.2 Technique d'intégration de données et modèles hétérogènes : une illustration

En prévision de notre exercice prospectif, il nous faut illustrer comment utiliser la structure d'IMACLIM pour mettre en dialogue des expertises différentes. La méthode consiste à reproduire un scénario - dans notre cas d'application, l'un de ceux produits par le COR – tout en recourant à d'autres travaux prospectifs pour compléter la projection d'IMACLIM-S.2.4 (car notre image du futur ne se limite pas à l'état du système de retraite). On rencontre ici deux difficultés. Premièrement, il nous faut trouver des données pour décrire l'évolution des paramètres omis dans les exercices du COR. Deuxièmement, il nous faut modifier le modèle de façon à incorporer ces informations disparates et produire une image statistique cohérente de l'activité économique à l'horizon 2020⁵⁰.

Pour un nombre raisonnable de contraintes sur l'évolution des grandeurs économiques, il est *a priori* possible de concevoir plusieurs modèles de projection compatibles à la fois avec le cadre de modélisation et avec le scénario de référence. Nous avons choisi d'en retenir un qui s'écarte le moins possible du fonctionnement de référence d'IMACLIM-S.2.4 présenté plus haut. Les modifications à apporter dépendent alors de la nature des évolutions contraintes dans la projection de référence.

La projection de référence du chapitre 8 reproduit et complète le scénario A du COR qui fut envisagé en 2010 pour estimer l'évolution du besoin de financement en l'absence de réforme. Ce scénario est le plus optimiste en termes de croissance économique. Nous l'avons complété par les informations disponibles, tirées d'autres exercices prospectifs, qui étudient d'autres conséquences macroéconomiques attendues des transitions démographiques et énergétiques en cours, transitions qui contraindront fortement les marges de manœuvres macroéconomiques et fiscales de la France dans les années à venir (Tableau 7).

Ce cadrage de la prospective contraint les évolutions des grandeurs suivantes :

- la productivité du travail et le taux de chômage d'un scénario construit par la Direction Générale du Trésor et de la Prévision Economique pour le dernier exercice prospectif mené par le COR (2010) ;
- la population active, l'effectif des retraités, le niveau des prestations de retraite et le niveau de recettes des cotisations sociales du même scénario du COR. La distribution de ces effectifs d'individus et de ces prestations sociales aux vingt classes de revenus est supposée identique

⁴⁹ Nous verrons alors tout l'intérêt heuristique de cette technique qui nous a été inspiré de Sen (1963) : rassembler des analyses, menées d'ordinaire séparément, dans un même cadre cohérent permet de les comparer et de voir où elles se distinguent ; si elles apparaissent incompatibles, c'est qu'il faut logiquement, soit remettre en cause la véracité de certaines de ces informations, soit remettre en cause la vision du monde mobilisée pour les expliquer (le modèle) ; si elles apparaissent compatibles, on peut alors chercher à révéler des hypothèses économiques implicites qui doivent être vérifiées pour assurer la cohérence entre ces anticipations et la vision du monde mobilisée pour les expliquer. Le réalisme empirique de ces hypothèses peut alors être discuté.

⁵⁰ Comme précédemment, nous renvoyons le lecteur aux annexes pour plus de précision sur les détails techniques qui ont été mis en œuvre pour mener l'étude prospective du chapitre 8 ; on y trouve les équations qui permettent de forcer les évolutions exogènes et la modification de la règle de clôture (section IV, page 368), de même que les tableaux comptables projetés (section II.3, page 342). Nous nous limitons ici à une description simplifiée des principales hypothèses.

à celle observée en 2004. Les autres transferts sociaux et les allocations chômage évoluant eux, comme le niveau moyen des salaires nets ;

- la population totale et le nombre de personnes par ménage des exercices de projection de l'INSEE réalisés en 2006 (INSEE, 2006 et 2007) ;
- les prix internationaux pour les quatre biens, issus d'un scénario de prospective énergétique mondial produit par le modèle IMACLIM-R⁵¹ (Sassi et al., 2010) qui représente les grands facteurs de mutation du système mondial (ressources énergétiques, changements techniques, rattrapages technologiques, modes de localisation, structures de consommation, etc.)⁵² ;
- le taux d'épargne des ménages, provenant d'un scénario de régime de croissance mondial produit par le modèle INGENUE2 (Aglietta et Borgy, 2008). Sa forte décroissance (-37%) résulte essentiellement de l'effet du vieillissement démographique sur l'arbitrage entre consommation et épargne ;
- le futur énergétique de la France (l'intensité énergétique et la composition des sources d'énergie, le contenu carbone, les élasticités des consommations énergétiques des ménages au prix et au revenu), tiré d'un jeu de scénarios produit avec la version française d'IMACLIM-R⁵³ (Bibas et al., 2012).

⁵¹ « R » pour « récursif » ; nous verrons au paragraphe suivant que cette version de l'architecture IMACLIM est construite sur les mêmes principes mais n'est pas appliquée aux mêmes analyses. Elle décrit davantage et de manière explicite les systèmes techniques (« modèle hybride *top down/bottom-up* », cf. chapitre 2, page 57).

⁵² Pour le bien composite, nous tirons de ce scénario l'évolution du prix relatif de la production nationale (en effet, l'évolution absolue du prix international est neutre, puisque ce prix est le numéraire du modèle IMACLIM-S.2.4).

⁵³ Le dialogue entre les deux versions d'IMACLIM à un horizon temporel donné est facilité par le fait qu'elles sont toutes deux construites à partir d'un même système de comptabilité hybride Economie-Energies. L'agrégation et la mise au format d'IMACLIM-S-2.4 (quatre secteurs dont trois d'énergie) des résultats d'IMACLIM-R (douze secteurs dont cinq d'énergie) ont été réalisées avec l'aide précieuse de Ruben Bibas.

			Evolutions exogènes sur la période 2004-2020				Sources
<i>Macroéconomie</i>							

UC : nombre d'unités de consommation selon l'échelle d'équivalence de l'OCDE ; Comp. : Composite des biens et services non énergétiques ; Pet. : Pétrole brut ; Carb. : Carburants ; A.E. : Autres énergies (pour l'usage résidentiel tertiaire).

* Scénario A sans réforme des retraites du COR (2010). Ce scénario est optimiste. Il suppose un rattrapage des effets de la crise et une hypothèse de rendements AGIRC-ARRCO constants. Les recettes de cotisations sociales sont évaluées en appliquant un taux de prélèvement constant (28%) sur la masse salariale superbrute et le niveau de prestations de retraite est estimé par les principaux régimes de retraite. Les projections de taux d'activité correspondent à l'exercice de projection de l'INSEE de 2006, mais ont été légèrement modifiées pour ajouter un effet de report de l'âge de départ en retraite induit par la réforme Fillon-2003.

** Scénario démographique « central » (hypothèses médianes de fécondité, d'espérance de vie, et de solde migratoire).

*** Scénarios tirés de Bibas et al. (2012) et caractérisés par l'absence d'engagements climatiques au niveau mondial et par peu d'efforts sur les infrastructures à l'échelon français (faible amélioration de l'efficacité énergétique du bâti et de l'accroissement des capacités de transport collectif et de fret ferroviaire et fluvial). Nous choisissons à dessein de nous placer dans le « pire des cas », celui d'une action unilatérale française et d'un potentiel technique médian (ni optimiste, ni pessimiste), pour intégrer l'état des malentendus sur l'effet d'une fiscalité carbone.

**** Scénario sans réforme des retraites d'Aglietta et Borgy (pages 25-26), caractérisé par un âge légal de départ à la retraite bas (62,5 ans en moyenne pour l'Europe occidentale) et un taux de remplacement plutôt élevé (45% en moyenne).

Tableau 7 Evolutions exogènes contraintes sur la période 2004-2020

Les autres traits de l'économie française en 2020 sont déterminés par la structure modifiée du modèle (la distribution des revenus, l'endettement, les émissions de CO₂, etc.). Mais comme certaines évolutions exogènes contraintes ne relèvent pas de paramètres « exogènes », mais au contraire, de grandeurs variables dans IMACLIM-S.2.4, deux types de modification ont également dû être apportés au bouclage macroéconomique du modèle.

- **La boucle salaire-chômage doit être abandonnée** (équations 8 de l'Encart 3, page 98) car elle est incompatible avec la reproduction du scénario du COR qui suppose à la fois un partage de la valeur ajoutée constant, une progression des salaires et une baisse du chômage.

- **L'abandon des ajustements techniques dans la production** (équations 1 à 3) est également requis pour récupérer l'information sur les possibilités d'évolution technique des systèmes énergétiques qui sont décrits explicitement et plus précisément dans la version récursive d'IMACLIM.

- **L'ajout de deux nouvelles variables** est enfin nécessaire pour ajuster le modèle⁵⁴ : (i) **un « facteur d'accroissement du travail effectif »** δ_L qui peut être interprété, soit comme une source autonome de gain de productivité, soit comme une augmentation du volume d'heures travaillées, et (ii) **un « facteur d'expansion des exportations françaises »** δ_X qui peut être interprété, soit comme la conquête de nouvelles parts de marché, soit comme la croissance de l'activité économique ou de la consommation des pays qui sont les partenaires commerciaux de la France à l'export. Ces nouvelles variables interviennent dans les équations de la force de travail employée et des volumes d'export (équations 15 et 10 de l'Encart 3, page 98).

Productivité effective du travail

$$L = (1 + \delta_L) \cdot L.Y$$

$$\begin{bmatrix} \text{Quantité} \\ \text{de travail} \\ \text{effectif} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Facteur} \\ \text{d'accroissement} \\ \text{du travail effectif} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \text{Travail employé} \\ \text{dans la} \\ \text{production} \end{bmatrix}$$

Niveau des exportations en volume

$$X = (1 + \delta_X) \cdot f_X \left(\frac{p}{p^*}, \varepsilon \right)$$

$$\begin{bmatrix} \text{Volumes} \\ \text{exportés} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Facteur d'expansion} \\ \text{des exportations} \end{bmatrix} \cdot f \left(\begin{array}{l} \text{Inversement proportionnels} \\ \text{au termes de l'échange selon} \\ \text{l'hypothèse sur la sensibilité} \\ \text{de la compétitivité aux prix} \end{array} \right)$$

Quelle que soit l'interprétation économique de ces ajustements, ils sont nécessaires pour obtenir, dans le cadre de modélisation IMACLIM-S.2.4, les niveaux d'offre et de demande compatibles avec les hypothèses du scénario de référence. Dans la projection produite, du côté de l'offre, étant donné les hypothèses sur la population active et le chômage, le niveau de croissance détermine le niveau de la productivité effective des travailleurs ; du côté de la demande, le jeu d'hypothèses qui définit le niveau des salaires, le taux d'épargne et les comportements de consommation d'énergie des ménages détermine dans une grande mesure le niveau de demande domestique⁵⁵. Le modèle calcule donc le niveau des exportations qui annule l'offre excédentaire sur les marchés.

⁵⁴ La reproduction du scénario de référence nécessite en effet de rendre exogènes trois grandeurs auparavant variables, de supprimer deux équations et d'en ajouter une ; il faut donc introduire deux nouvelles variables pour éviter que le nouveau système ne soit surdéterminé.

⁵⁵ En effet, les modalités de gestion des finances publiques et les autres facteurs d'hétérogénéité qui déterminent la distribution des revenus ne sont pas modifiés par rapport à la configuration de référence d'IMACLIM-S.2.4.

5 Le positionnement d'IMACLIM-S.2.4

Nous terminerons cette présentation en positionnant IMACLIM-S.2.4, en premier lieu par rapport au petit nombre de modèles français qui servent à produire des évaluations sur les effets d'une taxe carbone, puis, par rapport aux modèles étrangers qui permettent d'étudier conjointement les effets macroéconomiques et distributifs de politiques climatiques. Dans l'ensemble, souvenons-nous que l'architecture IMACLIM-S.2.4 se distingue par deux de ses caractéristiques essentielles : elle permet d'une part, d'évaluer en équilibre général les effets distributifs de réformes non marginales, car elle décrit plusieurs catégories de ménages et les flux d'énergie dans l'économie en unités physiques et en valeurs ; elle permet d'autre part, d'étudier la sensibilité des résultats aux croyances concurrentes sur le fonctionnement de l'économie et son évolution future, puisque sa modularité peut être exploitée de façon à formaliser divers jeux d'hypothèses de second rang sur la nature des mécanismes, ou l'ampleur des paramètres, qui sont les plus débattus.

Au niveau français, tous les autres modèles macroéconomiques reposent encore, aujourd'hui, sur l'hypothèse d'un « ménage représentatif unique ». Voilà pourquoi l'étude qui sera présentée au chapitre 7 fut la seule disponible, lors des travaux de la commission Rocard, pour donner une idée de l'importance des mécanismes d'équilibre général sur les conséquences distributives induites par la réforme. Mais en ce qui concerne l'évaluation de ses effets agrégés, en particulier sur la croissance et l'emploi, IMACLIM-S.2.4 se distingue aussi de ces modèles par la façon de décrire les contraintes techniques sur l'évolution des besoins en énergie, ou encore, par la représentation des comportements économiques et des inefficacités systémiques qu'ils peuvent engendrer⁵⁶. Mais on doit aussi distinguer ces modèles selon la méthode retenue pour paramétrer les équations : soit par estimation économétrique, à partir de séries temporelles, ou en procédant par postulat et « calibrage », selon la pratique des modèles d'équilibre général calculables (*cf. supra*, page 79).

Dans la catégorie des modèles macroéconométriques, le modèle **MESANGE** développé par la Direction Générale du Trésor (Allard-Prigent et al., 2002), a récemment été complété par l'adjonction d'un « module énergie » au modèle de base, très compact (3 secteurs), et couramment utilisé par le Ministère des Finances comme outil de prévision et d'évaluation des politiques publiques. Bien qu'un exercice ait été conduit (Briard et al., 2010), ce modèle est peu adapté à l'analyse des politiques climatiques au-delà du court terme, car l'indépendance des équations d'offre et de demande avec celles du module énergie ne permet pas de décrire le changement structurel que l'on vise à induire. C'est en partie pour répondre à cette limite, que l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), l'Observatoire Français des Conjonctures Economiques et l'Université libre d'Amsterdam ont développé le modèle **Three-ME** (Reynes et al., 2011). Estimé à un niveau multisectoriel plus fin (24 secteurs, 4 types d'énergies, 5 types de transports), il exploite l'information sur l'évolution des systèmes énergétiques contenue dans les données de l'ADEME. Mais ce modèle, comme le précédent, repose sur des choix de méthodes (macroéconométriques et dynamiques) que

⁵⁶ Nous nous fondons ici sur la typologie des choix de modélisation suggérée dans la structure de notre cahier des charges (section 2 du chapitre 2, pages 53 à 73). Nous y distinguons la description des (i) contraintes techniques et de l'évolution des besoins en énergie, (ii) de l'hétérogénéité des ménages et des liens entre distribution et croissance, et (iii) des comportements et des sources d'inefficacité systémique.

nous avons déjà questionnés et jugés trop contraignants au regard de notre objectif (cf. chapitre 2)⁵⁷.

A côté de ces deux modèles économétriques, deux modèles d'équilibre général calculable, également dynamiques et multisectoriels, sont utilisés pour évaluer des dispositifs de politiques climatiques françaises. Outre le recours à une méthode de paramétrage non économétrique, ils ont tous deux une description plutôt détaillée des systèmes énergétiques (côté offre et côté demande). A ce titre, leur domaine de pertinence se centre autour des discussions technicoéconomiques qui portent sur la trajectoire et les politiques d'induction du changement technique (évolution du « mix énergétique », part du nucléaire, *etc.*). Mais concernant la représentation des techniques, le modèle **GEMINI-E3** (Bernard et Vielle, 2008), développé par le Ministère de l'Équipement, le Commissariat à l'Énergie Atomique et l'Université de Genève, se distingue néanmoins du modèle **IMACLIM-R** (Sassi et al., 2010, et dans sa version nationale, Bibas et al., 2012). Le premier suit les pratiques de modélisation et de paramétrage héritées de l'« astuce de Solow », tandis que le second innove dans la voie des modèles « hybrides »⁵⁸.

Contrairement à ces modèles, IMACLIM-S.2.4 s'abstrait dans une grande mesure des détails techniques, puisque ces derniers nous sont apparus de second ordre, dans les controverses, derrière les désaccords sur les paramètres distributifs et macroéconomiques (effets de l'endettement, compétitivité-prix, fonctionnement du marché du travail, *etc.*). A ce niveau, le cadre macroéconomique décrit plus haut (cf. section 3, page 96) offre davantage de possibilités. Le modèle GEMINI, d'inspiration néoclassique, ne représente pas de défaillances de marché, hormis l'existence d'une fiscalité initialement sous-optimale et d'externalités environnementales (émissions) ; les tests de sensibilité au fonctionnement du monde s'en trouvent limités. Le modèle IMACLIM-R représente, lui, des sources d'inefficacité de marché (notamment un marché du travail imparfait), mais il ne décrit pas aujourd'hui de modalités différentes de gestion des finances publiques, ni l'endettement des agents, et la dynamique d'évolution de la balance des paiements y est exogène.

En élargissant la comparaison aux outils d'évaluation développés à l'étranger, on trouve quelques modèles seulement qui, à notre connaissance, permettent d'évaluer dans un cadre d'équilibre général les effets distributifs entre ménages d'une politique climatique nationale. Mais ces modèles présentent d'autres limitations en ce qui concerne chacune des deux autres caractéristiques, importantes au regard de notre objectif : soit ils ne décrivent pas les flux d'énergie en unité physique, ni les contraintes d'inertie technique – leur validité est donc réduite pour l'étude prospective d'une politique climatique non marginale –, soit ils s'inscrivent dans le cadre des hypothèses d'une théorie particulière de premier ou de second rang – les régimes qu'ils peuvent simuler ne formalisent qu'une partie des visions d'acteurs sur le fonctionnement du monde et le

⁵⁷ L'estimation économétrique pose en particulier deux problèmes lorsqu'on cherche à conduire une exploration prospective englobant une diversité de croyances. Le premier est empirique : dans quelle mesure le recours à l'information contenue dans les séries temporelles est-il pertinent pour étudier une politique dont le but est justement de changer non marginalement la trajectoire économique, de façon à éviter le prolongement des tendances qui caractérisent le développement industriel du XX^e siècle ? Le second problème est technique : l'estimation d'un modèle macroéconométrique est compliquée ; elle demande des simplifications ; il est en effet lourd et difficile d'estimer simultanément un système complexe d'équations sur une longue série temporelle de tableaux macroéconomiques cohérents. Par ailleurs, pour représenter différentes croyances sur la structure de ce système, il faudrait ré-estimer à chaque fois le modèle, et l'on pourrait être amené à rejeter certains jeux d'hypothèses (par tests statistiques), peu probants pour expliquer le passé, mais qui ne peuvent être rejetés, dans une posture prospective cherchant à appréhender « une pluralité de futurs possibles » (P. Massé).

⁵⁸ La distinction de ces pratiques et les éléments qui motivent la seconde sont présentés au chapitre 2, section 2.1, pages 55 à 57.

futur. Le Tableau 8 présente les principales caractéristiques de ces modèles en soulignant leurs limites par rapport à notre problématique.

Modèle de l'Université de Leuven, Belgique	<p>Equilibre général calculable dynamique ; quatre groupes de ménages représentatifs distingués par leur productivité au travail, leur probabilité de devenir chômeurs, leur stock initial de capital et le niveau de transferts sociaux qu'ils reçoivent. Deux périodes sont décrites : un moyen terme où les ajustements sont partiels et un long terme où les ajustements sont complets.</p> <p>Limites par rapport à notre problématique : à moyen terme, la seule source d'inefficacité est la possibilité d'un déséquilibre sur le marché du travail (différents niveaux possibles de flexibilité des salaires réels). La concurrence sur le marché des biens et les anticipations des agents sont parfaites, et il n'existe pas de représentation des inerties techniques. Il est donc peu adapté à l'analyse prospective des effets structurels d'une réforme fiscale non marginale.</p>	Proost et van Regemorter (1995)
E3ME, Europe.	<p>Modèle économétrique multisectoriel ; 11 états membres et 27 catégories de consommateurs différenciés par leur structure de consommation, leur taux chômage et leurs sources de revenus. Hypothèses d'une économie de second rang : chômage involontaire, compétition imparfaite, salaires négociés et évolution exogène des taux de change et des taux d'intérêt.</p> <p>Limites par rapport à notre problématique : les mécanismes de second rang sont limités aux hypothèses de la théorie néo-keynésienne. Les possibilités de substitution technique sont estimées sur une série temporelle de l'évolution des dépenses d'énergie. Le modèle est donc également peu adapté à l'analyse prospective des effets structurels d'une réforme fiscale non marginale.</p>	Barker et Köhler (1998)
ORANI-G, Indonésie	<p>Modèle d'équilibre général calculable statique ; 100 catégories de ménages représentatifs différenciés uniquement par la structure de leurs revenus.</p> <p>Limites par rapport à notre problématique : demande d'investissement, niveau de consommation publique et échanges internationaux exogènes. Le reste des hypothèses macroéconomiques correspondent à un fonctionnement de marchés parfaits, ce qui assure une bonne allocation et un plein emploi des facteurs. Estimé sans recours aux expertises d'ingénieurs, il est peu adapté à l'analyse prospective des effets structurels d'une réforme fiscale non marginale.</p>	Yusuf et Resosudarmo (2007)
USREP ⁵⁹ USA (MIT) version nationale du modèle EPPA.	<p>Modèle d'équilibre général calculable statique, multisectoriel et hybride (la description des systèmes techniques permet d'inclure de l'information d'ingénieurs dans le cadre statique d'interdépendance macroéconomique). Il représente les Etats-Unis, 11 régions et 15 000 ménages, distingués uniquement par la structure de leurs sources de revenus.</p> <p>Limites par rapport à la problématique : l'existence d'inerties techniques est la seule hypothèse de second rang. Les comportements et le fonctionnement des marchés correspondent aux postulats de la théorie walrasienne. Le chômage involontaire, la compétition imparfaite ou les imperfections sur les marchés financiers ne sont pas représentés.</p>	Rausch et al. (2009)

Tableau 8 Les modèles étrangers qui analysent les effets distributifs

⁵⁹ « U.S. Regional Energy Policy » ; il s'agit de la version statique du modèle EPPA du MIT (Paltsev et al., 2005).

6 Un principe d'analyse en variantes pour cartographier les controverses

Il y a trois types d'obstacles à la coordination des anticipations sur les conséquences du projet de réforme : (1) l'oubli d'effets indirects, (2) l'existence de croyances conflictuelles sur le fonctionnement du monde actuel (par exemple, le rôle des coûts pour la compétitivité), et (3) l'existence d'anticipations différentes de l'évolution du contexte (diverses conjectures sur le future).

Notre objectif sera de trier ces causes pour en déduire des enseignements utiles pour la décision. Nous procéderons, dans l'analyse, en raisonnant en variantes selon trois dimensions :

- en **variantes de dispositif** pour comparer diverses modalités envisageables de réforme fiscale carbone selon un même jeu de critères qui mesurent leurs performances économiques (PIB, emploi, consommation, dette, *etc.*), environnementale (émissions de CO₂) et leurs effets redistributifs (inégalités entre groupes de ménages, niveau de consommation des catégories vulnérables, *etc.*). Cet axe d'analyse fournit des éléments pour clarifier la nature des arbitrages entre objectifs concurrents et pour identifier des synergies éventuelles. Comme la hiérarchie des priorités n'est pas établie en amont de la négociation sociale, nous ne proposerons pas d'indicateur synthétique, sauf en conclusion du chapitre 7, lorsque nous discuterons du rôle de paramètres éthiques⁶⁰.

- En **variantes de vision du monde** pour étudier la sensibilité de l'évaluation des conséquences d'un même dispositif aux croyances des acteurs sur le fonctionnement de l'économie. Ce second axe d'analyse permet d'étudier quelles options de dispositif sont sensibles aux hypothèses controversées des acteurs sur les éléments d'incertitude. Nous verrons qu'un recours à des indicateurs intermédiaires - comme la variation des prix, des salaires, du niveau des imports, des exports, *etc.* - est alors utile pour analyser quelle est l'influence de différentes combinaisons d'hypothèses sur les mécanismes économiques et, au final, sur les performances de la réforme⁶¹.

- En **variantes de contexte futur** pour étudier la sensibilité de l'évaluation des conséquences d'un même dispositif aux hypothèses faites sur l'évolution du contexte à un horizon prospectif donné. L'exploration de ce troisième axe d'analyse renseigne sur la sensibilité de l'évaluation aux circonstances singulières d'une période historique donnée. Il s'agit d'examiner si une fiscalité carbone est compatible ou non avec (i) les anticipations des grandes tendances qui contraignent l'évolution de l'économie, et avec (ii) les autres défis de long terme que posent ces mutations.

En suivant ce principe d'analyse en variantes, nous avons construit l'analyse que nous présentons aux chapitres 5 à 8 (Figure 15). Dans les trois premiers chapitres nous nous abstrairons des difficultés liées à l'évolution du contexte et nous considérerons les conséquences en 2004 d'une réforme qui aurait été mise en place vingt ans plus tôt. Le chapitre 5 se concentre sur le dispositif privilégié dans la littérature, d'une taxe carbone appliquée à tous et dont les recettes sont affectées au financement d'une baisse des cotisations sociales. Nous y étudions la sensibilité des résultats à

⁶⁰ A cette occasion, nous construirons un indicateur synthétique qui correspondrait à la variation d'une fonction benthamienne de bien-être social ; nous ne recourons pas systématiquement à cette procédure, car cela serait contraire à notre objectif de placer l'accent sur la discussion positive et d'offrir une analyse qui se positionne en amont du consensus et, par conséquent, des arbitrages collectifs entre objectifs (activité et emploi, baisse des émissions, désendettement, *etc.*) et sur la notion de justice distributive (par exemple, les poids sociaux associés aux classes de ménages dans une conception utilitariste). Ces échelles de valeurs collectives ne sont pas encore établies à l'engagement des débats, en amont de la prise de décision.

⁶¹ Les indicateurs de performance et intermédiaires sont eux aussi décrits précisément dans les annexes techniques (section V.2, page 382).

des paramètres controversés du fonctionnement de l'économie⁶². Dans les chapitres 6 et 7 nous comparons cette fois-ci plusieurs dispositifs, d'abord selon leurs seules performances macroéconomiques, puis selon leurs performances macroéconomiques et distributives. Nous étudierons aussi la sensibilité des résultats à différentes hypothèses de fonctionnement du monde quand cela sera à la fois intéressant et réalisable.

Enfin, au chapitre 8 nous étudions l'effet de plusieurs dispositifs de réforme des finances publiques dans une conjoncture future marquée par les évolutions présentées plus haut : celles induites par un vieillissement démographique important et des tensions énergétiques accrues. À l'horizon 2020, nous comparerons une fiscalité carbone avec les réformes plus « conventionnelles » (sans ajustement de la fiscalité énergétique) et qui sont évoquées dans les débats pour financer la protection sociale et réduire les déficits publics.

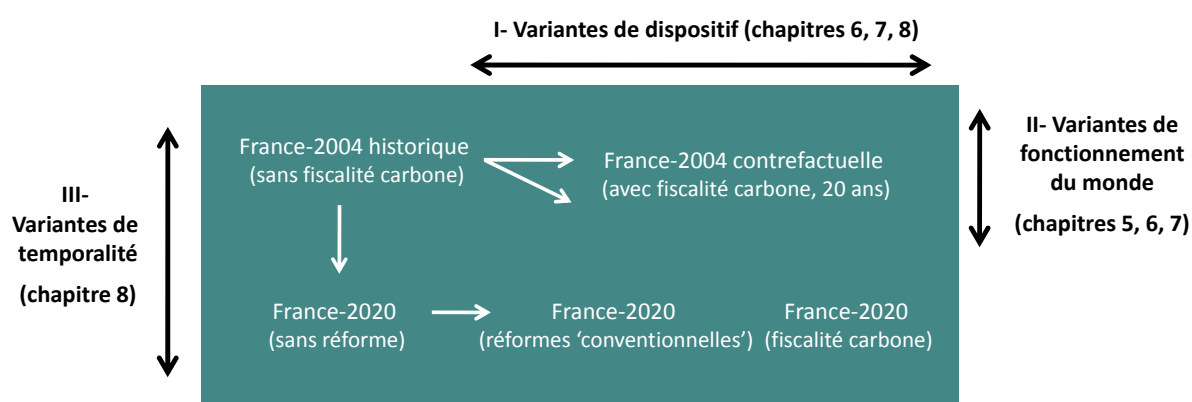


Figure 15 Usage du modèle pour l'analyse des controverses

Avant de nous tourner vers cette partie d'« analyses et résultats », il nous reste à décrire la méthode de construction d'une comptabilité hybride que nous avons mise en œuvre pour obtenir une image statistique cohérente, pour une année de base récente, de la situation actuelle. C'est sur elle en effet que repose la capacité du modèle à décrire avec cohérence les relations quantitatives qui lient les diverses dimensions de l'analyse, ce qui demande de décrire quantitativement les flux d'énergie et l'hétérogénéité des ménages dans les comptes de la nation.

⁶² A cette occasion nous revisitons la controverse économique sur l'hypothèse d'un double dividende « fort » tiré de la réforme.

Chapitre 4

Comptabilité intégrée et relations entre macroéconomie, environnement et distribution

En établissant notre « cahier des charges », nous avons constaté que les tentatives visant à construire des outils d'analyse des politiques de développement durable se confrontent en premier lieu à un problème de données. Nous en avons évoqué les raisons : les comptes nationaux dont on dispose se limitent généralement à la mesure d'agrégats monétaires, ce qui fournit une information insuffisante pour évaluer les effets macroéconomiques non marginaux d'un prix du carbone, contrôler le réalisme d'évolutions importantes des techniques et analyser les effets distributifs induits à moyen-long terme au sein de la population¹.

Nous avons vu au chapitre précédent des atouts qu'il est possible de tirer en pratique, par la construction d'une architecture de simulation numérique, d'un système de statistiques qui articule d'une manière cohérente les données des comptes nationaux avec des données en unités physiques (bilan énergétique, émissions) et des données microéconomiques (enquêtes auprès des ménages). Mais bien que ces enjeux comptables ne soient pas nouveaux², les statisticiens ne proposent pas encore de comptes consolidés de ce type ; du côté des modélisateurs, force est de constater que seuls quelques efforts, peu documentés, ont été consacrés à la réconciliation des données.

La conception et la construction d'une comptabilité intégrée est une problématique de recherche à part entière³. Elle nécessite une collaboration étroite entre comptables nationaux, organismes professionnels et modélisateurs. La mise en place d'une telle collaboration n'est pas simple et demande du temps. Alors, que peut-on faire faute de mieux ? Premièrement, on ne peut attendre pour renseigner les politiques climatiques qui sont à l'ordre du jour ; deuxièmement, il est nécessaire pour susciter l'intérêt de montrer l'utilité de ces développements comptables avec des exemples d'application concrète. On peut alors chercher à jeter les bases d'une méthode qui pourra ensuite être éprouvée, étendue et reprise de façon plus systématique par les spécialistes.

Dans ce chapitre, nous offrons d'abord une vue d'ensemble du problème que pose l'élaboration d'un système de comptabilité intégrée et des principes généraux de sa construction

¹ Ces développements comptables ont aussi un intérêt spécifique par rapport à la finalité de l'*outil de négociation*. Une comptabilité intégrée facilite le dialogue entre les divers champs d'expertise couverts par la problématique du développement durable ; elle offre une base concrète pour organiser le recueil d'informations : faire le pont entre disciplines (ingénieurs, économistes, etc.). Enfin, le processus de construction avec les acteurs est aussi utile : il permet d'aboutir à une image cohérente d'un diagnostic partagé sur la situation initiale et son inefficacité.

² La construction d'un système comptable pour l'analyse des problématiques de développement durable est depuis longtemps à l'ordre du jour. Les bases conceptuelles remontent aux travaux de Leontief (1970), mais l'intérêt pour ces développements resta longtemps limité, avant que ces derniers ne soient finalement relancés dans les années 90 avec, d'abord, la publication du *manuel de comptabilité économique et environnementale intégrée* réédité et remis à l'ordre du jour (ONU, 2000 ; 2012), puis le programme NAMEA d'Eurostat (*National Accounting Matrix including Environmental Accounts*) donnant suite aux travaux de l'office statistique néerlandais (Keuning et al., 1999 ; de Haan, 2004). Un regain d'intérêt apparaît dans le contexte actuel avec l'importance des discussions sur la démondialisation, la mesure du bien-être (Stiglitz, et al., 2009) et la promotion d'une transition vers des « économies et croissances vertes » comme vecteur de sortie de la crise (WB, 2012 ; ONU, 2011 ; OCDE, 2011).

³ En France, les comptables nationaux ont récemment produit des tableaux qui décrivent la « pression environnementale » de chaque activité économique (Pasquier, 2010) et décomposé l'épargne et la consommation des ménages selon certaines catégories de population (Accardo et al., 2009), mais ces développements sont encore trop limités et pas toujours adaptés aux objectifs de la modélisation.

(section 1). Ensuite, en prenant l'exemple de notre cas d'application, nous nous concentrerons successivement sur *la méthode d'hybridation* qui permet d'obtenir une description cohérente des flux de matière en unités physiques et en unités monétaires (section 2), puis sur *la méthode de désagrégation* qui permet de décrire comment se répartissent les grandeurs macroéconomiques au sein de la population (section 3). Nous concluons sur quelques-unes des perspectives des développements en cours qui s'étendent au-delà de l'exercice de modélisation présenté dans cette étude et qui permettront d'appliquer la méthode à d'autres contextes et d'autres problématiques (section 4).

1 Conception d'un système de statistiques matérielles, économiques et sociales

1.1 Principes et tentatives d'extension du système de comptabilité nationale

Idéalement, pour étudier les modalités d'un mode développement durable, on souhaiterait disposer d'une comptabilité nationale étendue selon les dimensions environnementales et sociales⁴. En partant des tableaux de synthèse que publient aujourd'hui les comptes nationaux, cette extension peut se faire, en recourant aux diverses sources d'information statistique disponibles, au niveau des trois interfaces suivantes (Figure 11).

a. **L'interface macroéconomie - environnement physique.** La comptabilité nationale décrit le circuit des biens dans l'économie, des ressources (importations, production *etc.*) aux usages (les agrégats en valeur de leur consommation, immobilisation *etc.*), mais elle ne décrit pas les relations entre ces opérations économiques et l'évolution de l'environnement physique, entendu au sens large : ce qui est construit (comme les stocks d'équipements, d'infrastructures, le bâti) et ce qui est naturel (les stocks de ressources, les sols, le climat). Pour décrire cette interface, il est nécessaire de représenter les flux de matière en unité physique dans l'économie (par exemple, les échanges marchands de fioul exprimés en « tonnes équivalent pétrole », d'aliments en calories, de ciment en tonnes, *etc.*) et entre l'économie et l'environnement (les émissions de CO₂, la dégradation des sols, la déforestation, *etc.*).

b. **L'interface macroéconomie - distribution.** Les tableaux de synthèses de la comptabilité nationale ne décrivent pas toujours l'hétérogénéité de la population, ils se limitent généralement à une description de la répartition d'agrégats de richesse économique (revenus, biens de consommation, patrimoines) entre quelques « secteurs institutionnels » (sociétés, administrations, ménages) et selon plusieurs « opérations de répartition » (partage de la valeur ajoutée, redistribution, *etc.*). Pour décrire plus précisément le circuit de distribution des richesses, il peut être

⁴ Le système de comptabilité nationale présente le double intérêt d'être harmonisé internationalement et de se présenter comme un vaste système cohérent de représentation et de mesure quantitative de l'économie dans son ensemble et dans ses principales composantes (*System of National Accounts*, ONU, 2010). Il rend aisée la liaison avec les unités microéconomiques car le contenu des agrégats est détaillé dans des nomenclatures précises. Bien que le système ait été progressivement étendu à la description d'activités non marchandes (par exemple, avec l'estimation de « loyers imputés » pour mesurer la valeur d'usage des logements par les propriétaires occupants), ou à la valeur des stocks immatériels et matériels (dans les comptes du patrimoine), il se limite néanmoins à la description des grandeurs monétaires et pour un niveau d'agrégation élevé (principales branches d'activités, grandes administrations publiques et ménages généralement sans distinction d'appartenance sociale).

nécessaire de distinguer davantage les sources de revenu (au niveau de description macro)⁵, et d'autre part, de différencier certaines catégories de population (à un niveau plus micro).

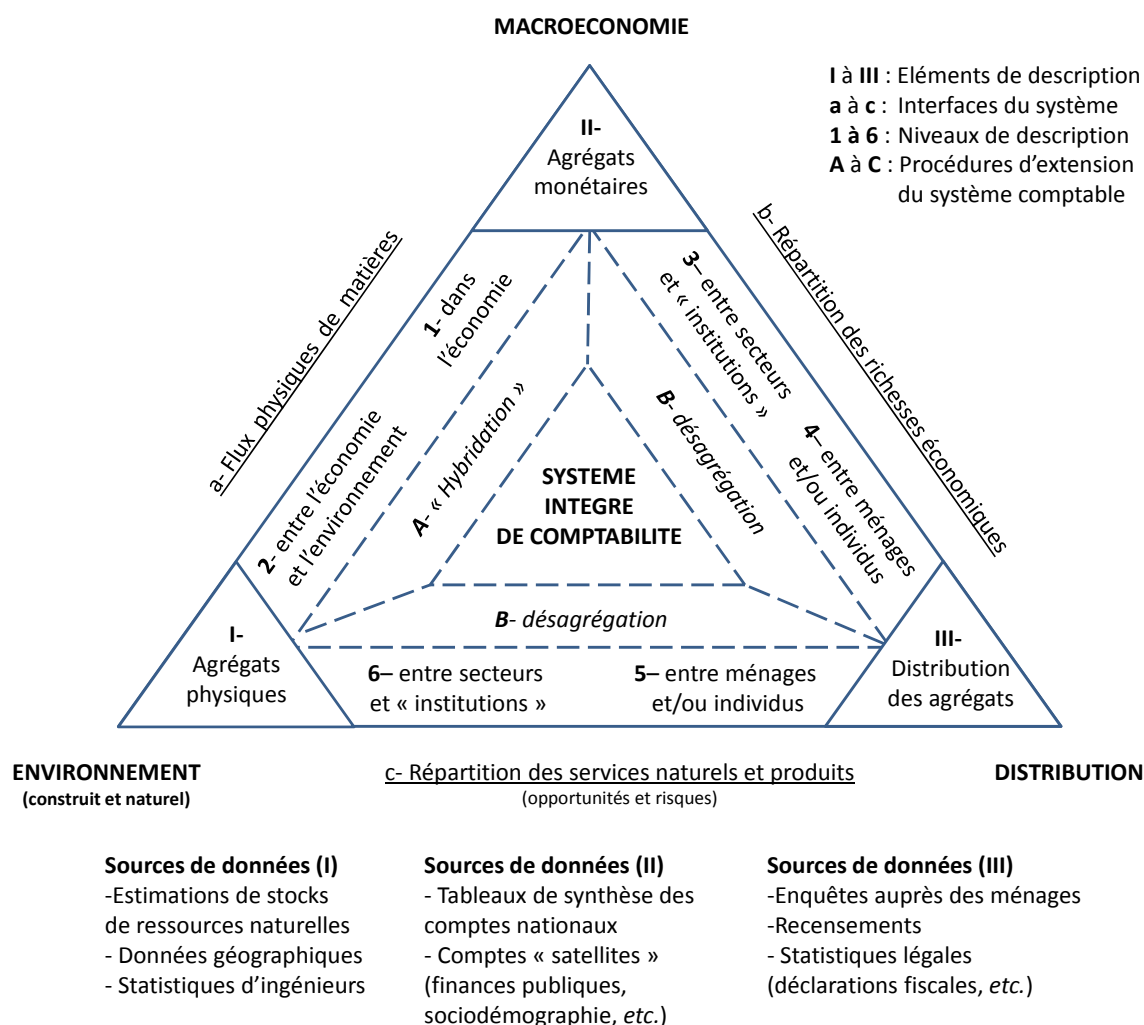


Figure 16 Un système de comptabilité intégrée macroéconomie-environnement-distribution

c. **L'interface environnement physique – distribution** pour décrire la distribution des coûts et des bénéfices associés à un environnement physique : la répartition des facteurs de bien-être non monétaires, comme l'accessibilité à la mobilité (infrastructures publiques et réseaux de transports collectifs), la distribution courante d'eau et d'énergie, la répartition des terres, des pollutions locales et des effets du climat, etc. Les descriptions comptables de telles conséquences distributives, pour différents modèles de développement, sont encore aujourd'hui très limitées. Elles sont pourtant nécessaires pour compléter le tableau des relations quantitatives sous-jacentes au concept de

⁵ Le Tableau Economique d'Ensemble (TEE) des comptes nationaux français distingue aujourd'hui 20 opérations de distribution et redistribution des revenus ; une description plus fine des transferts sociaux est effectuée dans le modèle IMACLIM-S.2.4 : on y distingue les transferts selon trois « risques » (chômage, retraite, autres).

développement durable⁶. L'hétérogénéité de l'environnement physique détermine aussi la répartition des opportunités et des risques futurs dans la population – *la distribution des « besoins essentiels »* – car l'évolution de la qualité de vie future est largement contrainte par les inerties et les capacités de résilience-régénération-mutation de l'environnement naturel et construit.

En pratique, pour intégrer l'information issue de sources de données complémentaires dans les tableaux de synthèse des comptes nationaux, il faut mettre en œuvre des procédures de recueil et de traitement de ces données. Des travaux ont été engagés pour développer certaines de ces procédures, mais dans le cadre de programmes de recherche distincts, pas de façon intégrée.

A. L'hybridation de la comptabilité des flux de matière - nous en avons souligné l'utilité - sert à produire un système comptable où sont harmonisées les données de flux physiques des bilans de matière⁷ avec les données de flux économiques correspondantes : les transactions monétaires associées aux échanges de matière et enregistrées dans les comptes nationaux. Nous avons vu que seules quelques tentatives de mise en œuvre de ces techniques d'hybridation ont jusqu'à présent été appliquées aux statistiques sur l'énergie, pour construire les modèles hybrides *bottom-up/top-down* de prospective énergie-climat qui servent à l'évaluation intégrée des politiques climatiques (Hourcade *et al.* 2006). Notons aussi que des travaux en cours visent à étendre ces techniques, en particulier au champ de l'agriculture en prenant les calories comme unité commune (Dorin, 2011)⁸.

B. La désagrégation du compte des ménages en catégories sociales a été réalisée pour analyser les effets de politiques macroéconomiques sur les inégalités et la pauvreté, plus particulièrement dans la littérature sur le développement (Bourguignon, 2008). Ces techniques permettent en outre de construire des modèles macroéconomique qui combinent les méthodes de modélisation macroéconomique et microéconomique. Les techniques les plus intégrées assurent la réconciliation des données monétaires et socioéconomiques issues des comptes nationaux, d'enquêtes de ménages ou de « comptes satellites » qui décrivent plus précisément un aspect particulier à l'échelle du territoire national (la démographie, les finances publiques, *etc.*).

C. L'articulation des données de stocks et de flux pour combiner d'une manière cohérente les données sur les stocks physiques naturels ou construits avec les données de flux entre le fonctionnement de l'économie et l'évolution de ces stocks (émissions de gaz à effets de serres, usage des sols, construction, infrastructures, *etc.*). Elles sont essentiellement mises en œuvre dans les modèles dynamiques d'évaluation intégrée (*integrated assessment models*) utilisés principalement pour mener des exercices de prospective énergétique et analyser l'effet de politiques d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques. D'autres travaux tentent d'articuler les stocks naturels

⁶ Les progrès dans cette dimension bénéficieraient beaucoup de collaborations interdisciplinaires, notamment entre économistes de l'environnement et géographes.

⁷ Les bilans de matières décrivent les sources d'approvisionnement et les différents usages d'une ressource matérielle (énergie, produits alimentaires, *etc.*) comptabilisée à l'aide d'une unité de mesure physique (tonnes équivalent pétrole, calories, *etc.*). Les bilans de matières sont équilibrés (les ressources servent à des usages).

⁸ Dans ces deux domaines, il existe des métriques qui facilitent l'agrégation des sous-catégories de produits : la tonne-équivalent-pétrole (TEP) permet, en se référant au contenu énergétique, d'agréger du fioul, de l'électricité, de l'essence, *etc.* ; il en va de même de la calorie utilisée pour agréger les denrées alimentaires. En raison de l'hétérogénéité économique et physique des autres ressources matérielles, il est difficile d'étendre cette procédure à d'autres domaines car les problèmes d'agrégation deviennent difficilement surmontables. Ainsi, une unité de masse ne suffit pas pour décrire la qualité d'agrégats composés de ciment, d'acier, d'aluminium, *etc.* Mais si la généralisation de cette procédure est hors d'atteinte, nous suggérerons en conclusion une piste prometteuse, à savoir la description spatiale au moyen d'une unité de distance (m²).

aux flux économiques en tenant compte de leur distribution spatiale (comme par exemple, pour évaluer les impacts économique d'une montée du niveau des océans ; cf. Hallegatte et al., 2011).

Au total, on constate qu'il existe, d'un côté, quelques modèles hybrides d'évaluation intégrée, mais ceux-ci retiennent l'hypothèse d'un ménage représentatif unique et ne décrivent pas l'hétérogénéité de la population ; et d'un autre côté, les modèles qui décrivent l'hétérogénéité des ménages ne décrivent aucune grandeur physique et sont peu adaptés à un usage prospectif.

Dans cette étude, nous avons développé conjointement les deux premières méthodes d'extension. Elles consistent toutes deux à rassembler beaucoup d'information quantitative provenant de sources diverses et de l'intégrer dans un tout cohérent, en produisant un nouveau système comptable. L'objectif était d'obtenir une description de l'économie française enrichie d'un contenu énergétique explicite et d'une distribution des richesses entre catégories de ménages distinguées, par exemple, par leur niveau de vie ou leur localisation.

1.2 *Le problème : écarts statistiques et mise en cohérence de sources diverses*

Les sources des données disponibles ne sont pas spontanément cohérentes, ce sont les méthodes d'hybridation et de désagrégation qui produisent cette cohérence au terme d'un certain nombre d'étapes de manipulation et de traitement de données. Que l'on se penche sur l'une ou l'autre de ces méthodes, le problème général est en fait identique⁹.

En pratique, il faut ***réconcilier des statistiques toujours partiellement incohérentes***. Les sources d'incohérence sont multiples : aux biais et erreurs de mesure s'ajoutent les nombreux traitements pour rassembler, extrapoler, harmoniser, consolider les sources primaires et construire des tableaux synthétiques. Comme le montrent les trois exemples suivants tirés de notre cas particulier, ces écarts statistiques ne sont pas négligeables et portent sur des informations très importantes pour l'analyse.

- ***Les écarts d'estimation de la valeur des flux d'énergie.*** Un écart persiste entre la valeur publiée dans les comptes nationaux et celle que l'on peut calculer à partir de sources spécialisées de statistiques énergétiques : le bilan de matière et les statistiques de prix. Dans le cas de la France, cet écart est sensible (Tableau 9) : la mise en regard des nomenclatures permet de l'évaluer pour 2004 ; cette valeur compte pour 142 milliards d'euros dans le TES de l'INSEE, contre 101 milliards lorsqu'elle est estimée à partir des statistiques de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE). Partir des comptes nationaux revient donc à augmenter le « poids économique » des flux de matière auxquels est associée l'externalité environnementale d'au moins 1,4 point¹⁰ par rapport à ce que l'on obtient à partir de l'information statistique produite par les spécialistes.

⁹ En pratique néanmoins, les cas particuliers se distinguent beaucoup : d'une étude à l'autre ou d'un pays à l'autre, les statistiques disponibles varient par leur qualité, le niveau d'agrégation, le type de flux de matières, etc. Une systématisation des procédures apparaît hors d'atteinte, mais une rationalisation de la méthode et une automatisation de certaines manipulations de base sont possibles et nous semblent très utiles pour la suite.

¹⁰ 1,8 points si l'on décide d'inclure la valeur de la branche de chimie minérale dans le champ des énergies fossiles (en raison des gaz industriels qu'elle coproduit et qui sont utilisés comme combustibles fossiles).

Au-delà des biais de mesure et d'agrégation, les différences de nomenclature expliquent l'ampleur de cet écart : *les productions des « branches énergies » de la comptabilité nationale se distinguent du circuit marchand des combustibles qui seront touchés par la taxe carbone*¹¹. Ces productions incluent les produits pétroliers raffinés, utilisés comme matières premières pour les travaux publics, l'industrie pétrochimique, etc., la production de glace et de vapeur d'eau, divers services de commerce, de transport et de distribution qui sont exportés pour eux-mêmes, sans être associés à un flux physique d'énergie. La grande majorité de ces productions ont une valeur ajoutée en proportion des coûts bien supérieure à celle des combustibles fossiles.

Agrégats d'énergies	Comptabilité nationale française (Tableau Entrées-Sorties, niveau 116 secteurs)		Statistiques énergétiques, AIE (bilan de matières et prix)	Ecart statistiques
	Branches énergétiques (nomenclature NES)	Valeurs 2004 (millions d'euros)	Factures énergétiques de 2004 calculées* (millions d'euros)	
Charbon	Houille, lignite et tourbe	1 965	1 558	26%
Pétrole brut	Hydrocarbures	26 875	17 234	56%
Produits pétroliers	Raffinés	92 974	67 454	38%
Gaz et chaleur	Combustibles gazeux, chaleur et air conditionné	20 229	15 230	33% (109%)
	<i>Chimie minérale</i>	(11 596)		
Energies fossiles, circuit marchand y. c. chimie minérale		142 043 (153 639)	101 476	40% (51%)
Poids dans la production des branches y. c. chimie minérale		4,8% (5,2%)	3,4%	1,4 points (1,8 pts)

* Les factures énergétiques sont calculées à partir des statistiques énergétiques publiées par l'AIE pour la France en 2004 (AIE, 2006 ; 2007). Les valeurs (millions d'euros) sont obtenues en multipliant les quantités de chaque produit énergétique (million de tonnes équivalent pétrole, bilan énergétique) par les prix moyen annuel de chacun de ces produits (euros par tonne équivalent pétrole, statistiques de prix des énergies).

Tableau 9 Valeur économique des flux d'énergies fossiles : écarts statistiques estimés

- **Les écarts d'estimation des émissions de CO₂.** L'attribution des responsabilités respectives des différentes activités économiques en termes de pression environnementale diffère selon qu'elle est estimée à partir des valeurs du TES ou à partir de statistiques énergétiques¹² (Tableau 10). L'estimation du total des émissions nationales par compilation et agrégation des sources élémentaires est plutôt bonne - elle permet de déduire un volume d'émission de CO₂ proche de celui

¹¹ En annexe, la Table I, page 339 détaillent le contenu précis en produits de ces agrégats. Il établit la comparaison du champ couvert par la nomenclature de la comptabilité nationale française avec celui qui importe pour évaluer la taxation du carbone et les émissions de CO₂.

¹² Dans le premier cas, les émissions de CO₂ sont attribuées aux différentes activités de production et aux consommations finales des ménages sans passer par les statistiques énergétiques (en quantités physiques). Cette technique associe à chaque euro d'achat énergétique une quantité d'émissions (cf. Moll et al., 2007 ; Miller et Blair, 2009). Dans le second cas, ce partage est obtenu uniquement à partir de statistiques énergétiques en unités physiques qui décrivent la répartition des produits selon les usages : par exemple, « la consommation des fiouls lourds et domestiques du secteur résidentiel et tertiaire par usage » (statistique du CEREN). Les sources de statistiques énergétiques utilisées sont résumées dans la Table G (page 336).

publié par le CITEPA¹³ - mais elle aboutit à une répartition des responsabilités différente entre la production et la consommation finale des ménages.

Éléments de description	Information déduites (agrégation des statistiques énergétiques)	Information disponibles* (publications spécialisées)	Écarts statistiques
Emissions totales (Méga tonnes de carbone)	109 107	111 904	-2,5%
Emissions de la production (des ménages)	67 846 (41 261)	76 095 (35 809)	-10,8% (+15,2%)
Emission du résidentiel (véhicules individuels)	16 (25)	17 (19)	-6,0% (34,8%)

* Source : compte NAMEA français (Pasquier, 2010), calculs du SOeS, à partir des données du CITEPA, champ de la comptabilité nationale (« Emissions de CO₂ et activités économiques. Tendances 1995-2006 et facteurs d'évolution (NAMEA-air/énergie) »)

Tableau 10 Attribution des émissions nationales de CO₂ : écarts statistiques estimés

La différence s'explique essentiellement par l'imprécision des statistiques disponibles sur le partage des émissions des consommations d'énergie dans les transports d'une part, et pour les usages résidentiels et tertiaires d'autre part (dans les bâtiments). L'estimation de ce partage à partir des statistiques énergétiques mène à attribuer une responsabilité plus importante aux ménages pour leurs usages résidentiels en comptabilisant au titre de leur statut de ménages des consommations effectuée au titre de « petites entreprises ».

- **Les écarts d'estimation des dépenses d'énergie des ménages.** Le Tableau 11 montre qu'il existe un écart important entre l'estimation publiée dans les comptes nationaux et celle que l'on peut calculer en agrégeant les données d'enquête sur les revenus et les dépenses des ménages. Pour la France en 2001, cet écart s'explique en partie par la façon dont sont construites les pondérations associées aux observations de l'enquête sur les ménages. Celles-ci ont été construites pour rendre l'échantillon représentatif essentiellement pour les valeurs agrégées de quelques variables sociodémographiques (la population, le nombre de ménages, etc.). On pourrait les modifier de façon à obtenir les agrégats de dépense d'énergie, mais cela perturberait les autres agrégats économiques.

¹³ Organisme officiel chargé de l'inventaire des émissions pour la France.

Achats d'énergie en 2001	Comptes nationaux	Enquêtes de ménages (après agrégation*)	Ecart statistique
Carburants, lubrifiants et Gaz de pétrole liquéfié	30 443	26 913	13,1%
Gaz et électricité	22 322	19 312	15,6%
Fioul	4 600	7 394	-37,8%

Unité : millions d'euros de 2001

Sources : série temporelle des dépenses de consommation effective des ménages par produits en euros courants depuis 1959 (INSEE, 2006b) et enquête *Budget de famille* de 2001.

* Sommes pondérées des montants de dépenses de 10 306 ménages observés. Les pondérations utilisées sont celles de l'enquête.

Tableau 11 Dépenses énergétiques des ménages : écarts statistiques estimés

Les trois exemples précédents montrent l'importance du choix des sources statistiques et des méthodes employées pour les réconcilier dans un cadre comptable unique et cohérent. Ces exemples n'ont pas été pris au hasard, ils portent sur des éléments de description cruciaux pour l'analyse empirique des effets d'un prix du carbone¹⁴. Au total, cet examen des données souligne que la qualité empirique des évaluations peut être améliorée par un recours plus systématique aux statistiques spécialisées, pour tenter de réduire l'incertitude sur les paramètres clefs de l'évaluation des politiques. Il apparaît également important d'étudier les implications des procédures mises en œuvre pour réconcilier des sources distinctes avec le système de comptabilité intégrée.

En général, *choisir ces procédures revient à choisir quelle(s) grandeur(s) modifier pour annuler les écarts statistiques de la manière la plus satisfaisante pour l'analyse*. Les méthodes se distinguent alors par la façon dont elles parviennent aux identités comptables (les relations quantitatives classiques) qui assurent la cohérence de la description (Encart 5) ; puisque ces statistiques ne sont pas spontanément compatibles, il faut au cours du processus en altérer certaines pour pouvoir en conserver d'autres. Ces choix méthodologiques sont en partie arbitraires, mais peuvent être justifiés à partir d'un principe de « bonne pratique » qui consiste d'une part, à recourir aux sources de données les plus pertinentes et d'autre part, à reporter les écarts statistiques sur les éléments de second ordre pour l'analyse ou à défaut, sur les grandeurs statistiques les plus incertaines (manquantes, non mesurables ou peu fiables).

L'enjeu est bien de produire une synthèse statistique qui préserve au maximum les informations quantitatives disponibles les plus pertinentes pour l'évaluation. Le fait de progresser en ce sens contribue à améliorer le contenu empirique et à réduire l'incertitude d'ensemble des analyses. Surtout si cette démarche s'accompagne de tests de sensibilité systématiques pour évaluer la robustesse des résultats aux incertitudes statistiques restantes. À l'inverse, les pratiques qui ne cadrent pas dans ce principe de bonne pratique risquent d'accroître l'incertitude car elles délaissent ou altèrent une information quantitative qui est disponible.

¹⁴ Nous donnons des éléments d'explication dans notre cahier des charges (chapitre 2, paragraphe 2.1, page 58) et des éléments de démonstration un peu plus loin, à partir d'un modèle d'évaluation simplifié (chapitre 5, section 2, pages 161-172).

Encart 5 : Identités comptables et choix des procédures de mise en cohérence

Les procédures d'hybridation et de désagrégation se distinguent par la façon dont elles parviennent au respect des identités comptables qui lient les grandeurs contenues dans le système de comptabilité intégrée. Ces identités assurent la cohérence de la description. Elles reposent sur les principes de base de comptabilité en partie double (conservation des grandeurs échangées), de physique (conservation de la matière), d'économie (relation quantités-prix-valeurs) et d'agrégation (le tout égal à la somme des parties).

La cohérence du système comptable construit pour cette étude repose sur les identités suivantes :

Cohérence de la description hybride des flux d'énergie

$$\begin{aligned} \forall i, \quad \sum_E Q_{i,E} &= \sum_R Q_{i,R} && \text{Equilibres Emplois-Ressources en quantités} \\ \forall i, \quad \sum_E V_{i,E} &= \sum_R V_{i,R} && \text{Equilibres Emplois-Ressources en valeurs} \\ \forall (i,o), \quad V_{i,o} &= P_{i,o} * Q_{i,o} && \text{Cohérence Quantités-Prix-Valeurs} \\ \forall (i,o), \quad CO2_{i,o} &= \varepsilon_{i,o} * Q_{i,o} && \text{Cohérence physique (conservation du carbone)} \end{aligned}$$

Cohérence de la description de l'hétérogénéité des ménages

$$\begin{aligned} \forall i, \quad \sum_h Q_{i,h} &= \overline{QH}_i && \text{Agrégation parfaite des consommations en volumes} \\ \forall o, \quad \sum_h V_{o,h} &= \overline{VH}_o && \text{Agrégation parfaite des revenus et des dépenses en valeurs} \\ \forall c, \quad \sum_h D_{c,h} &= \overline{DH}_c && \text{Agrégation parfaite des catégories sociodémographiques} \end{aligned}$$

Avec :

- i, agrégat de bien
- o, opération économique
- Q, ensemble des quantités (en unité physique, Mtep par exemple)
- V, ensemble des valeurs (en unité monétaire, M€)
- R, sous-ensemble d'opérations liées aux ressources (production, importation, déstockage...)
- E, sous-ensemble d'opérations liées aux emplois (consommation, investissement, export...)
- P, ensemble des prix moyens associés à chaque échange de biens
- CO₂, émissions de CO₂
- ε, coefficient d'émission
- D, ensemble des effectifs démographiques des classes (en nombre de personnes, unité de consommation etc.)
- $\overline{QH}_i, \overline{VH}_o, \overline{DH}_c$, ensemble des quantités consommées, valeurs et effectifs de la population totale

Pour choisir la façon de reconstituer ces identités à partir des statistiques disponibles, on ne peut faire l'économie d'une comparaison précise des sources à réconcilier (pour identifier les causes de gros écarts statistiques). Mais on peut néanmoins rationaliser ce choix en s'appliquant à distinguer si ces écarts sont dus :

- *aux mesures et aux traitements effectués en amont par les organismes statistiques.* Les élaborations du TES et du TEE notamment, demandent de nombreux traitements (cf. Braibant, 2006). Ces manipulations sont peut être pertinentes pour l'analyse macroéconomique classique, mais pas nécessairement pour évaluer une politique de développement durable.
- *au niveau d'agrégation des sources.* La valeur d'échange est égale à un prix multiplié par une quantité au niveau des opérations microéconomiques, mais il n'en est pas de même pour un niveau d'agrégation supérieur, sauf bien sûr dans les cas où des recensements sont effectués.

- *aux nomenclatures.* Selon les sources, des réalités différentes sont parfois associées à un même concept statistique. Nous avons illustré ce point en comparant la nomenclature de la comptabilité nationale et celle des statistiques énergétiques.

On peut alors comparer et évaluer la pertinence des procédures d'hybridation et de désagrégation en distinguant chacune d'elles selon :

1. *l'information statistique qu'elle mobilise* (les sources de données) et sa pertinence vis-à-vis de la problématique traitée (par exemple, les statistiques en unités physiques sont plus adaptées pour estimer des effets réels, les sources harmonisées pour effectuer des comparaisons internationales, etc.)
2. *l'information statistique qu'elle n'altère pas* : celle qui se retrouve intacte dans les tableaux finaux et qui correspond exactement aux statistiques des sources primaires. Il s'agit donc de « grandeurs fixes » sur lesquelles l'écart statistique n'est pas reporté. A des niveaux d'agrégation intermédiaire (multisectoriel, multiagents), l'information non altérée peut provenir soit d'un travail de désagrégation en partant de données macro (approche descendante), soit d'un travail d'agrégation de sources données (approche ascendante), soit d'une combinaison des deux.
3. *l'information qu'elle altère* et sur laquelle on choisit de reporter l'écart statistique. Pour un système donné, ceci revient à choisir un jeu de « grandeurs variables » et une règle pour répartir l'écart.

Ce sont ces considérations qui nous ont guidé, pour réaliser la procédure d'hybridation, vers une approche « ascendante » qui consiste à agréger les statistiques énergétiques, et pour la procédure de désagrégation, vers une approche « descendante » qui consiste à désagréger les données du compte national des ménages.

2 Interface économie-énergie : la méthode d'hybridation

Considérons d'abord le cas de l'hybridation des flux d'énergie et des émissions de CO₂ à l'échelle du territoire national. Après une revue critique de l'état des pratiques mises en œuvre pour construire les quelques modèles qui combinent des données monétaires et des données physiques, nous présentons la méthode d'hybridation appliquée aux statistiques françaises de 2004 et dans le cadre du développement d'IMACLIM-S.2.4.

2.1 État de l'art et enjeux

Comme nous l'avons souligné, il n'existe que quelques tentatives de modèles d'évaluation intégrée Énergie-Économie-Environnement construits sur une description duale des flux énergétiques en quantité physique et en valeur. Il s'agit essentiellement de modèles mondiaux : les principaux sont EPPA (Paltsev et al., 2005), GEMINI-E3 (Bernard et Vielle, 2008) et SGM¹⁵ (Fawcett et Sands, 2005). Ces modèles ont recours à trois bases de données différentes :

- **La base de données du *Global Trade Analysis Project*** (GTAP-E, pour énergie). Elle est produite grâce à une procédure qui altère les statistiques énergétiques (prix et quantités en unités physiques) lorsqu'elle les réconcilie avec les données macroéconomiques. L'erreur statistique est reportée sur les valeurs ajoutées des secteurs, sur le PIB et sur les quantités d'énergies

¹⁵ Récemment devenu le modèle Phoenix.

(McDougall et Lee, 2006). Sands et al. (2005) rapportent que pour la version GTAP 5.0, ces ajustements entraînent une division par deux de la valeur ajoutée du secteur électrique en Chine (1997) par rapport à la valeur rapportée dans les statistiques spécialisées, et une augmentation de près de 50% de la production de charbon en volume (première source d'énergie primaire)¹⁶.

- **La base de données modifiée du *Global Trade Analysis Project* (GTAP-EG)** a été élaborée pour préserver les quantités d'énergie et les statistiques de prix (Rutherford et Paltsev, 2000). Mais cette procédure modifie la valeur ajoutée des secteurs énergétiques par rapport aux statistiques macroéconomiques et reporte les écarts statistiques sur le niveau du PIB.

- **La base de données du *Second Generation Model* (SGM)** a été développée pour limiter les distorsions précédentes. Sa méthode de construction conserve les valeurs ajoutées des secteurs énergétiques et les quantités physiques. La cohérence des transactions monétaires (Valeurs = Prix x Quantités) est obtenue en déduisant un prix moyen par agrégat d'énergie à partir des valeurs enregistrées dans les comptes nationaux et des quantités des bilans énergétiques¹⁷.

Cette dernière façon de procéder réduit l'importance des biais. Elle est plutôt satisfaisante pour l'analyse des politiques climatiques à l'échelle mondiale, mais pour l'évaluation plus précise d'une politique domestique, cette méthode pose encore deux problèmes :

- Premièrement, ***elle masque l'hétérogénéité des tarifs d'achat*** auxquels font face les consommateurs (Tableau 12). Certes, la technique des prix homogènes de SGM rend compte des différences dues à la fiscalité (en particulier, la TVA déduite pour les secteurs productifs), mais elle gomme l'hétérogénéité des tarifs de base, qui est importante en raison de la diversité des contrats d'approvisionnement. Pour ne prendre que deux exemples, le tarif d'achat du kWh d'électricité par les ménages français en 2004 était 2,4 fois supérieur à celui de l'industrie et le tarif du fioul était, lui, supérieur de 12%¹⁸.

- Deuxièmement, si cette méthode n'altère pas les valeurs ajoutées des secteurs énergétiques, ***elle identifie la valeur des flux d'énergie à la valeur de production des « branches énergie »*** enregistrée dans le TES des comptes nationaux ; or nous avons vu précédemment que la différence peut être sensible (cf. Tableau 9, page 124). L'application de cette méthode augmente donc artificiellement les prix moyens des énergies qui sont calculés au cours du procédé. Pour l'étude de la fiscalité carbone en particulier, il importe de délimiter précisément l'assiette de la taxe : les produits énergétiques carbonés, utilisés comme combustibles, et qui transitent par des marchés encadrés.

¹⁶ Ceci s'explique par le fait que la base de données GTAP est développée en premier lieu pour l'analyse du commerce international ; les grandeurs fixées sont donc les données d'échanges bilatéraux d'énergies et l'écart statistique est reporté sur les grandeurs nationales.

¹⁷ Pour chaque secteur énergétique, le prix de production national est égal à la valeur de production hors taxes divisée par la quantité d'énergie produite.

¹⁸ Tarifs hors taxes tirés de l'AIE (2007), « *Energy Prices and Taxes, Issue 1. Quarterly Statistics, First Quarter* », pages 131-133.

Agrégats d'énergies	Techniques des prix homogènes* (base SGM)	Techniques des prix différenciés** (hybridation IMACLIM)		
		Producteurs (hors électricité)	Producteurs d'électricité	Ménages
Charbon	140,67	99,37	84,85	831,06
Pétrole brut	305,40	223,00	-	-
Produits pétroliers	766,37	557,42	383,09	1°028,90
Electricité	881,18	466,26	-	1°325,43
Gaz et chaleur	475,53	229,00	221,51	510,27

* La technique des prix homogènes consiste à calculer un prix moyen pour chaque énergie en divisant le total des valeurs dépenses domestiques (TES) par la quantité totale des consommations (bilan énergétique). Le calcul est effectué à partir des données modifiées du TES de l'INSEE et du bilan énergétique de l'AIE pour la France (cf. annexes, section II, page 329).

** La technique des prix hétérogènes consiste à calculer un prix moyen pour chaque groupe d'énergies en agrégeant les statistiques de prix des produits énergétiques élémentaires ; la méthodologie est précisée au paragraphe 2.4 page 136.

Tableau 12 Attribution des prix d'achat (en €2004 par TEP, toutes taxes comprises)

Les différences entre les trois procédés précédents et la méthode d'hybridation développée dans le cadre de cette étude¹⁹ sont synthétisées dans le Tableau 13. Cette dernière présente plusieurs avantages :

Premièrement, *l'hybridation n'altère ni l'information sur la taille de l'économie (le PIB), ni l'information sur les flux d'énergie* qui provient des statistiques nationales spécialisées (par exemple, les volumes, les valeurs et les prix d'achat des énergies). Pour cela aucune hypothèse d'homogénéité des tarifs n'est nécessaire, ce qui est important pour évaluer avec réalisme l'efficacité et l'incidence d'un prix du carbone²⁰.

Deuxièmement, *l'hybridation facilite la synthèse d'information quantitative issue de sources diverses*. La description du contenu matériel de l'économie s'en trouve enrichie et n'est pas altérée au cours du processus. Le passage d'un niveau d'agrégation à un autre est également facilité, car la description des flux physiques résulte d'une approche ascendante (par agrégation de données micro) ; le contenu précis de chacun des agrégats manipulés est donc connu. Ceci offre une grande flexibilité pour agréger ou désagréger le niveau de description en tenant compte de la singularité d'un pays ou d'une problématique ; ceci permet aussi de calculer des indicateurs plus tangibles pour les acteurs des débats publics (par exemple, le surcoût du litre de carburant qu'induit la réforme).

¹⁹ Et en collaboration avec Frédéric Gherzi et Julien Lefèvre.

²⁰ Cette diversité est particulièrement importante en ce qui concerne les prix de l'électricité et du gaz naturel, en partie administrés ; les prix du fioul varient également beaucoup en fonction de la fréquence et des volumes d'approvisionnement, du fait d'une distribution souvent contractualisée.

Bases de données	Données sources (valeurs / quantités)	Grandeurs fixes	Grandeurs variables	Éléments des statistiques nationales altérés
GTAP-E	Internationales* (GTAP / AIE)	Aucune	PIB, quantités, valeurs ajoutées, et prix des énergies	Grandeurs énergétiques et macroéconomiques
GTAP-EG	Internationales (GTAP / AIE)	Quantités et prix des énergies	Valeurs ajoutées des énergies et PIB	Grandeurs énergétiques et macroéconomiques
SGM	Nationales ou internationales	Quantités et valeurs ajoutées des énergies	Prix des biens énergétiques	Prix des énergies, coefficients techniques (input-output)
IMACLIM** Hybridation	Nationales ou internationales	Quantités, valeurs et prix des énergies	Valeurs des secteurs non énergétiques	Nomenclature énergétique des comptes nationaux

* Sources statistiques harmonisées pour permettre les comparaisons internationales (ces sources sont produites à partir de statistiques nationales mais subissent ensuite un ensemble de traitements, ici par l'AIE et par GTAP).

** Il s'agit pour l'instant de la version nationale d'IMACLIM, des travaux sont en cours pour étendre cette méthodologie aux versions mondiales et au traitement des flux bilatéraux d'échange d'énergie.

Tableau 13 Une comparaison des méthodes de réconciliation des données énergétiques avec les données de la comptabilité nationale

2.2 Représentation comptable des flux d'énergie en volume et en valeur

Dans la tradition des modèles d'équilibre général calculable, les flux économiques sont décrits dans une unique *matrice carrée de comptabilité sociale (SAM)*²¹. Pour construire IMACLIM, nous avons plutôt retenu le mode de représentation des comptes nationaux français, qui sépare la description des flux monétaires associés aux échanges de biens et services (dans le Tableau Entrées-Sorties, TES) de celle des flux liés aux échanges et à l'usage des revenus (dans le Tableau Economique d'Ensemble, TEE). En réalité, cela ne change pas grand-chose puisque les données de base sont identiques. Mais en pratique, on limite ainsi les confusions à propos des concepts comptables et il s'avère plus facile d'intégrer au fur et à mesure les développements des statisticiens²².

Le tableau entrées-sorties (TES)

Puisque le TES décrit les flux de produits (et donc l'énergie), c'est lui qu'on souhaite hybrider. Il synthétise l'équilibre ressources-emplois pour chaque agrégat de biens et services (produits), ce qui se traduit par l'égalité des sommes des lignes et des colonnes correspondantes (Figure 17). Du côté des ressources (en colonnes), la valeur de la production est composée de celle des consommations intermédiaires - la valeur des biens incorporés dans des produits plus élaborés - et de celle des composantes de la valeur ajoutée (rémunération des salariés, excédent d'exploitation,

²¹ Le terme de *Social Accounting Matrix* apparaît avec les travaux Stone et Brown (1962). Il donne parfois l'impression que l'on parle d'autre chose que de comptes nationaux. Le terme *social accounting* correspond bien au terme *national accounting* et on peut toujours mettre sous la forme d'une unique matrice les tableaux de synthèse des comptes nationaux (Vanoli, 2002, pages 217-221). Ces différences lexicales reflètent le peu de relations entre les deux professions (comptables nationaux et économistes modélisateurs). Pyatt et Round (1985) et Reinert et Roland-Holst (1997) présentent les principes des SAM et leur utilisation pour calibrer des modèles d'équilibre général calculable.

²² Une autre raison importante pour l'avenir est que cela peut contribuer à faciliter les collaborations avec les statisticiens. Etant donné le caractère vaste et complexe du domaine de l'économie du développement durable, l'effort de dialogue interdisciplinaire est nécessaire.

etc.). Elle s'ajoute à la valeur des importations et à celles des impôts sur les produits pour former la valeur totale des ressources aux prix d'acquisition. Du côté des emplois (lignes), les biens servent aux consommations intermédiaires pour la production, à la consommation finale et à l'accumulation (la formation brute de capital fixe) des secteurs institutionnels (les ménages, les sociétés et les administrations publiques) et pour finir, aux exports.

		Produits*			Usages finaux			Total emplois
		Composite	Energie primaire	Energie finale	Conso. finale	FBCF	Exports	
Produits	Composite	1 410	-	17	1 270	321	419	3 437
	Energie primaire	-	-	17	-	-	-	17
	Energie finale	35	-	11	65	-	7	118
Valeur ajoutée		1 470	-	18				
Total production		2 915	-	63				
Imports		391	17	16				
Impôts sur produits		131	-	39				
Total ressources		3 437	17	118				

Unité : milliards d'euros de 2004

*Pour l'illustration nous avons agrégé les carburants (usage transport) et l'énergie pour les usages résidentiels-tertiaires dans un agrégat d'énergie finale.

Figure 17 Tableau Entrées-Sorties simplifié (TES) – Flux de produits en unité monétaire

Le tableau utilisé pour le calibrage du modèle est obtenu au terme de quelques manipulations qui sont apportées au TES publié par l'INSEE (2004a). Outre les modifications que nous allons détailler, car elles résultent de la procédure d'hybridation, nous avons agrégé/désagrégé certaines opérations économiques pour atteindre le niveau de description souhaité²³ ; par ailleurs, quelques ajustements mineurs ont été effectués pour aboutir à un *TES totalement symétrique et sans stocks*²⁴. L'ensemble de ces étapes, qui permettent d'aboutir au TES en valeur au format d'IMACLIM-S.2.4 en partant du TES publié par l'INSEE, sont décrites plus précisément en annexe (cf. Table J, page 338).

Les tableaux de flux physiques de matière

En se basant sur le mode de représentation du TES, la procédure d'hybridation vise à produire des tableaux qui décrivent les volumes d'énergie échangés et les quantités de CO₂ émises²⁵. Ces

²³ Dans la version IMACLIM-S.2.4, le niveau d'agrégation sectoriel est élevé (4 secteurs-produits), mais la valeur ajoutée et les prélèvements obligatoires ont été désagrégés pour enrichir la description de la distribution des revenus et du système de prélèvements obligatoires : deux dimensions importantes pour notre problématique. Les étapes de désagrégation mobilisent des sources de données tirées d'autres tableaux plus détaillés que nous listons en annexe (cf. Table G, page 336).

²⁴ La symétrie du TES est obtenue lorsque la description de la production (en colonne) s'appuie sur des unités de production qui exercent une seule activité de production (« logique secteur-produit ») et non pas une production majoritaire et des productions minoritaires (« logique de branche ») comme dans les TES publiés. Les comptes nationaux français réalisent l'étape consistant à passer d'une « logique de secteur », où chaque unité combine plusieurs productions majoritaires, à une logique de branche. Nous avons simplement ajusté à la marge les niveaux de production des branches pour annuler les variations de stocks et les productions secondaires des branches (« produits fatals »).

²⁵ Notons qu'au terme de la procédure d'hybridation les deux tableaux sont cohérents au plan physique, c'est-à-dire que les volumes d'émission de CO₂ sont obtenus en multipliant les quantités d'énergies (Mtep) par les coefficients d'émissions (CO₂/Mtep) retenus par l'ADEME et associés à chaque « qualité » de produit énergétique. Les données énergétiques pour la France proviennent des statistiques publiées par l'AIE, l'Observatoire de l'Énergie, le Comité Professionnel du Pétrole, l'Agence

tableaux sont construits au même niveau d'agrégation et en respectant la même nomenclature (Figure 18). Ils synthétisent d'une part l'équilibre ressources-emplois en unité physique pour chacune des ressources matérielles décrites, et d'autre part, les flux de matière entre l'économie et l'environnement physique (ici, les émissions de CO₂ vers le « réservoir atmosphérique »).

	Produits*			Usages finaux		Total emplois
	Composite	Pétrole brut	Energies finales	Conso. finale	Exports	
Energie primaire	-	-	77	-	-	77
Energie finale	79	-	34	68	32	213

Production		-	130
Imports		77	83
Total ressources		77	213

Unité : méga tonnes équivalent pétrole (Mtep).

*Pour l'illustration nous avons agrégé les carburants (usage transport) et l'énergie pour les usages résidentiels-tertiaires (électricité, fioul, gaz...) dans un agrégat d'énergie finale.

Remarque : Les tableaux complets d'IMACLIM-S.2.4 pour 2004 et projetés à 2020 sont placés en annexe (section II.3, page 339).

Figure 18 Tableau simplifié des flux d'énergie – Flux de matière en unité physique

	Produits*			Usages finaux		Total émissions
	Composite	Energies primaires	Energies finales	Conso. finale	Exports	
Energie primaire	-	-	12	-	-	12
Energie finale	160	-	88	152	-	400
						411

Unité : méga tonnes de CO₂ (MtCO₂).

*Pour l'illustration nous avons agrégé les carburants (usage transport) et l'énergie pour les usages résidentiels-tertiaires dans un agrégat d'énergie finale.

Remarque : Les tableaux complets d'IMACLIM-S.2.4 pour 2004 et projetés à 2020 sont placés en annexe (section II.3, page 339).

Figure 19 Tableau simplifié des émissions nationales de CO₂ – Flux de matière en unité physique

Le tableau des prix d'achat des énergies

Une fois la procédure d'hybridation accomplie, les valeurs d'énergie dans le TES en valeur d'IMACLIM-S.2.4 sont égales à celles qu'on obtient en effectuant le produit de la matrice en unités physiques par la matrice des prix d'achat moyens (Figure 20). Cette dernière décrit les prix d'achat des agrégats de produits énergétiques selon les usages et au niveau d'agrégation retenu.

	Produits*			Usages finaux	
	Composite	Energies primaires	Energies finales	Conso. finale	Exports
Energie primaire	-	-	221	-	-
Energie finale	443	-	324	956	219
Imports		221	193		

Unité : euros par tonne équivalent pétrole (€/Mtep).

*Pour l'illustration nous avons agrégé les carburants (usage transport) et l'énergie pour les usages résidentiels-tertiaires dans un agrégat d'énergie finale.

Figure 20 Tableau simplifié des prix des agrégats de produits énergétiques – Prix moyens par unité de volume (€/TEP) et distingués selon les usages

On remarquera que ce système comptable décrit des coefficients et des prix d'émission moyens, *annualisés* et *agrégés*, qui ne sont pas directement observables. Par exemple, les prix masquent une diversité de tarifs énergétiques qui varient annuellement et qui diffèrent selon les produits qui composent les agrégats énergétiques d'IMACLIM-S.2.4. Nous préciserons plus loin comment nous approximations ces valeurs pour obtenir des ordres de grandeur raisonnable²⁶.

2.3 La procédure d'hybridation

Une fois que le travail de recueil des données et de mise en correspondance des nomenclatures est effectué (la principale difficulté), la procédure est dans son principe très simple et peut être appliquée à l'hybridation d'autres flux de matière. Elle comprend trois étapes (Figure 21).

- (1) La première étape consiste à produire, à partir des statistiques spécialisées, les tableaux au format entrées-sorties qui résument l'information quantitative disponible sur les flux de matière/énergie. Dans notre cas particulier, il s'agit des trois tableaux précédents, les deux premiers en volumes (Mtep et MtCO₂) et le troisième en prix (€/Mtep)²⁷.
- (2) La seconde étape consiste à reconstituer le tableau qui donne les montants des « factures énergétiques » au même niveau de description (en euros). Il est obtenu en effectuant le produit terme à terme des tableaux en volumes et en prix des énergies.
- (3) La troisième étape permet d'incorporer cette matrice en valeurs dans le système de comptabilité nationale sans la modifier et en conservant la valeur ajoutée totale de la production intérieure. Ce résultat est obtenu en réarrangeant la nomenclature du TES de l'INSEE.

²⁶ Nous recourons aux données de prix, déjà annualisées, publiées par l'Agence Internationale de l'Énergie (*Energy Prices and Taxes*, AIE 2007, pages 349-358) et des facteurs d'émission français des combustibles publiés par l'ADEME. Nous convertissons les prix en €/TEP pour 2004 en utilisant le taux de change moyen de 0,805 (AEI, 2007, page 326). Les facteurs d'émission de l'ADEME sont exprimés en kgCO₂/GJ. En complément, diverses sources nationales servent à évaluer les prix d'achat manquants.

²⁷ Cf. *supra* Figure 18 et Figure 19 page 133, et Figure 20.

Au terme de la procédure, *la différence entre les valeurs des « factures énergétiques » estimées à partir des statistiques spécialisées et celles des « branches énergies » des comptes nationaux est conservée, mais elle est reportée en dehors de la description des flux d'énergie (sur le composite)*. Dans notre cas d'application, cette différence est ensuite attribuée au secteur de production de biens et services non énergétiques (le bien composite)²⁸. Par conséquent, comme annoncé, la mesure de la richesse économique (PIB) n'est pas altérée, tout comme l'ensemble des informations issues des statistiques énergétiques (y compris l'hétérogénéité des tarifs d'achat).

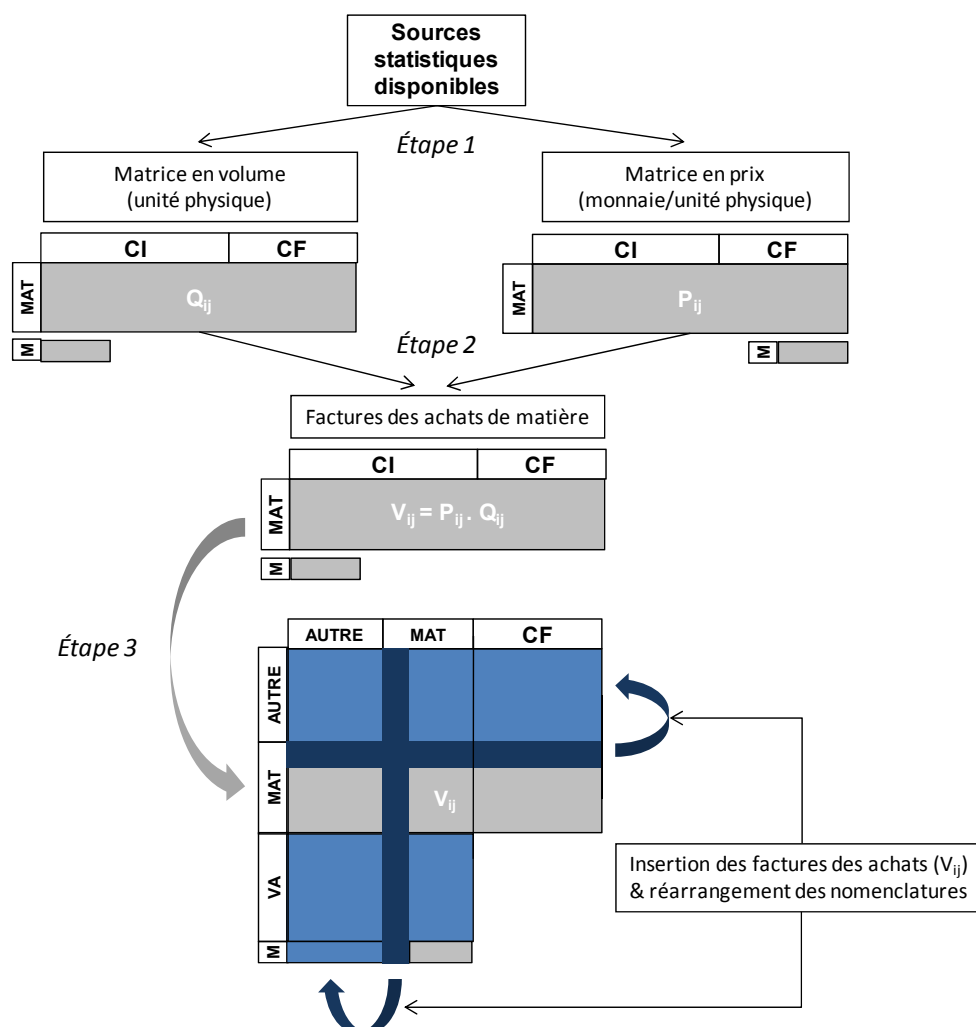


Figure 21 Vue d'ensemble de la procédure d'hybridation

²⁸ La différence de valeurs est en général positive car la « réalité » couverte par les productions des branches énergies dans la nomenclature du TES est plus vaste que les produits énergétiques au sens strict ; ces productions comprennent les produits à usages non énergétiques et des services associés (de distribution, de stockage, etc.) qui ont une valeur ajoutée élevée (cf. Tableau 9, page 124).

2.4 Étapes 1 et 2 : l'élaboration des matrices entrées-sorties en unités physiques

Comme les tableaux entrées-sorties de flux physiques et de prix ne sont pas produits par les organismes statistiques, il nous faut les construire en partant de sources statistiques plus ou moins complètes et précises. Néanmoins, pour l'énergie, on dispose de bilans consolidés qui sont publiés annuellement par la plupart des organismes statistiques nationaux. Ces bilans mettent en regard les approvisionnements et les usages par types de produits énergétiques (Figure 22). Par ailleurs, l'Agence Internationale de L'Énergie (AIE) effectue un travail de recueil et publie des bilans harmonisés pour un grand nombre de pays²⁹.

APPROVISIONNEMENT ET DEMANDE	A- Pétrole brut*	B- Autres énergies marchandes*	C- Energies non marchandes*	Total
1- Production	-	55	10	65
2- Imports	87	88	-	176
3- Exports	-	-29	-	-29
4- Soutes maritimes	-	-3	-	-3
Total de l'offre d'énergie primaire	87	111	10	209
5- Transformations	-87	83	-	-5
6- Autoconsommations et pertes**		-5	-	-5
7- Autres transformations (feedstocks)		2	-	2
Total des consommations finales	-	191	10	201
9- Transports routiers	-	52	1	53
10- Résidentiel-tertiaire (bâtiments)	-	77		77
11- Autres secteurs***	-	47	9	56
12- Usages non énergétiques****	-	15	-	15

Unité : Millions de tonnes équivalent pétrole (MTEP).

Remarques : ce bilan correspond à celui publié par l'AIE pour la France (AIE, 2006) Ce dernier a néanmoins été légèrement modifié pour corriger en particulier le rendement du raffinage manifestement erroné dans le bilan AIE (la consommation de pétrole y est inférieure à la production de produits raffinés). La correction a été faite à l'aide du bilan produit par l'Observatoire de l'énergie français pour 2004.

*Pour l'illustration nous avons agrégé le charbon, l'électricité, les produits pétroliers raffinés et le gaz dans un agrégat d'« autres énergies marchandes » et la biomasse et les déchets utilisés directement comme combustibles sont rassemblés dans un agrégat d'« énergies non marchandes ». Le premier de ces agrégats correspond à l'agrégat d'énergies finales dans les matrices entrées-sorties (cf. Figure 18, page 133).

** Les autoconsommations et pertes incluent « les consommations d'énergie primaire et secondaire des industries de transformation pour le chauffage, le pompage, la traction et l'éclairage » et « les pertes dans la distribution du gaz ainsi que les pertes dans le transport de l'électricité et du charbon » (AIE, 2006, page 1.39).

*** Les autres consommations comprennent celles des secteurs de transports non routiers, industrie, agriculture/sylviculture/pêche, commerce et services publics.

**** Les usages non énergétiques comprennent « les combustibles utilisés comme matières premières dans les différents secteurs et qui ne sont pas consommés comme combustible ou transformés en un autre combustible » (AIE, 2006, p page 1.40).

Figure 22 Structure simplifiée d'un bilan énergétique de l'AIE

²⁹ Cf. AIE, « Energy balances for OCDE countries » et « Energy balances for non OCDE countries ».

Le bilan précise la production domestique et les échanges internationaux (ligne 1-4), les opérations de transformation d'énergies primaires en énergies finales par les filières énergétiques (dans ce bilan simplifié et très agrégé, seul le raffinage est apparent – ligne 5) et la répartition de la consommation des énergies transformées entre les différents usages (lignes 9-12). Le passage au format du tableau entrées-sorties n'est pas immédiat, des grandeurs doivent être écartées, d'autres détaillées et le tout doit être réarrangé. En général, il existe deux difficultés principales.

- ***Il faut d'abord distinguer les consommations intermédiaires des secteurs productifs et les consommations finales des ménages.*** Le bilan ne précise pas la finalité des usages en termes d'« activités économiques », c'est-à-dire si elles servent à la production d'autres biens et services, ou à la production de services énergétiques par les ménages eux-mêmes : pour leur mobilité, leur chauffage, leur alimentation *etc.* Le problème de ce partage, nous l'avons déjà évoqué, se pose spécialement à deux niveaux : à l'endroit de la répartition des volumes de carburant pour le transport routier (ligne 9 du bilan) et au niveau de la distinction des volumes d'énergie utilisée dans les bâtiments (usages résidentiels et tertiaires - ligne 10). Pour décrire ce partage, il est nécessaire de recourir à d'autres sources d'information.

- ***Il faut ensuite distinguer les produits qui forment l'assiette de la taxe carbone ainsi que leurs principaux substituts.*** Il s'agit de l'électricité et des produits combustibles qui transitent par le circuit marchand. Les éléments du bilan qui ne correspondent pas à ce champ doivent être écartés, ce qui est le cas, par exemple, des usages non énergétiques et des combustibles non marchands (comme les combustibles renouvelables et les déchets).

En pratique, cette première étape de construction des matrices en volumes et en prix s'appuie sur une mise en correspondance précise des nomenclatures (celle des statistiques énergétiques et celle des matrices entrées-sorties d'IMACLIM-S.2.4). On procède en trois temps (Figure 23).

Temps 1 : la délimitation du champ statistique revient en pratique à supprimer les colonnes et les lignes du bilan qui correspondent aux produits et aux usages qui sortent du champ de l'analyse, le tout sans perturber la cohérence emplois-ressources, ni fausser la description du rendement des procédés de transformation d'énergie. Pour IMACLIM-S.2.4, le retrait des combustibles renouvelables et des déchets ne pose pas de problème car il s'agit d'un circuit de production d'énergie relativement isolé³⁰. Par contre, la suppression des usages non-énergétiques demande une diminution cohérente des ressources (-11% des intrants du raffinage et -4% de l'approvisionnement en gaz naturel)³¹. Le Tableau 14 montre comment les quantités du bilan de la Figure 22 sont modifiées de façon à maintenir les égalités entre les disponibilités et les usages, et sans modifier le rendement du raffinage.

³⁰ L'électricité marchande issue de la combustion des déchets est simplement ajoutée à la production domestique d'électricité.

³¹ Nous avons également dû procéder à deux corrections du bilan de l'AIE de 2004 : *i*) une correction du rendement du raffinage - manifestement erroné car la quantité d'*output* y est supérieure à celle des *inputs* (91,28 contre 89,09 MTEP) – en ajustant une quantité d'*outputs* de manière à reproduire le rendement enregistré dans les statistiques nationales (0,94% selon l'observatoire français de l'énergie) ; *ii*) une correction des quantités de produits raffinés importées, exportées et servant à l'avitaillement des soutes maritimes, trop éloignées de celles données par les mêmes sources nationales. Ces corrections effectuées, l'équilibre du bilan des produits raffinés a été rétabli en réduisant proportionnellement les postes d'usages finaux de 7%.

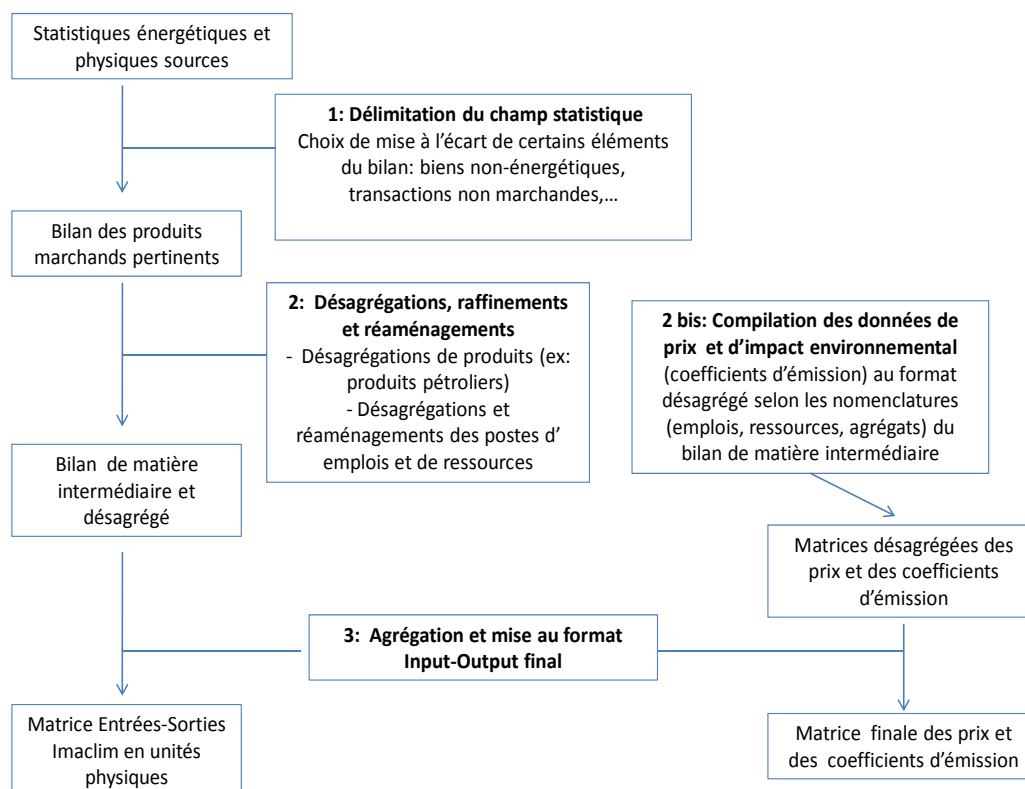


Figure 23 Procédure d'élaboration des matrices entrées-sorties en unités physiques et prix

	Cases du bilan*	Champ complet	Champ délimité
Usages énergétiques	L 9 à 11 - C A	176	176
Usages non énergétiques	L 12 - C B	15	0
Ressources Imports	L 2 - C B	88	83**
Ressources Raffinage	L 5 - C B	83	73**
Ressources pétrole brut (importations)	L 2 - C A	87	77
Usage de pétrole brut (intrant raffinage)	L 5 - C A	87	77
Rendement du raffinage	L 5 - (C B / C A)	83/87 = 95%	73/77 = 95%

* L : lignes ; C : colonnes du bilan Figure 22, page 136.

** A titre d'illustration, l'ajustement des ressources est obtenu en utilisant le ratio importations/raffinage pour les produits raffinés (environ de 2/3). En effet, les usages non énergétiques correspondent essentiellement à des produits pétroliers raffinés. On obtient cet ajustement en considérant que l'origine en ressources (importation / raffinage) est la même quelle que soit la finalité de la consommation des produits (énergétique ou non énergétique).

Tableau 14 Suppression des usages non-énergétiques, principe d'ajustement des emplois et des ressources

Temps 2 : la désagrégation de la description de certains produits ou usages nécessite des sources statistiques complémentaires pour renseigner la découpe des quantités du bilan ; à défaut d'information, des hypothèses de travail doivent être formulées. Dans notre exemple, étant donné la

description dans IMACLIM-S.2.4 nous souhaitons distinguer les carburants utilisés pour le transport des autres produits raffinés destinés aux usages résidentiels et tertiaires. La désagrégation du bilan des produits raffinés mobilise donc une information plus précise sur les détails des usages qui provient de nombreuses sources complémentaires (*cf.* Table G, page 333).

APPROVISIONNEMENT ET DEMANDE	A- Pétrole brut*	B- Autres énergies marchandes*	Total
1- Production	-	55	55
2- Imports	77	83	160
3- Exports	-	-29	-29
4- Soutes maritimes	-	-3	-3
Total de l'offre d'énergie primaire	77	106	183
5- Transformations	-77	73	-4
6- Autoconsommations et pertes**		-5	-5
7- Autres transfo. (feedstocks)		2	2
Total des consommations finales	-	176	176
9a- Transports routiers (ménages)	-	23	23
9b- Transports routiers (secteurs)		29	29
10a- Bâtiments résidentiels (ménages)	-	38	38
10b- Bâtiments tertiaires (secteurs)		39	39
11- Autres secteurs***	-	47	47

Unité : Millions de tonnes équivalent pétrole (MTEP).

* 44% des carburants et environs 50% des énergies des bâtiments sont utilisés dans une finalité productive. Ces coefficients de partage ont été estimés à partir des statistiques spécifiques ou de données d'enquêtes sur la répartition des consommations d'énergie par produit et par usage (*cf.* Table G333Table J338).

Figure 24 Bilan énergétique délimité et désagrégé

Temps 3 : l'agrégation et le passage au format entrées-sorties. Certaines grandeurs élémentaires du bilan ainsi délimité et désagrégé doivent pour finir être agrégées et affectées selon la nomenclature de la matrice entrées-sorties finale. Pour alléger l'illustration de la méthode, nous avons déjà simplifié les bilans en les présentant d'emblée au niveau d'agrégation des produits énergétiques de la matrice entrées-sorties. Par contre, il reste à effectuer l'agrégation des lignes. Par exemple, pour IMACLIM-S.2.4, nous ne souhaitons pas distinguer les consommations intermédiaires d'énergie du tertiaire de celles des autres secteurs. Par ailleurs, il faut préciser où affecter les pertes et les autoconsommations, les soutes maritimes, les retours de produits raffinés usagés (*feedstocks*), *etc.*³² Nous présentons dans l'Encart 6 les manipulations et les raisonnements qui peuvent aider à généraliser la méthode et automatiser une partie des temps 1, 2 et 3.

³² On vérifiera aisément que l'on obtient la matrice finale de la Figure 18, page 133, à partir du bilan délimité et désagrégé, pour la colonne A (pétrole brut), en affectant simplement les volumes servant d'intrant au raffinage à la consommation du secteur de production d'énergie finale ; pour la colonne B (autres produits énergétiques marchands), en effectuant la somme, d'une part, des lignes de consommations des secteurs productifs, d'autoconsommations et de pertes (Consommations Intermédiaires = L9 + L10

Encart 6 : Manipulations de désagrégation, d'agrégation et de passage au format entrées-sorties final

Les traitements des données énergétiques sont nombreux, mais ils n'engagent que deux jeux d'opérations élémentaires : des désagrégations et des agrégations. Le passage au format entrées-sorties nécessite de préciser comment affecter les données du bilan aux cellules du tableau final. Dans le détail, ces manipulations varient dans chaque cas d'application (structure du modèle, données disponibles *etc.*). Néanmoins, certaines opérations de base peuvent être automatisées pour alléger le travail de re-calibrage sur un nouveau jeu de données, de construction d'un nouveau modèle et d'intégration de nouvelles données.

Désagrégations

Les désagrégations servent à raffiner la description du bilan de matière initial en recourant à de l'information complémentaire (par exemple, sur la répartition des usages finaux d'une énergie entre consommation intermédiaire et consommation finale ; ou encore pour distinguer l'essence du fioul dans les produits pétroliers raffinés). À défaut d'information statistique, un jeu d'hypothèses de travail est nécessaire. On obtient ainsi des « clefs de répartition »³³ qu'on peut utiliser pour désagréger les quantités du bilan initial de chaque agrégat de matière j . On peut rassembler ces clefs dans des matrices de désagrégation où chaque ligne correspond à un élément du premier bilan et chaque colonne à un élément du second. La somme en ligne des valeurs des coefficients de partage est égale à 1. On obtient alors le bilan désagrégé qui décrit de nouveaux sous-produits et qui raffine la description des approvisionnements et des usages par simple produit matriciel.

$$\begin{matrix} & j \\ & \left(\begin{array}{c} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{c} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{array} \right) \end{matrix} \times \begin{matrix} & k_1 \dots k_m \\ & \left(\begin{array}{c} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{c} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{array} \right) \end{matrix} \xrightarrow{\text{Désagrégation}} \begin{matrix} & k_1 \dots k_m \\ & \left(\begin{array}{c} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{c} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{array} \right) \end{matrix}$$

BILAN énergie j Matrice de désagrégation énergie j BILAN DESAGREGE énergie j

Mise au format entrées-sorties et agrégation

De la même façon, les matrices de passage mettent en correspondance chacune des cases des bilans désagrégés avec les cellules du tableau entrées-sorties selon le niveau d'agrégation des secteurs et des consommateurs finaux. Chaque ligne de la matrice de passage correspond à un élément du bilan désagrégé de l'énergie j et chaque colonne à une case du tableau entrées-sorties ; chaque ligne désigne la destination d'affectation de la valeur (par un 1 et des 0). On obtient ainsi un tableau pour le produit énergétique j .

$$\begin{matrix} & k_1 \dots k_m \\ & \left(\begin{array}{c} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{c} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{array} \right) \end{matrix} \times \begin{matrix} & k_1 \dots k_m \\ & \left(\begin{array}{c} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{c} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{array} \right) \end{matrix} \xrightarrow[\text{Agrégation}]{\text{Mise au format}} \begin{matrix} & \text{CI} & \text{CF} \\ \text{MAT} & \text{Tableau entrées-sorties} & \\ & \text{énergie } j & \\ \text{M} & & \end{matrix}$$

BILAN DESAGREGE énergie j Matrice de passage énergie j Tableau entrées-sorties énergie j

Le tableau entrées-sorties final, au niveau d'agrégation en produits souhaité, est ensuite obtenu en sommant terme à terme les matrices entrées-sorties de chaque sous-produits (agrégation des produits).

La construction des matrices de désagrégation et de passage constitue le gros du travail qui ne peut être automatisé. En dehors du recueil des statistiques complémentaires et de la mise en correspondance des

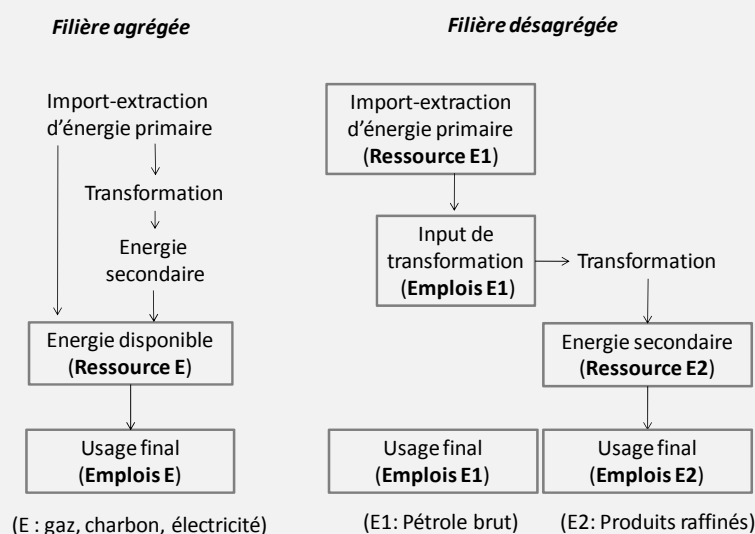
+ L11 - L5), d'autre part, des lignes de production et de transformation (Production = L1 + L5 + L7), et enfin, des lignes d'exports et de soutes maritimes (Exportations = - L3 - L5). Notons que les soutes maritimes sont, dans cet exemple simplifié, totalement traitées comme des exportations. Dans le modèle complet, nous distinguons la part qui correspond à des exportations de celle qui correspond à des consommations domestiques ; selon l'annuaire du pétrole (CPDP, 2005), l'avitaillement des pavillons français ne représente que 15% en volume de l'avitaillement total des soutes internationales.

³³ Une clef de répartition donne les proportions des éléments qui composent un agrégat (les coefficients de partage). Si une grandeur A est composée de 30% de A1 et de 50% de A2 et de 20% de A3, le vecteur (0,3 ; 0,5 ; 0,2) est une clef de répartition de A.

nomenclatures, il est nécessaire de procéder à un certain nombre d'arbitrages pour affecter les grandeurs du bilan aux cellules du tableau. En général, les principales difficultés concernent les choix suivants :

i) **Comment attribuer des usages énergétiques finaux.** Lorsque les enquêtes sur les consommations par usage font défaut (par exemple, « la consommation des fiouls lourds et domestiques du secteur résidentiel et tertiaire par usage », CEREN). Il est alors nécessaire de recourir à l'information issue de pays « proches », ou déduire ces coefficients de partage des valeurs du TES des comptes nationaux et adapter la technique de Léontief (Moll *et al.*, 2007).

ii) **Comment établir une description entrées-sorties cohérente avec le niveau d'agrégation retenu.** Les volumes d'énergies doivent être affectés en respectant les concepts du TES (Ressources, Emplois et Consommations Intermédiaires). La façon de procéder à cette affectation dépend du niveau d'agrégation retenu. Dans IMACLIM-S.2.4, seuls les échanges intersectoriels associés au raffinage sont décrits (filière désagrégée) ; les autres procédés de transformation ne sont pas détaillés (filière agrégée).



iii) **Comment attribuer les autoconsommations.** La plupart du temps, les quantités d'énergie autoconsommée ne sont liées à aucune transaction économique ; elles doivent pourtant être comptabilisées car elles comptent pour l'estimation des coefficients techniques, des émissions de CO₂, et du coût d'opportunité qu'elles représentent lors de l'instauration du prix du carbone (car les pertes et les autoconsommations réduisent le rendement net de la transformation). En particulier, il semble cohérent d'affecter les pertes de transport et de distribution (charbon, gaz et électricité) aux autoconsommations.

iv) **Comment décrire les procédés de coproductions.** Le lien entre coproductions n'est pas décrit dans le TES symétrique. L'analyse entrées-sorties classique postule en effet une séparation des conditions de production des biens. Cette hypothèse n'est pas acceptable dans tout les cas (par exemple, dans les études sur les systèmes productifs agricoles). Les flux de coproduits doivent alors être décrits, tout comme les fondamentaux techniques qui lient leur production dans le modèle. Au niveau d'agrégation d'IMACLIM-S.2.4, cette question reste néanmoins de second ordre : dans le circuit marchand des énergies françaises, seule une faible quantité de « retours » de produits raffinés et de gaz industriels sont issus d'autres procédés de production (pétrochimie et chimie minérale) ; nous les traitons comme des ressources domestiques en produits raffinés et en gaz.

Temps 2bis et 3bis : le traitement des statistiques de prix et de contenu carbone. Les matrices d'émission de CO₂ (Figure 19, page 133) et de prix des énergies (Figure 20, page 134) sont construites à partir des données disponibles de prix des énergies P_i et des coefficients d'émission $e_{CO_2,i}$. Les prix des agrégats d'énergie j sont obtenus en calculant des moyennes pondérées des prix et coefficients des produits qui les composent. La pondération a_i associée à chaque composant i est déduite des quantités physiques q_i du bilan désagrégé :

$$\begin{cases} P_j = \sum_i (a_i \cdot P_i) \\ e_{CO_2,j} = \sum_i (a_i \cdot e_{CO_2,i}) \end{cases} \quad \text{avec} \quad a_i = \frac{q_i}{\sum_i q_i}$$

La seconde étape n'a pas besoin d'être précisée, elle consiste simplement à multiplier terme à terme les tableaux entrées-sorties en quantités et en prix. On obtient ainsi un tableau en unités monétaires qui correspond aux factures énergétiques au niveau d'agrégation souhaité (Figure 25). Ce tableau est pleinement cohérent avec les statistiques énergétiques sur la diversité des tarifs, des produits énergétiques consommés, des contenus carbone, *etc.*³⁴.

	Produits			Usages finaux		Total emplois
	Composite	Pétrole brut	Energies finales	Conso. finale	Exports	
Energie primaire	-	-	17	-	-	17
Energie finale	35	-	11	65	7	118
Imports		17	16			

Unité : milliards d'euros de 2004

Figure 25 Factures énergétiques reconstituées

2.5 Étape 3 : la mise en cohérence des matrices monétaires et physiques

Une fois qu'on dispose des tableaux entrées-sorties qui décrivent le circuit économique des flux d'énergie en quantités, valeur et prix, il reste à les intégrer dans le TES des comptes nationaux sans modifier les grandeurs empiriques importantes pour l'analyse.

Il s'agit de l'étape d'hybridation en tant que telle (Figure 26) qui peut être détaillée en deux temps : un travail sur les lignes de la matrice monétaire (1- ajustement des emplois) et un travail sur les colonnes (2- ajustement des ressources). Le travail sur les lignes consiste à insérer dans le TES la

³⁴ Notons que dans le modèle, il est donc possible de décrire comment le contenu des agrégats énergétiques se déforme sous l'effet de la réforme ; à défaut, les variations simulées au niveau des agrégats énergétiques sont transmises homothétiquement aux sous-produits qui les composent. Formellement, si A est la grandeur agrégée et a_i les sous-produits dans les proportions α_{ai} , on a : $\forall a_i, \Delta a_i = \alpha_{ai} * \Delta A$. Dans cette étude, cette hypothèse est levée pour tenir compte de l'effet de la taxe carbone sur la progression de la part de l'électricité dans l'agrégat des « autres énergies » utilisées dans les bâtiments (*cf.* chapitre 3, paragraphe 3.3, page 106).

matrice monétaire tirée de l'étape 2, renseignant ainsi les factures énergétiques acquittées ; le travail sur les colonnes permet d'obtenir une description du contenu de ces factures : la structure des coûts d'un litre de carburant acheté, d'un kwh, etc. Ces colonnes décrivent les coûts fixes et variables des filières qui assurent l'approvisionnement, la transformation et la distribution des énergies aux consommateurs.

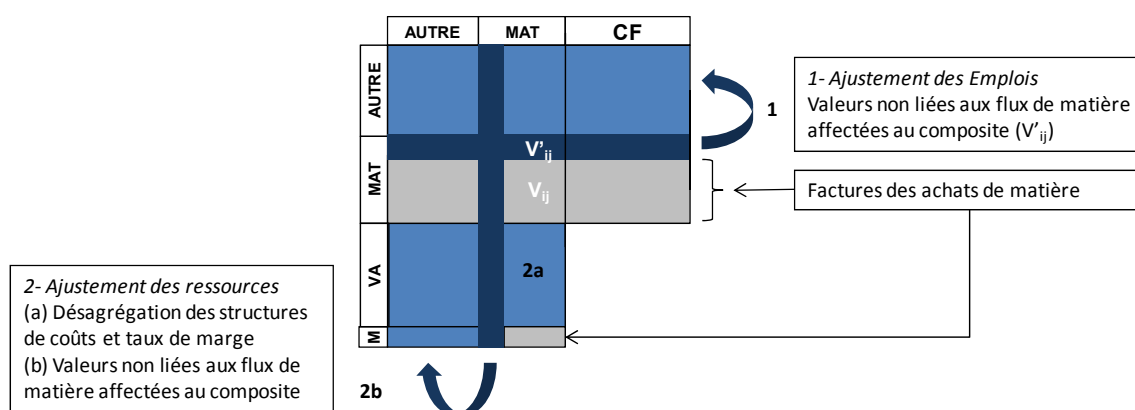


Figure 26 Principe de mise en cohérence des matrices monétaires et physiques

La procédure aboutit à un TES modifié dans lequel les valeurs ajoutées des flux d'énergie sont isolées de celles qui correspondent aux productions non énergétiques des « branches énergie »³⁵. Ces productions sont agrégées au secteur composite. Ce réarrangement de nomenclature conserve la valeur ajoutée totale de l'économie, tout en précisant la description du circuit des énergies.

- **Temps 1 : l'ajustement des emplois.** En partant du TES de la comptabilité nationale (Figure 27), on remplace les valeurs des branches énergies (ligne 2 et 3) par les valeurs des factures énergétiques reconstituées (en orange, Figure 28). Les différences sont ajoutées aux emplois et aux importations de produit composite (en bleu foncé : 1^{ère} ligne et 6^e ligne-1^{ère} colonne). Ces manipulations n'altèrent pas la valeur totale des emplois (3 572), mais changent celle des différents produits. Par conséquent, les équilibres emplois-ressources sont rompus.

³⁵ Rappelons que nous avons estimé un écart d'au moins 40% entre la valeur des produits énergétiques et la valeur totale des productions des branches énergies dans les comptes nationaux (cf. Tableau 9, page 124).

		Produits*			Usages finaux			Total emplois
		Composite	Energies primaires	Energies finales	Conso. finale	FBCF	Exports	
Produits	Composite	1 350	-	27	1°272	321	414	3°384
	Energie primaire	-	-	26	-	-	-	26
	Energie finale	66	-	21	63	-	12	162
Valeur ajoutée		1 453	-	35				3 572
Total production		2 869	-	109				
Imports		385	26	13				
Impôts sur produits		130	-	40				
Total ressources		3 384	26	162	3 572			

Unité : milliards d'euros de 2004

*Pour l'illustration nous avons agrégé les carburants (usage transport) et l'énergie pour les usages résidentiels-tertiaires dans un agrégat d'énergie finale.

Figure 27 Tableau Entrées-Sorties publié dans les comptes nationaux

		Produits*			Usages finaux			Total emplois
		Composite	Energies primaires	Energies finales	Conso. finale	FBCF	Exports	
Produits	Composite	1 410*	-	17*	1°270	321	419	3°437
	Energie primaire	-	-	17	-	-	-	17
	Energie finale	35	-	11	65	-	7	118
Valeur ajoutée		1 453	-	35				3 572
Total production		2 898	-	80				
Imports		391	17	16				
Impôts sur produits		130	-	40				
Total ressources		3°419	17	136	3 572			
Ressources - Emplois		-18	0	18				

Unité : milliards d'euros de 2004

* Dans cet exemple, la consommation intermédiaire de bien composite pour la production d'énergie finale (première ligne, troisième colonne : L1-C3) est estimée de manière à conserver le ratio d'intrants Composite/Energie des branches énergies donné par le TES des comptes nationaux (cf. Figure 27, L1-C3 / [L2-C3 + L3-C3]). Le solde des consommations intermédiaires est affecté à la consommation de bien composite pour la production de composite (L1-C1).

Figure 28 Mise en cohérence des tableaux en unité de valeur, de volume et de prix (résultat du temps 1 : l'ajustement des emplois)

• **Temps 2 : l'ajustement des ressources.** Les équilibres emplois-ressources sont rétablis en manipulant la structure de coûts des secteurs (les colonnes du TES). Les valeurs des importations et des consommations intermédiaires sont données par les statistiques énergétiques. Les autres composantes des coûts – la valeur ajoutée, la marge, les impôts sur produits – sont ajustées de façon à rétablir l'égalité des ressources avec les emplois (Figure 29). Puisque dans notre exemple, la fiscalité énergétique est connue (8^e ligne-3^e colonne), l'ajustement se fait au final sur la valeur ajoutée (ligne 3). Enfin, dans IMACLIM-S.2.4, le taux de marge est modulé en fonction des acheteurs,

ce qui permet de distinguer les tarifs d'achat du même produit énergétique³⁶. Au terme de cette dernière étape, toutes les identités comptables de la description hybride sont respectées (cf. Encart 5, page 127).

		Produits*			Usages finaux			Total emplois
		Composite	Energie primaire	Energie finale	Conso. finale	FBCF	Exports	
Produits	Composite	1 410	-	17	1 270	321	419	3 437
	Energie primaire	-	-	17	-	-	-	17
	Energie finale	35	-	11	65	-	7	118
Valeur ajoutée		1 470	-	18 ^c				3 572
Total production		2 915	-	63				
Imports		391	17	16				
Impôts sur produits		131	-	39 ^a				
Total ressources		3 437	17	118	3 572			
Ressources - Emplois		0	0	0				

Unité : milliards d'euros de 2004

Les ajustements du temps 2 modifient les valeurs des colonnes (les ressources) sans perturber les valeurs des lignes (les emplois). La structure de coûts de l'agrégat d'énergie finale est reconstituée au moyen d'un jeu d'hypothèses (sur les valeurs b et c) ; la structure de coûts de l'agrégat composite est ensuite déduite (solde).

a : la valeur de la fiscalité énergétique (ligne L7-Colonne C3) est une information connue.

c : la valeur ajoutée (L4-C3) est déduite de l'équilibre emploi-ressource.

Figure 29 Mise en cohérence des tableaux en unités de valeur, de volume et de prix (résultat du temps 2 : l'ajustement des ressources)

Pour finir cette description de l'hybridation, nous allons donner quelques principes utiles pour guider les choix d'ajustement des ressources (temps 2). Mais en préambule, une remarque d'ordre général sur les relations entre ces manipulations et la modélisation s'impose.

Lorsqu'on isole une structure de coût, on suppose qu'elle décrit les conditions de production d'un seul produit. Il s'agit là de l'hypothèse classique des analyses entrées-sorties (Léontief, 1966) qui supposent que les conditions de production des différents produits sont indépendantes. Le réalisme de cette hypothèse dépend du niveau d'agrégation et des procédés de production considérés. Une fois encore, l'exemple des coproductions est sur ce point éclairant : dans l'analyse, il peut être utile de distinguer les structures de coûts de coproduits (par exemple, le lait, la viande et les fourrages) car leur demande répond à différents besoins, conditions ou préférences. Mais il faut garder en tête que cette représentation simplifie la réalité technique ; dans le modèle, il faudra d'une manière ou d'une autre lier l'évolution des coefficients techniques d'un des coproduits à celle des coefficients des autres. Dans notre exemple, la production de lait, viande et fourrage n'est pas indépendante ; elle combine plusieurs procédés dans un même itinéraire technique de production animale.

³⁶ La différenciation des tarifs d'achat p_i selon le type d'acheteur i est obtenue, d'une part, en distinguant la fiscalité *ad valorem* $\tau_{TVA,i}$ et les accises $\tau_{TIPP,i}$ dont l'acheteur s'acquitte, et d'autre part, en désagrégeant la marge d'exploitation faite sur les volumes agrégés, en un jeu de « marges spécifiques différenciées » π_i qui reflètent l'état de « segmentation » du marché des énergies :

$$p_i = Ct.(1 + \pi_i).(1 + mt + mc).(1 + \tau_{TVA,i}) + \tau_{TIPP,i}$$

Ayant en tête cette mise en garde, on peut tout de même proposer un arbre de choix pour sélectionner le jeu d'hypothèses qui sert à isoler les structures de coûts de deux productions (Figure 30). Comme pour les autres manipulations, on se fixe pour objectif de mobiliser au maximum l'information statistique disponible pour effectuer la désagrégation des différents postes : les coûts unitaires de chaque intrant, du travail, de la consommation de capital fixe et la marge. On peut alors orienter la recherche d'information en discutant les conditions de production :

- *Premier cas de figure : les productions P1 et P2 sont issues d'unités distinctes*, le niveau de dépendance est faible. Il est alors probable que l'information sur l'une ou l'autre des structures des coûts soit disponible. C'est le cas des branches de production spécialisée et concentrée, comme l'industrie nucléaire qui peut être isolée des autres branches de production d'énergie.

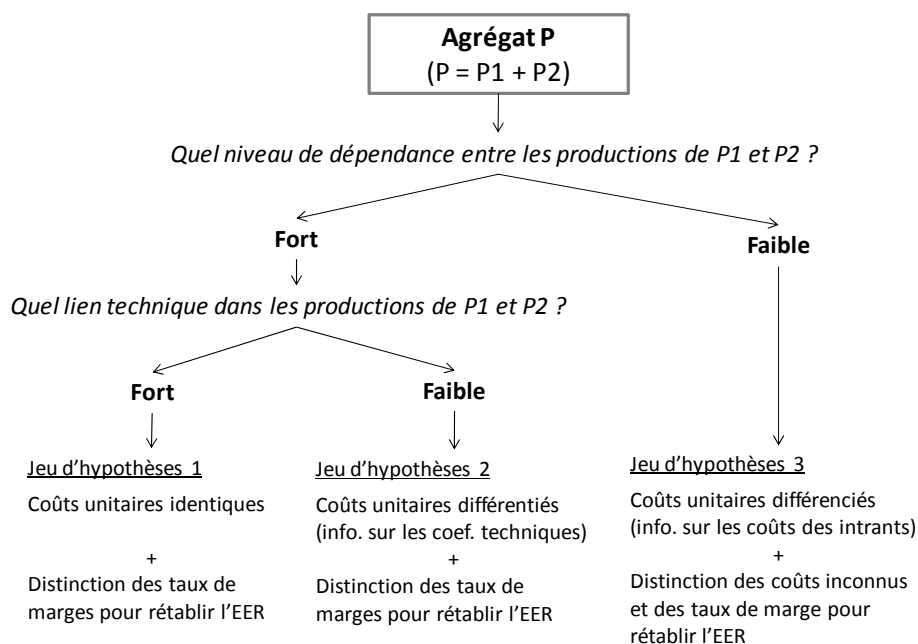


Figure 30 **Arbre de choix : désagrégation des structures de coûts et taux de marges**

- *Second cas de figure : P1 et P2 sont produits au sein d'unités identiques mais avec des procédés distincts*. Une information sur les coefficients techniques (les quantités unitaires d'intrants, de capital, de travail) peut être utilisée pour distinguer les coûts. C'est le cas, par exemple, des produits pétroliers raffinés qui sont issus d'une combinaison de différents procédés de séparation physico-chimique mis en œuvre dans les raffineries.

- *Troisième cas de figure : l'unité productive et les procédés sont semblables*. Par conséquent, il est justifié de retenir l'hypothèse d'une même structure de coûts. On utilise l'information soit sur les coûts unitaires, soit sur les coefficients techniques, mais pour les deux productions. Associée à une hypothèse de rendements d'échelle et/ou de prix des facteurs, cette information permet de reconstituer une structure de coûts unitaires pour les agrégats³⁷. Ce cas de figure correspond par

³⁷ Puisque les quantités totales produites sont connues.

exemple, dans IMACLIM-S.2.4, à la distinction opérée entre le diesel et le fioul domestique, utilisés pour le transport ou pour le chauffage (mais ces produits sont en réalité physiquement identiques).

3 Interface économie-distribution : la méthode de désagrégation

Les objectifs de la décomposition du compte des ménages en plusieurs catégories sociales sont similaires à ceux de l'hybridation : (i) tirer le meilleur parti de l'information contenue dans les enquêtes de ménages, (ii) conserver la cohérence d'ensemble des comptes nationaux, (iii) favoriser la flexibilité de la description et (iv) permettre l'adaptation de la méthode à d'autres contextes.

Pour distinguer et construire des groupes représentatifs de ménages français, nous avons pour une première analyse retenu un indicateur de niveaux de vie économique, car notre objectif premier est bien de s'assurer que le fardeau de la réforme ne sera pas supporté de façon disproportionnée par les ménages à bas niveau de vie.

Néanmoins, nous avons vu au premier chapitre qu'envisager l'hétérogénéité des ménages selon cette seule dimension reste insuffisant pour identifier les situations de vulnérabilité : à même niveau de revenu, des ménages seront touchés très différemment s'ils évoluent dans des environnements techniques, économiques et sociaux hétérogènes. Par conséquent, l'hypothèse implicite de la méthode des classes de ménages représentatives, selon laquelle l'évolution des inégalités à l'intérieur des classes est négligeable par rapport à l'évolution des inégalités entre les classes, est dans notre cas d'étude une hypothèse plutôt héroïque. Nous envisagerons donc, une fois la technique de désagrégation en classes présentée, comment l'adapter pour la rendre plus flexible et affiner l'analyse de la vulnérabilité des ménages à la transition énergétique (ou son absence).

3.1 Représentation comptable de l'hétérogénéité des ménages

Les tableaux de synthèse des comptes nationaux publiés par l'INSEE ne décrivent pas l'hétérogénéité des ménages. L'objectif consiste donc à mobiliser les données d'enquêtes pour désagréger le compte des ménages inclus dans le Tableau Economique d'Ensemble.

Le tableau économique d'ensemble (TEE)

Rappelons que le TEE représente les comptes des secteurs institutionnels selon l'approche par les revenus (Figure 31). Il synthétise l'équilibre ressources-emplois pour chaque « secteur institutionnel » (sociétés, ménages, administrations publiques), ce qui se traduit dans le tableau par l'égalité des revenus et des dépenses une fois pris en compte les montants prêtés (ou empruntés) lorsque le solde du compte courant du secteur institutionnel est positif (ou négatif).

Le circuit des revenus débute par le partage de la richesse économique produite (entre les salaires, l'excédent brut d'exploitation, les prélèvements sur la production et les produits, le solde commercial) ; il se poursuit par l'affectation des revenus (la rémunération des travailleurs, les intérêts perçus par les détenteurs des actifs financiers) et se termine par les opérations de

redistribution (fiscalité directe et transferts). Les dépenses sont distinguées selon qu'elles servent à la consommation courante ou à l'accumulation (FBCF). Le solde du compte courant correspond à la « capacité d'autofinancement » des secteurs institutionnels qui, nous l'avons déjà souligné, décrit les montants que les agents prêtent ou empruntent sur les marchés financiers. En contrepartie, leur endettement (leur position financière nette) évolue : la valeur de clôture de leur patrimoine financier (en fin de période annuelle) est égale à la valeur d'ouverture diminuée de la valeur du solde courant (nouveaux titres financiers).

	Secteurs institutionnels				
	Sociétés	Ménages*		Administrations publiques	Reste du monde
		50% plus pauvres	50% plus riches		
Partage de la valeur ajoutée**	286	159	610	600	-3
Affectation des revenus	-75	14	97	-37	1
Redistribution	-55	121	81	-157	10
Total Revenus	156	294	788	406	8
Consommation finale	-	274	645	416	-
FBCF	171	18	80	52	-
Total Dépenses	171	292	725	468	-
Solde courant	-15	2	63	-62	8
Endettement***	1 177	-256	-1 760	751	88

Unité : milliards d'euros de 2004

Remarque ; il s'agit de *valeur nette* : les valeurs inscrites à l'actif moins les valeurs inscrites au passif des comptes des secteurs institutionnels.

* Pour l'illustration nous avons agrégé les vingt classes de niveaux de vie.

** La valeur ajoutée nationale est égale à la somme des valeurs ajoutées des secteurs-produits plus la valeur des impôts sur produits.

*** Opposé de la valeur de clôture des stocks nets de patrimoine financier (en fin d'année) : somme des dettes moins somme des créances (réserves d'or non comprises).

Figure 31 **Tableau Economique d'Ensemble simplifié, désagrégé en deux classes de niveau de vie**

L'étape de désagrégation du TEE publiée par l'INSEE (2004b) aboutit à des comptes pour diverses catégories de ménages (ici, nous n'avons représenté que deux classes de niveau de vie, dans IMACLIM-S.2.4 il y en a vingt). Ces comptes des classes s'agrègent parfaitement pour donner le compte du secteur institutionnel des ménages publié dans le TEE de l'INSEE³⁸.

Le tableau sociodémographique (TD)

La description de l'hétérogénéité des classes de ménages représentatives se fait aussi par la distinction de la structure démographique de ces catégories. L'information d'enquête nous sert à répartir la population. Cette répartition est décrite dans un tableau sociodémographique (Figure 32).

³⁸ Hormis les traitements effectués au cours de l'étape de désagrégation, quelques autres modifications ont été apportées au TEE de l'INSEE. Nous obtenons le TEE d'IMACLIM-S.2.4 en agréant la description des opérations (lignes du TEE de l'INSEE) et en calculant des valeurs nettes (les valeurs inscrites à l'actif moins celles inscrites au passif des comptes de chaque secteur institutionnel). Un seul traitement est remarquable puisqu'il apporte une valeur ajoutée à l'analyse, à savoir la désagrégation des transferts sociaux par « risque » (chômage, retraites et autres) à partir des données du compte de la protection sociale publié par Bechtel et Duée (2005).

	Ménages*	
	50% plus pauvres	50% plus riches
Effectif de ménages	12 844	12 862
Effectif d'individus	27 110	35 335
Unités de consommation***	21 308	21 354
Actifs employés**	8 128	17 834
Retraités	5 921	7 679
Chômeurs	1 723	887

Unité : milliers.

* Pour l'illustration nous avons agrégé les vingt classes de niveaux de vie.

** La répartition des actifs employés entre les secteurs est décrite en équivalents temps plein (en 2004 un peu plus de 5% des travailleurs était en temps partiel). La répartition du temps partiel entre les classes est supposée homogène, tout comme la répartition des employés entre les secteurs.

*** Selon l'échelle de l'OCDE : 1 unité de consommation (UC) au premier adulte du ménage, 0,5 UC aux autres personnes de 14 ans et plus, 0,3 UC aux moins de 14 ans.

Figure 32 Tableau sociodémographique simplifié, selon deux classes de revenus

Nous avons vu au chapitre précédent que la répartition de ces catégories sociodémographiques entre les classes de ménages est un facteur important de la distribution des grandeurs économiques dans le modèle ; par exemple, les classes de ménages bénéficient des transferts au titre de la retraite en proportion du nombre de leurs retraités et du niveau moyen de leurs prestations. Les données sociodémographiques agrégées proviennent de la comptabilité nationale, de l'Institut National d'Étude Démographique (INED) et de la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques du Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé (DREES).

3.2 La procédure de désagrégation

Pour opérer cette désagrégation, on peut procéder de plusieurs façons. Les données microéconomiques d'enquête de ménages, tout comme les données énergétiques, ne sont pas spontanément cohérentes avec les données de la comptabilité nationale et des choix doivent être faits pour réconcilier ces sources³⁹.

Contrairement aux cas des données énergétiques, on ne dispose pas de statistiques sur l'hétérogénéité des ménages qui couvrent le territoire national et qui soient aussi consolidées et harmonisées qu'un bilan énergétique. Par conséquent, nous avons jugé préférable de conserver l'équilibre comptable du compte national des ménages et de recourir aux données d'enquête essentiellement pour en extraire l'information sur la répartition des grandeurs agrégées. Même si certaines « grandeurs à distribuer » (agrégats de revenus et de dépenses) doivent aussi être détaillées : par exemple, nous souhaitons isoler les prestations de retraite et les allocations chômage.

La procédure de désagrégation comprend donc deux étapes qui permettent d'aboutir à un niveau de description intermédiaire (Figure 33).

³⁹ Cf. notre présentation générale du problème (paragraphe 1.2, pages 123-128).

- **L'étape de désagrégation des grandeurs à distribuer** affine la description de la distribution des revenus entre institutions (ménages, administrations, sociétés, reste-du-monde) et/ou l'étend à des variables non économiques (monétaires, physiques, démographiques). Cette étape demande en pratique de désagréger certaines des opérations de répartition décrites dans le TEE à l'aide de clefs de répartition et à partir de l'information de comptes satellites (par exemple, le compte de la protection sociale pour renseigner le partage des prestations sociales par « risque », ou le tableau des recettes des administrations publiques pour détailler les prélèvements obligatoires). On passe ainsi du compte publié par l'INSEE à un compte détaillé et étendu, mais toujours au niveau agrégé d'une institution de ménages.

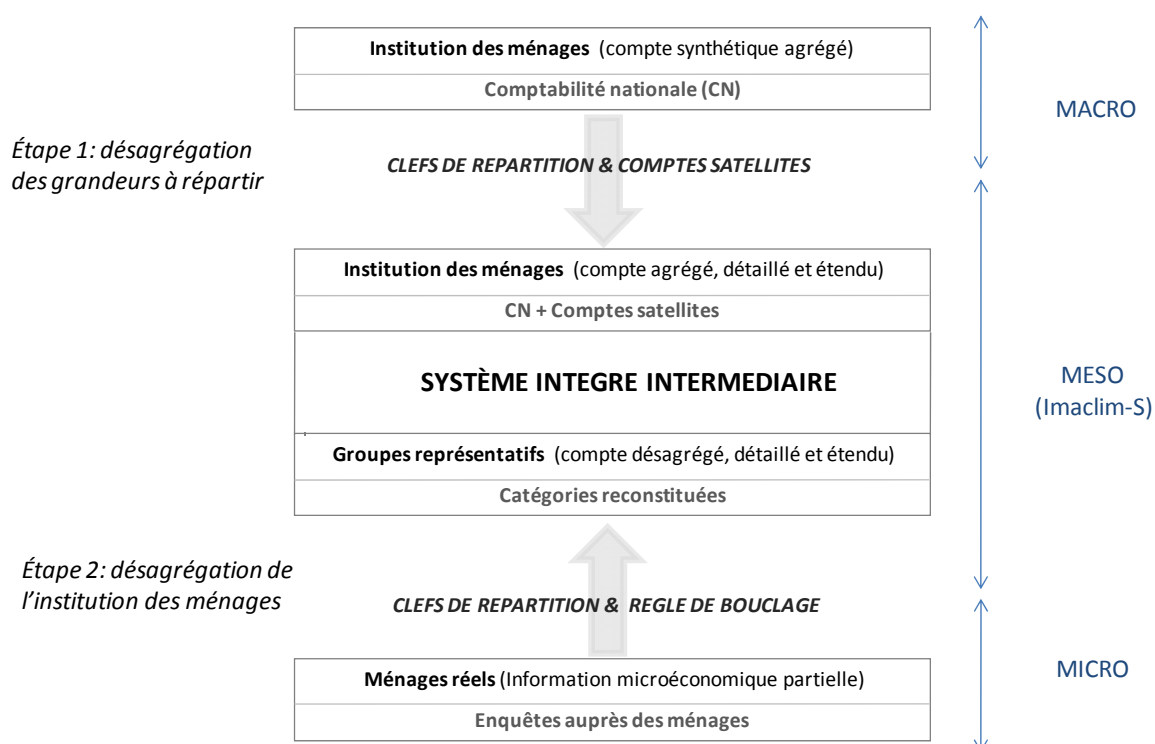


Figure 33 Vue d'ensemble schématique de la procédure de décomposition

- **L'étape de désagrégation du compte des ménages** mobilise ensuite l'information d'enquête sur l'hétérogénéité des ménages pour produire un compte par groupe représentatif. Le jeu de clefs de répartition pour chaque grandeur à distribuer provient, dans le cas d'IMACLIM-S.2.4, de l'enquête *Budget de familles 2000-2001 (BDF2001 ; INSEE, 2001)* qui, rappelons-le, détaille les dépenses, les revenus et la démographie de 10 305 ménages français. Cette étape nécessite aussi une « règle de bouclage » des comptes pour assurer l'équilibre et l'agrégation parfaite des comptes des groupes représentatifs.

3.3 Etapes de la procédure : le cas des classes de niveau de vie

Pour décomposer, à partir des données d'enquête, le compte institutionnel des ménages, nous procédons là encore en trois temps (Figure 34).

- **Temps 1 :** on commence par *harmoniser la nomenclature des variables descriptives* de l'enquête de ménages pour qu'elle corresponde à la description des revenus, des dépenses et de la sociodémographie d'IMACLIM-S.2.4⁴⁰. Dans notre exemple, la base de données d'enquête (Figure 35) comprend quatre observations en lignes (ménages observés) et sept variables descriptives (trois types de revenus, trois types de dépenses et une caractéristique sociodémographique). Ces dernières sont combinées pour obtenir les sept variables d'IMACLIM (Figure 36).

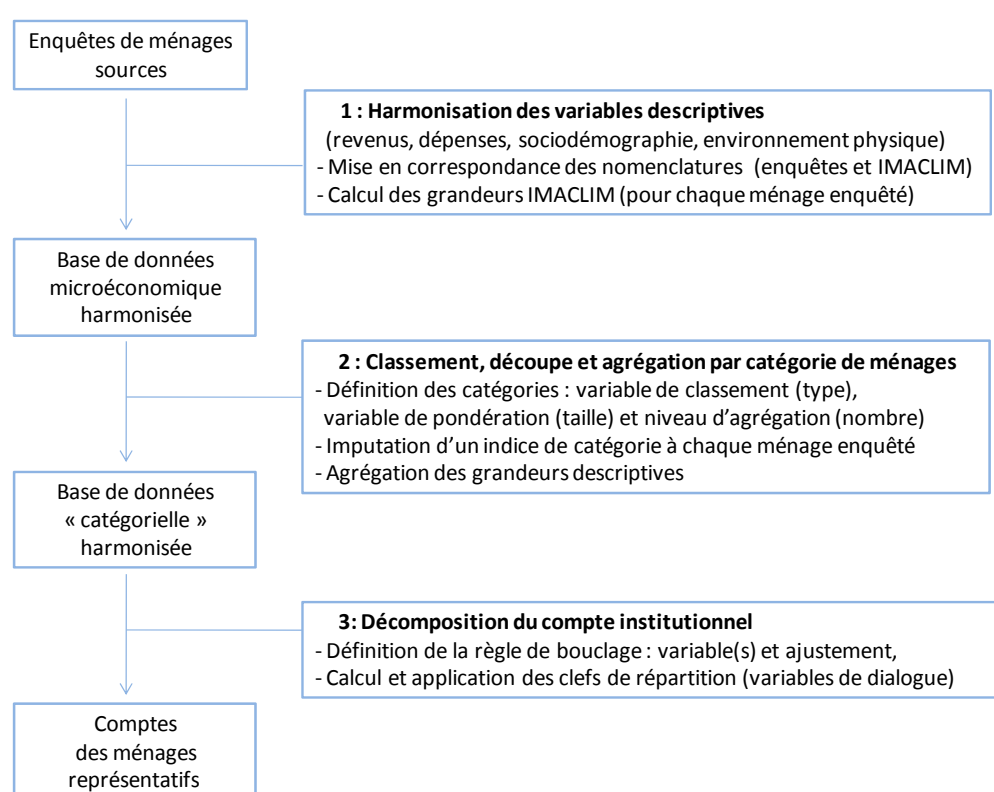


Figure 34 Procédure d'élaboration des comptes par catégorie de ménages représentatifs

⁴⁰ Cette étape d'harmonisation nécessite un travail de mise en correspondance de la nomenclature de l'enquête avec la nomenclature de la comptabilité nationale (Tableau 15). Cette correspondance est établie à partir des descriptifs fournis par les organismes statistiques pour chacune des variables désagrégées dans IMACLIM-S.2.4 (cf. annexes, Table H, page 336).

Observations	Variables descriptives							Démographie
	Revenus			Dépenses			UC* (OCDE)	
	Salaires, EBE revenus mixtes	Intérêts	Prestations	Courantes	Impôts	Remboursements de prêts		
Ménage n°1	3 427	-100	8 912	12 516	416	1 120	-	1,6
Ménage n°2	21 886	522	8 328	22 113	3 432	3 299	1 414	1,3
Ménage n°3	15 617	490	8 816	18 774	2 912	480	2 070	2,0
Ménage n°4	51 070	2 088	8 344	51 597	3 640	7 700	8 016	1,5

Unité : euros de 2001 (exemple inspiré des données de l'enquête *Budget de familles 2001*).

* Nombre d'unités de consommation selon l'échelle de l'OCDE : 1 UC au premier adulte du ménage, 0,5 UC aux autres personnes de 14 ans et plus, 0,3 UC aux moins de 14 ans.

Figure 35 Base de données de l'enquête de ménages

Variables d'IMACLIM	Variables de l'enquête de ménages
Valeur ajoutée	Salaires, EBE, revenus mixtes
Affectation des revenus	Intérêts
Redistribution	Prestations – Impôts
Consommation finale	Dépenses courantes
FBCF	Dépenses dans l'immobilier
Endettement	Remboursement de prêts
Unités de consommation	UC (OCDE)*

Remarque : pour simplifier l'illustration, les variables ont été agrégées. La correspondance des nomenclatures pour IMACLIM-S.2.4 est donnée en annexe dans la Table H, page 334. Elle est construite à partir du dictionnaire des variables de l'enquête *Budget des familles* et du descriptif des opérations de répartition dans les comptes nationaux français (INSEE, 1998).

* 1 UC au premier adulte du ménage, 0,5 UC aux autres personnes de 14 ans et plus, 0,3 UC aux moins de 14 ans.

Tableau 15 Correspondance des nomenclatures

Obs.	Variables d'IMACLIM						UC*
	Valeur ajoutée	Affectation des revenus	Redistribution	Consommation finale	FBCF	Endettement	
Mén. 1	3 427	-100	8 496	12 516	-	1 120	1,6
Mén. 2	21 886	522	4 896	22 113	1 414	3 299	1,3
Mén. 3	15 617	490	5 904	18 774	2 070	480	2,0
Mén. 4	51 070	2 088	4 704	51 597	8 016	7 700	1,5

Unité : euros de 2001 (exemple inspiré des données de l'enquête *Budget de familles 2001*).

Remarque : pour l'illustration, les variables d'articulation (lignes du compte) sont agrégées et seuls deux groupes de ménages sont représentés. La correspondance des nomenclatures entre les variables de l'enquête BDF2001 et les variables d'articulation d'IMACLIM-S.2.4 est donnée en annexe dans la Table H, page 334.

Figure 36 Base de données harmonisée (variables IMACLIM)

• **Temps 2 : on construit des catégories de ménages.** Un indice de catégorie est imputé à chaque ménage enquêté (Figure 37) et les ménages sont agrégés en catégories (Figure 38). Il est alors nécessaire de préciser, d'une part, ce qui définit les classes (la *variable de classement*, selon laquelle on ordonne et on regroupe les ménages), d'autre part, le nombre de ménages français que représente chaque observation (la *variable de pondération*), et enfin, le niveau de découpe ou d'agrégation (le nombre de groupes représentatifs ; par exemple, les 50% les plus pauvres et les 50% les plus riches). La variable de classement définit la perspective de l'analyse : pour estimer des effets distributifs « verticaux », nous utilisons le concept de niveau de vie économique de l'INSEE ; pour donner un aperçu d'une estimation possible d'effets distributifs « horizontaux », nous utiliserons le degré d'urbanisation du lieu d'habitation des ménages (pour distinguer les urbains, les ruraux, etc.)⁴¹.

Obs.	Variables d'IMACLIM							Variable de classement	Variable de pondération	Classes
	Valeur ajoutée	Affect.des revenus	Redist.	Conso. finale	FBCF	Dette	UC	Niveau de vie économique*	Poids dans la population**	Indice de classe***
Mén. 1	3 427	-100	8 496	12 516	-	1 120	1,6	8 379	1	1
Mén. 2	21 886	522	4 896	22 113	1 414	3 299	1,3	19 452	1	2
Mén. 3	15 617	490	5 904	18 774	2 070	480	2,0	11 348	1	1
Mén. 4	51 070	2 088	4 704	51 597	8 016	7 700	1,5	39 918	1	2

Unité : euros de 2001 (exemple inspiré des données de l'enquête *Budget de familles 2001*).

* Le niveau de vie économique est égal à la somme des revenus (Valeur ajoutée + Affectation des revenus + Redistribution) divisée par le nombre d'unités de consommation (UC).

** Il est supposé ici que l'échantillon est représentatif et que chacune des quatre observations représente un quart de la population des ménages français.

*** L'indice de catégorie regroupe les observations selon la variable de classement (p. ex. le niveau de vie économique) en prenant en compte le poids de chaque observation (si par exemple les observations des ménages les plus pauvres étaient moins nombreuses dans l'enquête que celles des plus riches, la classe 1 comprendrait moins d'observations que la classe 2).

Figure 37 Imputation des indices de catégorie

Groupes représentatifs	Variables d'IMACLIM					
	Valeur ajoutée	Affectation des revenus	Redistribution	Consommation finale	FBCF	Endettement
50% plus pauvres	19 044	390	14 400	31 290	2 070	1 600
50% plus riches	72 956	2 610	9 600	73 710	9 430	10 999
<i>Ensemble</i>	<i>92 000</i>	<i>3 000</i>	<i>24 000</i>	<i>105 000</i>	<i>11 500</i>	<i>12 600</i>
Clefs de répartition*	20,7 %	13,0 %	60,0 %	29,8 %	18,0 %	12,7 %

Unité : euros de 2001 (exemple inspiré des données de l'enquête *Budget de familles 2001*).

* Proportion affectée à chaque catégorie de ménages (dans cet exemple, celle qui regroupe les 50% des ménages les plus pauvres).

Figure 38 Calcul des clefs de répartition

⁴¹ Nous présentons quelques résultats en adoptant cette perspective au chapitre 7 (cf. paragraphe 3.2, page 240).

• **Temps 3 : la décomposition du compte institutionnel des ménages** en groupes représentatifs peut être effectuée de plusieurs façons, selon l'information qu'on choisit de tirer de l'enquête et selon la manière dont on l'utilise pour décomposer le compte institutionnel des ménages. Pour IMACLIM-S.2.4, la décomposition est obtenue uniquement en désagrégeant les agrégats du compte institutionnel (Figure 39) ; autrement dit, les données d'enquête n'apportent que l'information sur le partage (les clefs de répartition des grandeurs agrégées entre les catégories⁴²). Le « bouclage des comptes » se fait au niveau de l'épargne des ménages, qui n'est pas renseignée dans l'enquête et qu'on identifie au solde des revenus une fois soustraites les dépenses. Le calcul de la répartition de l'épargne totale des ménages entre les catégories sert donc à rééquilibrer les comptes et permet au final de respecter l'ensemble des identités de cohérence comptable (cf. Encart 5, page 127).

	Institution des ménages*		Clefs de répartition* (Enquête)		Groupes représentatifs*	
					50% plus pauvres	50% plus riches
Partage de la valeur ajoutée	769		20,7 %		159	610
Affectation des revenus	111		13,0 %		14	97
Redistribution	202		60,0 %		121	81
Total Revenus	1 082	→		→	294	788
Consommation finale	919		29,8 %		274	645
FBCF	98		18,0 %		18	80
Total Dépenses	1 017				292	725
Solde courant	65				2	63
Endettement	-2 016		12,7 %		-256	-1 760

Remarque : pour l'illustration, les variables d'articulation (lignes du compte) sont agrégées et seuls deux groupes de ménages sont représentés. Les clefs de répartition et les comptes détaillés sont donnés en annexes (cf. section II, page 329) pour vingt classes de niveau de vie et pour six classes distinguées selon leur localisation.

* Proportion de chaque grandeur agrégée attribuée à la classe de ménages (dans cet exemple, les 50% des ménages les plus pauvres).

Figure 39 Désagrégation du compte institutionnel des ménages en groupes représentatifs

4 Conclusion : perspectives et développements

Au long de ce chapitre, nous avons présenté deux procédures de synthèse statistique qui permettent de réconcilier les données macroéconomiques de la comptabilité nationale avec les statistiques en unités physiques d'une part, qui décrivent les flux de matières dans l'économie, et les données d'enquête auprès des ménages d'autre part, qui donnent l'information sur la répartition des grandeurs économiques au sein de la population.

Nous avons pris comme exemple les manipulations qui furent réalisées à partir des statistiques françaises de 2004 (les dernières données alors publiées) et qui ont permis, dans le cadre du

⁴² Les clefs de répartition obtenues sont données en annexe (cf. Table K, page 343, pour les classes de niveau de vie ; Table L, page 344, pour les classes distinguées selon le degré d'urbanisme de leur lieu de résidence).

développement d'IMACLIM-S.2.4, de décrire des paramètres cruciaux des discussions sur les modalités d'une fiscalité carbone en France. Mais le principe général de la méthode ouvre sur de nouvelles perspectives. Au-delà de ce contexte et de cette problématique, le développement de ces techniques est un moyen opérationnel de faire le pont entre des analyses menées dans des domaines variés et à des échelles différentes. Par conséquent, elles nous semblent essentielles à la construction de nouveaux outils de modélisation appliqués à l'évaluation de politiques de développement durable. Etendre la description à d'autres composantes de l'environnement matériel et décrire la distribution de variables économiques et non économiques dans la population nous semble essentiel, étant donné que les politiques que l'on souhaite étudier ont pour objectif d'induire une mutation profonde de la structure physique et institutionnelle de l'économie, mutation que les experts jugent nécessaire pour atteindre les objectifs d'un développement plus juste et plus durable.

Dans cette direction de recherche, deux voies nous semblent particulièrement fécondes. La première doit permettre de décrire les interactions entre macroéconomie, distribution et spatialité⁴³ ; elle repose sur la construction d'une comptabilité étendue aux unités de surfaces (m²) et de mobilités (passager-km et tonnes-km parcourues). Ces variables physiques offrent une interface utile à l'organisation du dialogue entre la modélisation macroéconomique d'un côté, et la modélisation des dynamiques d'organisation du territoire de l'autre (l'évolution des choix d'usage des terres et des formes urbaines). Ces extensions du cadre comptable serviront de base pour inclure, au sein de modèles d'équilibre général, l'information empirique disponible sur les potentiels et les contraintes au changement technique dans les secteurs des transports, du bâtiment et de l'agriculture. Ces développements permettront aussi de représenter les déterminants techniques et spatiaux des besoins essentiels en énergie et de simuler leur évolution à long terme. Ils seront utiles pour aller plus loin dans l'analyse de la vulnérabilité des ménages et des effets distributifs, économique et non économique, à court et plus long terme, de politiques de développement durable.

Une seconde voie d'extension est particulièrement importante pour le développement de modèles IMACLIM pour des pays émergents et en développement⁴⁴. Dans ces contextes techniques, institutionnels et économiques singuliers, la description empirique au moyen de grandeurs physiques est d'autant plus importante que les marchés structurés sont incomplets et les statistiques monétaires disponibles insuffisantes pour appréhender le fonctionnement réel de l'économie. Le rôle de l'« économie informelle », qui exploite une fraction des ressources et qui interagit avec les marchés est encore peu pris en compte dans les évaluations des politiques de développement durable, alors que cette dimension peut jouer sur l'efficacité de ces politiques ou produire des effets indésirables. Le recours à des sources de données non monétaires pour estimer la nature et la taille de cette sphère informelle est un travail important ; il peut améliorer le diagnostic sur ces contextes, permettre la production d'analyses plus réalistes et plus proches des problématiques de mise en œuvre locales.

⁴³ Cette première thématique a fait l'objet du suivi de deux étudiants de l'Ecole des Ponts et de l'amorce du développement d'une nouvelle version d'IMACLIM-S qui intègre la description en d'un secteur de l'immobilier et d'un secteur des transports : O. Froment, « *Modelling Energy Efficiency in Residential Buildings with Closed Housing Markets: A Static CGE Approach* » (2010) ; H. Simonnet : « L'inertie des choix de localisation dans l'évaluation des politiques climatiques : modélisation en équilibre général statique » (2011).

⁴⁴ Cette seconde thématique fait d'ores et déjà l'objet du développement de nouveaux modèles pour le Brésil, l'Afrique du Sud et la Réunion.

Chapitre 5

Efficacité macroéconomique de la substitution d'une taxe carbone à des prélèvements obligatoires sur le travail

Dans ce chapitre et les suivants, nous reprenons l'analyse des débats et controverses scientifiques entamée au premier chapitre, en l'appuyant désormais sur des exercices numériques. Un premier jeu de résultats nourrit *l'analyse des mécanismes macroéconomiques* ; il sert à cerner dans quelles conditions de fonctionnement de l'économie l'effet d'une fiscalité carbone sur le niveau d'activité en France sera positif ou négatif, ceci *sans considération des questions de distribution des revenus*. Pour éviter de compliquer cette étude avec les débats sur l'état du monde en 2020 ou 2030, nous procédons dans un premier temps, par « *rétrospective contrefactuelle* », c'est-à-dire en envisageant quelle aurait été l'économie française en 2004 si, une vingtaine d'années auparavant, une taxe carbone avait été adoptée *de façon unilatérale et sans aucun ajustement aux frontières*, comme cela avait été envisagé lors des premiers travaux de la Mission Interministérielle de l'Effet de Serre¹. Dans les chapitres suivants, nous comparerons les effets macroéconomiques de modalités différentes de mise en œuvre (chapitre 6), puis nous analyserons les conséquences de la réforme sur la pauvreté et les inégalités (chapitre 7). Nous achèverons cet examen par un éclairage prospectif, conduit à l'horizon 2020, en tenant compte d'une conjoncture différente, marquée par les effets d'un vieillissement démographique avancé et de tensions énergétiques accrues (chapitre 8).

Ce chapitre positionne notre analyse par rapport à la controverse du « double dividende au sens fort »². Nous considérons une taxe carbone appliquée à tous et recyclée selon les modalités qui sont privilégiées dans la littérature : la baisse des cotisations sociales. Après avoir précisé la notion de coût économique retenue et rappelé les principaux déterminants des effets induits dans le modèle (section 1), nous proposons une première analyse formelle, à partir d'un modèle simplifié, des liens de dépendance entre les hypothèses de second rang faites sur le fonctionnement de l'économie et le jugement normatif sur la possibilité (ou l'impossibilité) d'un double dividende (section 2). Nous donnons ensuite une illustration numérique d'une situation vertueuse, simulée à l'aide du modèle IMACLIM-S.2.4 avant d'étudier la sensibilité des résultats aux principaux points d'incertitude sur les conséquences induites dans l'économie (section 3). Nous concluons en discutant les conditions d'enclenchement d'un cercle vertueux et les raisons du scepticisme, des résistances et crispations autour de l'idée d'une fiscalité carbone comme possible constituante d'une politique « sans regret ».

1 Efficacité productive : concept et mesure

Un flou existe sur ce que l'on entend par « un gain net ». La littérature théorique se réfère à un indicateur global de bien-être social, souvent identifié au « surplus du consommateur », mais qui correspond à une réalité qui peut être bien différente de celle que mesure les indicateurs mobilisés

¹ Rappelons que les premiers travaux d'évaluation furent conduits à cette époque sous l'impulsion de M. Yves Martin (cf. Godard et Hourcade, 1990 ; Godard et Beaumais, 1993).

² Cf. chapitre 1, paragraphe 2.2, page 24.

par les praticiens ou le grand public. Cette question du choix de l'indicateur n'est pas non plus réglée dans la littérature empirique du double dividende, ce qui est plus gênant d'un point de vue purement scientifique : cela explique en partie la difficulté de formuler une synthèse des résultats pertinente pour la prise de décision (Fullerton et Gravelle, 1998). D'autant que les travaux publiés se distinguent déjà par leur approche (théorique, appliquée), par les théories qu'ils mobilisent (modèles de second rang variés, néoclassiques, keynésiens, *etc.*) et par les contextes d'application (caractéristiques propres du pays, de la situation initiale). En préalable à l'analyse, il nous faut donc définir les concepts dont nous partirons pour juger de l'*efficacité macroéconomique* de la réforme³.

1.1 *Le coût macroéconomique net*

Nous avons vu au premier chapitre que les arguments et les travaux qui étudient l'introduction d'un prix du carbone mobilisent l'une des notions de coûts suivantes :

- **les coûts techniques** qui désignent les coûts directs industriels et financiers du remplacement d'une technique fortement émettrice par une technique produisant un service équivalent mais qui génère moins d'émissions. Ces coûts sont calculés avec les outils du calcul microéconomique appliqué aux choix d'investissement (calcul de la valeur actualisée nette ou du taux de rendement interne de la technique sur son cycle de vie) ;
- **les coûts économiques sectoriels** qui dépendent, pour chaque secteur de l'activité économique, de caractéristiques comme le taux d'utilisation des capacités de production, la complémentarité des procédés, la diversité des contraintes techniques, des réseaux d'approvisionnement, *etc.* Les analyses sectorielles mobilisent les outils de l'économie industrielle ; elles sont conduites en équilibre partiel et ne rendent pas compte des interactions entre les innovations sectorielles et le reste de l'économie⁴.
- **les coûts macroéconomiques** qui mesurent l'impact sur des indicateurs agrégés à l'échelle du territoire national (PIB, emploi, balance commerciale, *etc.*) d'un ensemble de politiques de réduction des émissions, qu'elles soient étendues à l'ensemble de l'économie ou restreintes à certains secteurs ou agents. Les analyses des coûts macroéconomiques sont menées avec les modèles macroéconométriques ou les modèles d'équilibre général calculable qui représentent le fonctionnement d'ensemble de l'économie.
- **les coûts en bien-être** qui en théorie, offre une synthèse des pertes de consommation privée et des pertes de consommation de services collectifs (biens publics). Ils ne sont pas nécessairement corrélés avec les coûts macroéconomiques : le PIB agrège de nombreux éléments susceptibles d'influencer le bien-être dans des sens qui peuvent être différents (investissement, consommation, dépenses publiques, *etc.*) ; il ne rend pas compte du

³ Mais nous serons amenés à rediscuter et préciser les concepts de « gain » ou « perte » économique au fur et à mesure de l'analyse ; en particulier, au chapitre 6, lorsque nous constaterons que les dispositifs de fiscalité carbone peuvent modifier le partage du surplus économique entre consommation courante et désendettement (paragraphe 3.1, page 213) ; et au chapitre 7, lorsque nous introduirons les effets distributifs de la réforme entre classes de ménages, ainsi que les paramètres éthiques de la collectivité qui interviennent dans la détermination du « coût social » de la réforme (section 1, page 229 et 4, page 244).

⁴ Le modèle MARKAL est un bon exemple de modèle sectoriel pour l'énergie. Il sert à comparer les coûts d'un ensemble de mesures appliquées aux systèmes énergétiques (production et consommation) suivant divers scénarios d'activité décrits par un nombre limité de paramètres macro-économiques exogènes (taux de croissance total de l'économie, structure de l'industrie, *etc.*).

caractère plus ou moins juste de leur répartition, ou encore, ne considère pas les dimensions non marchandes associées à l'activité économique (l'atteinte à l'environnement, les risques futurs des choix présents, la qualité des services et la satisfaction que procure la consommation, etc.).

Même en supposant que l'on s'accorde sur la représentation des systèmes techniques et sur les potentiels disponibles pour réduire les émissions (hypothèse héroïque)⁵, ceci n'empêche pas les désaccords sur le fait qu'une politique apporte soit un bénéfice, soit un coût économique. Ces désaccords reflètent souvent des divergences sur la notion du coût (ou du bénéfice) net de la réforme. On peut par exemple défendre qu'un recours à une technique, rentable et peu émettrice, aura un coût en bien-être pour une société qui se caractérise par une forte aversion au risque (la question du nucléaire) ; ou encore, que son usage apporterait un bénéfice macroéconomique insuffisant pour compenser le coût d'opportunité associée au blocage du développement d'autres filières (la question de la politique industrielle et des « emplois verts »).

Puisque la littérature du double dividende s'est concentrée sur les effets indirects du recyclage des recettes de la taxe carbone en baisse des cotisations sociales⁶, elle a mesuré le second dividende économique, soit avec des indicateurs macroéconomiques d'activité (le PIB ou l'emploi)⁷, soit avec des indicateurs de bien-être qui incorporent un jeu d'hypothèses particulier sur la hiérarchie des objectifs publics concurrents.

Dans ce chapitre, notre objectif étant de discuter les conditions dans lesquelles une réforme fiscale carbone peut être positive ou négative pour l'économie, nous souhaitons isoler les considérations qui portent sur son fonctionnement des jugements de valeur à propos des objectifs. Par conséquent, en première analyse, nous identifierons la notion d'efficacité économique au concept d'*efficacité productive*. Cette notion est certes moins synthétique qu'un indicateur de bien-être, mais elle est plus homogène dans son contenu : elle porte sur une réalité physique (activité de production, emploi) alors que la notion de bien-être repose sur une hiérarchie de valeurs. En outre, cette hiérarchie n'est pas décidée avant le débat public et ne peut être prise comme donnée pour notre analyse dont la finalité est justement d'accompagner la négociation collective.

On cherchera donc à savoir si le projet peut apporter un bénéfice macroéconomique net à moyen terme ; plus précisément, si l'effet conjoint de la taxation du carbone et de l'usage des recettes est positif sur un indicateur d'activité productive agrégée (le PIB, l'emploi, etc.). Certes, cette mesure dépend des hypothèses qui définissent notre horizon de moyen terme⁸, mais nous associerons aux indicateurs d'activité courante, des indicateurs renvoyant à des phénomènes d'accumulation qui auront des conséquences macroéconomiques à plus long (dépenses publiques, investissement, endettement, etc.)⁹. D'autres indicateurs seront également introduits par la suite, pour fournir une évaluation plus complète des performances d'un dispositif de réforme. Nous

⁵ Cf. la controverse sur la représentation des systèmes techniques (Chapitre 2, paragraphe 2.1 page 54).

⁶ Cf. chapitre 1, paragraphe 2.2 page 22.

⁷ Cf. IPCC, 1995, paragraphe 9.2.2.1.3 pages 335-337.

⁸ Cf. chapitre 2, paragraphe 2.3 page 73.

⁹ Rappelons que dans l'ensemble de cette thèse nous négligeons les bénéfices macroéconomiques potentiels de l'atténuation des changements climatiques dans le futur. Nous ne rentrerons pas dans la controverse « Stern-Nordhaus » sur la valorisation économique de l'externalité climatique et la sensibilité de cette dernière au choix du taux de préférence sociale pour le présent.

proposerons certains pour préciser le « contenu » des états macroéconomiques (exportations, consommation intérieure, niveau des salaires, etc.) ; et bien sûr d'autres, au chapitre 7, pour décrire les conséquences distributives soumises aux jugements éthiques, incluses dans la notion de « coût social » et prises en considération lors du choix collectif (inégalités, pauvreté, etc.).

Nous nous distinguerons aussi de la notion de « coût brut », parfois utilisée dans les analyses théoriques de premier rang, et qui désigne le coût d'une taxe redistribuée au moyen des transferts forfaitaires idéaux, en rétrocedant à chaque agent économique le montant exact de taxe dont il s'est acquitté (Chiroleu-Assouline, 2001 ; Goulder, 1995). Ce procédé permet d'analyser les effets propres de la taxe et de l'usage de ses recettes en respectant la cohérence du raisonnement en équilibre général (toute valeur sert à un usage et les nouvelles recettes fiscales ne disparaissent pas). Dans un monde de second rang où la vertu des transferts est perdue, il est impossible d'isoler l'effet de la taxation du carbone de celui de la modalité d'usage des recettes. Puisque les transferts forfaitaires ne sont pas neutres sur l'équilibre économique¹⁰, nous avons choisi de considérer les effets d'une taxe dont le revenu n'est pas recyclé pour nourrir l'activité courante. Pour comparer différentes modalités d'usage des recettes (chapitres 6 et 7), nous prendrons donc comme référence l'évaluation d'une taxe dont les recettes ne seraient pas réinjectées dans l'économie, mais affectées au désendettement, en supposant que ce dernier n'aura d'effet notable qu'à long terme¹¹. Il s'agit d'une référence naturelle pour les acteurs et qui a aussi le mérite, comme nous le verrons, d'éviter l'oubli (constaté dans les débats) de l'effet de la propagation de la hausse des coûts de production lorsque les systèmes productifs ne sont pas compensés.

1.2 Des déterminants multiples

Rappelons brièvement que dans l'architecture IMACLIM-S.2.4, l'introduction du dispositif déclenche plusieurs effets simultanément ; l'évaluation du coût macroéconomique net n'est pas triviale. La fiscalité carbone perturbe le système qui, en s'ajustant, déforme l'image comptable (historique) de la France en 2004. L'effet d'ensemble de la réforme sur l'état macroéconomique à moyen terme est alors déterminé par le jeu d'hypothèses suivant¹² :

- **La capacité des systèmes productifs à éviter l'impôt** – par la baisse des consommations d'énergie, par la substitution des produits énergétiques utilisés dans les processus de production et par la transmission des hausses de coûts dans les prix – selon les hypothèses sur les possibilités de changement technique et sur les contraintes sur les débouchés des productions nationales ;
- **La capacité des consommateurs à éviter l'impôt** – par la baisse et la substitution de leurs consommations d'énergie étant donné les hypothèses qui définissent leurs potentiels

¹⁰ Autrement dit, le procédé d'un recyclage forfaitaire - dans un monde de premier rang, neutre du point de vue de l'allocation et de l'usage des ressources - fournit un point de référence utile dans l'étude théorique de modalités alternatives ; mais cette utilité analytique ne se généralise pas dans des mondes de second rang où un système redistributif parfait de ce type ne renvoie à aucune politique plausible (cf. chapitre 2, paragraphes 1.1, page 42 et 2.2, page 59). Bien qu'on puisse imaginer tâtonner numériquement pour définir ce système, nous n'irons pas contredire nos hypothèses de départ, ni la logique de notre démarche.

¹¹ Cf. chapitre 6, paragraphe 1.1, page 198.

¹² Cf. chapitre 3, Encart 3, page 98.

techniques et l'évolution de leur comportement de consommation en réponse à une variation des prix et des revenus ;

- **l'effet de la réforme sur le partage de la valeur ajoutée et l'usage des facteurs de production** qui dépend en particulier des hypothèses sur la réaction des salaires. Nous verrons que l'évolution du coût relatif du travail par rapport à celui de l'énergie et par suite l'effet de la réforme sur l'emploi dépendent sensiblement de ces hypothèses ;
- **l'effet de la réforme sur la distribution des revenus** qui résulte non seulement des hypothèses qui déterminent le partage de la valeur ajoutée, mais également de celles qui décident des opérations de redistribution opérées au travers du système fiscal et social, et par le fonctionnement des marchés financiers ;
- **l'effet de la réforme sur la compétitivité des productions françaises** : le niveau de la demande privée des ménages, de la demande publique et du solde des échanges extérieurs. Chacun de ces termes dépend directement des règles de gestion budgétaire, de l'évolution du pouvoir d'achat des ménages et des termes de la concurrence avec les productions étrangères (l'évolution de la compétitivité).

2 L'hypothèse du double dividende revisitée

La littérature théorique sur le double dividende a mis en évidence l'existence de rétroactions macroéconomiques qui sont susceptibles d'annuler l'effet favorable attendu d'une incitation à substituer à une ressource rare et polluante (l'énergie) une ressource sous-utilisée (l'emploi). En mobilisant un vaste éventail de modèles, ces travaux ont tenu compte d'une manière ou d'une autre du mécanisme suivant : la hausse de la fiscalité sur l'énergie augmente les coûts et les prix, ce qui induit une perte de compétitivité ou une hausse du coût de la vie. Par ce mécanisme, la mesure tend à dégrader l'activité et l'emploi. La controverse porte alors sur le fait de savoir si cet effet négatif l'emportera ou non sur l'effet bénéfique de la baisse des cotisations sociales et si l'effet net sera dans l'ensemble positif ou négatif¹³. Si les désaccords sur le résultat net persistent, au plan de la théorie macroéconomique les termes de la controverse sont néanmoins réconciliables :

- dans une économie fermée à un seul facteur de production (le travail), sans chômage involontaire et parfaitement concurrentielle, un double dividende fort ne saurait apparaître par recyclage dans une baisse des cotisations sociales puisque *taxer la consommation d'énergie des ménages revient implicitement à taxer le revenu qui la permet*¹⁴ ; la taxe carbone retombe donc *in fine* sur le travail comme les prélèvements qu'elle remplace¹⁵ (Bovenberg et de Mooij, 1994a, 1994b ;

¹³ Nous avons présenté au premier chapitre les différents effets induits par la réforme et montré que le signe même de l'effet net sur la production et l'emploi demeure ambigu (cf. Chapitre 1, paragraphe 2.3, page 24).

¹⁴ Prélever 50€ à la source du revenu des ménages (cotisation sociale) est, en première approximation, équivalent à prélever 50€ indirectement au moment où ce revenu sert aux achats d'énergie.

¹⁵ Selon les modèles, les modalités de cet effet en retour diffèrent. Dans le modèle néoclassique de Bovenberg et de Mooij (1994a), le renchérissement des énergies réduit le salaire réel des ménages et l'utilité que procure une heure travaillée. Les travailleurs arbitrent donc pour plus de loisir et réduisent leur offre de travail, ce qui déprime l'activité. Cet effet peut aussi passer par des revendications salariales ou une revalorisation automatique des salaires qui aurait pour conséquence d'accroître les prix et de réduire la demande. Ainsi, soit les salariés ou les investisseurs réussissent à compenser la hausse du coût de

Goulder, 1995). Un *effet d'interaction fiscale* réduit alors l'efficacité de la réforme : l'érosion de la base fiscale carbone rend nécessaire une hausse *explicite* d'autres prélèvements pour maintenir les finances publiques. Au total, le fardeau du système fiscal qui retombe sur les coûts de production (implicite et explicite) peut même se trouver accru, et avec lui le coût en terme d'activité et d'emploi. Cette démonstration est importante car elle montre que la substitution entre taxe carbone et cotisations sociales ne peut constituer une solution miracle pour la croissance. Cependant elle est valide dans un modèle de l'économie très stylisé, sans imperfection de marché, avec des processus parfaitement réversibles (comme le changement technique) et un comportement rationnel et bien informé des acteurs ;

- *un double dividende fort devient possible quand le poids de la taxe ne retombe pas entièrement sur le travail ou le capital productif*, et qu'il grève aussi les revenus non salariaux des ménages – les rentes financières et immobilières, les revenus de transfert (Koskela et Schöb, 1999) – ainsi que les rentes des pays exportateurs d'hydrocarbures¹⁶ (Goulder, 1995 ; Ligthart, 1998). Le nouvel impôt agit alors comme une taxation implicite des rentes des producteurs d'énergie fossile au sein d'une économie (Marsiliani et Renström, 2000) ou au-delà de ses frontières, en favorisant la balance commerciale du pays importateur (Yu, 2001). De nombreuses études appliquées dans le cadre européen obtiennent alors un gain net (IPCC, 2001, section 8.2.2.1) ;

- l'allègement des prélèvements sur la production domestique et le gain pour l'emploi nécessitent alors plusieurs hypothèses sur le fonctionnement du système économique. Un *effet de réallocation fiscale* peut exister lorsqu'on prend en compte l'existence d'un chômage involontaire, d'une concurrence imparfaite et d'autres imperfections de marché susceptibles d'expliquer la sous-optimalité de la situation initiale. La taxe carbone ne constitue donc pas nécessairement une taxe implicite sur les systèmes productifs ; elle peut retomber seulement partiellement sur les coûts de production en taxant implicitement les rentes privées. La possibilité d'un double dividende apparaît alors d'autant plus grande que les possibilités de découplage entre production et consommation d'énergie sont grandes (Fullerton et Heutel, 2007), que les salaires sont rigides (Carraro et Soubeyran, 1996) et que les investisseurs ne répondent pas à la mise en œuvre de la réforme par une réduction trop importante de leurs prêts de capitaux (de Mooij, 2000).

- Les termes de l'échange peuvent être améliorés si la réforme augmente suffisamment l'indépendance énergétique du pays importateur et allège de ce fait sa facture pétrolière. Par ailleurs, la compétitivité des entreprises peut être stimulée par une politique environnementale en apportant un avantage comparatif (Porter et van der Linde, 1995). D'un autre côté, si les capitaux sont mobiles internationalement, les investisseurs étrangers peuvent décider de les retirer si la réforme affecte les taux de rentabilité (de Mooij et Bovenberg, 1998). Ainsi, même si le marché du travail est rigide, si les capitaux sont très mobiles, la réforme pourrait être défavorable globalement pour la position extérieure du pays.

l'énergie en obtenant des augmentations de salaires ou de profits, soit ils n'y parviennent pas et leur pouvoir d'achat baisse. Dans les deux cas, la progression espérée de l'emploi est bloquée, parce que les coûts salariaux ne baissent pas, ou parce que la consommation des ménages n'est pas stimulée, ou encore parce que le travail effectif ou l'investissement sont réduits.

¹⁶ Dans le cas d'un gros pays ou d'une politique coordonnée à un échelon européen ou international, la taxe peut induire une baisse des prix de ventes des pays exportateurs si la coalition dispose d'un pouvoir de monopsonne suffisant. Ce pouvoir peut être considéré comme nul dans le cas qui nous occupe, celui d'une réforme fiscale décidée unilatéralement par la France (hypothèse de petit pays).

Dans l'ensemble et comme le soulignent Fullerton et Gravelle (1998), un gain net peut toujours être obtenu pour certaines situations initiales ou certaines valeurs des paramètres¹⁷. On rejoint ici la discussion générale du second chapitre, qui nous a amené à souligner la forte sensibilité des résultats normatifs aux diverses associations d'hypothèses qui définissent le fonctionnement de second rang de l'économie contemporaine¹⁸.

Par conséquent, nous commencerons par étudier, à l'aide d'une version simplifiée du modèle, les conditions d'obtention d'un double dividende au sens fort, en nous concentrant sur le rôle de la combinaison d'hypothèses de second rang dont l'importance a été soulignée lors de notre diagnostic : l'existence *i)* d'une forte inertie des consommations d'énergie fossile, *ii)* de contraintes sur la compétitivité des productions nationales et *iii)* sur l'évolution des salaires. Le fait de combiner ce jeu d'hypothèses est un premier élément qui distingue notre analyse du reste de la littérature du double dividende que nous venons de citer. Mais comme il n'y a pas de théorie générale du second rang, les déductions sont forcément ad hoc. Ainsi, et en cohérence avec la posture méthodologique prise au chapitre 2, notre démarche ne visera pas à obtenir de conclusion forte sur la possibilité ou l'impossibilité d'un double dividende. Nous chercherons plutôt à cerner le domaine de validité de ce diagnostic dans l'espace des différentes visions possibles du fonctionnement de l'économie. Nous souhaitons étudier la sensibilité des conclusions normatives à diverses croyances positives sur la nature et l'ampleur d'ajustements économiques controversés.

2.1 Le « double dividende » dans IMACLIM : leçon d'un modèle stylisé

Réduite à l'essentiel, la structure d'IMACLIM est celle d'un pays en économie ouverte qui importe toute son énergie et qui produit une quantité Y d'un agrégat de biens et services non énergétiques. Cette production n'est pas stockée et sert à la consommation des ménages C , à la consommation publique G ou aux exportations nettes X :

$$Y = C + G + X \quad (1)$$

Le pays peut aussi être importateur net de biens et services non énergétiques, auquel cas $X < 0$, mais il doit alors exporter de l'énergie pour financer ses importations.

Le prix de production domestique est égal aux coûts de productions qui se composent du coût du travail et des coûts énergétiques. L'état des techniques détermine les quantités moyennes de travail et d'énergie nécessaires pour produire une unité (coefficients techniques l et e). Des prélèvements sur le travail τ_L sont assis sur les salaires nets w et le coût des consommations intermédiaires d'énergie dépend du prix d'importation p_E^* et du niveau de fiscalité énergétique assise sur les quantités d'énergie consommée (« accise », τ_E)¹⁹ :

¹⁷ « The [double dividend] hypothesis is debated as a theoretical proposition, when its very nature is empirical. Under any consensus definition, the hypothesis **must** be valid for certain circumstances, that is, for certain starting points and certain parameter values. It is an empirical issue when and where these circumstances pertain. » Fullerton et Gravelle (1998, page 75).

¹⁸ Cf. Chapitre, section 1, pages 42-53.

¹⁹ Les prélèvements sur le travail sont assis sur la valeur des salaires nets (taxe « *ad valorem* ») tandis que la fiscalité énergétique est assise sur les quantités produites (« accise »). En réalité et dans le modèle complet, la fiscalité énergétique est plus complexe, puisque la TVA (impôt *ad valorem*) s'applique sur le prix de l'énergie, accises comprises.

$$p = (1 + \tau_L) \cdot w \cdot l + (p_E^* + \tau_E) \cdot e \quad (2)$$

La production rémunère les ménages (salaires nets) et les administrations publiques (prélèvements obligatoires). Les ménages utilisent leurs revenus pour leurs achats d'énergie E et de biens et services non énergétiques C et les recettes fiscales financent la consommation publique G ²⁰ :

$$w \cdot l \cdot Y = p \cdot C + (p_E^* + \tau_E) \cdot E \quad (3)$$

$$p \cdot G = \tau_L \cdot w \cdot l \cdot Y + \tau_E (E + e \cdot Y) \quad (4)$$

Pour garder le problème dans sa forme la plus simple, seules deux hypothèses sur le fonctionnement des marchés sont nécessaires :

1. Les salaires ne sont pas fixes, ils répondent à l'évolution du chômage :

$$w = w(z) \quad (5)$$

où z désigne le taux de chômage, étant donné le niveau de population active L :

$$z = 1 - \frac{l \cdot Y}{L} \quad (6)$$

2. Par ailleurs, les exportations nettes sont sensibles aux termes de l'échange, le ratio du prix de la production nationale p au prix des productions étrangères p^* :

$$X = X\left(\frac{p}{p^*}\right)$$

En prenant p^* comme numéraire du modèle et en choisissant la normalisation $p^* = 1$, les exportations nettes ne dépendent que du prix :

$$X = X(p) \quad (7)$$

Les croyances à propos de la réaction des salaires et du rôle des prix pour la compétitivité nationale sont résumées par l'élasticité des salaires au chômage et l'élasticité des échanges au prix :

$$\varepsilon_w = - \frac{z}{w} \cdot \frac{\partial w}{\partial z} \quad (8)$$

$$\varepsilon_X = - \frac{p}{X} \cdot \frac{\partial X}{\partial p} \quad (9)$$

²⁰ Rappelons que par convention dans la comptabilité nationale française la consommation finale des administrations publiques ne comprend pas d'énergie. La consommation d'énergie apparaît dans la branche de production de services publics incluse dans la production de bien composite.

Le sens de ces réactions est assez consensuel : la hausse du chômage favorise la modération salariale et la hausse des prix défavorise la compétitivité²¹ ($w' < 0$ et $X' < 0$). Définies ainsi, les élasticités sont positives. Une croyance en des salaires et des échanges sensibles correspond à une croyance en des valeurs d'élasticité élevées. La désindexation des salaires aux prix est une hypothèse qui peut apparaître moins consensuelle. Elle reflète ici l'hypothèse que les contraintes de concurrence sur les marchés mondialisés appliquent une contrainte sur l'évolution des salaires qui est suffisante pour autoriser un découplage entre l'évolution des prix à la consommation et l'évolution des salaires. La sensibilité des résultats à cette hypothèse sera étudiée par la suite²².

En première analyse, et pour tenir compte des fortes inerties techniques, de la dépendance du mode de développement à l'utilisation des énergies fossiles, nous ferons une hypothèse extrême. Nous considérerons que les consommations d'énergies des ménages sont totalement fixes à l'horizon de court-moyen terme, ainsi que les coefficients techniques de la production²³. Cette hypothèse peu réaliste sera bien sûr abandonnée dans l'analyse numérique puisque dans ces conditions la réforme ne peut induire les effets de substitution qui la justifient sur le plan de l'environnement.

Le modèle réduit se compose donc de sept équations et sept variables : p, w, z ou Y, C, G, X . Les identités comptables en quantité et en valeur sont bien respectées. Si l'on suppose que les volumes d'énergie importée M_E au prix p_E^* ne sont pas rationnés sur les marchés internationaux et que la variation de la demande nationale n'a aucun effet sur les prix²⁴, alors les quantités importées satisfont le niveau de consommation domestique (10). Par ailleurs, l'équilibre comptable de la balance des paiements²⁵ (11) se déduit des autres identités comptables (1 à 4)²⁶ :

$$M_E = e.Y + E \quad (10)$$

$$p.X = p_E^* \cdot (e.Y + E) = p_E^* \cdot M_E \quad (11)$$

Par conséquent, sans possibilité de déficit des comptes courants si le pays ne dispose pas de ressources énergétiques suffisantes, les exportations doivent financer les importations d'énergies.²⁷

²¹ Notons une configuration particulière où les exportations nettes peuvent augmenter avec les prix domestiques : lorsque celle-ci induit une baisse plus importante des importations que des exportations. Ce cas particulier peut arriver dans le modèle complet si la perte de pouvoir d'achat des consommateurs, et par suite leur consommation de produits importés, est plus forte que la perte de compétitivité à l'export.

²² Cf. paragraphe 3.2 page 182.

²³ On suppose donc également que les coefficients techniques n'évoluent pas avec le niveau de production (rendements constants).

²⁴ Ce qui est cohérent avec l'hypothèse que les volumes d'énergie importés par la France sont faibles par rapport aux volumes totaux demandés aux pays exportateurs.

²⁵ Dans notre cadre comptable simplifié, la balance des paiements n'est composée que de la balance commerciale. La définition générale est la suivante : « *The balance of payments is a statistical statement that summarizes transactions between residents and nonresidents during a period. It consists of the goods and services account, the primary income account, the secondary income account, the capital account, and the financial account.* » (cf. IMF, 2009, page 9, 2.12)

²⁶ Cf. annexe mathématique, page 192.

²⁷ Remarquons que dans le cadre de ce modèle simplifié, si la réforme induit une hausse de production, elle induit aussi nécessairement une hausse de consommation et d'importation d'énergie. Ceci est évident si on regarde l'équation de la balance des paiements : étant donné qu'on suppose, pour le moment, une inertie totale des techniques et des besoins en énergie, il ne peut y avoir de double dividende ; toute hausse de l'activité s'accompagne d'une hausse des émissions. Mais cette simplification est

2.2 Equilibre et réforme marginale

Dans le plan (p, z) ou alternativement dans le plan (p, Y) , le modèle peut encore être réduit à une courbe de prix (équations 2 et 4) et une courbe d'activité (équation 1 et 3) :

$$p = \frac{1}{1-g(Y, p)} \left[w(z).l + p_E^*.e - \frac{\tau_E.E}{Y} \right] \quad (12)$$

$$Y = \frac{1}{1-g(Y, p)} \left[\frac{w(z).l.Y}{p} - \frac{(p_E^* + \tau_E).E}{p} + X(p) \right] \quad (13)$$

$$\text{avec : } Y = \frac{L.(1-z)}{l} \quad \text{et} \quad g = \frac{G(p, Y)}{Y} = g(Y)$$

Deux observations sont déjà intéressantes à ce stade. Premièrement, si les administrations publiques respectent une règle budgétaire $G(p, Y)$ qui détermine le niveau de dépenses publiques en fonction du niveau de production global et des prix, alors une fiscalité énergétique supérieure a deux effets : d'un côté, elle pèse sur le pouvoir d'achat des ménages (second terme de l'équation 13) ; de l'autre, elle réduit les prélèvements acquittés par les systèmes productifs : c'est l'« effet de réallocation fiscale » de la littérature sur le double dividende (dernier terme de l'équation 12). L'effet sur le coût de la vie et le pouvoir d'achat des ménages n'est donc pas évident (le signe de la somme des deux premiers termes de l'équation 13 est ambigu). Deuxièmement, le niveau d'activité ne dépend pas seulement du pouvoir d'achat des ménages, mais aussi de la balance des échanges internationaux *via* l'effet sur les prix (dernier terme de l'équation 13).

Etudions maintenant l'effet d'une réforme marginale au voisinage d'un équilibre macroéconomique. La réforme consiste à augmenter marginalement le taux de fiscalité sur l'énergie et à baisser le taux de prélèvements obligatoires contenu implicitement dans les équations 12 et 13, en respectant la règle budgétaire des administrations. Pour simplifier, nous supposons que les modalités de finances publiques retenues imposent un niveau de consommation publique proportionnel à la production (*ie.* g est constant quelles que soient les évolutions de Y et p). Nous envisagerons la sensibilité des résultats aux modalités de gestion des finances publiques par la suite²⁸.

En calculant la différentielle totale des courbes de prix et d'activité et en exprimant celles-ci sous forme matricielle, on obtient l'équation suivante :

utile pour l'analyse macroéconomique ; elle nous permet de mettre en évidence les mécanismes à l'origine du second dividende (économique), mécanismes que nous retrouverons dans le modèle complet où un double dividende est possible.

²⁸ Cf. chapitre 6, section 3 pages 212-225.

$$\begin{bmatrix} 1 & \Psi \\ -\Phi & \Gamma \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\partial p}{\partial \tau_E} \\ \frac{\partial z}{\partial \tau_E} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\Omega \\ E \end{bmatrix} \quad (14)$$

avec :

$$\Psi = \frac{1}{C_0 + X_0} \cdot \left(\frac{\tau_{E0} \cdot E}{1 - z_0} + w_0 \cdot L \cdot \frac{1 - z_0}{z_0} \cdot \varepsilon_w \right)$$

$$\Omega = \frac{E}{C_0 + X_0}$$

$$\Phi = C_0 + X_0 \cdot \varepsilon_x$$

$$\Gamma = p_0 \cdot \frac{C_0 + X_0}{1 - z_0} - w_0 \cdot L \cdot \left(1 + \frac{1 - z_0}{z_0} \cdot \varepsilon_w \right)$$

Et en inversant la matrice :

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial p}{\partial \tau_E} \\ \frac{\partial z}{\partial \tau_E} \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \cdot \begin{bmatrix} \Gamma & -\Psi \\ \Phi & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -\Omega \\ E \end{bmatrix}$$

où le déterminant est : $\Delta = \Gamma + \Psi \cdot \Phi$

On obtient ainsi les formes réduites de l'effet marginal de la réforme sur le prix et le chômage ainsi qu'une relation entre ces effets :

$$\frac{\partial p}{\partial \tau_E} = - \frac{\Gamma \cdot \Omega + \Psi \cdot E}{\Delta} \quad (15)$$

$$\frac{\partial z}{\partial \tau_E} = \frac{E - \Omega \cdot \Phi}{\Delta} \quad (16)$$

Les signes de ces variations dépendent des hypothèses sujettes à controverse, sur la réaction des salaires à l'évolution du chômage et la réaction des échanges à l'évolution des prix, mais aussi *des caractéristiques de la situation initiale* (les niveaux de consommation énergétique et non énergétique des ménages, des exportations nettes, du chômage, des prix et de la fiscalité énergétique)²⁹.

²⁹ Remarquons ici toute l'importance des enjeux du développement de la comptabilité hybride présentés au chapitre précédent.

2.3 Domaines d'occurrence d'un double dividende

La réforme marginale peut-elle induire une baisse du chômage, ou bien, ce qui est équivalent dans ce modèle, une hausse de la production ? En partant d'une situation initiale donnée, l'analyse du signe de l'équation 15³⁰ montre que la réponse dépend des hypothèses sur la sensibilité des salaires à l'évolution de l'activité et sur la sensibilité des échanges extérieurs à l'évolution des prix. On trouve alors un double dividende pour certains domaines du plan (ϵ_x, ϵ_w) (Figure 40)³¹.

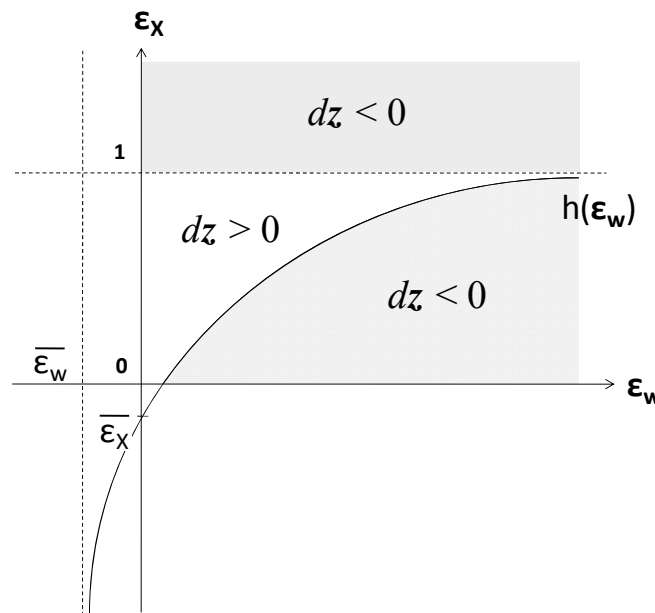


Figure 40 Effet d'une réforme marginale sur l'activité selon les hypothèses sur les sensibilités des salaires et des échanges extérieurs

- **Si $\epsilon_x > 1$** , c'est-à-dire si une variation de 1% des prix fait varier de plus de 1% les volumes d'exportation, un double dividende est obtenu quelles que soient les hypothèses formulées sur la réponse des salaires.
- **Si $0 < \epsilon_x < 1$** , la sensibilité des volumes d'exportation au prix est moindre. L'effet de la réforme sur l'activité et l'emploi dépend alors de la sensibilité des salaires. Cette sensibilité doit être suffisante pour obtenir un second dividende. Dans ce domaine, le niveau requis de sensibilité augmente avec le niveau de sensibilité des exports aux prix.

Le mécanisme se précise lorsqu'on étudie le signe des dérivées des variables du système complet. Cette étude se limite en fait à l'analyse du signe de la variation des prix. Les signes de l'évolution du salaire net w et du volume de production Y sont par hypothèse les opposés de celui du

³⁰ Cf. annexe mathématique, page 192.

³¹ Dans cette analyse nous nous limitons au cas où le pays finance ses importations d'énergie par ses exportations ($X > 0$) et où ϵ_x et ϵ_w sont positives. Avec nos définitions (cf. équations 8 et 9 page 165) ceci correspond à l'hypothèse que la corrélation entre les salaires et le chômage est négative, de même que la corrélation entre les exportations nettes et les prix. L'analyse peut facilement être étendue aux domaines où ces corrélations sont inversées ou à une situation où le pays serait importateur net et financerait sa facture énergétique par de l'endettement ou une richesse non produite (patrimoine, ressources naturelles, etc.).

taux de chômage z , tandis que le signe de la variation des exportations est l'opposé de celui du prix. De manière moins triviale, le signe de l'évolution de la consommation se déduit aussi du signe de l'évolution du prix ; nous y reviendrons donc juste après l'analyse de ce dernier.

L'évolution du prix de production se déduit simplement de l'évolution du taux de chômage en étudiant le signe du ratio des membres de droite des équations 15 et 16, page 167 :

$$\frac{\frac{\partial p}{\partial \tau_E}}{\frac{\partial z}{\partial \tau_E}} = - \frac{\Gamma.\Omega + \Psi.E}{E - \Omega.\Phi}$$

Ce qui est équivalent à³² :

$$\frac{\frac{\partial p}{\partial \tau_E}}{\frac{\partial z}{\partial \tau_E}} = - \frac{1}{1-z} \cdot \frac{p_E \cdot e \cdot Y_0}{X_0 \cdot (1 - \varepsilon_X)}$$

Par conséquent :

- **Si $\varepsilon_X > 1$** , le signe de l'évolution des prix de production est identique à celui du l'évolution du taux de chômage : lorsque les prix baissent, l'activité augmente, et inversement.
- **Si $0 < \varepsilon_X < 1$** , les évolutions des deux variables sont de signe contraire : lorsque les prix baissent, l'activité et l'emploi baissent, et inversement.

Comme nous l'avons annoncé, l'évolution de la consommation C se déduit assez facilement de l'analyse de l'évolution du prix p . En combinant l'équation de la balance des paiements (équation 11, page 165) avec l'équilibre emplois-ressources de la production en volume (équation 1, page 163), puis en différenciant l'expression obtenues, on parvient au résultat suivant³³ :

- **Si $\varepsilon_X > 1$** , le signe de l'évolution de la consommation est l'opposé de celui de l'évolution du prix de production.
- **Si $0 < \varepsilon_X < 1$** , le signe de l'évolution de la consommation est identique à celui du l'évolution du prix de production.

Notons que ce résultat suppose qu'une condition soit respectée dans la situation initiale ; soit :

$$\frac{s_E}{(1-g)} = \frac{p_E^* e}{p(1-g)} < 1 \quad \text{où } s_E \text{ désigne la part de l'énergie hors taxe dans les coûts.}$$

³² Cf. annexe mathématique, page 192.

³³ Cf. annexe mathématique, page 195.

Nous considérons que cette condition est vérifiée au plan empirique, en particulier dans le cas qui nous occupe, et même, en général. En effet, pour que le ratio précédent soit supérieur à 1, il faudrait (i) que la part de l'énergie hors taxe dans les coûts soit particulièrement élevée (s_E grand) et (ii) que les volumes d'achats publics soient très importants relativement à la somme des achats privés et des débouchés extérieurs (g grand). Pour donner une idée de l'ordre de grandeur : dans le cas de la France de 2004, l'énergie hors taxe pesait moyenne seulement 0,4% en dans les coûts³⁴, tandis que les volumes d'achats publics (consommation courante et investissement) comptaient pour 15% de la production. Par conséquent, prenant la valeur de 0,005, le ratio précédent était bien loin de la valeur limite de l'unité. Il en va toujours de même aujourd'hui.

Nous sommes maintenant en mesure de résumer les signes des dérivées des variables du modèle dans les trois domaines définis par les hypothèses sur les sensibilités des échanges extérieurs et des salaires (Tableau 16). Les mécanismes économiques apparaissent alors plus clairement :

- Pour une situation initiale donnée, la réforme est favorable sur tous les indicateurs (production, emploi, salaire, consommation des ménages et exportation) dans une économie où les échanges extérieurs sont fortement sensibles à l'évolution des coûts de production. Intuitivement, l'effet favorable du transfert de charge fiscale sur l'évolution des prix et des échanges extérieurs l'emporte sur son effet défavorable sur la facture énergétique des ménages : au total, le pouvoir d'achat des ménages progresse.
- Lorsque cette sensibilité est moindre, la performance de la réforme pour l'activité et l'emploi est équivoque : elle est déterminée par son effet sur la consommation domestique. On rencontre alors deux configurations :
 - Celle-ci progresse dans le cas où la sensibilité des salaires est suffisamment forte pour compenser la perte de pouvoir d'achat des agents domestiques due à la hausse de leur facture énergétique et si l'effet de cette hausse de salaires sur la compétitivité des échanges extérieurs reste modérée (la sensibilité des exports à l'évolution des prix de production étant limitée).
 - À l'inverse, lorsque la sensibilité des salaires est moindre, la consommation des ménages est défavorablement touchée et l'amélioration des échanges extérieurs qui permet la baisse du prix de production est insuffisante pour maintenir la demande adressée à l'appareil de production national.

³⁴ L'ordre de grandeur est le même, que l'on calcule la part de l'énergie hors taxe dans les coûts ou dans le prix à la consommation toutes taxes comprises.

Domaines	dz	dY	dw	dp	dC	dX
$\varepsilon_X > 1$	-	+	+	-	+	+
$1 > \varepsilon_X > 0$ et $\varepsilon_X > h(\varepsilon_w)$	-	+	+	+	+	-
$1 > \varepsilon_X > 0$ et $\varepsilon_X < h(\varepsilon_w)$	+	-	-	-	-	+

Tableau 16 Signes des évolutions des variables dans les trois domaines définis par les hypothèses sur les sensibilités des salaires et des échanges extérieurs.

Par conséquent, *les caractéristiques de la situation initiale* sont particulièrement importantes dans le domaine où la sensibilité des échanges aux prix est modérée ($0 < \varepsilon_X < 1$), mais ne comptent pas pour juger du sens des effets dans le domaine où cette sensibilité est plus forte (en effet, l'asymptote horizontale $\varepsilon_X = 1$ est indépendante de tout paramètre de la situation initiale)³⁵; ceci en tout cas lorsque les consommations d'énergie et les coefficients techniques dans la production sont constants. Le domaine d'existence d'un double dividende est étendu lorsque les conditions initiales accroissent la courbure de la courbe h (cf. Figure 40, page 168).

Quelles sont les conditions initiales favorables ? L'intuition vient rapidement en étudiant les conditions pour lesquelles l'asymptote verticale se décale vers la gauche ($\overline{\varepsilon_w} \rightarrow -\infty$) et la courbe h coupe l'axe des ordonnées pour une valeur qui se rapproche de l'asymptote horizontale ($\overline{\varepsilon_X} \rightarrow 1$). Ces conditions sont données par les expressions suivantes :

$$\overline{\varepsilon_w} = \frac{C_0}{X_0} - \left(\frac{C_0}{X_0} + 1 \right) \cdot \left[\mu_1 \cdot \frac{z_0}{1 - z_0} \right] \quad (17)$$

$$\overline{\varepsilon_X} = \frac{C_0}{X_0} - \left(\frac{C_0}{X_0} + 1 \right) \cdot \left[\frac{1}{\mu_2} - 1 \right] \quad (18)$$

avec :

$$\mu_1 = \frac{\tau_{E0} \cdot E}{w_0 \cdot L \cdot (1 - z_0)}$$

$$\mu_2 = \frac{\tau_{E0} \cdot E}{p_E^* \cdot e \cdot Y_0}$$

Le domaine d'existence d'un double dividende s'accroît de manière univoque avec les grandeurs μ_1 et μ_2 . Ces dernières mesurent l'ampleur du transfert de charge potentiel que peut induire la réforme. Plus μ_1 et μ_2 sont grands, plus la charge du système fiscal est déplacée des coûts de production vers les revenus des ménages. Par conséquent, les chances de double dividende augmentent avec les conditions initiales suivantes :

³⁵ Des simulations numériques montrent néanmoins que les conditions initiales jouent sur l'ampleur des effets dans chacun des trois domaines.

- un niveau initial de chômage élevé (z_0 grand) ;
- des salaires initialement bas (w_0 petit) ;
- une consommation d'énergie des ménages élevée (E grand) et grande par rapport aux consommations intermédiaires des systèmes productifs ($\frac{E}{e.Y_0}$ grand) ;

Dans tous les cas, le domaine du double dividende s'étend lorsque la consommation énergétique des ménages est forte (E initialement haut). La réforme induit alors un *transfert de charge effectif*³⁶ qui déplace l'incidence du système des prélèvements obligatoires des systèmes productifs vers les ménages. Il faut alors se rappeler que l'analyse précédente suppose que les consommations d'énergies sont fixes, tout comme les coefficients techniques de la production. Les ménages ne cherchent donc pas à échapper à l'impôt par la baisse de leur consommation. Cet effet explique d'ailleurs pourquoi le domaine d'existence d'un double dividende est limité dans les analyses conduites avec des modèles de second rang d'inspiration néoclassique où ces consommations sont flexibles³⁷. Mis à part ce point, sur lequel nous reviendrons plus tard, les considérations empiriques sur l'état de l'économie française et les considérations sur son évolution probable dans un avenir proche, vont plutôt dans un sens favorable à la réforme.

Dans l'ensemble, néanmoins, cette première analyse ne donne pas un résultat tranché sur la possibilité d'un double dividende. On retrouve le résultat principal de la littérature théorique, à savoir que cette possibilité dépend des caractéristiques de la situation initiale, mais aussi des hypothèses de second rang sur le fonctionnement de l'économie. Les effets induits déclenchés par la réforme et qui transitent par l'ajustement des salaires et l'évolution des échanges extérieurs ne sont pas de second ordre pour juger des conséquences de la réforme pour l'activité et l'emploi. Les croyances relatives aux effets du processus de mondialisation sur ces paramètres ont donc un rôle à jouer dans l'anticipation des conséquences de la réforme.

Bien sûr, si le modèle stylisé précédent permet de simplifier l'analyse du rôle d'éléments de fonctionnement du monde particulièrement débattus, il laisse de côté beaucoup de complications qu'il est important de pouvoir prendre en compte dès lors que l'on souhaite étudier une réforme fiscale non marginale, à la hauteur de l'objectif d'un facteur 4. La méthode analytique devient alors impossible et ne permet pas d'incorporer toute l'information disponible sur la situation initiale.

2.4 Les déterminants d'un cercle vertueux potentiel

Pour illustrer la possibilité d'un double dividende avec des hypothèses moins restrictives et en mobilisant davantage l'information quantitative sur l'état de l'économie française, nous simulons numériquement avec le modèle IMACLIM-S.2.4 - configuré et paramétré selon nos hypothèses de référence - l'effet de la réforme suivante : l'application d'une taxe carbone qui atteint le haut niveau de 400€/tCO₂ et qui est recyclée sous un principe de « neutralité budgétaire » en une baisse des

³⁶ Effectif, car il ne s'agit pas des montants d'impôts acquittés mais de la charge macroéconomique globale de l'impôt, calculée « *ex post* », en prenant en compte les effets induits de la réforme sur les autres coûts de production (réponse des salaires) et sur la demande.

³⁷ Voir en particulier le livre de synthèse de de Mooij (2000).

cotisations sociales³⁸. La taxe que nous modélisons est *supposée universelle, prélevée sur le contenu carbone de toutes les ventes d'énergies fossiles*, donc acquittée par les producteurs comme par les consommateurs. Comme les administrations publiques peuvent s'endetter, une règle de gestion des finances publiques différente du principe budgétaire précédent est retenue. Les administrations maintiennent la constance du ratio de la dette publique à la richesse produite (PIB)³⁹. Notons que ce taux de taxe correspond (hors bouclage macroéconomique et variations du mix énergétique) à une hausse des prix pour les entreprises et aux consommateurs, respectivement de 186% et 138% pour les carburants et de 233% et 91% pour les autres énergies⁴⁰. On considère implicitement que ce niveau élevé de taxe a été atteint progressivement et que cette progression a été anticipée par les agents économiques⁴¹.

L'horizon rétrospectif de vingt années que nous envisageons (nous ramenant à 1984) correspond au temps nécessaire pour une bonne adaptation des grands équilibres économiques au nouveau régime de prix. Rappelons en revanche que, du côté de l'énergie, une telle période, si elle permet le redéploiement d'une part importante de l'offre et des gains d'efficacité, est trop courte pour qu'on puisse considérer les effets de l'évolution des formes urbaines, des reports modaux sur les transports ou de la pénétration de nouveaux types de bâtiments. Cela signifie que nous comparons la France historique de 2004 à des « France-2004 contrefactuelles » issues d'un ajustement de moyen terme à la réforme⁴². C'est pourquoi nous avons choisi de retenir des taxes de plusieurs centaines d'euros par tonne de CO₂, pour bien marquer que le coût macroéconomique à moyen terme d'une taxe carbone n'est pas égal à la somme des coûts d'abattement induit, mais dépend sensiblement des modalités de mise en œuvre et en particulier de l'usage des recettes.

On observe qu'avec ces hypothèses, une substitution entre taxe carbone et cotisations sociales (Tableau 17) conduit à :

- une hausse du coût de l'énergie,
- une hausse de l'intensité en travail de la production liée au changement structurel induit à moyen terme par la baisse du coût relatif du facteur travail, par rapport à l'énergie mais aussi aux autres intrants⁴³,

³⁸ Pour des raisons de clarté, nous avons choisi de ne citer dans le corps du texte les évolutions des indicateurs que lorsqu'ils sont indispensables à la compréhension des points abordés, renvoyant le lecteur aux annexes pour une vision plus complète des résultats (Table EE, page 391). Le jeu d'indicateurs principaux mobilisés dans le corps du texte est décrit formellement dans les annexes (section V.2, page 382). Les autres indicateurs des tableaux de résultats complets sont également présentés dans cette annexe.

³⁹ Nous étudions au chapitre suivant l'influence de cette hypothèse sur les résultats.

⁴⁰ Pour les consommations d'énergie des ménages, l'impact direct sur le prix des carburants est plus fort que celui sur le prix des autres énergies, en dépit du matelas initial de taxes (TIPP), parce que l'électricité est moins taxée. À l'inverse, la part de l'électricité dans le mix des autres énergies utilisées par les systèmes productifs est moindre. Ces hausses *ex ante* intègrent l'amplification due à la TVA.

⁴¹ Cette hypothèse est maintenue dans l'ensemble des simulations de cette étude ; elle correspond formellement à ce que l'introduction de la taxe carbone n'altère jamais la structure du modèle (c'est-à-dire le système d'équations qui décrit le fonctionnement de l'économie).

⁴² Nous renvoyons le lecteur au second chapitre pour le détail des hypothèses qui définissent les possibilités d'ajustement du système économique à moyen terme (*cf.* chapitre 2, page 71).

⁴³ On rappellera qu'étant donné le niveau d'agrégation de la production composite, cette augmentation de l'intensité du travail recouvre à la fois la sélection de techniques plus intensives en travail, et la réorientation de la demande vers des produits plus intensifs en main d'œuvre, dont le prix relatif baisse par rapport aux biens intensifs en énergie.

- une baisse des importations de pétrole et donc de la facture pétrolière,
- une baisse du prix de production du bien composite (par rapport au prix du bien composite international, numéraire du modèle).

Si les trois premières évolutions sont sans surprise, nous avons vu plus haut que la troisième ne va pas de soi : une baisse des coûts de production ne peut venir que de ce qu'une partie de la taxe carbone ne retombe pas sur ces coûts ou sur les revenus qui en découlent. Ceci passe par deux mécanismes : la baisse du transfert de richesse en faveur des pays exportateurs de pétrole qui impose une moindre charge sur l'ensemble de l'économie, donc sur l'appareil de production, et le fait que les revenus de rentes et de transferts sont frappés par un impôt nouveau qui n'a plus à être prélevé sur les facteurs de production⁴⁴. Ce second mécanisme, *le transfert de charges vers les revenus non salariaux*, était absent dans l'analyse précédente, puisque les revenus des ménages étaient homogènes, uniquement constitués de salaires. Au total, une taxe de 400€/tCO₂ abaisse ainsi la charge fiscale par bien composite produit de 14%⁴⁵.

Option budgétaire	RDPC*
Produit intérieur brut réel	+2,1%
Emploi total (éq. temps plein)	+4,1%
Prix de production composite	-1,2%
Intensité en travail du bien composite	+1,6%
Consommation composite des ménages	+1,8%
Volume des exportations de bien composite	+0,7%
Proportion de bien composite importée	-1,0%
Importations de pétrole brut (TEP)	-20,0%
Ratio de la dette publique au PIB	id.

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant

Tableau 17 Impact d'une taxe de 400€/tCO₂ recyclée en baisse des cotisations sociales

Par ailleurs, on observe qu'à la hausse des exportations qui découle directement de la baisse des coûts de production est associée une hausse de la consommation des ménages.

Cette conjonction d'effets bénéfiques, nous l'avons vu précédemment, ne va pas de soi elle non plus. Par conséquent, la réforme enclenche dans l'ensemble un cercle vertueux plutôt que vicieux car l'effet négatif de la hausse de la facture énergétique des ménages (qui réduit *ceteris paribus* leur pouvoir d'achat) est compensé par l'effet des trois paramètres dont les variations vont systématiquement « dans le bon sens », la hausse de l'intensité en emploi, la baisse des prélèvements qui pèsent sur la production et la progression de la consommation des ménages.

⁴⁴ Il ne faut pas tirer trop vite des conclusions de ce transfert de charges du point de vue de l'équité, les revenus de rentes et de transferts n'étant pas répartis de façon homogène selon les classes de revenu. C'est un point crucial que nous aborderons au chapitre 7.

⁴⁵ Des indicateurs complémentaires, comme ici la charge fiscale qui repose sur les coûts de la production de composite, sont consignés dans un tableau plus complet de résultats (*cf.* annexes, Table EE, page 391).

Pour donner l'intuition d'un processus, on peut distinguer les conséquences directes et indirectes de la réforme et préciser la nature des rétroactions mises en jeu par le fonctionnement d'ensemble du système économique⁴⁶ (Tableau 18, page 177, et Figure 11, page 178). Nous observons comment évolue la composition de ces effets en simulant deux niveaux de taxe (400 et 500€/tCO₂). Les effets directs et indirects (flèches en traits pleins de la Figure 11) induisent les évolutions suivantes :

- le prix de production du bien composite baisse de 1,17 à 1,26% (1),
- le pouvoir d'achat des revenus réels des ménages augmente ou baisse (2) légèrement (+0,1 et -0,1%) selon que la baisse du prix de production et l'évolution des revenus disponibles compense ou non la hausse de la facture énergétique des ménages (+87,8 à +99,6%),
- la demande des ménages en bien composite progresse de 1,8 à 2,0% (3)⁴⁷ car l'alourdissement de la part des dépenses d'énergie dans le budget est limité par la baisse des consommations d'énergie (-11,9 et -13,0%),
- la « compétitivité-coûts » des productions nationale est améliorée (4), ce qui entraîne à la fois une baisse de la proportion de bien composite importée⁴⁸ (de -1,0 à 1,1%) et une hausse des exportations (de 0,7%),
- la production intérieure progresse donc de 2,1 à 2,2% (5),
- l'emploi progresse également (6) et davantage que la production intérieure (+4,1 à +4,5%), en raison de la hausse de l'intensité travail du composite (de 1,6% à 1,7%),
- la hausse des salaires nominaux de 9,4 à 10,6% (7) avec l'amélioration du pouvoir de négociation des salariés en raison de la baisse du chômage (de 3,7 à 4,1 points),
- la hausse des revenus nominaux des ménages de 7,0 à 7,9% (8) en raison de la progression des salaires, mais aussi des allocations chômage et des autres transferts qui sont indexés sur les salaires, des créations d'emploi (l'écart de revenu entre chômeur et non chômeur est en moyenne de 2,4) et des revenus non salariaux qui progressent avec le PIB.

⁴⁶ Le cadre statique du modèle ne permet pas de décrire la séquence des ajustements. Par conséquent, nous parlons d'effets directs pour désigner une influence directe des modalités de la réforme sur des variables du système (l'influence de la taxation du carbone sur les factures d'énergie, de la baisse initiale des cotisations sur le coût du travail) ; les effets sont dits indirects lorsque l'influence de ces modalités transite par l'intermédiaire d'une ou plusieurs autres variables (*i.e.* la réforme a un effet dépressif sur l'activité puisqu'elle entame le pouvoir d'achat des ménages en alourdissant leur facture énergétique) ; enfin, une boucle de rétroaction advient lorsqu'un effet indirect met en jeu plusieurs fois une ou plusieurs variables, modifiant ainsi les premières influences directes ou indirectes (c'est le cas des allègements de cotisations sociales qui se voient modulés par les administrations publiques car la réforme modifie le niveau d'activité et, par suite, le niveau de recettes et dépenses publiques ; un ajustement de ces allègements est alors requis pour respecter la contrainte de neutralité budgétaire).

⁴⁷ Pour faciliter la lecture nous ne rapportons que l'évolution de la consommation composite des ménages. Il s'agit d'un indicateur médiocre de leur bien-être mais qui donne une mesure simple et directe de l'effet de relance ou de dépression de la demande intérieure. Nous introduirons et discuterons des indicateurs plus proches de la notion de bien-être plus loin (chapitre 7). On tentera de résister pour l'instant au réflexe d'utiliser la consommation de bien composite comme un marqueur du niveau de vie des ménages — tout en gardant à l'esprit que, bien que les deux indicateurs puissent évoluer de façon contraire pour une même variante, si celle-ci est plus défavorable qu'une autre pour la consommation de bien composite, elle le restera pour la consommation effective.

⁴⁸ La part relative des importations réelles dans la consommation nationale réelle diminue avec le rapport entre prix domestiques et prix internationaux — ceci n'interdit pas que les importations réelles absolues augmentent.

L'équilibre général résulte des mécanismes de rétroaction suivants (flèches en traits pointillés) :

- la variation des revenus nominaux (8) influe sur le pouvoir d'achat des ménages (2) puis sur la demande domestique adressée à l'appareil productif national (3) ;
- la variation des salaires nominaux (7) et les divers mécanismes d'ajustement des coûts de production influent sur le coût relatif du travail et les prix des biens (1) ;
- l'ajustement du compte public (9), selon l'option budgétaire retenue, influe sur le taux de cotisations sociales, le coût relatif du travail et les prix de production (1).
- Ce processus d'itération se poursuit jusqu'à la détermination du nouvel équilibre, qui est caractérisé par les valeurs induites de PIB, d'emploi, de consommation, de dette publique, *etc.*

Étant donné nos hypothèses de référence sur le fonctionnement actuel de l'économie française (nous verrons dans un instant la robustesse de ce résultat), c'est un cercle globalement vertueux pour l'activité et l'emploi qui s'enclenche. Dans ce scénario, la baisse de 1,2% du coût de production du bien composite permet en effet une hausse de 0,7% des exportations de ce bien, et une baisse de 1,0% de la part que l'on importe et une progression de 1,8% de la consommation des ménages. On observe donc une hausse de l'activité et de la richesse nationale, qui est renforcée par la baisse de 20,0% des importations énergétiques ; mais comme nous le verrons plus loin (au chapitre 6), ce cercle vertueux conduit à des résultats très fortement dépendants des politiques budgétaires, et principalement du niveau de priorité qu'elles donnent à la maîtrise de la dette publique.

Taxe carbone recyclée en baisse des cotisations		400€/tCO ₂	500€/tCO ₂
Prix de production composite		-1,17%	-1,26%
Effets directs	du coût des consommations d'énergie	+1,88%	+2,05%
	des prélèvements sur le travail (cotisations)	-3,77%	-4,35%
Effets indirects	de l'intensité en énergie	-0,40%	-0,43%
	de l'intensité en travail	+0,53%	+0,56%
	des salaires nets	+1,79%	+2,03%
	des prélèvements sur le travail (cotisations)**	-0,49%	-0,35%
	Autres effets indirects sur les prix***	-0,71%	-0,79%
Pouvoir d'achat des ménages			
	Toutes consommations	+0,1%	-0,1%
	Non énergétiques (bien composite)	+8,1%	+9,2%
Effet direct	Facture énergétique	+87,8%	+99,6%
	Consommation d'énergie****	-11,9%	-13,0%
Effets indirects	Chômage (points de %)	-3,7	-4,1
	Salaires nets nominaux	+9,4%	+10,6%
	Revenus nominaux disponibles	+7,0%	+7,9%
Demande des ménages (composite)		+1,8%	+2,0%
Compétitivité des productions nationales			
	Proportion de bien composite importée	-1,0%	-1,1%
	Volume des exportations de bien composite	+0,7%	+0,7%
Production intérieure (PIB réel)		+2,1%	+2,2%
Emploi			
	Emploi total	+4,1%	+4,5%
	Intensité en travail du bien composite	+1,6%	+1,7%

Remarque : la décomposition de la variation du prix de production est effectuée au moyen d'une technique d'indice (cf. annexes, page 383). Etant donné les variations non marginales engagées, il reste une erreur généralement inférieure à 5% (elle est ici de 1%).

** Les allègements de cotisations sociales sont ajustés en raison des effets de la réforme sur les finances publiques (cf. chapitre 6).

*** Le prix de production augmente en raison de l'effet de la réforme sur le niveau de production (via les rendements décroissants statiques) et diminue avec la hausse de l'investissement (via le progrès technique), de l'intensité en capital et en consommations intermédiaires non énergétiques et avec la baisse du prix du composite (via le coût de l'investissement et des consommations intermédiaires non énergétiques).

**** En volume : tonnes équivalent pétrole (TEP).

Tableau 18 Effets directs et indirects sur le prix de production et le pouvoir d'achat des ménages d'une taxe de 400 et 450€/tCO₂ recyclée en baisse des cotisations

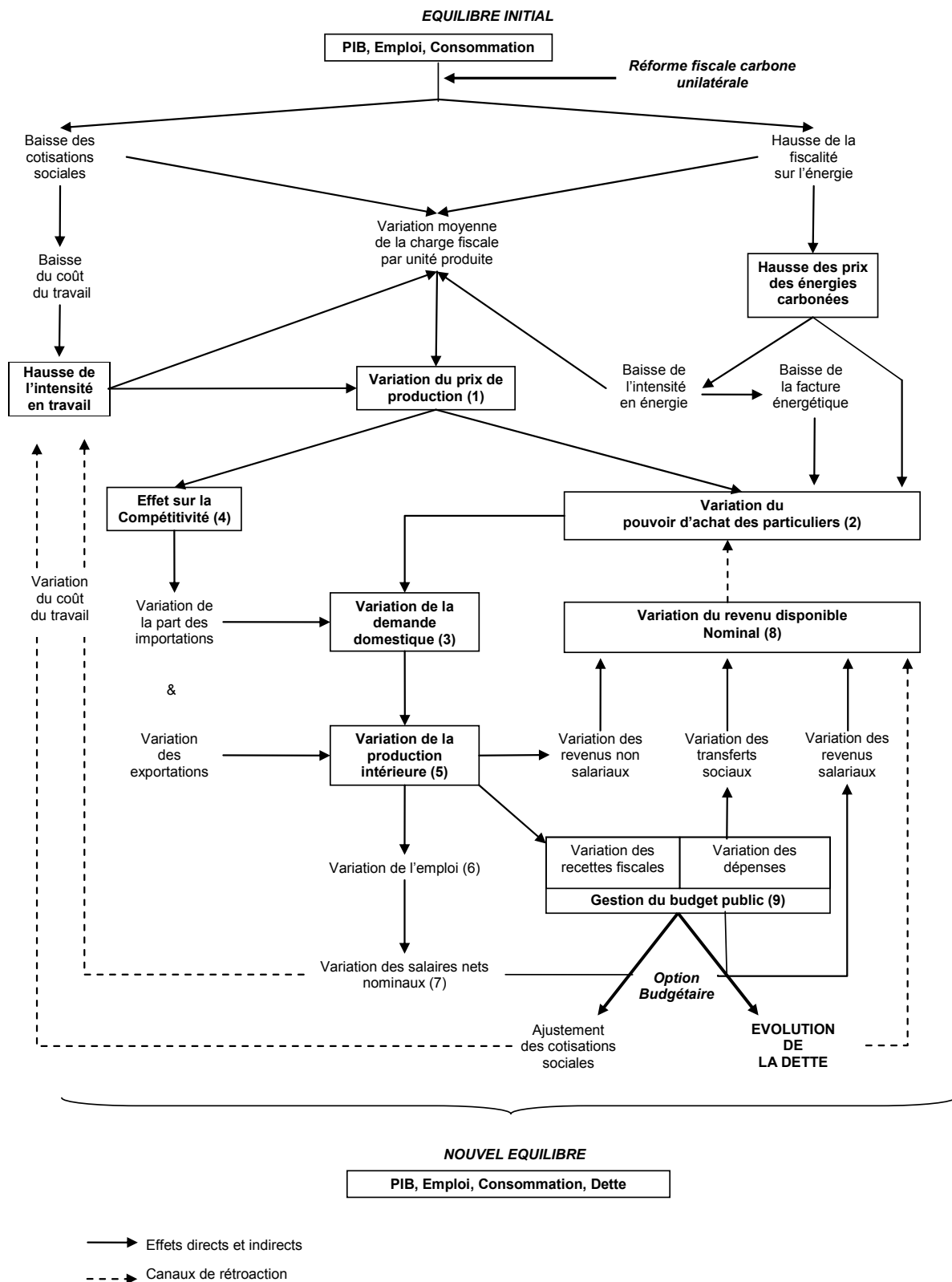


Figure 41 Représentation schématique des mécanismes de propagation

3 Incertitudes, diversité des croyances et robustesse des résultats

Les résultats numériques qui précèdent sont les effets nets de mécanismes qui ne jouent pas tous dans le même sens, ni avec la même force. Le domaine de validité du résultat précédent peut donc être limité à des hypothèses trop particulières sur les éléments incertains du fonctionnement de l'économie. Cette section se propose d'en tester la robustesse en considérant des variantes de fonctionnement macroéconomique de second rang. Nous le faisons en présentant un certain nombre de tests de sensibilité sur les effets induits par le dispositif taxe carbone-baisse des cotisations. Parmi les nombreuses variantes possibles, nous nous arrêtons sur celles qui touchent aux principaux points d'incertitude et de controverse⁴⁹.

Nous considérons dans un premier temps des hypothèses différentes sur la capacité technique des ménages et des systèmes productifs à éviter l'impôt (paragraphe 3.1), puis sur la réponse des salaires et la sensibilité des échanges extérieurs (paragraphe 3.2). Nous garderons en tête que beaucoup de ces tests représentent des hypothèses extrêmes qui ne prétendent aucunement au réalisme mais précisent les conditions de l'analyse normative.

3.1 Sensibilité au potentiel de décarbonisation

Traditionnellement, les avis divergent sur la flexibilité des systèmes techniques tant du côté de l'offre que du côté de la demande d'énergie. Un point important, souvent ignoré, est qu'un plus grand optimisme technologique ne se traduit pas mécaniquement par un moindre coût des politiques, dès lors que l'on tient compte de l'ensemble des interdépendances au sein d'une économie. Par exemple, si le couple taxe carbone-baisse des cotisations sociales produit un double dividende économique, alors une érosion rapide de la base sur laquelle est prélevée la taxe carbone conduit à un amenuisement de ce double dividende (Bovenberg et de Mooij, 1994a). Mais d'un autre côté, une rigidité trop forte des consommations d'énergie suscitera une forte hausse des factures énergétiques payées par les ménages et les entreprises ; si elle n'est pas compensée, cette hausse risque de déprimer l'activité.

Pour comprendre les liens entre hypothèses technologiques et impact macroéconomique d'une fiscalité carbone, nous supposons dans un premier temps des variations des potentiels de décarbonisation des seuls systèmes de production, puis de ces mêmes potentiels pour les ménages. Nous adopterons deux hypothèses contrastées : d'une part, un doublement du potentiel ultime de décarbonisation et de la sensibilité de la réalisation de ce potentiel aux prix de l'énergie, d'autre part une rigidité absolue des technologies de production et d'usage final des énergies⁵⁰.

Un plus grand optimisme sur la décarbonisation de la production induit une amélioration significative de l'impact sur la consommation des ménages, qui progresse fortement — de 3,2%, contre 1,8% (Tableau 19). Le mécanisme qui provoque ce résultat mérite d'être détaillé, puisqu'on

⁴⁹ Cf. chapitre 1 et 2.

⁵⁰ Nous conservons toutes les autres hypothèses de référence sur le fonctionnement de l'économie (cf. annexes, Table B page 328 et Table BB page 367).

enregistre une légère hausse du prix de production composite (+0,8%) et qu'on s'attendrait au vu des résultats précédents à ce que ceci nuise à l'activité (par exemple, en comparaison de notre première simulation, où ce même prix baissait de 1,2%). L'induction d'une hausse des prix de production par un surcroît de flexibilité est contre-intuitive *a priori* car elle ne résulte pas d'effets directs, mais elle traduit une force de rappel bien réelle : une plus grande flexibilité est cohérente avec une plus forte augmentation de l'intensité en travail de la production ; cette augmentation (de 1,4 point par rapport au cas de référence) entraîne une demande et un PIB supérieur, ce qui induit une baisse du chômage et une hausse du salaire nominal assez forte pour, au final, augmenter les coûts de production. La légère perte de compétitivité internationale qui en résulte ne se traduit pas par une croissance plus faible parce qu'elle est plus que compensée par la croissance de la demande domestique qu'autorise la progression des salaires.

Recyclage Option budgétaire Potentiel de décarbonisation (production)	Baisse des cotisations		
	RDPC*		
	Nul	Référence	Doublé
Emissions totales de CO ₂	-16,3%	-41,4%	-57,9%
Produit intérieur brut réel	+2,0%	+2,1%	+2,5%
Emploi total (éq. temps plein)	+3,2%	+4,1%	+5,2%
Prix de production composite	-2,8%	-1,2%	+0,8%
Intensité en travail du bien composite	+0,1%	+1,6%	+3,0%
Consommation composite des ménages	+0,9%	+1,8%	+3,2%
Volume des exportations de bien composite	+1,6%	+0,7%	-0,4%
Proportion de bien composite importée	-2,5%	-1,0%	+0,7%
Importations de pétrole brut (TEP)	-17,2%	-20,0%	-30,7%
Pression fiscale (pts de pourcentage)	-0,30	-0,40	-0,53

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

Tableau 19 Sensibilité des effets d'une taxe carbone de 400€/tCO₂ au potentiel de décarbonisation des systèmes de production

Avec les hypothèses pessimistes sur le potentiel de décarbonisation des systèmes de production, ces mêmes mécanismes jouent toujours mais en sens inverse, ils débouchent cependant sur une hausse du PIB à peine inférieure au cas de référence. Ceci est dû au fait que la base fiscale de la taxe s'érode bien moins rapidement ; il en résulte une hausse des prélèvements sur les revenus non salariaux qui permet une baisse significative du prix de production du bien composite (-2,8%). Cette baisse permet une amélioration notable du commerce extérieur, mais qui n'est pas suffisante pour contrebalancer l'effet négatif de la hausse des prix de l'énergie pour les ménages, dont la consommation ne croît que de 0,9% au lieu de 1,8% en référence.

Si un plus grand optimisme technologique du côté de l'appareil de production conduit bien à une amélioration du bilan net de la fiscalité carbone (par des mécanismes moins triviaux qu'il n'y paraît), les tests de sensibilité sur les ménages (Tableau 20) confirment, quant à eux, les liens compliqués entre optimisme technologique et bilan macroéconomique : ils débouchent sur des

résultats paradoxaux puisque l'hypothèse optimiste d'une flexibilité doublée débouche sur des hausses du PIB (+0,9%) et de l'emploi (+0,9%) inférieures à celles de la référence et ceci en dépit d'une plus forte hausse de la consommation des ménages (+3,1 contre +1,8% en référence). Tout surcroît de flexibilité préserve le pouvoir d'achat des ménages, mais entraîne en même temps une plus forte érosion de la base fiscale que constituent leurs émissions de carbone : on retrouve le résultat de l'analyse de la section précédente⁵¹. Ceci limite le transfert de charges au cœur du dispositif et aboutit à une moindre baisse des coûts de production, une moindre hausse des gains de compétitivité, etc.

Recyclage Option budgétaire Potentiel de décarbonisation (ménages)	Baisse des cotisations		
	RDPC*		
	Nul	Référence	Doublé
Emissions totales de CO ₂	-25,3%	-41,4%	-52,5%
Produit intérieur brut réel	+3,4%	+2,1%	+0,9%
Emploi total (éq. temps plein)	+5,0%	+4,1%	+3,5%
Prix de production composite	-3,1%	-1,2%	+0,4%
Intensité en travail du bien composite	+1,8%	+1,6%	+1,4%
Consommation composite des ménages	+0,3%	+1,8%	+3,1%
Volume des exportations de bien composite	+1,7%	+0,7%	-0,2%
Proportion de bien composite importée	-2,7%	-1,0%	+0,4%
Importations de pétrole brut (TEP)	-12,8%	-20,0%	-27,2%
Pression fiscale (pts de pourcentage)	-0,33	-0,40	-0,45

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

Tableau 20 Sensibilité des effets d'une taxe carbone de 400€/tCO₂ au potentiel de décarbonisation des ménages

En sens inverse, dans l'hypothèse pessimiste, la résistance de la base fiscale autorise des transferts de charges plus importants vers les revenus non salariaux, une forte baisse des prix de production, une forte amélioration de la compétitivité internationale, ainsi qu'une importante hausse de l'intensité en emploi. Bien sûr, la consommation de composite des ménages est bridée par l'absence de substitution en sa faveur (+0,3% contre +1,8% en référence), mais précisément le maintien des consommations d'énergies favorise la baisse des coûts de production. La baisse des prix qui en résulte fait plus que compenser la perte de demande effective car les échanges extérieurs sont améliorés et la demande publique est en hausse⁵².

Au total, si on combine maintenant les variations de flexibilité des ménages et des entreprises au lieu de les traiter séparément, on débouche sur la conclusion que le bilan macroéconomique de la

⁵¹ En particulier, nous avons noté qu'une consommation d'énergie des ménages élevée et grande par rapport à celle des systèmes productifs est une condition favorable pour l'activité et l'emploi, même dans le domaine où la sensibilité des échanges extérieurs aux prix est faible (cf. paragraphe 2.3, page 172).

⁵² Le PIB nominal augmente davantage que le coût des dépenses publiques. La règle de constance du ratio des dépenses au PIB permet donc une hausse de la consommation et de l'investissement public en volume.

réforme est plutôt insensible aux hypothèses de décarbonisation (Tableau 21). Il semble que dans les versions optimistes, la persistance d'un gain d'activité et d'emploi significatif permet de répondre aux inquiétudes concernant l'érosion de la base fiscale⁵³. Quant au résultat macroéconomique plus positif des hypothèses pessimistes, il faut garder à l'esprit qu'il est réalisé au détriment de l'objectif de réduction des émissions. Mais il importe pour les débats de politique économique dans la mesure où il montre qu'une fiscalité carbone dûment recyclée peut jouer un rôle positif même au sein de visions du monde très pessimistes sur l'efficacité de son signal : avec un effet très faible à court-moyen terme sur les émissions, la taxe carbone peut dans ces conditions rester justifiée simplement pour réduire les coûts macroéconomiques d'une décarbonisation qui serait menée essentiellement à plus long terme ou par des normes techniques et un volontarisme du côté de l'offre. Peu d'économistes souscriraient à une réforme ainsi construite, mais nous l'envisageons dans la volonté d'aller jusqu'au bout de la logique des sceptiques vis-à-vis de l'effet signal : même en l'absence d'effet signal, il peut être utile de réarranger la fiscalité, sauf si l'on croit que la décarbonisation par l'usage de normes et de réglementations est gratuite. Ce raisonnement reporte la discussion sur la comparaison de la réforme fiscale carbone avec les autres réformes envisageables, comparaison que nous entamerons en prospective au chapitre 8.

Recyclage Option budgétaire	Baisse des cotisations		
	RDPC*		
Potentiel de décarbonisation (production et ménages)	Nul	Référence	Double
Emissions totales de CO ₂	+0,1%	-41,4%	-68,8%
Produit intérieur brut réel	+3,4%	+2,1%	+1,3%
Emploi total (éq. temps plein)	+4,0%	+4,1%	+4,5%
Prix de production composite	-5,0%	-1,2%	+2,1%
Intensité en travail du bien composite	+0,2%	+1,6%	+2,6%
Consommation composite des ménages	-0,8%	+1,8%	+4,3%
Volume des exportations de bien composite	+2,9%	+0,7%	-1,1%
Proportion de bien composite importée	-4,4%	-1,0%	+1,9%
Importations de pétrole brut (TEP)	-9,6%	-20,0%	-37,4%
Pression fiscale (pts de pourcentage)	-0,25	-0,40	-0,59

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

**Tableau 21 Sensibilité des effets d'une taxe carbone de 400€/tCO₂
au potentiel de décarbonisation de la production et des ménages**

3.2 *Sensibilité à la réaction des salaires nets : un problème de négociation salariale*

Si les hypothèses technologiques ne changent pas fondamentalement le bilan économique global de la réforme, notre première analyse ainsi que celle de la littérature sur le double dividende ont souligné l'importance des hypothèses sur la réponse du marché du travail. Nous nous limitons au

⁵³ Nous revenons plus précisément sur la question de l'érosion de la base fiscale au chapitre 6, paragraphe 3.4, page 222.

cas où le fonctionnement agrégé de ce marché peut être représenté par une boucle salaire-chômage (Blanchflower et Oswald, 1995) qui, rappelons-le, peut être vue comme une façon simple de synthétiser les facteurs qui influent sur la réaction des salaires à l'environnement macroéconomique (emploi et niveau des prix) ainsi qu'aux rapports de force en matière de négociation salariale⁵⁴.

Un point technique important est ici de savoir s'il convient de faire agir cette boucle sur le salaire indexé sur le niveau des prix internationaux⁵⁵ - comme dans nos hypothèses de référence - ou sur le salaire réel, ce qui revient à tendre à l'indexation des salaires sur les prix à la consommation, comme le fait notamment le modèle MESANGE (Allard-Prigent *et al.*, 2002). Bien que leurs structures soient complètement différentes, ces deux modèles macroéconomiques conduisent à un lien comparable entre baisse des cotisations sociales et croissance (Encart 7). Souvenons-nous que dans une interprétation microéconomique donnée par Blanchflower et Oswald (1995), la courbe salaire-chômage représente l'équilibre d'un jeu stratégique de négociation salariale où la variable de salaire indexé précédente joue le rôle de salaire de réserve et donc de référence dans les négociations. L'élasticité de la réaction de l'écart de salaire au taux de chômage est d'autant plus forte les salariés se trouvent dans une position de force dans la négociation⁵⁶. Nous testerons cependant l'hypothèse d'une tendance à l'indexation des salaires sur les prix à la consommation puisque cela permet de baliser les enjeux du lien entre fiscalité carbone et négociation salariale.

Encart 7 : Comparaison des simulations IMACLIM et MESANGE

Quel que soit le modèle macroéconomique utilisé, la mesure des effets d'une réforme résulte du jeu simultané de l'ensemble des comportements économiques représentés.

Dans le cas d'un dispositif de taxe carbone recyclée en baisse des cotisations sociales, l'ampleur du cercle vertueux dépend très largement du fonctionnement du marché du travail. Supposer que l'allègement des prélèvements obligatoires dans le coût du travail favorise avant tout la croissance des salaires nets nominaux revient à limiter les possibilités de baisse des coûts et de créations d'emplois, donc de gains de compétitivité et de croissance ; à l'inverse, supposer des salaires nominaux plus rigides, par exemple pour des raisons institutionnelles ou de compétitivité à l'export, renforce la possibilité d'un cercle vertueux.

Le modèle MESANGE (Modèle Econométrique de Simulation et d'Analyse Générale de l'Economie), élaboré par l'INSEE et la Direction de la Prévision du Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie (Allard-Prigent *et al.*, 2002), possède sa propre représentation du marché du travail et suppose notamment une *quasi* indexation, sur le « long terme », des salaires sur les prix à la consommation. L'estimation à correction d'erreurs, utilisée pour estimer les autres paramètres de ce marché du travail, lui assure une bonne reproduction des évolutions historiques, mais limite son domaine de validité à des chocs marginaux.

Bien que les modèles IMACLIM-S et MESANGE soient très différents (marché du travail mais aussi horizons temporels, représentation de la politique budgétaire, des dépenses publiques, *etc.*), il est utile de comparer ce qu'ils donnent *ex post* lorsque l'on simule une même baisse des cotisations sociales patronales de 0,28% de PIB (le coût *ex ante* pour les finances publiques est d'environ 4,6 milliards d'euros en 2004).

⁵⁴ Nous renvoyons le lecteur aux chapitres 2 et 3 pour les discussions relatives aux hypothèses de modélisation du marché du travail. L'effet d'autres spécifications, correspondant à diverses théories concurrentes, a été exploré dans le même modèle d'équilibre général par Thubin (2012). Il en ressort que le recours à une courbe salaire-chômage permet de couvrir la majeure partie des controverses sur le fonctionnement de ce marché et son effet sur les conséquences d'une fiscalité carbone ; c'est pourquoi nous nous limitons à cette spécification.

⁵⁵ Ces prix sont fixes dans l'hypothèse où la France est un petit pays à l'échelle de ses partenaires commerciaux.

⁵⁶ Une formalisation d'un modèle microéconomique de négociation de ce type est donnée au chapitre 3 (*cf.* note 28, page 92).

Pour le modèle MESANGE, une baisse de 0,28% de PIB des cotisations sociales patronales induit sur le « long terme » une hausse de 0,27% du PIB et 47 000 créations d'emplois (Allard-Prigent et al., 2002, page 52).

Simulé à l'aide du modèle IMACLIM-S, ce choc induit au bout de vingt ans une hausse du PIB de 0,30% et 80 000 créations d'emplois.

La différence de l'effet sur l'emploi n'est pas surprenante : le modèle IMACLIM représente des substitutions technologiques de moyen-long terme plus importantes entre le travail et les autres facteurs de production et une évolution structurelle de l'économie en direction des activités à plus basse intensité énergétique.

Le premier test effectué en conservant constants les autres paramètres du modèle montre que la conjonction de cette quasi indexation et d'une taxe carbone (Tableau 22) conduit à un recul significatif du PIB réel (-3,2%), qui entraîne dans sa chute l'emploi total (-2,5%) et la consommation des ménages (-0,9%).

Recyclage Option budgétaire Boucle salaire-chômage	Baisse des cotisations RDPC*	
	Sur le salaire nominal	Sur le salaire réel
Emissions totales de CO ₂	-41,4%	-42,8%
Produit intérieur brut réel	+2,1%	-3,2%
Emploi total (éq. temps plein)	+4,1%	-2,5%
Prix de production composite	-1,2%	+8,2%
Intensité en travail du bien composite	+1,6%	+0,5%
Consommation composite des ménages	+1,8%	-0,9%
Volume des exportations de bien composite	+0,7%	-4,0%
Proportion de bien composite importée	-1,0%	+7,2%
Importations de pétrole brut (TEP)	-20,0%	-21,1%
Pression fiscale (pts de pourcentage)	-0,40	+1,56

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

Tableau 22 Sensibilité des effets d'une taxe carbone de 400€/tCO₂ à la réaction des salaires nets

La clé de ce résultat négatif réside dans la forte augmentation des prix de production composite : la taxation indirecte des revenus non salariaux par la fiscalité carbone permet toujours une baisse des cotisations sociales, mais cette baisse est désormais absorbée en totalité par la hausse du salaire nominal. L'appareil de production voit ses coûts augmenter et perd en compétitivité : baisse de 4,0% des exportations, hausse de 7,2% de la part des importations dans la consommation composite.

Les pertes d'activité que provoque cette baisse de compétitivité aboutissent au résultat inverse du but que semble rechercher l'indexation des salaires sur les prix, à savoir le maintien du pouvoir d'achat des salaires : une baisse de 2,5% de l'emploi total correspond en effet à une forte hausse du chômage (+2,3 points) qui exerce une forte pression à la baisse sur le salaire réel (-2,1%)

par le jeu de la nouvelle boucle salaire-chômage. Par conséquent, les salaires nominaux progressent (+9,7%) mais sensiblement moins que l'indice des prix (+15%). Une fois encore, rappelons que ces résultats sont à prendre comme une expérience numérique et non comme une projection réaliste puisque l'hypothèse d'une tendance à l'indexation des salaires aux prix est peu cohérente avec un contexte d'ouverture à la concurrence internationale, qui contraint la hausse des salaires.

Ceci apparaît clairement lorsqu'on analyse la sensibilité des résultats aux élasticités du commerce international, qui captent le degré d'ouverture de l'économie à la concurrence extérieure (Tableau 23). On remarque ainsi que l'hypothèse d'une tendance à l'indexation des salaires sur les prix conduit à des résultats d'autant moins négatifs que l'économie est fermée. Cette combinaison d'un jeu d'élasticités imports/exports faibles et d'un maintien du salaire réel rappelle le contexte des années 60-70 où l'économie était moins exposée et où le rapport de force pouvait jouer en faveur des salariés dans le partage du surplus. Dans ce type d'économie, éloignée des conditions actuelles de l'économie française, l'augmentation des coûts de production ne provoque pas assez de pertes de marchés pour contrecarrer l'effet positif d'une relance de la consommation des ménages assise sur le maintien du pouvoir d'achat de leurs salaires.

Recyclage Option budgétaire Boucle salaire chômage Sensibilité imports/exports*	Baisse des cotisations					
	Ratio de la dette publique au PIB constant (RDPC)					
	Sur le salaire nominal			Sur le salaire réel		
	Faible	Référence	Forte	Faible	Référence	Forte
Emissions totales de CO ₂	-41,3%	-41,4%	-41,6	-40,5%	-42,8%	-44,1%
Produit intérieur brut réel	+1,6%	+2,1%	+2,3%	+0,1%	-3,2%	-5,2%
Emploi total (éq. temps plein)	+3,6%	+4,1%	+4,3%	+0,8%	-2,5%	-4,8%
Prix de production composite	-1,7%	-1,2%	-0,9%	+13,5%	+8,2%	+6,5%
Intensité en travail du bien composite	+1,6%	+1,6%	+1,6%	+0,4%	+0,5%	+0,5%
Consommation composite des ménages	+1,2%	+1,8%	+2,2%	+4,0%	-0,9%	-3,5%
Volume des exportations de bien composite	+0,6%	+0,7%	+0,7%	-4,3%	-4,0%	-4,3%
Proportion de bien composite importée	-1,0%	-1,0%	-1,0%	+7,7%	+7,2%	+7,7%
Importations de pétrole brut (TEP)	-17,4	-20,0%	-22,9	-15,2%	-21,1%	-25,5%
Pression fiscale (pts de pourcentage)	-0,30	-0,40	-0,45	+0,88	+1,56	+2,08

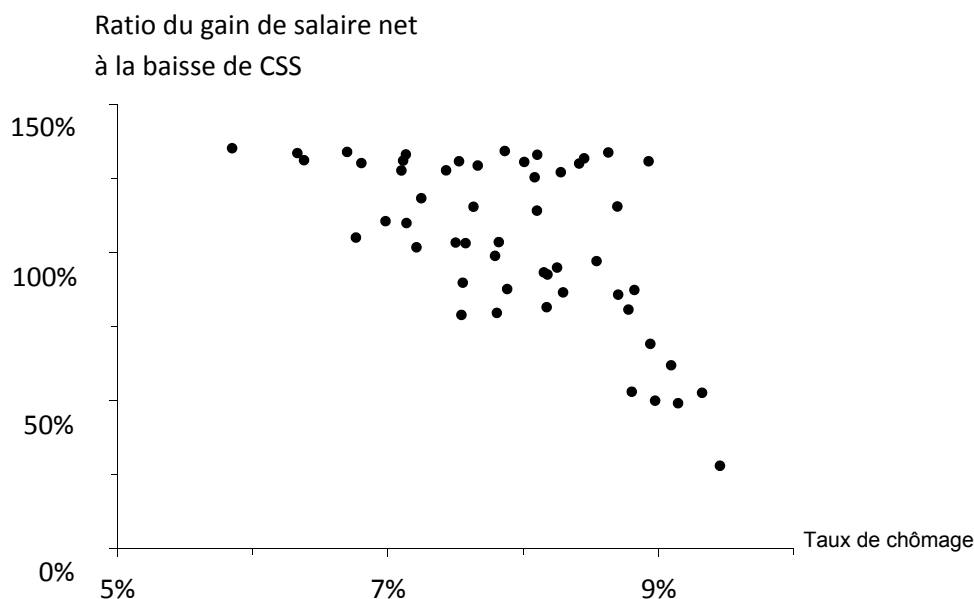
* La « sensibilité imports/exports faible » et « forte » est modélisée par des élasticités du commerce international respectivement inférieures et supérieures d'un tiers à leurs valeurs centrales.

Tableau 23 Sensibilité des effets d'une taxe carbone de 400€/tCO₂ au degré d'ouverture de l'économie, en fonction de l'ajustement des salaires nets

Ces mêmes mécanismes jouent, mais en sens inverse, avec notre hypothèse de référence d'une corrélation entre salaires nominaux et taux de chômage ; les tests de sensibilité montrent alors que *la fiscalité carbone conduit à un double dividende d'autant plus important que l'économie est ouverte*. On retrouve le résultat analytique obtenu plus haut. Ceci est simplement dû au fait que l'appareil de production national bénéficie d'autant plus de la baisse des prix de production du bien

composite que les marchés sont concurrentiels⁵⁷. Mais on voit immédiatement le problème à gérer, celui de la répartition de la baisse des cotisations entre entreprises et salariés, puisque c'est cette répartition qui détermine l'essentiel de l'évolution des coûts de production.

Dans nos simulations, où l'on suppose que les allègements de cotisation portent également sur les parts salariale et patronale, le jeu de la boucle salaire-chômage détermine la progression du salaire net, en traduisant le fait que le rapport de force dans la négociation salariale joue d'autant plus en faveur des salariés que le chômage est bas. Or, pour 31 de 52 de nos simulations⁵⁸, la hausse des salaires nets par rapport à la référence 2004 est strictement supérieure à la baisse des cotisations salariales ; pour 45 d'entre elles, elle est supérieure à 75% de cette baisse (Figure 42).



Les points représentent les 52 simulations (13 réformes x 4 niveaux de taxe) assises sur une boucle salaire-chômage nominale et supposant une variation des cotisations sociales salariales. Ces simulations ont été réalisées pour la commission Rocard (Combet et al., 2010a).

Figure 42 Progression du salaire net rapportée à la baisse des cotisations salariales, 52 simulations assises sur la boucle salaire-chômage nominale

Cette récupération par les salariés d'une partie très significative de la baisse des cotisations n'empêche pas des gains de compétitivité, et ce sont d'ailleurs ces gains de compétitivité qui ouvrent la voie à des gains de croissance. Pour rendre ce résultat plus tangible nous pouvons l'illustrer de la façon suivante :

- considérons une feuille de paie 2004 avec un coût salarial de 130, des cotisations patronales de 30 et des cotisations salariales de 20, donc un salaire brut de 100 et un salaire net de 80 ;

⁵⁷ On remarquera que cette baisse diminue avec l'ouverture de l'économie en raison de la pression à la hausse sur les salaires qu'induit la progression de la demande adressée aux systèmes productifs nationaux.

⁵⁸ Les 52 simulations (13 réformes, 4 niveaux de taxe) assises sur une boucle salaire-chômage nominale et supposant une variation des cotisations sociales salariales ont été réalisées pour la commission Rocard (Combet et al., 2010a).

- supposons que la réforme autorise une baisse de 50% des taux de cotisations salariales et patronales ;
- alors, en supposant que les ajustements économiques ont fait passer le salaire net à 92, les salariés ont donc récupéré plus que la baisse des cotisations salariales. La feuille de paie 2004 ferait apparaître un salaire brut de 102,22 et un coût salarial de 117,55⁵⁹.

En réalité, ce calcul ne tient que si les entreprises utilisent bien la baisse de la part patronale pour réduire leurs prix et n'en profitent pas pour augmenter leurs marges. Avec nos hypothèses de référence, nos simulations peuvent en effet être vues comme décrivant une économie où le jeu de la concurrence interdit une telle augmentation, ou encore où l'intégralité du capital est contrôlée soit par une puissance publique bienveillante et compétente, et qui viserait à maximiser, à terme, les revenus du travail, soit par des industriels préoccupés de maximiser la croissance à long terme de leur entreprise, en France, sans chercher à maximiser immédiatement leurs marges pour se lancer dans des opérations financières, des achats d'outils de production à l'étranger, ou pour rémunérer les propriétaires des avances de capitaux.

Néanmoins, on peut comprendre la crainte que des hausses de marges ne sapent les réductions de cotisations étant donné qu'on peut se nourrir de l'expérience récente de baisse de la TVA octroyée aux restaurateurs, mais également de l'expérience des baisses des cotisations sociales sur les bas salaires qui ne semblent pas toujours avoir été utilisées pour développer l'emploi. Certes, nous avons déjà souligné les raisons pour lesquelles un parallèle peut être trompeur⁶⁰. L'argument économique principal était le suivant : dans le cas d'une réforme fiscale carbone, les allègements de charges sont accordés aux entreprises en contrepartie d'une hausse de leur fiscalité sur l'énergie. Si les premiers ne réduisent pas le coût du travail, mais servent à une hausse des marges, il faut bien que les prix augmentent, ce qui serait fait indépendamment de la réforme si cette hausse n'était pas défavorable à l'activité et au final à la profitabilité. Nous vérifions ce raisonnement en simulant une nouvelle fois la réforme mais en supposant cette fois-ci que les allègements de cotisations sociales ne servent que pour partie à réduire le coût du travail. Une fraction de ces allègements est « captée » par des hausses des marges. Sans surprise, on observe que le bilan de la réforme est moins bon pour l'activité comme pour l'emploi (Tableau 24). Pour les deux niveaux de capture des allègements de charges par les profits (respectivement 50% et 60% des recettes recyclées), les prix de production ne baissent plus, ils progressent fortement (de 5,9% et 8,5%), ce qui défavorise la compétitivité des productions nationales, réduit les exportations (de 3% et 4,2%) et accroît la part des importations (de 5,2 à 7,4). Cet effet défavorable l'emporte sur l'effet favorable pour les revenus et la consommation des ménages de la hausse des profits et de la progression de l'intensité en emploi de la production ; néanmoins, pour obtenir des pertes d'activité (l'emploi progresse toujours), il faut atteindre des niveaux de capture des allègements de cotisation peu crédibles dans un contexte de forte exposition à la concurrence internationale.

⁵⁹ Les cotisations salariales passent de 20% à 10% donc en supposant un salaire net de 92 le brut est de $92 / 0,9 = 102,22$; les cotisations patronales passent de 30% à 15% et le coût salarial est bien de $92 / 0,9 \times 1,15 = 117,55$.

⁶⁰ Cf. chapitre 1, paragraphe 2.3, page 29.

Recyclage Option budgétaire Fraction nourrissant la hausse des marges	Baisse des cotisations / Hausse des marges		
		RDPC*	
	0%	50%	60%
Emissions totales de CO ₂	-41,4%	-41,8%	-41,8%
Produit intérieur brut réel	+2,1%	+0,1%	-0,2%
Emploi total (éq. temps plein)	+4,1%	+2,1%	+1,8%
Prix de production composite	-1,2%	+5,9%	+8,5%
Intensité en travail du bien composite	+1,6%	+2,6%	+2,9%
Consommation composite des ménages	+1,8%	+3,2%	+4,2%
Volume des exportations de bien composite	+0,7%	-3,0%	-4,2%
Proportion de bien composite importée	-1,0%	+5,2%	+7,4%
Importations de pétrole brut (TEP)	-20,0%	-20,5%	-20,5%
Pression fiscale (pts de pourcentage)	-0,40	+0,5	+1,0

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

Tableau 24 **Sensibilité des effets d'une taxe carbone de 400€/tCO₂**
à la fraction des allègements de cotisation récupérée par les marges

4 Conclusion : sur les co-bénéfices d'une fiscalité carbone

Dans l'ensemble, l'analyse de ce chapitre n'exclut pas qu'une hausse progressive de la fiscalité énergétique mise en œuvre simultanément à une baisse des prélèvements sur le travail aurait pu apporter des co-bénéfices du point de vue de l'efficacité productive et même un gain macroéconomique net. Si notre analyse tempère les résultats pessimistes des études théoriques néoclassiques des années 90⁶¹, elle montre néanmoins que l'occurrence d'un double dividende est loin d'être mécanique.

Au total, en dépit des nombreuses incertitudes sur le fonctionnement du monde, un résultat qualitatif solide se dégage de nombreux tests de sensibilité. *La réforme n'est pas un jeu à somme nulle, ses vertus potentielles pour l'activité et l'emploi tiennent à sa capacité d'induire un mécanisme de synergie économique que l'on jugera d'autant plus vertueux qu'il combine les trois effets suivants* (Figure 43) : (i) *un changement structurel favorable aux activités riches en emploi et économes en énergie*, (ii) *une baisse des importations d'énergie* et l'amenuisement de la ponction qu'elles opèrent sur la richesse nationale et (iii) *un allègement des coûts de production* qui résulte d'un déplacement de l'incidence des prélèvements obligatoires favorable à la compétitivité des productions nationales.

Nous avons vu que les caractéristiques actuelles de l'économie française et le contexte de mondialisation des échanges qui accroît l'exposition des producteurs nationaux à la concurrence internationale forment une conjoncture plutôt favorable à ce mécanisme de synergie.

⁶¹ Cf. Bovenberg (1999) pour une courte synthèse de ces études.

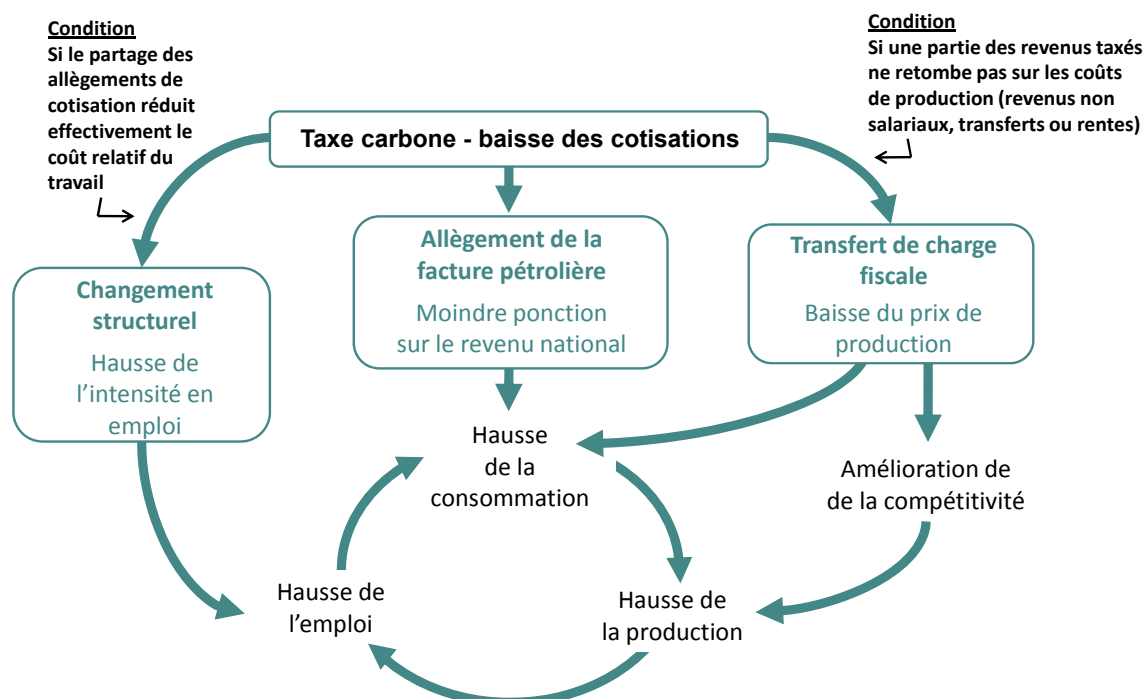


Figure 43 Un mécanisme de synergie économique vertueuse sous contraintes

L'existence d'un transfert de charge fiscale favorable et suffisant est l'effet le plus débattu, que ce soit dans la littérature spécialisée du double dividende ou, plus généralement, dans les discussions économiques sur la réforme globale des systèmes fiscaux⁶². Les analyses d'incidence fiscale sont en effet très sensibles aux conceptions du fonctionnement d'ensemble de l'économie et en particulier aux croyances sur l'importance et la nature des sous-optimalités initiales du système fiscal. A cet égard, nous avons mis l'accent sur la contribution de trois éléments majeurs de désaccord : les potentiels techniques qui déterminent l'évolution des consommations d'énergies, les possibilités d'ajustement des salaires et le rôle des prix pour la compétitivité et les échanges extérieurs. Nous avons en revanche laissé de côté l'analyse d'autres mécanismes possibles de transfert, certains allant plutôt dans un sens favorable à l'efficacité macroéconomique de la réforme, tandis que d'autres joueraient à l'inverse, plutôt en sa défaveur.

Nous avons ainsi négligé d'éventuels effets d'éviction des investissements, pouvant induire une baisse de la productivité générale le temps de la mutation des systèmes techniques, et avec elle une diminution possible de la rentabilité du capital associée à une baisse de l'investissement. Cet effet peut accroître le coût de la transition (Sassi, 2008), mais semble de second ordre pour la question du double dividende (Gherzi et Hourcade, 2000)⁶³. En revanche, plusieurs conséquences possibles du transfert de charge fiscale aux revenus non-salariaux doivent encore être étudiées.

⁶² Nous reviendrons à plusieurs reprises sur ces discussions ; en particulier, au chapitre 6, lorsque nous comparerons les effets d'un recyclage en baisse de la TVA, et surtout au chapitre 8, lorsque nous comparerons différents dispositifs de réforme globale pour contrôler les déficits.

⁶³ A plus long terme, l'effet de l'induction du changement technique sur la productivité générale est incertain (Schneider et Goulder, 1997) : il peut être favorable en accélérant l'innovation et la mise en œuvre de technologies de production et consommation d'énergie plus efficaces, ou encore, en induisant l'émergence de nouvelles activités avec de plus forts potentiels de progrès technique que dans les secteurs industriels historiques. Mais d'un autre côté, la réforme peut ralentir les progrès techniques en restreignant les capitaux disponibles pour l'investissement dans les secteurs non énergétiques.

Certes, le modèle prend en compte l'existence de revenus de transferts (chômeurs et retraités), dont la taxation contribue à réduire les coûts de production, mais qui, nous le verrons, pose un problème de justice⁶⁴. Un effet bénéfique proviendrait plutôt de ce que la taxation de l'énergie touche aussi indirectement les revenus de rente (immobilière et financière) et réduit l'attractivité du travail « au noir ». Les conséquences macroéconomiques pourraient être sensibles si l'on prend en compte l'hétérogénéité des comportements d'épargne et d'investissement et que l'on considère, par exemple, que les revenus de rente, concentrés en haut de la distribution des revenus, ont tendance à « nourrir plus encore les rentes », défavorisant de ce fait l'activité. Enfin, substituer une taxe carbone aux cotisations actuelles revient à remplacer une taxe implicite sur les sureffectifs par une taxe qui s'adapte au niveau des ventes (la consommation d'énergie étant corrélée au cycle des affaires) ; la réforme peut déclencher un effet dynamique bénéfique à l'emploi en réduisant le risque d'embauche pour les entreprises, qui est accentué par le climat d'incertitude sur les effets futurs de la mondialisation⁶⁵. Ces deux derniers mécanismes, absents de cette étude, ont fait l'objet d'une autre thèse (Thubin, 2012)⁶⁶ et tendent à favoriser l'allègement des coûts de production et l'incitation aux créations d'emploi.

En conclusion, il nous semble nécessaire d'éviter de nourrir de nouvelles crispations sur un sujet qui a suscité et qui suscite toujours beaucoup de scepticisme⁶⁷. L'enjeu des analyses macroéconomiques qui cherchent à identifier des sources de double dividende est parfois perçu comme « la recherche à tout prix d'une justification »⁶⁸. L'action climatique dans son principe d'assurance contre un risque futur n'est aujourd'hui plus contestée que par une fraction politique marginale. Par contre, ce sont les modalités de sa mise en œuvre qui sont particulièrement controversées car, comme le montre l'ensemble de cette thèse, une politique climatique peut être bien menée comme très mal conçue et dans tous les cas le choix du dispositif suppose des arbitrages politiques. Tout l'enjeu devient alors la recherche de co-bénéfices, en particulier avec les recettes de la taxe dont il faut bien trouver le meilleur usage au regard des autres enjeux et défis futurs. De ce point de vue, notre dernier chapitre soulignera certaines spécificités qui font que la fiscalité énergétique peut se révéler spécialement adaptée étant donné les anticipations de la conjoncture pour les années à venir. En définitive, un dispositif de fiscalité carbone ne peut être accepté indépendamment de la volonté des citoyens de s'assurer contre le risque climatique, mais ceci ne va pas sans la décision d'en assumer le coût de « souscription ». Bien sûr, pour faire ce choix, il faut être en mesure de prendre conscience de l'intérêt que l'on peut en tirer à long terme et de ce que l'on s'expose à sacrifier. Il reste donc extrêmement utile de progresser dans l'analyse, non plus dans l'espérance d'un argument d'autorité, mais pour améliorer l'information sur le meilleur moyen

⁶⁴ L'effet macroéconomique de l'indexation des transferts est étudié au chapitre 6 (paragraphe 3.2, page 218).

⁶⁵ Toute embauche représente un risque pour les entreprises car elles ne sont jamais sûres que les ventes seront suffisantes pour la rémunérer. L'argument économique est semblable à celui formalisé par Cremer et Gahvari (1995) qui compare l'effet des prélèvements obligatoires sur le travail à la fiscalité indirecte sur les produits en situation d'incertitude dynamique.

⁶⁶ Le transfert de charge aux revenus de rente est étudié dans la section 4 du chapitre 1, pages 54-61 ; le risque d'embauche au chapitre 4, pages 219-265 (Thubin, 2012).

⁶⁷ Nous avons situé les désaccords à propos de la question du double dividende en bonne place dans le « jeu des *a priori* » qui a contribué à freiner le dialogue social et la recherche d'un compromis lors de la récente tentative française (cf. chapitre 1, paragraphe 2.3, page 25). Les raisons du scepticisme théorique au sujet de la possibilité d'un double dividende fort sont éclairées par Guesnerie (2010) : « pour qu'il puisse en être ainsi, il faudrait cependant que la fiscalité ait été initialement suffisamment mal conçue et que la fiscalité carbone se révèle *in fine* suffisamment bien adaptée à la situation. [...] L'argument de double dividende n'est pas pleinement convaincant, sauf à mettre en évidence, outre les graves inefficacités de la situation initiale, les spécificités de la taxe carbone qui en feraient le substitut idéal des impôts initialement inadéquats. » (pages 35-37)

⁶⁸ C'est ce que suggère Lars Bovenberg lorsqu'il conclut son introduction *in* de Mooij (2000) en écrivant : « *double dividende is dead, long life to environmental taxation!* »

d'alléger les tensions entre les objectifs publics concurrents. C'est avec l'objectif d'identifier les meilleures pistes de compromis que nous poursuivons l'analyse dans les trois chapitres suivants.

Il reste pour finir les questions profondes qui fondent le scepticisme des théoriciens : qu'est-ce qui explique la persistance de la sous-optimalité des systèmes fiscaux ? Pourquoi, si ces optimalités existent, n'a-t-on pas augmenté la fiscalité énergétique plus tôt, indépendamment de l'affaire climatique ? Nous rejoignons ici la discussion plus générale que nous avons initiée au second chapitre et qui nous a amené à conclure qu'il faut accepter de s'éloigner de façon significative du paradigme d'un modèle d'économie parfaite en l'absence même d'un consensus sur une théorie générale du second rang⁶⁹. En outre, nous avons apporté des faits empiriques - les nombreuses difficultés politiques - qui peuvent expliquer l'inertie des systèmes fiscaux et la persistance de leurs inefficiences, surtout si les conditions qui prévalent au moment de leur conception sont en rapide mutation et si les effets de ces évolutions profondes sont insuffisamment anticipés (ce que nous verrons au dernier chapitre).

Pour conclure sur cette discussion, il ressort de ce qui précède qu'il existe probablement un potentiel de double dividende qui peut correspondre à un espace de stratégies « sans regret », positives socialement et indépendamment de l'affaire climatique, mais que cet espace n'est pas le résultat automatique d'une taxe carbone et qu'il demande un réel effort de réforme qui touche les intérêts les plus divers. En d'autres termes, dans ce cas de figure le « sans regret » n'est pas synonyme de « gratuit », ou d'« automatique ». La pleine réalisation des potentiels économiques ne saurait se faire sans un contexte politique favorable, un effort de communication et une négociation collective d'ampleur. La question centrale est alors de savoir si les chances de co-bénéfices macroéconomiques ne seront pas annihilées par le choix de modalités de mise en œuvre sous-optimales, ou encore, par des effets distributifs indésirables. Nous examinerons donc successivement ces questions dans les deux chapitres suivants.

⁶⁹ Rappelons que c'est cette discussion sur le lien entre jugement normatif et jugement positif qui nous a amené à la nécessité d'incorporer différentes croyances dans le cadre de modélisation (cf. chapitre 2, section 1, pages 42-53).

Annexe mathématique : une petite économie ouverte importatrice d'énergie

Equilibre de la balance des paiements

L'identité comptable de la balance des paiements (équation 11, page 165) est obtenue à partir des autres identités comptables : l'équation de prix (équation 2, page 164), le budget des ménages et des administrations (équations 3 et 4) et l'équilibre emplois-ressources de la production en volume (équation 1) :

$$p.Y = w.l.Y + \tau_L.w.l.Y + \tau_E.e.Y + p_E^*.e$$

$$w.l.Y = p.C + p_E^*.E + \tau_E.E$$

$$0 = p.G - (\tau_L.w.l.Y + \tau_E.e.Y + \tau_E.E)$$

$$p.C + p.G + p.X = p.Y$$

En sommant ces équations et en simplifiant, on obtient l'identité de la balance des paiements :

$$p.X = p_E^*.e.Y + p_E^*.E$$

Courbe de prix et courbe de demande

La courbe de prix est obtenue en multipliant l'équation de prix (2) par les volumes produits Y , en remplaçant G par $g.Y$ dans l'équation du budget des administrations (4) et en soustrayant la première par la seconde. On obtient l'équation 12, page 166, après simplification et réarrangement.

La courbe de demande est obtenue en multipliant l'équation emplois-ressources en volume (1) par le prix de production p , puis en remplaçant G par $g.Y$ et $p.C$ par l'expression du budget des ménages (3). On obtient l'équation 13, page 166, après réarrangement.

Différentielle totale du système au voisinage d'un équilibre

L'équation matricielle 14, page 167, est obtenue en différenciant totalement la courbe de prix et la courbe de demande (équation 12 et 13) par rapport au taux de taxe sur l'énergie (τ_E). Le changement de variables $Y \rightarrow z$ est effectué en préalable :

$$(1-g).p = w(z).l + p_E^*.e - \frac{\tau_E.E.l}{L.(1-z)}$$

$$(1-g).\frac{L}{l}.p.(1-z) = L.w(z).(1-z) - (p_E^* + \tau_E).E + p.X(p)$$

La différentiation donne :

$$(1-g) \cdot \frac{\partial p}{\partial \tau_E} \Big|_p = l \cdot \frac{\partial w}{\partial z} \cdot \frac{\partial z}{\partial \tau_E} - \frac{El}{L(1-z)} - \frac{\tau_E \cdot El}{L(1-z)^2} \cdot \frac{\partial z}{\partial \tau_E}$$

$$(1-g) \cdot \frac{L}{l} \cdot \left[(1-z) \cdot \frac{\partial p}{\partial \tau_E} \Big|_D - p \cdot \frac{\partial z}{\partial \tau_E} \right] = L \cdot \left[(1-z) \cdot \frac{\partial w}{\partial z} \cdot \frac{\partial z}{\partial \tau_E} \Big|_D - w \cdot \frac{\partial z}{\partial \tau_E} \Big|_D \right] - E + X \cdot \frac{\partial p}{\partial \tau_E} \Big|_D + p \cdot \frac{\partial X}{\partial p} \cdot \frac{\partial p}{\partial \tau_E} \Big|_D$$

Où $\left|_p\right.$ et $\left|_D\right.$ désignent les dérivées partielles des variables p et z respectivement sur les courbes de prix et de demande.

L'équation matricielle 14 est obtenue en insérant, dans ces différentielles, les définitions des élasticités du niveau des salaires au chômage et des exportations nettes aux prix :

$$\frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{w}{z} \cdot \varepsilon_w \quad \text{et} \quad \frac{\partial X}{\partial p} = -\frac{X}{p} \cdot \varepsilon_X$$

et en remarquant qu'à l'équilibre de départ on a :

$$(1-g) \cdot \frac{L(1-z)}{l} = (1-g) \cdot Y = C + X$$

Analyse du signe de l'effet marginal de la réforme sur le chômage

La variation du taux de chômage est donnée par l'équation 15, page 167 :

$$\frac{\partial z}{\partial \tau_E} = \frac{E \cdot \left(1 - \frac{C_0 + X_0 \cdot \varepsilon_X}{C_0 + X_0} \right)}{p_0 \cdot \frac{C_0 + X_0}{1-z_0} - w_0 \cdot L \cdot \left(1 + \frac{1-z_0}{z_0} \cdot \varepsilon_w \right) + \frac{C_0 + X_0 \cdot \varepsilon_X}{C_0 + X_0} \cdot \left(\frac{\tau_{E0} \cdot E}{1-z_0} + w_0 \cdot L \cdot \frac{1-z_0}{z_0} \cdot \varepsilon_w \right)}$$

On pose :

$$u(\varepsilon_X) = \frac{C_0 + X_0 \cdot \varepsilon_X}{C_0 + X_0}$$

et

$$v(\varepsilon_w) = - \frac{p_0 \cdot \frac{C_0 + X_0}{1-z_0} - w_0 \cdot L \cdot \left(1 + \frac{1-z_0}{z_0} \cdot \varepsilon_w \right)}{\frac{\tau_{E0} \cdot E}{1-z_0} + w_0 \cdot L \cdot \frac{1-z_0}{z_0} \cdot \varepsilon_w}$$

Le signe de la variation est alors donné par la condition suivante :

$$\frac{\partial z}{\partial \tau_E} > 0 \leftrightarrow \left| \begin{array}{l} \nu(\varepsilon_w) < u(\varepsilon_x) < 1 \quad (\text{numérateur et dénominateur positifs}) \\ \text{ou} \\ 1 < u(\varepsilon_x) < \nu(\varepsilon_w) \quad (\text{numérateur et dénominateur négatifs}) \end{array} \right.$$

$$\text{car :} \quad \frac{\tau_{E0}.E}{1-z_0} + w_0.L.\frac{1-z_0}{z_0}.\varepsilon_w > 0$$

Cette condition est en fait équivalente à :

$$\frac{\partial z}{\partial \tau_E} > 0 \leftrightarrow \nu(\varepsilon_w) < u(\varepsilon_x) < 1 \quad \text{car } \forall \varepsilon_w \in \mathbf{R}^+, \nu(\varepsilon_w) < 1$$

en effet, sur le domaine des réels positifs (hypothèse d'une corrélation négative des salaires au taux de chômage), $\nu(\varepsilon_w)$ est une fonction monotone, croissante et bornée par 1 :

$$\nu(\varepsilon_w) \xrightarrow[\varepsilon_w \rightarrow \varepsilon_w^=]{\varepsilon_w \rightarrow \varepsilon_w^=} -\infty \quad \text{et} \quad \nu(\varepsilon_w) \xrightarrow[\varepsilon_w \rightarrow +\infty]{\varepsilon_w \rightarrow +\infty} \frac{w_0.L.\frac{1-z_0}{z_0}.\varepsilon_w}{w_0.L.\frac{1-z_0}{z_0}.\varepsilon_w} = 1$$

En effet, la valeur $\varepsilon_w^=$ pour laquelle le dénominateur de $\nu(\varepsilon_w)$ s'annule est toujours négative :

$$\varepsilon_w^= = - \frac{\tau_{E0}.E}{w_0.L.(1-z_0)} \cdot \frac{z_0}{1-z_0} < 0$$

L'analyse se restreint donc à l'étude de la fonction $\nu(\varepsilon_w)$ pour les valeurs de ε_w supérieures à $\varepsilon_w^=$.

La limite de $\nu(\varepsilon_w)$ lorsque ε_w tend vers $\varepsilon_w^=$ par les valeurs positives est $-\infty$ car le numérateur de $\nu(\varepsilon_w^=)$ est négatif. En effet, on a :

$$w_0.L.\left(1 + \frac{1-z_0}{z_0}.\varepsilon_w^=\right) - p_0.\frac{C_0 + X_0}{1-z_0} = w_0.L - \frac{1}{1-z_0}[\tau_{E0}.E + p_0.C_0 + p_0.X_0]$$

Or, à l'équilibre initial, les identités de la balance des paiements (11) et du budget des ménages (3) sont respectées. On a donc également :

$$p_0.C + p_0.X = [w_0.L.(1-z_0) - p_E^*.E - \tau_E.E] + [p_E^*.e.Y_0 + p_E^*.E]$$

En combinant ces expressions et en simplifiant, la valeur du numérateur devient : $-\frac{p_E^*.e.Y_0}{1-z_0} < 0$

Représentation graphique dans le plan $(\varepsilon_w, \varepsilon_x)$

La condition précédente est équivalente à : $\frac{\partial z}{\partial \tau_E} > 0 \leftrightarrow h(\varepsilon_w) < \varepsilon_x < 1$

$$\text{Avec } h(\varepsilon_w) = u^{-1} \circ v(\varepsilon_w) = -\frac{C_0}{X_0} + \left(\frac{C_0}{X_0} + 1 \right) \cdot v(\varepsilon_w)$$

$$\text{En effet : } u^{-1}(\varepsilon_x) = -\frac{C_0}{X_0} + \left(\frac{C_0}{X_0} + 1 \right) \cdot \varepsilon_x \quad \text{donc} \quad u^{-1}(1) = 1$$

$$h(\varepsilon_w) \xrightarrow{\varepsilon_w \rightarrow \varepsilon_w^+} -\infty \quad \text{et} \quad v(\varepsilon_w) \xrightarrow{\varepsilon_w \rightarrow +\infty} -\frac{C_0}{X_0} + \left(\frac{C_0}{X_0} + 1 \right) \cdot \lim_{\varepsilon_w \rightarrow +\infty} v(\varepsilon_w) = 1$$

$$\text{Avec } \overline{\varepsilon_w} = u^{-1}(\overline{\varepsilon_x}) = \frac{C_0}{X_0} - \left(\frac{C_0}{X_0} + 1 \right) \cdot \left[\frac{\tau_{E0} \cdot E}{w_0 \cdot L \cdot (1 - z_0)} \cdot \frac{z_0}{1 - z_0} \right]$$

Analyse du signe de l'effet marginal de la réforme sur la consommation

Le signe de la variation de consommation C se déduit facilement du signe de la variation de prix p que nous avons étudié dans le texte, page 169. Il suffit de partir des expressions de l'équilibre de la balance des paiements (équation 11, page 165) et de l'équilibre emplois-ressources de la production en volume (équation 1, page 163) :

$$p \cdot X(p) = p_E^* \cdot (e \cdot Y + E) \quad \text{et} \quad Y = \frac{C + X(p)}{(1 - g)}$$

$$\text{Donc} \quad p \cdot X(p) = p_E^* \cdot \left(\frac{e}{(1 - g)} (C + X(p)) + E \right)$$

La différentiation de cette expression donne :

$$\frac{\partial p}{\partial \tau_E} \cdot X + p \cdot \frac{\partial X}{\partial p} \cdot \frac{\partial p}{\partial \tau_E} = \frac{p_E^* e}{(1 - g)} \left(\frac{\partial C}{\partial \tau_E} + \frac{\partial X}{\partial p} \cdot \frac{\partial p}{\partial \tau_E} \right) \quad \text{Or,} \quad \frac{\partial X}{\partial p} = -\frac{X}{p} \cdot \varepsilon_X$$

En combinant et en réarrangeant, on obtient :

$$\frac{\frac{\partial C}{\partial \tau_E}}{\frac{\partial p}{\partial \tau_E}} = \frac{X \left[1 + \left(\frac{p_E^* e}{p(1 - g)} - 1 \right) \varepsilon_X \right]}{\frac{p_E^* e}{(1 - g)}}$$

Par conséquent, le signe de la variation de consommation C est le même que celui de la variation de prix p si et seulement si :

$$1 + \left(\frac{p_E^* e}{p(1-g)} - 1 \right) \varepsilon_X > 0 \quad \text{car en effet, } \frac{p_E^* e}{(1-g)} \text{ et } X \text{ sont positifs.}$$

$$\text{Ce qui équivaut à la condition suivante : } 1 > \varepsilon_X \left(1 - \frac{p_E^* e}{p(1-g)} \right)$$

En prenant ε_X comme variable, plusieurs cas sont mathématiquement possibles selon la valeur de $\frac{p_E^* e}{p(1-g)}$ dans la situation initiale. Pour les raisons de vraisemblance empirique évoquées dans le

texte, nous nous limitons au cas où $\frac{p_E^* e}{p(1-g)} < 1$.

Dans ce cas, le signe de la variation de consommation **C** est le même que celui de la variation de prix **p** si et seulement si :

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{p_E^* e}{p(1-g)} \right)} > \varepsilon_X . \text{ Cette condition est toujours vérifiée si } \varepsilon_X < 1, \text{ car } \frac{p_E^* e}{p(1-g)} > 0$$

Par conséquent, le signe de la variation de consommation **C** est identique à celui de la variation de prix **p** lorsque $\varepsilon_X < 1$; il est contraire lorsque $\varepsilon_X > 1$.

Chapitre 6

Efficacité macroéconomique de diverses modalités de mise en œuvre d'une fiscalité carbone

Le chapitre précédent a examiné les mécanismes à l'œuvre dans le cas d'une taxe carbone universelle, perçue sur toutes les émissions nationales de CO₂, sans exonération et affectée intégralement au financement d'une baisse du niveau général des prélèvements sur le travail.

L'objet de ce chapitre est d'aborder les questions plus pragmatiques qui se posent lors de tout essai de mise en œuvre. Les discussions, nous l'avons vu, portent essentiellement sur le choix de deux modalités : en premier lieu, *l'usage des recettes*, avec l'objectif d'atténuer le coût macroéconomique de la réforme, tout en préservant l'activité des entreprises et le pouvoir d'achat des ménages ; en second lieu, *l'assiette de la taxe*, pour inciter le plus possible à réduire les émissions, mais en évitant de pénaliser davantage les ménages et les activités vulnérables.

En gardant pour le chapitre suivant l'analyse de mesures spécifiques destinées à corriger les effets distributifs entre ménages, nous considérons les questions pratiques suivantes : la baisse des cotisations sociales est-elle réellement la meilleure solution sur le plan des performances macroéconomiques ? Ne devrait-on pas plutôt consacrer les recettes à la résorption des déficits ou à la compensation plus directe du pouvoir d'achat des consommateurs ? Devant les difficultés d'acceptabilité politique, quelles seraient les conséquences d'une exemption pure et simple des ménages ? Est-il souhaitable d'exonérer de taxe les activités les plus exposées à une perte de compétitivité ? Ne vaut-il pas mieux les inclure dans le système et les compenser avec une fraction des recettes ? Puisque la réforme suppose une restructuration des finances publiques, ne doit-on pas considérer comment elle interagit avec les autres modalités et objectifs de leur gestion ?

Nous procéderons en trois temps. Dans une première section, nous comparerons les effets de plusieurs modalités d'usage des recettes. Dans une deuxième section, nous étudierons les conséquences d'un ajustement de l'assiette de la taxe ; à cette occasion, nous discuterons les effets de modalités alternatives de prise en charge des activités vulnérables en comparant un système d'exonération à un système de compensation. Dans une troisième section, nous montrerons la sensibilité des effets de la réforme à certains paramètres de la gestion des finances publiques.

1 Modalités alternatives d'usage des recettes

Nous allons considérer trois modalités contrastées d'usage des recettes pour en comparer successivement les performances macroéconomiques avec celle de la baisse des cotisations sociales :

1. la première, traduit la perception courante d'une ponction sans contrepartie sur le revenu disponible ; elle laisse ce produit sortir de l'économie nationale pour être affecté au remboursement de la dette publique extérieure (« taxe non-recyclée »).

2. La seconde, restitue l'intégralité des recettes aux ménages sous la forme de transferts forfaitaires, selon le principe du « chèque vert » (première alternative de « taxe recyclée »).
3. La troisième, affecte ce produit au financement d'une baisse des taux de TVA (seconde alternative de « taxe recyclée »).

Ainsi, nous isolons les effets du *recyclage*, c'est-à-dire les conséquences induites par les modalités d'usage des recettes qui ont pour effet de réinjecter immédiatement les nouvelles recettes fiscales dans l'économie, de façon à respecter une contrainte de neutralité budgétaire. Pour le moment, nous conservons la définition de neutralité utilisée auparavant, à savoir la constance du ratio de la dette publique au PIB ; nous envisagerons d'autres traductions possibles de ce principe par la suite¹.

1.1 Baisse des cotisations versus baisse de la dette

L'information majeure qui ressort de la comparaison des bilans de ces deux dispositifs (Tableau 25) est que, pour un même niveau de taxe, on aboutit à des niveaux comparables de réduction des émissions (38,5% et 34,1%)², mais à des variations opposées de l'activité économique (-6,5% contre +1,9%), de l'emploi (-5,7% contre +3,5%) et de la consommation de composite des ménages (-10,8% contre +1,6%). Le mécanisme sous-jacent est assez intuitif ; la baisse drastique du poids de la dette publique (-92%) engage un transfert de richesses hors de l'économie nationale alors que le recyclage par baisse des cotisations sociales est favorable à la création de richesses sur le territoire.

¹ Cf. paragraphe 3.1, page 213.

² La différence est due essentiellement à un effet volume, comme en témoigne le ratio de tonne de CO₂ émise par euro de PIB : 0,164 et 0,161 (0,248 sans taxe). En réduisant le coût relatif travail/énergie, le recyclage en baisse des cotisations favorise davantage la sélection des techniques plus intensives en travail et réoriente la demande vers ces activités.

Modalité d'usage des recettes	Remboursement de la dette	Baisse des cotisations
Emissions totales de CO ₂	-38,5%	-34,1%
Produit intérieur brut réel	-6,5%*	+1,9%
Emploi total (éq. temps plein)	-5,7%**	+3,5%
Ratio de la dette publique au PIB	-92,0%	id.
Pression fiscale (pts de pourcentage)	+7,1	-0,8
Prix de production composite***	-0,6%	-1,0%
Intensité en travail du bien composite	+0,8%	+1,4%
Consommation composite des ménages	-10,8%	+1,6%
Volume des exportations de bien composite	+0,4%	+0,6%
Proportion de bien composite importée	-0,5%	-0,9%
Consommation publique réelle	-3,1%	+5,4%
Investissement réel	-6,9%	+1,9%

* Une baisse de 6,5% du PIB correspond à une variation de 0,34 points du taux de croissance annuel sur 20 ans. En supposant que ce taux est de 2% sans réforme, cela représente un retard de croissance d'environ quatre ans.

** La baisse de 5,7% de l'emploi correspond à un écart de 1,4 million d'emplois par rapport à la situation historique, ou encore, à un chômage supérieur de 5,2 points (de 9,6% à 14,8%).

***Relativement au prix mondial de la production composite.

Tableau 25 Impact d'une taxe de 300€/tCO₂ pour deux usages contrastés des recettes (remboursement de la dette *versus* baisse des cotisations sociales)

Ces bilans contrastés peuvent être expliqués en partant de la décomposition de l'évolution du prix du bien composite que donne le Tableau 26. On enregistre très logiquement une même hausse de 1,6% du coût des consommations intermédiaires d'énergie. On obtient aussi dans les deux cas une baisse des prix mais pour des raisons très différentes : dans un cas, cette baisse est due aux allègements de charges qui l'emportent sur la hausse des salaires nets ; dans l'autre, elle résulte de la baisse des volumes de production et de l'existence des rendements d'échelle décroissants statiques.

Modalité d'usage des recettes (taxe carbone de 300€/tCO ₂)		Remboursement de la dette publique	Baisse des cotisations
Prix de production composite		-0,61%	-1,02%
Effet d'échelle	Rendements décroissants & progrès technique	-0,27%	+0,10%
Effets des prix	Coût des consommations d'énergie	+1,60%	+1,60%
	Coût d'investissement et de consommation non énergétiques	-0,34%	-0,56%
	Salaires nets	-1,56%	+1,48%
	Prélèvements sur le travail (cotisations)	id.	-3,61%
Effet de substitution	Substitution technique totale	-0,04%	-0,04%

Remarque : la décomposition effectuée au moyen d'une technique d'indice, est décrite en annexes (page 383). Etant donné les variations non marginales engagées, il reste une erreur généralement inférieure à 5%. Elle est de 0,7% dans le cas de la baisse des cotisations et de 0,4% dans le cas du remboursement de la dette publique.

Tableau 26 Décomposition de la variation ultime du prix de production composite (remboursement de la dette et baisse des cotisations)

On peut résumer ainsi le cercle de déflation qu'entraîne une taxe non-recyclée : l'alourdissement de la facture énergétique des particuliers déprime la demande domestique et contracte l'activité et l'emploi. Une pression à la baisse s'exerce alors sur les salaires, ce qui dégrade d'autant plus le pouvoir d'achat des ménages. Cette mécanique, freinée par la légère croissance de l'intensité en emploi de l'économie (+0,8%), s'entretient jusqu'à ce que la baisse des prix de production stoppe la contraction de la demande intérieure et permette aux exportations de progresser (+0,4%), et à la part importée de baisser (-0,5%).

En bloquant la propagation de la hausse des coûts de production, le recyclage des recettes dans la baisse des cotisations sociales préserve la compétitivité de la production nationale et permet une hausse de l'emploi (+1,4%)³. La demande des ménages et les salaires progressent (respectivement de 1,6% et 1,5%) et ceci autorise une hausse de la consommation des administrations et l'investissement (+5,4% et +1,9%). Ces mécanismes, que nous avons décortiqués au chapitre précédent, jouent en sens inverse en cas de remboursement de la dette, d'où une chute des mêmes indicateurs (-10,8%, -1,6%, -3,1% et -6,9%). Le résultat que nous trouvons est conforme à l'analyse théorique : le coût final de la taxe est réduit lorsqu'elle se substitue à un prélèvement distorsif préexistant ; il peut être négatif si ce réarrangement diminue la « perte sèche » globale du système fiscal (ce qui se produit avec nos hypothèses de second rang sur le fonctionnement de l'économie).

³ Le coût relatif travail/énergie baisse de 58,6% contre 58,0% lorsque les revenus de la taxe servent à rembourser la dette publique.

1.2 Baisse des cotisations versus redistribution forfaitaire aux ménages

Nous avons vu le rôle de la redistribution des recettes aux ménages dans les débats sur la taxe carbone en France. Cette modalité ne manque pas de défenseurs ; ainsi Schubert (2010) souligne que « les avantages de cette redistribution forfaitaire sont considérables : progressivité assurée, très grande simplicité de mise en œuvre, schéma non manipulable et non soumis aux pressions des lobbies divers. Les partisans de ce schéma pensent également qu'il serait mieux accepté par la population que tout autre schéma de redistribution, plus complexe et moins transparent, aux effets moins assurés et moins tangibles » (page 51). La question de l'acceptabilité des modalités d'usage des recettes par les ménages contraint en effet beaucoup la décision.

Or, il est un résultat consensuel de la littérature du double dividende : le coût macroéconomique de la réforme est atténué lorsque les recettes sont transférées forfaitairement aux ménages, même si cette atténuation est supérieure lorsque le revenu est affecté à la baisse des cotisations. Il peut être ainsi justifié de pousser cette option, si c'est au prix d'un faible coût, pour maximiser au plan politique les chances de succès.

Les simulations confirment cette hiérarchie (Tableau 27) ; que l'on considère l'évolution de l'emploi (-5,7%, +0,3% et +3,5%) ou celui de la production nationale (-6,5%, -0,7% et +1,9%), on observe d'une part, que le recyclage en baisse des cotisations est supérieur au recyclage forfaitaire et d'autre part, que ces modalités sont toutes deux supérieures à l'option de ne pas recycler les recettes. L'ordre de grandeur des baisses d'émissions est cette fois encore comparable.

Neutralité budgétaire Modalité d'usage des recettes	Aucune	RDPC*	
	Remboursement de la dette	Redistribution forfaitaire intégrale	Baisse des cotisations
Emissions totales de CO ₂	-38,5%	-34,8%	-34,1%
Produit intérieur brut réel	-6,5%**	-0,7%	+1,9%
Emploi total (éq. temps plein)	-5,7%***	+0,3%	+3,5%
Prix de production composite****	-0,6%	+3,7%	-1,0%
Intensité en travail du bien composite	+0,8%	+0,8%	+1,4%
Consommation composite des ménages	-10,8%	+0,5%	+1,6%
Volume des exportations de bien composite	+0,4%	-1,9%	+0,6%
Proportion de bien composite importée	-0,5%	+3,2%	-0,9%
Consommation publique réelle	-3,1%	+3,7%	+5,4%
Investissement réel	-6,9%	-0,7%	+1,9%
Ratio de la dette publique au PIB	-92,0%	id.	id.

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

** Une baisse de 6,5% du PIB correspond à une variation de 0,34 point du taux de croissance annuel sur 20 ans. En supposant que ce taux est de 2% sans réforme, cela représente un retard de croissance d'environ quatre ans.

*** La baisse de 5,7% de l'emploi correspond à un écart de 1,4 millions d'emplois par rapport à la situation historique, ou encore, à un chômage supérieur de 5,2 points (de 9,6% à 14,8%).

****Relativement au prix mondial de la production composite.

Tableau 27 Impact d'une taxe de 300€/tCO₂ et d'une redistribution forfaitaire de l'intégralité des recettes aux ménages

La redistribution des recettes aux ménages permet bien de soutenir leur consommation et leur demande – cette dernière ne baisse plus drastiquement, comme dans le cas d’une taxe non-recyclée, elle augmente même légèrement par rapport à son niveau historique (+0,5% contre -10,8%). Mais ce soutien se fait au détriment de la compétitivité des productions nationales. En effet, les volumes d’exportation baissent (-1,9%) et la consommation domestique se porte davantage sur les productions étrangères (la part de composite importée s’accroît de 3,2%). Avec un recyclage par baisse des cotisations, c’est l’inverse que l’on observe.

Dans une économie ouverte, le transfert intégral des recettes vers les ménages permet donc bien d’enrayer le cercle de déflation qu’entraîne une taxe non-recyclée. Mais ce résultat est obtenu au détriment des systèmes productifs, ce qui laisse des doutes sur la pérennité de cette solution. Ceci apparaît clairement lorsque l’on compare les évolutions du prix de production induites par les deux modalités de recyclage (Tableau 28) : avec la redistribution forfaitaire aux ménages, la hausse du coût de l’énergie (toujours de 1,6%) est associée à une hausse du coût du travail ; en effet, la progression légère des salaires nets avec l’emploi que permet la hausse de la consommation des ménages n’est pas compensée par une baisse des cotisations ; au total, les coûts de production sont fortement accrus (+3,7% contre -1,0%), ce qui traduit bien le fait que la taxe tombe intégralement, en premier lieu, sur le système productif national.

Neutralité budgétaire		RDPC*	
Modalité d'usage des recettes (taxe carbone de 300€/tCO ₂)		Redistribution forfaitaire intégrale	Baisse des cotisations
Prix de production composite		+3,69%	-1,02%
Effet d'échelle	Rendements décroissants & progrès technique	-0,02%	+0,10%
Effets des prix	Coût des consommations d'énergie	+1,60%	+1,60%
	Coût d'investissement et de consommations non énergétiques	+1,97%	-0,56%
	Salaires nets	+0,12%	+1,48%
	Prélèvements sur le travail (cotisations)	id.	-3,61%
Effet de substitution	Substitution technique totale	-0,04%	-0,04%

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

Remarque : la décomposition effectuée au moyen d'une technique d'indice est décrite dans les annexes (page 383). Etant donné les variations non marginales engagées, il reste une erreur généralement inférieure à 5%. Elle est de 0,7% dans le cas de la baisse des cotisations et de 1,6% dans le cas du recyclage forfaitaire intégral.

Tableau 28 Décomposition de la variation ultime du prix de production composite (recyclage forfaitaire et baisse des cotisations)

La taxe carbone redistribuée forfaitairement ne parvient donc pas à maintenir le niveau de production. L’effet négatif de la hausse des prix sur la demande effective adressée aux secteurs productifs (exportations et demande intérieure) l’emporte sur les deux effets positifs : l’incrément de demande des ménages qu’autorisent les montants redistribués et la hausse de l’intensité en emploi

de l'économie induite par le renchérissement relatif de l'énergie. L'effet macroéconomique net dépend très fortement, comme dans le cas du recyclage par baisse des cotisations sociales, des hypothèses sur le fonctionnement du marché du travail et sur la sensibilité aux prix de la compétitivité des productions françaises vis-à-vis des productions étrangères ; on le vérifie dans les tests de sensibilité du Tableau 29, en constatant qu'une élasticité aux prix du commerce extérieur nulle, associée à une rigidité totale du niveau des salaires, permet une hausse de la production, tandis qu'une élasticité forte doublée d'une sensibilité accrue des salaires occasionne un fort recul de l'activité. Ainsi, cette modalité de recyclage est d'autant plus défavorable à l'activité et l'emploi que la production nationale de biens et services est exposée à la concurrence internationale⁴.

Neutralité budgétaire		RDPC*	
Modalité d'usage des recettes		Recyclage forfaitaire intégral	
Sensibilité salaires nets au taux de chômage	nulle	référence	doublée
Sensibilité imports/exports	nulle	référence	doublée
Emissions totales de CO ₂	-30,8%	-34,8%	-36,5%
Produit intérieur brut réel	+5,2%	-0,7%	-2,0%
Emploi total (équ. temps plein)	+7,0%	+0,3%	-1,1%
Prix de production composite	+4,1%	+3,7%	+1,7%
Intensité en travail du bien composite	+1,2%	+0,8%	+0,9%
Cons. composite des ménages	+6,7%	+0,5%	-1,4%
Volume des exportations de bien composite	id.	-1,9%	-1,7%
Proportion de bien composite importée	id.	+3,2%	+3,0%
Consommation publique réelle	+9,9%	+3,7%	+1,9%
Investissement réel	+5,7%	-0,7%	-2,3%
Ratio de la dette publique au PIB	id.	id.	id.

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

Remarque : la consommation réelle publique augmente avec le niveau général des prix car, dans la configuration et le paramétrage de référence, la règle suivie par les administrations publiques est le maintien de leur budget en proportion du PIB nominal, or en raison de la hausse des prix de l'énergie, celui-ci augmente plus fortement que le coût des achats publics (prix du composite).

Tableau 29 Sensibilité des effets d'une taxe de 300€/tCO₂ et d'une redistribution forfaitaire de l'intégralité des recettes aux ménages (marché du travail et concurrence internationale sur les marchés des biens)

Ainsi, le risque est grand que l'option d'une redistribution intégrale des recettes aux ménages ait des effets macroéconomiques indésirables à moyen-long terme, pour la production, l'emploi, mais aussi pour la dette, puisque l'on accorde de cette façon une hausse de la consommation des ménages « à crédit »⁵. Cet effet néfaste est d'autant plus fort que l'on juge les producteurs dans

⁴ Dans le cas où le prix de référence pour l'indexation des salaires est le numéraire du modèle (les prix internationaux), une situation de forte (respectivement de faible) exposition correspond à l'association d'une hypothèse de forte (faible) flexibilité des salaires à une hypothèse de forte (faible) sensibilité des échanges aux prix. Dans le cas d'une forte exposition en effet, la négociation salariale tend à aligner les salaires nationaux sur les salaires des partenaires commerciaux étrangers et toute variation des prix domestiques se traduit par un ajustement notable des échanges extérieurs.

⁵ Certes, la règle de neutralité budgétaire contrôle ce transfert d'argent vers les ménages. Mais elle n'anticipe pas l'effet sur les finances publiques qu'une dégradation des coûts de production et de l'activité occasionnera à plus long terme.

l'incapacité de transmettre la hausse des coûts dans leurs prix sans voir se réduire la demande qui leur est adressée.

Il faudrait alors, comme le souligne Schubert (2010), « protéger les entreprises exposées à la concurrence internationale des pertes de compétitivité et laisser les entreprises aux prix administrés répercuter la hausse de leurs coûts » (pages 50-51). Mais ceci exige d'être en mesure de distinguer avec certitude les entreprises exposées des autres et d'élaborer un dispositif de compensation adapté. En pratique, les difficultés sont de deux ordres : nous avons vu au premier chapitre qu'il est difficile d'identifier précisément les activités qui sont effectivement les plus vulnérables ; en cas de mauvaise attribution, les secteurs non compensés et incapables de transmettre leur hausse de coûts subiront de plein fouet le renchérissement de l'énergie ; par ailleurs, le risque est grand que ces attributions reflètent davantage le jeu des forces de lobbying en présence que les vulnérabilités effectives, donnant l'avantage aux secteurs concentrés et organisés. Le jeu des lobbies que l'on croyait éviter de cette façon risque alors de revenir ici avec force. La hausse des coûts de production s'avère telle, d'ailleurs, que l'on peut craindre que cette option n'allie les entreprises dans un front de refus absolu ; une situation proche s'est produite lors de l'épisode de la taxe carbone en France.

1.3 Baisse des cotisations versus baisse de la TVA

Le choix de l'affectation des revenus de la taxe carbone au financement d'une baisse de la TVA est une hypothèse naturelle à examiner car elle peut constituer un compromis intéressant en compensant d'un côté le pouvoir d'achat des ménages, tout en réduisant de l'autre le poids d'un impôt existant. On observe que cette modalité de recyclage se distingue clairement de l'option baisse des cotisations par son impact sur le prix de production composite (Tableau 30) : la baisse de la TVA, qui ne donne au secteur productif aucune compensation directe des montants de taxe carbone dont ils s'acquittent, libère l'effet de propagation de la hausse des prix énergétiques sur les coûts de production.

À l'instar de la redistribution forfaitaire, on anticipe donc que la faiblesse du recyclage en baisse de TVA sera son effet sur la compétitivité de la production domestique et donc sur l'emploi, alors que sa force sera de conduire à une relance immédiate de la consommation en abaissant le prix de vente du bien composite. Certes, une fois encore la récente expérience d'une baisse de la TVA sur la restauration⁶ alimente quelque doute sur le fait qu'elle aboutisse effectivement à une baisse du prix de vente. Cependant, cette expérience ne devrait pas être extrapolée à la configuration qui nous occupe ici car la baisse de la TVA alors introduite était ciblée sur un secteur particulier et a été annoncée sans réelle contrepartie, alors qu'il s'agirait, dans l'hypothèse de la réforme examinée ici, d'une baisse du niveau général de TVA en contrepartie de la taxe carbone. Enfin, il faut aussi garder à l'esprit que l'impact final que l'on mesure ici se joue à moyen-long terme et que sur 15 ans, des ajustements auront été opérés.

Ainsi, dans l'hypothèse d'une baisse des prix de vente⁷, le recyclage des recettes en baisse de TVA permet de maintenir et même d'augmenter légèrement la consommation des ménages (de

⁶ Au 1^{er} juillet 2009 le taux de TVA français appliqué dans la restauration a été réduit de 19,6% à 5,5%.

⁷ Rappelons que dans les hypothèses de second rang retenues ici, la réforme n'a pas d'impact sur le taux des marges sur les coûts. La baisse de TVA n'induit donc pas de réponse opportuniste de la part des producteurs qui gardent un même niveau de marges.

+0,3% contre -10,8% sans recyclage) mais cette augmentation est inférieure à celle obtenue par une baisse des cotisations (+1,6%). En fait, le bilan d'une taxe carbone associée à une baisse de TVA est négatif sur l'activité économique. Le déficit de production de richesse par rapport au recyclage par baisse des cotisations est net (-0,2% contre +1,9% de PIB) et si l'emploi est légèrement favorisé par rapport à la situation historique (+0,4%), ce gain est bien inférieur à celui autorisé par la baisse des cotisations (+3,5%).

Neutralité budgétaire	Aucune	RDPC*	
Modalité d'usage des recettes	Remboursement de la dette	Baisse de la TVA	Baisse des cotisations
Emissions totales de CO ₂	-38,5%	-34,0%	-34,1%
Produit intérieur brut réel	-6,5%**	-0,2%	+1,9%
Emploi total (éq. temps plein)	-5,7%***	+0,4%	+3,5%
Prix de production composite****	-0,6%	+2,7%	-1,0%
Intensité en travail du bien composite	+0,8%	+0,5%	+1,4%
Consommation composite des ménages	-10,8%	+0,3%	+1,6%
Volume des exportations de bien composite	+0,4%	-1,4%	+0,6%
Proportion de bien composite importée	-0,5%	+2,4%	-0,9%
Consommation publique réelle	-3,1%	+3,4%	+5,4%
Investissement réel	-6,9%	+1,1%	+1,9%
Ratio de la dette publique au PIB	-92,0%	id.	id.

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

** Une baisse de 6,5% du PIB correspond à une variation de 0,34 point du taux de croissance annuel sur 20 ans. En supposant que ce taux est de 2% sans réforme, cela représente un retard de croissance d'environ quatre ans.

*** La baisse de 5,7% de l'emploi correspond à un écart de 1,4 million d'emplois par rapport à la situation historique, ou encore, à un chômage supérieur de 5,2 points (de 9,6% à 14,8%).

****Relativement au prix mondial de la production composite.

Tableau 30 Impact d'une taxe de 300€/tCO₂ recyclée en une baisse de la TVA

Le mécanisme qui conduit à ces résultats est très simple. Le pouvoir d'achat des revenus nominaux en bien composite progresse de manière substantielle grâce à la baisse de TVA (Tableau 31) : celle-ci induit une diminution du prix d'achat du bien composite (-2,4%) qui fait plus que compenser l'effet sur le pouvoir d'achat des ménages de l'alourdissement de leur facture énergétique. Mais, comme attendu, la baisse de la TVA s'accompagne d'une hausse des coûts de production de bien composite (+2,7%) et dégrade la compétitivité extérieure : les volumes d'exportation baissent de 1,4% et la part des importations augmente de 2,4%. Cette fois encore, les résultats sont conformes à ceux de la littérature théorique : les performances de cette modalité de recyclage (qui consiste en une baisse d'un impôt distorsif existant) sont supérieures à celles d'une redistribution forfaitaire aux ménages⁸.

⁸ Cf. Tableau 27, page 201.

Pouvoir d'achat toutes consommations	-0,7%
Pouvoir d'achat en composite	+4,3%
Prix d'achat du bien composite	-2,4%
Prix des carburants	+84,2%
Prix des énergies pour le résidentiel	+60,3%

Tableau 31 Evolution du pouvoir d'achat des ménages dans le cas d'une taxe de 300€/tCO₂ recyclée en une baisse de la TVA

Une part de l'expansion du marché intérieur permise par la baisse de la TVA ne profite donc pas à l'appareil de production domestique. Ceci explique en partie la modeste performance du dispositif du point de vue de l'emploi. Une autre raison de cette faible performance est une hausse de l'intensité en travail de la production trois fois moindre que celle induite par la baisse des cotisations : le changement structurel induit par le système de prix est moins important car on ne joue que sur le prix de l'énergie. L'évolution du ratio prix de l'énergie/prix du travail est même freinée par une légère hausse du coût du travail (+0,4%) : si le niveau des cotisations est inchangé, la légère baisse du chômage fait progresser un peu les salaires nets⁹.

Les mécanismes mis en œuvre sont donc assez proches de ceux identifiés dans le cas d'une redistribution forfaitaire, à la différence qu'ils dépendent cette fois-ci encore davantage de la capacité des ménages à réduire leur consommation d'énergie pour se tourner vers la consommation d'autres biens et services. En effet, le gain pour le pouvoir d'achat qu'apporte cette substitution est accru puisque dans le cas d'une baisse de TVA, le prix du bien composite est encore davantage réduit par rapport à ceux des énergies. Par conséquent, les résultats sont sensibles, comme précédemment, aux hypothèses sur le fonctionnement de l'économie qui portent sur la rigidité du marché du travail et l'effet sur la compétitivité de l'évolution des prix des productions ; mais ils sont également sensibles aux hypothèses concernant les potentiels de substitution des ménages. La mesure est d'autant plus favorable (défavorable) à l'activité et l'emploi que l'exposition à la concurrence internationale sur le marché des biens est faible (forte) et que les ménages sont plus (moins) réactifs aux prix des énergies (Tableau 32).

⁹ Un changement structurel « tiré par l'offre » n'est pas non plus favorisé par la réforme ; en effet, le taux de TVA sur les biens et services énergétiques est moins élevé que celui sur les énergies, et ce dernier s'applique à un prix hors TVA fortement accru par la taxe carbone.

Neutralité budgétaire		RDPC*	
Modalité d'usage des recettes		Baisse de la TVA	
Sensibilité des salaires nets au taux de chômage	nulle	référence	doublée
Sensibilité des imports/exports	nulle	référence	doublée
Potentiel de décarbonisation des ménages	double	référence	nul
Emissions totales de CO ₂	-42,7%	-34,0%	-23,8%
Produit intérieur brut réel	+3,9%	-0,2%	-0,7%
Emploi total (éq. temps plein)	+5,3%	+0,4%	-0,7%
Prix de production composite	+2,7%	+2,7%	+1,0%
Intensité en travail du bien composite	+0,7%	+0,5%	+0,5%
Consommation composite des ménages	+5,6%	+0,3%	-2,1%
Volume des exportations de bien composite	id.	-1,4%	-1,0%
Proportion de bien composite importée	id.	+2,4%	+1,8%
Consommation publique réelle	+6,8%	+3,4%	+3,2%
Investissement réel	+6,2%	+1,1%	+0,1%
Ratio de la dette publique au PIB	id.	id.	id.

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

Remarque 1 : la consommation réelle publique augmente avec le niveau général des prix car, dans la configuration et le paramétrage de référence, la règle suivie par les administrations publiques est le maintien de leur budget en proportion du PIB nominal ; or en raison de la hausse des prix de l'énergie, celui-ci augmente plus fortement que le coût des achats publics (prix du composite).

Remarque 2 : notons que la dégradation de la balance commerciale est plus forte dans le cas d'une exposition accrue à la concurrence internationale et d'une consommation d'énergie des ménages fortement contrainte. Ceci vient de ce que la plus grande perte de pouvoir d'achat des ménages réduit fortement leur demande, l'emploi, et par voie de conséquence, la progression des salaires ; la hausse des prix de production est donc moindre, ce qui compense en partie l'impact négatif de la hausse des coûts de l'énergie sur la balance commerciale.

Tableau 32 Sensibilité des effets d'une taxe de 300€/tCO₂ recyclée en une baisse de TVA (marché du travail, concurrence internationale sur les marchés des biens et potentiel de décarbonisation des ménages)

Au total, le bilan net d'une baisse de la TVA apparaît inférieur à celui d'une baisse des cotisations sociales. Il l'est sans équivoque dans un contexte de consommation d'énergie des ménages contrainte à moyen terme et de forte exposition à la concurrence internationale sur les marchés des biens et services. Néanmoins, cette fois encore, l'effet net en absolu sur l'activité et l'emploi dépend sensiblement des croyances sur les déterminants de la compétitivité des productions nationales sur ces marchés (en particulier du rôle des prix) ; ceci rejoint les controverses soutenues qui se sont à nouveau exprimées au sujet des effets d'une « TVA sociale »¹⁰. Enfin, comme dans le cas de la redistribution directe des recettes aux ménages, si aucun ajustement ne permet de contenir la hausse des coûts de production, la viabilité des finances publiques à plus long terme n'est pas assurée, en dépit du respect d'un principe de neutralité budgétaire global à moyen terme.

¹⁰ Voir notamment l'article de Blondel dans *Le Monde* du 3 novembre 2010 : « La TVA sociale : une obsession perverse ».

2 Le périmètre de la taxe carbone

Plutôt que d'utiliser une modalité de recyclage des recettes de la taxe pour compenser certains acteurs de l'économie et maintenir ainsi un signal-prix unique et généralisé, comme le recommande la théorie économique, en pratique on constate que les discussions portent beaucoup sur l'octroi d'exemptions, d'exonérations ou d'abattements à la base de la taxe carbone elle-même¹¹. En droit constitutionnel, « des réductions de taux de contribution carbone ou des tarifications spécifiques peuvent être justifiées par la poursuite d'un intérêt général, tel que la sauvegarde de la compétitivité de secteurs économiques exposés à la concurrence internationale [et] l'exemption totale de la contribution peut être justifiée si les secteurs économiques dont il s'agit sont spécifiquement mis à contribution par un dispositif particulier »¹².

Pour étudier si la recherche de l'objectif de compétitivité justifie le recours à des aménagements d'assiette, nous allons d'abord comparer les effets de deux mesures extrêmes d'exemption (car peu défendables du point de vue de l'objectif environnemental), puis nous considérerons une mesure plus réaliste qui consiste à exempter totalement les émissions des installations aujourd'hui soumises au système de permis échangeables européen EU-ETS.

2.1 Taxer les ménages ou les entreprises ? Des effets d'assiette non triviaux

On a vu, dans l'épisode de la taxe carbone envisagée sous la présidence de Nicolas Sarkozy, l'importance dans les débats des objectifs de préservation du pouvoir d'achat des ménages et de la compétitivité des entreprises. En fait, la conduite de ces débats est d'autant plus malaisée que dans le cas de cette réforme celui qui paie la taxe n'est pas forcément celui qui en supporte le coût. C'est pourquoi nous allons ici examiner deux variantes extrêmes qui reflètent deux positions antagonistes : une limitation du champ d'application de la taxe carbone, soit aux émissions des entreprises en défense des intérêts des « patrons », soit à celles des ménages en défense des intérêts des « consommateurs ».

Il apparaît tout d'abord, et cela paraîtra contre-intuitif, qu'une réforme n'appliquant la taxe qu'aux ménages aurait *in fine* un effet très faiblement positif sur la consommation courante de bien composite (0,2% contre une hausse de 1,6% dans le cas d'une taxe généralisée (Tableau 33). Certes, le transfert de charge fiscale pèse mécaniquement sur le pouvoir d'achat des ménages, mais ce transfert favorise aussi la compétitivité de la production domestique et la baisse des prix de vente du bien composite. La performance globale est néanmoins inférieure à celle d'une taxe généralisée, en raison d'une plus faible hausse de l'intensité travail de la production (0,2%, au lieu de 1,4%) car, en

¹¹ Si on laisse de côté une autre question d'assiette : celle d'une composante énergie s'additionnant à la composante carbone. Rappelons que les experts de la commission Rocard proposaient une contribution mixte « carbone-énergie » pour éviter une évolution du mix énergétique trop en faveur de l'électricité d'origine nucléaire, favoriser la pénétration des énergies renouvelables et fournir les incitations nécessaires pour atteindre les objectifs européens d'économie d'énergie (le paquet énergie-climat et l'objectif des « trois fois vingt » : une baisse de 20% des émissions de CO₂ par rapport à 1990, une amélioration de 20% en matière d'efficacité énergétique et d'usage des énergies renouvelables). Cette question est laissée de côté car elle touche davantage aux controverses sur les risques associés à l'usage des technologies nucléaires qu'à des controverses macroéconomiques.

¹² Conseil constitutionnel, *Décision n° 2009-599 DC du 29 décembre 2009 Loi de finances pour 2010* (article 82).

l'absence de taxe carbone sur le secteur productif, le coût du travail baisse peu relativement à celui de l'énergie.

Neutralité budgétaire		RDPC*	
Modalité d'usage des recettes		Baisse des cotisations sociales	
Champ d'application	Ménages	Systèmes productifs	Taxe généralisée
Emissions totales de CO ₂	-24,4%	-29,5%	-34,1%
Produit intérieur brut réel	+0,8%	+1,3%	+1,9%
Emploi total (équ. temps plein)	+1,6%	+2,2%	+3,5%
Prix de production composite***	-1,6%	+0,2%	-1,0%
Intensité en travail du bien composite	+0,2%	+1,2%	+1,4%
Consommation composite des ménages	+0,2%	+1,5%	+1,6%
Volume des exportations de bien composite	+0,9%	-0,1%	+0,6%
Proportion de bien composite importée	-1,4%	+0,2%	-0,9%
Consommation publique réelle	+3,1%	+2,5%	+5,4%
Investissement réel	+1,3%	+0,8%	+1,9%
Ratio de la dette publique au PIB	id.	id.	id.

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

Tableau 33 Effet du champ d'application d'une taxe de 300€/tCO₂ recyclée en baisse des cotisations

Lorsque la taxe est appliquée aux seuls systèmes productifs, le coût relatif du travail baisse davantage puisque la hausse du coût de l'énergie et des autres intrants s'ajoute à la baisse des cotisations sociales. La hausse de l'intensité en travail du bien composite qui en découle (+1,2%) permet d'autant plus une relance de la demande domestique que le pouvoir d'achat des revenus n'est plus affecté par la taxe carbone. Certes, une légère augmentation des coûts de production survient en raison de l'absence de transfert de charge fiscale aux revenus non salariaux, mais la perte de compétitivité qui en découle n'est pas à même de contrecarrer l'effet positif d'une plus forte demande intérieure.

Ces variantes permettent d'affiner un peu plus les conditions qui déterminent l'ampleur des mécanismes enclenchés par le dispositif de réforme. Elles montrent également que le choix d'une taxe généralisée ne se justifie pas uniquement du point de vue de l'efficacité environnementale ; elle se justifie aussi du point de vue de l'efficacité macroéconomique car, en résumé, elle combine :

- L'effet incitatif bénéfique de la taxation des entreprises sur l'intensité en travail de la production nationale à moyen-long terme ;
- L'effet de réallocation fiscale : la taxation des ménages est bénéfique pour les coûts de production, et par suite, pour la demande adressée à l'appareil de production national.

Dans nos simulations, la variante qui limite la taxe aux systèmes productifs est supérieure à celle qui la limite aux ménages, que ce soit pour l'activité (+1,6% contre +0,9%) ou la consommation

de bien composite des ménages (+1,8% contre +0,2%). Mais ce résultat net résulte d'effets qui jouent en sens inverse, il est donc *a priori* très sensible à nos hypothèses sur l'ampleur de ces mécanismes, et en particulier, à celles qui définissent l'ajustement des salaires et l'évolution de la compétitivité vis-à-vis des productions étrangères. Plus robuste est la démonstration de la supériorité d'une taxe généralisée par rapport à une taxe au périmètre circonscrit, puisque cette supériorité repose sur la combinaison de deux effets qui vont dans le même sens.

Dans l'ensemble, si ces deux cas extrêmes apportent des conclusions de principe intéressantes – à savoir qu'au niveau agrégé les exonérations à la base ne sont pas nécessairement favorables à la compétitivité des entreprises ou au pouvoir d'achat des ménages – ils ne se réfèrent à aucune mesure réaliste. En pratique, ces questions d'assiette ne sont discutées que dans le cadre d'aménagements plus ciblés, pour préserver seules les activités les plus exposées à une perte de compétitivité vis-à-vis de leurs concurrents étrangers.

2.2 Préserver la compétitivité des activités exposées : exonérer ou compenser ?

Parmi les aménagements envisagés, la décision oscille entre le recours à des exonérations (abattements à la base) et la mise en œuvre de compensations ciblées sur ces activités et financées par une fraction des recettes de la taxe. Pour simuler et comparer ces deux options, nous considérerons que seules les activités les plus consommatrices d'énergie bénéficient de cet aménagement (les installations couvertes par le système EU-ETS). Le système d'exonération ne soumet pas les émissions de ces installations à la taxe carbone, tandis que le système de compensation taxe ces émissions mais restitue les recettes correspondantes aux entreprises qui en sont la source, par le biais d'une réduction d'impôt (ou d'une subvention) à la production.¹³ Dans les deux cas, les systèmes productifs ne supportent pas la taxe carbone pour la fraction des émissions aujourd'hui couverte par EU-ETS.

On observe alors (Tableau 34) que recourir à un système de compensations plutôt qu'à un système d'exonération est, de manière univoque, plus favorable à la réduction des émissions, à l'activité et à l'emploi (-33,9%, +1,7% et +3,2% respectivement contre -27,6%, +1,2% et +2,5%).

¹³ Un système de ce type fut proposé pour répondre à la censure du Conseil Constitutionnel (*cf.* Godard, 2010).

Neutralité budgétaire	RDPC*	
Modalité d'usage des recettes	Baisse des cotisations sociales	
Aménagements pour les activités vulnérables (périmètre ETS)**	Compensations***	Exonérations****
Emissions totales de CO ₂	-33,9%	-27,6%
Produit intérieur brut réel	+1,7%	+1,2%
Emploi total (éq. temps plein)	+3,2%	+2,5%
Prix de production composite	-1,3%	-0,9%
Intensité en travail du bien composite	+0,9%	+1,0%
Consommation composite des ménages	+1,2%	+1,0%
Volume des exportations de bien composite	+0,7%	+0,5%
Proportion de bien composite importée	-1,1%	-0,8%
Consommation publique réelle	+5,2%	+3,7%
Investissement réel	+2,2%	+1,2%
Ratio de la dette publique au PIB	id.	id.

* RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

*** Les compensations sont attribuées à chaque secteur sous la forme d'une déduction d'impôt ou d'une subvention à la production pour les montants de taxe carbone acquittés sur les émissions des installations couvertes par le système EU-ETS. Le surplus de recette de taxe carbone est recyclé en baisse des cotisations sociales.

**** Les secteurs sont exonérés de taxe carbone pour la fraction de leurs émissions qui est couverte par le système EU-ETS (cf. annexes, Encart 10, page 314).

Tableau 34 Compensation vs. exonération des émissions couvertes par EU-ETS d'une taxe de 300€/tCO₂ recyclée en baisse des cotisations

Cette supériorité univoque du système de compensation résulte bien de l'effet incitatif bénéfique de la taxation des entreprises sur l'intensité en travail, même si, au final, cette intensité progresse légèrement moins que dans le cas d'un système d'exonération (+0,9% contre +1,0%). On comprend ce résultat en apparence contre-intuitif en regardant de plus près les interactions qui déterminent l'évolution du prix de production (Tableau 35). D'un côté, le système de compensation préserve le signal-prix. Il maintient ainsi l'incitation permettant d'orienter le changement structurel : une taxe universelle accroît davantage le coût de l'énergie (+1,56% contre +1,05%) et finance une baisse plus importante des cotisations (-2,69% contre -2,55%). Mais cet effet se combine à un autre également favorable à l'emploi : les compensations, en réduisant les impôts sur la production, amenuisent encore davantage, par rapport au système d'exonération, la propagation de la hausse des coûts énergétiques et favorisent une plus forte baisse du prix de production (-1,28% contre -0,94%) ; en stimulant la compétitivité des systèmes productifs et la demande qui leur est adressée, cette baisse de prix pousse l'emploi à la hausse (+3,2% contre +2,5%) et, en retour, la progression des salaires (+1,30% contre +0,97) et la consommation des ménages.

Modalité d'usage des recettes		Baisse des cotisations sociales	
Aménagements pour les activités vulnérables (périmètre ETS)		Compensations	Exonérations
Prix de production composite		-1,28%	-0,94%
Effet d'échelle	Rendements décroissants & progrès technique	+0,09%	+0,07%
Effets des prix	Coût des consommations d'énergie	+1,56%	+1,05%
	Coût d'investissement et des consommations non énergétiques	-0,69%	-0,47%
	Salaires nets	+1,30%	+0,97%
	Prélèvements sur le travail (cotisations)	-2,69%	-2,55%
	Taxe sur la production	-1,01%	id.
Effet de substitution	Substitution technique totale	-0,04%	-0,02%

Remarque : la décomposition effectuée au moyen d'une technique d'indice est décrite dans les annexes (page 383). Etant donné les variations non marginales engagées, il reste une erreur généralement inférieure à 5%.

Tableau 35 Décomposition de la variation ultime du prix de production composite (compensation *versus* exonération des émissions couvertes par EU-ETS)

En fait, cette hausse des salaires, obtenue conjointement à une amélioration de la compétitivité, limite l'effet signal et réduit l'incitation au changement structurel orienté vers une économie plus riche en emplois. Au final, la hausse de l'intensité en travail est légèrement moindre dans le cas du système de compensation, mais ceci est insuffisant pour annihiler l'effet sur les émissions d'une taxe carbone appliquée à tous (les baisses d'émissions sont de 33,9% contre 27,6% avec exonérations).

Au total, le système de compensation est le plus performant car il favorise les conséquences positives de la progression des salaires sans entailler la capacité du dispositif à induire la transition. Là encore, l'évaluation de l'effet macroéconomique net est contingente, hypothèses de second rang retenues puisque les mécanismes en jeu ne jouent pas tous dans le même sens ; néanmoins, la supériorité des compensations sur les exonérations est un résultat qui s'avère robuste au regard des tests de sensibilité réalisés¹⁴.

3 Sensibilité aux modalités de gestion des finances publiques

Nous n'avons considéré jusqu'ici qu'une seule façon de traduire le principe de neutralité budgétaire et porté peu d'attention au contexte budgétaire dans lequel s'insère la réforme. Alors

¹⁴ En particulier, dans la configuration extrême où la sensibilité des salaires à l'évolution de l'emploi est doublée et où la sensibilité des échanges internationaux aux écarts de prix est nulle. Dans cette configuration, *a priori* désavantageuse lorsqu'on a en tête les mécanismes précédents, la hiérarchie de performance est pourtant maintenue (avec compensations, les émissions de CO₂, le PIB et l'emploi évoluent respectivement de -33,5%, +0,6% et +1,9%, contre -30,8%, -4,0% et -3,0% avec exonérations). L'intuition est la suivante : bien que la baisse des prix ne favorise plus la balance commerciale et que la hausse des salaires s'oppose à un recours accru au travail, ces conditions bénéficient le pouvoir d'achat des ménages et la demande qu'ils adressent aux producteurs nationaux. Au total, les gains pour l'activité surpassent les pertes.

que ces sujets sont d'une importance essentielle dans la conjoncture actuelle de crise et d'exigence portée au contrôle des finances publiques, ils ont été peu traités dans la littérature. L'intérêt s'est porté, récemment, sur les modalités d'indexation du point de vue des effets distributifs (*cf.* Fullerton et al., 2012), mais les effets de modalités d'indexation différentes sur le bilan macroéconomique d'une réforme fiscale carbone ont été peu étudiés, surtout dans le cadre d'un régime macroéconomique de second rang. Par ailleurs, la neutralité budgétaire a été traitée comme allant de soi dans la littérature du double dividende. Cette dernière n'a pas porté attention au fait que sa traduction dans un modèle tel qu'IMACLIM peut renvoyer à plusieurs types de règles budgétaires et que l'effet net de la réforme dépend de ces modalités de gestion. Pour souligner cette importance, nous commencerons par donner une vision synoptique de la façon dont le bilan d'un même dispositif de fiscalité carbone est modifié selon trois options budgétaires contrastées, avant de préciser les points d'interaction entre la réforme et les autres choix de conduite des finances publiques.

3.1 La traduction opérationnelle du principe de neutralité budgétaire

Précédemment nous avons traduit le principe de neutralité budgétaire par la constance de l'endettement public, c'est-à-dire que la réforme ne devait pas modifier le ratio de la dette publique au PIB. En fait, une façon plus intuitive d'appliquer ce principe vient spontanément dans le discours public : le reversement « à l'euro près » des recettes de la taxe aux contribuables.

Dans une telle hypothèse, qui peut correspondre à une interprétation naturelle du principe des partenaires sociaux, les cotisations sociales patronales et salariales sont diminuées mais les taux des autres prélèvements obligatoires sont maintenus constants. Concernant les dépenses publiques¹⁵, leur montant rapporté à la richesse nationale est maintenu constant pour bien marquer que la réduction des cotisations sociales n'est pas associée à une politique systématique de baisse du budget alloué à la provision de services publics. Le niveau réel de ces services résulte simplement de l'évolution nominale du PIB et de celle des prix des biens (pour un même budget, on pourra financer plus ou moins d'écoles ou d'hôpitaux en cas de baisse ou de hausse des coûts). Quant aux transferts sociaux à destination des ménages, ils sont indexés sur le salaire net moyen. On peut certes imaginer des désindexations¹⁶ mais de fortes pesanteurs politiques tendent en pratique à les limiter.

La simulation d'une taxe carbone recyclée en baisse des cotisations avec ce jeu d'hypothèses « de neutralité » produit des résultats qui ne manquent pas d'intriguer (Tableau 36) :

- un niveau d'activité légèrement plus élevé (+0,4%) qui s'accompagne d'un emploi nettement amélioré (+1,9%) ;
- une baisse de la consommation composite des ménages (-0,8%) ;
- une dette publique fortement réduite, qui voit son poids dans le PIB diminuer de 20,4%.

¹⁵ Rappelons que notre description englobe l'ensemble des administrations publiques au sens de la comptabilité nationale, c'est-à-dire sans distinction de l'État central, des collectivités territoriales et de la fonction publique hospitalière.

¹⁶ Nous envisageons plus loin une indexation de ces transferts sur les prix à la consommation pour traduire la volonté de réduire les effets sociaux de la hausse des prix de l'énergie (*cf.* page 218).

La réforme permet donc un léger surcroît d'activité, mais ses fruits sont captés par la puissance publique, qui en profite pour résorber la dette publique, ceci au prix d'une ponction supplémentaire sur les ménages. Ce résultat montre à quel point la redistribution des recettes « à l'euro près » n'est pas neutre budgétairement. En effet, d'une part cette redistribution n'empêche pas l'augmentation de la pression fiscale (de 0,6 points dans ce scénario), due au fait que les assiettes de certains prélèvements obligatoires s'accroissent plus que le PIB¹⁷ ; d'autre part, les dépenses publiques ne sont qu'en partie indexées sur le PIB¹⁸. *Au total, la réforme dite neutre sur le plan budgétaire débouche en fait sur une amélioration des finances publiques* qui, puisque les autres taux de prélèvement sont maintenus constants, ne peut qu'allouer tout surplus économique à une réduction du déficit (de -60 à -42 milliards d'euros). Au final, le ratio de la dette publique chute de 25,3%. Notons également une autre conséquence de ces règles de neutralité budgétaire : ni l'une ni l'autre n'empêchent une évolution des volumes réels de consommation et d'investissement publics. Mais laissons ce point particulier pour l'instant, nous y reviendrons plus précisément un peu plus loin.

Modalité d'usage des recettes	Baisse des cotisations sociales	
	Recyclage « à l'euro près »*	RDPC**
Produit intérieur brut réel	+0,4%	+1,9%
Emploi total (éq. Temps plein)	+1,9%	+3,5%
Consommation composite des ménages	-0,8%	+1,6%
Recettes fiscales et revenus publics	+3,6%	+2,8%
Dépense, transferts et investissement publics	+1,6%	+3,0%
Ratio de la dette publique au PIB	-20,4%	id.
Pression fiscale (pts de pourcentage)	+0,6	-0,4

* Le recyclage « à l'euro près » affecte le montant des recettes de la taxe carbone en euro, sans ajustement pour prendre en compte les effets de la réforme sur les autres recettes et dépenses publiques.

** RDPC : les allègements de cotisation sociale sont modulés de façon à maintenir le ratio de la dette publique au PIB constant.

Tableau 36 Impact sur l'activité et les finances publiques d'une taxe de 300€/tCO₂, recyclage « euro pour euro » dans une baisse des cotisations sociales

En fait, aucun des dispositifs de réforme fiscale n'est vraiment neutre vis-à-vis des finances publiques. Chacun engendre un surplus ou un déficit budgétaire en fonction à la fois des variations d'activité économique, des règles retenues pour les taux de prélèvement, l'indexation des transferts sociaux et les fournitures de services publics. Dès lors, il est utile de raisonner en deux temps quant à l'affectation du surplus économique que génère la réforme. Dans un premier temps, sur la part qui est affectée à la résorption de la dette, et dans un second temps, sur celle qui ne l'est pas et qui peut être affectée à la baisse de prélèvements obligatoires existants, à une hausse des dépenses publiques, à un système de compensations, etc.

¹⁷ C'est le cas en particulier de la masse salariale, qui progresse fortement grâce aux gains d'emploi, mais aussi de la TVA sur l'énergie, qui s'applique à des dépenses hors taxe qui augmentent beaucoup plus fortement que le PIB, malgré la baisse des consommations.

¹⁸ C'est le cas pour la consommation et l'investissement, mais pas pour les transferts aux ménages, qui évoluent comme les salaires nets, relativement rigides avec nos hypothèses sur le fonctionnement du marché du travail.

Pour cerner l'influence de différents contextes de priorités budgétaires sur la taille du surplus et son affectation, considérons les trois modes de gestion suivants, qui ont chacun recours à une règle de neutralité différente (Tableau 37) :

- *la constance du ratio de la dette publique au PIB (RDPC)* : c'est l'option considérée jusqu'à présent. Cette règle implique l'ajustement de taux d'autres prélèvements, des dépenses publiques ou des transferts, avec réinjection de l'intégralité du surplus de recettes fiscales dans l'économie, si la réforme favorise l'activité, ou en opérant une ponction supplémentaire, si la réforme l'altère¹⁹.
- *Le maintien des autres fiscalités constantes (AFC)* : c'est l'option retenue dans la simulation précédente d'un reversement des recettes « à l'euro près ». Les taux de prélèvement qui ne sont pas désignés pour le recyclage de la taxe carbone sont maintenus et le niveau de la dette s'ajuste pour équilibrer les comptes publics.
- *Le maintien de la pression fiscale constante (PFC)* : il s'agit d'une autre traduction possible du principe de neutralité qu'on entend dans les débats. Cette option fixe la part des prélèvements obligatoires dans le PIB et implique un ajustement conjoint de la dette et du budget publics (c'est-à-dire, des ressources ou des dépenses courantes).

Objectif budgétaire	Transferts sociaux	Dépenses publiques	Ajustement
Ratio de la dette publique au PIB constant (RDPC)	Montants par tête indexés sur les salaires nets	Parts constantes du PIB nominal	Budget public courant*
Part constante des prélèvements obligatoires dans le PIB (PFC)	Montants par tête indexés sur les salaires nets	Parts constantes du PIB nominal	Budget public courant* et dette publique
Taux et accises constants hormis ceux ciblés par la réforme (AFC)	Montants par tête indexés sur les salaires nets	Parts constantes du PIB nominal	Dette publique

* Ajustement par un ou plusieurs éléments des prélèvements obligatoires ou des dépenses publiques courantes (taux de fiscalité, transferts *etc.*)

Tableau 37 Trois variantes macroéconomiques de gestion des finances publiques

Les simulations effectuées montrent que, si l'activité économique et l'emploi progressent dans ces trois contextes de gestion des finances publiques, il n'en va pas de même de la consommation de bien composite des ménages. Celle-ci chute de 1,1% avec la règle AFC, bien que ce résultat négatif s'accompagne d'un fort désendettement, alors qu'elle augmente de 1,9% avec la règle RDPC (Tableau 38). Cette corrélation négative entre consommation et endettement est un point central des arbitrages auxquels on est conduit lorsqu'on cherche à définir les modalités d'usage des produits de la réforme. Ceci pousse à examiner plus précisément les liens entre :

¹⁹ Lorsque nous avons envisagé des modalités de recyclage différentes dans la section précédente, l'ajustement était effectué par le même taux désigné pour le recyclage (c'est-à-dire en ajustant la baisse des cotisations ou la baisse de la TVA, ou encore, l'enveloppe du financement de la redistribution forfaitaire aux ménages : le montant du « chèque vert »).

- les conditions d'occurrence d'une forme forte de double-dividende, entendu comme la production d'un surplus économique global (qui permet une hausse de l'activité économique, de l'emploi et/ou un désendettement)²⁰ ; examen que nous avons entamé au chapitre précédent et que nous poursuivons ici, ainsi qu'au chapitre 8 ;
- le partage du surplus économique entre la hausse générale de la consommation des ménages, la redistribution et la résorption des déficits, qui sera examiné également dans la fin de ce chapitre ainsi qu'au suivant.

Modalité d'usage des recettes	Baisse des cotisations sociales		
	RDPC	PFC	AFC
Emissions totales de CO ₂	-34,1%	-34,6%	-34,9%
Produit intérieur brut réel	+1,9%	+1,0%	+0,4%
Emploi total (éq. temps plein)	+3,5%	+2,6%	+1,9%
Prix de production composite	-1,0%	-1,3%	-1,4%
Intensité en travail du bien composite	+1,4%	+1,3%	+1,3%
Consommation composite des ménages	+1,6%	+0,2%	-0,8%
Volume des exportations de bien composite	+0,6%	+0,7%	+0,8%
Proportion de bien composite importée	-0,9%	-1,1%	-1,3%
Consommation publique réelle	+5,4%	+4,5%	+3,8%
Investissement réel	+1,9%	+1,0%	+0,3%
Ratio de la dette publique au PIB	id.	-12,2%	-20,4%
Pression fiscale (pts de pourcentage)	-0,4	id.	+0,3

RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.
PFC : pression fiscale constante.
AFC : autres fiscalités constantes.

Tableau 38 Impact d'une taxe de 300€/tCO₂ recyclée en baisse des cotisations sociales selon trois règles traduisant le principe de neutralité budgétaire

Les résultats sont très fortement dépendants des politiques budgétaires et le cercle vertueux pour l'activité et l'emploi qui s'enclenche est d'autant plus fort que la règle budgétaire permet un surcroît d'allègement de cotisations. Alors que la règle AFC alloue le surplus budgétaire dégagé par la réforme au désendettement, la règle RDPC autorise une baisse additionnelle des cotisations sociales (-23,3% contre -20,3%) qui débouche sur une progression plus forte de la consommation des ménages (+1,6%). De même, comme la règle AFC induit une hausse de la pression fiscale (+0,3 points), la règle PFC offre elle aussi davantage de marges de manœuvre pour baisser les cotisations (-21,6%), ce qui génère des gains de PIB additionnels (+1,0% au lieu de +0,4%) qui s'accompagnent

²⁰ En avançant dans l'analyse, nous devons faire évoluer la définition du coût ou du bénéfice macroéconomique de la réforme. Ils ne peuvent plus être évalués simplement, comme au chapitre précédent, à l'aide d'un indicateur des niveaux d'activité et d'emploi courants à l'horizon considéré ; l'évaluation doit désormais aussi tenir compte de l'évolution de l'endettement public dans le modèle complet, lorsque la constance du niveau de la dette publique n'est plus contrainte par la règle de neutralité budgétaire.

d'une légère hausse de la demande des ménages en composite (+0,2% contre -0,8%). Mais ceci se fait au prix d'un moindre désendettement public (-12,2% contre -20,4%).

On observe cependant que les allègements additionnels de prélèvements obligatoires permis par les règles RDPC et PFC ne se traduisent pas, au final, par une plus forte baisse du prix de production (-1,0 et -1,3% contre -1,4% avec la règle AFC). L'effet bénéfique pour l'activité courante passe en fait par le canal de la progression des salaires nets (+7,8% et +5,6% contre +4,0 avec AFC) qui soutient la consommation des ménages et compense la hausse de leur facture énergétique.

Modalité d'usage des recettes Option budgétaire	Redistribution forfaitaire intégrale			Baisse de la TVA		
	RDPC	PFC	AFC	RDPC	PFC	AFC
Emissions totales de CO ₂	-34,8%	-35,7%	-34,3%	-34,0%	-33,8%	-34,0%
Produit intérieur brut réel	-0,7%	-2,0%	id.	-0,2%	+0,2%	-0,2%
Emploi total (éq. temps plein)	+0,3%	-1,0%	+1,0%	+0,4%	+0,7%	+0,4%
Prix de production composite	+3,7%	+2,6%	+4,3%	+2,7%	+2,9%	+2,7%
Intensité en travail du bien composite	+0,8%	+0,8%	+0,8%	+0,5%	+0,5%	+0,5%
Consommation composite des ménages	+0,5%	-2,2%	+1,8%	+0,3%	+0,9%	+0,3%
Volume des exportations de bien composite	-1,9%	-1,3%	-2,2%	-1,4%	-1,5%	-1,4%
Proportion de bien composite importée	+3,2%	+2,2%	+3,8%	+2,4%	+2,6%	+2,4%
Consommation publique réelle	+3,7%	+2,1%	+4,5%	+3,4%	+3,8%	+3,4%
Investissement réel	-0,7%	-2,1%	id.	+1,1%	+1,5%	+1,1%
Ratio de la dette publique au PIB	id.	-24,2%	+13,3%	id.	+6,2%	+0,1%
Pression fiscale (pts de pourcentage)	-0,9	id.	-1,3	+0,1	id.	+0,2

RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

PFC : pression fiscale constante.

AFC : autres fiscalités constantes.

Tableau 39 Impacts d'une taxe carbone de 300€/tCO₂ selon deux modes de recyclage alternatifs et trois règles de neutralité budgétaire

Cette dépendance des effets macroéconomiques de la réforme à la règle de neutralité budgétaire est également vraie avec les autres modalités de recyclage (Tableau 42) :

- Avec la redistribution forfaitaire intégrale, la hiérarchie des performances du point de vue de l'activité et de l'emploi est différente (la règle PFC est inférieure à RDPC, elle-même inférieure à AFC). L'explication est simple : ce mode de recyclage, lorsqu'il est effectué « à l'euro près » (règle AFC), accroît l'endettement public (+13,3%) et diminue la pression fiscale (-1,3 points). Il faut donc réduire le niveau des transferts aux ménages pour respecter les deux autres règles de neutralité budgétaire et l'effet de la perte de compétitivité n'est plus compensé par le soutien de la consommation des ménages (qui chute même de 2,2% avec la règle PFC). Le maintien de la pression fiscale permet certes un désendettement (-24,2%) mais au prix d'un coût pour la croissance et l'emploi nettement supérieur. Dans l'ensemble, c'est donc davantage l'affectation du surplus que sa taille qui semble modifiée par la règle budgétaire.

- Avec le recyclage en baisse de la TVA le constat est similaire : la hiérarchie des performances est également différente mais ceci s'explique essentiellement par l'affectation du surplus. Ces différences sont néanmoins bien moins marquées : les niveaux d'activité et d'emploi obtenus avec les règles RDPC et AFC sont pratiquement équivalentes, tandis que ces indicateurs prennent des valeurs légèrement supérieures avec la règle PFC. Les règles RDPC et AFC sont proches, en effet, puisque cette dernière modifie peu le niveau d'endettement et la pression fiscale (+0,1% et +0,2 points) ; l'ajustement de la baisse du taux de TVA est donc minime. La règle PFC favorise, elle, l'activité mais au prix d'un plus fort endettement (+6,2%).

Au total, *la hiérarchie entre les modalités de recyclage apparaît peu sensible au choix de la règle budgétaire qui traduit le principe de neutralité* : le surplus généré par la baisse des cotisations est supérieur à celui généré par la baisse de la TVA, qui est lui-même supérieur à celui qu'autorise la redistribution forfaitaire intégrale aux ménages (cf. Tableau 38 et Tableau 39, pages 216 et 217). Lorsque le niveau d'endettement est contraint (règle RDPC), le déficit de production de richesse par rapport à la baisse des cotisations se situe entre 0,4 et 2,6 points de PIB et le déficit d'emploi entre 1,5 et 3,6 points ; dans le cas où la règle de neutralité budgétaire autorise une évolution du niveau d'endettement (règle AFC), le ratio de la dette au PIB progresse de +0,1% à +13,3% alors qu'il est réduit de 20,4% lors d'une baisse des cotisations. Mais pour un dispositif donné, *choisir une règle de neutralité budgétaire équivaut à spécifier un certain partage des fruits ou des pertes macroéconomiques entre résorption de l'endettement public et consommation courante des ménages*. Au total, les simulations précédentes montrent bien qu'une attention forte doit être portée aux modes de gestion budgétaire dans l'accompagnement d'une fiscalité carbone. Examinons maintenant, successivement et avec plus de précision, les paramètres principaux de cette gestion.

3.2 L'effet des règles d'indexation des transferts sociaux

L'existence d'un transfert de charges aux revenus non salariaux peut s'accompagner d'une baisse du niveau de vie des inactifs par rapport à celui des actifs. En effet, le niveau de vie de ces derniers ne bénéficie pas de l'amélioration de l'emploi dans le cas d'un double dividende fort, alors qu'il est affecté par une facture énergétique alourdie. Une réévaluation des transferts sociaux (allocations chômage, prestations de retraite et autres transferts) peut alors être justifiée pour éviter que ne se creuse les écarts de niveau de vie. Jusqu'ici, nous avons considéré que les transferts étaient revalorisés en suivant l'évolution des salaires nets nominaux, nous envisagerons maintenant leur indexation sur l'indice des prix à la consommation (IPC).

Le changement de règle d'indexation des transferts sociaux modifie là encore nettement les résultats, mais quelle que soit la règle budgétaire retenue, ce changement ne remet pas en cause le cercle vertueux pour l'activité et l'emploi induit par la réforme (Tableau 40). Le bilan apparaît néanmoins légèrement moins positif : certes le PIB et l'emploi sont supérieurs pour deux options budgétaires sur trois (PFC et AFC), mais la résorption de l'endettement est en même temps fortement ralentie (-0,6% et -6,4% respectivement, contre -12,2% et -20,4%). Ce résultat apparaît plus clairement avec la règle RDPC où le poids de l'endettement est maintenu constant : la croissance du PIB est de 0,3 point moindre et celle de l'emploi de 0,2 point.

Modalité d'usage des recettes		Baisse des cotisations sociales				
Règle d'indexation des transferts sociaux		Salaires*			IPC**	
Option budgétaire	RDPC	PFC	AFC	RDPC	PFC	AFC
Emissions totales de CO ₂	-34,1%	-34,6%	-34,9%	-34,2%	-34,2%	-34,4%
Produit intérieur brut réel	+1,9%	+1,0%	+0,4%	+1,6%	+1,6%	+1,1%
Emploi total (éq. temps plein)	+3,5%	+2,6%	+1,9%	+3,3%	+3,2%	+2,7%
Prix de production composite	-1,0%	-1,3%	-1,4%	-0,7%	-0,7%	-0,6%
Intensité en travail du bien composite	+1,4%	+1,3%	+1,3%	+1,3%	+1,3%	+1,3%
Consommation composite des ménages	+1,6%	+0,2%	-0,8%	+1,5%	+1,4%	+0,7%
Volume des exportations de bien composite	+0,6%	+0,7%	+0,8%	+0,4%	+0,4%	+0,4%
Proportion de bien composite importée	-0,9%	-1,1%	-1,3%	-0,6%	-0,6%	-0,6%
Consommation publique réelle	+5,4%	+4,5%	+3,8%	+5,3%	+5,2%	+4,7%
Investissement réel	+1,9%	+1,0%	+0,3%	+1,7%	+1,6%	+1,1%
Ratio de la dette publique au PIB	id.	-12,2%	-20,4%	id.	-0,6%	-6,4%
Pression fiscale (pts de pourcentage)	-0,4	id.	+0,3	id.	id.	+0,3

RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

PFC : pression fiscale constante.

AFC : autres fiscalités constantes.

* Configuration de référence du modèle. Les niveaux de prestations *per capita* (allocation chômage, retraite et autres transferts sociaux) évoluent comme le salaire nominal moyen.

** Les niveaux de prestations *per capita* évoluent comme l'indice des prix à la consommation (IPC).

Tableau 40 Impacts d'une taxe carbone de 300€/tCO₂ recyclée en baisse des cotisations selon l'indexation des transferts et règles de neutralité budgétaire

Les deux mécanismes en jeu se comprennent facilement à partir des analyses précédentes :

- d'un côté, l'indexation sur l'indice des prix à la consommation fait progresser davantage le niveau des transferts sociaux de manière à compenser la hausse des prix de l'énergie. Ces nouvelles dépenses publiques réduisent les marges de manœuvre budgétaires pour diminuer les cotisations sociales et compenser la hausse des coûts de production. La baisse du prix de production du composite est donc moindre (de 0,6% à 0,7% contre 1,0 à 1,4%) et avec elle les gains de compétitivité vis-à-vis des productions étrangères.

- d'un autre côté, cette indexation soutient la consommation en composite des prestataires sociaux en compensant leur perte de pouvoir d'achat (Tableau 41). La relance de la consommation que cela permet suffit à compenser la moindre baisse des prix de production sauf avec la règle budgétaire RDPC, où la consommation des ménages est légèrement moindre (-0,1 points) alors qu'elle est supérieure avec les règles PFC et AFC (+1,2 à +1,5 points). Dans ce cas en effet, lorsque la poids de la dette est maintenu, il y a davantage de baisse de cotisations, ce qui induit une baisse de l'indice des prix à la consommation, une baisse des transferts aux ménages et au final, une baisse de leur consommation.

Remarquons qu'avec nos hypothèses sur la flexibilité des salaires et la réponse des échanges extérieurs aux prix, le premier de ces mécanismes l'emporte sur le second ; le bilan net est donc légèrement moins bon lorsque les transferts sont indexés sur l'indice des prix à la consommation.

Modalité d'usage des recettes	Baisse des cotisations sociales					
	Sur les salaires			Sur l'indice des prix à la consommation		
Règle d'indexation des transferts sociaux						
Option budgétaire	RDPC	PFC	AFC	RDPC	PFC	AFC
Pouvoir d'achat des prestations*						
Toute consommation	-1,3%	-2,3%	-3,0%	id.	id.	id.
Hors énergie (composite)	+5,1%	+3,4%	+4,1%	+6,5%	+6,5%	+6,5%
Pouvoir d'achat des salaires nets						
Toute consommation	-1,3%	-2,3%	-3,0%	-2,8%	-2,0%	-2,0%
Hors énergie (composite)	+5,1%	+3,4%	+4,1%	+4,4%	+4,3%	+3,5%

Tableau 41 Effet d'une taxe carbone de 300€/tCO₂ recyclée en baisse des cotisations sur le pouvoir d'achat des actifs et des inactifs selon deux modalités d'indexation des transferts sociaux et trois règles budgétaires

3.3 L'effet des règles d'évolution des dépenses publiques

Mais il nous faut encore considérer une dernière dimension concernant le contexte des règles de gestion des finances publiques, à savoir les règles d'ajustement du niveau des dépenses de consommation et d'investissement publics. En effet, dans le modèle, nous décrivons la possibilité d'endettement des administrations, ce qui permet de faire évoluer indépendamment les niveaux des dépenses et des recettes publiques. Jusqu'ici, la règle retenue pour dicter l'évolution des dépenses était la constance des dépenses de consommation et d'investissement publics en proportion du PIB. Or, nous avons vu que dans le cas d'une taxe recyclée en baisse des cotisations sociales, cette règle fait évoluer le niveau de consommation et d'investissement publics réels, induisant une hausse du niveau réel de demande publique. Par conséquent, on peut se demander si cette relance budgétaire n'entreprendrait pas de manière indue le cercle vertueux enclenché par la réforme.

Pour étudier cette question, nous comparerons cette option avec la règle retenue dans les analyses théoriques de la littérature du double dividende, à savoir la constance des volumes réels de consommation et d'investissement publics²¹. Notons en préalable la difficulté pratique de mettre en œuvre une telle règle tout en maîtrisant le niveau des déficits. Pour la respecter en effet, il faut que les administrations publiques disposent de suffisamment d'information sur l'évolution de l'économie et d'une influence politique suffisante pour calculer l'évolution de leurs recettes et des coûts de leurs achats, puis mettre en œuvre les réformes nécessaires pour ajuster les taux de prélèvements et ainsi couvrir un même niveau d'achats réels sans recourir à un ajustement des déficits. Si elle n'y parvient pas, la réforme modifiera en conséquence le premier paramètre sur lequel porte l'exigence de neutralité budgétaire en pratique, l'endettement.

La comparaison des deux règles d'évolution des dépenses publiques montre que ce n'est pourtant pas le cas (Tableau 42). Au contraire, la règle du maintien d'un volume constant de consommation et d'investissement publics favorise encore plus l'activité et l'emploi lorsque le poids

²¹ Dans cette littérature, cette règle est confondue avec le principe de neutralité budgétaire du fait que les modèles utilisés ne permettent pas de représenter l'endettement public et son évolution. Les auteurs justifient le recours à cette règle en remarquant qu'elle assure le maintien d'un même niveau de provision de services publics (cf. Bovenberg, 1999). *A priori* cette conception traduit une neutralité plus économique (ou politique) que budgétaire, puisque l'enveloppe allouée à ces dépenses devient indépendante de l'évolution des autres composantes du budget public (les recettes et les transferts sociaux par exemple).

d'endettement est inchangé (règle RDPC). Les performances sur ces mêmes indicateurs sont moindres lorsque la pression fiscale ou les autres taux de prélèvement sont maintenus constants (règles PFC et AFC), mais comme constaté précédemment, cela ne signifie pas que la taille du surplus soit supérieure, simplement que son affectation est différente, puisqu'on obtient un désendettement bien supérieur (-33,7% et -38,3% contre -12,2% et -20,4%).

Modalité d'usage des recettes	Baisse des cotisations sociales					
Règle d'évolution des dépenses publiques	Budgets constants*			Volumes constants**		
Option budgétaire	RDPC	PFC	AFC	RDPC	PFC	AFC
Emissions totales de CO ₂	-34,1%	-34,6%	-34,9%	-33,5%	-35,2%	-35,5%
Produit intérieur brut réel	+1,9%	+1,0%	+0,4%	+2,8%	-0,2%	-0,7%
Emploi total (éq. temps plein)	+3,5%	+2,6%	+1,9%	+4,6%	+1,4%	+0,9%
Prix de production composite	-1,0%	-1,3%	-1,4%	-2,7%	-2,7%	-2,5%
Intensité en travail du bien composite	+1,4%	+1,3%	+1,3%	+1,6%	+1,4%	+1,3%
Consommation composite des ménages	+1,6%	+0,2%	-0,8%	+4,7%	-1,0%	-1,9%
Volume des exportations de bien composite	+0,6%	+0,7%	+0,8%	+1,5%	+1,5%	+1,4%
Proportion de bien composite importée	-0,9%	-1,1%	-1,3%	-2,4%	-2,4%	-2,2%
Consommation publique réelle	+5,4%	+4,5%	+3,8%	id.	id.	id.
Investissement réel	+1,9%	+1,0%	+0,3%	+2,7%	-0,3%	-0,8%
Ratio de la dette publique au PIB	id.	-12,2%	-20,4%	id.	-33,7%	-38,3%
Pression fiscale (pts de pourcentage)	-0,4	id.	+0,3	-1,7	id.	+0,3%

RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

PFC : pression fiscale constante.

AFC : autres fiscalités constantes.

* Configuration de référence du modèle. Le ratio des dépenses publiques (consommation et investissement) au PIB est constant. L'évolution des volumes d'achats publics dépend de celle du prix du bien composite et de celle du PIB nominal. Ils diminuent avec l'augmentation du prix d'achat du composite et augmentent avec l'évolution générale des prix et de la croissance.

** Les volumes de consommation et d'investissement publics sont constants quelle que soit l'évolution de l'environnement macroéconomique.

Tableau 42 Impacts d'une taxe carbone de 300€/tCO₂ recyclée en baisse des cotisations selon la règle d'évolution des dépenses publiques et la règle budgétaire

Ce résultat résulte, cette fois-ci encore, du jeu simultané de deux mécanismes opposés :

- d'un côté, la consommation publique soutient moins la demande effective adressée aux producteurs nationaux lorsque les volumes réels de consommation et d'investissement publics sont maintenus constants (Tableau 43). En effet, dans le cas où l'évolution des achats est dictée par la règle de budgets constants en proportion du PIB, les volumes augmentent mécaniquement puisque la réforme abaisse le prix d'achat du bien composite et fait progresser fortement le PIB nominal (l'activité et le niveau des prix augmentent). Au total, le soutien à la demande effective est dans ce dernier cas nettement plus important (+3,8% à +3,5%).

Modalité d'usage des recettes	Baisse des cotisations sociales					
Règle d'évolution des dépenses publiques	Budgets constants			Volumes constants		
Option budgétaire	RDPC	PFC	AFC	RDPC	PFC	AFC
Prix des dépenses publiques*	-0,9%	-1,1%	-1,3%	-2,4%	-2,4%	-2,3%
PIB nominal	+4,5%	+3,3%	+2,5%	+3,5%	+0,6%	+0,3%
Consommation et investissement publics réels	+5,4%	+4,5%	+3,8%	id.	id.	id.

RDPC : ratio de la dette publique au PIB constant.

PFC : pression fiscale constante.

AFC : autres fiscalités constantes.

*Que ce soit pour les dépenses de consommation courante ou l'investissement, le prix des dépenses publiques est le prix d'achat du bien composite. La consommation d'énergie des administrations est traitée dans la comptabilité nationale comme une consommation intermédiaire du secteur de production de services publics qui se trouve dans le modèle agrégé secteur composite.

Tableau 43 Effet d'une taxe carbone de 300€/tCO₂ recyclée en baisse des cotisations sur les volumes de consommation et d'investissement publics

- d'un autre côté, le financement de dépenses publiques supplémentaires dans le cas d'un budget constant en proportion du PIB a un effet négatif sur les prix de production : soit il réduit les ressources disponibles pour baisser les cotisations dans le cas où le niveau d'endettement est maintenu constant (règle RDPC), soit il induit une hausse des salaires nets en réponse à la baisse du chômage que permet la relance budgétaire (règles PFC et AFC). Au total, quelle que soit la règle budgétaire suivie, la baisse des coûts de production est bien moindre que lorsque les volumes réels de consommation et d'investissement publics sont maintenus constants (-1,0% à -1,4% contre -2,5% à -2,5% dans le cas de volumes d'achat publics constants).

Dans l'ensemble, avec nos hypothèses sur l'effet des variations de coûts sur la compétitivité des productions domestiques, l'effet défavorable sur les prix l'emporte sur l'effet favorable sur la demande effective et le cercle vertueux pour la croissance et l'emploi se trouve atténué.

3.4 Le point de vue de Bercy : efficacité fiscale de la taxe carbone

En découvrant ce bilan positif du point de vue des finances publiques, on peut se demander si l'on ne pourrait pas pousser un peu plus loin la logique et augmenter le taux de taxe carbone pour atteindre indirectement un objectif de résorption des déficits publics, tout en s'assurant encore davantage contre le risque climatique. Cette perspective peut être attrayante dans la conjoncture actuelle d'urgence à la fois climatique et budgétaire.

En laissant de côté les arguments d'économie politique qui s'y opposent (la crédibilité du message public est une composante essentielle de l'acceptabilité, la sauvegarde de la gestion paritaire de la sécurité sociale en est une autre²²), cette question rejoint les discussions économiques à propos de l'« efficacité fiscale » de la taxe carbone. L'argument de sa faible efficacité est couramment opposé à la proposition d'affecter les recettes de la taxe au financement de la protection sociale en substitut des cotisations sociales. Cet argument mobilise parfois comme preuve la règle économique établie par Ramsey-Boiteux, selon laquelle, la plupart du temps, il est préférable

²² Cf. chapitre 1, paragraphe 2.1 (pages 21 à 21) et paragraphe 2.3 (page 29).

de favoriser « les assiettes larges et les taux réduits ». La taxe carbone, en tant que fiscalité incitative est parfois qualifiée d'impôt « biodégradable »²³, ou trop volatile pour donner des recettes suffisamment stables pour contribuer au financement de la protection sociale. La démonstration est parfois bouclée par un raisonnement inverse : si on concède que ces recettes sont stables²⁴, alors le choc sur les prix des énergies sera trop important, ce qui réduirait l'activité et l'emploi, et au final la mesure ne serait pas si favorable pour les finances publiques.

En première analyse, ces arguments peuvent être étudiés en simulant un niveau de taxe croissant et en observant comment évolue le rendement fiscal de la nouvelle composante carbone. Bien entendu, ce rendement dépend du degré d'optimisme/pessimisme sur les possibilités de décarbonisation des ménages et des entreprises. On observe ainsi que le taux doit augmenter si on est optimiste sur les possibilités de substitution, sans quoi on ne peut apporter les recettes suffisantes au financement du désendettement (Tableau 44). On retrouve alors le premier argument précité. Néanmoins, le lien entre ces hypothèses et l'efficacité fiscale de la mesure est loin d'être aussi direct. Il dépend une fois encore de l'effet de la réforme sur la croissance et l'emploi, et indirectement, sur le rendement des autres prélèvements. L'érosion des autres assiettes fiscales est atténuée quand on est optimiste au sujet des potentiels techniques. Au total néanmoins, cette érosion est forte en l'absence de recyclage : les recettes carbone augmentent les finances publiques d'un côté, mais ce gain est en grande partie perdu, de l'autre, par l'effet dépressif qu'induit la mesure : on retrouve l'autre face de l'argument.

Mais ce raisonnement est-il valide quelles que soient les modalités de réforme ? Ne s'applique-t-il qu'à la fiscalité carbone ? Est-il évident qu'un recours à d'autres prélèvements obligatoires soit préférable pour combler les déficits ? Les résultats complémentaires consignés dans le Tableau 44 suggèrent qu'il faut être prudent et ne pas généraliser les résultats obtenus pour une taxe non-recyclée. Un dispositif de taxe carbone recyclée en baisse des cotisations n'érode plus les autres assiettes fiscales. Certes, les recettes de la taxe ne financent plus le budget public, c'est pourquoi le taux doit atteindre des niveaux très élevés (de plusieurs centaines à plusieurs milliers d'euros) qui, de toute évidence, sont sur un plan politique peu réalistes, mais sont économiquement nécessaires pour induire indirectement une hausse des recettes fiscales. En effet, dans le modèle, ces niveaux ne peuvent être atteints que parce que la modalité de recyclage atténue l'effet du renchérissement des énergies et déclenche les effets positifs pour l'activité et l'emploi présentés plus haut.

²³ Ce terme a été employé par le Sénateur Philippe Marini, Rapporteur Général de la commission des Finances du Sénat, dans l'émission de *France Culture* « Rendez-vous des politiques » du 11 septembre 2010.

²⁴ L'expérience suédoise montre qu'une progression du taux associée à une érosion réelle mais lente est compatible avec des recettes fiscales stables sur plus de deux décennies.

Cible de désendettement (ratio Dette/PIB)	-22%		-66%		-88%	
Potentiels de substitution	référence	+10%	référence	+10%	référence	+10%
<i>Taxe carbone non recyclée</i>						
Taux de taxe carbone (€/tCO ₂)	75	77	245	262	600	631
Gain de recettes * (taxe carbone)	+3,4%	+3,4%	+8,5%	+8,4%	+13,2%	+13,1%
Erosion des autres recettes **	-2,4%	-2,3%	-6,0%	-5,7%	-8,8%	-8,6%
<i>Taxe carbone recyclée en baisse des cotisations sociales</i>						
Taux de taxe carbone (€/tCO ₂)	628	656	1566	1640	2428	2543
Recettes de taxe carbone *	+14,4%	+14,2%	+32,1%	+31,4%	+47,3%	+46,2%
Autres recettes (hors recyclage) **	+4,3%	+4,7%	+9,0%	+9,7%	+13,5%	+14,4%
<i>Hausse de TVA</i>						
Taux de TVA (points de %)	+1,8	+1,8	+5,1	+2,0	+9,2	+9,1
Gain de recettes * (TVA)	+3,2%	+3,1%	+8,4%	+8,4%	+14,3%	+14,2%
Erosion des autres recettes **	-2,6%	-2,6%	-6,7%	-6,6%	-10,8%	-10,6%
<i>Hausse de cotisation sociale</i>						
Taux de cotisations (points de %)	+5,3	+5,3	+15,1	+15,2	+27,0	+27,2
Gain de recettes * (cotisations)	+2,2%	+2,2%	+6,1%	+6,1%	+10,2%	+10,3%
Erosion des autres recettes **	-2,1%	-2,1%	-5,0%	-5,0%	-7,4%	-7,5%

* Surcroît de recettes dégagé par l'augmentation du taux (taxe carbone, TVA ou cotisations) et rapporté au total des prélèvements sans réforme (référence).

**Variation des autres recettes par rapport au rendement du système des prélèvements obligatoires sans réforme (dans la situation de référence). Dans le cas du dispositif de taxe carbone recyclée en baisse des cotisations sociales, cette variation ne prend pas en compte les allègements de cotisations sociales permis par le recyclage.

Tableau 44 Coût en PIB d'objectifs de désendettement public selon quatre modalités de financement

On observe également que d'autres réformes fiscales visant les mêmes objectifs de désendettement, mais sans recourir à une taxation du carbone, n'ont pas nécessairement un meilleur bilan. En effet, une simple hausse du niveau moyen de taux de TVA ou du taux de cotisations sociales pèse davantage sur l'activité et l'emploi. L'érosion des autres assiettes fiscales nécessite aussi de fortes hausses de taux, sans que celles-ci ne soient accompagnées ni d'une baisse de la facture pétrolière, ni d'une hausse plus importante de l'intensité en emploi de la production domestique. Au total, le coût en PIB du désendettement est moindre lorsque les recettes de la taxe carbone sont recyclées en une baisse des cotisations sociales, et contrairement à ce que suggère l'argumentaire sur l'efficacité fiscale, cette option est préférable à une simple hausse de TVA ou de de cotisation sociale (Figure 44).

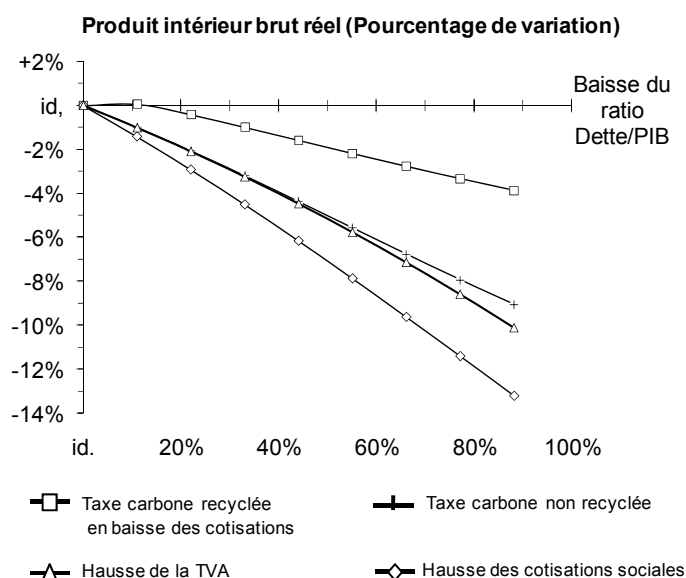


Figure 44 Efficacité fiscale de quatre modalités de financement d'un désendettement public selon trois niveaux d'exigence et deux hypothèses de potentiels de substitution

Mais il faut prendre ces résultats avec prudence ; ils laissent de côté un bon nombre de difficultés sérieuses. Pour grossir les mécanismes, nous avons avec dessin usé du modèle au-delà de son domaine de validité. Les hypothèses de continuité et d'agrégation ne tiennent évidemment plus pour les niveaux de prix de l'énergie si élevés, même s'ils sont atteints progressivement sur une vingtaine d'années ; les effets sur les secteurs intensifs en énergie auront assurément été désastreux, la propagation de la hausse de coût des matières à toute l'économie (ciment, électricité, etc.) intenable pour les populations et l'ensemble des autres secteurs économiques. De plus, on soulignera avec raison qu'une compensation de la hausse de TVA par une baisse des cotisations sociales peut être supérieure, du point de vue de l'activité et des finances publiques, à une taxe carbone recyclée. A ce stade, cet exercice n'a qu'une vertu heuristique, mais importante : il montre que les raisonnements économiques qui fondent une partie de l'argumentaire contre l'affectation des recettes à la baisse de cotisations sociales est contestable. Mais pour poursuivre cette discussion avec rigueur, il faut reprendre ces comparaisons en tenant compte du contexte futur - ce que nous ferons au chapitre 8.

4 Conclusion : choix des modalités et hiérarchie des performances

Dans ce chapitre, nous avons comparé différentes modalités de conception d'un projet de fiscalité carbone. Tout comme dans le chapitre précédent, nous nous sommes limités aux considérations macroéconomiques, négligeant du même coup l'analyse des effets distributifs (objet du chapitre suivant). Mais la perspective était quelque peu différente : alors qu'auparavant nous analysions la sensibilité aux visions du monde des effets d'un seul dispositif – celui recommandé par les économistes – nous nous sommes ici concentrés sur la comparaison de modalités alternatives de réforme.

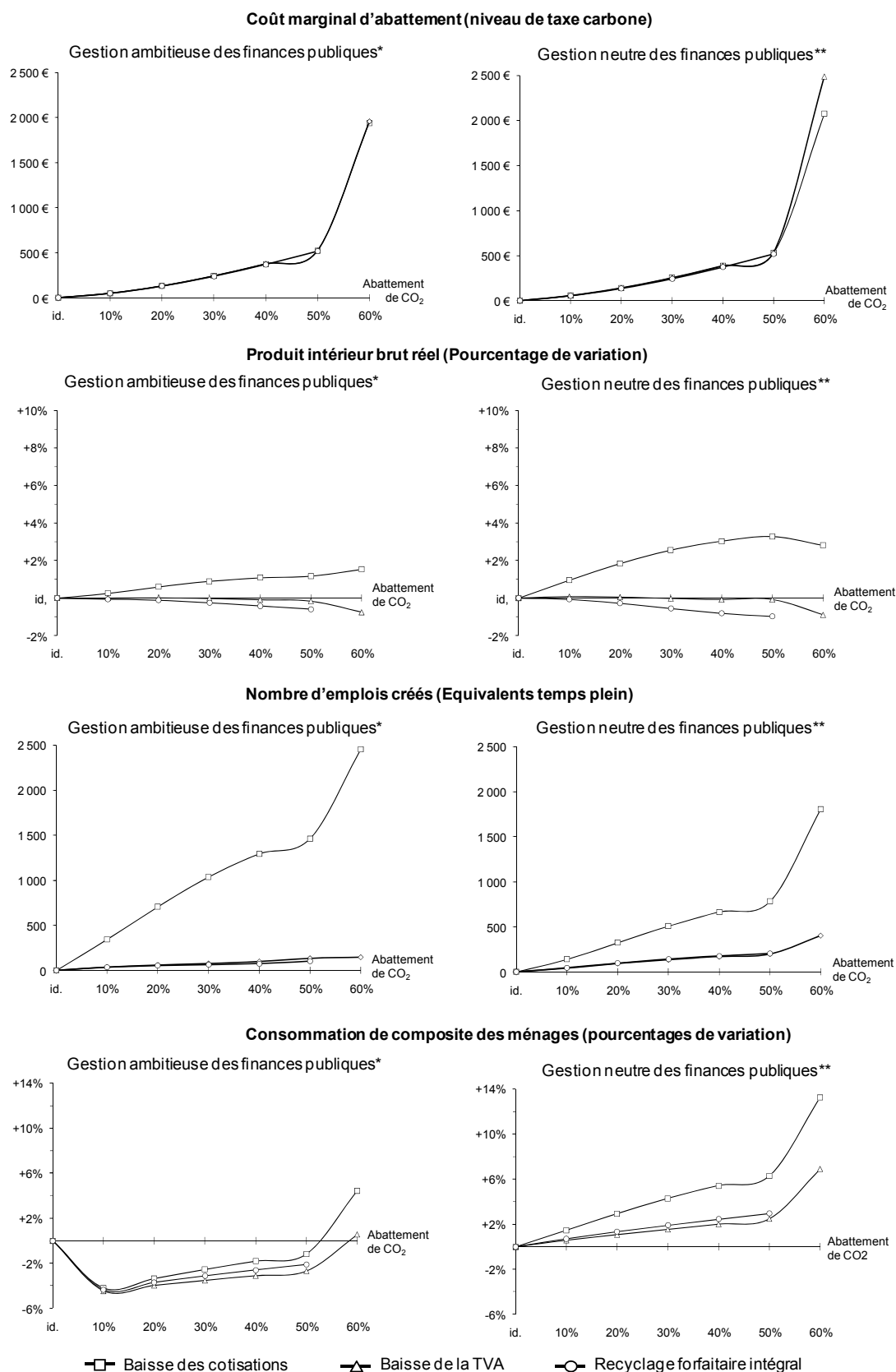
Dans l'ensemble, les résultats obtenus expliquent la force des désaccords observés dans les débats : même si l'on s'accorde sur une vision du monde, les effets macroéconomiques d'une taxe carbone sont sensibles aux mesures retenues en matière d'usage des recettes, de compensation, d'exonération, et au-delà, aux autres modalités de gestion des finances publiques. En outre, certains raisonnements intuitifs, que nous avons vu mobilisés dans les débats, ne sont pas toujours valides quelles que soient les modalités de mise en œuvre. Le choix de ces dernières modifie les mécanismes économiques induits par la réforme et les effets indirects qui en résultent ne sont pas toujours de second ordre.

Au-delà de ces résultats généraux, d'autres enseignements sont utiles pour la décision. En premier lieu, en simulant divers dispositifs, nous trouvons qu'une même taxe carbone a des effets macroéconomiques bien différents. En particulier, certaines règles d'usage des recettes peuvent compenser les coûts techniques de réduction des émissions de CO₂, tandis que d'autres risquent de les accroître. Par conséquent, le fait de penser que la compensation totale de ces coûts est impossible – si, comme nous l'avons vu au chapitre précédent, ceci correspond à notre vision du monde – ne suffit pas pour rejeter cette option et lui en préférer une autre.

En second lieu, la hiérarchie entre les modalités d'usage des recettes étudiées est peu sensible aux autres choix de gestion des finances publiques : le recyclage en une baisse des cotisations sociales reste dans différents contextes l'option la plus performante. Ce résultat généralise celui devenu consensuel dans la littérature sur le double dividende. Il nous est apparu solide, pour les principaux indicateurs d'efficacité productive retenus (PIB, emploi, consommation), que ce soit aux tests de sensibilité sur les points d'incertitude susceptibles de jouer en sa défaveur, ou aux complications qui viennent d'exigences différentes en matière de finances publiques.

En dernier lieu, il s'avère qu'à travers le choix des différentes règles de gestion de ces finances publiques, un arbitrage central se dégage. Cet arbitrage reflète la pondération des priorités entre, d'un côté, le contrôle de l'endettement public, et de l'autre, la consommation courante. Un second niveau d'arbitrage apparaît pour chaque règle de gestion des finances publiques en fonction du choix des modalités de recyclage : le contenu des performances entre maximisation de l'emploi, maximisation de la production et maximisation de la consommation des ménages.

Dans l'ensemble, ces résultats peuvent être synthétisés en une série de courbes de coûts d'abattement qui illustrent la hiérarchie des coûts et des bénéfices de chaque dispositif de fiscalité carbone pour divers niveaux de réduction d'émission (Figure 45). Il s'en dégage un résultat qui préfigure la thèse qui sera développée au dernier chapitre, à savoir qu'une fiscalité carbone n'entre pas fondamentalement en contradiction avec l'objectif de maîtrise des déficits publics.



* Dans une 'gestion ambitieuse des finances publiques' les transferts sociaux sont indexés sur l'indice des prix à la consommation, les volumes de consommation et d'investissement publics sont augmentés de 10%, le ratio de la dette publique au PIB est réduit de 10% et les émissions des installations intensives en énergies (ETS) sont compensées par une baisse d'impôt sur la production.

** Dans une 'gestion neutre des finances publiques', les transferts sont indexés sur les salaires, les volumes d'achat public et le ratio de la dette publique au PIB sont maintenus constants, les installations intensives en énergies ne sont pas compensées.

Figure 45 Courbes de coûts d'abattement et hiérarchies des dispositifs

Chapitre 7

Effets distributifs et arbitrage équité-efficacité¹

Le fait qu'une taxe carbone puisse avoir un impact positif sur les indicateurs macroéconomiques comme le PIB, la dette publique ou la consommation des ménages, reste peu tangible pour le citoyen. Les inquiétudes concernant ses effets sur la distribution des richesses ou le pouvoir d'achat des ménages à bas revenu correspondent à des réalités plus concrètes. Les mêmes questions devraient être posées, mais elles le sont moins, à propos de l'effet net de la réforme sur ces mêmes indicateurs, une fois pris en compte le recyclage du produit de la taxe. Or, une bifurcation juste vers une économie bas-carbone suppose non seulement une compensation satisfaisante des perdants de la transition, mais aussi que les écarts de revenu ne soient pas aggravés. Elle suppose de plus que les transferts mis en œuvre pour opérer des compensations ne remettent pas en cause l'objectif de baisse des émissions, ni celui d'une distribution juste des richesses à plus long terme, le long de la nouvelle trajectoire de développement.

Après quelques précisions apportées sur les principes adoptés pour la mesure des effets redistributifs, nous observerons d'abord l'effet « brut » de dispositifs de fiscalité carbone, à savoir lorsqu'aucun transfert compensatoire n'est mise en œuvre (section 2), puis nous étudierons les effets de plusieurs dispositifs de compromis élaborés pour concilier les objectifs de justice et d'efficacité (section 3), avant de conclure sur le coût social d'une fiscalité carbone (section 4).

1 Justice distributive : problèmes de mesure

Dans les débats, la question du partage du fardeau comme des bénéfices de politiques climatiques renvoie généralement à deux problèmes distincts. Une première interrogation porte sur la redistribution *stricto sensu* : ces politiques contribueront-elles à accroître ou au contraire à réduire les inégalités ? Le second porte sur la vulnérabilité des ménages les plus modestes ; une réduction de consommation effective de 5%, par exemple, peut affecter gravement le bien-être d'un ménage modeste en le contraignant à réduire sa consommation de biens essentiels, alors qu'une réduction de 10% sera moins douloureusement absorbée par les ménages riches.

Nous avons vu au premier chapitre que c'est autour de ces notions que s'exacerbe la tension entre les coûts tels qu'ils sont perçus par le consommateur - contribuable direct de la taxe - et la réalité de la distribution des coûts et bénéfices ultimes : une analyse d'« incidence » en équilibre général devient cruciale pour détecter les fausses impressions. Ainsi, les accroches médiatiques présentent la taxation des entreprises comme plus « juste » que celle des salariés, alors que la taxe levée sur les entreprises pourra être incorporée dans le prix des biens et *in fine* payée par le salarié-consommateur, tout en dégradant la compétitivité des productions domestiques, donc l'emploi. En

¹ Ce chapitre reprend des éléments de deux articles : un premier publié en anglais dans un ouvrage collectif (Combet et al., 2010b, « Carbon Tax and Equity: The Importance of Policy Design » in Soares et al., 2010, *Critical Issues of Environmental Taxation Vol VIII*, p 277-295), le second publié en français dans la *Revue française d'économie*, (Combet et al., 2010c, « La Fiscalité Carbone au risque des enjeux d'équité », volume 25, numéro 2, octobre 2010, pages 59-88).

outre, il n'existe pas de lien mécanique entre la baisse des inégalités et l'amélioration de la situation des plus défavorisés : une taxe qui réduit les écarts de revenu peut réduire la consommation des couches défavorisées si elle s'accompagne d'une perte globale de croissance, alors qu'une taxe creusant les inégalités peut améliorer leur situation en cas de double-dividende fort.

Mesure des effets distributifs

Concernant le choix des indicateurs, nous avons fait le choix méthodologique de ne pas employer une approche en termes de « revenu permanent » des ménages - qui prendrait en compte leur richesse sur l'ensemble de leur « cycle de vie » - et dans un premier temps de ne pas considérer la décroissance de l'utilité marginale du revenu, ce qui est nécessaire pour évaluer d'une manière théoriquement plus satisfaisante la variation du bien-être de chaque classe, ou encore, construire une fonction de bien-être sociale « benthamienne », qui permet de calculer un indicateur synthétique de coût social tenant compte des préférences collectives à propos de la distribution du bien-être. Nous ne nous engagerons pas dans cette voie dès à présent, parce que l'aborder demanderait d'entrer dans une discussion sur les liens entre indicateurs de mesure et conceptions de justice, certes intéressante au plan théorique, mais peu opérationnelle pour lever les principaux malentendus qui ont marqué les débats publics. Ce n'est qu'en conclusion de ce chapitre que nous reviendrons brièvement sur ces complications, avec l'objectif d'illustrer comment les normes de justice peuvent intervenir dans le choix des modalités optimales de la réforme.

Dans un premier temps, nous nous en tiendrons donc à des indicateurs d'usage courant qui, bien que partiels, facilitent la communication des résultats et le dialogue avec les parties prenantes. On gardera cependant à l'esprit qu'une hausse donnée des revenus entraîne une progression du bien-être d'autant plus faible que le ménage qui en bénéficie est riche - dans une mesure qui dépend du jugement de valeur retenu.

Néanmoins, nous utiliserons un indicateur plus proche de la situation matérielle de chaque couche sociale que la consommation privée de biens et services non énergétiques (composite) que nous avons utilisée jusqu'à présent pour décrire les mécanismes macroéconomiques. On appréciera la variation de leur situation matérielle au moyen d'un indicateur de *consommation effective courante* des ménages qui agrège dans un indice de Fisher les consommations courantes de composite, de services énergétiques² et de biens publics individualisables (dépenses de santé, loyer des logements sociaux, etc.)³. La consommation effective des 5% des ménages les plus pauvres nous donnera une indication du niveau de pauvreté et l'indice de Gini sur le niveau d'inégalité du partage de la consommation ou des revenus disponibles courants⁴. Une mesure sera dite « régressive » lorsque son coût économique est supporté disproportionnellement par les couches les plus pauvres et « progressive » dans le cas inverse. Les mêmes termes seront utilisés pour la distribution d'un bénéfice économique net (la mesure sera qualifiée de « régressive » si les ménages les plus favorisés en reçoivent une part disproportionnée, etc.).

² Sur vingt ans, une réforme de cette ampleur ne peut manquer d'induire une plus grande efficacité énergétique des équipements et de modifier le niveau de service rendu par kWh ou litre de carburant consommé. Nous incluons une estimation *ex post* de ces gains de 3,8%, hypothèse volontairement conservatrice pour tenir compte de l'inertie des équipements.

³ Les dépenses publiques individualisables représentaient 65% des dépenses de consommation publique en 2004. La construction de cet indicateur de consommation effective est décrite en annexe (section V.2, page 382).

⁴ Cet indice est construit au niveau des vingt fractiles de niveau de vie qui sont identifiés dans le modèle IMACLIM-S.2.4.

En complément de l'indice de Gini calculé à partir des distributions de consommation et de revenu entre les vingt classes de niveau de vie, nous présenterons aussi les résultats en les ré-agrégeant en cinq classes : les 5% les plus « pauvres » (vingtile 1), les 30% « modestes » (vingtiles 2 à 7), les 30% « médians » (vingtiles 8 à 13), les 30% « aisés » (vingtiles 14 à 19), et les 5% les plus « riches » (vingtile 20). Ce choix simplifie l'exposition sans altérer la compréhension des résultats.

Rappelons que le modèle intègre dans son cadre d'équilibre général vingt classes représentatives de niveau de vie économique, c'est-à-dire tient compte du niveau de revenu courant mais aussi de la taille et de la composition du ménage. Ces classes ont été construites en mobilisant l'information de l'enquête *Budget de Famille* de 2001 et en décomposant le compte des ménages de la comptabilité nationale⁵. Le modèle fonctionne ainsi en simulant conjointement les effets de la réforme sur les agrégats à l'échelle nationale et sur la distribution de ces agrégats entre les classes. Il représente donc des liens d'interdépendance entre distribution et macroéconomie⁶.

Dans ce cadre de modélisation les vingtiles ont chacun des caractéristiques spécifiques de structure de revenus et de dépenses, de taux d'épargne et d'imposition, et de position financière nette. Par conséquent, les effets distributifs évalués résultent de l'hétérogénéité :

- *de la sensibilité des structures de revenus* aux variations de salaire et de taux d'intérêt⁷, étant donné les hypothèses d'indexation des allocations et prestations sociales sur ces salaires ;
- *des potentiels d'adaptation des comportements d'économie d'énergie des ménages* ; la capacité des classes à alléger le fardeau de la taxation est d'autant plus réduite qu'elles sont proches de leurs besoins incompressibles⁸ ;
- *de la situation des classes sur le marché du travail* : les variations d'emploi sont réparties entre classes sociales en fonction de leur taux de chômage et de leur taux de cotisation sociale propres ; de plus, les variations de revenu qui accompagnent le passage du chômage à l'activité ou de l'activité au chômage sont spécifiques à chaque classe.

2 Effet brut d'une fiscalité carbone sur la pauvreté et les inégalités⁹

Considérons d'abord les effets d'une taxe carbone indépendamment de tout dispositif spécifique visant à en corriger les effets distributifs. Pour cela comparons deux des modalités précédentes, contrastant par l'usage qui est fait des recettes : la taxe non-recyclée d'un côté, la taxe

⁵ Cf. chapitre 4, section 3, pages 147-**Erreur ! Signet non défini.**

⁶ Cf. chapitre 3, paragraphe 3.2, pages 100-106.

⁷ Les taux d'intérêt des ménages évoluent avec le même taux d'intérêt directeur auquel sont soumises toutes les catégories d'agents nationaux. Chaque classe de ménages fait néanmoins face à un taux d'intérêt propre (cf. chapitre 3, page **Erreur ! Signet non défini.**). L'hétérogénéité des taux d'intérêt entre les classes est constante et estimée à partir des données de calibrage (ratio des revenus de la propriété financière sur la valeur du patrimoine financier net).

⁸ Les asymptotes sont identiques pour toutes les classes et fixées à 80% de la consommation d'énergie par tête la plus faible observée (celles du 1^{er} vingtile pour les carburants, du 3^{ème} vingtile pour l'énergie résidentielle).

⁹ Nous ne présentons pas ici les résultats de simulation avec recyclage forfaitaire (au sens strict d'une rétrocession à chaque agent du montant exact de taxe dont il s'est acquitté). Ce procédé neutre fournit un point de référence utile dans l'étude théorique de modalités alternatives, mais les autorités publiques ne disposent pas de l'information nécessaire sur les consommations individuelles et leurs évolutions ; la mise en œuvre de ce procédé n'est donc pas une politique plausible.

recyclée en baisse des cotisations sociales de l'autre - cette dernière étant recyclée en respectant la règle de neutralité budgétaire d'une constance du ratio de la dette au PIB (le niveau d'équité intergénérationnelle est donc invariant). Nous allons voir que ces deux dispositifs accroissent les inégalités, mais ceci dans des contextes macroéconomiques très différents.

2.1 De multiples canaux de transmission

Le Tableau 45 montre que les deux modalités d'usage des recettes aggravent l'inégalité des revenus. La part des pauvres et modestes dans le revenu total des ménages décroît légèrement (-0,01 à -0,11 points) et leur consommation est, soit plus fortement réduite (-10,1% et -9,9%), soit moins sensiblement favorisée (+1,1% et +1,2%). Certes, la taxe non-recyclée creuse moins les inégalités de consommation (l'indice de Gini augmente de 1,3% contre 2,0%), mais elle fait chuter la consommation des plus pauvres de 10,1%, alors que le recyclage la fait progresser de 1,1%, ce qui montre l'intérêt de rechercher des compromis entre croissance, réduction de la pauvreté et réduction des inégalités.

	Partage du revenu disponible des ménages (points de %)		Consommation effective* (variation)	
	Remb. de la dette publique	Baisse des cotisations	Remb. de la dette publique	Baisse des cotisations
Pauvres (F0-5)	-0,02	-0,01	-10,1%	+1,1%
Modestes (F5-35)	-0,11	-0,02	-9,9%	+1,2%
Médians (F35-65)	+0,04	-0,11	-9,7%	+0,9%
Aisés (F65-95)	+0,13	-0,05	-9,1%	+1,8%
Riches (F95-100)	-0,04	+0,19	-9,2%	+3,8%
TOTAL	-	-	-9,5%	+1,5%
Indice de Gini**			+1,3%	+2,0%

F#-# : fractiles de niveau de vie (F0-5 : 5% des ménages les plus pauvres, etc.).

*Indice de quantité de Fisher agrégeant la consommation de composite, la consommation énergétique et la consommation publique individualisable. Cet indicateur prend en compte une estimation des gains d'efficacité énergétique sur les équipements des ménages induits par la taxe (+3,8%).

** Variation de l'indice d'inégalité de Gini (calculé sur la distribution des consommations effectives réelles des vingtiles).

Tableau 45 Effets distributifs d'une taxe de 300€/tCO₂ selon deux modalités d'usage des recettes

Pour comprendre ces résultats, il faut d'abord remarquer que l'usage des recettes ne modifie pas le fait que la hausse de la facture énergétique subie par les plus pauvres est de 6 à 11% supérieure à celle subie par les plus riches¹⁰ (Tableau 46), ce qui traduit simplement le fait que les

¹⁰ Même si l'existence d'« effets rebonds » sur la consommation est néanmoins à l'origine d'une dépendance très indirecte au mode de recyclage : les ménages assument une facture plus élevée lorsqu'ils sont plus riches et en limitent la hausse s'ils sont plus pauvres.

ménages pauvres, initialement plus proches de leur besoins essentiels en services énergétiques, ont une élasticité de substitution entre énergie et composite plus faible que celle des ménages riches.

	Facture énergétique			Chômage (points de %)	Revenu disponible
	Carburant	E. résidentielle	Total		
Remboursement de la dette publique					
Pauvres (F0-5)	+81,6%	+61,0%	+69,8%	+21,0	-7,2%
Modestes (F5-35)	+71,2%	+61,4%	+66,0%	+10,6	-6,7%
Médians (F35-65)	+62,2%	+61,3%	+61,8%	+3,8	-6,0%
Aisés (F65-95)	+60,0%	+60,9%	+60,4%	+2,4	-5,8%
Riches (F95-100)	+58,7%	+59,6%	+59,1%	+2,0	-6,4%
TOTAL	+63,4%	+61,0%	+62,2%	+5,2	-6,1%
Baisse des cotisations sociales					
Pauvres (F0-5)	+84,2%	+73,9%	+78,3%	-12,2	+5,4%
Modestes (F5-35)	+76,1%	+74,2%	+75,1%	-6,8	+5,7%
Médians (F35-65)	+69,0%	+73,8%	+71,2%	-2,5	+5,4%
Aisés (F65-95)	+67,5%	+74,1%	+70,5%	-1,2	+5,7%
Riches (F95-100)	+68,0%	+76,1%	+72,0%	-0,9	+7,3%
TOTAL	+70,2%	+74,2%	+72,1%	-3,2	+5,8%
F# : fractiles de niveau de vie (F0-5 : 5% des ménages les plus pauvres, etc.).					

Tableau 46 Décomposition de l'effet distributif d'une taxe de 300€/tCO₂ selon deux modalités d'usage des recettes

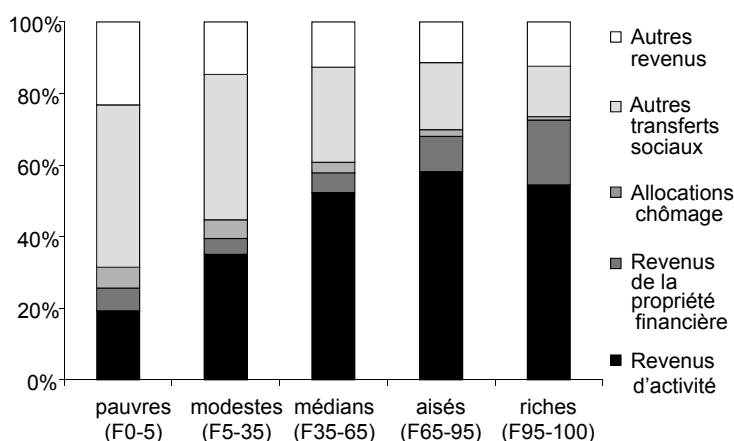
L'hétérogénéité de l'alourdissement du poids de la facture énergétique dans le budget des ménages est le facteur dominant des effets distributifs de la taxation du carbone. Mais l'usage des recettes, qui est déterminant pour l'évolution du niveau d'activité, a aussi un impact très sensible sur la distribution des revenus. Ceci résulte de deux facteurs principaux :

- L'hétérogénéité de la situation des ménages vis-à-vis du marché du travail. Certes, les deux couches inférieures ont déjà bénéficié d'allègements de charges sur les bas salaires, ce qui limite l'effet sur l'emploi de la nouvelle baisse de cotisations. Mais elles sont beaucoup plus sensibles aux hausses d'activité car leur taux de chômage historique est au moins quatre fois plus élevé que celui des couches aisées et riches (38,9% et 20,8% contre 4,4% et 3,7%). D'un autre côté, les revenus des plus riches varient davantage lors du passage de l'activité au chômage. Au total, la somme des revenus salariaux et des allocations chômage du vingtile inférieur varie plus que celle du vingtile supérieur (-18,3% et +13,5% contre -6,9% et +5,8%).

- L'hétérogénéité des sources de revenus non-salariaux (Figure 46) : les revenus du capital (propriété financière), concentrés dans les couches aisées et riches, progressent plus rapidement que

les autres sources de revenu dans l'option recyclage (+14,5% contre +7,8%), ou régressent moins dans l'option sans recyclage (-3,8% contre -9,7%, Tableau 47).

En fait, si ces résultats dépendent des règles adoptées en matière de gestion budgétaire (constance du ratio de dépenses publiques au PIB et indexation des transferts sociaux sur les salaires), leur principale explication réside dans le fait que les revenus n'évoluent pas de façon homothétique avec le PIB. Le résultat que nous obtenons correspond à l'expérience des vingt dernières années de corrélation positive entre hausse de l'activité et revenus des rentes et des avoirs financiers. En cas de croissance, les revenus du capital progressent fortement en raison de l'amélioration des créances des ménages et de la hausse du taux d'intérêt. Cet effet n'est pas symétrique en cas de contraction de l'activité parce que la baisse des taux d'intérêt est alors contenue par le fait que le remboursement de la dette raréfie les capitaux disponibles.



Source: INSEE (2001), calculs des auteurs.

La majeure partie des autres revenus correspond aux loyers réels des propriétaires louant et aux loyers imputés des propriétaires occupants ; ils comprennent aussi les transferts directs reçus par les ménages issus d'autres ménages, des associations sans but lucratif, des sociétés et du reste-du-monde.

Figure 46 Structure de revenu par classe (2004)

Sources de revenu	Variations nominales	
	Remboursement de la dette	Baisse des cotisations
Revenus d'activité	-9,7%	+7,8%
Allocations chômage	+47,5%	-29,8%
Autres transferts sociaux	-4,2%	+4,2%
Revenus de la propriété	-3,8%	+14,5%
Autres revenus	-6,4%	+1,9%

Tableau 47 Evolutions des revenus des ménages induites par une taxe de 300€/tCO₂ selon deux modalités d'usage des recettes

2.2 L'effet d'une taxe redistribuée intégralement aux ménages

Lors de l'épisode du dernier projet de taxe carbone en France, les débats se sont polarisés, au nom de l'équité, sur une *allocation universelle* qui consiste à verser forfaitairement et égalitairement à l'ensemble des ménages le produit de la taxe qu'ils ont acquittée. Nous avons vu que, même au prix d'une perte d'efficacité macroéconomique, cette option pouvait être motivée par des considérations politique d'acceptabilité : une compensation directe de l'alourdissement de la facture énergétique des ménages est plus tangible pour eux et moins incertaine ; et pour les politiques, cette option offre un discours simple, facilement compréhensible par l'opinion, et véhiculant la volonté politique de préserver le pouvoir d'achat des ménages.

Néanmoins, nous avons étudié au chapitre précédent les effets macroéconomiques d'un cas extrême de cette option, où l'intégralité du produit de la taxe, y compris celui prélevé sur les entreprises, est redistribuée aux ménages sous la forme de transferts forfaitaires compensatoires mais imparfaits¹¹. Nous avons alors constaté que les pertes induites en termes d'emploi et de revenus pouvaient faire ressurgir le problème de la préservation du pouvoir d'achat. Mais jusqu'ici nous avons mené ce raisonnement à un niveau agrégé, sans considérer l'effet net de ce dispositif de réforme sur la distribution des revenus entre nos catégories de ménages.

Si on compare cette modalité de recyclage à la baisse des cotisations sociales, on observe que cette « allocation universelle intégrale » aboutit à des baisses d'émissions très proches (-34,8% au lieu de -34,1%)¹², mais là encore à des bilans socio-économiques très différents (Tableau 48).

L'allocation universelle intégrale est certes fortement progressive : les ménages pauvres, modestes et médians voient leur part dans le revenu disponible augmenter (+0,12, +0,69 et +0,15 points), cela aboutit à une réduction sensible des inégalités de consommation (l'indice de Gini baisse de 5,5%) et permet aux plus pauvres d'augmenter fortement leur consommation (+5,1%). La consommation des ménages riches et aisés est légèrement réduite (-0,6% et -0,9%). Les ménages pauvres payent 682 € de taxe carbone mais bénéficient d'un reversement de 2 619 € - le solde de 1 937 € représentant 11% de leur budget de consommation initial. À l'inverse, ce solde, à 1 060 €, ne représente que 1,6% du budget des ménages les plus riches, ce qui est insuffisant pour compenser les pertes de revenu qu'ils subissent.

Rappelons que ce dispositif conduit à une moindre croissance économique (-0,7%), une moindre performance pour l'emploi (+0,3%) et une contraction de l'investissement (-0,7%). Comme pour la taxe non-recyclée, la propagation de la hausse des coûts de production est la cause première de cette contraction. Elle vient de ce que le renchérissement de l'énergie n'est plus amorti par une baisse du coût du travail. L'effet dépressif de la hausse du prix de production du bien composite (+3,7%) n'est pas compensé par la légère intensification en emploi de l'économie (+0,8%). Ce cercle vicieux est néanmoins freiné par le soutien implicite à la consommation des ménages que représente un transfert substantiel de ressources depuis l'appareil productif, ainsi que par la hausse de la

¹¹ C'est le montant par unité de consommation qui est égalitaire ; ce qui revient à donner à chaque ménage 0,5 fois plus à partir du second adulte et pour chaque adulte supplémentaire de plus de 14 ans, et 0,3 fois plus pour chaque enfant supplémentaire de moins de 14 ans.

¹² La redistribution des recettes en faveur du revenu des ménages, plutôt qu'en baisse du coût du travail, induit un effet rebond sur leur consommation d'énergie et limite les changements techniques et structurels nécessaires à l'essor de productions moins intensives en énergie.

propension globale à consommer due à la forte redistribution des revenus (effet « Kaldorien »). Mais ceci ne suffit pas pour maintenir un même niveau d'investissement (-0,7%) et, dans une économie exposée à la concurrence internationale, à annuler l'impact de la perte de compétitivité sur les commandes adressées à l'appareil de production national.

Recyclage		Baisse des cotisations	Allocation universelle intégrale
Emissions totales de CO ₂		-34,1%	-34,8%
Produit intérieur brut réel		+1,9%	-0,7%
Emploi total (éq. temps plein)		+3,5%	+0,3%
Investissement réel		+1,9%	-0,7%
Prix du composite		-1,0%	+3,7%
Intensité en travail du bien composite		+1,4%	+0,8%
Consommation effective*	TOTALE	+1,5%	+0,4%
	Pauvres (F0-5)	+1,1%	+5,1%
	Modestes (F5-35)	+1,2%	+2,7%
	Médians (F35-65)	+0,9%	+0,2%
	Aisés (F65-95)	+1,8%	-0,9%
	Riches (F95-100)	+3,8%	-0,6%
	Indice de Gini**	+2,0%	-5,5%
Variation en pts de pourcentage			
Part du revenu disponible des ménages	Pauvres (F0-5)	-0,01	+0,12
	Modestes (F5-35)	-0,02	+0,69
	Médians (F35-65)	-0,11	+0,15
	Aisés (F65-95)	-0,05	-0,70
	Riches (F95-100)	+0,19	-0,25

*Indice de quantité de Fisher agréant la consommation de composite, la consommation énergétique et la consommation publique individualisable. Cet indicateur prend en compte une estimation des gains d'efficacité énergétique sur les équipements des ménages induits par la taxe (+3,8%).

** Taux de variation de l'indice d'inégalité de Gini (calculé sur la distribution des consommations effectives réelles des vingtiles).

Tableau 48 Bilan macroéconomique et distributif d'une taxe de 300€/tCO₂ selon deux logiques de recyclage

Au total, la comparaison des bilans de ces deux logiques de recyclage fait apparaître un dilemme équité-efficacité économique, que l'on peut représenter sur un diagramme en quatre dimensions (Figure 47) :

- sur l'axe vertical, deux critères de niveau d'activité : l'emploi et le PIB ;
- sur l'axe horizontal, deux critères d'équité : l'inverse de l'indice de Gini (qui croît lorsque la distribution des consommations devient plus égalitaire) et le niveau de consommation des 5% des ménages les plus pauvres.

Dans ce diagramme la situation historique de 2004 est représentée par un losange en tirets noirs et avec un indice 1 sur ces 4 critères.

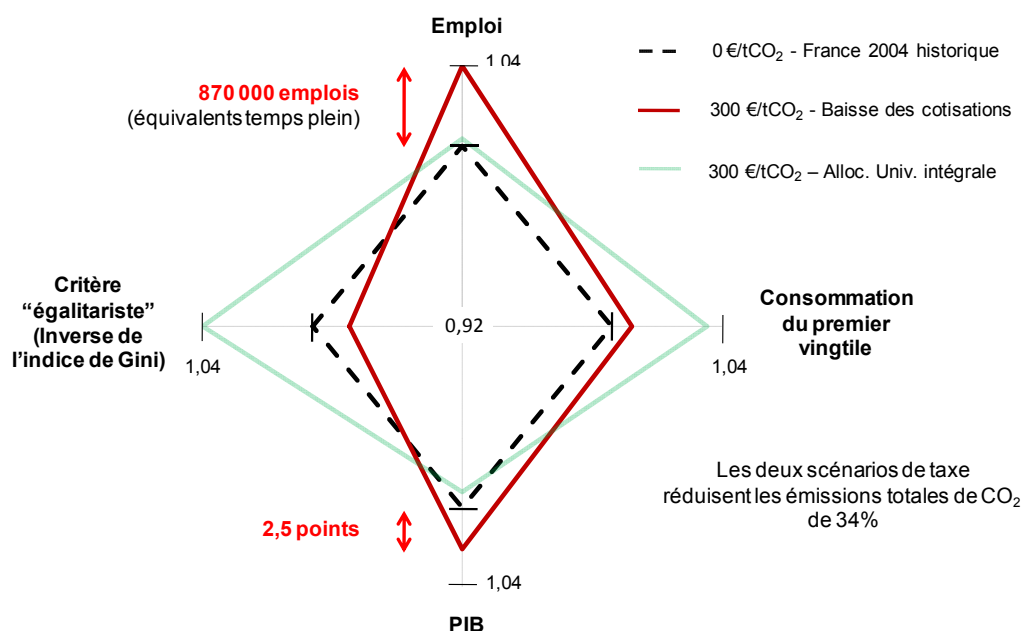


Figure 47 Les jeux de l'harmonisation entre objectifs publics

Cette représentation fait apparaître clairement l'enjeu : le recyclage en baisse des cotisations sociales d'une taxe à 300€/tCO₂ est légèrement inférieur du point de vue des inégalités mais il est bien supérieur du point de vue de l'activité (870 000 créations d'emploi et 2,5 points de PIB en plus en 2004).

Mais elle confirme que, dans un monde de second rang, les bilans économiques et sociaux d'une taxe carbone ne peuvent pas être étudiés séparément ; la façon de redistribuer les revenus de la taxe n'est pas neutre quant à la taille du surcroît économique lui-même.

3 Équité et efficacité : marges de manœuvre pour les compromis

Les résultats précédents montrent qu'il existe des marges de compromis entre les objectifs de maximisation d'indicateurs d'efficacité productive globale d'un côté (PIB, emploi) et d'indicateurs d'inégalité et de pauvreté de l'autre. Il reste à voir comment exploiter au mieux cet espace de compromis. Nous aborderons ce second moment de l'analyse des effets distributifs en cherchant à répondre à la question suivante : peut-on isoler quelques principes opérationnels de rationalité économique pour guider la conception d'un dispositif de compromis entre équité et efficacité ?

3.1 Trois formules de compromis

Pour tenter de répondre à cette question, envisageons maintenant trois propositions de compromis sur l'usage des recettes entre les logiques d'efficacité économique et d'équité. Chacune d'elles introduit, pour les ménages, un système de compensations directes qui préserve l'efficacité environnementale du signal-prix ; les fonds qui ne servent pas à financer ces compensations sont

recyclés, toujours sous contrainte de constance du ratio de la dette publique au PIB, en baisse des cotisations sociales. On étudiera :

1. **Une allocation universelle restreinte**, qui restitue aux ménages les montants prélevés sur leurs achats d'énergie¹³ sous forme d'un forfait identique par unité de consommation. Les entreprises récupèrent donc le produit de leur propre taxe sous forme de baisse des charges - sous réserve du maintien du ratio de la dette publique au PIB. Le dispositif est celui d'un *recyclage mixte*, qui a le mérite de contourner la querelle sur le partage du fardeau entre ménages et entreprises.

2. **Un crédit d'impôt généralisé** (avec chèque compensateur aux foyers non imposables), qui restitue à l'ensemble de la population uniquement les montants prélevés sur les achats qui sont nécessaires à la satisfaction des besoins essentiels (évalués à 56% de la consommation totale de référence du premier vingtile¹⁴). Ce dispositif réserve donc une part substantiellement plus élevée du produit fiscal de la taxe à des baisses de cotisations sociales.

3. **Un crédit d'impôt ciblé et des mesures d'accompagnement** ; ce dispositif restreint la mesure de crédit d'impôt précédente aux 80% des ménages les moins riches, épuise le produit fiscal de la taxe dans la baisse des cotisations, et finance sur les marges budgétaires dégagées¹⁵ des mesures complémentaires pour les ménages qui cumulent pauvreté et dépendance aux énergies fossiles : mise à disposition accélérée d'équipements efficaces en énergie (bâtiment, chauffage, électroménager) ou décotes sur le prix des transports publics¹⁶. Ce dispositif vise à faciliter la transition des consommateurs « captifs » vers une économie bas-carbone, et à réduire les « trappes à pauvreté énergétique ».

¹³ Outre la taxe carbone, la hausse de TVA induite est également restituée.

¹⁴ Ce qui correspond, pour les carburants, à la consommation annuelle moyenne nécessaire au trajet domicile-travail (*cf.* annexes, Encart 10, page 316).

¹⁵ Toujours sous hypothèse de constance du ratio de la dette publique au PIB.

¹⁶ On modélise ces mesures en simulant la mise en œuvre d'une augmentation homothétique des « autres transferts sociaux » aux classes de ménages. Ces transferts diminuent avec le niveau de revenu et sont limités aux 80% des ménages les moins riches.

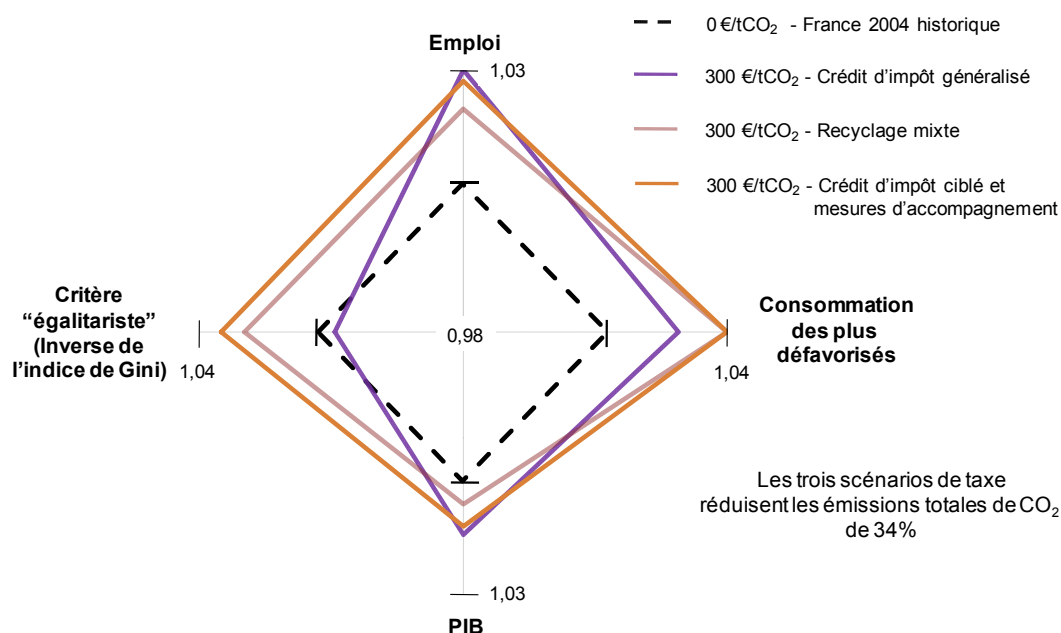


Figure 48 Trois formules de compromis

Le diagramme de la Figure 48 montre que deux de ces trois dispositifs de compromis sont supérieurs à la situation historique sur les quatre axes d'évaluation. L'option d'un crédit d'impôt généralisé a des performances nettement moins bonnes que les deux autres en matière d'inégalité et de consommation des plus défavorisés. Or, ceci ne s'accompagne pas d'une performance nettement supérieure en matière d'emploi et de niveau d'activité par rapport au dispositif de « crédit d'impôt ciblé et mesures d'accompagnement ».

En revanche, les performances de ce dernier dispositif sont comparables à celles du recyclage mixte. Celui-ci se fait certes au prix d'une légère perte d'efficacité économique et d'une moindre performance en matière d'équité, mais son bilan d'ensemble reste positif par rapport à la situation historique.

En fait, le coût ultime en croissance d'un système de compensations directes varie en proportion des ressources consacrées à son financement (Tableau 49). Plus ces ressources sont élevées, moins il y a de transfert de charge fiscale de l'appareil de production vers les revenus non-salariaux, et moins les coûts de production baissent. On comprend pourquoi le recyclage mixte a un coût supérieur : il utilise 42,8% des nouvelles ressources (taxe carbone et surcroît de TVA associée) qui ne sont alors plus disponibles pour des allègements de charges ; le cercle vertueux sur la croissance et l'emploi s'en trouve donc affaibli et les marges de manœuvre réduites. À coût de financement moindre (24,3%), le système de compensation de crédit d'impôt et de mesures d'accompagnement, en ciblant mieux les ménages vulnérables, resserre davantage les inégalités et réduit plus la pauvreté ; il favorise aussi le revenu des classes moyennes qui restent fragilisées par la

taxe carbone dans les deux autres systèmes de compensation (leur part dans le revenu des ménages augmente désormais de 0,1 point)¹⁷.

Système de compensations directes		Crédit d'impôt	Recyclage mixte	Crédit d'impôt et transferts ciblés
Fraction des recettes de la taxe affectée aux compensations		+16,3%	+42,8%	+24,3%
Prix de production composite		-0,2%	+1,3%	+0,3%
<i>Variation en pts de pourcentage</i>				
Part du revenu disponible des ménages	Pauvres (F0-5)	+0,0	+0,1	+0,1
	Modestes (F5-35)	+0,1	+0,4	+0,4
	Médians (F35-65)	-0,1	-0,0	+0,1
	Aisés (F65-95)	-0,2	-0,4	-0,5
	Riches (F95-100)	+0,1	-0,1	-0,0

F#-# : fractiles de niveau de vie (F0-5 : 5% des ménages les plus pauvres, etc.).

Tableau 49 Effets macroéconomiques et distributifs de trois dispositifs de compensation directe des ménages pour une taxe de 300€/tCO₂

Enfin, avantage non pris en compte dans nos simulations, l'option crédit d'impôt et mesures d'accompagnement permet de cibler davantage des situations de fragilité énergétique qui ne sont pas strictement liées au niveau de revenu et dont l'importance a été rappelée plus haut. Un équilibre doit simplement être trouvé en comparant les avantages d'une répartition plus égalitaire du fardeau et le coût administratif de la complexification des règles d'attribution.

3.2 Inégalités territoriales : un paramètre sous-estimé

Même si les débats sur la justice de la réforme ne se sont pas limités aux inégalités entre catégories de revenu (les inégalités « verticales »), nous voyons émerger des protestations au nom de ménages particulièrement vulnérables à toute hausse de la facture énergétique, en particulier en raison de leur localisation¹⁸. Les changements de localisation, les modifications dans la structure de l'organisation spatiale, des réseaux de transports, des formes urbaines, appartiennent aux processus longs. En conséquence, une restructuration des prix peut induire, à long terme, une organisation de l'espace plus « inclusive et juste », mais à plus court terme, les risques d'accroître des inégalités déjà criantes entre les territoires restent importants¹⁹.

¹⁷ Cette fragilité des couches moyennes est en effet notable : elles consacrent aux achats d'énergie une part de leur budget comparable à celle des couches défavorisées alors que, d'un côté, elles bénéficient moins de la baisse du chômage que les couches défavorisées, et d'un autre côté, elles bénéficient moins de la progression des revenus de la propriété et du retour à l'emploi que les couches supérieures.

¹⁸ Nous renvoyons en particulier le lecteur à l'argument d'une « taxe sur la ruralité » de l'association *Que choisir* (2009, pages 17-19). Les craintes d'un effet inégalitaire selon cette dimension spatiale ont été justifiées par les statistiques sur la distribution des parts énergétiques présentées par l'ADEME (2008) et l'INSEE (Calvet et Marical, 2011). La localisation constitue de fait une dimension importante de dépendance aux énergies fossiles à court terme (voir la discussion engagée au chapitre 1 sur la notion de vulnérabilité, paragraphe 3.1, page 29).

¹⁹ Notre définition du moyen terme explique les inerties des consommations des ménages par les traits profonds du mode de développement des pays industrialisés, traits qui se trouvent inscrits dans une forme d'organisation des activités et de leurs localisations qui ne pourra être que partiellement remodelée sur 15 ou 20 ans (cf. chapitre 2, Figure 10, page 73).

Chercher à répondre à ces questions appelle bien évidemment une étude précise des contraintes propres auxquelles font face les populations des différents territoires, villes et agglomérations ; il faudrait pour cela décrire non seulement l'hétérogénéité des potentiels de substitution et d'économie d'énergie, mais aussi les autres facteurs d'hétérogénéités territoriales (activités socioéconomiques, marché du travail, contraintes géographiques, *etc.*). Une telle étude exigerait une thèse en soi et nous ne prétendons ici fournir qu'une première analyse de la dimension spatiale des effets distributifs. Nous groupons la population selon six degrés d'urbanisation et en désagrégeant les mêmes grandeurs macroéconomiques que pour les classes de revenus²⁰, c'est-à-dire, essentiellement, en distinguant ces groupes par la structures de leur budget et de leurs revenus²¹.

L'objectif est de faire apparaître en quoi les dispositifs à mettre en place ne sauraient oublier la dimension spatiale et les hétérogénéités territoriales (Tableau 50, page 242). On observe que les systèmes de compensation uniforme – un crédit d'impôt identique pour tous, seul ou accompagné d'une hausse des transferts sociaux – n'améliorent pas, sous cet angle, la justice de la réforme : ces dispositifs réduisent la consommation des ménages ruraux et accroissent les inégalités entre zones à forte et zones à basse densité (les premières sont favorisées, les secondes défavorisées).

Pour ne prendre que le cas de la mesure de crédit d'impôt généralisé, on estime une forte hausse des inégalités territoriales de consommation effective et de revenu disponible (les indices de Gini progressent respectivement de 17,8 et de 7,0%), tandis qu'on estimait seulement une légère hausse des inégalités verticales de consommation effective (+0,5% de l'indice de Gini) et une légère baisse des inégalités verticales de revenus (-0,5%).

Ce résultat s'explique essentiellement par la dispersion bien plus importante du niveau initial des parts budgétaires énergétiques selon l'axe du degré d'urbanisation (Figure 49, page 243). Quel que soit le dispositif envisagé, la réforme induit une distribution de la consommation effective qui joue en défaveur des territoires ruraux et peu denses. Chose notable : la force de cette redistribution est accrue par les deux dispositifs de compensation qui ne distinguent pas les ménages selon leur localisation²². En effet, les compensations favorisent davantage les territoires denses où se concentrent les populations (Tableau 51, page 254) ; or, l'allègement que permet le crédit d'impôt est pour les territoires ruraux et peu denses dérisoire en proportion du fardeau que constitue la taxe. L'effet distributif qui transite par les mécanismes macroéconomiques est évidemment sujet à caution en raison des limites évoquées précédemment. Mais cet exercice souligne, une fois de plus, l'importance d'une bonne affectation des compensations qui suppose, d'une part, de limiter le système de compensation directe pour maximiser l'efficacité productive globale, et d'autre part, d'identifier plus précisément les plus vulnérables pour clarifier les critères d'attribution des transferts directs et maximiser ainsi l'équité du système de compensation.

²⁰ Le lecteur pourra se reporter au chapitre 4 (section 3, page 147) où la méthodologie de désagrégation du compte des ménages en classes représentatives est décrite. Les clefs de désagrégation et les comptes désagrégés obtenus pour les « classes territoriales » se trouvent en annexes (*cf.* Table L, Table T et Table U, pages 344, 350 et 351).

²¹ Comme pour l'étude des inégalités verticales, les emplois créés sont toujours distribués en fonction du taux de chômage initial de chaque catégorie. Pour mener une analyse plus réaliste des inégalités territoriales, il faudrait notamment chercher à estimer, en prospective, la distribution spatiale des créations d'emplois (la répartition future des activités sur le territoire).

²² Précisons ici que dans le cas du dispositif de crédit d'impôt ciblé associé à des mesures d'accompagnement, l'attribution des transferts n'est pas différenciée selon les territoires ; comme précédemment, cette mesure augmente proportionnellement les transferts sociaux existants (hors allocations chômage et retraites).

Recyclage après compensation		Baisse des cotisations		
Système de compensation directe		Aucun	Crédit d'impôt généralisé	Crédit d'impôt et transferts*
Distribution selon le degré d'urbanisation				
		Taux de variation		
Consommation effective**	TOTALE	+1,6%	+1,4%	+1,2%
	Ruraux	id.	-0,8%	-0,9%
	Urbains (<20 000 hab.)	+0,9%	+0,5%	+0,4%
	Urbains (100 000> hab. >20 000)	+1,7%	+1,5%	+1,4%
	Urbains (>100 000 hab.)	+2,5%	+2,6%	+2,4%
	Agglo. parisienne (hors Paris)	+2,7%	+3,0%	+2,7%
	Ville de Paris	+4,6%	+4,6%	+4,0%
Indice de Gini sur la consommation effective***		+13,4%	+17,8%	+17,0%
Indice de Gini sur le revenu disponible***		+0,5%	+7,0%	+6,0%
		Variation en pts de pourcentage		
Part du revenu disponible des ménages	Ruraux	-0,04	-0,23	-0,22
	Urbains (<20 000 hab.)	-0,01	-0,05	-0,04
	Urbains (100 000> hab. >20 000)	+0,01	+0,02	+0,03
	Urbains (>100 000 hab.)	+0,09	+0,23	+0,24
	Agglo. parisienne (hors Paris)	-0,05	+0,03	+0,00
	Ville de Paris	-0,01	+0,00	-0,01
Distribution selon le niveau de vie				
		Taux de variation		
Consommation effective**	TOTALE	+1,5%	+1,3%	+1,3%
	Pauvres (F0-5)	+1,1%	+1,9%	+3,3%
	Modestes (F5-35)	+1,2%	+1,5%	+2,6%
	Médians (F35-65)	+0,9%	+0,8%	+0,9%
	Aisés (F65-95)	+1,8%	+1,2%	+0,5%
	Riches (F95-100)	+3,8%	+2,9%	+1,9%
Indice de Gini sur la consommation effective***		+2,0%	+0,5%	-2,6%
Indice de Gini sur le revenu disponible***		+0,7%	-0,5%	-2,9%
		Variation en pts de pourcentage		
Part du revenu disponible des ménages	Pauvres (F0-5)	-0,01	+0,02	+0,06
	Modestes (F5-35)	-0,02	+0,12	+0,43
	Médians (F35-65)	-0,11	-0,06	+0,05
	Aisés (F65-95)	-0,05	-0,19	-0,50
	Riches (F95-100)	+0,19	+0,10	-0,04

* Contrairement au dispositif envisagé dans les paragraphes précédents, les transferts ne sont pas ciblés selon le niveau de revenu. Il aurait fallu pour cela croiser les deux critères de différenciation des classes de ménages : selon leur niveau de vie et leur localisation. L'ensemble des ménages bénéficient de la hausse des transferts sociaux, même les plus riches.

**Indice de quantité de Fisher agréant la consommation de composite, la consommation énergétique et la consommation publique individualisable. Cet indicateur prend en compte une estimation des gains d'efficacité énergétique sur les équipements des ménages induits par la taxe (+3,8%).

*** Taux de variation de l'indice d'inégalité de Gini (calculé sur les distributions au niveau des six classes représentatives).

Tableau 50 Bilan distributif d'une taxe de 300€/tCO₂ selon la localisation des ménages et le système de compensation

Dans notre exemple, la mesure qui consiste à ne considérer que la taille et la composition des ménages pour différencier le crédit d'impôt n'est ni suffisante, ni justifiée : elle bénéficie de façon disproportionnée aux ménages urbains des métropoles, alors que ceux-ci ne sont pas spécialement perdants, tant du point de vue de la hausse des prix des produits énergétiques que des effets macroéconomiques de la modalité de recyclage de la taxe. Des aménagements sont donc nécessaires.

	Revenu disponible	Taxe carbone*	Compensations*	Ajustement macroéconomique**	Part budgétaire énergétique (points de %)
<i>Baisse des charges</i>					
Ruraux	+5,7%	-3,5%	-	+9,2%	+5,8%
Urbains (<20 000 hab.)	+5,8%	-3,1%	-	+8,9%	+5,0%
Urbains (100 000> hab. >20 000)	+6,0%	-2,9%	-	+8,9%	+4,3%
Urbains (>100 000 hab.)	+6,2%	-2,5%	-	+8,7%	+3,7%
Agglo. parisienne (hors Paris)	+5,4%	-2,0%	-	+7,4%	+3,0%
Ville de Paris	+5,6%	-1,1%	-	+6,8%	+1,8%
ENSEMBLE	+5,8%	-2,8%	-	+8,6%	+4,3%
<i>Crédit d'impôt</i>					
Ruraux	+5,4%	-3,5%	+0,4%	+8,5%	+5,9
Urbains (<20 000 hab.)	+6,0%	-3,1%	+1,0%	+8,1%	+5,0
Urbains (100 000> hab. >20 000)	+6,5%	-2,9%	+1,4%	+8,0%	+4,2
Urbains (>100 000 hab.)	+7,2%	-2,5%	+1,9%	+7,8%	+3,7
Agglo. parisienne (hors Paris)	+6,5%	-2,0%	+2,1%	+6,4%	+2,9
Ville de Paris	+6,4%	-1,1%	+2,0%	+5,6%	+1,7
ENSEMBLE	+6,3%	-2,8%	+1,3%	+7,8%	+4,3%

* En proportion du revenu disponible brut sans réforme fiscale carbone.

** Solde de la variation du revenu disponible brut des groupes de ménages représentatifs.

Tableau 51 Déterminants de l'effet distributif d'une taxe de 300€/tCO₂ selon la localisation des ménages et le système de compensation

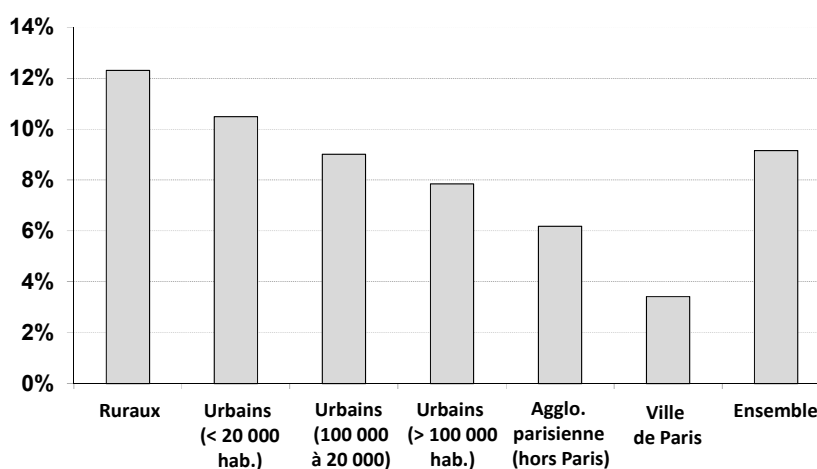


Figure 49 Dépenses annuelles et parts budgétaires énergétiques moyennes des ménages selon leur localisation

Dans l'ensemble, cet exercice, met en lumière ce qui est la thèse principale de ce chapitre : *l'identification plus précise des populations les plus vulnérables, dont l'accompagnement doit faire l'objet de mesures spécifiques, demeure un préalable majeur, sinon pour l'efficacité, du moins pour l'acceptabilité d'un mode de gestion d'une profonde bifurcation vers une trajectoire de développement bas-carbone.* Nous avons suggéré à plusieurs reprises des pistes pour améliorer l'identification des situations de vulnérabilité énergétique, où les ménages cumulent pauvreté et dépendance aux énergies fossiles, en raison d'une *conjonction* de facteurs socioéconomiques, techniques et géographiques qui agissent à court et plus long terme. Ce programme doit s'atteler non seulement au problème des données et de méthode, mais aussi aux questionnements normatifs sur la notion de bien-être, questionnement que nous allons simplement introduire.

4 Effets distributifs et bien-être social

Tout au long de ce chapitre, nous avons tenté de définir ce que peut être un dispositif de compromis en cherchant par tâtonnement les compromis les plus efficaces par rapport à un jeu d'indicateurs macroéconomiques et distributifs. Par cette approche, nous avons mis en évidence un principe général pour le choix collectif des modalités de réforme : il s'avère préférable de limiter les compensations directes - en ciblant les populations les plus vulnérables - pour atténuer les tensions entre efficacité et équité et maximiser les chances de synergie. Mais au-delà de ce principe général, nous n'avons utilisé aucun critère synthétique - de perte ou de bénéfice « social » - nous permettant d'identifier le dispositif le meilleur, pour la collectivité, parmi tous les dispositifs de compromis possibles. On peut ainsi imaginer qu'un gouvernement enclin à l'égalitarisme accepterait, plus facilement qu'un gouvernement « néolibéral », le surcoût en PIB et en emploi d'un système de compensations directes plus conséquent, si ce système assure la préservation du niveau de vie des classes moyennes et la réduction des inégalités.

Nous avons délibérément écarté la recherche d'un optimum social car ce niveau de raisonnement implique la prise en considération de dimensions éthiques et normatives. C'est le rôle de ces considérations que nous voulons aborder en conclusion de ce chapitre, ne serait-ce que pour rappeler à quel point le choix collectif d'un compromis suppose d'arbitrer entre les dimensions concurrentes d'un progrès social. En d'autres termes, *il n'est pas suffisant de s'accorder sur le fonctionnement du monde, il faut également parvenir à une échelle de valeur consensuelle pour hiérarchiser les dispositifs possibles et sélectionner le meilleur.* Quels paramètres normatifs prendre en compte ? Comment interviennent-ils sur le choix du dispositif ?

Dans la tradition dominante en Economie Publique, une « fonction de bien-être social utilitariste » est dérivée de considérations élémentaires sur l'équité. Dans cette fonction, il y a deux paramètres importants de nature très différente. Le premier est le niveau de « décroissance de l'utilité marginale » que procure la consommation. Il indique dans quelle mesure la satisfaction d'un ménage modeste varie relativement à celle d'un ménage plus aisé lorsque leur consommation de biens et services change d'une même quantité. Il s'agit d'un paramètre de nature positive mais sur lequel il existe une telle incertitude qu'il y a toujours une part d'arbitraire venant des modélisateurs ; en effet, pour des raisons de commodité, une fonction logarithmique est souvent employée, alors que bien d'autres fonctions d'utilité, monotone ou non, sont tout aussi bien valables théoriquement

et possible empiriquement²³. Le second paramètre est lui fondamentalement « éthique », puisqu'il s'agit du système de « poids sociaux » attachés à la consommation de chaque individu. Il définit dans quelle mesure les variations d'utilité induites par la réforme sont réparties, d'une façon socialement satisfaisante ou non, dans la population (il s'agit d'un jugement collectif sur les inégalités).

Sous les hypothèses strictes de la doctrine utilitariste, et sans rentrer dans la discussion de ces limites²⁴, nous pouvons à l'aide de ce formalisme, comparer notre dispositif de départ - un recyclage intégral en baisse des cotisations sociales sans aucune mesure spécifique de compensation - avec l'un des trois dispositifs auxquels nous sommes parvenu : une baisse des cotisations sociales combinée à un crédit d'impôt et des mesures complémentaires ciblées.

Notre illustration numérique confirme l'importance des paramètres éthiques sur la perception des conséquences de la réforme et la sélection d'un dispositif (Tableau 52 et Tableau 53). A titre d'exemple, supposons que l'utilité cardinale de tout ménage peut être évaluée et qu'une bonne approximation est obtenue en calculant le logarithmique du niveau de sa consommation²⁵. La prise en compte de la décroissance de l'utilité marginale tend à atténuer la perception de « régressivité » du dispositif de recyclage intégral en baisse des cotisations, sans mesure visant spécifiquement à corriger les effets distributifs (Tableau 52) : l'estimation du gain perçu par les plus pauvres par rapport à celui dont bénéficient les plus riches passe de 0,3 à 0,4 avec l'indicateur d'utilité. En corollaire, le dispositif où une partie des recettes sert à financer des compensations ciblées apparaît plus favorable encore à la réduction des inégalités : la situation des plus pauvres s'améliore 2,4 fois plus que celle des plus riches, contre 1,7 fois lorsqu'on néglige la décroissance de l'utilité marginale de la consommation. Ainsi, la prise en compte d'un niveau d'utilité marginale décroissante de la consommation change la perception des effets distributifs de la réforme.

²³ En particulier, on pourrait recourir à une fonction d'utilité du type « Gary-Stone » pour mieux tenir compte des différences d'utilité que procure différents niveaux de consommation d'énergie : en dessous d'un certain niveau, il s'agit d'un bien essentiel permettant la satisfaction de besoins de base (chauffage, mobilité, alimentation), mais au-delà, il s'agit aussi d'un bien de luxe.

²⁴ Van Parijs (1991) résume les trois types d'objection que les philosophes politiques adressent à l'utilitarisme. Ces objections portent, respectivement, sur l'hypothèse de comparabilité du bien-être de personnes différentes (qui autorise la recherche du « plus grand bonheur du plus grand nombre »), sur la question de la fragilité socio-historique de la stabilité des préférences individuelles (l'utilitarisme suppose l'existence d'une forme stable de fonction d'utilité cardinale) et sur l'incompatibilité de l'utilitarisme avec d'autres intuitions de justice (en particulier, certaines situations prescrites entre en contradiction avec l'égalitarisme et les droits de l'homme). Il faudrait ajouter à cela que la doctrine utilitariste est « conséquentialiste », c'est-à-dire qu'elle ne porte son jugement moral que sur les fins, indépendamment des moyens.

²⁵ L'utilité marginale décroît donc selon une fonction inverse du niveau de consommation moyen par ménages.

<i>Recyclage intégral en baisse des cotisations sociales (aucun dispositif spécifique de correction des effets distributifs)</i>						
	Pauvres (F0-5)	Modestes (F5-35)	Médians (F35-65)	Aisés (F65-95)	Riches (F95-100)	Ratio des variations Pauvre/Riches
Consommation effective*	+1,10%	+1,20%	+0,90%	+1,80%	+3,80%	0,3
Utilité**	+0,42%	+0,45%	+0,30%	+0,55%	+1,07%	0,4
<i>Recyclage en baisse des cotisations sociales une fois financée la mesure de crédit d'impôt et transferts ciblés (compromis)</i>						
	Pauvres (F0-5)	Modestes (F5-35)	Médians (F35-65)	Aisés (F65-95)	Riches (F95-100)	Ratio des variations Pauvre/Riches
Consommation effective*	+3,30%	+2,60%	+0,90%	+0,50%	+1,90%	1,7
Utilité**	+1,27%	+0,97%	+0,33%	+0,15%	+0,54%	2,4

F#-# : fractiles de niveau de vie (F0-5 : 5% des ménages les plus pauvres, etc.)

* Indice de quantité de Fisher agréant la consommation de composite, la consommation énergétique et la consommation publique individualisable. Cet indicateur prend en compte une estimation des gains d'efficacité énergétique sur les équipements des ménages induits par la taxe (+3,8%).

** La variation de l'utilité de chaque classe est calculée en supposant l'existence d'une fonction cardinale logarithmique appliquée au niveau de consommation effective c_h de la classe de ménages. Comme les fractiles de niveau de vie sont de tailles différentes, nous calculons la variation moyenne d'utilité par ménage (chaque classe comprenant N_h ménages). Ainsi, la variation d'utilité est donnée par :

$$\Delta U_h = \frac{U_h^1}{U_h^0} - 1, \text{ où le bien-être de la classe } h \text{ dans la situation } S \text{ est défini par : } U_h^S = \ln\left(\frac{c_h}{N_h}\right).$$

Tableau 52 Perception des effets distributifs selon la prise en compte ou non de l'utilité marginale décroissante du revenu

Examinons maintenant l'influence de différents systèmes de poids sociaux qui reflètent différents jugements de valeur sur la contribution de chaque classe de ménages au bien-être de la société (Tableau 53). Lorsque les poids sociaux sont unitaires, l'utilité de chaque individu contribue de la même façon au bien-être social. Le dispositif avec compensations ciblées est alors préféré au dispositif sans compensation (le critère de bien-être social progresse de 0,617 contre 0,584%). Le résultat inverse est obtenu lorsque l'on suppose que la réforme aboutie à une distribution jugée « éthiquement justifiable » à la condition qu'elle reproduise la distribution observée dans la situation historique sans réforme (poids sociaux de Negishi, 1960)²⁶. Les deux dispositifs de réforme (avec ou sans mesure de compensation directe des ménages) induisent une redistribution qui écarte dans une mesure comparable la distribution de la consommation des ménages de la distribution observée historiquement (supposée optimale). Par conséquent, avec cette « vision conservatrice » des inégalités, la redistribution induite réduit légèrement le bien-être de la collectivité et dans une mesure comparable (-0,001 dans les deux cas). Au final, cette vision amène à préférer le dispositif sans mesures de compensation car il est plus favorable à l'efficacité productive (l'effet de la progression globale de la consommation est supérieur, +0,512% contre +0,420, et ce dispositif contribue davantage à l'amélioration du bien-être social agrégé, +0,511% contre +0,418%).

²⁶ En d'autres termes, même si un planificateur bienveillant pouvait réaliser des transferts entre les ménages sans perte d'efficacité économique globale, il ne désirerait pas le faire dans la situation historique de 2004.

Recyclage après compensation	Baisse des cotisations	
	Aucun	Crédit d'impôt et transferts
Système de compensations directes		
Pondérations sociales égalitaire**		
Variation du bien-être social agrégé*	+0,584%	+0,617%
Contribution de l'efficacité productive***	+0,518%	+0,424%
Contribution de la redistribution***	+0,066%	+0,192%
Vision conservatrice de la distribution historique (2004)**		
Variation du bien-être social agrégé*	+0,511%	+0,418%
Contribution de l'efficacité productive***	+0,512%	+0,420%
Contribution de la redistribution***	-0,001%	-0,001%

* La fonction de bien-être social W est égale à la somme de l'utilité moyenne des ménages de chaque classe, pondérée par le nombre de ménages qui composent la classe N_h et par le poids social σ_h qui leur est affecté. La variation de bien-être est alors donnée par :

$$\Delta W = \frac{W_h^F}{W_h^0} - 1, \text{ où le bien-être social dans la situation } S \text{ (initiale ou finale) est défini par : } W_h^S = \sum_h N_h \cdot \sigma_h U_h^S = \sum_h N_h \cdot \sigma_h \cdot \ln\left(\frac{c_h}{N_h}\right).$$

** Les poids sociaux sont identiques et unitaires : $\sigma_h = 1$ (l'utilité de chaque individu contribue de la même façon au bien-être social). Le cas où la distribution dans la situation sans réforme ($S=0$) est optimale est donné par un système de poids sociaux égaux à l'inverse de l'utilité marginale de la consommation (Negishi, 1960) :

$$\sigma_h = \frac{\partial c_h}{\partial U_h^0} = \frac{c_h^0}{N_h}, \text{ et le bien-être social dans la situation } S \text{ est défini par : } W_h^S = \sum_h N_h \cdot \sigma_h U_h^S = \sum_h c_h^0 \cdot \ln\left(\frac{c_h}{N_h}\right).$$

*** La contribution de l'efficacité productive à la variation du bien-être social est calculée entre la situation sans réforme ($S=0$) et une situation intermédiaire où le niveau de consommation agrégée final est atteint mais la distribution entre les classes n'a pas changé (elle est optimale). La contribution de la redistribution est obtenue en calculant la variation de bien-être social entre la situation intermédiaire précédente et la situation finale où le niveau agrégé et la distribution ont changé.

Tableau 53 **Evaluation de la variation de bien-être social selon deux traductions possibles des principes utilitaristes dans une fonction de bien-être social**

Cette illustration numérique suffit à montrer que l'existence de divergences éthiques est aussi une source importante de désaccords sur le choix des modalités précises d'un dispositif. Nous pourrions prendre d'autres conceptions de justice, internes à la doctrine utilitariste, puisque cette doctrine mène à tout un spectre de fonctions de bien-être social possibles, selon les hypothèses faites sur les deux paramètres normatifs précédents : le niveau de satisfaction apportée par la consommation et le jugement collectif sur les inégalités entre catégories de ménages.

Deux remarques s'imposent immédiatement au regard de ces résultats numériques. Tout d'abord, les conséquences agrégées n'y sont pas de second ordre : l'effet des dispositifs sur la distribution de la consommation a un impact beaucoup moins important que celui de la variation de la taille du gâteau (efficacité productive de la réforme). Mais cela renvoie à la procédure de choix social, puisque nous avons vu qu'il existe de grand écart entre certaines catégories : par exemple, sans système de compensation directe, la réforme induit une progression de la consommation des 5% les plus riches qui est trois fois plus forte que celle des 5% les plus pauvres ; ceci sans compter les différences entre territoires. La réforme peut aussi accroître les difficultés de ménages appartenant aux couches moyennes, qui cumulent déjà différents facteurs de vulnérabilité (précarité de l'emploi, horaires atypiques, dépenses incompressibles importantes en logement et transport, etc.). D'où notre seconde remarque : si les effets distributifs apparaissent de second ordre, ils sont suffisants pour bloquer l'ensemble d'une décision qui par ailleurs serait « pareto améliorante » pour la société.

En ce qui concerne la procédure de décision collective, le recours à une fonction de bien-être social suppose implicitement l'existence d'un organe de décision central qui internalise les préoccupations éthiques de la société et choisit en conséquence la forme du système fiscal et social. Or, le récent échec du projet français montre, une fois de plus, à quel point le processus réel de décision collective est éloigné de cette figure de planificateur social omniscient et bienveillant. Premièrement, il n'existe aucune conception éthique préexistante et stable ; les délibérations portent justement sur l'invention d'un nouveau contrat social, en vue de prendre le relais de celui établi après guerre et qui a trouvé sa réalisation institutionnelle dans le financement de la protection sociale par les revenus du travail. Deuxièmement, la forme de ce contrat, et le poids de chaque groupe d'acteurs dans le nouvel ordre fiscal, ne s'établissent pas comme si ces derniers se trouvaient derrière « le voile de l'ignorance ». Les acteurs sont plus conscients de leurs intérêts acquis que des intérêts qui seraient les leurs dans un ordre futur, spéculé. En d'autres termes, la décision démocratique, non centralisée, nécessite une négociation collective d'ampleur pour aboutir à un consensus et l'institutionnaliser sous la forme d'un nouveau « pacte fiscal ».

Ceci nous renvoie une fois de plus à la question du contenu des négociations collectives. En quels termes conduire la discussion sur les paramètres normatifs du choix ? Les deux paramètres précédents - formalisés dans la théorie de l'Economie du Bien-être - sont-ils adaptés ? Opérationnels ? Suffisants ? Lorsque nous cherchions au second chapitre à définir les contours d'un outil de négociation, nous nous étions donné comme objectif de pouvoir représenter la diversité des croyances d'acteurs sur le fonctionnement du monde et le futur. De même, il nous semble adapté de rechercher un principe similaire de synthèse dans le domaine des divergences éthiques. Or, nous avons déjà apporté en plusieurs occasions des éléments qui contribuent à expliquer les difficultés des acteurs à coordonner leurs jugements à propos de la justice d'un dispositif. Parmi ces éléments, une bonne place devrait être faite aux divergences de vue sur la notion de vulnérabilité et sur la prise en compte des effets distributifs à court et plus long terme. Il existe des perspectives de progrès dans la recherche d'une notion de justice adaptée au problème de la gestion d'une transition énergétique. Ce programme de recherche devra envisager les questions de justice distributive lorsque la propriété de séparabilité entre équité et efficacité n'est pas assurée²⁷ et donc, en articulant les exigences éthiques à court terme (sur la gestion de la transition) avec les exigences éthiques de long terme (sur l'état social dans le mode de développement futur), une fois la transition opérée²⁸.

²⁷ Les raisons en ont été données dans les chapitres précédents : l'existence *i)* d'obstacles aux transferts forfaitaires compensatoires, *ii)* de défaillances de marché au sein et en dehors du secteur énergétique et *iii)* de la non-neutralité des politiques de justice distributive sur la gestion des systèmes techniques (notamment, les mesures de compensation à court terme peuvent réduire l'incitation à faire évoluer les systèmes énergétiques vers des modes plus durables).

²⁸ Ce programme de recherche est en cours de constitution. Des éléments de réflexion apparaissent en divers endroits de ce document de thèse. La problématique de vulnérabilité énergétique est présentée au chapitre 1 (paragraphe 3.1, page 29) ; des pistes méthodologiques pour articuler dans un cadre de modélisation unique les échelles macro et micro au chapitre 2 (paragraphe 2.2, page 59) et les développements de la comptabilité nécessaires pour étendre la description de l'hétérogénéité des ménages à des facteurs non économiques - par exemple, techniques et spatiaux - au chapitre 4 (paragraphe 1.1, page 120).

Chapitre 8

Fiscalité carbone, réforme des retraites et déficits publics

De façon délibérée, nous avons conduit jusqu'ici nos exercices numériques sur la base d'une année de référence observable (2004) et en imaginant que la réforme eût été adoptée au milieu des années 80. Ainsi, nous avons pu contourner les débats sur le réalisme du scénario de référence à partir duquel s'évaluent les conséquences d'une réforme fiscale. Cela nous a permis d'étudier la sensibilité de l'évaluation aux incertitudes qui portent sur des éléments les plus controversés du fonctionnement de l'économie et de comparer les effets environnementaux et socioéconomiques de différentes modalités de mise en œuvre.

Mais l'outil que nous avons élaboré n'a de sens que dans le cadre d'une démarche d'exploration prospective. Un projet de réforme ne saurait être retenu si, d'une part, il n'apparaît pas crédible aux yeux des acteurs qui anticipent une certaine évolution de la conjoncture, et d'autre part, s'il entre en contradiction avec les autres objectifs affichés d'un progrès économique et social. C'est pourquoi, nous nous étions donné dans notre cahier des charges l'objectif de construire un outil qui permette de confronter les différentes visions des états du monde futur, aussi bien au sujet du contexte énergétique, qu'au-delà, au sujet de l'évolution des finances publiques, du fonctionnement du marché du travail ou de l'exposition du pays à la concurrence internationale.

Par conséquent, nous abandonnons dans ce dernier chapitre l'hypothèse d'une France de 2004 pour explorer numériquement la situation française à l'horizon 2020. À cet horizon, les politiques environnementales et climatiques ne peuvent être discutées sans prendre en compte le fait que la France devra faire face simultanément à trois problèmes majeurs : la pérennité des systèmes sociaux dans un contexte de vieillissement de la population, le maintien d'un appareil productif compétitif et créateur d'emplois, l'atténuation de la dépendance énergétique vis-à-vis du pétrole importé.

La réflexion de ce chapitre a été motivée par le diagnostic du cloisonnement actuel des expertises, qui traitent ces trois problèmes et la politique climatique séparément, alors qu'on s'accorde pour dire qu'on ne peut y répondre que simultanément (Artus, 2004). Par exemple, les expertises des rapports Quinet (2008) et Rocard (2009) ont isolé la mise en œuvre d'une taxe carbone des autres projets de réforme des prélèvements obligatoires, tandis que les questions de l'énergie et du climat sont totalement absentes des exercices prospectifs du Conseil d'Orientation des Retraites (le COR)¹ qui depuis 2001, servent à nourrir les débats sur la réforme des retraites.

En fait, ce cloisonnement des expertises va plus loin encore, puisque les travaux du COR ne donnent aucune information sur les effets des différents modes de financement des retraites envisagés, sur la compétitivité des productions nationales, l'emploi et l'évolution des dettes publiques et privées. Ainsi, tout se passe comme si on avait trois univers de problèmes de long terme totalement séparés – l'énergie et le climat, la compétitivité et l'emploi, le vieillissement et le financement des retraites – comme s'il nous était possible d'ignorer les effets d'équilibre général et de nous attaquer à l'un de ces problèmes sans influencer la nature et l'ampleur des autres.

¹ Le COR est une structure permanente créée en 2000, associant des parlementaires, des représentants des partenaires sociaux, des experts et des représentants de l'État. Sa mission est d'assurer le suivi et l'expertise concertée du système français d'assurance vieillesse, de faire des propositions et de publier des documents pour nourrir les débats.

1 Sur les implications de l'immobilisme : un essai de découplage

1.1 Le dossier des retraites, un surprenant cadrage en équilibre partiel

Lors des débats sur le dossier des retraites, comme plus généralement sur les prélèvements obligatoires, les prises de parole politiques et éditorialistes ne manquent pas, à juste titre, de s'interroger sur les dangers que fait peser, sur la compétitivité et l'emploi, l'accroissement du nombre de retraités par rapport au nombre d'actifs. Ces dernières années, à l'ampleur de la crise financière se sont ajoutées les inquiétudes concernant le niveau de l'endettement public, avec l'idée que la fuite des investisseurs ne permettrait plus, comme par le passé, de financer nos dépenses sociales en recourant aux capitaux étrangers jusqu'aux jours où l'évolution démographique amènera naturellement une baisse du nombre des retraités.

Le dernier rapport d'évaluation du COR est paru pour préparer la réforme Fillon (COR, 2010). On y trouve trois scénarios décrivant l'évolution du besoin de financement en l'absence de réforme (Tableau 54). Dans le scénario A, l'économie française rattrape la perte de croissance occasionnée par la crise. En moyenne sur 2012-2020, la productivité du travail croît de 2,1% par an - ce qui est supérieur à sa tendance à long terme (1,8%) - et le chômage reste élevé (7,7% en moyenne), même s'il tend à se réduire en fin de période (6,4% en 2020). Il s'agit donc d'un scénario optimiste, où la crise n'est qu'une parenthèse qui n'a aucun effet sur la croissance potentielle à long terme. Le rapport étudie également deux variantes plus pessimistes (les scénarios B et C) qui intègrent la possibilité d'une crise plus durable plaçant le pays sur une trajectoire de plus faible croissance de la productivité du travail et/ou de l'emploi. Ce sont les seuls paramètres qui différencient les variantes B et C du scénario A.

A long terme**		Croissance de la productivité du travail	
		1,8%	1,5%
Taux de chômage	4,5%	Scénario A (7,7% ; 2,1%)*	Scénario B (7,3% ; 1,8%)*
	7,0%	-	Scénario C (7,9% ; 1,8%)*

* Entre parenthèses, les valeurs moyennes sur la période 2012-2020 (à gauche, le taux de chômage ; à droite, la croissance de la productivité du travail).

** Les trois scénarios sont définis par des hypothèses sur la productivité et l'emploi à long terme. Dans les simulations de la Direction Générale du Trésor ce long terme est atteint à partir de 2025.

Tableau 54 Les trois scénarios macroéconomiques du COR sur la période 2012-2020

Etant donné ces hypothèses de croissance et d'emploi, les recettes des régimes sont déduites d'une projection de population active et de deux hypothèses clefs : un partage fixe de la valeur ajoutée entre les rémunérations super-brutes des travailleurs et les excédents d'exploitation des entrepreneurs (les rémunérations représentent 58% du PIB) et un taux constant de cotisations sociales prélevées sur la masse des rémunérations du travail (28%). Le besoin de financement du système de

retraites est alors obtenu grâce aux projections de dépense effectuées par les principaux régimes (CNAV, AGIRC, ARRCO, etc.) et l'extrapolation de ces projections à l'ensemble du système (DRESS).

Ainsi, à l'instar des analyses technico-économiques conduites en équilibre partiel, le cadre d'analyse du COR ne permet pas de tenir compte de liens d'interdépendance entre le financement du système de retraites et l'état macroéconomique (Encart 8). De même que les analyses « *bottom-up* » du secteur énergétique prennent comme données des projections du produit intérieur brut, des revenus des ménages et de la répartition sectorielle de la valeur ajoutée, et négligent tout effet en retour de l'évolution des systèmes énergétiques sur ces grandeurs, les projections du COR ne font intervenir les variables macroéconomiques que comme des éléments de cadrage, le cadre n'étant en aucune circonstance modifié sous l'influence du mode de financement des retraites.

Encart 8 : Cadre d'analyse des exercices de prospective du Conseil d'Orientation des Retraites (COR)

Le cadre d'analyse du COR a été conçu pour articuler trois exercices de projection menés séparément, mais réalisés en cohérence avec un même jeu d'hypothèses démographiques (natalité, mortalité, immigration), économiques et de comportement (chômage, productivité, taux d'activité), et institutionnelles (durée d'assurance, revalorisation des pensions). Une projection de population totale et active est réalisée par l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE), une projection de croissance et d'emploi par la Direction Général du Trésor et de la Politique Economique (DGTPE) et une projection du nombre de retraités et du niveau des prestations par les principaux régimes de retraites. Ces projections sont articulées dans la « maquette globale » de la Direction Recherche, Etudes, Evaluations et Statistiques (DREES) du Ministère des Affaires Sociales et de la Santé. Cette maquette sert d'une part, à évaluer le besoin annuel de financement du système en l'absence de réforme jusqu'à l'horizon 2050, d'autre part, à calculer les ajustements nécessaires pour rétablir l'équilibre financier. Trois leviers d'action sont considérés : le taux moyen de cotisations sociales, le rapport entre la pension moyenne nette et le salaire moyen net, et l'âge effectif moyen de départ en retraite.

A- Grandeurs exogènes de la maquette globale

1) Valeurs issues des exercices de projection

Macroéconomie	Hypothèses démographiques	Hypothèses des régimes
Productivité du travail : γ	Population : L	Nombre de retraités : $NP(\bar{\lambda})$
Taux de chômage : u	Taux d'activité : $a(NP)$	Pension moyenne nette : $p_{NP}(\bar{\delta})$

2) Valeurs scénarisées

Leviers d'action	Autres hypothèses exogènes
Taux de cotisations sociales : $\bar{\tau}_{CS}$	Part des rémunérations super brutes dans le PIB : A
Age effectif de départ : $\bar{\lambda}$	Evolution des leviers d'action en l'absence de réforme
Règles fixant le niveau des pensions : $\bar{\delta}$	

B- Hypothèse structurelle de la maquette globale

- i) Les ajustements des leviers d'action n'ont aucun effet sur croissance et l'emploi.
- ii) Le partage de la valeur ajoutée est constant (et détermine le niveau du salaire moyen net, w)

$$\frac{(1 + \overline{\tau_{CS}}) \cdot w \cdot (1 - u) \cdot a(NP) \cdot L}{\gamma \cdot (1 - u) \cdot a(NP) \cdot L} = A$$

- iii) L'analyse ainsi cadrée n'aborde pas « la question des moyens à utiliser pour faire évoluer les différents leviers, qu'il s'agisse d'obtenir un report de l'âge effectif moyen de départ à la retraite (qui se distingue des âges légaux de la retraite) ou d'atteindre un niveau donné de pension moyenne par rapport au revenu d'activité moyen ». (COR, 2010, page 48).

C- Expression de l'équilibre du système

Masse des recettes = Masse des dépenses

$$\overline{\tau_{CS}} \cdot w \cdot (1 - u) \cdot a(NP(\bar{\lambda})) \cdot L = p_{NP}(\bar{\delta}) \cdot NP(\bar{\lambda})$$

Il découle immédiatement de ces hypothèses que les dispositifs de réforme étudiés (ou l'absence de réforme) n'ont aucun effet sur les coûts de production, les salaires ou la demande des ménages, alors que c'est précisément sur ces paramètres que se cristallisent les controverses et sur lesquels le dialogue social devrait porter. En fait, dans ce dispositif analytique, seules les réformes qui permettent l'allongement de la durée effective du travail favorisent la croissance. L'ensemble des autres paramètres étant constants, un report de l'âge de départ en retraite augmente mécaniquement le potentiel d'offre (temps de travail accru \times productivité du travail) et ce potentiel trouve toujours les conditions macroéconomiques de sa réalisation, sans être contraint par un déficit de demande finale ou une faible compétitivité.

Tout se passe donc comme si, la durée du travail mise à part, le choix des modalités de financement des retraites était neutre pour la dynamique macroéconomique. Il s'agit là d'une hypothèse héroïque ; le fait d'y recourir témoigne du faible réalisme empirique des évaluations, mais aussi du peu d'usage des concepts de base de l'équilibre général dans les outils d'analyse économique qui sont mobilisés, en pratique, lors du processus de décision.

Il en découle une conséquence importante pour le cadrage du débat public. Le raisonnement est purement comptable et la question des retraites un enjeu uniquement redistributif. Le choix collectif se trouve dès lors uniquement focalisé sur un problème strict d'équité intergénérationnelle : soit les travailleurs cotisent plus, soit les retraités reçoivent moins. Par ailleurs, si l'on justifie plus *naturellement* la hausse des cotisations et la baisse des prestations en liant l'allongement de la période de contribution à la progression de l'espérance de vie, les questions de justice distributive restent toujours vives, au sein de chaque génération, puisque les individus sont inégaux, sur le marché du travail, comme à la retraite (Chérèque et al., 2010).

Il n'est pas question de nier ici l'importance des enjeux d'équité intergénérationnelle. Mais on ne peut les séparer des enjeux d'équité intragénérationnelle, car si l'on veut alléger le fardeau des

générations futures, il faut bien s'accorder sur la partie des générations présentes qui en supportera le coût. Par ailleurs, selon la façon dont on décide d'opérer ce transfert, on pèsera plus ou moins sur la croissance de l'emploi, et par conséquent, induira un coût pour la société plus ou moins important, ce qui déterminera fortement l'acceptabilité, donc l'efficacité de la réforme. On retrouve ici les débats d'actualité, aujourd'hui au premier plan en Europe, sur les réformes structurelles et le choix des variables d'ajustement d'une « consolidation fiscale » nécessaire pour résorber les déficits.

En fait, si on peut admettre qu'une modélisation en équilibre partiel suffit pour la mesure du besoin de financement des régimes (Blanchet, 2003), le raisonnement purement comptable dans lequel elle nous enferme a deux conséquences ; la première est que l'on peut déboucher sur des recommandations qu'on jugerait fortement sous-optimales dans une analyse où les effets d'équilibre général seraient pris en compte ; la deuxième est qu'on s'enferme, implicitement, dans un univers qui ressemble à celui d'un monde de premier rang, où il n'y a aucune place pour des politiques pareto-améliorantes et pour des marges de manœuvre permettant, non de nier, mais de mieux gérer les tensions entre court et long terme. En d'autres termes, ce raisonnement nous empêche de voir le problème autrement que sous la forme d'un « jeu à somme nulle », et de rejeter les projets trop coûteux pour tous, pour leur préférer ceux qui limitent au maximum les arbitrages déchirants.

1.2 Raisons et principes d'un essai de « bouclage » des scénarios du COR

Pour cerner les biais auxquels peut conduire l'appareil analytique utilisé par le COR, nous avons fait le choix de reproduire son scénario de référence dans l'architecture IMACLIM-S.2.4². Par construction, la structure en équilibre général de cette architecture interdit de traiter à part l'évolution des grandeurs macroéconomiques, sans tenir compte de l'évolution du système de retraites, et plus généralement, de toute réforme des modalités de gestion des finances publiques.

Il s'agit d'un choix méthodologique risqué dans la mesure où nous devons produire des images du futur qui correspondent le plus fidèlement possible à celle du scénario A du COR, alors même que beaucoup des paramètres nécessaires pour construire une projection dans IMACLIM sont absents de ce scénario. Cette méthode est alors utile pour révéler dans un schéma de cohérence plus large les hypothèses implicites d'un raisonnement partiel. Elle nous a été inspirée par l'article de Sen (1963), où l'auteur cherche à expliciter ce qui distingue les théories macroéconomiques néo-classique et néo-keynésienne de la distribution : *« We shall try to put the two theories in a comparable framework, and examine where exactly they differ from each other in their view of economic causation. We shall then try to construct some hybrid models and see how they can reproduce the Neo-Classical or the Neo-Keynesian results with special assumptions of one kind or another. »*

La première difficulté que l'on rencontre en cherchant à « boucler » les scénarios du COR est due au peu d'informations que donnent ces derniers sur les évolutions macroéconomiques. Ces scénarios nous renseignent uniquement sur l'évolution conjointe du produit intérieur brut, des rémunérations super-brutes, des cotisations sociales et des prestations de retraite, ainsi que sur les effectifs respectifs de cotisants et de retraités de droit direct³. Mais ces scénarios ne précisent pas les

² Nous résumons et discutons ici les principales hypothèses de cette tentative de bouclage. Les détails techniques et la méthode prospective sont décrits plus précisément au chapitre 3 (section 4, pages 107-113) et dans les annexes (section IV, page 368).

³ Le niveau des rémunérations super-brutes correspond, selon l'hypothèse du partage fixe de la valeur ajoutée, à 57,6% du PIB ; la masse des cotisations sociales correspond à un taux de prélèvement constant sur les rémunérations super-brutes de 22,0% ;

conditions qui sont requises du côté de la demande finale et de la disponibilité des capitaux pour réaliser ce potentiel d'offre⁴. En particulier, il manque toutes les informations que décrit l'architecture IMACLIM sur l'évolution des systèmes énergétiques, l'usage des revenus des agents domestiques et l'évolution des échanges extérieurs de biens et de capitaux. Le problème est donc sous-déterminé et la construction d'une projection bouclée, compatible avec le scénario du COR, demande des choix, partiellement arbitraires, sur l'évolution de certains paramètres.

Pour pallier ce manque et réduire les degrés de libertés des variables omises par le COR, nous mobilisons les informations issues d'autres travaux prospectifs, menés dans les domaines de l'énergie et du vieillissement démographique. Nous avons présenté ces informations au chapitre 3 (Tableau 7, page 111). Rappelons simplement qu'elles reflètent l'état des anticipations concernant trois facteurs majeurs de l'évolution du contexte à l'horizon 2020 : l'accroissement des tensions sur les ressources énergétiques mondiales, l'effet du vieillissement sur les parts des revenus affectées à la consommation et à l'épargne, le durcissement des conditions de compétitivité en raison de l'essor des pays émergents comme compétiteurs industriels (Tableau 55).

Des tensions financières accrues par la transition démographique	
Taux de dépendance* (COR)	+29 %
Masse des prestations du système de retraites (COR)	+215 %
Taux d'épargne des ménages **	-37 %
Des tensions accrues sur les marchés mondiaux et les ressources énergétiques	
Prix d'importation du pétrole	+95%
Compétitivité-prix des productions nationales***	-0,5%
Possibilités techniques des ménages et systèmes productifs limités****	
<i>Remarque</i> : les hypothèses sont résumées et précisées au chapitre 3 (Tableau 7, page 111) et dans les annexes (section 0, page 365). Il ne s'agit là que des hypothèses principales nécessaires à la compréhension des résultats.	
* Le taux de dépendance est défini comme le ratio du nombre de retraités sur le nombre d'actifs.	
** L'évolution du taux d'épargne est tirée d'une simulation produite par Aglietta et Borgy (2008) dans le cadre d'un scénario sans réforme des retraites.	
*** Ratio du prix de production du bien composite français sur le prix du bien composite international (simulation conduite avec la version mondiale du modèle IMACLIM-R).	
**** Scénario simulé avec IMACLIM-R France qui représente explicitement les inerties et les technologies.	

Tableau 55 Hypothèses clefs sur l'évolution du contexte français (2004 à 2020)

Des difficultés résultent aussi de la nature des informations contenues dans les scénarios du COR. Les évolutions décrites ne concernent pas seulement des grandeurs exogènes d'IMACLIM (ce

l'effectif de cotisants est déduit d'une projection de l'INSEE de la population active : il correspond à l'effectif de travailleurs obtenu en appliquant l'hypothèse de 6,4% de chômage en 2020 ; l'effectif de retraités et la masse des dépenses du système de retraites (les prestations de retraite) sont tirés des exercices de projection des principaux régimes de retraites, et dans le cas du scénario A retenu, sous l'hypothèse de rendements constants dans les régimes AGIRC et ARRCO.

⁴ En reprenant le formalisme du chapitre 3 (paragraphe 3.1, page 97), on voit que le COR ne donne des informations que sur l'une des trois relations agrégées qui composent le modèle IMACLIM : celle qui décrit les conditions de production effective ; l'hypothèse de l'existence de deux autres courbes compatibles, pour que ce scénario corresponde à un équilibre général, est donc implicite.

qui est le cas du taux de cotisations sociales, de la population totale et de l'effectif de retraités), elles concernent aussi des grandeurs endogènes qui, dans le fonctionnement normal du modèle, ne sont pas posées par hypothèse, mais résultent du calcul de l'équilibre général : le PIB, l'emploi et le niveau des salaires. Par ailleurs, il existe une incompatibilité de structure entre l'hypothèse d'un partage de la valeur ajoutée fixe des scénarios du COR et la représentation du marché du travail en recourant à une « *wage curve* »⁵. Par conséquent, pour cette fois-ci ne pas surdéterminer le système, il est nécessaire de modifier à la marge la règle de bouclage d'IMACLIM : le système d'équations, les variables endogènes et les variables exogènes.

Une fois la *wage curve* supprimée, il faut encore trouver deux degrés de liberté pour reproduire les niveaux de PIB, d'emploi et de salaires du scénario du COR. Là encore plusieurs choix peuvent être faits. Nous avons décidé de modifier au minimum la règle de bouclage d'IMACLIM-S.2.4 et d'ajuster deux nouvelles variables : la productivité effective des travailleurs employés et un facteur d'expansion des exportations françaises. Le calcul de la productivité à partir des niveaux d'emploi et de croissance donnés par le COR nous fait simplement retrouver l'hypothèse de départ d'une croissance moyenne de la productivité de 2,1% par an sur la période 2012-2020. Le calcul du second résulte non seulement des données du COR, mais aussi de toutes les hypothèses complémentaires, faites dans IMACLIM, concernant l'usage des revenus par les agents domestiques. Le niveau des salaires du COR détermine alors dans une grande mesure le niveau de la demande domestique. On obtient alors une demande effective compatible avec le niveau de production du COR en ajustant le niveau de la demande extérieure (les exportations).

Dans l'ensemble, ces choix assurent que toutes les informations décrites dans le scénario A du COR sont bien reproduites dans la projection. Mais ils aboutissent aussi au calcul des grandeurs omises dans ce scénario et décrites dans IMACLIM : la balance commerciale, les consommations d'énergie, les émissions de CO₂, les déficits publics, la balance courante, etc. Nous allons voir que l'omission de ces grandeurs masque la fragilité du scénario du COR. Mais le bouclage que nous proposons n'est pas le seul possible et on ne peut juger de sa validité qu'au regard du réalisme de l'ensemble des hypothèses incorporées dans IMACLIM.

Cette prise de risque méthodologique se justifie parce que nous ne prétendons pas fournir un scénario réaliste, mais illustrer comment toute projection à 2020 suppose implicitement des hypothèses sur le contexte économique à l'horizon projeté. Elle est nécessaire pour montrer qu'il convient d'explicitier ces hypothèses pour s'assurer de la cohérence des visions du futur intégrées dans des scénarios prospectifs qui servent à orienter la décision collective. Elle est également nécessaire pour montrer comment divers systèmes d'interdépendance, qui caractérisent autant de visions du monde, sont susceptibles d'affecter les conclusions sur la gestion du dossier des retraites.

Nous allons voir qu'en cherchant ainsi à reproduire et compléter le scénario tendanciel sans réforme du COR, nous faisons apparaître un diagnostic à la fois plus riche et plus pessimiste : il semble que les conditions requises pour que ce scénario d'immobilisme se réalise soient impossibles.

⁵ Pour tout niveau de production intérieure brute et de chômage, la *wage curve* détermine le niveau des salaires. Ce n'est donc que par chance que l'on peut obtenir le niveau des salaires du scénario du COR compatible avec les hypothèses d'un partage de la valeur ajoutée fixe et d'un taux de cotisations sociales constant.

1.3 *Nature des impasses d'un scénario de l'immobilisme*

Si l'on suppose la réalisation à l'horizon 2020 des grandes évolutions mondiales, énergétiques et démographiques décrites précédemment, notre reproduction du scénario A du COR à partir des tableaux comptables de la France historique de 2004 nécessite deux conditions :

- une progression de la productivité effective du travail de 38% par rapport à 2004, soit 2% en moyenne sur 16 ans, ce qui correspond aux hypothèses du scénario A du COR sur la croissance de la productivité⁶.
- une explosion du déficit de la balance courante (multiplié par 70)⁷ est requise dans notre projection pour reproduire les hypothèses du COR sur les niveaux de PIB, d'emploi, des salaires et de la masse des prestations de retraite. Cette information n'est pas décrite dans le scénario original du COR, elle est révélée par notre exercice de bouclage.

La première de ces conditions, rappelons-le, résulte directement des hypothèses du COR, celles d'un accroissement de la population active de 1,9%, d'une baisse du chômage de 3,2 points et d'une croissance du PIB de 49% en 2020 par rapport à 2004.

La seconde en découle aussi, mais moins directement. Elle résulte bien du fait que le vieillissement de la population induit une hausse du poids des transferts sociaux dans le PIB (+16%), mais également d'un paramètre qui n'est pas décrit dans le scénario du COR : la population vieillissante consomme davantage, ce qui se traduit par une baisse de l'épargne des ménages en proportion de leurs revenus (-37%)⁸. Par ailleurs, si le poids des transferts sociaux dans le PIB augmente moins que le poids des seules prestations de retraite que donne le COR (+21%), c'est que les allocations chômage diminuent aussi du fait de la reprise (-23,5%). Dans ces conditions, sans hausse des prélèvements obligatoires, ni restriction des dépenses publiques, les déficits des administrations se trouvent multipliés par 9,7 et ne peuvent être financés que par le reste-du-monde.

Il s'avère en effet que l'économie nationale ne peut pas non plus financer ses dépenses sociales par son commerce extérieur : ses importations sont en forte hausse en raison, principalement, de l'explosion de sa facture pétrolière (+180%) et ses exportations sont contraintes à la baisse par la hausse des coûts de production. Ces coûts progressent en raison de la hausse des prix des énergies et de la croissance de la rémunération du travail. En conséquence, l'économie française, légèrement créancière en 2004, voit sa position extérieure fortement dégradée en 2020, sa dette nationale atteignant deux fois le niveau de PIB du COR.

Cette situation de surendettement n'est possible, dans le modèle, que parce qu'aucun mécanisme d'instabilité financière n'y est représenté. Ce choix de modélisation est rendu nécessaire, sans quoi il serait impossible de reproduire en équilibre général le scénario du COR. Dans ces conditions, seul un service de la dette toujours plus grand doit être payé aux créanciers étrangers. Ce

⁶ Le petit écart (-0,1 point) s'explique uniquement par la différence du point de départ (nous partons de 2004 pour faire la projection à 2020, tandis que les scénarios du COR décrivent la trajectoire d'évolution de la productivité depuis 2008).

⁷ La balance extérieure courante est le solde des flux monétaires du pays avec l'étranger. Une hausse de déficit signifie que le pays emprunte plus.

⁸ Rappelons que cette évolution du taux d'épargne est tirée d'une simulation produite par Aglietta et Borgy (2008) dans le cadre d'un scénario sans réforme des retraites.

flux sortant est ainsi multiplié par plus de 500, puisqu'à l'explosion des dettes s'ajoute une hausse du taux d'intérêt, nécessaire au financement des investissements. Malgré tout, cette situation financière n'a aucun effet sur l'économie réelle puisqu'au final *le pays s'endette toujours plus pour payer sa dette*, sans qu'aucune limite ne lui soit imposée par ses créanciers.

Certes, les Etats-Unis ont connu une croissance soutenue alors même que le déficit extérieur courant explosait et que l'endettement public se creusait⁹, mais les analyses économétriques montrent qu'en général il existe un seuil d'intolérance à l'endettement. À partir d'un panel de 44 pays sur près de 200 ans, Reinhart et Rogoff (2010) trouvent que lorsque le ratio dette publique/PIB dépasse 90%, la croissance se trouve significativement réduite. Il est donc probable qu'avant d'atteindre le niveau d'endettement simulé, soit le pays sera contraint de mener des « politiques de rigueur » drastiques (à l'instar de la Grèce), soit la prime de risque des obligations d'Etat s'envolera ; alors au mieux les investisseurs étrangers refuseront de prêter davantage, au pire ils se retireront massivement. La teneur des débats européens sur la gestion de la crise et les récentes mesures de sauvetage de la zone euro, laissent penser que le seuil d'intolérance à l'endettement est dépassé.

Par ailleurs, il est notable qu'en dépit de l'effort pour maintenir un haut niveau de solidarité nationale - puisque les transferts sociaux sont indexés sur la progression des salaires – et malgré l'irréalisme d'un surendettement neutre pour l'économie, les inégalités de revenu s'accroissent (l'indice d'inégalité de Gini progresse de 0,3 points), tout comme les inégalités énergétiques : en moyenne, les 50% des ménages les moins riches voient leur part budgétaire s'accroître de 1,8 point, contre +0,5 pour les 50% les plus riches. En effet, les ménages modestes sont plus proches de leurs besoins essentiels en énergie et bénéficient moins de la hausse des prestations de retraite car les allocations qu'ils touchent sont moindres¹⁰. En va-t-il de même lorsque les transferts sociaux sont indexés sur les prix plutôt que sur les salaires ? Les ménages, dans l'ensemble, bénéficient alors d'une compensation de la hausse de leur facture énergétique, mais ceci ne suffit pas pour contenir la hausse des inégalités (l'indice de Gini progresse toujours de 0,2 point). En outre, cette hausse supplémentaire des transferts ne peut être financée que par un surcroît des déficits du budget public (multipliés par 10) et de la balance courante (multipliés par 72). Ces résultats correspondent bien aux craintes exprimées dans les débats, à savoir que les discussions se limitent à la question de la viabilité financière du système, sans la lier au problème des inégalités intragénérationnelles. Ils rappellent aussi le risque d'une aggravation importante de la précarité énergétique si la hausse des prix de l'énergie n'est pas suffisamment anticipée et si des mesures spécifiques ne sont pas prises.

Dans l'ensemble, cette analyse préalable montre que la poursuite du financement des régimes de retraites par le déficit public n'est pas une option réaliste. En prenant le scénario du COR « sans réforme » le plus optimiste, nous trouvons qu'il implique un endettement qui de toute évidence n'est pas soutenable¹¹. Par conséquent, l'outil de la politique monétaire ne pouvant être manié individuellement par les Etats de l'Union, il semble qu'il n'y ait pas d'alternative à la mise en œuvre

⁹ Ceci justement parce que le taux d'intérêt et les revenus versés aux investisseurs étrangers sont restés bas. Cette situation singulière est difficile à envisager hors du contexte de leadership, de croissance et d'interdépendance mutuelle avec la Chine, qui a crédité l'économie américaine durant ces décennies (Frey et Moëc, 2005).

¹⁰ En 2004, le niveau d'allocation moyen estimé pour un retraité appartenant aux 5% des ménages les plus pauvres était 83% inférieur à celui touché par un retraité appartenant aux 5% les plus riches.

¹¹ L'ampleur de l'endettement étant fortement liée aux hypothèses sur la sortie de crise : ainsi, le besoin de financement dans le scénario C du COR le plus pessimiste pour le potentiel de croissance à long terme est bien supérieur (+20% en 2020 par rapport au scénario A).

de réformes nationales crédibles pour limiter progressivement l'endettement public de la manière la moins coûteuse pour le développement économique.

2 Les marges de manœuvre à fiscalité constante

On entend parfois dire qu'une réforme générale des prélèvements obligatoires serait trop complexe et peu lisible. Pour cette raison peut-être, deux autres options sont couramment avancées dans les débats : le report de l'âge légal de départ en retraite et la baisse des dépenses publiques. La première en tout cas a été privilégiée sous la présidence de Nicolas Sarkozy à travers la réforme des retraites Fillon de 2010 et les réformes des services publics¹². La seconde est couramment évoquée dans les débats électoraux et européens pour réduire rapidement le niveau des déficits publics. Nous allons examiner ces options en les comparant au scénario précédent d'évolution « au fil de l'eau ».

2.1 Le report de l'âge de la retraite

Les dernières réformes ont mis l'accent sur le report de l'âge de départ en retraite (RAD) et sur l'allongement de la durée de cotisation qu'elle doit permettre. Le huitième rapport du COR évalue qu'il faudra « un décalage supplémentaire de l'âge effectif moyen de départ à la retraite de plus de 3 ans (au total de plus de 4 ans par rapport à 2008) », pour atteindre par ce seul levier l'équilibre des régimes en 2020 (COR, 2010, page 46).

Or ce diagnostic repose sur l'hypothèse implicite que l'augmentation de l'offre de travail - que permet l'accroissement de 4,8% de la population active - trouvera en face d'elle une hausse comparable de demande, que ce soit par une augmentation du marché intérieur ou par une hausse des exportations. Si cette condition est remplie, l'augmentation de l'âge de la retraite est la seule variable de commande qui, dans le dispositif de modélisation utilisée par le COR, a un effet positif sur la croissance : comme la population active s'accroît sans que la productivité du travail ne soit réduite ou le taux de chômage accru, elle entraîne mécaniquement une hausse de production.

En fait, il est difficile de conclure à cet effet bénéfique de la réforme sans prendre en compte la réaction de long terme du marché du travail face à ce surplus d'offre (Chérèque *et al.*, 2010 ; Blanchet, 2003). Par ailleurs, nous avons vu à de nombreuses reprises dans les chapitres précédents que cette réaction peut avoir des conséquences sur la demande finale de biens et services. Dans les limites déjà soulignées des expériences numériques (la réaction du marché du travail est un paramètre très incertain), nous allons simuler les conséquences de ce report de 3 ans (Tableau 56, dispositif « RAD 3 ans ») en intégrant ces effets d'équilibre général. Ce report est équivalent à un accroissement de 13% du ratio démographique (rapport entre la population active et la population de retraités)¹³.

¹² Cette voie de réforme avait déjà été amorcée lors des réformes précédentes. La réforme Balladur de 1993 ayant augmenté la durée de cotisation nécessaire pour avoir droit à une pension à taux plein (de 150 à 160 trimestres) et la mise en place, par la réforme Fillon de 2003, de décote pour les années manquantes et surcotes pour les années supplémentaires.

¹³ La contrainte d'équilibre des régimes est détaillée dans le troisième rapport du COR (COR, 2006, page 49).

Comparé au scénario d'impasse, le report contribue au contrôle des déficits au prix d'un coût pour l'activité et l'emploi (le PIB est réduit de 1,4% et le taux de chômage progresse de 1,4 point, mais le ratio de la dette publique au PIB baisse de 4,9%). Ce résultat négatif résulte du mécanisme qu'induit l'accroissement du nombre de demandeurs d'emploi : par le jeu de la courbe salaire-chômage, les salaires sont poussés à la baisse (-3,3%), ce qui réduit la demande domestique des ménages (-2,4%) ; or, la baisse des coûts de production est insuffisante pour compenser la contraction de la demande intérieure par l'amélioration de la compétitivité internationale (les exportations progressent de 0,9% et la part des importations est réduite de 1,5%). Dans l'ensemble, l'offre de travail progresse mais n'est absorbée que partiellement.

Au total, sans l'effet mécanique pour la croissance que l'on obtient dans le modèle de simulation numérique du COR, l'effet attendu pour les finances publiques n'est pas non plus obtenu puisque la dette sociale n'est financée qu'à 79%. Pour qu'elle soit totalement prise en charge, il faut encore augmenter l'âge légal de départ en retraite afin d'éviter tout cumul des déficits des régimes (Tableau 56 page 259, dispositif « RAD > 3 ans »). Il faut alors effectuer une réduction de 6,2% du ratio de la dette publique au PIB du scénario du COR en 2020 (c'est-à-dire, une dette sociale de 385 milliards d'euros de 2008). On observe alors que les mécanismes précédents sont renforcés : les salaires baissent de 4,2% et la consommation des ménages est réduite de 3,2%. Au total, le PIB se contracte de 1,9%, ce qui entraîne une hausse de 1,8 point de chômage par rapport au scénario « au fil de l'eau ».

Dispositifs de réforme	RAD 3 ans	RAD > 3 ans
Comblement des déficits des retraites sur 2011-2020	79%	100%
Ratio démographique	+13%	+17%
Emissions de CO ₂	-1,5%	-1,9%
Produit intérieur brut réel	-1,4%*	-1,9%
Taux de chômage (points de %)	+1,4**	+1,8
Intensité en travail du composite	id.	id.
Consommation composite des ménages	-2,4%	-3,2%
Prix de production du composite	-1,7%	-2,1%
Volume des exportations de bien composite	+0,9%	+1,2%
Proportion de bien composite importée	-1,5%	-1,9%
Salaires nets nominaux	-3,3%***	-4,2%
Ratio de la dette publique au PIB	-4,9%	-6,2%

Remarque : les résultats sont exprimés relativement à la situation de 2020 qui correspond au scénario « au fil de l'eau ».

* Une baisse du PIB de 1,4% par rapport au scénario d'impasse correspond à une variation de 0,12 point du taux de croissance annuel sur la période 2004-2020, ce qui représente un retard de croissance d'un peu plus de cinq mois.

** Un chômage supérieur de 1,4 point par rapport au scénario d'impasse correspond à une baisse de 1,8 point par rapport à son niveau de 2004 (de 9,6% à 7,8%), ou encore, à une création moyenne d'environ 22 000 emplois par an.

*** Une baisse de 3,3% du pouvoir d'achat des salaires nets par rapport au scénario d'impasse correspond à une variation de 0,29 point du taux annuel de croissance sur la période 2004-2020, ce qui représente un retard de progression des salaires d'un peu plus de neuf mois.

Tableau 56 L'effet du report de l'âge de la retraite (RAD)
par rapport au scénario d'impasse (sans réforme)

Bien sûr cet exercice n'est qu'illustratif, il laisse de côté un certain nombre de mécanismes que l'allongement de la période d'activité peut déclencher, notamment ceux qui engagent une réponse de la productivité générale du travail suite à de nouvelles conditions de complémentarité-substituabilité entre qualifications, ou encore, ceux d'une transmission accrue de compétences. Les évaluations dépendent aussi du paramétrage de la sensibilité des salaires, ainsi que de la sensibilité des échanges extérieurs. Mais cet exercice montre en tout cas que l'allongement du travail n'est pas une solution miracle pour améliorer la production effective. *Les conditions d'une hausse effective de l'emploi doivent être réunies*. D'un côté, l'efficacité de la mesure repose sur la concordance des besoins de l'offre, qui dépendent de la compétitivité des productions domestiques et des perspectives de débouchés, mais aussi des choix technologiques et de l'orientation structurelle de l'économie. En outre, ses effets sur la productivité, le chômage et la demande effective sont complexes et marqués par de fortes incertitudes. D'un autre côté, cette mesure ne règle en rien la question de notre forte dépendance énergétique et de nos émissions de CO₂.

2.2 La baisse générale des dépenses publiques

La baisse des dépenses publiques renvoie à la question, de nature avant tout politique, du poids de l'Etat dans l'économie. La trancher suppose de pouvoir apprécier l'efficacité relative de la contribution des dépenses collectives au bien-être par rapport aux dépenses privées. Mais l'évaluation du « coût social des fonds publics » est une question difficile. Elle exige qu'on soit en mesure d'évaluer l'effet bénéfique d'une baisse des prélèvements obligatoires sur la prise de risque entrepreneuriale et la croissance, ainsi que l'effet négatif pour l'activité et le bien-être non marchand d'une baisse des efforts d'investissements collectifs (éducation, santé, infrastructures).

Dans notre exercice numérique, nous supposons que la baisse des dépenses publiques n'a aucun effet sur la productivité des facteurs, ce qui est évidemment peu réaliste si cette baisse est appliquée sur la décennie. Notamment, une baisse des dépenses dans l'éducation nationale peut avoir des effets désastreux sur les potentiels de croissance futurs et les inégalités (Askénazy, 2011 ; Glomm et Ravikumar, 1992). Enfin, la transition vers une économie bas-carbone ne saurait se faire sans un accompagnement public, en particulier, un effort important porté sur la R&D, le développement de nouveaux savoir-faire et l'organisation de nouvelles filières (Bompard, 2009).

Dans notre modèle, nous négligeons ces effets positifs et négatifs à long terme sur la productivité générale des facteurs. La comparaison entre la baisse des dépenses publiques et le report de l'âge de départ en retraite n'est donc valide que si l'on suppose que les effets omis s'équilibrent. Dans le tableau 3, nous comparons ces options en prenant comme scénario de référence, non pas l'irréaliste scénario « au fil de l'eau », mais le scénario du report de l'âge légal de départ en retraite de plus de 3 ans qui couvre en 2020 100% des besoins de financement du système de retraites.

Si elles sont utilisées comme seules variables d'ajustement, les dépenses publiques (consommation courante et investissement)¹⁴ doivent être réduites de 4,0% pour assurer la couverture des besoins de financement des prestations de retraite (Tableau 57). Comparées à

¹⁴ Dans ce scénario, la proportion des budgets alloués respectivement aux dépenses de consommation et aux dépenses d'investissement public est maintenue.

l'option du seul report de l'âge de départ en retraite, les performances sont voisines du point de vue de l'activité et de l'emploi, comme du point de vue de l'environnement : le PIB augmente légèrement (+0,1% point), le chômage est un peu moindre (-0,1 point) et les émissions de CO₂ un peu supérieures (+0,4%).

Objectif budgétaire	Annulation du déficit des retraites de 2011 à 2020	
Dispositifs de réforme	RAD > 3 ans	BDP
Ratio démographique	id.	-15%
Poids des dépenses publiques dans le PIB	id.	-4,0%
Emissions de CO ₂	id.	+0,4%
Produit intérieur brut réel	id.	+0,1%
Taux de chômage (points de %)	id.	-0,1
Intensité en travail du composite	id.	id.
Poids de la facture pétrolière dans le PIB	id.	+0,1%
Consommation de composite des ménages	id.	+1,8%
Prix de production du composite	id.	+0,1%
Salaires nets nominaux	id.	+0,2%

Remarque : les résultats sont exprimés relativement à la France-2020 qui correspond au scénario de report de l'âge de la retraites de plus de 3 ans pour permettre l'annulation complète du déficit du système de retraites.

**Tableau 57 L'effet de la baisse des dépenses publiques (BDP)
par rapport au scénario du report de l'âge de la retraite de 3 ans**

Dans le contexte de 2020 caractérisé par la baisse importante du taux d'épargne des ménages, la réduction durable des dépenses publiques a un effet multiplicateur sur la contraction de la demande effective globale. La baisse d'activité affecte moins l'emploi car, cette fois-ci, une plus grande proportion de personnes âgées quitte l'activité. Cela entraîne une moindre baisse des salaires, ce qui favorise le pouvoir d'achat des ménages. Mais la hausse de la consommation que cela permet (+1,8%) ne suffit pas à compenser l'effet négatif des restrictions d'achats publics mises en œuvre pour annuler les déficits.

Avec toutes ses limites, cet exercice a néanmoins le mérite de souligner qu'en l'absence de réforme fiscale, la baisse des dépenses publiques nécessaire n'est pas marginale. Dans ces conditions, si aucune structure privée n'est créée pour assurer la production des services collectifs, il est probable que cette orientation soit socialement et économiquement trop coûteuse.

3 Performances comparées de réformes fiscales

Peut-on espérer de meilleures performances avec une réforme fiscale ? Nous considérons dans ce qui suit les quatre sources de financement suivantes :

- une taxe carbone (TC) sur tous les combustibles fossiles, adoptée unilatéralement par la France aujourd'hui, sans ajustement aux frontières et progressant jusqu'en 2020 ;

- la hausse uniforme des cotisations sociales (CS) ;
- la hausse uniforme des taux de TVA ;
- la hausse uniforme des taux d'impôt sur le revenu (IR).

Comme précédemment, nous prendrons le scénario de report de l'âge de départ en retraite de plus de 3 ans qui permet d'annuler le déficit cumulé des régimes sur la période 2011-2020.

Nous procéderons en deux temps. Nous examinerons d'abord les réformes fiscales qui n'utilisent qu'un seul levier de financement, avant d'en venir, selon la démarche suivie plus haut, à l'étude de dispositifs qui combinent divers leviers d'action.

3.1 Les dispositifs à levier unique

La comparaison des performances des dispositifs qui ne recourent qu'à un seul de ces leviers à la fois montre que le financement des retraites peut s'accompagner en 2020 de niveaux d'émissions de CO₂, d'activité et d'emploi bien différents (Tableau 58).

Objectif budgétaire	Annulation du déficit des retraites de 2011 à 2020			
Dispositifs de réforme	TC	CS	TVA	IR
Ajustement du taux nécessaire	614 €/tCO ₂	+7,1 pts	+1,7 pts	+1,4 pts
Emissions de CO ₂	-53,4%	-0,8%	-0,7%	+0,2%
Produit intérieur brut réel	-3,4%*	-2,0%	+0,3%	+0,1%
Taux de chômage (points de %)	+0,7	+2,2	-0,4	-0,1
Intensité en travail du composite	+1,1%	-0,3%	+0,1%	id.
Consommation de composite des ménages	-1,5%	-1,7%	+0,8%	+0,2%
Volume des exportations de bien composite	-1,9%	-1,2%	-0,5%	-0,1%
Proportion de bien composite importée	+3,2%	+2,0%	+0,8%	+0,1%
Prix de production du composite	+3,7%	+2,3%	+0,9%	+0,1%
Salaires nets nominaux	-1,6%	-4,7%	+1,0%	+0,3%

TC : application d'une taxe carbone ; CS : hausse du taux de cotisations sociales ; TVA : hausse du taux de taxe sur la valeur ajoutée ; IR : hausse de l'impôt sur le revenu.

Remarque : les résultats sont exprimés relativement à la France-2020 produite par le report de l'âge de la retraite de plus de 3 ans (report nécessaire pour financer l'intégralité du déficit des régimes de retraite).

Tableau 58 Performances de réforme des prélèvements obligatoires à levier unique par rapport au scénario d'un report de l'âge de la retraite

Le premier résultat notable de cette comparaison est qu'une taxe carbone ne peut pas financer seule la protection sociale sans que ce soit au prix d'un coût pour l'activité plus important qu'avec les autres leviers (-3,4% de PIB par rapport au report de l'âge de la retraite). Elle devrait en effet atteindre un niveau très élevé en 2020 (614€/tCO₂). Certes, ce niveau réduirait fortement les émissions de CO₂ (-53,4%) et le poids de la facture pétrolière dans le PIB (-27,5%), mais elle induirait

aussi une très forte hausse des prix des énergies (+162% pour les carburants, +84% pour les énergies résidentielles¹⁵) qui pèserait beaucoup sur la facture énergétique des ménages et donc sur leur pouvoir d'achat. Au total, par rapport au scénario du report de l'âge légal de départ en retraite, la consommation des ménages serait réduite de 1,5% en 2020 et les coûts de production domestique seraient supérieurs de 3,7%, ce qui induirait une perte de compétitivité vis-à-vis des productions étrangères (les exportations seraient de 1,9% moindre et la part des importations 3,2% supérieure).

Ces résultats négatifs viennent du fait qu'à un tel niveau de taxe carbone les potentiels de « décarbonisation » de l'économie sont saturés (Figure 50). Ce niveau est donc doublement inefficace : du point de vue incitatif, puisqu'il n'y a plus de potentiels à exploiter, comme du point de vue de l'activité.

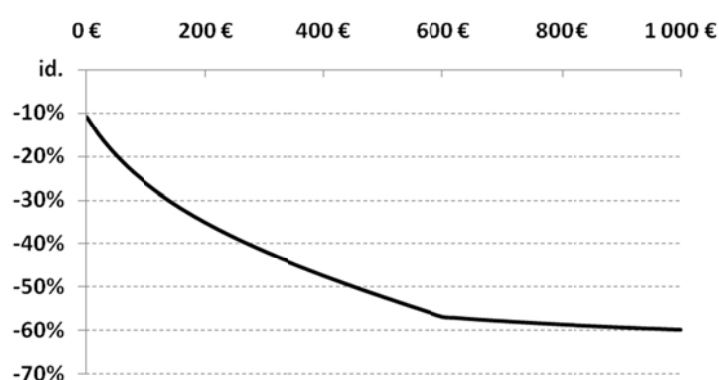


Figure 50 Variation de l'intensité en CO₂ de la croissance par rapport à 2004 selon le niveau de taxe carbone non-recyclée atteint en 2020 (0 à 1000€/tCO₂)

En fait, ceci ne fait que confirmer les résultats obtenus dans les chapitres précédents, qui font apparaître une sorte de « plateau » pour des valeurs de taxe supérieures à 300-400€/tCO₂ au-delà duquel l'effet macroéconomique net de la taxe carbone commence à être négatif.

Le second résultat notable est que la hausse des cotisations sociales (CS) dégrade encore beaucoup l'activité (-2,0% de PIB) et déprime, encore plus qu'un recours à la taxe carbone, l'emploi (+2,2 points de chômage contre +0,7) et la consommation des ménages (-1,7% contre -1,5%). Le mécanisme principal part du renchérissement du coût relatif du travail. A l'opposé de la taxe carbone, ceci induit une baisse de l'intensité en travail de la production composite (-0,3% contre +1,1%). Dans le contexte d'une économie concurrencée, la hausse des cotisations exerce aussi une pression supérieure sur les salaires nets (ils baissent de 4,7% contre 1,6% avec la taxe carbone), ce qui déprime davantage la consommation des ménages, sans que l'appareil productif français ne puisse trouver de débouchés de substitution sur les marchés internationaux. En effet, la contraction des salaires n'empêche pas une hausse des coûts de production du bien composite (+2,3%) qui réduit la compétitivité des productions nationales (les exportations baissent de 1,2% et la part des importations augmente de 2,0%). Au total, l'effet d'érosion de l'assiette des prélèvements est très

¹⁵ Rappelons que l'impact *ex ante* sur les prix du carburant est supérieur à celui sur l'agrégat d'énergie résidentielle car celui-ci inclut l'électricité non taxée.

puissant ; c'est pourquoi la hausse du taux devrait atteindre 7,1 points pour obtenir un régime des retraites sans déficit.

Enfin, les hausses de TVA et d'impôt sur le revenu (IR) ont des performances macroéconomiques comparables et assez nettement supérieures (+0,3% et +0,1% de PIB, -0,4 et -0,1 point de chômage par rapport au scénario de report de l'âge de départ). Ceci tient au fait que ces mesures ne dégradent pas l'intensité en travail et atténuent la pression sur les salaires en allégeant les prélèvements qui reposent sur les coûts des systèmes productifs. Par conséquent, les salaires nets progressent davantage par rapport au report de l'âge de la retraite (+1,0% et +0,3) car, nous l'avons vu, cette dernière mesure augmente le nombre de demandeurs d'emploi. Les coûts de production baissent donc légèrement moins avec une hausse de la TVA ou d'IR (+0,9% et +0,1%), mais le pouvoir d'achat et donc la consommation des ménages progressent plus (+0,8% et +0,2%).

La légère supériorité de la hausse de TVA provient de ce qu'elle affecte moins le pouvoir d'achat des ménages que les coûts de production des systèmes productifs. En effet, la hausse de l'IR incite les ménages à restreindre leur budget de consommation et cet effet est supérieur dans le modèle à celui, également négatif pour leur pouvoir d'achat, de la hausse de TVA. Or, étant donné les hypothèses sur l'ajustement des salaires et la sensibilité de la compétitivité des productions nationales aux coûts de production, la hausse de TVA induit, au final, une demande des ménages supérieure (+0,8% contre +0,2% avec la hausse d'IR). Cet effet bénéfique pour l'activité et l'emploi surpasse la perte due à une plus forte dégradation des échanges extérieurs (les exportations baissent de 0,5% contre 0,1% avec la hausse d'IR et la part importée progresse de 0,8% contre 0,1%).

Bien évidemment, aucun des dispositifs autres que la taxe carbone ne permet de se placer sur la trajectoire d'émissions de CO₂ compatible avec l'objectif d'un « Facteur 4 » en France en 2050. Le respect de cet objectif devrait se traduire par un niveau d'émissions de CO₂ nationales ne dépassant pas 317 MtCO₂, ce qui demande de réaliser une baisse de 19% par rapport au niveau d'émissions enregistré en 2008 (cf. rapport Syrota de 2008 et loi POPE du 13 juillet 2005). Or, avec une simple hausse des cotisations sociales, de la TVA ou de l'IR on constate un déficit d'abattement atteignant respectivement 214, 215 et 220 MtCO₂, soit un niveau d'émissions 68% supérieur à celui visé.

Ce simple constat suffit à justifier l'étude de dispositifs mixtes associant la taxe carbone et les autres leviers de financement. Mais cette étude est aussi légitimée par le fait que, comme nous l'avons montré dans les chapitres précédents, dans la plupart des dispositifs de fiscalité carbone étudiés, il y a un espace de taxe optimal sur un plan macroéconomique (autour de 100€/tCO₂) dont le maximum se trouve vers 200-300€ ; au-delà, la performance économique de la taxe tend à diminuer plus ou moins fortement selon les hypothèses de second rang formulées. C'est pourquoi, pour examiner les dispositifs de compromis fiscaux, nous envisagerons une taxe fixée au voisinage de cet optimum (100 et 200€/tCO₂), comme un des éléments du dispositif de financement des retraites.

3.2 Les dispositifs à leviers multiples

En dehors des arguments que nous venons d'émettre, la recherche d'un dispositif jouant sur des leviers multiples se justifie aussi pour des arguments d'économie politique. L'expérience montre en effet qu'au-delà d'un certain seuil, une taxe sur une base fiscale donnée engendre des comportements socialement coûteux d'optimisation fiscale et d'évitement de l'impôt. En particulier, dans le cas de la TVA et des cotisations sociales, cela encourage la production de fausses factures et le travail au noir, ce qui peut induire, en dynamique, d'importants coûts économiques, tout en renforçant un sentiment de méfiance vis-à-vis des institutions (Algan et al., 2012).

Nous considérons donc dans cette section des dispositifs qui combinent :

- une taxe carbone qui atteint progressivement 100 ou 200€/tCO₂ en 2020 et qui n'est pas affectée au budget général, mais comme substitut partiel aux cotisations sociales dans les ressources des régimes paritaires¹⁶ ;
- la hausse de TVA ou d'IR nécessaire pour combler le besoin de financement restant.

Le Tableau 59 montre que les « dispositifs mixtes » sont tous nettement supérieurs aux politiques qui ne reposent que sur un seul levier d'action, que ce soit un report de l'âge légal de départ en retraite, une baisse des dépenses publiques ou une hausse des cotisations sociales. Ce résultat illustre un argument majeur de notre thèse, à savoir que *l'orientation vers une croissance à basse intensité en carbone ne se fait pas nécessairement au prix d'un coût supérieur pour l'activité et l'emploi*. Les émissions de CO₂ sont réduites du tiers alors que l'activité et l'emploi progressent : en comparaison du simple report de l'âge légal de départ en retraite, les émissions baissent (-28,1% et -27,4%), le PIB progresse (+0,7% dans les deux cas) et le chômage recule (-2,4 et -2,2 points).

¹⁶ Nous sommes conscients des difficultés politiques que pose cette option, puisque la taxe carbone peut être vue comme un moyen détourné de mettre en cause le paritarisme ou encore d'être un palliatif dont le véritable objet est d'empêcher une réforme des retraites en profondeur. Même si l'on juge que le mode financement des retraites ne doit pas être modifié, car il serait difficile de trouver un consensus politique qui équilibre à nouveau les pouvoirs de l'Etat et des partenaires sociaux, un problème similaire émerge en ce qui concerne le financement des dépenses de santé et du quatrième âge. On retrouverait alors inchangé l'argument que nous développons ici.

Objectif budgétaire	Annulation du déficit des retraites de 2011 à 2020					
Dispositifs de réforme	TC/BCS & TVA		TC/BCS & IR		BDP	CS
Niveau de taxation du carbone (TC)	100€/tCO ₂	200€/tCO ₂	100€/tCO ₂	200€/tCO ₂	0€/tCO ₂	0€/tCO ₂
Ajustement du taux requis (TVA ou IR)	+2,1 pts	+2,6 pts	+1,7 pts	+2,0 pts	id.	id.
Ajustement du niveau de CS	-4,0 pts	-6,9 pts	-4,1 pts	-7,0 pts	id.	+7,1 pts
Poids des dépenses publiques dans le PIB	id.	id.	id.	id.	-4,0%	id.
Emissions de CO ₂	-17,8%	-28,1%	-17,1%	-27,4%	id.	-0,8%
Produit intérieur brut réel	+0,7%	+0,7%	+0,7%	+0,7%	-0,3%	-2,0%
Taux de chômage (points de %)	-1,7	-2,4	-1,4	-2,2	+0,3	+2,2
Intensité en travail du composite	+0,7%	+1,1%	+0,5%	+0,9%	id.	-0,3%
Poids de la facture pétrolière dans le PIB	-15,1%	-21,3%	-11,5%	-17,5%	+0,7	-1,1%
Consommation de composite des ménages	+2,0%	+2,4%	+1,4%	+1,9%	+1,1%	-1,7%
Prix de production du composite	+1,3%	+1,5%	+0,4%	+0,5%	-0,4%	+2,3%
Salaires nets nominaux	+4,3%	+6,3%	+3,5%	+5,6%	-0,7%	-4,7%

TC/BSC : application d'une taxe carbone générale affectée aux ressources des régimes paritaires en substitut des cotisations sociales ; TVA : hausse du taux de taxe sur la valeur ajoutée ; IR : hausse de l'impôt sur le revenu ; BDP : baisse des dépenses publiques ; CS : ajustement du niveau de cotisation sociale.

Remarque : les résultats sont exprimés relativement à la France-2020 produite par le report de l'âge de la retraite de plus de 3 ans (report nécessaire pour annuler l'intégralité du déficit des régimes de retraite sur la période 2011-2020).

Tableau 59 Performances de réforme des prélèvements obligatoires à leviers multiples avec composante carbone par rapport au scénario d'un report de l'âge de la retraite

Un corolaire de cet argument est illustré par la comparaison de deux niveaux de taxe carbone pour chacun des deux dispositifs mixtes (100 et 200€/tCO₂). On observe en effet que maintenir un bas niveau de taxation de la consommation d'énergie carbonée peut être sous-optimal, non seulement pour le climat, mais aussi pour l'activité et l'emploi. Avec une taxe de 100€, les émissions de CO₂ sont plus élevées (elles baissent de 17,8% contre 28,1% à 200 €/tCO₂), alors même que le niveau de PIB est identique (+0,7% par rapport au report de l'âge de départ en retraite) et l'emploi est meilleur (le chômage baisse de 1,4 à 1,7 point contre 2,2 à 2,4 à 200 €/tCO₂).

La supériorité des dispositifs mixtes se comprend aisément à partir des analyses des chapitres précédents. Il faut d'abord remarquer qu'en dépit du haut niveau de taxe carbone les prix de production du composite baissent ou progressent de façon modérée (-1,5% et +0,5% pour un niveau de taxation de la tonne CO₂ de 200€). On retrouve l'importance du recyclage des recettes dans la baisse des cotisations sociales : en bloquant la propagation du renchérissement de l'énergie aux coûts de production, le recyclage préserve la compétitivité de la production nationale et incite à un recours accru au travail. Ce cercle vertueux autorise une progression de la demande adressée à l'appareil de production français, sans que ceci ne se fasse au détriment des salaires (qui progressent fortement, de 6,3% et +5,6% respectivement)¹⁷. Ce mécanisme, on l'a vu, joue en sens inverse en l'absence de recyclage, avec une chute des mêmes indicateurs. Simultanément, l'intensité en travail

¹⁷ Rappelons que l'enclenchement de ce cercle vertueux potentiel n'est certes pas automatique, il dépend d'un ensemble de contraintes, principalement le fonctionnement du marché du travail et le partage des allègements de charges entre salaires nets, coûts du travail et profits. Son ampleur numérique dépend aussi des potentiels de « décarbonisation » des systèmes productifs et des ménages, de la sensibilité des échanges extérieurs aux prix de production, des règles d'indexation et de politique budgétaires retenues (cf. chapitres 5, section 3, pages 179-188 et chapitre 6, section 3, pages 212-225).

augmente (+1,1% et +0,9%) et le fardeau de la facture pétrolière se trouve fortement allégé (-21,3% et -17,5%).

4 Concernant les atouts spécifiques d'une composante carbone-énergie

Evidemment, l'effet bénéfique des allègements de cotisations sociales n'est pas à mettre au seul crédit de la taxe carbone. En simulant un dispositif similaire, mais ne contenant aucune composante carbone – autrement dit, des allègements de cotisation financés par des hausses additionnelles de TVA ou d'IR - on observe que le contrôle du déficit des retraites serait obtenu avec des performances supérieures pour l'activité et l'emploi (Tableau 60). Par rapport à cette situation de référence, le recours à la taxe carbone est donc bien associé, dans le cadre des mécanismes que décrit le modèle IMACLIM, à un coût macroéconomique net ; mais en raison des effets de synergie économique étudiés dans les chapitres précédents, ce coût est en fait modéré - même si l'on pense que les conditions futures du fonctionnement de second rang de l'économie ne seront pas favorables à l'obtention d'un double dividende au sens fort.

Objectif budgétaire Dispositifs de réforme	Annulation du déficit des retraites de 2011 à 2020	
	BCS & TVA	BCS & IR
Ajustement du taux requis (TVA ou IR)	+3,6 pts	+2,9 pts
Ajustement du niveau de CS	-6,9 pts	-7,0 pts
Emissions de CO ₂	-0,7%	+1,1%
Produit intérieur brut réel	+2,3%	+2,1%
Taux de chômage (points de %)	-2,8	-2,3
Intensité en travail du composite	+0,5%	+0,3%
Poids de la facture pétrolière dans le PIB	-6,7%	+0,7%
Consommation de composite des ménages	+3,2%	+2,0%
Prix de production du composite	id.	-1,7%
Salaires nets nominaux	+7,5%	+5,9%

TC200/BSC : application d'une taxe carbone générale affecté aux ressources des régimes paritaires en substitut des cotisations sociales ; TVA : hausse du taux de taxe sur la valeur ajoutée ; IR : hausse de l'impôt sur le revenu.

Remarque : les résultats sont exprimés relativement à la France-2020 produite par le report de l'âge de la retraite de plus de 3 ans (report nécessaire pour financer l'intégralité du déficit des régimes de retraite).

Tableau 60 Performances de réforme des prélèvements obligatoires à leviers multiples sans composante carbone par rapport au report de l'âge de la retraite

Cela ne signifie pas pour autant qu'un système comportant une taxe carbone-énergie soit sous-optimal : cette composante peut présenter des intérêts propres pour l'efficacité macroéconomique à moyen et long terme (notamment par rapport à une hausse de la TVA). Mais les arguments économiques qui justifient cette proposition sont à chercher au-delà du cadre de notre exercice de modélisation : soit ils concernent un horizon temporel qui s'étend au-delà du moyen terme retenu jusqu'ici, soit ils font intervenir des mécanismes qui ne sont pas pris en compte, ou seulement partiellement, dans notre modèle.

Premièrement, un système comportant une taxe carbone-énergie ne peut être sous-optimal si on accorde une véritable valeur aux objectifs climatiques et aux questions de sécurité énergétique : les émissions de CO₂ restent élevées (par rapport au dispositif de report de l'âge légal de départ en retraite, les émissions sont très légèrement inférieures dans le cas d'une hausse de TVA et elles sont même supérieures dans le cas d'une hausse d'IR). La facture des importations de pétrole reste élevée : 3,4% du PIB dans le cas de la hausse de TVA et 3,7% dans le cas de la hausse d'IR.

Deuxièmement, l'« effet signal » que produit le recours à une composante carbone-énergie s'étend au-delà de celui que nous avons simulé jusqu'ici et qui ne concerne que l'offre et la demande d'énergie. Le signal créé par une taxe carbone pourrait contribuer plus généralement à stabiliser les anticipations. Cela concerne d'abord l'emploi ; dans nos simulations la taxe carbone débouche sur une intensité en travail de la production supérieure qui conduirait à un régime de croissance caractérisé par un chômage inférieur de l'ordre de 9% à 10%. Mais ce calcul ne tient pas compte de l'effet incitatif d'une substitution de la taxation du travail par la taxation de l'énergie sur les décisions d'embauche des entreprises (lorsqu'une incertitude pèse sur le niveau de la demande future qui leur sera adressée). Cet effet de réduction du risque d'embauche, nous l'avons déjà évoqué, a récemment été mis en évidence dans la thèse de Camille Thubin (2012). Il pourrait être positif, non seulement pour la croissance, mais aussi pour le recours au travail national, en réduisant les incitations à délocaliser la production. Ensuite, l'effet signal peut aussi favoriser les investissements dans l'économie réelle, étant donné la situation actuelle où les investisseurs font l'« âne de Buridan » (Aglietta et Hourcade, 2012) : en raison de l'incertitude concernant les secteurs industriels d'avenir, l'épargne, ne sachant où s'investir, se reporte sur des placements spéculatifs. Pour ces raisons, nous sous-estimons donc probablement la contribution spécifique d'une composante carbone à la réduction des incertitudes.

Troisièmement, on sous-estime probablement l'impact sur la croissance de long terme d'un allègement bien plus significatif du poids de la facture pétrolière (-21,3% et -17,5% contre -6,7% et +0,7%). Le modèle prend en compte l'amélioration du pouvoir d'achat des ménages et des coûts de production du bien composite qui résultent de la baisse de la facture pétrolière payée aux pays exportateurs. En réduisant la contrainte qui pèse sur la demande, le modèle prend en compte un effet « multiplicateur » sur l'activité et la richesse nationale ; mais il ne prend pas en compte deux effets bénéfiques de l'amélioration de la sécurité énergétique sur la croissance de long terme : d'une part, celui d'une résilience plus grande du pays à des chocs sur les prix du pétrole (Encart 9) et d'autre part, celui d'une moindre nécessité à l'endettement vis-à-vis de l'étranger.

Encart 9 Des dividendes sous-estimés de la taxe carbone ? L'exemple de la sécurité énergétique

La comparaison du dispositif de fiscalité carbone précédent, avec son analogue sans composante carbone n'est pas complète. Ce dernier, rappelons-le, présentait des performances supérieures sur le plan macroéconomique et consistait à financer une baisse identique de cotisations sociales par une hausse additionnelle de TVA et non pas par une taxe carbone de 200€. Nous avons bien sûr pris en compte, dans les simulations précédentes, la réduction de la facture énergétique extérieure et la baisse des transferts de richesse vers les pays exportateurs de pétrole qu'elle permet. Mais nous avons laissé de côté l'effet d'un changement structurel plus profond du point de vue de la résilience de l'économie nationale face à la volatilité des prix des hydrocarbures. La prise en compte du risque important de chocs pétroliers futurs peut modifier la comparaison des avantages et inconvénients des dispositifs de réforme.

Pour évaluer cette composante de résilience aux chocs énergétiques, nous comparons les conséquences d'un choc pétrolier sur les économies françaises de 2020 qui résultent des ajustements de moyen terme aux deux dispositifs de réforme précédents : une économie où aucune composante carbone n'aurait été appliquée et une autre où cette composante serait présente et atteindrait 200€/tCO₂. Comme précédemment, nous comparons les performances de ces dispositifs à ceux d'un simple report de l'âge légal de départ en retraite et dans chacune des conjonctures de prix du baril de brut. Enfin, l'ensemble de ces dispositifs de réforme respecte toujours la même exigence de financement du déficit cumulé des régimes de retraites.

Le choc est supposé se produire dans un délai suffisamment bref, qui est compatible avec une rigidité totale des consommations d'énergie des ménages et des coefficients techniques des systèmes productifs¹⁸. Sous ces hypothèses, le changement structurel induit par la composante carbone réduit l'écart entre les performances des deux dispositifs. La composante tempère effectivement le choc des hausses de prix induites sur le PIB, l'emploi et la consommation des ménages (Tableau 61).

Recyclage	Baisse des cotisations					
Objectif budgétaire	Financement du déficit des retraites de 2011 à 2020					
Dispositif de réforme	BCS & TVA			TC200/BCS & TVA		
Choc sur le prix du pétrole	120€/bl	180€/bl	240€/bl	120€/bl	180€/bl	240€/bl
Ajustement du taux de TVA nécessaire	+2,8 pts	+3,5 pts	+4,5 pts	+4,0 pts	+5,0 pts	+6,3 pts
Allègements de CS	-7,1 pts	-7,3 pts	-7,5 pts	-7,1 pts	-7,3 pts	-7,5 pts
Emissions de CO ₂	-0,2%	+0,6%	+1,6%	-27,6%	-26,8%	-25,8%
Produit intérieur brut réel	+3,6%	+5,6%	+8,3%	+2,6%	+5,2%	+8,7%
Taux de chômage (points de %)	-3,9	-5,4	-7,4	-4,1	-6,2	-8,8
Intensité en travail du composite	+0,5%	+0,5%	+0,5%	+1,1%	+1,1%	+1,1%
Poids de la facture pétrolière dans le PIB	-7,8%	-10,3%	-13,7%	-23,4%	-25,8%	-28,6%
Consommation de composite des ménages	+4,9%	+7,6%	+11,8%	+5,2%	+9,1%	+14,6%
Prix de production du composite	-0,3%	-0,1%	+0,3%	+1,9%	+2,4%	+3,0%
Salaires nets nominaux	+8,6%	+10,8%	+14,1%	+9,0%	+12,6%	+17,2%

TC200/BSC : application d'une taxe carbone générale affectée aux ressources des régimes paritaires en substitut des cotisations sociales ; TVA : hausse du taux de taxe sur la valeur ajoutée ; IR : hausse de l'impôt sur le revenu.

Remarque : pour chaque niveau de prix du pétrole, les résultats sont exprimés relativement aux situations françaises en 2020 produites par le report de l'âge légal de départ en retraite (report nécessaire pour financer l'intégralité du déficit des régimes de retraite).

Tableau 61 Effet d'un choc sur le prix du pétrole, réforme globale avec et sans composante carbone par rapport au scénario d'un report de l'âge de la retraite

¹⁸ On suppose en outre, que son impact sur le prix composite international est négligeable - ce qui revient à surestimer son impact sur la compétitivité.

En définitive, la comparaison des dispositifs de réforme fait apparaître un espace de potentiel sans regret à l'échelle macroéconomique. Néanmoins, la mise en œuvre des dispositifs auxquels nous aboutissons suppose un réel effort de réforme des institutions qui nécessite, en premier lieu, une forte volonté politique, ensuite, une délibération collective pour parvenir à un compromis négocié. Mais cet effort vaut le coup s'il offre un moyen d'agir pour s'assurer contre un dérèglement climatique majeur tout en atténuant les tensions croissantes, et aujourd'hui exacerbées par la crise, entre l'activité et l'emploi d'un côté, le niveau de vie des retraités et des salariés de l'autre (Figure 51).

*Les 3 réformes structurelles satisfont la même cible de contrôle des déficits,
Elles annulent le déficit du système de retraites sur la période 2004-2020*

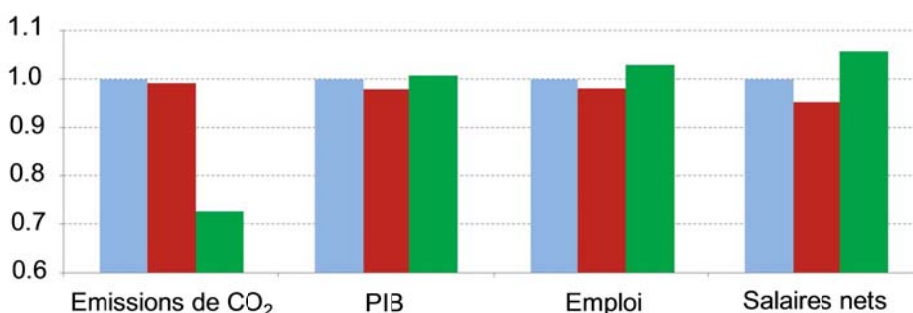
"Réformes des retraites"

Report de l'âge de départ (>3 ans)

Hausse de cotisation sociale (+7 pts)

"Réforme fiscale carbone générale"

200€/tCO₂ – Baisse des CS
& Hausse de l'IR (+2 pts)



Remarque : les résultats sont exprimés en indice par rapport à la situation de 2020 produites par le report de l'âge légal de départ en retraite.

Figure 51 Réforme fiscale carbone : un espace de potentiel sans regret

Conclusion

Sans revenir sur le détail de nos résultats, nous essaierons de résumer ce qui nous paraît être les principaux acquis de cette thèse, tant sur le plan de la connaissance des déterminants du bilan économique et social d'une fiscalité carbone, qu'à propos des enjeux de méthode qui apparaissent lorsque l'on cherche à rendre compte de situations économiques de second rang et que l'on ne peut se contenter d'introduire, dans un modèle de premier rang, quelques imperfections marginales.

Que l'on se place dans un monde de premier ou de second rang, deux mêmes impératifs prévalent : préserver la lisibilité du « signal » (l'incitation) et chercher un consensus sur l'usage des recettes qui ne menace pas cette lisibilité. Ce qui diffère, c'est la façon de répondre à ces impératifs.

En premier rang, il n'est jamais souhaitable de toucher aux principes d'universalité et d'uniformité de la taxation du carbone puisqu'aucune marge de manœuvre n'est nécessaire pour rendre la réforme compatible avec les autres objectifs publics (équité, compétitivité, maîtrise des finances publiques, emploi et croissance). L'externalité que constituent les émissions de gaz carbonés est la seule défaillance de marché ; l'économie est sur sa frontière de production. Par conséquent, aucun ajustement n'est désirable sur un plan purement économique. Dans de telles circonstances, la taxe carbone peut se gérer indépendamment des autres politiques publiques et son produit doit être recyclé de façon forfaitaire, en introduisant si nécessaire une différenciation des transferts pour compenser les perdants et pallier les effets redistributifs non désirés. Si la mise en œuvre de ce dispositif pose des problèmes pratiques, on dispose au moins d'une référence théorique simple.

Le choix d'usage des recettes est nettement compliqué lorsque l'on passe à une analyse de second rang car, en général, ce choix n'est pas neutre vis-à-vis de la capacité d'une société à atteindre ses autres objectifs économiques¹. Le problème majeur pour la décision vient alors de la difficulté de se mettre d'accord sur le « bon modèle de second rang », c'est-à-dire sur la nature des imperfections des économies existantes et sur les politiques *réalisables* permettant de les corriger. Nous avons ainsi montré qu'une même taxe carbone peut s'accompagner d'effets socioéconomiques très différents selon les modalités d'affectation de ses recettes, mais aussi que l'évaluation des effets de chaque dispositif est très sensible à des paramètres incertains, fortement controversés, sur l'état de la situation présente, sur le contexte futur et sur les réactions des agents économiques.

Il est donc difficile d'imaginer une fiscalité carbone ambitieuse sans se donner les outils intellectuels et le temps de délibération nécessaire pour réduire ces divergences de vue, ou en tout cas, pour trouver des compromis acceptables par une majorité malgré ces divergences. C'est pourquoi nous nous sommes attaché au développement d'un outil d'analyse des effets d'équilibre général et de prospective des états du monde, un outil qui présente un double intérêt :

(i) clarifier *les mécanismes dits d'incidence fiscale* dans une économie marquée par de nombreux liens d'interdépendance, un chômage involontaire et une exposition à la concurrence

¹ En dépit de certaines idées reçues, parfois en vogue dans les ministères, et selon lesquelles le bon sens serait de toujours segmenter le traitement des problèmes publics, ceci fait pourtant écho à un *caveat* énoncé il y a longtemps par Tinbergen (1952). « *Economists or economic politicians holding the opinion that there is such a one-by-one correspondence between targets and instruments evidently assume a very special structure* » (note 1, page 31). Le recours à des modèles de second rang pour étudier une politique nous fait justement considérer des « structures » - au sens de systèmes d'interdépendances économiques - qui ne réunissent pas les conditions nécessaires pour traiter séparément les problèmes en jeu.

internationale. Ces mécanismes, en général mal compris, déterminent pourtant les conséquences distributives réelles de la réforme et l'écart entre le coût immédiat de la taxe tel qu'il est perçu par celui qui la paie et l'effet réel du projet de fiscalité carbone pour lui-même et pour la collectivité.

(ii) mettre en évidence *des principes généraux robustes* qu'il faut respecter pour éviter que la fiscalité carbone ne remettre en cause les autres objectifs publics, voire pour faciliter une synergie entre ces objectifs et la politique climatique. Nous avons montré par exemple, pourquoi, même si l'on peut affecter une partie des revenus de la taxe aux ménages ou à la réduction des déficits, une fraction non négligeable de ces recettes doit servir à éviter la hausse généralisée des coûts de production qu'induit le renchérissement de l'énergie. Cette hausse porte atteinte à la compétitivité industrielle et au pouvoir d'achat des salaires, ce qui tire vers le bas la demande intérieure, l'activité et l'emploi, et aggrave au final la situation des populations vulnérables.

Nous ne prétendons pas, sur ces deux points, avoir apporté d'innovations majeures et nous ne faisons que retrouver des résultats qui, à défaut d'être répandus dans le débat public, sont bien connus des spécialistes. Notre contribution spécifique est de fournir un outil qui permette une exploration large des conséquences de dispositifs variés, en fonction de paramètres traduisant diverses conjectures et « visions du monde », depuis l'ampleur des réponses aux prix des comportements de demande et d'offre d'énergie, jusqu'à la sensibilité des salaires au niveau du chômage, en passant par les effets de la concurrence internationale. Une telle exploration est permise par la construction de « matrices de comptabilité hybride », en unité de valeur et en quantités physiques. Cette technique assure d'abord le contrôle, par les connaissances d'ingénieurs, des élasticités de substitution entre facteurs de production et entre biens de consommation (énergétiques et non énergétiques). Elle nous permet d'éviter le maniement d'élasticités de substitutions constantes qui peut conduire, en cas de niveaux de taxe très élevés, à des résultats qui violent implicitement certaines contraintes physiques ou technologiques. Cette technique permet aussi, dans une approche prospective, de projeter des scénarios de référence qui combinent des jeux d'hypothèses très différentes sur le futur (les potentiels de croissance et d'emploi, le changement structurel, les effets du vieillissement ou de la mondialisation, etc.) ; tout ceci, en garantissant un minimum de cohérence économique et de plausibilité technique.

Un tel exercice d'exploration a permis de hiérarchiser les incertitudes et de faire apparaître, parmi les paramètres qui donnent lieu à controverse, ceux sur lesquels il convient de se concentrer.

Le premier de ces paramètres est *le partage des allègements de cotisations sociales entre la hausse des salaires nets et la maîtrise des coûts de production par la baisse du coût du travail*. De ce partage dépend très largement le déclenchement d'un cercle macroéconomique vertueux. Or, la répartition optimale dépend elle-même du diagnostic porté sur le fonctionnement du marché du travail et sur les déterminants de la « compétitivité » des producteurs nationaux par rapport à leurs concurrents étrangers. Dans la version actuelle du modèle, ces deux éléments de diagnostic sont traduits par des relations fonctionnelles très agrégées où interviennent deux facteurs principaux : la sensibilité du salaire au niveau du chômage et la sensibilité des échanges extérieurs aux coûts de production. En fait, ce n'est qu'une première étape qui devra être suivie, à l'avenir, d'une représentation plus riche des contraintes imposées et des marges de manœuvre offertes aux politiques publiques dans le processus de mondialisation ; en particulier, par une modélisation des effets de l'ouverture des frontières sur les facteurs techniques, sociaux et organisationnels qui

déterminent le partage primaire de la valeur ajoutée. La prise en compte d'un niveau de définition sectorielle plus grand sera probablement nécessaire pour suivre la formation de la valeur au long des filières industrielles. Par ailleurs, on devra réfléchir à des relations entre des paramètres jusqu'ici indépendants dans notre modèle : le taux de marge sur les coûts, de façon à lier l'ajustement des salaires à la sensibilité des échanges extérieurs de biens et de capitaux, et la part de la demande des ménages en biens importés selon les niveaux de revenu, pour appréhender les interdépendances entre mondialisation, compétitivité et inégalités (Giraud, 2012).

Le deuxième de ces paramètres est *l'identification des situations de vulnérabilité et des mécanismes de leur induction à long terme*. La réponse à cette question conditionne l'acceptabilité sociale et la cohérence entre la justice et l'efficacité d'une politique climatique, ou même de toute politique énergétique visant à intervenir sur les tarifs. L'enjeu peut se résumer ainsi : une mesure de compensation monétaire peut avoir un effet macroéconomique négatif si elle est trop générale et une mesure de différenciation des tarifs peut aggraver les vulnérabilités si elle brouille le signal des prix. Il peut donc y avoir contradiction entre les exigences de justice à court et à plus long terme, comme on a pu le voir récemment à propos des mesures de « gel des prix de l'énergie » ou de « tarification progressive ». Or, la vulnérabilité énergétique n'est pas strictement corrélée au niveau du revenu et ne recoupe pas strictement la pauvreté classique. Les progrès faits dans cette thèse pour renseigner cette discussion doivent être complétés en étendant la description de l'hétérogénéité des populations aux facteurs non-monnaires qui déterminent les niveaux et l'évolution des besoins essentiels en énergie, en particulier, les équipements utilisateurs d'énergie et les localisations.

Le troisième paramètre concerne *les interactions entre la fiscalité carbone, les autres règles de gestion budgétaire et la revalorisation des prestations sociales*. Ces interactions sont peu étudiées dans la littérature et peuvent renforcer, ou affaiblir, *la cohérence des politiques publiques générales et les modalités d'une coordination autour d'un objectif de transition énergétique*. Dans le cas de la France, des marges de manœuvre semblent libérables grâce à des « structures d'incitation hybride », associant des instruments économiques (intervention sur les prix) à d'autres mesures (réglementation, assistance technique ou financière). Mais la sélection du bon « paquet de mesures » requiert un accord négocié sur la hiérarchie des priorités : entre le contrôle de l'endettement public et le niveau d'activité économique à court terme d'une part, entre l'emploi, la production, la consommation courante et la distribution du bien-être d'autre part. Cette recherche de cohérence et de coordination est d'autant plus importante dans un contexte où l'on parle de « croissance verte », d'« économie verte et inclusive », de « prospérité sans croissance ». L'émergence de ces notions suggère la nécessité d'insérer la transition énergétique et climatique dans une vision plus large et générale de la trajectoire économique et des politiques publiques.

En fait, répondre à ces questions demande de dépasser le seul dossier de la fiscalité carbone et renvoie à un programme de recherches plus vaste qui lie les travaux sur la croissance, les inégalités et la mondialisation avec les travaux sur les *styles* de développement, c'est-à-dire sur l'évolution des modes de consommation, des technologies et de l'aménagement de l'espace. Le traitement de ces questions justifie un agenda de recherche sur des modèles macroéconomiques plus désagrégés que celui produit dans cette thèse et qui intègrent dans un même cadre des informations issues de modèles industriels et de modèles d'analyse spatiale (dynamiques urbaines et usage des sols).

Un des articles importants de cet agenda sera de distinguer les systèmes productifs, non seulement par leur domaine d'activité, mais aussi par leur degré d'exposition à la concurrence étrangère, puis de préciser l'hétérogénéité des modes de consommation et des choix d'investissement pour différents niveaux de revenu. Dans une économie mondialisée où augmentent spontanément les écarts de rémunération entre main d'œuvre qualifiée et main d'œuvre non qualifiée (Kremer et Masking, 2006), le creusement du dualisme économique et social est en effet très fortement lié à la part des revenus que les populations riches consacrent à l'économie locale et qui alimente le fonctionnement des activités que Giraud appelle « sédentaires » (Giraud, 2012).

Un deuxième article important de cet agenda concerne *l'extension de la comptabilité hybride pour décrire un jeu de grandeurs physiques et leur répartition dans la population*. Ce préalable est nécessaire pour représenter avec cohérence le contenu du développement et la distribution des styles de vie, de même que l'évolution d'une « économie informelle » en perpétuelle reformation.

Mais la problématique de la transition énergétique sous contrainte climatique est de nature fondamentalement *dynamique*. Un des défis méthodologiques majeurs qu'essaie de relever le modèle IMACLIM-R (Sassi et al., 2010) concerne la modélisation et l'étude du tuilage dans le temps des politiques, la gestion de chocs de court terme et les points de bifurcation dans les trajectoires de développement. Mais cette prévalence de la dynamique ne disqualifie pas pour autant le recours au cadre statique retenu dans cette thèse. Nous avons justifié son usage par les limites des théories dynamiques sur les déséquilibres et sur les interactions entre distribution et croissance ; mais aussi, par l'intérêt, dans une approche prospective, d'une première étape de réflexion où l'on cherche à se coordonner sur des situations jugées plausibles, sans même savoir quel chemin peut nous y conduire. Or, avant de développer un cadre dynamique, le principe de statique comparative peut être étendu à moindre frais, en combinant une analyse du contenu du changement structurel induit à divers horizons de moyen à long terme, avec une analyse des vulnérabilités (ou des résiliences) lorsque la structure du système économique est fixée et soumise à des chocs de court terme. Si la statique comparative est par construction muette sur la transition, elle fournit des éléments de discussion sur les mécanismes en jeu et l'on peut cerner le déplacement des ordres de grandeur à court, moyen et long terme en calibrant numériquement des fonctions comportementales pour plusieurs horizons.

Reste la question peut-être la plus difficile, qui est celle de la confiance des acteurs dans l'utilisation des outils numériques comme support des négociations. Notre effort s'inscrit dans la tradition des ingénieurs économistes (Etner, 1987) qui essayaient, dès le 19^e siècle, de rationaliser les choix d'infrastructure en fonction d'un « intérêt général ». Certes, il a fallu réévaluer cette ambition lorsqu'on s'est aperçu avec Malinvaud (1987) que « plus rien ne tenait ». Sont intervenues à la fois les situations d'incertitudes radicales face auxquelles les désirs prédictifs ont dû laisser la place à la prospective, l'impossibilité de s'en tenir à des *optima* en équilibre partiel, puis, on vient de le voir, la difficulté d'intégrer des analyses sectorielles dans l'analyse macroéconomique en postulant des économies de premier rang. Mais les outils de modélisation en équilibre général de second rang peuvent relever le défi en préservant l'intuition initiale de cette branche de l'analyse économique.

Un premier défi à relever concerne directement la communauté scientifique ; il s'agit des efforts à conduire pour traduire *les visions économiques* des acteurs dans des cadres cohérents, pour en faire apparaître des implications parfois contre-intuitives, et de le faire selon des modalités qui

favorisent la *transparence* de l'analyse². Les modèles d'équilibre général calculable pâtissent souvent d'une notoriété de « boîte noire » dont l'opacité masque l'arbitraire des relations fonctionnelles ou des hypothèses paramétriques retenues pour décrire les phénomènes. Mais nos échanges avec les acteurs nous ont appris que la méfiance initiale s'atténue lorsque l'on explique l'usage de la technique comme outil de dialogue, fait pour discuter des hypothèses, des données utilisées, des relations économiques qu'il représente. Dans cette direction, il nous semble possible de définir les étapes à franchir pour parvenir à une confiance suffisante dans les modèles pour qu'ils soient utilisés en pratique dans un processus de négociation ; la principale étant sans doute un développement de la *modularité* de l'architecture de simulation pour éviter le piège de la « carte à l'échelle un », tout en offrant un niveau de détails suffisant pour répondre aux questions légitimes de groupes sociaux très hétérogènes, non seulement du fait de leur revenu, mais aussi de leur situation géographique, des infrastructures auxquelles ils ont accès ou des équipements qu'ils utilisent.

Le deuxième défi ne dépend pas des économistes. Il s'agit de l'acceptation politique du principe de débattre de la liaison entre les politiques environnementales et la *renégociation de notre contrat social*. L'application de ce principe demande que se mettent en place des processus de délibération publique, laissant *un temps suffisant au dialogue*, non seulement entre les pouvoirs publics et les acteurs sociaux, mais aussi entre les ministères. C'est à cette condition que l'analyse économique pourra être utilisée comme un langage de négociation (Henry, 1984) et l'exploration numérique comme un outil de discussion.

² D'autres retours d'expérience soulignent ces causes et expliquent que des résultats de modèles d'équilibre général calculable ont finalement eu peu d'influence sur l'élaboration des politiques (voir par exemple Taylor et Arnim, 2007).

Bibliographie

- Accardo, J., Bellamy, V., Consalès, G., Fesseau, M., Le Laidier, S., Raynaud, É., 2009. Les inégalités entre ménages dans les comptes nationaux, une décomposition du compte des ménages. INSEE, L'économie française - Comptes et dossiers.
- ADEME, 2008. Le poids des dépenses énergétiques dans le budget des ménages s'alourdit. Lettre *Stratégie & Etudes* ADEME.
- Agell, J., Englund, P., Sodersten, J., 1996. Tax reform of the Century - the Swedish Experiment (Paper No. 1996-13). Uppsala - Working Paper Series.
- Aglietta, M., Borgy, V., 2008. Demographic Uncertainty in Europe Implications on Macro Economic Trends and Pension Reforms. An Investigation with the INGENUE2 Model (Working Paper). CEPII research center.
- Aglietta, M., Hourcade, J.-C., 2012. Can indebted Europe afford Climate Policy? Can it bail out its debt without Climate Policy?, in: Zysman, J., Huberty, M., Behrens, A., Tol, R.S.J., Colijn, B., Núñez Ferrer, J., Aglietta, M., Hourcade, J.-C. (Eds.), "Green Growth", *Review of European Economic Policy*, Intereconomics, Forum.
- Aglietta, M., Reberlioux, A., 2004. *Dérives du capitalisme financier*. Editions Albin Michel.
- Ahmad, S., 1966. On the Theory of Induced Invention. *The Economic Journal* 76, 344–357.
- AIE, 2006. *Energy Balances of OECD Countries 2012*. 2003-2004, Publication de l'OCDE/AIE. ed.
- AIE, 2007. *Energy Prices and Taxes*, Issue 1. Quarterly Statistics, First Quarter.
- Algan, Y., Cahuc, P., Zylberberg, A., 2012. *La fabrique de la défiance*. ALBIN MICHEL.
- Allard-Prigent, C., Audenis, C., Berger, K., Carnot, N., Duchene, S., Pesin, F., 2002. Présentation du modèle MESANGE ; Modèle Econométrique de Simulation et d'Analyse Générale de l'Economie. (document de travail). Direction de la Prévision, MINEFI.
- Arrow, K.J., Dasgupta, P., Mäler, K.-G., 2003. Evaluating Projects and Assessing Sustainable Development in Imperfect Economies, in: Dasgupta, P., Mäler, K.-G. (Eds.), *The Economics of Non-Convex Ecosystems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 149–187.
- Arrow, K.J., Debreu, G., 1954. Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy. *Econometrica* 22, 265.
- Artus, P., 2004. Pourquoi réformer les retraites puisque nous serons morts étouffés ou privés d'énergie avant que le problème des retraites ne se pose vraiment ? (Flash No. 185). CDC IXIS Capital Market.
- Artus, P., Autume, A. d', Chalmin, P., Chevalier, J.-M., 2010. Les effets d'un prix du pétrole élevé et volatil (rapport public).
- Askénazy, P., 2003. Partage de la valeur ajoutée et rentabilité du capital en France et aux États-Unis : une réévaluation ; suivi d'un commentaire de Xavier Timbeau. *estat* 363, 167–189.
- Askénazy, P., 2007. Vers une théorie du partage de la valeur ajoutée ?, in: Actes Du Colloque De l'Association De Comptabilité Nationale. Insee Méthode.
- Askénazy, P., 2011. *Les décennies aveugles : Emploi et croissance*. Seuil.
- Askénazy, P., Coutrot, T., Orléan, A., Sterdyniak, H., 2011. *Manifeste d'économistes atterrés*. Éditions Les Liens qui libèrent.

- Atkinson, A.B., Stiglitz, J.E., 1980. *Lectures on Public Economics*. McGraw-Hill Inc.,US.
- Ayres, R.U., Warr, B., 2009. *The Economic Growth Engine: How Energy and Work Drive Material Prosperity*. Edward Elgar Publishing.
- Barker, T., Johnstone, N., 1993. Equity and Efficiency in Policies to Reduce Carbon Emissions in the Domestic Sector. *Energy and Environment* 4, 335–361.
- Barker, T., Köhler, J., 1998. Equity and ecotax reform in the EU: achieving a 10 per cent reduction in CO2 emissions using excise duties. *Fiscal Studies* 19, 375–402.
- Baumol, W.J., Oates, W.E., 1988. *The Theory of Environmental Policy*. Cambridge University Press.
- Bechtel, J., Duée, M., 2005. Les prestations de protections sociales en 2004, in: Les Revenus Sociaux En 2004, Dossier Solidarité Et Santé. Direction recherche, études, évaluation et statistiques (DREES). Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé.
- Bénassy, J.-P., 1984. *Macroéconomie et théorie du déséquilibre*. Dunod.
- Berger, G., Bourbon-Busset, J., Massé, P., 2007. *De la prospective: Textes fondamentaux de la prospective française (1955-1966)*. Editions L'Harmattan.
- Bernard, A., Vielle, M., 2008. GEMINI-E3, a general equilibrium model of international–national interactions between economy, energy and the environment. *Computational Management Science* 5, 173–206.
- Bibas, R., Mathy, S., Fink, M., 2012. Élaboration d'un scénario bas carbone pour la France : une approche participative pour intégrer l'acceptabilité sociale et économique (Rapport final du project européen Encilowcarb). CIRED et RAC-F.
- Blanchet, D., 2003. Modéliser l'avenir des retraites dans un cadre macroéconomique bouclé : quelques mécanismes de base. *Retraite et société* n° 40, 129–155.
- Blanchflower, D.G., Oswald, A.J., 1990. The Wage Curve. *The Scandinavian Journal of Economics* 92, 215.
- Blanchflower, D.G., Oswald, A.J., 1995. *The Wage Curve*. MIT Press.
- Böhringer, C., Löschel, A., Moslener, U., Rutherford, T.F., 2009. EU climate policy up to 2020: An economic impact assessment. *Energy Economics* 31, Supplement 2, S295–S305.
- Boissieu, C. de, 2006. Rapport du groupe de travail « Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050 » (rapport public).
- Boiteux, M., Baumstark, L., 2001. Transports : choix des investissements et coûts des nuisances (rapport public).
- Bompard, J.-P., 2009. Économie bas carbone et transitions professionnelles. Références économiques, Conseil économique pour le développement durable 7.
- Bonnet, X., 1999. Peut-on mettre en évidence des rigidités à la baisse des salaires nominaux? Une étude sur quelques grands pays de l'OCDE. *reco* 50, 557–570.
- Bosquet, B., 2000. Environmental tax reform: does it work? A survey of the empirical evidence. *Ecological Economics* 34, 19–32.
- Bourguignon, F., Bussolo, M., Silva, L.A.P. da, 2008. *The Impact of Macroeconomic Policies on Poverty and Income Distribution: Macro-Micro Evaluation Techniques And Tools*. World Bank Publications.
- Bourguignon, F., Spadaro, A., 2006. Microsimulation as a tool for evaluating redistribution policies. *Journal of Economic Inequality* 4, 77–106.

- Bovenberg, A.L., 1999. Green Tax Reforms and the Double Dividend: an Updated Reader's Guide. *International Tax and Public Finance* 6, 421–443.
- Bovenberg, A.L., de Mooij, R.A., 1994a. Environmental Levies and Distortionary Taxation. *The American Economic Review* 84, 1085–1089.
- Boyer, R., Chavance, B., Godard, O., 1991. *Les figures de l'irréversibilité en économie*, Les éditions de l'EHESS. ed, Recherches d'histoire et de sciences sociales.
- Braibant, M., 2006. Elaboration du tableau des « entrées intermédiaires » (TEI) pour les années de base (Notes méthodologiques. Comptes nationaux - Base 2000). INSEE.
- Brännlund, R., Nordström, J., 2004. Carbon tax simulations using a household demand model. *European Economic Review* 48, 211–233.
- Briard, P., Fery, P., Galke, E., Guillerminet, M.-L., Klein, C., Ollivier, T., 2010. Impacts macroéconomiques du Grenelle de l'Environnement (document de travail de la DG Trésor). Direction Générale du Trésor.
- Calvet, L., Marical, F., 2011. Consommation de carburant : effets des prix à court et à long termes par type de population (Études et documents). Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable (SEEIDD), Commissariat Général au Développement Durable (CGDD).
- Carraro, C., 2009. Promoting Development and Diffusion of New Technologies. Presented at the communication à l'OCDE, French American Foundation and the France-Stanford Center for Interdisciplinary Studies, Paris.
- Carraro, C., Soubeyran, A., 1996. Environmental Taxation and Employment in a Multi-Sector General Equilibrium Model, in: Carraro, C., Siniscalco, D. (Eds.), *Environmental Fiscal Reform and Unemployment*. La Haye, Pays Bas, pp. 73–93.
- Chappellaz, J., Godard, O., Huet, S., Treut, H.L., 2010. *Changement climatique : les savoirs et les possibles*. La ville brûle.
- Chapuis, T., 1996. *Les problèmes de décisions et le changement global : les leçons de la modélisation en économie de l'énergie* (Thèse de doctorat, sciences économiques).
- Chérèque, F., cosignataires, 2010. Une autre réforme des retraites est possible ! *Le Monde*.
- Chichilnisky, G., Heal, G., 1994. Who should abate carbon emissions?: An international viewpoint. *Economics Letters* 44, 443–449.
- Chiroleu-Assouline, M., 2001. Le double dividende. Les approches théoriques. *revue française d'économie* 16, 119–147.
- Chiroleu-Assouline, M., Fodha, M., 2011. Environmental Tax and the Distribution of Income among Heterogeneous Workers. *Annales d'Economie et de Statistique* 71–92.
- Combet, E., Gherzi, F., Guivarch, C., Hourcade, J.-C., 2009. Les transports et le Facteur 4. Entre diversification des signaux et réforme fiscale (Rapport public). PREDIT Groupe opérationnel n°11 : Politique des transports.
- Combet, E., Gherzi, F., Hourcade, J.-C., Théry, D., 2010b. Carbon Tax and Equity : The Importance of Policy Design, in: Dias Soares, C., Milne, J., Ashiabor, H., Deketelaere, K., Kreiser, L. (Eds.), *Critical Issues In Environmental Taxation*. USA, p. 800.
- Combet, E., Gherzi, F., Hourcade, J.-C., Thubin, C., 2010c. La fiscalité carbone au risque des enjeux d'équité. *Revue française d'économie* 25, 59–91.
- Combet, E., Gherzi, F., Hourcade, J.-C., Thubin, C., 2010a/01/04. *Économie d'une fiscalité carbone en France*, CFTD-IRES. ed.

- COR, 2006. Retraites : perspectives 2020 et 2050 - Troisième rapport du Conseil d'orientation des retraites (Rapport public), La documentation française.
- COR, 2010. Retraites : perspectives actualisées à moyen et long terme en vue du rendez-vous de 2010 - Huitième rapport du Conseil d'orientation des retraites - Avril 2010 (rapport public), La documentation française.
- Cornwell, A., Creedy, J., 1996. Carbon taxation, prices and inequality in Australia. *Fiscal Studies* 17, 21–38.
- CPDP, 2005. *Pétrole 2004. Eléments statistiques*, Comité Professionnel du Pétrole. ed. Rueil-Malmaison.
- Crassous, R., 2008. Modéliser le long terme dans un monde de second rang : application aux politiques climatiques (Thèse de doctorat, sciences économiques).
- Cremer, H., Gahvari, F., Ladoux, N., 1998. Externalities and optimal taxation. *Journal of Public Economics* 70, 343–364.
- Cremer, H., Gahvari, F., Ladoux, N., 2003. Environmental taxes with heterogeneous consumers: an application to energy consumption in France. *Journal of Public Economics* 87, 2791–2815.
- de Haan, M., 2004. Accounting for Goods and for Bads: Measuring Environmental Pressure in a National Accounts Framework (Thèse de doctorat, Statistiques).
- Deaton, A., Muellbauer, J., 1980. *Economics and Consumer Behavior*. Cambridge University Press.
- Dessus, G., 1971. Les principes généraux de la tarification dans les services publics (Chapitre 13), in: Association française des sciences et technologies de l'information et des systèmes, Morlat, G., Bessière, F. (Eds.), *Vingt-cinq Ans D'économie Électrique, Monographie De Recherche Opérationnelle*. Association française de Cybernétique économique et techniques (AFCET), Paris, p. 452.
- Dorin, B., 2011. Agribiom: a tool for scenario-building and hybrid modelling, in: Paillard, S., Treyer, S., Dorin, B. (Eds.), *Agrimonde : Scenarios and Challenges for Feeding the World in 2050*. Versailles, pp. 25–65.
- Drèze, J., Stern, N., 1987. Chapter 14 The theory of cost-benefit analysis, in: Alan J. Auerbach and Martin Feldstein (Ed.), *Handbook of Public Economics*. Elsevier, pp. 909–989.
- Drèze, J.H., 1985. Second-best analysis with markets in disequilibrium: Public sector pricing in a Keynesian regime. *European Economic Review* 29, 263–301.
- Dupuy, J.-P., 1991. Temps du projet et temps de l'histoire, in: Boyer, R., Chavance, B., Godard, K.J. (Eds.), *Les Figures De L'irréversibilité En Économie*. Hautes études en sciences sociales, Paris, pp. 97–134.
- Durieux, B., Subremon, P., Dugos, P., Juery, J.-F., Berges, P., Ohier, M., Revial, T., 2010. Evaluation des effets de la réforme de la taxe professionnelle sur la fiscalité des collectivités locales et sur les entreprises (rapport public).
- EC, 1992. The Climate Change - Economic Aspects of Limiting CO₂ Emissions (No. 52), *European Economy*. European Commission.
- EC, 1994. Taxation, Employment and Environment : A Fiscal Reform for Reducing Unemployment, in study n°3 in Annual Economic Report for 1994 (No. 56), *European Economy*. European Commission.
- Eichner, A.S., 1980. A general model of investment and pricing, in: Nell, E.J. (Ed.), *Growth, Profits and Property*. Cambridge University Press.
- Equipe MIMOSA, 1996. La nouvelle version de MIMOSA, modèle de l'économie mondiale. ofce 58,

103–155.

- Espey, M., 1998. Gasoline demand revisited: an international meta-analysis of elasticities. *Energy Economics* 20, 273–295.
- Esping-Andersen, G., 1996. *Welfare States in Transition: National Adaptations in Global Economies*. SAGE.
- Etner, F., 1987. *Histoire du calcul économique en France*. Éd. Economica.
- Fawcett, A.A., Sands, R.D., 2005. The Second Generation Model: Model Description and Theory (Working paper No. PNNL-15432). Pacific Northwest National Laboratory.
- FMI, I.M.F., 2010. *Balance of Payments Manual*, Sixth Edition. International Monetary Fund.
- Frey, L., Moëc, G., 2005. US long-term yields and forex interventions by foreign central banks. *Banque de France bulletin digest* 137, 19–32.
- Frondel, M., Schmidt, C.M., 2002. The Capital-Energy Controversy: An Artifact of Cost Shares? *The Energy Journal* 23.
- Fullerton, D., Gravelle, J.G., 1998. The Irrelevance of the Double Dividend, in: *Proceedings of the National Tax Association. Presented at the 91th Annual Conference on Taxation, November 1998 meetings*, pp. 75–80.
- Fullerton, D., Heutel, G., 2007. The general equilibrium incidence of environmental taxes. *Journal of Public Economics* 91, 571–591.
- Fullerton, D., Heutel, G., Metcalf, G., 2012. Does the Indexing of Government Transfers Make Carbon Pricing Progressive? *American Journal of Agricultural Economics* 94, 347–353.
- Fullerton, D., Metcalf, G.E., 2001. Environmental controls, scarcity rents, and pre-existing distortions. *Journal of Public Economics* 80, 249–267.
- Fullerton, D., Metcalf, G.E., 2002. Chapter 26 Tax incidence, in: Alan J. Auerbach and Martin Feldstein (Ed.), *Handbook of Public Economics*. Elsevier, pp. 1787–1872.
- Gherzi, F., 2003. *Changement technique et double dividende d'écotaxes : un essai sur la confluence des prospectives énergétique et macro-économique (Thèse de doctorat, sciences économiques)*.
- Gherzi, F., Hourcade, J.-C., 2000. Le rôle du changement technique dans le double dividende d'écotaxes. *Économie et Prévision* 143, 47–68.
- Gherzi, F., Hourcade, J.-C., 2006. Macroeconomic Consistency issues in E3 Modeling: The Continued Fable of the Elephant and the Rabbit. *The Energy Journal* SI2006.
- Giraud, P.-N., 2012. *La Mondialisation. Emergences et Fragmentations*, Sciences Humaines Editions, 2008. Seconde édition 2012. ed.
- Giraud, P.-N., Nadaï, A., 1994. L'impact Économique de l'Écotaxe : Les Effets de la Taxe Carbone-Energie sur l'Industrie Française. *Futuribles* 135–153.
- Giraudet, L.-G., Bodineau, L., Finon, D., 2011. The costs and benefits of white certificates schemes. *Energy Efficiency* 5, 179–199.
- Glomm, G., Ravikumar, B., 1992. Public versus Private Investment in Human Capital: Endogenous Growth and Income Inequality. *Journal of Political Economy* 100, 818–834.
- Godard, O., 2004. Le casse-tête de l'effet de serre au crible du développement durable, in: Faivre-Tavignot, B., Bournois, F., Chaigneau, P., Chesney, M., Collectif (Eds.), *Risques & Management International, N° 3 : Autour Du Développement Durable*. Editions L'Harmattan, pp. 13–35.

- Godard, O., 2010. Genèse et avortement de la contribution carbone en France (2009-2010).
- Godard, O., Beaumais, O., 1993. Économie, croissance et environnement. De nouvelles stratégies pour de nouvelles relations. *Revue Économique* 44, 143–176.
- Godard, O., Hourcade, J.-C., 1990. Instruments pour une gestion collective es risques climatiques. Un cadre d'analyse centré sur les moyens de faire apparaître un signal-prix (Rapport dans le cadre du Groupe Interministériel sur l'Effet de Serre (GIES) et le Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC)).
- Goodwin, P., Dargay, J., Hanly, M., 2004. Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review. *Transport Reviews* 24, 275–292.
- Goulder, L.H., 1995. Environmental taxation and the double dividend: a reader's guide. *International Tax and Public Finance* 2, 157–183.
- Grainger, C.A., Kolstad, C.D., 2009. Who Pays a Price on Carbon? (Working Paper No. 15239). National Bureau of Economic Research.
- Grubb, M., Edmonds, J., ten Brink, P., Morrison, M., 1993. The Costs of Limiting Fossil-Fuel CO₂ Emissions : A Survey and Analysis. *Annual Review of Energy and the Environment* 18, 397–478.
- Guesnerie, R., 1979. General statements on second best pareto optimality. *Journal of Mathematical Economics* 6, 169–194.
- Guesnerie, R., 1995. The genealogy of modern theoretical public economics: From first best to second best. *European Economic Review* 39, 353–381.
- Guesnerie, R., 2010. *Pour une politique climatique globale, blocages et ouvertures*, ENS Rue d'Ulm. ed, CEPREMAP.
- Guesnerie, R., Roberts, K., 1984. Effective Policy Tools and Quantity Controls. *Econometrica* 52, 59.
- Gusdorf, F., Hallegatte, S., 2007. Compact or spread-out cities: Urban planning, taxation, and the vulnerability to transportation shocks. *Energy Policy* 35, 4826–4838.
- Ha-Duong, M., Grubb, M.J., Hourcade, J.-C., 1997. Influence of socioeconomic inertia and uncertainty on optimal CO₂-emission abatement. *Nature* 390, 270–273.
- Hahn, F., Solow, R., 1997. *A Critical Essay on Modern Macroeconomic Theory*. MIT Press.
- Hallegatte, S., Ranger, N., Mestre, O., Dumas, P., Corfee-Morlot, J., Herweijer, C., Wood, R., 2011. Assessing climate change impacts, sea level rise and storm surge risk in port cities: a case study on Copenhagen. *Climatic Change* 104, 113–137.
- Hamilton, J.D., 2003. What is an oil shock? *Journal of Econometrics* 113, 363–398.
- Hassett, K.A., Mathur, A., Metcalf, G.E., 2007. The Incidence of a U.S. Carbon Tax: A Lifetime and Regional Analysis (Working Paper No. 13554). National Bureau of Economic Research.
- Henry, C., 1984. La microéconomie comme langage et enjeu de négociations. *Revue économique* 35, 177.
- Heyer, F., Bihan, H.L., Lerais, F., 2000. Relation de Phillips, boucle prix-salaire : une estimation par la méthode de Johansen. *Économie & prévision* 146, 43–60.
- Hicks, J.R., 1939. The Foundations of Welfare Economics. *The Economic Journal* 49, 696–712.
- Hirschman, A., 1986. *Vers une économie politique élargie*. Les Editions de Minuit.
- Hogan, W.W., Manne, A.S., 1977. Energy-Economy Interactions: The Fable of the Elephant and the Rabbit?, in: Hitch, C.J. (Ed.), *Modeling Energy-Economy Interactions: Five Approaches*.

- Washington D.C., pp. 247–277.
- Hourcade, J.-C., 1991. Calcul économique et construction sociale des irréversibilités: leçons de l'histoire énergétique récente, in: Boyer, R., Chavance, B., Godard, O. (Eds.), *Les Figures De L'irréversibilité En Économie*. Paris, p. 31.
- Hourcade, J.-C., 1993. Modelling long-run scenarios: Methodology lessons from a prospective study on a low CO₂ intensive country. *Energy Policy* 21, 309–326.
- Hourcade, J.-C., 1998. Analyse économique, modélisation prospective et développement durable ou comment faire remonter des informations du futur ? *Economies et sociétés - Cahiers ISMEA* 32, 175.
- Hourcade, J.-C., 2007. La taxe-carbone : pour ne pas disqualifier une idée d'avenir. Document de travail du CIRED.
- Hourcade, J.-C., Bureau, D., 1998. Les dividendes économiques d'une réforme fiscale écologique, in: Bureau, D., Hourcade, J.-C., Godard, O. (Eds.), *Fiscalité de l'environnement*, Rapport public. pp. 41–81.
- Hourcade, J.-C., Damailly, D., Neuhoﬀ, K., Sato, M., 2007. Differentiation and dynamics of EU ETS industrial competitiveness impacts. *Climate Strategies*.
- Hourcade, J.-C., Gherzi, F., 2007. La taxe carbone: une idée à ne pas gâcher. *Pour la science* 68–71.
- Hourcade, J.-C., Jaccard, M., Bataille, C., Gherzi, F., 2006. Hybrid Modeling: New Answers to Old Challenges Introduction to the Special Issue of The Energy Journal. *The Energy Journal* SI2006.
- INSEE, 2004a. Tableau Entrées-Sorties (TES) au niveau 118 secteurs, Compte nationaux annuels. Accessible en ligne : <http://www.insee.fr>.
- INSEE, 2006b. Série temporelle des dépenses de consommation effective des ménages par produits en euros courants depuis 1959. Accessible en ligne : <http://www.insee.fr>.
- INSEE, 2004b. Tableau économique d'ensemble (TEE), Compte nationaux annuels. Accessible en ligne : <http://www.insee.fr>.
- INSEE, 1998. Les opérations de répartition en base 1995 (Notes méthodologiques. Comptes nationaux). INSEE.
- INSEE, 2001. Enquête Budget des Familles 2000-2001, fichiers de détail. Diffusé par le réseau Quetelet : <http://www.reseau-quetelet.cnrs.fr>.
- INSEE, 2006. Données détaillées des projections de population 2005-2050, pour la France métropolitaine.
- INSEE, 2007. Projection de ménages pour la France Métropolitaine à l'horizon 2030.
- IPCC, 2007a. Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change, in: Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R., Meyer, L.A. (Eds.), *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge, p. 851.
- IPCC, 2007b. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, in: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge, p. 996.
- IPCC, 1995. Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change, in: Bruce, J.P., Lee, H., Haites, E.F. (Eds.), *Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge, p. 448.

- IPCC, 2001. Climate Change 2001: Mitigation, in: Metz, B., Davidson, O.R., Swart, R., Pan, J. (Eds.), *Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge, p. 700.
- J.Symons, E., Speck, S., L.R.Proops, J., 2000. The Effects of Pollution and Energy Taxes across the European Income Distribution (Keele Department of Economics Discussion Papers (1995-2001) No. 2000/05). Department of Economics, Keele University.
- Johansen, L., 1959. Substitution versus Fixed Production Coefficients in the Theory of Economic Growth: A Synthesis. *Econometrica* 27, 157–176.
- Johansen, L., 1978. *Lectures on Macroeconomic Planning: Centralization, decentralization, planning under uncertainty*. North-Holland Publishing Company.
- Jorgenson,, D.W., Fraumeni, B.M., 1981. Relative Prices and Technical Change, in: Berndt, E.R., Field, B.C. (Eds.), *Modeling and Measuring Natural Resource Substitution*. Cambridge MA, United States.
- Kaldor, N., 1939. Welfare Propositions of Economics and Interpersonal Comparisons of Utility. *The Economic Journal* 49, 549–552.
- Keuning, S.J., van Dalen, J., de Haan, M., 1999. The Netherlands' NAMEA; presentation, usage and future extensions. *Structural Change and Economic Dynamics* 10, 15–37.
- Koskela, E., Schöb, R., 1999. Alleviating unemployment:: The case for green tax reforms. *European Economic Review* 43, 1723–1746.
- Kremer, M., Masking, E., 2006. Globalization and Inequality (Working Paper No. 2008-0087). Weatherhead Center for International Affairs, Harvard University.
- Krugman, P.R., 2008. *The Return of Depression Economics and the Crisis of 2008*. WW Norton & Co.
- Landau, J.-P., 2007. Les instruments économiques du développement durable. Rapport du Groupe de Travail présidé par Jean-Pierre LANDAU (Rapport public). MINEFE et MEDAD, Paris.
- Lans Bovenberg, A., de Mooij, R.A., 1994b. Environmental taxes and labor-market distortions. *European Journal of Political Economy* 10, 655–683.
- Layard, R., Nickell, S., 1986. Unemployment in Britain. *Economica* 53, S121–S169.
- Layard, R., Nickell, S., Dackman, R., 1991. *Unemployment: Macroeconomic Performance and the Labour Market*. Oxford University Press, USA.
- Lebègue, D., Hirtzman, P., Baumstark, L., 2005. Révision du taux d'actualisation des investissements publics. Rapport du groupe d'experts présidé par Daniel Lebègue (Rapport public). Commissariat général du Plan.
- Leontief, W., 1970. Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach. *The Review of Economics and Statistics* 52, 262–271.
- Leontief, W.W., 1966. *Input-output economics*. Oxford University Press.
- Ligthart, J.E., 1998. Optimal Fiscal Policy and the Environment. IMF Working Paper.
- Lindbeck, A., 1993. *Unemployment and Macroeconomics*. MIT Press.
- Lindenberger, D., Kümmel, R., 2011. Energy and the state of nations. *Energy* 36, 6010–6018.
- Lipsey, R.G., Lancaster, K., 1956. The General Theory of Second Best. *The Review of Economic Studies* 24, 11.
- Malinvaud, E., 1982. Wages and Unemployment. *The Economic Journal* 92, 1–12.
- Malinvaud, E., 1987. La science économique et les décisions d'économie globale. *Revue de l'énergie*

390, 68–73.

- Malinvaud, E., 1991. *Voies de la recherche macroéconomique*. Odile Jacob.
- Marsiliani, L., Renström, T.I., 2000. Imperfect Competition, Labour Market Distortions, and the Double Dividend Hypothesis. Theory and Evidence from Italian Data. FEEM Working Paper.
- Massé, P., 1965. *Le plan ou l'anti-hasard*. Hermann.
- McDougall, R., Lee, H.L., 2006. An energy data base for GTAP. Global Trade, Assistance and Production: The GTAP 6 Data Base.
- McKinsey&Company, 2009. Pathways to a Low-Carbon Economy. Groupe McKinsey.
- Merceron, S., Theulière, M., 2010. Les dépenses d'énergie des ménages depuis 20 ans : une part en moyenne stable dans le budget, des inégalités accrues. *INSEE première*.
- Metcalf, G.E., 2007. A Proposal for a U.S. Carbon Tax Swap: An Equitable Tax Reform to Address Global Climate Change. Discussion Paper 2007-12, Hamilton Project, Brookings Institute.
- Meyer, J., von Cramon-Taubadel, S., 2004. Asymmetric Price Transmission: A Survey. *Journal of Agricultural Economics* 55, 581–611.
- Miller, R.E., Blair, P.D., 2009. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Cambridge University Press.
- Millock, K., 2010. La taxation énergie-climat en Suède. *Droit de l'environnement*.
- Mirrlees, J.A., 1971. An Exploration in the Theory of Optimum Income Taxation. *The Review of Economic Studies* 38, 175–208.
- Moll, S., Vrgoc, M., Watson, D., Femia, A., Gravgård Pedersen, O., Villanueva, A., 2007. Environmental Input-Output Analyses based on NAMEA data – A comparative European study on environmental pressures arising from consumption and production patterns (ETC/RWM working pape No. 2007/2). European Topic Centre on Resource and Waste Management- European Environment Agency, Copenhagen.
- Mooij, R.A. de, 2000. *Environmental Taxation and the Double Dividend*. Elsevier Science Ltd.
- Mooij, R.A. de, Bovenberg, A.L., 1998. Environmental Taxes, International Capital Mobility and Inefficient Tax Systems: Tax Burden vs. Tax Shifting. *International Tax and Public Finance* 5, 7–39.
- Musgrave, R.A., 1959. *The theory of public finance: a study in public economy*. McGraw-Hill.
- Nadaud, F., Hourcade, J.-C., 2009. Les Prix du Pétrole, les Prix des Carburants et Nous : un Regard Rétrospectif. R2DS, Eclairages sur notre futur commun 4.
- Negishi, T., 1960. Welfare Economics and Existence of an Equilibrium for a competitive Economy. *Metroeconomica* 12, 92 – 97.
- North, D.C., 1990. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press.
- Oates, W., 1992. Pollution Charges as a Source of Public Revenues. Quality of the Environment Division, Resources for the Future.
- OCDE, 2011. Towards Green Growth. Organisation de Coopération et de développement Economiques.
- ONU, 2000. Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting - An Operational Manual. United Nations Environment Programme.
- ONU, 2010. System of National Accounts 2008. United Nations, Département of Economic and Social

Affairs.

- ONU, 2011. Working towards a Balanced and Inclusive Green Economy: A United Nations System-wide Perspective. United Nations Environment Management Group.
- ONU, 2012. System of Environmental-Economic Accounting Central Framework. United Nations Statistics division.
- Orléan, A., 2010. La crise, moteur du capitalisme. *Le Monde*.
- Paltsev, S., Reilly, J., Jacoby, H., Eckaus, R., McFarland, J., Sarofim, M., Asadoorian, M., Babiker, M., 2005. The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change (No. 125). MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change.
- Pareto, V., 1896. *Cours d'Economie Politique*, Rougé. ed. Lausanne.
- Parry, I.W.H., Sigman, H., Walls, M., III, R.C.W., 2005. The Incidence of Pollution Control Policies (Working Paper No. 11438). National Bureau of Economic Research.
- Pasquier, J.-L., 2010. CO2 et activités économiques de la France - Tendances 1990-2007 et facteurs d'évolution. Commissariat général au Développement durable, *Études & documents* 27.
- Pearce, D., 2006. The political economy of an energy tax: The United Kingdom's Climate Change Levy. *Energy Economics* 28, 149–158.
- Pearce, D.W., 1991. The Role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming. *Economic Journal* 101, 938–48.
- Phelps, E., 1961. The Golden Rule of Accumulation: A Fable for Growthmen. *The American Economic Review* 51, 638–643.
- Phelps, E.S., 1990. *Seven Schools of Macroeconomic Thought: The Arne Ryde Memorial Lectures*. Oxford University Press, USA.
- Phelps, E.S., 1992. Consumer Demand and Equilibrium Unemployment in a Working Model of the Customer-Market Incentive-Wage Economy. *The Quarterly Journal of Economics* 107, 1003–1032.
- Phelps, E.S., 1994. *Structural Slumps: The Modern Equilibrium Theory of Unemployment, Interest, and Assets*. Harvard University Press.
- Pigou, A.C., 1920. *The economics of welfare*. Macmillan and Co., London.
- Piketty, T., 2001. *Les hauts revenus en France au XXe siècle : inégalités et redistributions; 1901-1998*, B. Grasset. ed. Paris.
- Porter, M.E., Linde, C. van der, 1995. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *The Journal of Economic Perspectives* 9, 97–118.
- Poterba, J., 1993. Global Warming Policy: A Public Finance Perspective. *Journal of Economic Perspectives* 7, 47–63.
- Proost, S., Regemorter, D., 1995. The double dividend and the role of inequality aversion and macroeconomic regimes. *International Tax and Public Finance* 2, 207–219.
- Pyatt, G., Round, J.I., 1985. *Social Accounting Matrices: A Basis for Planning*. World Bank.
- Que Choisir, 2009. Taxe carbone : Constats et position de l'UFC-Que Choisir (Etude).
- Quinet, A., 2008. La valeur tutélaire du carbone (rapport public).
- RAPPEL, 2011. Précarité énergétique - État des lieux et propositions d'actions. Réseau des Acteurs de la Pauvreté et de la Précarité Énergétique dans le Logement.

- Rausch, S., Metcalf, G., Reilly, J.M., Paltsev, S., 2009. Distributional Impacts of a U.S. Greenhouse Gas Policy: A General Equilibrium Analysis of Carbon Pricing. (MIT Joint Program Report Series No. 182).
- Reinert, K.A., Roland-Holst, D.W., 1997. Social Accounting Matrices, in: Francois, J.F., Reinert, K.A. (Eds.), *Applied Methods for Trade Policy Analysis: A Handbook*. Cambridge, pp. 94–121.
- Reinhart, C.M., Rogoff, K.S., 2010. Growth in a Time of Debt. *American Economic Review* 100, 573–78.
- Reynes, F., Yeddir-Tamsamani, Y., Callonec, G., 2011. Presentation of the Three-ME model: Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy policy (Documents de Travail de l'OFCE No. 2011-10). Observatoire Francais des Conjonctures Economiques (OFCE).
- Robinson, S., 2006. Macro Models and Multipliers: Leontief, Stone, Keynes, and CGE Models, in: Janvry, A. de, Kanbur, R. (Eds.), *Poverty, Inequality and Development, Economic Studies in Inequality, Social Exclusion and Well-Being*. Springer US, pp. 205–232.
- Robinson, S., Robilliard, A.-S., Bourguignon, F., 2005. Representative versus real households in the macro-economic modelling of inequality, in: Whalley, J., Srinivasan, T.N., Kehoe, T. (Eds.), *Frontiers in Applied General Equilibrium Modeling: Essays in Honor of Herbert Scarf*. Cambridge, p. 436.
- Rocard, M., 2009. Rapport de la conférence des experts et de la table ronde sur la contribution Climat et Energie (rapport public).
- Rubinstein, A., 1982. Perfect Equilibrium in a Bargaining Model. *Econometrica* 50, 97–109.
- Rutherford, T.F., Paltsev, S., 2000. GTAP-Energy in GAMS: The Dataset and Static Model (Discussion Papers in Economics No. Working Paper 00-2). University of Colorado.
- Salanié, B., 2002. *Théorie économique de la fiscalité*. Economica.
- Samuelson, P.A., 1962. Parable and Realism in Capital Theory: The Surrogate Production Function. *The Review of Economic Studies* 29, 193.
- Samuelson, P.A., 1983. *Foundations of economic analysis*. Harvard University Press.
- Sandmo, A., 1975. Optimal Taxation in the Presence of Externalities. *The Swedish Journal of Economics* 77, 86–98.
- Sands, R., Miller, S., Kim, M.-K., 2005. The Second Generation Model: Comparison of SGM and GTAP, “Approaches to Data Development” (Working paper No. PNNL-15467). Pacific Northwest National Laboratory.
- Sassi, O., 2008. *L'impact du changement technique endogène sur les politiques climatiques* (Thèse de doctorat, sciences économiques).
- Sassi, O., Crassous, R., Hourcade, J.-C., Gitz, V., Waisman, H., Guivarch, C., 2010. IMACLIM-R : a modelling framework to simulate sustainable development pathways. *Int. J. Global Environmental Issues* 10, 5–24.
- Schneider, S.H., Goulder, L.H., 1997. Achieving low-cost emissions targets. *Nature* 389, 13–14.
- Schubert, K., 2010. *Pour la taxe carbone : La politique économique face à la menace climatique*, ENS Rue d'Ulm. ed, CEPREMAP. Rue d'Ulm.
- Schumpeter, J.A., 1949. The Communist Manifesto in Sociology and Economics. *Journal of Political Economy* 57.
- Sen, A.K., 1963. Neo-classical and neo-keynesian theories of distribution. *Economic Record* 39, 53–64.

- Solow, R.M., 1957. Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics* 39, 312.
- Solow, R.M., 1986. Unemployment: Getting the Questions Right. *Economica* 53, S23–S34.
- Solow, R.M., 1988. Growth Theory and After. *The American Economic Review* 78, 307–317.
- Stern, N., 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.
- Stiglitz, J.E., Sen, A., Fitoussi, J.-P., 2009. Rapport de la Commission sur la mesure des performances économiques et du progrès social (rapport public).
- Stone, R., Brown, A., 1962. *A Computable Model of Economic Growth*. Chapman and Hall.
- Sylvain, A., 2007. Partage de la valeur ajoutée dans les pays industrialisés. *Revue de l'OFCE* 100, 201.
- Syrota, J., 2008. Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050 : rapport de la commission Energie présidée par Jean Syrota - Volume 1 (rapport public).
- Taylor, L., Arnim, R.V., 2007. *Modelling the Impact of Trade Liberalisation: A Critique of Computable General Equilibrium Models*. Oxfam.
- Terkla, D., 1982. The Efficiency Value of Effluent Tax Revenue. Department of Economics, Boston University.
- Thubin, C., 2012. *Le double dividende emploi d'une fiscalité écologique* (Thèse de doctorat, Sciences économiques).
- Tinbergen, J., 1952. *On the theory of economic policy*. North-Holland, Amsterdam.
- Van Parijs, P., 1991. *Qu'est-ce qu'une société juste ? Introduction à la pratique de la philosophie politique*. Seuil.
- Vanoli, A., 2002. *Une Histoire de la comptabilité nationale*. La Découverte.
- Vogt-Schilb, A., Sassi, O., 2009. Electric vehicles: Economic viability and social benefits in contrasting futures (Rapport d'expertise pour Renault). CIREN.
- WB, 2012. *Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development*. World Bank.
- West, S.E., Williams III, R.C., 2004. Estimates from a consumer demand system: implications for the incidence of environmental taxes. *Journal of Environmental Economics and Management* 47, 535–558.
- Wiener, J., Stewart, R., 1992. The Comprehensive Approach to Global Climate Policy: Issues of Design and Practicality. *Arizona Journal of International and Comparative Law* 9, 83–113.
- Wier, M., Birr-Pedersen, K., Jacobsen, H.K., Klok, J., 2005. Are CO2 taxes regressive? Evidence from the Danish experience. *Ecological Economics* 52, 239–251.
- Yusuf, A.A., Resosudarmo, B., 2007. On the Distributional Effect of Carbon Tax in Developing Countries: The Case of Indonesia (Working paper No. 200705). Padjadjaran University.

Table des matières

Introduction	1
Sommaire.....	5

Chapitre 1

Leçons d'un échec. Les économistes interpellés.....	7
--	----------

1 Histoire récente d'un échec prévisible (janv. 2009-mars 2010)	7
1.1 Expertises et calendrier : une préparation précautionneuse du projet	10
1.2 Controverses et consultations des parties prenantes : vers un compromis ?.....	12
1.3 Communication publique, prises de paroles et incohérences rédhibitoires : de la conférence Rocard à l'abandon	15
2 Une capture de l'intérêt collectif par le jeu d'intérêts mal formés	19
2.1 Un « nid à incertitudes fabriquées ».....	20
2.2 L'oubli d'analyses pourtant inévitables	22
2.3 Le poids du contexte et le jeu des a priori.....	25
3 Des controverses insuffisamment développées.....	29
3.1 Les questions d'équité et de compétitivité	29
3.2 Les tensions entre les intérêts de court et de long terme.....	33
3.3 Les modalités d'atténuation du coût macroéconomique	37
4 Coordination des anticipations et dialogue social.....	39

Chapitre 2

Quelle modélisation « quand plus rien ne tient » ?	41
1 Un lien nécessaire entre modélisation de second rang et posture prospective	42
1.1 Nécessité et difficulté du passage à une analyse de second rang	42
1.2 Deux principes d'une réponse méthodologique : prospective et croyances	49

2	Les déterminants de trois ensembles de contraintes sur l'action publique	53
2.1	Les contraintes techniques et l'évolution des besoins en énergie.....	54
2.2	L'hétérogénéité des ménages et les liens entre distribution et croissance	59
2.3	Les comportements et les sources d'inefficacité systémique	66
3	Pourquoi privilégier la statique comparative ?	73

Chapitre 3

	L'architecture de simulation IMACLIM-S.....	77
1	Structure et spécificités d'IMACLIM-S.2.4.....	77
2	La modélisation des comportements économiques.....	80
2.1	Les comportements des agents institutionnels.....	80
2.2	Les arbitrages dans les systèmes productifs.....	87
2.3	Le fonctionnement des marchés	90
3	Détermination de l'équilibre général et de l'empreinte carbone	96
3.1	L'activité et l'emploi.....	97
3.2	La distribution des revenus.....	100
3.3	Les émissions de CO ₂	106
4	D'un usage rétrospectif à une méthode d'analyse prospective.....	107
4.1	Méthode d'analyse prospective et délibération collective sur le futur	107
4.2	Technique d'intégration de données et modèles hétérogènes : une illustration	109
5	Le positionnement d'IMACLIM-S.2.4	113
6	Un principe d'analyse en variantes pour cartographier les controverses	116

Chapitre 4

	Comptabilité intégrée et relations entre macroéconomie, environnement et distribution.....	119
1	Conception d'un système de statistiques matérielles, économiques et sociales	120
1.1	Principes et tentatives d'extension du système de comptabilité nationale.....	120

1.2	Le problème : écarts statistiques et mise en cohérence de sources diverses.....	123
2	Interface économie-énergie : la méthode d'hybridation.....	128
2.1	État de l'art et enjeux	128
2.2	Représentation comptable des flux d'énergie en volume et en valeur	131
2.3	La procédure d'hybridation	134
2.4	Étapes 1 et 2 : l'élaboration des matrices entrées-sorties en unités physiques	136
2.5	Étape 3 : la mise en cohérence des matrices monétaires et physiques	142
3	Interface économie-distribution : la méthode de désagrégation	147
3.1	Représentation comptable de l'hétérogénéité des ménages	147
3.2	La procédure de désagrégation	149
3.3	Étapes de la procédure : le cas des classes de niveau de vie	151
4	Conclusion : perspectives et développements	154

Chapitre 5

Efficacité macroéconomique de la substitution d'une taxe carbone à des prélèvements obligatoires sur le travail

1	Efficacité productive : concept et mesure.....	157
1.1	Le coût macroéconomique net.....	158
1.2	Des déterminants multiples.....	160
2	L'hypothèse du double dividende revisitée	161
2.1	Le « double dividende » dans IMACLIM : leçon d'un modèle stylisé	163
2.2	Equilibre et réforme marginale.....	166
2.3	Domaines d'occurrence d'un double dividende.....	168
2.4	Les déterminants d'un cercle vertueux potentiel.....	172
3	Incertitudes, diversité des croyances et robustesse des résultats	179
3.1	Sensibilité au potentiel de décarbonisation	179
3.2	Sensibilité à la réaction des salaires nets : un problème de négociation salariale.....	182

4 Conclusion : sur les co-bénéfices d'une fiscalité carbone	188
Annexe mathématique : une petite économie ouverte importatrice d'énergie	192

Chapitre 6

Efficacité macroéconomique de diverses modalités de mise en œuvre d'une fiscalité carbone	197
---	------------

1 Modalités alternatives d'usage des recettes.....	197
1.1 Baisse des cotisations versus baisse de la dette.....	198
1.2 Baisse des cotisations versus redistribution forfaitaire aux ménages.....	201
1.3 Baisse des cotisations versus baisse de la TVA.....	204
2 Le périmètre de la taxe carbone.....	208
2.1 Taxer les ménages ou les entreprises ? Des effets d'assiette non triviaux	208
2.2 Préserver la compétitivité des activités exposées : exonérer ou compenser ?	210
3 Sensibilité aux modalités de gestion des finances publiques	212
3.1 La traduction opérationnelle du principe de neutralité budgétaire.....	213
3.2 L'effet des règles d'indexation des transferts sociaux	218
3.3 L'effet des règles d'évolution des dépenses publiques.....	220
3.4 Le point de vue de Bercy : efficacité fiscale de la taxe carbone	222
4 Conclusion : choix des modalités et hiérarchie des performances.....	225

Chapitre 7

Effets distributifs et arbitrage équité-efficacité	229
1 Justice distributive : problèmes de mesure.....	229
2 Effet brut d'une fiscalité carbone sur la pauvreté et les inégalités	231
2.1 De multiples canaux de transmission	232
2.2 L'effet d'une taxe redistribuée intégralement aux ménages	235
3 Équité et efficacité : marges de manœuvre pour les compromis.....	237
3.1 Trois formules de compromis	237

3.2	Inégalités territoriales : un paramètre sous-estimé	240
4	Effets distributifs et bien-être social.....	244
 Chapitre 8		
	Fiscalité carbone, réforme des retraites et déficits publics.....	249
1	Sur les implications de l'immobilisme : un essai de découplage.....	250
1.1	Le dossier des retraites, un surprenant cadrage en équilibre partiel.....	250
1.2	Raisons et principes d'un essai de « bouclage » des scénarios du COR	253
1.3	Nature des impasses d'un scénario de l'immobilisme	256
2	Les marges de manœuvre à fiscalité constante.....	258
2.1	Le report de l'âge de la retraite	258
2.2	La baisse générale des dépenses publiques	260
3	Performances comparées de réformes fiscales.....	261
3.1	Les dispositifs à levier unique	262
3.2	Les dispositifs à leviers multiples.....	265
4	Concernant les atouts spécifiques d'une composante carbone-énergie	267
 Conclusion		271
Bibliographie.....		277
 Annexes Techniques.....		295

Annexes Techniques

I.	Formulaire d'IMACLIM-S.2.4	296
I.1.	Prix aux producteurs et aux consommateurs	297
I.2.	Ménages	300
I.3.	Secteur institutionnel des sociétés et systèmes productifs	306
I.4.	Administrations publiques	311
I.5.	« Reste du monde ».....	320
I.6.	Equilibres sur les marchés	321
I.7.	Configuration de référence et configurations en variantes	324
II.	Origine et traitement des données	329
II.1.	Structure des tableaux comptables d'IMACLIM-S.2.4.....	329
II.2.	Sources statistiques, nomenclatures et manipulation des données	332
II.3.	Statistiques à l'année de base (2004) et statistiques projetées (2020)	339
III.	Affectation des valeurs aux paramètres	354
III.1.	Variables, paramètres calibrés et non calibrés	354
III.2.	Affectation des valeurs aux paramètres non calibrés	363
IV.	Modulation du système pour produire les statistiques projetées (2020)	365
IV.1.	Evolutions exogènes contraintes	365
IV.2.	Bouclage du modèle de projection	368
V.	Expériences numériques : définition, indicateurs et résultats	369
V.1.	Définition des simulations numériques.....	369
V.2.	Définition des indicateurs	378
V.3.	Résultats détaillés	383

I. Formulaire d'IMACLIM-S.2.4

L'architecture de statique comparative IMACLIM-S se résume à un système d'équations simultanées :

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1(\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_n, z_1, \dots, z_m) = 0 \\ f_2(\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_n, z_1, \dots, z_m) = 0 \\ \dots \\ f_n(\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_n, z_1, \dots, z_m) = 0 \end{array} \right.$$

avec :

- $\mathbf{x}_i, i \in [1, n]$, un ensemble de variables (autant que d'équations),
- $z_i, i \in [1, m]$, un ensemble de paramètres,
- $f_i, i \in [1, n]$, un ensemble de fonctions, dont certaines sont non linéaires en \mathbf{x}_i .

Les f_i regroupent deux types d'équations : A) des *identités comptables*, toujours vérifiées, et B) des *équations qui formalisent les comportements*, parfois sous une forme simple et linéaire (les ménages, par exemple, consomment une proportion fixe de leur revenu), parfois sous une forme non-linéaire plus complexes (les arbitrages dans la production et la consommation). Ces équations comportementales renvoient aux choix de modélisation faits pour traduire diverses « visions » du fonctionnement de l'économie – modèles de second rang – dans l'architecture.

Dans les notations (Table A), nous distinguerons les variables des paramètres. Parmi les paramètres, certains prennent des valeurs scénarisées (« non calibrés »), tandis que d'autres sont calculés (« calibrés ») pour reproduire les agrégats statistiques contenus dans les tableaux d'IMACLIM-S.2.4. Notons que certaines variables de l'*architecture* sont constantes dans les *modèles* économiques décrits : c'est le cas des « paramètres de vision du monde » qui définissent les modèles de second rang que l'on peut représenter.

Table A : Notations

Catégories	Notations
Grandeurs endogènes (variables)	Lettres grecques ou latines <i>grasses sans barre</i>
Grandeurs exogènes	
- Paramètres calibrés	Lettres grecques ou latines <i>maigres avec barre</i>
- Paramètres non calibrés	Lettres grecques ou latines <i>maigres sans barre</i>

Un indice 0 sera associé au sigle d'un paramètre calibré pour désigner la valeur que prend ce paramètre lorsque le modèle reproduit les statistiques de l'année de référence. La structure des tableaux comptables et les statistiques des années de référence, observée (2004)

et prejetée (2020), sont présentées en section II (page 329). La procédure de calibrage par laquelle on affecte des valeurs aux paramètres calibrés est décrite en section III (page 354).

Nous présenterons d'abord les équations qui formalisent la construction comptable de l'ensemble des prix à la consommation (section I.1, page 297), puis les équations comptables et de comportement des trois secteurs institutionnels représentés : les ménages (section I.2, page 300), les sociétés (section I.3, page 306), les administrations publiques (section I.4, page 311) et le « reste-du-monde » (section I.5, page 320). Pour finir, nous donnerons les équations qui décrivent les équilibres comptables des échanges de valeurs et de quantités sur les marchés (section I.6, page 321). A chaque fois, des relations alternatives seront proposées pour décrire des variantes de fonctionnement économique. Nous donnerons les diverses options et préciserons celle qui est retenue dans la configuration de référence. Les variantes « structurelles »¹ que la modularité d'IMACLIM-S.2.4 permet de simuler seront enfin résumées (section I.7, page 324).

I.1. Prix aux producteurs et aux consommateurs

$p_{Y,i}$ le prix à la production domestique du bien i est calculé à partir de la structure de coût pour la production du bien i , définie comme la somme des consommations intermédiaires, du coût du travail, du coût du capital, d'un impôt sur la production et d'un taux de marge (excédent net d'exploitation) :

$$p_{Y,i} = \sum_{j=1}^n p_{CI,j,i} \alpha_{ji} + p_{L,i} l_i + p_K k_i + \overline{\tau_{Y,i}} p_{Y,i} + \pi_i p_{Y,i} \quad (19)$$

$p_{M,i}$ le prix du bien i importé est supposé invariant. Plus précisément, l'un des biens internationaux est utilisé comme numéraire du modèle (dans les simulations du texte il s'agit du bien composite international) et les prix des autres biens relativement à celui de ce numéraire sont supposés constants.

$$p_{M,i} = \overline{p_{M,i0}} \quad (20)$$

Néanmoins, des variantes de sensibilité à un choc sur le prix du pétrole peuvent être simulées en appliquant le facteur $\delta_{pM,PET}$ aux prix de calibrage :

$$p_{M,PET} = \delta_{pM,PET} \overline{p_{M,i0}} \quad (21)$$

avec $PET \in I$, le secteur-produit de pétrole brut importé.

¹ C'est-à-dire les modifications qui touchent à la structure du système d'équations. D'autres variantes laissent la structure du système inchangée : par exemple, on peut simuler un même dispositif de taxe carbone dans un même modèle du fonctionnement de l'économie, mais où le taux de la taxe atteint 200€/tCO₂ au lieu de 100€.

Dans la configuration de référence du modèle, le facteur $\delta_{pM,PET}$ est nul, donc :

$$p_{M,PET} = \overline{p_{M,PET0}} \quad (22)$$

Les différentes options concernant le prix d'importation du pétrole brut correspondent à une même contrainte CHOCP de variantes de tensions énergétiques mondiales (cf. Table C, page 326).

p_i le prix moyen de la ressource en bien i est la moyenne, pondérée par les quantités, des deux prix précédents :

$$p_i = \frac{p_{Y,i} Y_i + p_{M,i} M_i}{Y_i + M_i} \quad (23)$$

Les variétés domestique et internationale des biens énergétiques sont en effet supposées homogènes. L'hypothèse d'une différenciation non liée aux prix (qualité, identité des partenaires commerciaux, etc.) est décrite dans de nombreux modèles d'équilibre général calculable par la spécification d'Armington. Mais cette dernière présente le désavantage de créer des biens « hybrides » dont l'unité de volume serait indépendante de celles des variétés qui les composent, ce qui interdirait de maintenir un compte explicite en MTEP des flux physiques d'énergie, donc un bilan énergétique équilibré. Par simplification les biens non-énergétiques sont traités de manière similaire.

$p_{CI,ij}$ le prix du bien i consommé par la production de bien j est égal au prix de la ressource en bien i augmenté des marges commerciales, des marges de transport, des marges spécifiques, de la Taxe Intérieure sur les Produits Pétroliers (TIPP)², des autres impôts sur produits et enfin de la taxe sur les émissions de carbone.

$$p_{CI,ij} = p_i \left(1 + \overline{\tau_{MC,i}} + \overline{\tau_{MT,i}} + \overline{\tau_{MSC,ij}} \right) + \overline{t_{TIPPCI,i}} + \overline{t_{AIP,i}} + t_{CI} \gamma_{CI,ij} \quad (24)$$

Les prix à la consommation du bien i pour les ménages $p_{C,i}$, les administrations publiques $p_{G,i}$ et l'investissement $p_{I,i}$, ainsi que les prix à l'exportation $p_{X,i}$, sont construits de manière similaire et ne diffèrent qu'en fonction de l'application ou non de la TVA (taux moyen et identique par agrégat de bien) et la taxation du carbone. Cette dernière n'est appliquée qu'aux prix des ménages, qui sont considérés seuls consommateurs finals d'énergie par la comptabilité nationale³ ($t_{CF} \gamma_{CF,i}$).

$$p_{C,i} = \left[p_i \left(1 + \overline{\tau_{MC,i}} + \overline{\tau_{MT,i}} + \overline{\tau_{MSC,i}} \right) + \overline{t_{TIPPCF,i}} + \overline{t_{AIP,i}} + t_{CF} \gamma_{CF,i} \right] (1 + \tau_{TVA,i}) \quad (25)$$

$$p_{G,i} = \left[p_i \left(1 + \overline{\tau_{MC,i}} + \overline{\tau_{MT,i}} + \overline{\tau_{MSG,i}} \right) + \overline{t_{TIPPCF,i}} + \overline{t_{AIP,i}} \right] (1 + \tau_{TVA,i}) \quad (26)$$

$$p_{I,i} = \left[p_i \left(1 + \overline{\tau_{MC,i}} + \overline{\tau_{MT,i}} + \overline{\tau_{MSI,i}} \right) + \overline{t_{TIPPCF,i}} + \overline{t_{AIP,i}} \right] (1 + \tau_{TVA,i}) \quad (27)$$

² La TIPP prélevée sur les consommations intermédiaires et finales de carburants et d'autres énergies est différenciée de manière à prendre en compte les mix énergétiques sous-jacents.

³ Les administrations publiques ne consomment qu'un « service public » dont les consommations d'énergie apparaissent dans la production, et sont taxées pour leur contenu carbone à ce niveau.

$$p_{X,i} = p_i \left(1 + \overline{\tau_{MC,i}} + \overline{\tau_{MT,i}} + \overline{\tau_{MSX,i}} \right) + \overline{t_{TIPPCF,i}} + \overline{t_{AIP,i}} \quad (28)$$

Les marges commerciales $\tau_{MC,i}$ et sur les transports $\tau_{MT,i}$, communes pour chaque bien i à l'ensemble des prix intermédiaires et finals, sont constantes (calibrées à l'équilibre de référence), à l'exception de celles sur les productions englobant les transports et le commerce (ci-après indicées COM et TRANS), qui sont simplement ajustées, dans l'équilibre dérivé, de sorte que les sommes des deux types de marge soient nulles :

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^n \tau_{MC,COM} p_{COM} \alpha_{COM,j} Y_j + \tau_{MC,COM} p_{COM} (C_{COM} + G_{COM} + I_{COM} + X_{COM}) \\ & + \sum_{i \neq COM} \sum_j \overline{\tau_{MC,i}} p_i \alpha_{ij} Y_j + \sum_{i \neq COM} \overline{\tau_{MC,i}} p_i (C_i + G_i + I_i + X_i) = 0 \end{aligned} \quad (29)$$

et de manière similaire :

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^n \tau_{MT,TRANS} p_{TRANS} \alpha_{TRANS,j} Y_j + \tau_{MT,TRANS} p_{TRANS} (C_{TRANS} + G_{TRANS} + I_{TRANS} + X_{TRANS}) \\ & + \sum_{i \neq TRANS} \sum_j \overline{\tau_{MT,i}} p_i \alpha_{ij} Y_j + \sum_{i \neq TRANS} \overline{\tau_{MT,i}} p_i (C_i + G_i + I_i + X_i) = 0 \end{aligned} \quad (30)$$

Le coût du travail facteur de production est égal aux salaires nets w_i augmentés des cotisations sociales salariales et patronales selon un taux unique τ_{CS} (non différencié par production) :

$$p_{L,i} = (1 + \tau_{CS}) w_i \quad (31)$$

Les variations de τ_{CS} sont dictées par le produit fiscal de la taxe carbone (recyclage euro pour euro), ou par la contrainte budgétaire publique (cf. équations 82 à 84) tandis que les évolutions de w_i sont homogènes et compatibles avec celle du salaire moyen w :

$$w_i = \tau_{w,i} \cdot \overline{w_{i0}}, \quad (32)$$

w étant défini comme :

$$w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i l_i Y_i}{\sum_{i=1}^n l_i Y_i}, \quad (33)$$

et variant en fonction des conditions sur le marché de l'emploi (cf. Section I.6, équation 130). Remarquons que l'emploi peut évoluer différemment d'un secteur à l'autre mais que l'évolution des

salaires est homogène, ce qui revient à faire l'hypothèse que la mobilité des travailleurs est limitée à l'horizon de moyen terme considéré⁴.

Le coût du capital facteur de production est entendu comme le coût du capital « machine » (cf. les conditions de l'arbitrage dans la production, section I.3, page 306). Il est donc obtenu par la moyenne du prix des biens destinés à l'investissement⁵.

$$p_K = \frac{\sum_{i=1}^n p_{I,i} I_i}{\sum_{i=1}^n I_i} \quad (34)$$

L'indice des prix à la consommation (**IPC**) est calculé selon la méthode de Fisher comme la moyenne géométrique des indices de Laspeyres (variation du coût du panier de biens de référence) et de Paasche (variation du coût du panier de biens dérivé) :

$$IPC = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n p_{C,i} \bar{C}_{i0} \sum_{i=1}^n p_{C,i} C_i}{\sum_{i=1}^n p_{C,i0} \bar{C}_{i0} \sum_{i=1}^n p_{C,i0} C_i}} \quad (35)$$

1.2. Ménages

La désagrégation des ménages en m classes indicées h , $h \in [1, m]$ vise à prendre en compte des structures de revenu, et à terme des comportements et des capacités d'adaptation qui peuvent varier significativement. Dans l'idéal elle est opérée, plutôt que sur des niveaux de vie en définitive peu représentatifs de la vulnérabilité énergétique⁶, sur des critères plus adaptés à la représentation de l'hétérogénéité réelle des situations.

Démographie

La population totale \overline{N}_{h0} est constante, ainsi que le nombre par classe de ménages \overline{H}_{h0} et d'unités de consommation \overline{UC}_{h0} (selon l'échelle d'équivalence de l'OCDE). Par contre le nombre de chômeurs $N_{U,h}$, de retraités $N_{p,h}$ et d'actifs occupés $N_{L,h}$ peuvent varier. La règle qui détermine l'évolution du nombre de chômeur par classe est décrite plus bas (cf. Equation 136, page 324). Le

⁴ Un gain de productivité du travail dans un secteur d'activité n'induit pas immédiatement une hausse du niveau de salaire moyen de ce secteur par rapport au niveau de salaire moyen des autres secteurs. Il est possible de formuler d'autres hypothèses sur la mobilité intersectorielle des travailleurs en liant l'évolution de τ_{wi} de l'équation 32 à l'évolution de l'intensité en travail du secteur : $\tau_{wi}(I_i)$ tel que $\tau_{wi}'(\cdot) < 0$ (le salaire relatif dans ce secteur est une fonction croissante de la productivité relative du travail dans ce secteur).

⁵ Dans les modèles où un seul bien composite agrège la totalité des biens non-énergétiques, seul ce bien est immobilisé, et p_K se confond donc avec p_I .

⁶ Le poids des dépenses énergétiques dans le budget, bon indicateur de la vulnérabilité énergétique, dépend de facteurs aussi divers que les climats locaux, la situation spatiale (ruralité, proximité de transports en commun, distance au centre ville ou au lieu de travail), le type d'habitat (appartement, maison individuelle) ou celui d'équipement de chauffage.

« ratio démographique » (ratio population active $N_{A,h}$ sur population de retraités $N_{P,h}$) peut évoluer, par exemple sous l'effet du report de l'âge de départ en retraite (cf. chapitre 8, page 258). Dans ce cas, il est supposé que l'évolution est identique au sein de chaque classe ménage h (équation 36).

$$\frac{N_{A,h}}{N_{P,h}} = (1 + r_{DEM}) \frac{\overline{N_{A,h0}}}{\overline{N_{P,h0}}} \quad (36)$$

Dans la configuration de référence du modèle, la population active $N_{A,h}$ au sens du Bureau International du Travail (BIT) est constante, de même que le nombre $N_{P,h}$ de retraités (équation 37).

$$N_{P,h} = \overline{N_{P,h0}} \quad \text{et} \quad r_{DEM} = \overline{r_{DEM0}} \quad (37)$$

Dans les variantes, le ratio démographique peut évoluer selon un taux de variation δ_{DEM} scénarisé (équation 38) ou bien être déterminé par l'équilibre du modèle (équation 39).

$$N_{A,h} + N_{P,h} = \overline{N_{h0}} \quad \text{et} \quad r_{DEM} = \delta_{DEM} \quad (38)$$

$$N_{A,h} + N_{P,h} = \overline{N_{h0}} \quad (39)$$

Les différentes modalités d'évolution du ratio démographique correspondent à la contrainte REPAGE de variantes de « report de l'âge légal de départ en retraite » (cf. Table C, page 326).

Revenus, choix d'épargne et d'investissement

$R_{DBAI,h}$ le revenu primaire brut d'une classe h est défini comme l'addition et la soustraction des termes suivants :

- Une part $\omega_{L,h}$ de la somme des revenus salariaux nets $w_i I_i Y_i$, endogène, qui dépend du nombre d'actifs occupés dans chaque classe de ménage (Equation 137, page 324).
- Une part $\overline{\omega_{K,h}}$ de la fraction des « revenus du capital » (de l'Excédent Brut d'Exploitation comptable) revenant aux ménages, EBE_H (cf. Equation 42). Les $\overline{\omega_{K,h}}$ sont exogènes, calibrés à partir de l'enquête Budget des Familles 2001 et du TEE 2004.
- Des transferts sociaux, en trois agrégats (pensions de retraite $\rho_{P,h} N_{P,h}$, allocations chômage $\rho_{U,h} N_{U,h}$, autres transferts sociaux $\rho_{A,h} \overline{N_h}$) dont le calcul repose de manière similaire sur le produit d'un revenu par tête ρ et d'une population ciblée $N_{-,h}$.
- Une compensation forfaitaire directe $T_{COMP,h}$ associée à la mise en œuvre de la taxe carbone, dans le cas où elle serait prévue dans le dispositif (cf. équation 95, page 315).
- Une part exogène $\overline{\omega_{AT,h}}$ de transferts résiduels $A_{T,H}$ (qui correspondent à la somme des « autres transferts courants » et des « transferts en capital », comptes D7 et D9, du TEE).

- Un « service de la dette » $i_H D_h$ qui correspond de fait - l'écrasante majorité des classes étant créancières nettes -, à des revenus de la propriété (agrégat D4 du TEE : intérêts, revenus distribués, revenus fonciers *etc.*). Ce service est le produit de la dette nette des classes D_h (généralement négative), dont l'évolution est expliquée ci-dessous (Equation 47) et d'un taux d'intérêt effectif i_H endogène (*cf.* Equation 126, page 322).

D'où :

$$R_{DBAI,h} = \omega_{L,h} \sum_{i=1}^n w_i l_i Y_i + \overline{\omega_{K,h}} EBE_H + \rho_{P,h} N_{P,h} + \rho_{U,h} N_{U,h} + \rho_{A,h} \overline{N_h} + T_{COMP,h} + \overline{\omega_{AT,h}} A_{TH} - i_h D_h \quad (40)$$

avec notamment A_{TH} et EBE_H définis comme des parts constantes ω_{ATH} et ω_{KH} de A_T (*cf.* Equation 124, page 321) et EBE (*cf.* Equation 70, page 310) :

$$A_{TH} = \overline{\omega_{ATH}} A_T \quad (41)$$

$$EBE_H = \overline{\omega_{KH}} EBE \quad (42)$$

$R_{DB,h}$ le revenu disponible brut de la classe h est obtenu en soustrayant de $R_{DBAI,h}$ l'impôt sur le revenu $T_{IR,h}$ dont le taux est en référence supposé constant (Equation 78), et les autres impôts directs acquittés T_h qui évoluent comme l'*IPC* (Equation 79). R_h le revenu consommé de la classe h se déduit alors du revenu disponible brut par soustraction de l'épargne. Le taux d'épargne $\overline{\tau_{S,h}}$ est exogène, calibré selon le $\overline{R_{DB,h0}}$ et le $\overline{R_{h0}}$ de référence de chaque classe.

$$R_{DB,h} = R_{DBAI,h} - T_{IR,h} - T_h \quad (43)$$

$$R_h = (1 - \overline{\tau_{S,h}}) R_{DB,h} \quad (44)$$

Poursuivant l'exploitation des données de distribution du TEE, l'investissement des ménages $FBCF_h$ (leur Formation Brute de Capital Fixe) est distinct de leur épargne, et se voit imposer la règle simple d'un ratio fixe au revenu disponible brut $\overline{\tau_{FBCF,h}}$. Comme pour le taux d'épargne, ce ratio est calibré selon la $\overline{FBCF_{h0}}$ et le $\overline{R_{DB,h0}}$ de référence. La différence entre l'épargne et l'investissement donne alors CAF_h la capacité d'autofinancement (CAF) de la classe h .

$$FBCF_h = \overline{\tau_{FBCF,h}} R_{DB,h} \quad (45)$$

$$CAF_h = \overline{\tau_{S,h}} R_{DB,h} - FBCF_h \quad (46)$$

L'évolution de CAF_h entre la référence et l'équilibre dérivé permet alors d'estimer l'évolution de la dette nette D_h . Le calcul se fonde sur l'hypothèse simple d'un décrochage progressif de la CAF, au fil des ans, depuis l'origine de la réforme située à t_{REF} années dans le passé.

$$D_h = \overline{D_{h0}} + \frac{t_{REF}}{2} (\overline{CAF_{h0}} - CAF_h) \quad (47)$$

Consommation

Alors que les équations qui précèdent s'appliquent à un nombre indéterminé de secteurs, la spécification de la demande des ménages décrite dans la version IMACLIM-S.2.4 correspond à un choix spécifique d'agrégation : trois biens énergétiques (pétrole brut, carburants automobiles, autres énergies), et un bien composite agrégat de l'ensemble des autres biens. Les ménages ne consommant pas de pétrole brut, l'arbitrage de leur demande se résume à une consommation de carburants automobiles $C_{CARB,h}$, une consommation d'autres énergies qui correspond à une consommation d'énergie résidentielle, $C_{RES,h}$, et une consommation de composite $C_{COMP,h}$.

Une prémisse majeure au traitement de cet arbitrage consiste à considérer que les consommations énergétiques des ménages sont contraintes par des planchers de besoins essentiels, étant donné le temps fini t_{REF} de développement des réformes analysées. Par ailleurs, $C_{CARB,h}$ et $C_{RES,h}$, les consommations énergétiques des ménages, ont été définies sans recours à une fonction d'utilité explicite⁷, comme la somme d'un besoin de base exogène, commun à l'ensemble des classes, et d'une consommation au-delà de ce besoin qui varie avec le revenu consommé réel et le prix relatif de l'agrégat d'énergie, selon deux valeurs d'élasticités (respectivement, $\sigma_{CR,i,h}$ et $\sigma_{CP,i,h}$) :

$$\forall i \in [CARB, RES], C_{i,h} = \beta_{i,h} \overline{C_{i,h0}} + (1 - \beta_{i,h}) \left(\frac{P_{C,i}}{IPC} \frac{1}{p_{C,i0}} \right)^{\sigma_{CP,i,h}} \left(\frac{R_h}{IPC} \frac{1}{R_{h0}} \right)^{\sigma_{CR,i,h}} \overline{C_{i,h0}} \quad (48)$$

Où $\beta_{i,h}$ représente la part de la consommation de référence de la classe h correspondant à un besoin essentiel, et avec les prix indicés comme les consommations qu'ils valorisent.

$C_{COMP,h}$ la demande en bien composite de la classe h est alors simplement définie par le solde de son revenu consommé, ce qui revient à imposer la saturation de la contrainte budgétaire.

$$P_{C,COMP} C_{COMP,h} = R_h - P_{C,CARB} C_{CARB,h} - P_{C,RES} C_{RES,h} \quad (49)$$

Si les comportements des classes de ménages sont homogènes dans la configuration de référence⁸, il est possible de les différencier dans les variantes simulées de deux façons :

⁷ Nous avons évoqué les difficultés que pose la formalisation mathématique d'une agrégation de comportements microéconomiques variés et non-walrassiens (cf. chapitre 2, paragraphe 2.3, page 68). L'utilisation même d'une fonction d'utilité constante, où les consommations d'énergie figureraient en tant que telles, alors que seuls comptent les services énergétiques qui en découlent, est discutable. Si la mesure idéale du bien-être demeure le calcul d'une variation de revenu équivalente ou compensatoire, cette approche soulève cependant deux difficultés : *i*) le résultat de l'évaluation dépend fortement de la forme fonctionnelle adoptée, surtout si les besoins incompressibles sont dûment pris en compte et *ii*) il est peu satisfaisant de raisonner à fonction d'utilité constante (des prix du carbone forts ne peuvent manquer d'induire un ensemble de décisions privées et publiques qui modifieront, par exemple, l'utilité marginale du kilomètre parcouru en voiture).

⁸ Rappelons que ceci ne veut pas dire que les réactions à la taxe carbone sont identiques. Bien que, dans la configuration de référence, les équations et le paramétrage exogène des comportements de consommation des classes soient identiques, les paramètres calibrés (les niveaux de consommation et de revenu initiaux) sont différents. Les ménages plus « pauvres » ont une consommation plus proche initialement du niveau de besoins essentiels, leur consommation est donc plus rapidement contrainte.

- En distinguant la sensibilité aux prix et aux revenus de la fraction « non essentielle » de leur consommation d'énergie ($\sigma_{CP,i,h}$, $\sigma_{Cr,i,h}$).
- En distinguant les niveaux de besoins essentiels en énergie ($\beta_{h,i}$).

Les variantes d'hétérogénéité des sensibilités des classes aux prix et revenus conservent la sensibilité agrégée de l'ensemble des ménages. En effet, dans l'attente des résultats de travaux économétriques en cours sur données désagrégées par classe, les élasticités σ_{CPi} et σ_{Cri} sont calibrées sur des séries temporelles de consommations et revenus agrégés. Il est supposé que la sensibilité des classes décroît linéairement avec les tranches de niveau de vie. L'hypothèse de décroissance est cohérente avec celle de l'utilité marginale du revenu. L'hétérogénéité entre les classes est alors définie par le paramètre $f_{\sigma,h}$ correspondant à l'écart de sensibilité entre les classes supérieure et inférieure⁹.

Les élasticités aux prix et revenus des consommations des classes sont ainsi définies par :

$$\begin{aligned}
 & - \quad \forall \sigma_i \in [\sigma_{CP,i}; \sigma_{Cr,i}] \text{ et } \forall \sigma_{h,i} \in [\sigma_{CP,h,i}; \sigma_{Cr,h,i}], \text{ on a :} \\
 & - \quad \text{Si } h \in [1, m-1], \quad \sigma_{h,i} = \sigma_{m,i} \cdot \left(1 - (1 - f_{\sigma,h}) \cdot \frac{m-h}{m-1} \right) \\
 & \quad \text{Si } h = m, \quad \sigma_{h=i} = \frac{\sigma_i}{\sum_{h=1}^{m-1} \left[\omega_{C,h,i} \cdot \left(1 - (1 - f_{\sigma,h}) \cdot \frac{m-h}{m-1} \right) \right]}^{10} \quad (50)
 \end{aligned}$$

avec $\sigma_i \in [\sigma_{CP,i}; \sigma_{Cr,i}]$, les élasticités-prix et revenus des volumes agrégés de bien i consommés et $\omega_{C,h,i}$ le poids de la consommation de la classes h dans le volume agrégé de bien i :

$$\omega_{C,h,i} = \frac{C_{i,h}}{\sum_{h=1}^m C_{i,h}} \quad (51)$$

Dans la configuration de référence, $f_{\sigma,h} = 1$, les élasticités des classes sont toutes identiques :

$$\forall h \in [1, m], \quad \sigma_{h,i} = \sigma_i \quad (52)$$

Les variantes d'hétérogénéité du niveau de besoins essentiels des classes supposent également que ce niveau décroisse linéairement avec les tranches de niveau de vie. Cette hypothèse traduit le fait que l'amélioration de l'efficacité énergétique des équipements et la rénovation des bâtiments sont plus rapides et bénéficient davantage aux plus aisés qu'aux plus modestes (Merceron

⁹ si $f_{\sigma,h}=1$, le niveau de besoin de base est identique pour toutes les classes ; si $f_{\sigma,h}>1$, il est supérieur pour les classes inférieures et les besoins de la première classe sont $f_{\sigma,h}$ plus élevés que ceux de la dernière classe ; si $f_{\sigma,h}<1$, le niveau de besoins est supérieur pour les classes supérieures et celui de la classe supérieur est $f_{\sigma,h}$ plus élevé que celui de la première classe. L'écart entre les besoins de deux classes de ménages consécutives est par ailleurs proportionnel.

¹⁰ L'élasticité de la classe supérieure est tirée de la contrainte d'agrégation : $\sigma_i = \sum_h (\omega_h \cdot \sigma_{h,i})$.

and Theulière, 2010). L'hétérogénéité entre les classes est alors définie par le paramètre $f_{\beta,h}$ correspondant à l'écart de niveau de besoin de base entre les classes supérieure et inférieure¹¹.

De même, les niveaux de besoin essentiels des différentes classes sont définis par :

$$\begin{aligned}
 - \quad & \forall h \in [1, m-1], \quad \beta_{h,i} = \beta_{m,i} \cdot \left(1 - (1 - f_{\beta,h}) \cdot \frac{m-h}{m-1} \right) \\
 & \text{Si } h = m, \quad \beta_{h=i} = \frac{\beta_i}{\sum_{h=1}^{m-1} \left[\overline{\omega_{UC,h}} \cdot \left(1 - (1 - f_{\beta,h}) \cdot \frac{m-h}{m-1} \right) \right]}^{12}
 \end{aligned} \tag{53}$$

avec β_i le niveau de besoin essentiel moyen par unité de consommation (UC),

et $\overline{\omega_{UC,h}}$ désigne la proportion des UC nationales appartenant à la classe h .

Dans la configuration de référence, $f_{\beta,h} = 1$, les besoins sont identiques :

$$\forall h \in [1, m], \quad \beta_{h,i} = \beta_i \tag{54}$$

Les différentes modalités déterminant l'hétérogénéité des classes selon leur sensibilité aux prix et aux revenus d'une part, selon leur niveau de besoins essentiels d'autre part, correspondent respectivement aux contraintes SENS et BASEH de variantes sur les déterminants des effets distributifs (cf. Table C, page 326).

Par ailleurs, les potentiels qu'ont les ménages dans leur ensemble pour réduire leurs consommations d'énergie peuvent être modifiés si l'on considère une temporalité différente (p. ex. lorsque l'on envisage un horizon temporel plus éloigné, on doit prendre en compte le fait que davantage de ménages rénovent leur bâtiment, changent de lieu de travail, de lieu de vie, etc.) ; mais aussi pour représenter des « visions » plus ou moins pessimistes/optimistes des possibilités offertes aux ménages sur une période de temps donnée (en supposant, par exemple, qu'ils ont à leur disposition plus ou moins d'options pour éviter de recourir à l'usage de leur véhicule particulier).

Ces variantes sont contrôlées par le paramètre δ_{PTH} : lorsque ce paramètre vaut 1, les possibilités techniques des ménages respectent le paramétrage de référence (cf. Table BB, page 364) ;

- lorsqu'il prend la valeur 0, aucune baisse de consommation d'énergie n'est possible, l'équation 48 de consommation d'énergie se substitue à l'équation 55 ;
- lorsqu'il prend une valeur positive non nulle, ces équations sont conservées mais leur paramétrage est modifié de la manière suivante (Equation 56) : premièrement, les niveaux de besoins essentiels $\beta_{h,i}$ sont ajustés pour que les potentiels de baisse de consommation

¹¹ *idem* cf. note 9.

¹² La contrainte d'agrégation s'écrit cette fois-ci : $\beta_i = \sum_h \left(\overline{\omega_{UC,h}} \cdot \beta_{h,i} \right)$.

d'énergie - différence entre le niveau de consommation de référence et le niveau incompressible - soit augmentés du facteur δ_{PTH} ; deuxièmement, l'élasticité-prix des consommations $\sigma_{CP,i}$ est augmentée du même facteur δ_{PTH} ; troisièmement, l'évolution du coefficient d'émission associé aux consommations d'énergie dans les bâtiments résidentiels (RES) est modifiée pour tenir compte d'une pénétration plus forte (ou plus faible) de l'électricité dans le mix énergétique des usages énergétiques résidentiels.

- Si $\delta_{PTH} = 0$ alors :

$$\begin{aligned} \text{Si } \frac{R_h}{IPC} \frac{1}{R_{h0}} < 1 \quad \forall i \in [\text{CARB}, \text{RES}] \quad C_{i,h} = \overline{C_{i,h0}} \quad \text{et} \quad \gamma_{CF,i} = \overline{\gamma_{CF,i0}} \\ \text{Si } \frac{R_h}{IPC} \frac{1}{R_{h0}} > 1 \quad \forall i \in [\text{CARB}, \text{RES}] \quad C_{i,h} = \left(\frac{R_h}{IPC} \frac{1}{R_{h0}} \right)^{\sigma_{CR,i,h}} \overline{C_{i,h0}} \quad \text{et} \quad \gamma_{CF,i} = \overline{\gamma_{CF,i0}} \end{aligned} \quad (55)$$

- Si $\delta_{PTH} \geq 0$ alors :

$$\beta_{i,h} = \max\left(1 - \delta_{PTH} (1 - \beta_{h,i0}); 0\right), \text{ où } \beta_{h,i0} \text{ désigne la valeur de référence (pour } \delta_{PTH} = 1)$$

$$\text{Et } \sigma_{CP,i,h} = \delta_{PTH} \sigma_{CP,h,i0}, \text{ où } \beta_{h,i0} \text{ désigne la valeur de référence (pour } \delta_{PTH} = 1)$$

$$\text{Et pour } i = \text{RES}, \gamma_{CF,i} = \max\left(\delta_{PTH} \left(1 - \frac{t_{CF}}{600}\right) \overline{\gamma_{CF,i0}}; 0\right) \quad (56)$$

Dans la configuration de référence du modèle, la taxe carbone induit une diminution linéaire du coefficient d'émissions $\gamma_{CF,i}$ de l'agrégat d'énergie résidentiel sous l'hypothèse que ces émissions sont nulles lorsque la taxe atteint le niveau de 600€/tCO₂. On considère implicitement qu'à un tel niveau, la substitution pour les usages tertiaires de l'électricité aux énergies fossiles serait totale. Cette substitution est nulle lorsqu'on suppose que les potentiels de substitution technique sont nuls ($\delta_{PTH} = 0$); elle est accélérée (respectivement ralentie) lorsque les potentiels de substitution technique sont accrus (respectivement diminués) : c'est-à-dire si $\delta_{PTH} > 1$ (resp $\delta_{PTH} < 1$).

Les différentes modalités de flexibilité des ménages correspondent à la contrainte FLEXH de variantes de « potentiels de décarbonisation » (cf. Table C, page 326).

1.3. Secteur institutionnel des sociétés et systèmes productifs

Revenu disponible brut et choix d'investissement des sociétés

De manière analogue à celui des ménages R_{DBS} le revenu disponible brut des sociétés est défini comme l'addition ou la soustraction :

- d'une part exogène ω_{KS} des revenus du capital i.e. de l'**EBE** (cf. Equation 70, page 310),

- d'un « service de la dette » (intérêts, dividendes) $i_S D_S$, fortement positif en référence (les sociétés sont endettées), calculé sur un taux i_S évoluant comme i_H (Equation 126, page 322),
- d'un montant d'impôt sur les sociétés T_{IS} ,
- et d'une part exogène $\overline{\omega_{ATS}}$ des autres transferts A_T , qui sont supposés constituer une part fixe du PIB (Equation 124, page 321).

$$R_{DBS} = \overline{\omega_{KS}} EBE - i_S D_S - T_{IS} + \overline{\omega_{ATS}} A_T \quad (57)$$

Le ratio de la FBCF des sociétés à ce RDB est supposé constant : $\overline{\tau_{FBCF,S}}$; comme pour les ménages et conformément à la comptabilité nationale, la CAF découle alors de la différence entre le R_{DBS} et la $FBCF_S$. La dette nette des sociétés est calculée à partir de la CAF selon le même raisonnement que celui appliqué aux ménages.

$$FBCF_S = \overline{\tau_{FBCF,S}} R_{DBS} \quad (58)$$

$$CAF_S = R_{DBS} - FBCF_S \quad (59)$$

$$D_S = \overline{D_{S0}} + \frac{t_{REF}}{2} (\overline{CAF_{S0}} - CAF_S) \quad (60)$$

Arbitrages dans les systèmes productifs

La description des secteurs productifs dans le système la comptabilité nationale est transversale par rapport à celle des secteurs institutionnels. La production domestique marchande est réalisée par les trois institutions domestiques (les ménages entrepreneurs individuels, les sociétés et les administrations publiques). Il s'agit néanmoins pour les sociétés de leur seule fonction économique.

De même que pour les choix de consommation des ménages, les arbitrages de la production se font sous l'hypothèse que des asymptotes techniques contraignent les consommations unitaires de facteurs au-dessus de valeurs de plancher. Nous avons fait le choix de reporter le travail de calibrage de formes fonctionnelles à partir d'une expertise technico-économique « *bottom-up* » tel que décrit par Gherzi et Hourcade (2006). Il s'agit là d'un travail important que nous avons choisi d'économiser, en première analyse. Nous nous supposé que les parts *variables* des consommations des six facteurs (quatre consommations intermédiaires, travail et capital) sont substituables selon une spécification CES. Mais le fait d'imposer des asymptotes garantit bien que l'élasticité de substitution des consommations unitaires *totales* (part fixe et part variable) n'est pas fixe mais décroît au fur et à mesure que telle consommation ou telle autre se rapproche de son asymptote. Néanmoins, nous compensons ce choix arbitraire de représentation de l'espace des possibilités techniques par de nombreux tests de sensibilité de façon à refléter la diversité des croyances sur les potentiels de substitution (niveau des asymptotes et valeur des élasticités initiales).

Sous ces hypothèses, la minimisation des coûts unitaires de production débouche sur une formulation des consommations unitaires de facteurs secondaires α_{ji} , de travail l_i et de capital k_i qui s'écrit comme la somme de la valeur plancher, et d'une consommation au-delà de cette valeur, où l'on retrouve l'expression connue des demandes conditionnelles de facteurs d'une fonction de production CES d'élasticité σ (dont les coefficients $\overline{\lambda_{ji0}}$, $\overline{\lambda_{L,i0}}$ et $\overline{\lambda_{K,i0}}$ sont calibrés à l'équilibre de référence).

$$\alpha_{ji} = \frac{\Theta_i}{\Phi_i} \left[\beta_{ji} \overline{\alpha_{ji0}} + \left(\frac{\overline{\lambda_{ji0}}}{\overline{p_{Cl,ji}}} \right)^\sigma \left(\sum_{j=1}^n \overline{\lambda_{ji0}}^\sigma \overline{p_{Cl,ji}}^{1-\sigma} + \overline{\lambda_{L,i0}}^\sigma \overline{p_{L,i}}^{1-\sigma} + \overline{\lambda_{K,i0}}^\sigma \overline{p_K}^{1-\sigma} \right)^{\frac{1}{\rho}} \right] \quad (61)$$

$$l_i = \frac{\Theta_i}{\Phi_i} \left[\beta_{L,i} \overline{l_{i0}} + \left(\frac{\overline{\lambda_{L,i0}}}{\overline{p_{L,i}}} \right)^\sigma \left(\sum_{j=1}^n \overline{\lambda_{ji0}}^\sigma \overline{p_{Cl,ji}}^{1-\sigma} + \overline{\lambda_{L,i0}}^\sigma \overline{p_{L,i}}^{1-\sigma} + \overline{\lambda_{K,i0}}^\sigma \overline{p_K}^{1-\sigma} \right)^{\frac{1}{\rho}} \right] \quad (62)$$

$$k_i = \frac{\Theta_i}{\Phi_i} \left[\beta_{K,i} \overline{k_{i0}} + \left(\frac{\overline{\lambda_{K,i0}}}{\overline{p_{K,i}}} \right)^\sigma \left(\sum_{j=1}^n \overline{\lambda_{ji0}}^\sigma \overline{p_{Cl,ji}}^{1-\sigma} + \overline{\lambda_{L,i0}}^\sigma \overline{p_{L,i}}^{1-\sigma} + \overline{\lambda_{K,i0}}^\sigma \overline{p_K}^{1-\sigma} \right)^{\frac{1}{\rho}} \right], \quad (63)$$

avec par commodité d'écriture :

$$\rho = \frac{\sigma - 1}{\sigma} \quad (64)$$

Cette somme est toutefois modifiée par la prise en compte conjuguée de coefficients de rendements décroissants statiques Θ_i et de progrès techniques endogènes Φ_i . Les rendements décroissants statiques Θ_i sont supposés s'ajuster aux volumes produits selon des élasticités $\sigma_{\Theta,i}$ définies de manière à tenir l'hypothèse d'une tarification au coût marginal. Le coefficient Φ_i traduit l'hypothèse d'un progrès technique endogène neutre au sens de Hicks ; il est élastique à la variation du volume de consommation de capital fixe retenue comme une approximation de celle de l'investissement cumulé. Dans le modèle à quatre secteurs Φ_i est neutralisé (identique à 1) pour les productions énergétiques¹³, et ne joue que pour la production composite.

$$\Theta_i = \left(\frac{Y_i}{Y_{i0}} \right)^{\sigma_{\Theta,i}} \quad (65)$$

$$\sigma_{\Theta,i} = \frac{\overline{\pi_{i0}}}{1 - \pi_{i0}} \quad (66)$$

¹³ Lorsqu'IMACLIM est calibré sur une modélisation *bottom-up* suivant Ghersi et Hourcade (2006), le progrès technique des secteurs énergétiques est en effet dûment pris en compte dans le calibrage des enveloppes de production des biens énergétiques. En l'absence d'un tel calibrage, la neutralisation du coefficient Φ permet de concentrer la variabilité comportementale des productions énergétiques sur les seuls planchers et élasticités de substitution.

$$\Phi_i = \left(\frac{k_i Y_i}{k_{i0} Y_{i0}} \right)^{\sigma_{\Phi,i}} \quad (67)$$

Soulignons à nouveau que le « prix du capital » p_K qui entre dans les arbitrages de la production est *stricto sensu* le prix du « capital machine », donc une simple somme pondérée des prix à l'investissement des différents biens immobilisés (Equation 34), sans lien avec les taux d'intérêt pratiqués sur les marchés financiers : d'un côté les arbitrages de la production sont pratiqués sur le strict coût des intrants, parmi lesquels celui du capital physique k_i (calibré sur les consommations de capital fixe du TES) ; d'un autre côté, indépendamment de cet arbitrage, l'exploitation et une règle d'autofinancement de l'investissement ($FBCF_5$, Equation 58) débouchent sur une variation des positions financières D_5 , dont le service n'est pas supposé peser sur l'intrant capital physique plus que sur les autres intrants.

Dans les variantes simulées, les potentiels techniques peuvent être modifiés pour tenir compte, comme pour les ménages, soit d'une temporalité différente pour une même « vision » des possibilités techniques (les possibilités augmentent avec l'horizon temporel considéré), soit d'une vision différente pour une même temporalité (les possibilités augmentent avec l'optimisme sur le changement technique induit). Ces variantes sont contrôlées par le paramètre δ_{PTS} : lorsque ce paramètre vaut 1, les possibilités techniques des systèmes productifs respectent le paramétrage de référence (cf. Table BB, page 364) ;

- lorsqu'il prend la valeur 0, aucune substitution technique n'est possible, l'équation 68 se substitue aux équations 61 à 63 ;
- lorsqu'il prend une valeur positive non nulle, ces équations sont conservées mais leur paramétrage est modifié de la manière suivante (Equation 69) : premièrement, les asymptotes techniques sont ajustées pour que les potentiels d'économie d'intrants - différence entre le niveau unitaire initial et le niveau de l'asymptote - soit augmentés du facteur δ_{PTS} ; deuxièmement, l'élasticité de substitution σ qui reflète la sensibilité des ajustements techniques à l'évolution des prix relatifs est augmentée du même facteur δ_{PTS} ; troisièmement, l'évolution du coefficient d'émission associé aux consommations d'énergie du tertiaire (RES) par le secteur de production composite, est modifiée pour tenir compte d'une pénétration plus forte ou plus faible de l'électricité dans le mix énergétique des usages tertiaires.

$$\text{- Si } \delta_{PTS} = 0 \text{ alors : } \alpha_{ji} = \frac{\Theta_i}{\Phi_i} \overline{\alpha_{ji0}} \text{ et } k_{ji} = \frac{\Theta_i}{\Phi_i} \overline{k_{i0}} \text{ et } l_{ji} = \frac{\Theta_i}{\Phi_i} \overline{l_{i0}} \text{ et } \gamma_{CI,ij} = \overline{\gamma_{CI,ij0}} \quad (68)$$

$$\text{- Si } \delta_{PTS} \geq 0 \text{ alors :}$$

$$\text{- } \forall \beta \in \{\beta_{ij}, \beta_{iL}, \beta_{iK}\} \text{ et } \forall \beta_0 \in \{\beta_{ij0}, \beta_{iL0}, \beta_{iK0}\}, \beta = \max(1 - \delta_{PTS}(1 - \beta_0); 0)$$

$$\text{- où } \beta_0 \text{ désigne la valeur de référence (pour } \delta_{PTS} = 1)$$

- Et $\sigma = \delta_{TPS} \sigma_0$, où σ_0 désigne la valeur de référence (pour $\delta_{PTS} = 1$)
- Et pour $i = \text{RES}$ et $j = \text{COMP}$, $\gamma_{CI,ij} = \max \left(\delta_{TPS} \left(1 - \frac{t_{CI}}{600} \right) \overline{\gamma_{CI,ij0}} ; 0 \right)$ (69)

Dans la configuration de référence du modèle, la taxe carbone induit une diminution linéaire du coefficient d'émissions $\gamma_{CI,ij}$ pour la consommation d'énergie tertiaire dans la production de composite sous l'hypothèse que ces émissions sont nulles lorsque la taxe atteint le niveau de 600€/tCO₂. On considère implicitement qu'à un tel niveau, la substitution pour les usages tertiaires de l'électricité aux énergies fossiles serait totale. Cette hypothèse est similaire à celle faite sur l'évolution du coefficient d'émission des ménages due à la consommation de l'agrégat d'autres énergies qui sert aux usages résidentiels (Equation 56). De même, cette substitution est nulle lorsqu'on suppose que les potentiels de substitution technique sont nuls ($\delta_{PTS} = 0$) ; elle est accélérée (respectivement ralentie) lorsque les potentiels de substitution technique sont accrues (respectivement diminués) : c'est-à-dire si $\delta_{PTS} > 1$ (respectivement $\delta_{PTS} < 1$).

Les différentes modalités de flexibilité des systèmes productifs correspondent à la contrainte FLEXS de variantes de « potentiels de décarbonisation » (cf. Table C, page 326).

Excédent brut d'exploitation

L'Excédent Brut d'Exploitation (**EBE**) du secteur i découle des arbitrages précédents, de la règle qui détermine le taux de marge π_i , ainsi que du taux de marge spécifiques τ_{MS} constants :

$$EBE = \sum_{i=1}^n (p_{K,i} k_i Y_i + \pi_i p_{Y,i} Y_i) + M_s \quad (70)$$

Dans la configuration de référence, le taux de marge de chaque secteur est constant et calibré sur les données du TES l'année de base.

$$\pi_i = \overline{\pi_{i,0}} \quad (71)$$

Dans les variantes, le taux de marge peut être endogénéisé, par exemple pour simuler un partage des allègements de charges entre hausse des profits et baisse du coût du travail (cf. équation 100, page 317).

L'EBE correspond à la rémunération du capital et constitue un revenu que les agents se partagent en parts constantes calibrées à l'équilibre de référence¹⁴. Les marges spécifiques se compensent en référence, par construction (lors de la procédure d'hybridation), mais le maintien de leurs taux sans lien avec l'évolution des prix sur lesquels elles sont imposées annule cette compensation systématique dans les équilibres dérivés. Leur expression est alors :

¹⁴ Ces parts devraient plutôt varier avec les FBCF respectives des agents, qui traduisent l'évolution de la propriété du capital. La relative stabilité des parts dans la FBCF, l'absence quasi-totale d'impact sur les résultats agrégés (l'effet n'est que distributif) et l'absence de spécification satisfaisante, ont conduit à cette simplification.

$$M_S = \sum_i \sum_j \overline{\tau_{MSCI,ij}} p_i \alpha_{ij} Y_j + \left(\overline{\tau_{MSC,i}} p_i C_i + \overline{\tau_{MSG,i}} p_i G_i + \overline{\tau_{MSI,i}} p_i I_i + \overline{\tau_{MSX,i}} p_i X_i \right) \quad (72)$$

I.4. Administrations publiques

Prélèvements obligatoires et modes de gestion des finances publiques

Les prélèvements obligatoires constituent la majorité des ressources des administrations publiques. Dans les versions du modèle correspondant à notre réforme centrale (affectation des montants de taxe carbone au financement de la baisse des cotisations, ajustement supplémentaire des cotisations pour les règles budgétaires RDPC d'un ratio de la dette publique au PIB constant et PFC d'une pression fiscale constante), les taux et accises autres que la taxe carbone et les cotisations sociales sont supposés invariants, et les différents produits fiscaux qui en découlent se définissent par application de ces taux à leur assiette respective :

$$T_Y = \sum_{i=1}^n \overline{\tau_{Y,i}} p_{Y,i} Y_i \quad (73)$$

$$T_{TIPP} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \overline{t_{TIPPCI,j,i}} \alpha_{ji} Y_i + \sum_{i=1}^n \overline{t_{TIPPCF,i}} (C_i + G_i + I_i) \quad (74)$$

$$T_{AIP} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \overline{t_{AIP,j}} \alpha_{ji} Y_i + \sum_{i=1}^n \overline{t_{AIP,i}} (C_i + G_i + I_i) \quad (75)$$

$$T_{TVA} = \sum_{i=1}^n \frac{\tau_{TVA,i}}{1 + \tau_{TVA,i}} (p_{C,i} C_i + p_{G,i} G_i + p_{I,i} I_i) \quad (76)$$

$$T_{IS} = \overline{\tau_{IS}} EBE_S \quad (77)$$

$$T_{IR,h} = \tau_{IR,h} R_{DBAI,h} \quad (78)$$

$$T_h = IPC \overline{T_{h0}} \quad (79)$$

Le produit fiscal de la taxe carbone T_{CARB} comme le total des cotisations sociales T_{CS} suivent cette même logique :

$$T_{CS} = \tau_{CS} \sum_{i=1}^n w_i l_i Y_i \quad (80)$$

$$T_{CARB} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \overline{t_{CI}} \gamma_{CI,ji} \alpha_{ji} Y_i + \sum_{i=1}^n \overline{t_{CF}} \gamma_{CF,i} C_i, \quad (81)$$

mais la taxe carbone sur les consommations intermédiaires (t_{CI}) comme sur les consommations finales (t_{CF}) est de toute évidence exogène (c'est la principale variable de contrôle du modèle).

Les autres éléments du système fiscal sont fixes ou s'ajustent selon l'option de politique budgétaire retenue :

- dans l'option « autres taux de fiscalité constants » (AFC), seul les taux de prélèvements obligatoires désignés pour le recyclage des recettes de la taxe carbone sont modifiés (les éléments de l'ensemble RECYCL, cf. page 317), les autres taux sont laissés constants (Equation 82) ;
- dans l'option « pression fiscale constante » (PFC), le ratio de la somme des prélèvements obligatoires au PIB est maintenu (Equation 83) ;
- dans l'option « ratio de la dette publique au PIB constant » (RDPC), cette dernière contrainte est vérifiée (Equation 84) ;
- dans l'option d'un contrôle de l'endettement public, la baisse du ratio de la dette publique au PIB requis est atteint (δ_{DP} exprimé en pourcentage de réduction).

$$\forall k \in \{CS, TVA, \dots\} \text{ et } k \notin \{RECYCL\}, \quad \tau_k = \overline{\tau_{k0}} \quad (82)$$

$$\frac{T}{PIB} = \frac{\overline{T_0}}{\overline{PIB_0}} \quad (83)$$

$$\frac{D_G}{PIB} = \frac{\overline{D_{G0}}}{\overline{PIB_0}} \quad (84)$$

$$\frac{D_G}{PIB} = (1 - \delta_{DP}) \frac{\overline{D_{G0}}}{\overline{PIB_0}} \quad (85)$$

où T désigne la somme des prélèvements obligatoires :

$$T = T_{CS} + T_Y + T_{TIPP} + T_{AIP} + T_{TVA} + T_{IS} + \sum_{h=1}^m T_{IR,h} + \sum_{h=1}^m T_h + T_{CARB} \quad (86)$$

Les différentes modalités de politique budgétaire correspondent à la contrainte FINPUB de variantes de gestion des finances publiques (cf. Table C, page 326).

Dans le cas où la règle budgétaire retenue demande l'ajustement d'une ressource ou d'une dépense publique, il est nécessaire de définir une modalité d'ajustement¹⁵ :

- Par défaut, la modalité d'ajustement du compte des administrations publiques est identique à la modalité de recyclage de la taxe. Dans ce cas, l'ajustement effectif du taux spécifié ne correspond pas exactement au recyclage « à l'euro près » des recettes de la taxe.

¹⁵ Seule l'option AFC ne demande pas de spécifier de modalité d'ajustement. Par définition, le compte public peut s'ajuster librement par le niveau des déficits publics, sauf dans les cas très particuliers où l'évolution des dépenses compenserait spontanément l'évolution des recettes des administrations publiques. Les autres options imposent d'offrir un degré de liberté.

Il est également possible de différencier ces modalités en rendant variable l'une des grandeurs suivantes :

- le taux d'imposition sur le revenu $\tau_{IR,h}$;
- le niveau des autres transferts sociaux aux ménages $\rho_{A,h}$;
- le taux de cotisations sociales τ_{CS} ;
- les taux de TVA $\tau_{TVA,i}$;
- le taux de taxe carbone t_C .

Les différentes modalités d'ajustement du compte public correspondent à la contrainte AJUST de variantes de gestion des finances publiques (cf. Table C, page 326).

Modalités du dispositif de fiscalité carbone

Chaque dispositif de fiscalité carbone est défini par (i) le champ d'application de la taxe (ménages, systèmes productifs, délimitation due à des exonérations diverses, etc.), (ii) les taux de taxe t_{CI} (sur les systèmes productifs) et t_{CF} (sur les ménages) atteints au terme de l'horizon temporel considéré, (iii) les modalités d'affectation des recettes de la taxe qui peuvent combiner le financement (a) de compensations forfaitaires directes aux ménages ou aux entreprises, (b) d'une résorption des déficits publics ou d'une hausse des dépenses publiques de consommation ou d'investissement, (c) de la baisse de prélèvements obligatoires existants.

Champ d'application de la taxe

Dans le dispositif de référence, la taxe couvre l'ensemble des émissions de CO₂ nationales, qu'elle soient dues aux secteurs productifs ou aux ménages (taxe universelle) ; $CHAMTC_{CI,i}$ (émissions des consommations intermédiaires d'énergie) et $CHAMTC_{CF}$ (émissions des consommations finales d'énergie) prennent donc la valeur 1 dans les équations suivantes :

$$t_{CI,i} = t_C \cdot CHAMTC_{CI,i} \quad (87)$$

$$t_{CF} = t_C \cdot CHAMTC_{CF} \quad (88)$$

Dans le dispositif de référence, la taxe est universelle :

$$CHAMTC_{CF} = CHAMTC_{CI,i} = 1 \quad (89)$$

Dans les variantes il est possible d'exonérer les ménages (Equation 90), les secteurs (Equation 91) ou la fraction $\overline{\%_{ETS,i}}$ des émissions des secteurs couvertes par le système ETS (Equation 92). Le calcul de cette fraction est résumé dans l'Encart 10, page 314.

$$CHAMTC_{CF} = 0 \quad (90)$$

$$CHAMTC_{CI,i} = 0 \quad (91)$$

$$CHAMTC_{CI,i} = (1 - \overline{\%_{ETS,i}}) \quad (92)$$

Encart 10 : Principe de calcul de la fraction des émissions des secteurs d'IMACLIM-S.2.4 couvertes par le système européen de permis d'émission échangeables (EU-ETS)

Pour calculer et répartir les émissions issues d'activités vulnérables (intensives en énergie et exposées à la concurrence internationale), nous avons utilisé le périmètre délimité par le système de permis d'émission EU-ETS. Nous disposons des données du *Community Independent Transaction Log* (CITL) qui est l'organisme chargé de contrôler les émissions des installations couvertes par le système. Pour parvenir à une estimation, pour chacun des quatre secteurs d'IMACLIM-S.2.4, de la proportion des émissions concernées, nous avons utilisé la correspondance des nomenclatures suivante :

IMACLIM-S.2.4	Comptabilité nationale	CITL (émissions des installations ETS, 2006)
Carburant	61%*G15 (Raffinage)*	61%*Refineries (2)
Energies du logement	39%*G15*	39%*Refineries (2)
	G14 (Cokéfaction)	Coke Ovens (3)
	G21 Elec, Gaz, Chaleur	Combustion (1)
Energies du logement	G11 Extraction Charbon	-
	G12 Ext. Hydrocarbures	-
	G13 Ext Uranium	-
Composite	Reste	Reste

*Les émissions des produits pétroliers raffinés sont réparties en proportion des usages finaux.

En supposant, d'une part, que la proportion des émissions couvertes dans les émissions totale du pays est en 2004 identique à celle observée en 2007, et d'autre part, que la proportion des émissions couvertes dans les émissions des deux secteurs de transformation d'énergie est la même (production de carburant et production d'énergie dans le logement), nous obtenons au terme du calcul suivant les fractions couvertes pour chacun des secteurs d'IMACLIM-S.2.4.

Donnée	Valeur	Source
Emissions de CO ₂ totales sur le territoire français	403 MtCO ₂	CITEPA pour 2007
Emissions couvertes par le système ETS en 2007	127 MtCO ₂	CITL pour 2007
<i>Fraction des émissions couvertes en 2007</i>	31,5%	<i>(Calcul)</i>
Emission de CO ₂ totales IMACLIM-S.2.4 en 2004	412 MtCO ₂	procédure d'Hybridation
<i>Estimations des émissions couvertes en 2004</i>	130 MtCO ₂	<i>(Calcul)</i>
Fraction des émissions couvertes dues aux secteurs de transformation d'énergie	68,8%	CITL pour 2007
<i>Estimation des émissions couvertes en 2004 et dues aux secteurs de transformation d'énergie</i>	90 MtCO ₂	<i>(Calcul)</i>
Emissions de CO ₂ dues à la transformation d'énergie (carburant et autres énergies)	100 MtCO ₂	procédure d'Hybridation
<i>Estimation de la fraction couvertes des émissions de « carburants » et d'« autres E. » en 2004</i>	90 %	<i>(Calcul)</i>

Estimation de la fraction couvertes des émissions du secteur « composite » en 2004	24,8 %	(Calcul, solde)
---	--------	-----------------

Les différentes modalités définissant le périmètre de la taxe (assiette) correspondent à une même contrainte PERTC de variantes de dispositif (cf. Table C, page 326).

Système de compensations directes

Dans le dispositif de référence, aucune compensation directe des ménages ou des systèmes productifs n'est mise en œuvre :

$$T_{COMP,h} = 0 \quad (93)$$

$$T_{COMP,i} = 0 \quad (94)$$

Dans les variantes de dispositifs, trois options de compensation des ménages sont envisagées :

- Une « *allocation universelle partielle* » qui correspond à la restitution des montants prélevés sur le contenu carbone des consommations d'énergie des ménages (Equation 95). Ces prélèvements comprennent la taxe carbone mais aussi la hausse de TVA qui lui est associée¹⁶. Les administrations publiques transfèrent à chaque classe de ménages un montant identique par unité de consommation, UC¹⁷ (i.e. les transferts à chaque classe sont modulés par la taille et la composition des ménages).
- Une « *exonération de « besoins de base » en CO₂* » de taxe carbone et de TVA associée (Equation 96). Le niveau b_{UC} de besoin de base en CO₂ est également supposé identique par UC. Le calcul du niveau de besoin de base qui est considéré dans l'étude est présenté dans l'Encart 11, page 316.
- Une « *allocation universelle intégrale* » (Equation 97) qui correspond au transfert de l'ensemble des recettes totales de taxe carbone et de TVA associée (sur les ménages et les systèmes productifs). Les administrations transfèrent à chaque classe de ménages un montant identique par UC.

$$T_{COMP,h} = CHAMCD_h \overline{\omega_{UC,h}} \sum_{i=1}^n \sum_{h=1}^m \left(t_{CF} \gamma_{CF,i} (1 + \tau_{TVA,i}) C_{i,h} \right) \quad (95)$$

$$T_{COMP,h} = CHAMCD_h \overline{\omega_{UC,h}} \sum_{h=1}^m \sum_{i=1}^n \left(t_{CF} \gamma_{CF,i} (1 + \tau_{TVA,i}) \sum_{UC} (b_{uc}) \right) \quad (96)$$

$$T_{COMP,h} = CHAMCD_h \overline{\omega_{UC,h}} \sum_{i=1}^n \left[\sum_{i=1}^n \left(t_{CF} \gamma_{CF,i} (1 + \tau_{TVA,i}) C_{i,h} \right) + \sum_{j=1}^n \left(t_{CI} \gamma_{CI,ji} \alpha_{ji} Y_i \right) \right] \quad (97)$$

¹⁶ La TVA sur les produits énergétiques est assise sur le prix de vente, taxe carbone comprise.

¹⁷ Selon l'échelle d'équivalence de l'OCDE.

où $\overline{\omega_{UC,h}}$ désigne la proportion des unités de consommation nationales appartenant à la classe h et $CHAMCD_h$ le champ du système de compensation directe (classes de ménages éligibles). Par défaut, cette dernière prend la valeur 1 pour tout h (ie. toutes les classes bénéficient des compensations).

Encart 11 : Un principe de calcul de « besoin essentiel » énergétique : le cas de l'automobile

La notion de « besoin essentiel » désigne la quantité d'énergie - exprimé en unité physique, par exemple, en tonnes équivalents pétrole – nécessaire pour produire les services énergétiques de première nécessité (mobilité, chauffage, hygiène, alimentation, etc.). Le calcul de cette quantité est soumis à de fortes incertitudes et les administrations publiques n'ont pas toute l'information sur l'accès aux infrastructures, les équipements ou les comportements des ménages qui déterminent leurs besoins. Par ailleurs, une part de subjectivité et de liberté de choix intervient dans la détermination de ces besoins (par exemple, un ménages de montagne jugera certainement plus acceptable certaines variations de températures qu'un ménages urbain). On touche à la question difficile de savoir s'il appartient à la responsabilité publique d'orienter les choix de modes de vie, et dans ce cas, comment le faire d'une manière acceptable et transparente. La question du niveau de consommation d'énergie garanti par la collectivité est par conséquent loin d'être réglée. Mais pour qu'elle soit discutée en respectant un principe de transparence, il est utile de proposer un mode de calcul explicite.

Dans notre étude nous avons pris comme illustration l'exemple de l'exonération d'un besoin essentiel en mobilité automobile. Ce besoin est défini comme la quantité de carburant nécessaire en moyenne aux trajets annuels domicile-travail. Il permet de prendre en compte la situation de ménages pauvres captifs, contraint à court terme d'utiliser leur l'automobile, du fait de leur domiciliation et de leur lieu de travail. Le tableau ci-dessous résume le calcul.

Donnée	Valeur	Source
Trajet moyen domicile-travail	7,9 km	INSEE
Temps annuel de travail des salariés	214 jours	INSEE
<i>Trajet annuel domicile-travail</i>	<i>3 381 km</i>	<i>(Calcul)</i>
Consommation moyenne des véhicules particuliers	7,16 litres aux 100 km	INSEE
<i>Consommation annuelle domicile-travail</i>	<i>242 litres</i>	<i>(Calcul)</i>
Contenu énergétique moyen des carburants	8,18 10 ⁻⁴ TEP par litre	INSEE (recomposé)
<i>Base d'exonération des carburants</i>	<i>0,198 TEP</i>	<i>(Calcul)</i>

Un calcul de ce type peut bien évidemment être affiné, aisément différencié (tissu urbain, offre d'infrastructures routières ou de transport public, etc.) et étendu aux services énergétiques dans le logement (consommations énergétiques pour atteindre un niveau d'éclairage et de température plancher, et d'utilisation minimale des équipements ménagers).

Par ailleurs, une modalité de compensation des systèmes productifs est envisagée. Les recettes perçues sur la fraction des émissions couvertes par le système EU-ETS sont restituées aux secteurs sous la forme d'une baisse du taux d'imposition (ou une hausse des subventions) sur la production ($\tau_{v,i}$). Cette compensation s'effectue sous la contrainte suivante :

$$T_{COMP,i} = \sum_{j=1}^n \left((1 - \overline{\%_{ETS,i}}) t_{CI} \gamma_{CI,ji} \alpha_{ji} Y_i \right) \quad \text{et} \quad \tau_{Y,i} = \frac{\overline{\tau_{Yi0}}}{p_i Y_i} \quad (98)$$

Les différentes modalités de compensation directe des ménages et des systèmes productifs correspondent respectivement aux contraintes COMPH et COMPS de variantes de dispositif (cf. Table C, page 326).

Recyclage « à l'euro près »

Trois variantes de recyclage des recettes dans le financement d'une baisse d'impôts existants sont simulées. Ce recyclage est effectué en ajustant le taux désigné, après déduction des montants affectés au système de compensation directe $T_{COMP,h}$ et $T_{COMP,i}$. Il s'effectue en respectant les contraintes suivantes qui traduisent, pour les différentes options, la règle d'un recyclage « à l'euro près » :

- La *baisse des cotisations sociales* est le recyclage de référence (Equation 99).
- Une part $\delta_{\pi i}$ des allègements de charges peut être récupérée par les profits π_i (Equations 99).
- L'option d'une *baisse de la TVA* peut également être simulée (Equation 101).
- Ou encore *aucun recyclage* « à l'euro près » (Equation 102), ce qui revient à maintenir tous les taux de fiscalité constants sauf ceux qui servent le cas échéant à ajuster le budget public (les éléments de l'ensemble AJUST). Dans ce cas, les recettes de la taxe carbone sont affectées comme les autres prélèvements obligatoires au budget général des administrations publiques.

$$T_{CS} = \overline{\tau_{CS0}} \sum_{i=1}^n w_i l_i Y_i - \left[T_{CARB} - \sum_h^m T_{COMP,h} - \sum_i^m T_{COMP,i} \right] \quad (99)$$

$$\sum_{i=1}^n \pi_i p_i Y_i = \sum_{i=1}^n \overline{\pi_{i0}} \overline{p_{i0}} \overline{Y_{i0}} - \delta_{\pi i} \left[T_{CARB} - \sum_h^m T_{COMP,h} - \sum_i^m T_{COMP,i} \right]$$

$$\text{et} \quad T_{CS} = \overline{\tau_{CS0}} \sum_{i=1}^n w_i l_i Y_i - (1 - \delta_{\pi i}) \left[T_{CARB} - \sum_h^m T_{COMP,h} - \sum_i^m T_{COMP,i} \right] \quad (100)$$

$$T_{TVA} = \sum_{i=1}^n \frac{\overline{\tau_{TVA,i0}}}{1 + \tau_{TVA,i0}} (p_{C,i} C_i + p_{G,i} G_i + p_{L,i} I_i) - \left[T_{CARB} - \sum_h^m T_{COMP,h} - \sum_i^m T_{COMP,i} \right] \quad (101)$$

$$\forall k \in \{CS, TVA, \dots\} \text{ et } k \notin \{AJUST\}, \quad \tau_k = \overline{\tau_{k0}} \quad (102)$$

Les différentes modalités de recyclage « à l'euro près » correspondent à une même contrainte RECYCL de variantes de dispositif (cf. Table C, page 326).

Taxe endogène pour atteindre une cible d'abattement d'émission de CO₂

Dans la configuration de référence, le niveau de taxe est une hypothèse de scénario (on suppose quelle résulte d'un compromis politique, équation 103) : c'est l'approche « coût-efficacité » utilisée pour évaluer les effets d'une politique climatique. Mais dans ce cas, les diverses modalités d'une même taxe carbone peuvent aboutir à des niveaux différents d'émission de CO₂. Il est alors courant en économie du climat d'imposer le niveau d'abattement δ_{CO_2} et de calculer le niveau de taxe nécessaire pour atteindre cette cible. Pour simuler cette variante analytique, on libère le taux t_c de taxe et on impose la contrainte 104 sur le niveau d'émission.

$$t_c = t_c \quad (103)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{CI,ji} \alpha_{ji} Y_i + \sum_{i=1}^n \gamma_{CF,i} C_i = (1 - \delta_{CO_2}) \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{CI,ji0} \alpha_{ji0} Y_{i0} + \sum_{i=1}^n \gamma_{CF,i0} C_{i0} \right) \quad (104)$$

Les deux modalités d'analyse de la politique climatique correspondent à une même contrainte TAXNIV de variantes de dispositif (cf. Table C, page 326).

Revenu disponible brut, dépenses, investissement et transfert

Similaire à celui des ménages et des sociétés (selon la même logique prévalant au TEE), R_{DBG} le revenu disponible brut des administrations publiques est composé de la somme des prélèvements obligatoires T et de parts exogènes $\overline{\omega_{KG}}$ de l'EBE et $\overline{\omega_{ATG}}$ des « autres transferts » A_T , dont on soustrait les dépenses publiques $p_G G$, les transferts sociaux R_P , R_U et R_A , ainsi que le service de la dette $i_G D_G$:

$$R_{DBG} = T + \overline{\omega_{KG}} EBE + \overline{\omega_{ATG}} A_T - \sum_{i=1}^n p_{G,i} G_i - R_P - R_U - R_A - i_G D_G \quad (105)$$

Dans la configuration de référence, les dépenses publiques $p_G G$ suivent l'évolution de la richesse nationale ; elles sont supposées constituer une part constante du PIB :

$$\frac{\sum_{i=1}^n p_{G,i} G_i}{PIB} = \frac{\sum_{i=1}^n \overline{p_{Gi0}} G_{i0}}{PIB_0}, \quad (106)$$

Les transferts sociaux R_P , R_U et R_A sont la somme sur l'ensemble des classes de ménages h des transferts par classe définis plus haut comme composantes du revenu disponible brut avant impôt des classes, $R_{DBAI,h}$ (Equation 40) :

$$R_P = \sum_{h=1}^m N_{P,h} p_{P,h} \quad (107)$$

$$R_U = \sum_{h=1}^m N_{U,h} \rho_{U,h} \quad (108)$$

$$R_A = \sum_{h=1}^m \overline{N_h} \rho_{A,h} , \quad (109)$$

sachant que les transferts par tête ρ_P , ρ_U et ρ_A sont indexés sur le salaire moyen :

$$\forall K \in [P, U, A], \forall h \in [1, m] \quad \rho_{K,h} = \frac{w}{w_0} \overline{\rho_{K,h0}} \quad (110)$$

Enfin, le taux i_G auquel les intérêts de la dette D_G sont servis suit une même évolution que i_H et i_S (Equation 126, page 322).

Dans la configuration de référence, l'investissement public $FBCF_G$, comme les dépenses pG_G , est supposé constituer une part constante du PIB. Soustrait au RDB il donne la CAF, qui détermine l'évolution de la dette D_G :

$$\frac{FBCF_G}{PIB} = \frac{\overline{FBCF_{G0}}}{\overline{PIB_0}} \quad (111)$$

$$CAF_G = R_{DBG} - FBCF_G \quad (112)$$

$$D_G = \overline{D_{G0}} + \frac{t_{REF}}{2} \left(\overline{CAF_{G0}} - CAF_G \right) \quad (113)$$

Dans les variantes de gestion des finances publiques les règles d'évolution des dépenses publiques de consommation et d'investissement (contrainte DEPPUB) et la modalité d'indexation des transferts sociaux (INDEXT) peuvent être modifiées (cf. Table C, page 326). Il est possible de faire évoluer endogènement le niveau des volumes de consommation et d'investissement publics n ajustant le taux de variation $r_{G,FBCFH}$ (équation 114), de maintenir ces volumes constants en termes réels (équation 115), de les faire évoluer selon un facteur de scénario $\delta_{G,FBCFG}$ (équation 116), et d'indexer les transferts sur le niveau des prix à la consommation (IPC) :

$$G_i = (1 + r_{G,FBCFG}) \overline{G_{i0}} \quad \text{et} \quad \frac{FBCF_G}{P_{I,i}} = (1 + r_{G,FBCFG}) \frac{\overline{FBCF_{G0}}}{\overline{P_{I,i0}}} \quad (114)$$

$$r_{G,FBCFG} = 0 \quad (115)$$

$$r_{G,FBCFG} = \delta_{G,FBCFG} \quad (116)$$

$$\forall K \in [P, U, A], \forall h \in [1, m] \quad \rho_{K,h} = IPC \overline{\rho_{K,h0}} \quad (117)$$

1.5. « Reste-du-monde »

Echanges de biens et services

En matière d'échanges internationaux l'hypothèse retenue est celle d'une économie ouverte dont le poids ne suffit pas à influencer les prix de vente mondiaux. Par conséquent, l'ensemble des prix à l'importation $p_{M,i}$ conservent leur valeur relative (Equation 20).

On suppose alors, pour la majorité des biens, que le ratio des importations à la production domestique d'une part, et les volumes exportés « absolus » d'autre part, sont élastiques aux termes de l'échange, selon des élasticités fixes propres à chaque bien¹⁸ :

$$\frac{M_i}{Y_i} = \frac{\overline{M}_{i0}}{\overline{Y}_{i0}} \left(\frac{\overline{p}_{M,i0}}{\overline{p}_{Y,i0}} \frac{p_{Y,i}}{p_{M,i}} \right)^{\sigma_{Mp,i}} \quad (118)$$

$$\frac{X_i}{X_{i0}} = \left(\frac{\overline{p}_{M,i0}}{\overline{p}_{X,i0}} \frac{p_{X,i}}{p_{M,i}} \right)^{\sigma_{Xp,i}} \quad (119)$$

La différence de traitement des importations et des exportations ne fait que traduire l'hypothèse que, hors variations des termes de l'échange, les volumes importés progressent proportionnellement à l'activité économique (la production domestique), tandis que ceux exportés ne varient pas (la demande mondiale est supposée constante). Elle implique cependant qu'une amélioration des termes de l'échange ne signifie pas nécessairement une amélioration de la balance commerciale, selon les variations de l'activité concomitantes.

Une exception est faite à cette règle. Dans cette version d'IAMCLIM calibrée sur la France, les importations d'énergies fossiles brutes sont supposées constituer mécaniquement le solde des ressources nécessaires à l'équilibre des marchés en question, étant donné une hypothèse de fixité des productions domestiques d'énergies fossiles (négligeables dans les périodes récentes).

Dans la configuration de référence du modèle, les élasticités aux termes de l'échange prennent la valeur définie dans le paramétrage de référence (cf. Table BB, page 364).

$$\sigma_{Xp,i} = \sigma_{Xp,i0} \quad \text{Et} \quad \sigma_{Mp,i} = \sigma_{Mp,i0} \quad (120)$$

Les variantes de sensibilité des échanges aux évolutions des prix sont simulées grâce aux facteurs $\delta_{\sigma X}$ et $\delta_{\sigma M}$ appliqués respectivement aux élasticités de référence :

$$\sigma_{Xp,i} = \delta_{\sigma X} \sigma_{Xp,i0} \quad \text{Et} \quad \sigma_{Mp,i} = \delta_{\sigma M} \sigma_{Mp,i0} \quad (121)$$

¹⁸ Etant donné l'hypothèse de prix internationaux invariants, les ratios M/Y et les volumes X sont *de facto* élastiques aux seules variations des prix de production et d'exportation.

Les différentes modalités de sensibilité du commerce international aux termes de l'échange correspondent à une même contrainte EXPOS de variantes d'exposition à la concurrence sur les marchés des biens et services (*cf.* Table C, page 326).

Flux de capitaux et CAF

Les flux de capitaux du RDM ne se voient pas assigner un comportement spécifique, mais sont simplement déterminés comme le solde des flux de capitaux des trois secteurs institutionnels nationaux (ménages, sociétés, administrations publiques), afin de garantir l'équilibre comptable des échanges. Cette hypothèse détermine la CAF_{RDM} du RDM, qui, à nouveau, détermine l'évolution de D_{RDM} , sa dette financière nette :

$$CAF_{RDM} = \sum_{i=1}^n p_{M,i} M_i - \sum_{i=1}^n p_{X,i} X_i + \sum_{K=H,S,G} i_K D_K - \sum_{K=H,S,G} A_{TK} \quad (122)$$

$$D_{RDM} = \overline{D_{RDM0}} + \frac{t_{REF}}{2} (\overline{CAF_{RDM0}} - CAF_{RDM}) \quad (123)$$

Par construction les CAF des quatre agents s'équilibrent donc (leur somme est nulle), et en conséquence, les positions nettes, systématiquement construites sur ces CAF, se compensent également¹⁹.

Enfin, comme nous l'avons évoqué, les autres transferts A_T (« autres transferts courants » et « transferts en capital » de la comptabilité nationale) sont supposés constituer une part fixe du PIB²⁰ :

$$\frac{A_T}{PIB} = \frac{\overline{A_{T0}}}{\overline{PIB_0}} \quad (124)$$

1.6. Equilibres sur les marchés

Biens et services

L'équilibre sur le marché des biens est un simple équilibre comptable entre ressources (production et importations) et emplois (consommation des ménages et des administrations publiques, investissement, exportations). Grâce à la procédure d'hybridation, pour les biens énergétiques cette équation est posée en MTEP et conforme au bilan énergétique 2004 de l'AIE (les G et I de ces biens sont nuls par définition).

¹⁹ L'hypothèse d'une « compensation » systématique par le RDM des revenus de la propriété des agents nationaux, sans lien avec la dette D_{RDM} , résulte de notre choix de bouclage (*cf.* chapitre 3, paragraphe 3.1, page 97).

²⁰ La somme sur les agents des comptes D7 et D9 étant par définition nulle (transferts entre agents) A_T est en fait calibré sur la somme des autres transferts strictement positifs. En conséquence les parts ω_{ATH} , ω_{ATS} , ω_{ATG} et ω_{ATRDM} sont à proprement parler des ratios puisque leur somme est par construction égale à 0.

$$Y_i + M_i = \sum_h C_{i,h} + G_i + I_i + X_i \quad (125)$$

Investissement et flux de capitaux

Les taux d'intérêt apparents i_H , i_S et i_G auxquels font face les ménages, les sociétés et les administrations publiques permettent d'équilibrer le marché de l'investissement : leur évolution, d'un différentiel de points δ_i supposé identique (Equation 126), modifie le revenu disponible des ménages R_{DBG} et celui des sociétés R_{DBS} , dont découlent directement leurs FBCF respectives $FBCF_H$ et $FBCF_S$, de manière à ce que leur offre de capital, associée à la FBCF publique $FBCF_G$, assure le financement des immobilisations $p_{i,i} I_i$ (Equation 127). Ces immobilisations se font quant à elles de façon à ce que le ratio de la consommation de capital fixe réelle totale (la somme des $k_i Y_i$), à chacun des volumes immobilisés I_i , soit constant. En d'autres termes, le capital immobilisé par les différents secteurs est supposé homogène, et l'ensemble de ses composantes varient comme la consommation agrégée de capital fixe.

$$\forall K \in [H, S, G] \quad i_K = \overline{i_{K0}} + \delta_i \quad (126)$$

$$\sum_{K=H,S,G} FBCF_K = \sum_{i=1}^n p_{i,i} I_i \quad (127)$$

$$\frac{I_i}{\sum_{j=1}^n k_j Y_j} = \frac{\overline{I_{i0}}}{\sum_{j=1}^n \overline{k_{j0}} \overline{Y_{j0}}} \quad (128)$$

La clôture du modèle se fait donc sur l'offre d'investissement des agents, qui s'adapte mécaniquement à la demande d'investissement des productions. Par la variation des taux d'intérêt, elle induit des variations de flux financiers entre agents créditeurs et débiteurs, qui se traduisent ultimement dans l'évolution de leurs positions financières nettes. Dès lors que l'option budgétaire retenue pour le comportement des administrations publiques suppose un quelconque contrôle de l'endettement, un effet en retour est obtenu par l'ajustement des fiscalités qui sont désignées comme les variables de ce contrôle (par exemple les cotisations sociales dans la configuration de référence).

Emploi

L'équilibre sur le marché de l'emploi résulte de la confrontation de l'offre d'emploi des systèmes de production, égal à la somme de leurs demandes de facteur $l_i Y_i$, et de l'offre de travail des ménages. La dotation en travail des ménages L est supposée constante (calibrée sur le total équivalent-temps-plein de la population active en référence), mais le modèle autorise un taux de chômage u non nul et la condition d'équilibre s'écrit donc :

$$(1 - u) \overline{L} = \sum_{i=1}^n l_i Y_i \quad (129)$$

Plutôt que de caractériser un comportement d'offre de travail, le modèle se contente de déduire les variations de u d'une courbe salaire-chômage, qui décrit une corrélation empirique entre une cible d'évolution du salaire moyen réel w et le taux de chômage u , traduite par l'élasticité σ_{wU} :

$$\frac{w}{IP_w} = \overline{w_0} \left(\frac{u}{u_0} \right)^{\sigma_{wU}} \quad (130)$$

Sans prendre parti pour une interprétation en termes de pouvoir de négociation du salarié face à son employeur, ou pour les théories du salaire d'efficience, l'intuition sous-jacente et immédiate est que toute hausse du chômage crée une pression à la baisse sur les salaires. IP_w désigne l'indice de prix qui est pris comme référence dans les négociations salariales.

Plusieurs alternatives d'indexation et de sensibilité σ_{wU} du salaire négocié à l'évolution du chômage peuvent être considérées.

Dans la configuration de référence du modèle, ce sont les prix internationaux qui servent de référence pour l'indexation, ceci pour rendre compte d'un des effets de la concurrence internationale sur les marchés des biens et services. Puisque ces prix sont fixes (hypothèse petit pays), la valeur 1 est affectée au paramètre exogène IP_w . La sensibilité du salaire négocié est celle du calibrage de référence (cf. Table BB, page 364).

$$IP_w = 1 \quad (131)$$

$$\sigma_{wU} = \sigma_{wU0} \quad (132)$$

- Une autre référence d'indexation considérée est l'indice des prix à la consommation :

$$IP_w = IPC \quad (133)$$

- Les variantes de sensibilité du salaire négocié sont simulées grâce au facteur $\delta_{\sigma_{wU}}$ appliqué à l'élasticité de référence :

$$\sigma_{wU} = \delta_{\sigma_{wU}} \sigma_{wU0} \quad (134)$$

Les différentes modalités d'indexation correspondent à une même contrainte INDEX et celles de la sensibilité du salaire négocié à la contrainte SALNE de variantes de fonctionnement du marché du travail (cf. Table C, page 326). D'autres formes fonctionnelles servant à représenter d'autres théories du fonctionnement du marché du travail sont également envisagées par Thubin (2012). Dans cette étude nous nous limitons à l'utilisation d'une courbe salaire-chômage (Equation 130) ; celle-ci nous permet de représenter les diverses conceptions à propos des effets possibles de la réforme sur le partage de la valeur ajoutée.

Les variations d'emploi correspondant à l'évolution de u sont ensuite réparties entre les classes de ménages selon leur taux de chômage spécifique u_h :

$$\mathbf{u}_h = \frac{\overline{\mathbf{u}}}{\overline{u_{h0}}} \quad (135)$$

d'où $\mathbf{N}_{U,h}$ le nombre de chômeurs de chaque classe :

$$\mathbf{N}_{U,h} = \mathbf{u}_h \overline{L_h} \quad (136)$$

$\mathbf{N}_{L,h}$ le nombre d'actifs occupés de la classe h (défini comme $L_h - \mathbf{N}_{U,h}$) permet en outre de définir la part $\omega_{L,h}$ des revenus du travail qui revient à la classe h :

$$\omega_{L,h} = \frac{\frac{\mathbf{N}_{L,h}}{\mathbf{N}_{L,h0}} \overline{\omega_{L,h0}}}{\sum_{h=1}^m \frac{\mathbf{N}_{L,h}}{\mathbf{N}_{L,h0}} \overline{\omega_{L,h0}}} \quad (137)$$

1.7. Configuration de référence et configurations en variantes

Les deux tableaux suivants résument les caractéristiques de la configuration de référence (Table B) et les configurations alternatives qui peuvent être formées dans l'architecture modulable IMACLIM-S.2.4 (Table C).

Table B : Configuration de référence

Domaine	Contrainte	Intitulé	Equation
Dispositif de fiscalité carbone	Périmètre d'application de la taxe (assiette)	Taxe carbone universelle (ensemble des émissions des ménages et des entreprises)	Equation 89, page 313
	Compensation forfaitaire directe des ménages	Aucune compensation	Equation 93, page 315
	Recyclage de la taxe carbone « euro pour euro »**	Baisse des cotisations sociales	Equation 99, page 317
	Taxe et niveau d'abattement des émissions de CO ₂	Taxe carbone exogène et niveau d'abattement endogène	Equation 103, page 318
Gestion des finances publiques	Options de politique budgétaire	Ratio de la dette publique au PIB constant (RDPC)	Equation 84, page 312
	Ajustement du compte public	Variable d'ajustement identique à la variable de recyclage	Cf. page 312
	Dépenses de consom. et d'investissement publics	Budgets constants en proportion du PIB	Equation 85 et 80, page 24 et 25
	Indexation des transferts sociaux	Sur le niveau des salaires	Equation 89, page 25
Réforme des retraites	Repport de l'âge légal de départ en retraite	Ratio démographique et nombre de retraités constants	Equation 37, page 301
Marché du travail	Cible d'indexation des négociations salariales	Prix internationaux (forte exposition à la concurrence internationale)	Equation 131, page 323
	Sensibilité du salaire négocié au taux de chômage	Paramétrage de référence (cf. Table BB, page 364)	Equation 132, page 323
« Potentiels de décarbonisation »	Flexibilité des ménages	Paramétrage de référence (cf. Table BB, page 364)	Equation 48, page 303
	Flexibilité des systèmes productifs	Paramétrage de référence (cf. Table BB, page 364)	Equation 61 à 63, page 308
Exposition à la concurrence internationale sur les marchés des biens et services	Sensibilité du commerce international aux termes de l'échange	Paramétrage de référence (cf. Table BB, page 364)	Equation 120, page 320
Tensions énergétiques mondiales	Prix d'importation du pétrole brut	Paramétrage de référence (cf. page 354)	Equation 22, page 298
Déterminants des effets distributifs entre classes de ménages	Sensibilités aux prix et aux revenus des consommations d'énergie non-contraintes ***	Aucune hétérogénéité	Equation 52, page 304
	Niveaux de besoin essentiels en énergie	Aucune hétérogénéité	Equation 54, page 304

Table C : Configurations alternatives

Domaine	Contrainte	Modalité	Intitulé	Equation
Dispositif de fiscalité carbone	Périmètre d'application de la taxe (assiette) (PERTC)	PERTC-0	<i>Taxe carbone universelle (ensemble des émissions des ménages et des entreprises)</i>	Equation 89, page 313
		PERTC-1	Exonération des ménages	Equation 90, page 313
		PERTC-2	Exonération des systèmes productifs	Equation 91, page 314
		PERTC-3	Exonération des émissions des installations couvertes par ETS	Equation 92, page 314
	Compensation forfaitaire directe des ménages (COMPH)	COMPH-0	<i>Aucune compensation</i>	Equation 93, page 315
		COMPH-1	Allocation universelle partielle (TVA et TC)	Equation 95, page 315
		COMPH-2	Exonération d'un niveau b_{UC} de « besoins de base » en CO ₂	Equation 96, page 315
		COMPH-3	Allocation universelle intégrale (TVA et TC)	Equation 97, page 315
	Compensation des systèmes productifs (COMPS)	COMPS-0	<i>Aucune compensation</i>	Equation 94, page 315
		COMPS-1	Restitution des recettes perçues sur les émissions couvertes par ETS sous la forme d'une baisse d'impôts ou d'une subvention à la production	Equation 98, page 317
	Recyclage de la taxe carbone « euro pour euro » (RECYC)	RECYCL-0	<i>Baisse des cotisations sociales</i>	Equation 99, page 317
		RECYCL-1	Partage des allègements entre hausse des profits et baisse des cotisations, selon le facteur δ_{pi} (part captée par les marges)	Equation 100, page 317
		RECYCL-2	Baisse de la TVA	Equation 101, page 317
		RECYCL-3	Aucun recyclage	Equation 102, page 317
	Taxe carbone et niveau d'abattement des émissions de CO ₂	TAXNIV-0	<i>Taxe carbone exogène et niveau d'abattement endogène</i>	Equation 103, page 318
		TAXNIV-1	Taxe carbone endogène et niveau d'abattement exogène	Equation 104, page 318

Gestion des finances publiques	Options de politique budgétaire (FINPUB)	<i>FINPUB-0</i>	<i>Ratio de la dette publique au PIB constant (RDPC)</i>	Equation 84, page 312
		FINPUB-1	« Autres taux de fiscalité constants » (AFC)	Equation 82, page 312
		FINPUB-2	« Pression fiscale constante » (PFC)	Equation 83, page 312
		FINPUB-3	Objectif de désendettement public selon le facteur δ_{DP} (pourcentage requis de baisse du ratio Dette publique/PIB)	Equation 85, page 312
	Ajustement du compte public	<i>AJUST-0</i>	<i>Variable d'ajustement identique à la variable de recyclage</i>	<i>Cf. page 312</i>
		AJUST-1	Taux d'imposition sur le revenu	<i>Cf. page 312</i>
		AJUST-2	Montants des transferts sociaux aux ménages	<i>Cf. page 312</i>
		AJUST-3	Taux de cotisations sociales	<i>Cf. page 312</i>
		AJUST-4	Taux de TVA	<i>Cf. page 312</i>
		AJUST-5	Taux de taxe carbone	<i>Cf. page 312</i>
	Dépenses et investissement (DEPPUB)	<i>DEPPUB-0</i>	<i>Budgets constants en proportion du PIB</i>	Equation 111 et 106, page 318 et 319
		DEPPUB-1	Volumes constants	Equation 115, page 319
		DEPPUB-2	Volumes ajustés du paramètre $\delta_{G,FBCF}$ (pourcentage d'augmentation des volumes de consommation et d'investissement publics)	Equation 116, page 319
		DEPPUB-3	Ajustement endogène des volumes de consommation et d'investissement publics	Equation 114, page 319
	Indexation des transferts sociaux (INDEXT)	<i>INDEXT-0</i>	<i>Sur le niveau des salaires</i>	Equation 117, page 319
		INDEXT-1	Sur l'indice des prix à la consommation (IPC)	Equation 117, page 319
Réforme des retraites	Report de l'âge légal de départ en retraite	<i>REPAGE-0</i>	<i>Ratio démographique et nombre de retraités constants</i>	Equation 37, page 301
		REPAGE-1	Evolution exogène du ratio démographique selon de taux de variation δ_{DEM}	Equation 38, page 301
		REPAGE-2	Evolution endogène du ratio démographique	Equation 39, page 301

Fonctionnement du marché du travail	Cible d'indexation des négociations salariales (INDEX)	INDEX-0	Prix internationaux (forte exposition à la concurrence internationale)	Equation 131, page 323
		INDEX-1	Indice des prix à la consommation y.c. prix des énergies (faible exposition à la concurrence internationale)	Equation 133, page 323
	Sensibilité du salaire négocié au chômage	SALNE-0	Paramétrage de référence (cf. Table BB, page 364)	Equation 132, page 323
		SALNE-1	Sensibilité au taux de chômage selon le facteur δ_{owU}	Equation 134, page 323
« Potentiels de décarbonisation »	Flexibilité des ménages (FLEXH)	FLEXH-0	Paramétrage de référence (cf. Table BB, page 364)	Equation 48, page 303
		FLEXH-1	Consommations de CO ₂ des ménages rigides	Equation 55, page 306
		FLEXH-2	Possibilité de substitution ajustée par le facteur δ_{PTH}	Equation 56, page 306
	Flexibilité des systèmes productifs (FLEXS)	FLEXS-0	Paramétrage de référence (cf. Table BB, page 364)	Equation 61 à 63, page 308
		FLEXS-1	Aucune possibilité de substitution technique	Equation 68, page 309
		FLEXS-2	Potentiels de substitution ajustés selon le facteur δ_{PTS}	Equation 69, page 310
Exposition à la concurrence internationale	Sensibilité aux prix de production domestiques du commerce international de biens et services (EXPOS)	EXPOS-0	Paramétrage de référence (cf. Table BB, page 364)	Equation 120, page 320
		EXPOS-1	Sensibilité des volumes exportés et importés selon les facteurs δ_{oX} et δ_{oM} .	Equation 121, page 320
Tensions énergétiques mondiales	Prix d'importation du pétrole brut (CHOCP)	CHOCP-0	Paramétrage de référence (cf. Procédure de calibrage, page 354)	Equation 22, page 298
		CHOCP-1	Niveau du prix d'import du pétrole selon le facteur $\delta_{pM,PET}$	Equation 21, page 297
Effets distributifs entre ménages	Sensibilités aux prix et aux revenus des consommations d'énergie non-contraintes (SENSH)	SENSH-0	Aucune hétérogénéité	Equation 52, page 304
		SENSH-1	Ecart de la sensibilité de la classe inférieure par rapport à celle de la classe supérieure variable (selon le facteur $f_{\theta,h}$)	Equation 50, page 304
	Niveaux de besoin essentiels en énergie (BASEH)	BASEH-0	Aucune hétérogénéité	Equation 54, page 304
		BASEH-1	Ecart du niveau de la classe inférieure par rapport à celui de la classe supérieure variable (selon le facteur $f_{\theta,h}$)	Equation 53, page 305

II. Origine et traitement des données

Le système d'équation précédent permet de calculer un jeu de statistiques résumant l'activité économique du pays sur une année. Le système de comptabilité intégré qui offre cette description et les principes de sa construction ont été présentés au chapitre 4. Nous donnons ici la structure des tableaux comptables d'IMACLIM-S.2.4 (section II.1), les éléments nécessaires à leur construction - le détail des sources de données, les correspondances entre les nomenclatures et la liste des manipulations – (section II.2), et les tableaux construits pour l'année de base (2004), ainsi que ceux projetés à l'horizon 2020 (section II.3).

II.1. Structure des tableaux comptables d'IMACLIM-S.2.4

Le système comptable d'IMACLIM-S.2.4 se compose des quatre types de tableaux :

- les Tableaux Entrées-Sorties (TES) qui enregistrent les transactions monétaires associées aux échanges de biens et services (Table D) ;
- le Tableau Economique d'Ensemble (TEE) qui enregistre les sources, usages et échanges de revenus des agents (Table E) ;
- le Tableau Démographique qui décrit la structure de la population (Table F) ;
- les Tableaux Entrées-Sorties qui enregistrent les volumes, les prix et les coefficients d'émissions de CO₂ associés aux échanges et aux consommations d'énergies.

Les tableaux précisent la définition de chaque entrée, ainsi que la correspondance avec les concepts du système de comptabilité nationale français (codes SNF) et le lien avec la formalisation mathématique du modèle, présentée plus haut¹.

¹ Les définitions des concepts de la comptabilité nationale française sont accessibles en ligne sur le site de l'INSEE. Seul le concept de *marges spécifiques* est absent de la comptabilité française. Il permet de distinguer la marge faite sur la vente de produits énergétiques à différents acheteurs (aux différents secteurs et ménages, et à l'export). Ces marges sont estimées à partir des équations de prix (équations 6 à 10 page 301) de manière à reproduire l'hétérogénéité des tarifs hors taxe observée dans les statistiques énergétiques (« *Energy Prices and Taxes* », AIE, 2007).

Table D : Tableau Entrées-Sorties d'IMACLIM-S.2.4 : description comptable des flux de biens en unité monétaire

		Branches de production - j				Emplois finaux (VEF _j)				Emplois (E _j)
		1- Comp.	2- Pét. brut	3- Carbu.	4- Autr. Énerg.	Codes SNF	VC _j	VG _j	VI _j	
Produits - i (VCI _{i,j})	1- Composite	p _{CI,i,j} C _{i,j}	Matrice intersectorielle des consommations intermédiaires (valeurs des dépenses)	P2	p _{CI} C _i	p _{GI} G _i	p _{II} I _i	p _{XI} X _i	VEF _j + Σ _j (VCI _{i,j}) Valorisées aux prix d'acquisition	
	2- Pétrole brut				Dépenses de consommation des ménages	Dépenses de conso. des administrations	Dépenses de formation brute de capital	Valeur des Exportations		
	3- Carburants									
	4- Autres énergies				P3 + P53	P3	P51	P7		
Valeur ajoutée (VA _j)	B1	w _j L _j	Rémunérations nettes (salariés & indépendants)	D1 + B3						
		τ _{CS} w _j L _j	Cotisations de sécurité sociale							
		p _K CCF _i	Valeur de la consommation de capital fixe	K1						
		τ _{VI} PD _j	Impôts moins subventions sur la production	D29 - D39						
		τ _{ENE} PD _j	Excédent net d'exploitation							
Prod. domestique (PD _j)		PD _j = Σ _i (VCI _{ij}) + VA _j	Valorisée au prix de production	P1						
Prod. importée (PM _j)		P _M M _j	Valeur totale au prix d'importation	P7						
Marges à l'aval des filières distribution et commercialisation (MA _j)		τ _{MCi} (PD _j + PM _j)	Marges commerciales							
		τ _{MTj} (PD _j + PM _j)	Marges de transport							
		τ _{MSE,i,j} VCI _{i,j}	Marges spécifiques énergétiques (MSE) sur les ventes aux secteurs productifs							
		τ _{MSE,C,j} p _j C _j	MES sur les ventes aux particuliers							
		τ _{MSE,X,j} p _j X _j	MES sur les ventes à l'export							
Impôts moins subventions sur les produits (T _j)		[τ _{TVA,j} /(1-τ _{TVA,j})] VEF _j	Taxe sur la valeur ajoutée	D211						
		τ _{TIPP,CI,j} C _{i,j}	TIPP (branches)							
		τ _{TIPP,EF,j} CF	TIPP (consommateurs finaux)							
		τ _{TVA,j} (VC _j +VG _j +VI _j)/(1+τ _{TVA,j})	TVA	solde D21						
		τ _{AIP,j} (VCI _{i,j} +VC _j +VG _j +VI _j)	Autres impôts sur produits							
Ressources (R _j)		PD _j + PM _j + MA _j + T _j	Valorisées aux prix d'acquisition							

Table E : Tableau Economique d'Ensemble d'IMACLIM-S.2.4 : description comptable des flux de revenus en unité monétaire

Comptes nationaux	Secteurs institutionnels nationaux (S_k)			Etrangers	Opérations de répartition	Code SNF
	Sociétés (S1+I2-I5)	Administrations (S3)	Classes de ménages (S4 désagrégé)	Reste du monde (S2)		
Compte d'exploitation	-	-	-	$\sum_i (p_{Mi} M_i - p_{Xi} X_i)$	Valeur ajoutée nationale - PIB nominal	
	$\omega_{KS} \cdot EBE^*$	$\omega_{KG} \cdot EBE^*$	$\omega_{Kh} \cdot EBE^*$	-	Solde commercial	P6 + P7
	-	-	$\omega_{Lh} \cdot \sum_j (w_j L_j)$	-	Excédent brut d'exploitation	B2
	-	$\sum_j (\tau_{CS} w_j L_j)$	-	-	Rémunérations des travailleurs	D1 + B3
	-	$\sum_j (\tau_{Yj} Pj)$	-	-	Impôt moins subventions sur la production et fiscalité indirecte	D2 - D3
	-	$\sum_j (\tau_{TIPP,Cij} C_{ij} + \tau_{MSE,Xij} P_j X_j)$	-	-	Cotisations sociales	D12
	-	$\sum_j [\tau_{AIP,j} \cdot (VC_{Iij} + VC_{ij} + VG_{ij} + VI_{ij})]$	-	-	Imp. moins subv. sur la prod.	D29-D39
	-	$\sum_j [\tau_{IVA,j} (VC_j + VG_j + VI_j) / (1 + \tau_{IVA,j})]$	-	-	Taxe int. sur les prod. pétroliers	-
Compte d'affectation	$-i_s D_s$	$-i_g D_g$	$-i_h D_h$	$\sum_k (i_k D_k)$	Autres impôts sur produits	D122-D124
Compte de distribution secondaire des revenus					Taxe sur la valeur ajoutée	D211
	-	$-\sum_h (p_{Uh} \cdot N_{Uh})$	$p_{Uh} \cdot N_{Uh}$	-	Revenus de la propriété	D4
	-	$-\sum_h (p_{Ph} \cdot N_{Ph})$	$p_{Ph} \cdot N_{Ph}$	-	Revenus secondaires	
	-	$-\sum_h (p_{Ah} \cdot N_{Ah})$	$p_{Ah} \cdot N_{Ah}$	-	Transferts sociaux	D62
	-	$-\sum_h (T_{COMP,h})$	$T_{COMP,h}$	-	Chômage	
	$\omega_{ATS} \cdot A_T$	$\omega_{ATG} \cdot A_T$	$\omega_{ATh} \cdot A_T$	$\omega_{ATRDM} \cdot A_T$	Retraites	
	$T_{IS} = -T_{IS} \cdot EBE_S$	$\sum_h (T_{IRh}) + T_{IS}$	$T_{IRh} = -T_{IRh} \cdot RDBA_h^{**}$	-	Autres	
		$\sum_h (Th)$	$T_h = -IPC \cdot T_{h0}$	-	Compensation taxe carbone	
Solde des revenus	\sum	\sum	\sum	\sum	Autres transferts	D7 + D9
Compte d'utilisation des revenus	-	$\sum_i (p_{Gi} \cdot G_i)$	$(1 - \tau_{Sh}) \cdot \sum_i (p_{Ci} \cdot C_{ih})$	-	Fiscalité directe	D5
Compte de capital	$FBCF_S$	$FBCF_G$	$(1 - \tau_{Sh}) \cdot RDB_h$	-	Impôts sur le revenu	
Solde des dépenses	$FBCF_S$	$CONS_G + FBCF_G$	$CONS_h + FBCF_h$	-	Impôt sur les sociétés	
Solde des comptes courants (flux de revenus)	$RDB_S - DEF_S$	$RDB_G - DEF_G$	$RDB_h - DEF_h$	$RDB_{RDM} = \sum_k (DEF_k - RDB_k)$	Autre impôts directs	
Comptes de patrimoine (Stocks de richesses)	$D_S = D_{S0} + f(CAF_S)$	$D_G = D_{G0} + f(CAF_G)$	$D_h = D_{h0} + f(CAF_h)$	$D_{RDM} = D_{RDM0} + f(CAF_{RDM})$	Revenu disponible brut (RDB)	B6
					Consommations (CONS)	P3
					Formation brute de capital fixe (FBCF)	P51
					Dépenses pour emplois finaux (DEF)	
					Capacité d'autofinancement (CAF)	B9A
					Position financière nette (D) (Solde des dettes sur les créances)	F - F1

* L'excédent brut d'exploitation est égal à la somme des consommations de capital fixe, des marges nettes, des marges de transport et de commerce, et des marges spécifiques énergétiques.

** Le revenu disponible brut des ménages avant impôts est égal à leurs revenus après redistribution secondaire mais avant déduction des impôts directs.

Table F : Tableau sociodémographique d'IMACLIM-S.2.4

Variables sociodémographiques	Unités	Classes de ménages (S14 désagré)	Secteurs productifs (j)
Population totale	Milliers de personnes	N_h	
Effectif de retraités	Milliers de personnes	N_{Ph}	
Effectif de chômeurs	Milliers de personnes	N_{Uh}	
Effectif de travailleurs	Milliers de personnes	N_{Lh}	
Force de travail	Milliers d'équ. temps plein*		L_j
Population de ménages	Milliers de ménages	N_{Hh}	
Taille et composition des ménages	Unités de consommation**	UC_h	
Taux de cotisation sociales propre	Sans unité	T_{CS_h}	

* La force de travail est employée par les secteurs de production ; la mesure en équivalents temps plein permet de tenir compte du travail à temps partiel.

** Selon l'échelle d'équivalence de l'OCDE par exemple on comptabilise une unité de consommation (UC) au premier adulte du ménage, 0,5 UC aux autres personnes de 14 ans et plus, 0,3 UC aux moins de 14 ans.

II.2. Sources statistiques, nomenclatures et manipulation des données

La construction des tableaux résulte d'un ensemble de manipulations qui vise à réconcilier des sources de données hétérogènes et construire un système cohérent. Les sources utilisées dans cette étude sont listées dans la Table G. La réconciliation des données est assurée par les procédures d'hybridation des flux d'énergie et de désagrégation du compte des ménages présentées au chapitre 4 ; cette réconciliation se fonde sur une mise en correspondances de la nomenclature d'IMACLIM avec les nomenclatures de la comptabilité nationale et de l'*enquête Budget des familles* d'une part (Table H), et avec la nomenclature du bilan énergétique de l'AIE d'autre part (Table I).

En ce qui concerne les manipulations des données, la Table J résume les modifications qui ont été apportées aux TES et TEE publiés par l'INSEE et qui servent de point de départ pour construire, à l'année de base, les matrices d'IMACLIM.

Table G : Sources statistiques

Etape de traitement des données	Sources statistiques
Modification du TES en valeurs	<p>Tableau Entrées-Sorties (INSEE, 2004) au niveau G (116 secteurs).</p> <p>Tableau d'Excédents bruts d'exploitation par branche, niveau G (INSEE, t. 4.614)</p> <p>Tableau de consommation de capital fixe par branche, niveau F, 16 secteurs (INSEE, t. 4.614).</p> <p>« Rendement fiscal des taxes sur les carburants », Annexe E 'transferts financiers' des comptes des transports, DAEI/SES (Tableau E1.2).</p> <p>« Rendement de la TICGN et la TIFP depuis 1996 », Observatoire de l'Energie (anciennement DGEMP).</p>
Modification du TEE en valeurs	<p>Tableau Economique d'Ensemble (INSEE, 2004).</p> <p>Compte du patrimoine des secteurs institutionnels (INSEE, t. 45004).</p> <p>Compte de la protection sociale, DREES (tirés de la publication « les revenus sociaux en 2004 »).</p>
Agrégats sociodémographiques	<p>Emploi intérieur total par branche (Nombre de personnes en "équivalent temps plein"), niveau G (INSEE, t 4.618).</p> <p>Population, emploi et chômage, France entière, y compris DOM (INSEE, t 1.702).</p> <p>Nombre de retraités : publication de la DRESS, « Les retraités en 2004 ».</p> <p>Nombre de ménages : données en ligne de l'Institut National d'Etude Démographique (INED).</p>
Procédure de désagrégation des ménages	Fichiers de détail de l'enquête <i>Budget de Famille</i> 2001, diffusés par l'ADISP du Centre Maurice Halbwachs.
Procédure d'hybridation des statistiques énergétiques	<p>Bilan énergétique de la France pour 2004 (« Energy Balances of OECD countries 2003-2004 » AIE, édition 2006, p. II.67).</p> <p>OE/DGEMP : « Bilan énergétique 2004 » : correction du bilan des produits pétrolier de l'AIE (données modifiées : rendement du raffinage, volumes de produits raffinés exportés, importés, soutes internationales et variations de stocks.</p> <p>Prix des énergies en US\$/TEP (« Energy prices and taxes » AIE, 2007, p. 349-358).</p> <p>Prix des énergies (base de données PEGAZE, Observatoire de l'Energie, anciennement DGEMP).</p> <p>Annuaire du pétrole (CPDP, 2004) : désagrégation du bilan des produits pétroliers raffinés.</p> <p>« La consommation de charbon du secteur résidentiel et tertiaire par usage » (OE/DGEMP d'après CEREN) : partage des volumes de charbon entre consommation intermédiaire et consommation finale.</p> <p>« Marché des soutes maritimes, soutes françaises et soutes étrangères » (Annuaire du pétrole (CPDP, 2004, p. C31) : répartition des volumes servant à l'avitaillement des soutes maritimes entre consommation intermédiaire et exportations.</p> <p>« Les véhicules utilitaires légers en 2000 » (DAEI/SES, 2002, publication Info rapides N°173) : partage des volumes de carburant entre consommation intermédiaire et consommation finale des ménages.</p> <p>« La consommation des fiouls lourds et domestique du secteur résidentiel et tertiaire par usage » (OE/DGEMP d'après CEREN) : partage des volumes de fioul lourd entre consommation intermédiaire et consommation finale.</p> <p>« La consommation de gaz de pétrole liquéfié (GPL ou butane et propane) du secteur résidentiel et tertiaire par usage » (OE/DGEMP d'après CEREN) : partage des volumes de gaz entre consommation intermédiaire et consommation finale.</p> <p>« La consommation de gaz naturel du secteur résidentiel et tertiaire par usage » (OE/DGEMP d'après CEREN) : partage des volumes de gaz entre consommation intermédiaire et consommation finale.</p> <p>« La consommation d'électricité du secteur résidentiel et tertiaire par usage » (OE/DGEMP d'après CEREN) : partage des volumes de gaz entre consommation intermédiaire et consommation finale.</p> <p>Coefficients d'équivalence des énergies (TEP/Unité physique de quantité) : annuaire du Comité Professionnel du Pétrole (CPDP, 2004, page A7).</p> <p>Coefficients d'émissions des énergies (ADEME).</p>

Table H : Correspondance entre les nomenclatures d'IMACLIM-S.2.4, de la comptabilité nationale française et de l'enquête *Budget des Familles*

Nomenclature IMACLIM-S.2.4	Comptabilité nationale	Tableau	Code SNF	Budget des Familles 2000-2001	Fichier	Code BDF
EBE	EBE des ménages producteurs de service de logement	TES	B2	Loyers imputés (fictifs) Loyers des logements de rapport Loyers de biens ou d'actifs professionnels	MENAGE	REV81 REV54 REV56
Revenus mixtes	EBE ou Revenu mixte - EBE	TES t.4.614	B2 ou B3 B2	Revenus d'activité indépendante Salaires auto-versés	MENAGE	REV10 REV11
Rémunérations nettes	Rémunération superbrute des salariés + Revenu mixte x Part des salaires nets dans le coût du travail au niveau agrégé	TES déduit TEE	D1	Salaires et autres rémunérations Revenus activités secondaires ou occasionnelles	MENAGE	REV20 REV21
Revenus nets de la propriété	Intérêts (Ressources R – emplois E) + Revenus distribués des sociétés (R) + Bénéfices réinvestis d'investissements directs étrangers (R) + Revenus de terrains et gisements (R-E)	TEE	D4	Intérêts de livrets d'épargne + Intérêts d'épargne logement + Intérêts et dividendes de valeurs mobilières + Intérêts d'assurance-vie, épargne retraite + Loyers des terres et terrains + Autres revenus de l'épargne - Remboursements de prêts résidence principale - Remboursements de prêts résidence secondaire - Autres remboursements de prêts	MENAGE	REV50 REV51 REV52 REV53 REV55 REV59 C13311 C13321 C13331
Prestations de retraite	60,4% des « prestations sociales autres que transferts sociaux en nature » ¹	TEE	D62	Retraites + Pensions de réversion + Pré-retraites + Minimum-vieillesse + Allocations ou majorations pour tierce personne	MENAGE	REV23 REV24 REV25 REV26 REV27
Prestations chômage	9,8% des « prestations sociales autres que transferts sociaux en nature »	TEE	D62	Allocations chômage	MENAGE	REV22

¹ La désagrégation des prestations sociales est construite à partir des données du compte de la protection sociale (publication de la DREES : « les revenus sociaux en 2004 »).

Autres prestations sociales	29,8% des « prestations sociales autres que transferts sociaux en nature »	TEE	D62	Allocation logement et APL	MENAGE	REV01
				Allocation adultes handicapés		REV28
				Pensions d'invalidité		REV29
				Pensions d'ancien combattant		REV30
				Indemnités journalières		REV31
				Bourses d'études ou de recherche		REV32
				Solde des appelés du contingent		REV33
				RMI		REV34
				Aide sociale		REV35
				Autres ressources individualisables		REV39
				Allocations familiales		REV40
				Complément familial		REV41
				Allocation de rentrée scolaire		REV42
				Allocation pour jeune enfant		REV43
				Aide à la garde d'enfant		REV44
				Allocation parentale d'éducation		REV45
				Allocation parent isolé		REV46
				Allocation de soutien familial		REV47
				Allocation d'éducation spéciale		REV48
Nombre de personnes	Population France entière y. c. DOM	t. 1702		Nombre de personnes du ménage	MENAGE	NBPERS
Nombre de retraités	Nombre de retraités estimé par la DRESS (Publication : « les retraités en 2004 »)	-		Nombre de retraités	MENAGE	CS (modalité 7)
Nombre de chômeurs	Chômeurs France entière y. c. DOM	t. 1702		Nombre de chômeurs	MENAGE	NBCHOM
Nombre d'actifs occupés	Population active occupée France entière y. c. DOM	t. 1702		Nombre d'actifs occupés		NBACT
Nombre d'inactifs	Population - population active	t. 1702		Nombre d'inactifs	calculé	Solde
Dépenses d'achat d'énergie pour les services résidentiels	Dépenses finales de consommation des ménages ²	TES		Electricité et gaz non dissociables	CONSOMEN	C04500
				Electricité		C04511
				Gaz de ville et gaz naturel		C04521
				Hydrocarbures liquéfiés		C04522

² La nomenclature des secteurs-produits énergétiques est réarrangée pour ne couvrir que le champ des flux d'énergie (cf. méthode d'hybridation, chapitre 4, section 2)

				Combustibles liquides		C04531
				Combustibles solides		C04541
				Eau chaude et glace		C04551
Dépenses d'achat de carburants	Dépenses finales de consommation des ménages	TES		Carburants et lubrifiants		C07221
Dépenses d'achat de composite	Dépenses finales de consommation des ménages	TES		Dépense totale de consommation du ménage - dépenses d'énergie résidentielle - dépenses d'achat de carburants	CONSOMEN <i>cf. supra</i> <i>cf. supra</i>	CTOTALE
Impôts sur le revenu	Compte des administrations publiques Impôts sur le revenu	t. 7.301	D51	Impôts sur le revenu	CONSOMEN	C13141
Autres impôts directs	Compte des administrations publiques autres impôts courants	TEE	D59	Impôts et taxes de la résidence principale + Impôts et taxes de la résidence secondaire + Impôts et taxes d'un autre logement + Taxes automobile + Autres impôts et taxes	CONSOMEN	C13111 C13121 C13131 C13151 C13161
Formation brute de capital fixe	Dépenses de FBCF des ménages	TEE	P51	Gros travaux d'équipement et d'entretien de la résidence principale + Gros travaux d'entretien et d'équipement dans la RS + Gros travaux d'entretien et d'équipement dans un autre logement + Achats de logements, terrains, garages	CONSOMEN	C13211 C13221 C13231 C13411
Dette nette	Compte de patrimoine Actifs financiers (passif –actif) - or monétaire et DTS	t. 8.200	AF AF1	Découpe identique à celle des revenus nets de la propriété.		
Transferts courants nets	Indemnités d'assurance dommage + Transferts courants entre ménages + Autres transferts courants divers - Primes nettes d'assurance dommage - Transferts courants aux ISBLSM - Transferts courants entre ménages - Amendes et pénalités - Autres transferts courants divers	TEE	D72 D752 D759 D71 D751 D752 D754 D759	Sommes versées par une compagnie d'assurance + Dommages et intérêts Assurances liées au logement (proxy) Assurances liées à la santé (proxy) Assurances liées aux transports (proxy) Autres assurances (proxy) Transferts à d'autres ménages ou à une institution	MENAGE CONSOMEN	REV62 REV63 C12421 C12431 C12441 C12451 C135

Table I : Correspondance entre les nomenclatures d'IMACLIM-S.2.4 et de l'AIE

Nomenclature IMACLIM-S.2.4	Statistiques énergétiques (AIE)
Agrégat d'énergie résidentiel-tertiaire	Agrège les énergies transformées qui servent à la production de services énergétiques dans les bâtiments par les secteurs avec une finalité productive ou pour la consommation finale des ménages. Cet agrégat comprend du charbon, du gaz, des produits pétroliers raffinés (fioul lourd et domestique) et de l'électricité. Le détail du mix est connu pour l'année de base (2004), ainsi que son hétérogénéité selon les usages (entre secteurs productifs et ensemble des ménages). Les volumes consommés sont associés à des coefficients d'émission et des tarifs différenciés selon les consommateurs.
Agrégat de carburant	Agrège les énergies transformées qui servent à la production de services de transport routier par les secteurs pour produire ou par les ménages pour leur mobilité au moyen de véhicules particuliers. Cet agrégat comprend des produits raffinés (essences, diesel, etc.) et du « gaz naturel véhicule ». De même, le détail du mix, les coefficients d'émission et l'hétérogénéité des tarifs sont connus à l'année de base.
Agrégat de pétrole brut	Comprend les volumes de pétrole brut utilisés pour le raffinage de produits raffinés pour usages énergétiques (ces volumes ne comprennent pas les quantités servant à la production de produits à usages non énergétiques).
Production domestique d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> - Comprend les volumes issus de la production primaire (charbon, pétrole brut, gaz naturel) et ceux issus de la transformation (raffinage de produits pétroliers, production chaleur par centrales calogènes et de cogénération). - Les écarts statistiques du bilan des produits pétroliers et les retours de produits (<i>Backflows</i>) sont affectés aux ressources en produits raffinés. - La production d'électricité correspond aux kWh totaux disponibles produits par les centrales électriques et de cogénération (sources nucléaire, hydro, géosolaire et thermique) et par les installations décentralisées (éoliennes, solaire) mais avant soustraction des pertes de distribution et des consommations propres de la branche.
Importations/exportations	Volumes importés/exportés dans/hors du territoire national.
Consommations intermédiaires d'énergies des productions de biens et services non énergétiques (Composite)	<ul style="list-style-type: none"> - Comprend l'intégralité des volumes d'énergie consommés par l'industrie, les transports autres que routiers, l'agriculture, la sylviculture et la pêche. Sont distingués les usages productifs et commerciaux des consommations de carburant et d'énergie pour usages tertiaires (chauffage-éclairage des bâtiments, production, commerce et services publics). - Sont incluses les consommations non-spécifiées du bilan AIE qui comprennent celles des militaires. - Les produits pétroliers raffinés comprennent aussi la fraction des soutes maritimes internationales qui correspond à l'avitaillement des navires français ou de transporteurs pour le compte d'affréteurs français.
Consommations intermédiaires d'énergies des branches énergies	<p>Les consommations croisées des branches comprennent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les volumes d'énergies primaires servant d'intrants dans les procédés de transformation d'énergie ; - une fraction du total des consommations des branches de production d'énergie pour leur usage propre (chauffage, pompage, traction et éclairage). <p>Les autoconsommations des branches comprennent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la consommation d'intrants de charbon pour la transformation du charbon - les pertes de distribution et de transport pour le gaz, l'électricité et le charbon. - une fraction du total des consommations des branches de production d'énergie pour leur usage propre. - les écarts statistiques (bilans du charbon et des produits pétroliers).

Table J : Etapes du traitement des données

Principales modifications apportées au Tableau Entrées-Sorties (TES)	
-	La nomenclature et les valeurs des secteurs-produits énergétiques sont modifiées pour les faire correspondre aux statistiques énergétiques.
-	Des matrices entrées-sorties en unité physique (quantités d'énergies en Méga tonne équivalent pétrole, MTEP) et un TES en prix moyens (Euros par MTEP) sont construites à partir des données du bilan énergétique de l'AIE et de statistiques énergétiques complémentaires. Les étapes de construction des matrices en quantités et en prix et celle de leur mise en cohérence avec le TES en valeurs constituent la procédure d'hybridation (cf. chapitre 3, section 2).
-	Les marges spécifiques permettent de différencier les tarifs de base d'achats d'énergie ; elles sont calibrées à partir des équations de prix (6 à 10) de façon à reproduire les différences constatées dans les statistiques énergétiques.
-	La TIPP est distinguée des autres impôts sur produits à partir des données détaillées sur les recettes fiscales des administrations.
-	La valeur ajoutée des secteurs est désagrégée. Le poste « EBE ou revenu mixte » est désagrégé à partir des données sectorielles a) d'EBE, b) de consommation de capital fixe. On distingue ainsi une estimation du coût d'usure du capital productif des marges d'excédent net d'exploitation. Les revenus des entrepreneurs individuels indépendants (revenu mixte) sont agrégés à la rémunération des salariés pour constituer le poste de « rémunération du travail » d'IMACLIM. Un taux de cotisations sociales moyen tiré du TEE est utilisé pour distinguer les rémunérations nettes dans chaque secteur (sans différenciation, à défaut de données par secteur).
-	Les variations de stocks sont annulées en modifiant l'activité des secteurs en conséquence (ceci au moyen d'une hypothèse de structures de coûts et de rendements constants). Le choix de ne pas représenter les stocks vient de l'horizon de moyen terme retenu, sur lequel l'effet de la réforme sur l'ajustement des stocks est négligé.
-	Le passage d'une « logique de branche » à une « logique de produit » est effectué en annulant les transferts de produits fatals des branches (leurs productions secondaires). On augmente en conséquence l'activité des secteurs-produits qui reçoivent ces transferts et on diminue l'activité de ceux qui les émettent. On utilise pour cela la structure de coûts de la branche qui produit majoritairement le produit (hypothèse de « structure-produit »).
-	Les dépenses de consommation des administrations agrègent les dépenses collectives, les dépenses individualisables prise en charges par la collectivité et les dépenses des associations sans but lucratif au service des ménages.
-	La consommation des ménages agrège leur consommation courante et l'acquisition d'objets de valeur.
Principales modifications apportées au Tableau Economique d'Ensemble (TEE)	
-	Le passif a été retranché à l'actif dans chacun des comptes des secteurs institutionnels, les grandeurs agrégées des opérations de répartition correspondant donc aux soldes nets des échanges.
-	La structure des prélèvements obligatoires a été détaillée à partir du compte des administrations publiques.
-	Les transferts monétaires versés aux ménages par les administrations ont été aussi désagrégés selon trois « risques » identifiés (chômage, retraite, autres) ; les proportions sont tirées du compte de la protection sociale.
-	Le compte des ménages a été désagrégé en 20 classes de revenu à partir des données de l'enquête <i>Budget de Famille</i> de 2001 selon la méthodologie de désagrégation (cf. chapitre 4, section 3).
-	Les positions financières nettes des catégories d'agents sont tirées des comptes du patrimoine. Par convention, nous les avons exprimées en « dettes » : la valeur des passifs moins la valeur des actifs financiers (hormis l'or monétaire et DTS). La définition de ces stocks de titres correspond à la définition des transferts de revenus de la propriété (D4).

II.3. Statistiques à l'année de base (2004) et statistiques projetées (2020)

- Clef de répartition et données pour la désagrégation du compte des ménages en classes
- Tableaux comptables à l'année de base (2004)
- Tableaux comptables projetés (2020)

Table K : hétérogénéité des vingt classes de niveau de vie

CLASSE	MENA	EFFECTIF	NIVOVIE3	OCDE	ELOG	CARBU	COMPO	IR	AID	FBCF	EBE	REVACT	REVRET	REVCHOM	AREVSOC	REVPROP
V1	5,0%	1 283 440	5 309	1,54	3,5%	2,3%	2,3%	0,9%	2,2%	1,5%	3,1%	0,6%	1,5%	3,4%	5,9%	1,1%
V2	5,0%	1 284 330	7 559	1,64	3,8%	2,7%	2,5%	0,4%	2,1%	1,4%	3,2%	0,9%	2,3%	5,6%	8,5%	0,8%
V3	5,0%	1 284 392	8 704	1,66	3,8%	2,7%	2,7%	0,4%	2,4%	1,6%	3,2%	1,3%	2,7%	5,8%	7,8%	1,2%
V4	5,0%	1 282 853	9 642	1,67	4,2%	3,1%	2,9%	0,5%	2,5%	1,0%	3,4%	1,7%	3,4%	4,4%	7,6%	1,4%
V5	5,0%	1 285 003	11 131	1,70	4,5%	4,0%	3,7%	1,2%	2,9%	2,6%	3,7%	2,1%	3,5%	6,1%	7,2%	1,8%
V6	5,0%	1 283 862	11 424	1,61	4,1%	3,5%	3,2%	0,8%	2,8%	1,3%	3,2%	2,3%	3,4%	5,4%	6,1%	1,6%
V7	5,0%	1 281 577	11 900	1,66	4,4%	4,1%	3,9%	1,1%	3,7%	2,5%	3,8%	2,7%	4,2%	5,2%	5,9%	2,4%
V8	5,0%	1 287 252	12 370	1,71	4,8%	4,6%	4,1%	1,2%	3,7%	2,9%	4,0%	3,3%	3,9%	5,1%	6,1%	2,3%
V9	5,0%	1 288 114	13 608	1,69	4,9%	4,6%	4,1%	1,5%	4,3%	3,3%	4,5%	3,4%	4,8%	5,8%	5,4%	2,5%
V10	5,0%	1 283 459	14 982	1,72	4,8%	5,2%	4,7%	1,9%	4,4%	3,9%	4,4%	4,1%	4,5%	3,4%	5,0%	3,0%
V11	5,0%	1 289 391	15 211	1,65	4,7%	5,1%	4,3%	1,8%	4,1%	3,6%	4,2%	3,9%	4,9%	5,4%	4,4%	2,8%
V12	5,0%	1 291 089	16 628	1,71	5,1%	5,7%	5,1%	2,8%	5,1%	3,7%	4,8%	5,1%	4,6%	4,3%	4,3%	3,3%
V13	5,0%	1 281 158	18 151	1,69	5,3%	6,3%	5,2%	3,4%	5,6%	4,3%	5,0%	5,5%	4,6%	4,4%	3,4%	4,1%
V14	5,0%	1 284 895	19 272	1,69	5,2%	6,0%	5,8%	4,0%	5,7%	5,3%	4,6%	6,0%	5,1%	4,6%	3,6%	4,3%
V15	5,0%	1 289 614	20 882	1,67	5,8%	6,3%	6,0%	4,8%	6,0%	6,2%	5,7%	6,3%	6,0%	4,0%	3,4%	5,5%
V16	5,0%	1 287 363	22 532	1,71	5,6%	6,5%	6,6%	6,1%	6,8%	9,0%	6,1%	7,1%	6,3%	4,3%	3,6%	5,8%
V17	5,0%	1 288 179	24 404	1,69	5,5%	6,7%	7,3%	9,3%	7,0%	9,2%	6,0%	8,0%	6,4%	5,4%	2,9%	7,7%
V18	5,0%	1 280 526	28 403	1,63	6,0%	6,7%	7,5%	9,8%	8,3%	9,6%	6,6%	8,9%	7,8%	4,9%	2,4%	9,7%
V19	5,0%	1 298 107	33 107	1,59	6,7%	7,0%	8,5%	14,4%	9,3%	12,5%	7,7%	10,7%	8,4%	6,9%	2,6%	11,9%
V20	4,9%	1 271 871	53 981	1,58	7,3%	6,8%	9,6%	33,6%	11,4%	14,6%	12,7%	16,2%	11,7%	5,6%	3,8%	26,6%
TOTAL	100,0%	25 730 000	18 332	1,66	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

CLASSE	REMB	NBRET	NBPERS	NBACT	NBCHOM	NBINACT	REVPROPNET	NBRET	NBPERS	NBACT	NBCHOM	NBINACT	PRESTRET	PRESTCHOM	AUTPREST
V1	1,1%	3,4%	4,1%	2,1%	12,4%	5,7%	1,1%	455 253	2 568 245	520 747	364 177	1 228 069	6 329	3 030	4 454
V2	1,5%	4,4%	4,6%	2,1%	11,9%	6,6%	0,6%	596 021	2 868 682	518 369	348 680	1 405 611	7 700	5 152	6 437
V3	1,8%	4,9%	4,7%	2,5%	9,1%	6,6%	1,1%	652 928	2 955 905	630 128	266 030	1 406 819	8 264	6 945	5 917
V4	2,6%	5,5%	4,9%	3,2%	7,0%	6,3%	1,1%	733 795	3 077 049	817 977	204 042	1 321 234	9 150	6 919	5 754
V5	3,0%	5,2%	5,1%	3,7%	6,3%	6,4%	1,5%	694 859	3 178 809	941 625	185 963	1 356 363	10 012	10 475	5 422
V6	3,1%	4,9%	4,6%	3,7%	6,0%	5,2%	1,2%	649 933	2 863 836	941 625	175 631	1 096 647	10 412	9 777	4 639
V7	3,4%	5,5%	5,0%	4,3%	4,9%	5,5%	2,2%	736 790	3 098 855	1 072 406	144 638	1 145 020	11 088	11 585	4 504
V8	3,9%	4,9%	5,2%	4,9%	4,0%	6,0%	1,9%	649 933	3 275 724	1 226 966	118 809	1 280 016	11 827	13 727	4 599
V9	4,6%	5,6%	5,2%	4,8%	4,4%	5,4%	2,0%	751 766	3 222 421	1 210 321	129 141	1 131 194	12 544	14 426	4 069
V10	5,0%	5,4%	5,4%	5,5%	3,3%	5,6%	2,5%	718 820	3 375 062	1 381 526	98 147	1 176 570	12 330	11 022	3 773
V11	4,3%	5,4%	4,8%	5,1%	3,3%	4,5%	2,4%	718 820	3 026 168	1 281 656	95 564	930 128	13 366	18 060	3 344
V12	5,6%	5,1%	5,3%	6,1%	5,0%	4,6%	2,7%	685 874	3 333 873	1 540 841	147 220	959 938	13 216	9 367	3 244
V13	5,8%	4,8%	5,1%	6,1%	3,0%	4,4%	3,7%	643 943	3 212 730	1 547 974	87 816	932 997	13 986	16 120	2 574
V14	6,0%	4,9%	5,3%	6,4%	3,5%	4,4%	3,9%	652 928	3 282 993	1 605 043	103 313	921 710	15 361	14 400	2 701
V15	6,6%	5,5%	5,3%	6,6%	2,6%	4,1%	5,2%	730 800	3 304 799	1 650 222	74 902	848 875	16 094	16 937	2 562
V16	6,8%	5,1%	5,4%	6,5%	2,7%	4,5%	5,6%	688 869	3 343 565	1 640 710	80 067	933 918	17 923	17 355	2 750
V17	7,7%	4,8%	5,1%	6,7%	3,0%	3,8%	7,6%	646 938	3 215 153	1 690 645	87 816	789 754	19 441	19 659	2 179
V18	8,1%	5,3%	5,0%	6,6%	2,4%	3,5%	10,1%	712 830	3 144 889	1 669 244	69 736	693 079	21 389	22 724	1 788
V19	8,3%	5,0%	5,0%	6,7%	2,9%	3,3%	12,9%	667 903	3 113 392	1 688 267	85 233	671 989	24 708	25 913	1 948
V20	10,8%	4,6%	4,8%	6,3%	2,3%	3,4%	30,7%	610 997	2 982 557	1 595 531	67 153	708 875	37 596	26 828	2 865
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	13 400 000	62 444 707	25 171 824	2 934 077	20 938 806	14 669	10 928	3 772

Table L : hétérogénéité des six classes de ménages distingués selon le degré d'urbanisme

CLASSE	MENA	EFFECTIF	NIVOVIE3	OCDE	ELOG	CARBU	COMPO	IR	AID	FBCF	EBE	REVACT	REVRET	REVCHOM	AREVSOC	REVPROP
1- Ruraux	6,6%	1 695 111	14 643	1,74	34,8%	30,9%	23,7%	20,4%	21,4%	23,5%	24,9%	24,4%	25,8%	22,8%	25,0%	27,3%
2- Urbains (<20 000 hab.)	12,1%	3 118 534	15 189	1,67	19,7%	18,4%	16,5%	13,5%	17,3%	13,3%	17,2%	15,9%	19,0%	16,7%	16,8%	16,1%
3- Urbains (100 000> hab. >20 000)	13,6%	3 500 855	15 229	1,60	12,3%	13,5%	13,1%	11,8%	13,3%	12,9%	11,0%	12,2%	13,1%	15,3%	14,6%	11,8%
4- Urbains (>100 000 hab.)	42,4%	10 917 736	15 663	1,62	23,1%	26,9%	29,4%	27,4%	31,0%	29,2%	29,5%	28,0%	28,7%	29,2%	31,8%	27,4%
5- Agglo. parisienne (hors Paris)	19,5%	5 010 434	19 482	1,71	8,5%	9,2%	13,5%	18,1%	14,2%	16,0%	13,7%	14,9%	10,8%	12,2%	10,1%	12,9%
6- Ville de Paris	5,8%	1 487 331	24 300	1,43	1,5%	1,2%	3,9%	8,9%	2,7%	5,0%	3,7%	4,7%	2,6%	3,9%	1,7%	4,5%
TOTAL	100,0%	25 730 000	15 901	1,66	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

CLASSE	REMB	NBRET	NBPERS	NBACT	NBCHOM	NBINACT	REVPROPNET	NBRET	NBPERS	NBACT	NBCHOM	NBINACT	PRESTRET	PRESTCHOM	AUTPREST
1- Ruraux	26,6%	31,2%	27,6%	27,2%	21,7%	27,2%	27,5%	4 181 135	17 255 702	6 836 293	635 372	5 602 902	12 139	11 504	14 300
2- Urbains (<20 000 hab.)	17,0%	19,9%	17,6%	17,2%	16,8%	17,1%	15,8%	2 671 614	11 004 689	4 322 915	493 318	3 516 843	13 982	10 837	5 237
3- Urbains (100 000> hab. >20 000)	12,0%	13,0%	13,0%	13,0%	15,9%	12,6%	11,8%	1 746 133	8 116 625	3 269 531	467 489	2 633 471	14 803	10 508	4 039
4- Urbains (>100 000 hab.)	27,9%	26,3%	28,5%	27,7%	33,8%	29,9%	27,2%	3 525 212	17 810 540	6 967 074	991 801	6 326 453	15 978	9 438	2 829
5- Agglo. parisienne (hors Paris)	13,5%	7,9%	11,0%	12,2%	9,3%	11,2%	12,8%	1 060 259	6 844 616	3 072 170	273 778	2 438 408	19 991	14 245	1 955
6- Ville de Paris	2,9%	1,6%	2,3%	2,8%	2,5%	2,0%	4,9%	215 646	1 412 535	703 841	72 319	420 729	23 599	17 076	1 114
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	13 400 000	62 444 707	25 171 824	2 934 077	20 938 806	14 669	10 928	3 772

Table M : Statistiques à l'année de base (2004) - Tableau Entrées-Sorties

		Consommations intermédiaires (CI)				Consommations finales (CF)			Exportations
		COMP	PETBRUT	CARB	AUTRES E	Ménages	Publiques*	Investissement	
CI	1- Composite	1 410 352	125	3 819	13 046	853 944	416 026	320 393	419 304
	2- Pétrole brut	-	-	10 578	6 642	-	-	-	14
	3- Carburants	13 489	-	1 089	1 125	33 958	-	-	2 132
	4- Autres énergies	21 700	7	1 814	6 681	30 610	-	-	5 362
Valeur ajoutée (VA)	Rémunérations nettes	631 612	39	223	4 337				
	Cotisations sociales	334 215	21	118	2 295				
	Conso. de capital fixe	208 372	5	319	4 294				
	Taxe sur la production	51 902	-4	176	1 617				
	Excédent net d'exploit.	255 514	112	366	2 618				
<i>PROD. DOMESTIQUE</i>		2 927 156	305	18 502	42 654				
IMPORTATIONS (M)		390 899	17 233	4 120	11 732				
MARGES	Commerciales	-9 881	17	5 794	4 071				
	Transport	-2 040	30	1 094	915				
	Energétiques spécifiques sur les CI	-	-	-1 436	-3 391				
		-	-	-	-2				
		-	-235	-116	-375				
		-	-147	-120	-1 774				
	E spé. CF ménages	-	-	-5 785	10 356				
	E spé. CF publique*	-	-	-	-				
	E spé. exportations	-	-0	-1 418	-5 908				
TAXES sur les produits	TVA	107 444	-	7 244	4 606				
	TIPP CI	-	-	5 764	678				
	TIPP CF	-	-	17 910	414				
	Autres	23 431	30	239	2 199				

* La consommation d'énergie qui sert à la production des services publics est par convention comptabilisée dans les consommations intermédiaires de composite.

Table N : Statistiques à l'année de base (2004) - Tableau Economique d'Ensemble

	Sociétés	Administrations	Ménages	Reste du Monde
Solde commercial	-	-	-	-2 826
Excédent brut d'exploitation	286 791	41 266	133 193	-
Rémunérations nettes des travailleurs	-	-	636 210	-
Impôt moins subventions sur la production et fiscalité indirecte*				
<i>Cotisation sociales</i>	-	336 648	-	-
<i>Imp. moins subv. sur la prod.</i>	-	53 691	-	-
<i>Taxe int. sur les prod. pétroliers</i>	-	24 766	-	-
<i>Autres impôts sur produits</i>	-	25 899	-	-
<i>Taxe sur la valeur ajoutée</i>	-	119 294	-	-
Revenus de la propriété	-75 235	-36 825	111 510	550
Transferts sociaux				
<i>Chômage</i>	-	-32 063	32 063	-
<i>Retraites</i>	-	-196 569	196 569	-
<i>Autres</i>	-	-97 045	97 045	-
<i>Compensation taxe carbone</i>	-	-	-	-
Autres transferts	-17 019	-14 711	20 939	10 791
Fiscalité directe				
<i>Impôts sur le revenu</i>		129 951	-129 951	
<i>Impôt sur les sociétés</i>	-38 448	38 448		
<i>Autre impôts directs</i>		14 652	-14 652	
Revenu disponible brut (RDB)	156 089	407 402	1 082 925	8 515
Consommations (CONS)	-	416 026	918 512	-
Formation brute de capital fixe (FBCF)	171 499	51 591	97 303	0
Dépenses pour emplois finaux (DEF)	171 499	467 617	1 015 815	-
Capacité d'autofinancement (CAF)	-15 410	-60 215	67 110	8 515
Position financière nette (D) (Solde des dettes sur les créances)	1 177 322	750 844	-2 016 255	88 089

* IMACLIM-S.2.4 ne précise pas les catégories d'agents qui s'acquittent de la partie des impôts versée par les secteurs (cf. le TES). Le TEE comptabilise le total des montants reçus par les administrations ainsi que les montants acquittés directement par les agents (fiscalité directe).

Table O : Statistiques à l'année de base (2004) - Tableau des quantités d'énergie

<i>Unité : Mtep</i>	Ressources		Emplois					
	Production	Importations	Consom. Intermédiaires				Ménages	Exports
Pét. brut	1	76	-	-	47	30	-	0
Carbu.	46	14	20	-	2	2	30	7
Autr. Énerg.	84	69	59	0	4	26	38	24

Table P : Statistiques à l'année de base (2004) – Tableau des prix des énergies

<i>Unité : €/tep</i>	Ressources	Emplois					
	Importations	Consom. Intermédiaires				Ménages	Exports
Pét. brut	75,9	-	-	223	223	-	227
Carbu.	14,2	667	-	667	667	1 147	293
Autr. Énerg.	68,6	367	461	430	254	800	220

Table Q : Statistiques à l'année de base (2004) – Tableau des coefficients d'émission de CO₂

<i>Unité : tCO₂/tep</i>	Consom. Intermédiaires				Ménages
Pét. brut	-	-	0,1538	0,1538	-
Carbu.	3,0909	-	3,0927	3,0910	3,1077
Autr. Énerg.	1,6549	0,4371	2,7636	2,5230	1,5496

Table R : Statistiques à l'année de base (2004) - Tableau Economique d'Ensemble désagrégué par vingtile de niveau de vie

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20
Solde commercial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Excédent brut d'exploitation	4 170	4 320	4 318	4 576	4 897	4 283	5 045	5 309	5 965	5 823	5 567	6 391	6 654	6 167	7 602	8 122	8 028	8 847	10 190	16 916
Rémunérations nettes des travailleurs	3 659	5 520	7 992	10 853	13 541	14 654	17 097	20 942	21 813	26 325	24 712	32 228	34 753	37 971	40 377	45 288	51 045	56 331	68 222	102 888
Impôt moins subventions sur la production et fiscalité indirecte*																				
<i>Cotisation sociales</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Imp. moins subv. sur la prod.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Taxe int. sur les prod. pétroliers</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Autres impôts sur produits</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Taxe sur la valeur ajoutée</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revenus de la propriété	1 212	719	1 185	1 222	1 728	1 372	2 443	2 115	2 196	2 830	2 715	2 995	4 104	4 294	5 791	6 228	8 530	11 232	14 338	34 260
Transferts sociaux																				
<i>Chômage</i>	1 103	1 796	1 848	1 412	1 948	1 717	1 676	1 631	1 863	1 082	1 726	1 379	1 416	1 488	1 269	1 390	1 726	1 585	2 209	1 802
<i>Retraites</i>	2 881	4 589	5 396	6 714	6 957	6 767	8 170	7 687	9 430	8 863	9 608	9 065	9 006	10 030	11 761	12 346	12 577	15 247	16 503	22 971
<i>Autres</i>	5 717	8 267	7 600	7 382	6 968	5 956	5 772	5 920	5 242	4 843	4 312	4 189	3 297	3 470	3 303	3 540	2 807	2 289	2 528	3 644
<i>Compensation taxe carbone</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Autres transferts	228	135	223	229	325	258	459	397	412	531	510	562	771	806	1 087	1 170	1 602	2 109	2 692	6 433
Fiscalité directe																				
<i>Impôts sur le revenu</i>	-1 158	-497	-535	-689	-1 592	-1 012	-1 381	-1 540	-1 977	-2 453	-2 402	-3 645	-4 435	-5 241	-6 232	-7 935	-12 109	-12 799	-18 650	-43 667
<i>Impôt sur les sociétés</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Autre impôts directs</i>	-322	-307	-348	-361	-423	-417	-537	-536	-632	-642	-600	-742	-818	-830	-873	-990	-1 025	-1 222	-1 359	-1 668
Revenu disponible brut (RDB)	17 490	24 542	27 678	31 339	34 349	33 578	38 742	41 924	44 313	47 201	46 147	52 421	54 748	58 155	64 086	69 158	73 182	83 619	96 674	143 578
Consommations (CONS)	21 884	23 155	25 215	27 201	33 969	30 007	35 789	37 773	38 274	42 991	39 522	47 452	48 194	53 240	55 089	60 621	66 189	68 535	77 119	86 293
Formation brute de capital fixe (FBCF)	1 503	1 397	1 562	944	2 501	1 240	2 416	2 787	3 174	3 765	3 516	3 575	4 172	5 178	6 040	8 795	8 967	9 343	12 178	14 251
Dépenses pour emplois finaux (DEF)	23 387	24 551	26 778	28 144	36 471	31 247	38 205	40 559	41 447	46 756	43 038	51 026	52 367	58 417	61 130	69 416	75 156	77 878	89 296	100 544
Capacité d'autofinancement (CAF)	-5 897	-9	900	3 194	-2 122	2 331	537	1 365	2 866	445	3 109	1 395	2 381	-262	2 956	-258	-1 974	5 740	7 377	43 034
Position financière nette (D) (Solde des dettes sur les créances)	-21 921	-13 001	-21 427	-22 090	-31 248	-24 804	-44 164	-38 240	-39 714	-51 165	-49 086	-54 151	-74 213	-77 648	-104 714	-112 619	-154 240	-203 088	-259 257	-619 466

V# : classes de ménages distinguées selon le niveau de vie économique défini par l'INSEE (revenu disponible courant divisé par le nombre d'unités de consommation selon l'échelle de l'OCDE)

V1 : premier vingtile (5% des ménages "les plus pauvres") ; V20 dernier vingtile (5% des ménages "les plus riches")

* IMACLIM-S.2.4 ne précise pas les catégories d'agents qui s'acquittent de la partie des impôts versée par les secteurs (cf. le TES). Le TEE comptabilise le total des montants reçus par les administrations ainsi que les montants acquittés directement par les agents (fiscalité directe).

Table S : Statistiques à l'année de base (2004) - Tableau démographique désagrégé selon les vingtiles de niveau de vie

[illegible]

Table T : Statistiques à l'année de base (2004) - Tableau Economique d'Ensemble désagrégué selon le degré d'urbanisme

	Ruraux	Urbains (<20 000 hab.)	Urbains (100 000 > hab. > 20 000)	Urbains (>100 000 hab.)	Agglo. parisienne (hors Paris)	Ville de Paris
Solde commercial	-	-	-	-	-	-
Excédent brut d'exploitation	33 171	22 844	14 661	39 355	18 222	4 939
Rémunérations nettes des travailleurs	155 162	100 950	77 701	178 247	94 543	29 606
Impôt moins subventions sur la production et fiscalité indirecte*						
<i>Cotisation sociales</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Imp. moins subv. sur la prod.</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Taxe int. sur les prod. pétroliers</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Autres impôts sur produits</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Taxe sur la valeur ajoutée</i>	-	-	-	-	-	-
Revenus de la propriété	30 478	17 912	13 186	30 508	14 396	5 030
Transferts sociaux						
<i>Chômage</i>	7 309	5 346	4 912	9 361	3 900	1 235
<i>Retraites</i>	50 753	37 354	25 849	56 327	21 196	5 089
<i>Autres</i>	24 241	16 332	14 141	30 881	9 794	1 656
<i>Compensation taxe carbone</i>	-	-	-	-	-	-
Autres transferts	5 723	3 363	2 476	5 729	2 703	944
Fiscalité directe						
<i>Impôts sur le revenu</i>	-26 501	-17 504	-15 334	-35 589	-23 476	-11 546
<i>Impôt sur les sociétés</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Autre impôts directs</i>	-3 141	-2 532	-1 954	-4 549	-2 076	-401
Revenu disponible brut (RDB)	277 196	184 066	135 638	310 270	139 203	36 552
Consommations (CONS)	223 494	152 858	119 914	267 575	120 576	34 095
Formation brute de capital fixe (FBCF)	22 896	12 989	12 548	28 442	15 563	4 865
Dépenses pour emplois finaux (DEF)	246 390	165 847	132 462	296 018	136 139	38 960
Capacité d'autofinancement (CAF)	30 806	18 219	3 175	14 252	3 065	-2 408
Position financière nette (D) (Solde des dettes sur les créances)	-551 088	-323 874	-238 418	-551 622	-260 306	-90 947

V# : classes de ménages distinguées selon le niveau de vie économique défini par l'INSEE (revenu disponible courant divisé par le nombre d'unités de consommation selon l'échelle de l'OCDE)

V1 : premier vingtile (5% des ménages "les plus pauvres") ; V20 dernier vingtile (5% des ménages "les plus riches")

* IMACLIM-S.2.4 ne précise pas les catégories d'agents qui s'acquittent de la partie des impôts versée par les secteurs (cf. le TES). Le TEE comptabilise le total des montants reçus par les administrations ainsi que les montants acquittés directement par les agents (fiscalité directe).

Table U : Statistiques à l'année de base (2004) - Tableau démographique désagrégué selon le degré d'urbanisme

Variables sociodémographiques	Unités	Ruraux	Urbains (<20 000 hab.)	Urbains (100 000>hab.>20 000)	Urbains (>100 000 hab.)	Agglo. parisienne (hors Paris)	Ville de Paris	Total
Population totale	Milliers de personnes	17 256	11 005	8 117	17 811	6 845	1 413	62 445
Effectif de retraités	Milliers de personnes	4 181	2 672	1 746	3 525	1 060	216	13 400
Effectif de chômeurs	Milliers de personnes	565	439	416	882	243	64	2 609
Effectif de travailleurs (ETP)	Milliers de personnes	6 836	4 323	3 270	6 967	3 072	704	25 172
Force de travail	Milliers d'équ. temps plein*	6 689	4 230	3 199	6 817	3 006	689	24 629
Population de ménages	Milliers de ménages	1 694	3 116	3 498	10 908	5 006	1 486	25 706
Taille et composition des ménages	Unités de consommation**	1,74	1,67	1,60	1,62	1,71	1,43	1,66
Taux de cotisation sociales propre	Sans unité	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%

Table V : Statistiques projetées (2020) - Tableau Entrées-Sorties

		Consommations intermédiaires (CI)				Consommations finales (CF)			Exportations
		COMP	PETBRUT	CARB	AUTRES E	Ménages	Publiques*	Investissement	
CI	1- Composite	2 075 140	126	8 050	16 669	1 515 932	619 697	507 865	350 499
	2- Pétrole brut	-	-	31 775	15 942	-	-	-	22
	3- Carburants	25 908	-	2 785	1 195	76 210	-	-	3 558
	4- Autres énergies	39 811	11	4 088	14 310	55 365	-	-	6 757
Valeur ajoutée (VA)	Rémunérations nettes	1 092 552	47	399	6 916				
	Cotisations sociales	308 834	13	113	1 955				
	Conso. de capital fixe	330 736	6	522	6 355				
	Taxe sur la production	76 730	-4	468	2 666				
	Excédent net d'exploit.	377 747	115	974	4 315				
PROD. DOMESTIQUE		4 327 457	313	49 174	70 323				
IMPORTATIONS (M)		577 898	48 311	10 950	29 413				
MARGES	Commerciales	-22 911	47	15 399	7 465				
	Transport	-4 670	84	2 908	1 679				
	Energétiques spécifiques sur les CI	0	-	-3 303	-5 306				
		0	-	-	1				
		0	-706	-354	151				
		0	-354	-152	-9 324				
	E. spé. CF ménages	0	-	-18 521	18 357				
	E. spé. CF publique*	0	-	-	-				
	E. spé. exportations	0	-0	-2 365	-5 199				
TAXES sur les produits	TVA	178 593	-	16 257	8 331				
	TIPP CI	-	-	7 330	942				
	TIPP CF	-	-	31 961	529				
	Autres	37 611	44	372	2 982				

* La consommation d'énergie qui sert à la production des services publics est par convention comptabilisée dans les consommations intermédiaires de composite.

Table W : Statistiques projetées (2020) - Tableau Economique d'Ensemble

	Sociétés	Administrations	Ménages	Reste du Monde
Solde commercial	-	-	-	305 735
Excédent brut d'exploitation	431 318	62 062	200 315	-
Rémunérations nettes des travailleurs	-	-	1 099 913	-
Impôt moins subventions sur la production et fiscalité indirecte*				
<i>Cotisation sociales</i>	-	310 915	-	-
<i>Imp. moins subv. sur la prod.</i>	-	79 860	-	-
<i>Taxe int. sur les prod. pétroliers</i>	-	40 762	-	-
<i>Autres impôts sur produits</i>	-	41 009	-	-
<i>Taxe sur la valeur ajoutée</i>	-	203 181	-	-
Revenus de la propriété	-104 016	-338 038	161 155	280 899
Transferts sociaux				
<i>Chômage</i>	-	-36 283	36 283	-
<i>Retraites</i>	-	-351 567	351 567	-
<i>Autres</i>	-	-175 450	175 450	-
<i>Compensation taxe carbone</i>	-	-	-	-
Autres transferts	-25 350	-21 913	31 189	16 074
Fiscalité directe				
<i>Impôts sur le revenu</i>	-	219 547	-219 547	-
<i>Impôt sur les sociétés</i>	-57 824	57 824	-	-
<i>Autre impôts directs</i>	-	15 104	-15 104	-
Revenu disponible brut (RDB)	244 128	107 013	1 821 220	602 709
Consommations (CONS)	-	619 697	1 647 507	-
Formation brute de capital fixe (FBCF)	268 230	76 848	162 788	-
Dépenses pour emplois finaux (DEF)	268 230	696 545	1 810 295	-
Capacité d'autofinancement (CAF)	-24 102	-589 532	10 925	602 709
Position financière nette (D) (Solde des dettes sur les créances)	1 513 171	6 273 696	-2 679 554	-5 107 313

* IMACLIM-S.2.4 ne précise pas les catégories d'agents qui s'acquittent de la partie des impôts versée par les secteurs (cf. le TES). Le TEE comptabilise le total des montants reçus par les administrations ainsi que les montants acquittés directement par les agents (fiscalité directe).

Table X : Statistiques projetées (2020) - Tableau des quantités d'énergie

<i>Unité : Mtep</i>	Ressources		Emplois					
	Production	Importations	Consom. Intermédiaires				Ménages	Exports
Pét. brut	1	109	-	-	74	37	-	0
Carbu.	69	18	25	-	3	1	51	7
Autr. Énerg.	106	83	75	0	7	39	47	21

Table Y : Statistiques projetées (2020) - Tableau des prix des énergies

<i>Unité : €/tep</i>	Ressources	Emplois					
	Importations	Consom. Intermédiaires				Ménages	Exports
Pét. brut	442	-	-	431	431	-	440
Carbu.	608	1 028	-	1 029	1 028	1 487	542
Autr. Énerg.	355	531	669	625	364	1 168	326

Table Z : Statistiques projetées (2020) - Tableau des coefficients d'émission de CO₂

<i>Unité : tCO₂/tep</i>	Consom. Intermédiaires				Ménages
Pét. brut	-	-	0,1538	0,1538	-
Carbu.	3,0849	-	3,0874	3,0874	3,0849
Autr. Énerg.	1,1863	0,4371	2,7636	2,6891	1,5129

Table AA : Statistiques projetées (2020) - Tableau Economique d'Ensemble désagrégé selon les vingtiles de niveau de vie

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20
Solde commercial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Excédent brut d'exploitation	6 272	6 497	6 494	6 882	7 365	6 442	7 588	7 984	8 971	8 758	8 372	9 612	10 008	9 275	11 434	12 215	12 074	13 305	15 326	25 441
Rémunérations nettes des travailleurs	7 410	11 107	15 241	19 753	24 368	26 387	30 205	36 495	38 217	45 433	42 720	56 246	59 591	65 338	68 875	77 374	87 336	95 930	116 647	175 238
Impôt moins subventions sur la production et fiscalité indirecte*																				
<i>Cotisation sociales</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Imp. moins subv. sur la prod.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Taxe int. sur les prod. pétroliers</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Autres impôts sur produits</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Taxe sur la valeur ajoutée</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revenus de la propriété	-4 650	298	1 702	4 437	-1 072	3 539	2 411	2 788	4 319	2 299	5 019	3 513	5 547	2 727	7 361	3 706	4 481	15 065	19 200	78 466
Transferts sociaux																				
<i>Chômage</i>	1 272	2 072	2 054	1 553	2 066	1 747	1 742	1 730	1 902	1 184	1 864	1 409	1 647	1 670	1 587	1 696	2 064	2 042	2 665	2 315
<i>Retraites</i>	5 153	8 208	9 651	12 009	12 443	12 104	14 612	13 748	16 866	15 851	17 184	16 212	16 107	17 939	21 036	22 081	22 495	27 269	29 515	41 084
<i>Autres</i>	10 212	14 910	13 764	13 441	12 609	10 806	10 507	10 646	9 529	8 748	7 848	7 550	5 933	6 241	5 983	6 381	5 051	4 153	4 570	6 566
<i>Compensation taxe carbone</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Autres transferts	339	201	331	342	483	384	683	592	614	791	759	838	1 148	1 201	1 620	1 742	2 386	3 142	4 010	9 582
Fiscalité directe																				
<i>Impôts sur le revenu</i>	-1 587	-850	-922	-1 243	-2 551	-1 775	-2 302	-2 590	-3 388	-4 051	-4 093	-6 120	-7 390	-8 519	-10 321	-12 723	-19 064	-21 092	-30 678	-78 288
<i>Impôt sur les sociétés</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Autre impôts directs</i>	-332	-316	-359	-372	-436	-430	-554	-553	-651	-662	-618	-765	-844	-856	-900	-1 021	-1 057	-1 259	-1 401	-1 720
Revenu disponible brut (RDB)	24 089	42 127	47 957	56 803	55 276	59 203	64 893	70 840	76 379	78 353	79 055	88 495	91 749	95 016	106 674	111 452	115 768	138 553	159 854	258 685
Consommations (CONS)	27 798	40 667	45 342	52 206	54 902	55 344	61 862	66 541	70 000	74 070	72 100	83 354	85 018	90 094	97 496	103 020	108 988	123 237	140 038	195 432
Formation brute de capital fixe (FBCF)	2 070	2 397	2 707	1 711	4 025	2 186	4 047	4 709	5 470	6 250	6 023	6 034	6 992	8 460	10 054	14 173	14 185	15 481	20 137	25 676
Dépenses pour emplois finaux (DEF)	29 868	43 064	48 049	53 917	58 927	57 530	65 909	71 250	75 470	80 320	78 123	89 388	92 010	98 554	107 550	117 193	123 174	138 717	160 174	221 108
Capacité d'autofinancement (CAF)	-5 779	-938	-92	2 886	-3 651	1 673	-1 016	-410	910	-1 967	933	-893	-261	-3 538	-877	-5 742	-7 406	-164	-320	37 577
Position financière nette (D) (Solde des dettes sur les créances)	77 324	-4 954	-28 299	-73 770	17 820	-58 837	-40 091	-46 359	-71 805	-38 231	-83 444	-58 414	-92 232	-45 349	-122 393	-61 620	-74 508	-250 486	-319 244	-1 304 663

V# : classes de ménages distinguées selon le niveau de vie économique défini par l'INSEE (revenu disponible courant divisé par le nombre d'unités de consommation selon l'échelle de l'OCDE)

V1 : premier vingtile (5% des ménages "les plus pauvres") ; V20 dernier vingtile (5% des ménages "les plus riches")

* IMACLIM-S.2.4 ne précise pas les catégories d'agents qui s'acquittent de la partie des impôts versée par les secteurs (cf. le TES). Le TEE comptabilise le total des montants reçus par les administrations ainsi que les montants acquittés directement pas les agents (fiscalité directe).

Tableau JJJ : Statistiques projetées (2020) - Tableau démographique désagrégé selon les vingtiles de niveau de vie

[illegible]

III. Affectation des valeurs aux paramètres

Le *calibrage* est une procédure qui a pour objet d'affecter un jeu de valeurs aux paramètres du modèle de manière à ce que, en l'absence de perturbation, celui-ci reproduise l'état comptable d'une année de référence. Formellement, cette opération consiste à inverser le système d'équations simultanées d'IMACLIM-S.2.4 puis à le résoudre pour n grandeurs $\{z_1, \dots, z_n\}$ (paramètres d'IMACLIM-S.2.4) étant donné les valeurs comptables de référence prises par n autres grandeurs $\{x_1, \dots, x_n\}$ (variables d'IMACLIM-S.2.4). La procédure de calibrage consiste donc à résoudre le système suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} f^{-1}_1(\bar{z}_1, \dots, \bar{z}_n, z_{n+1}, \dots, z_m, x_1, \dots, x_n) = 0 \\ f^1_2(\bar{z}_1, \dots, \bar{z}_n, z_{n+1}, \dots, z_m, x_1, \dots, x_n) = 0 \\ \dots \\ f^1_n(\bar{z}_1, \dots, \bar{z}_n, z_{n+1}, \dots, z_m, x_1, \dots, x_n) = 0 \end{array} \right.$$

avec :

- $\bar{z}_i, i \in [1, n]$, un ensemble des paramètres calibrés sur données comptables,
- $z_i, i \in [n+1, m]$, un ensemble des paramètres non calibrés,
- $x_i, i \in [1, n]$, un ensemble de variables dont les grandeurs sont connues (données comptables),
- $f^1_i, i \in [1, n]$, fonctions inverses d'IMACLIM-S.2.4.

Puisque $m > n$, tous les paramètres ne tirent pas leur valeur de cette opération de calibrage ; le choix des n paramètres à calibrer parmi les m paramètres du modèle dépend des informations supplémentaires disponibles et du rôle que jouent ces paramètres dans l'analyse. La taxe carbone sur les consommations intermédiaires, par exemple, est une variable de contrôle dans l'analyse ; elle sera évidemment traitée comme un paramètre exogène qui prend la valeur 0 lors du calibrage (situation « sans réforme »). Les valeurs des autres paramètres exogènes peuvent être renseignées à partir des résultats de modèles technico-économiques ou d'exercices économétriques.

III.1. Variables, paramètres calibrés et non calibrés

Les tableaux suivants synthétisent les notations et les définitions des variables et des paramètres, en distinguant les paramètres calibrés des paramètres non calibrés. Ils précisent également l'origine des données qui sont utilisées pour le paramétrage puis les valeurs des paramètres dans le modèle de référence. Les éléments de chacune de ces trois catégories sont

présentés par ordre alphabétique (les lettres grecques étant classées selon leur dénomination française et non selon leur équivalence dans l'alphabet latin).

Variables

α_{ij}	Coefficient technique, quantité de bien i nécessaire à la production de bien j .
A_T	Autres transferts (équivalent des comptes D7 et D9 du TEE).
A_{TH}	Autres transferts aux ménages.
A_{TS}	Autres transferts aux sociétés.
A_{TG}	Autres transferts aux administrations publiques.
$\beta_{i,h}$	Part de la consommation de référence de bien i la classe h correspondant à un besoin essentiel.
β_{ji0}	Asymptote technique de référence du coefficient technique α_{ji} .
β_{Ki0}	Asymptote technique de référence de l'intensité en capital du bien i .
β_{Li0}	Asymptote technique de référence de l'intensité en travail du bien i .
CAF_h	Capacité d'autofinancement de la classe h .
CAF_S	Capacité d'autofinancement des sociétés.
CAF_G	Capacité d'autofinancement des administrations publiques.
CAF_{RDM}	Capacité d'autofinancement du reste-du-monde.
$CHAMTC_{Cl,i}$	Fraction des émissions de CO ₂ du secteur productif i couverte par la taxe carbone.
$CHAMTC_{CF}$	Fraction des émissions de CO ₂ des ménages couverte par la taxe carbone.
$C_{i,h}$	Consommation finale de bien i de la classe h .
D_h	Dette nette de la classe h . (équivalent du patrimoine financier net des comptes de patrimoine de l'INSEE)
D_S	Dette nette des sociétés. (équivalent du patrimoine financier net des comptes de patrimoine de l'INSEE)
D_G	Dette publique nette. (équivalent du patrimoine financier net des comptes de patrimoine de l'INSEE)
D_{RDM}	Dette nette du reste-du-monde. (équivalent du patrimoine financier net des comptes de patrimoine de l'INSEE)
δ_i	Différentiel de taux d'intérêt.
EBE_H	Excédent brut d'exploitation des ménages.
EBE_S	Excédent brut d'exploitation des sociétés.
EBE_G	Excédent brut d'exploitation des administrations publiques.
$FBCF_h$	Formation brute de capital fixe de la classe h .
$FBCF_S$	Formation brute de capital fixe des sociétés.
$FBCF_G$	Formation brute de capital fixe des administrations publiques.
$\gamma_{CF,i}$	Emission de CO ₂ par unité de bien i consommée par les ménages.

$\gamma_{Cl,ij}$	Emission de CO ₂ par unité de bien i consommée pour la production de bien j .
G_i	Consommation finale des administrations publiques du bien i .
i_H	Taux d'intérêt effectif sur la dette des ménages.
i_S	Taux d'intérêt effectif sur la dette des sociétés.
i_G	Taux d'intérêt effectif sur la dette des administrations publiques.
I_i	Consommation finale du bien i pour l'investissement.
IP_w	Indice de prix pour l'ajustement des salaires utilisé dans les négociations salariales.
IPC	Indice des prix à la consommation (de Fisher).
k_i	Intensité en capital du bien i (besoin unitaire en capital du bien i).
l_i	Intensité en travail du bien i (besoin unitaire en travail du bien i).
$\omega_{L,h}$	Part des revenus du travail captée par la classe h .
M_i	Importations de bien i .
M_S	Somme des marges spécifiques.
$N_{A,h}$	Nombre d'actifs au sens du BIT de la classe h .
$N_{L,h}$	Population employée de la classe h (équivalents temps plein).
$N_{P,h}$	Nombre de retraités de la classe h .
$N_{U,h}$	Nombre de chômeurs de la classe h .
$\omega_{L,h}$	Part des revenus salariaux nets perçue par la classe de ménage h .
$p_{M,i}$	Prix à l'importation du bien i .
$p_{M,PET}$	Prix à l'importation du pétrole brut.
p_i	Prix moyen de la ressource en bien i .
PIB	Produit intérieur brut.
$p_{Cl,ij}$	Prix à la consommation intermédiaire du bien i pour la production de bien j .
$p_{C,i}$	Prix à la consommation finale des ménages du bien i .
$p_{G,i}$	Prix à la consommation finale du gouvernement du bien i .
$p_{I,i}$	Prix à la consommation finale du bien i pour l'investissement.
Φ_i	Coefficient de progrès technique endogène dans la production de bien i .
p_K	Coût du facteur capital (somme pondérée du prix des biens d'investissement).
$p_{L,i}$	Coût du travail pour la production d'une unité de bien i .
$p_{X,i}$	Prix du bien i à l'exportation.
$p_{Y,i}$	Prix du bien i au producteur.
r_{DEM}	Ratio démographique (population active / effectif de retraités)
$R_{DBAI,h}$	Revenu disponible brut avant impôt de la classe h .
$R_{DB,h}$	Revenu disponible brut de la classe h .

R_{DBS}	Revenu disponible brut des sociétés.
R_{DBG}	Revenu disponible brut des administrations publiques.
R_A	Transferts sociaux aux ménages autres que les retraites et les allocations chômage.
R_h	Revenu consommé de la classe h .
R_P	Total des pensions de retraite.
R_U	Total des allocations chômage.
$\rho_{A,h}$	Autres transferts moyens par tête pour la classe h .
$\rho_{P,h}$	Transferts moyens par tête aux retraités de la classe h .
$\rho_{U,h}$	Transferts moyens par tête aux chômeurs de la classe h .
σ	Elasticité de substitution des parts variables des facteurs.
$\sigma_{CR,i,h}$	Elasticité-revenu de la consommation de bien i de la classe de ménages h .
$\sigma_{CP,i,h}$	Elasticité-prix de la consommation de bien i de la classe de ménages h .
$\sigma_{Mp,i}$	Elasticité du ratio des importations à la production domestique de bien i aux termes de l'échange.
$\sigma_{Xp,i}$	Elasticité des exportations aux termes de l'échange de bien i .
σ_{wu}	Elasticité du salaire net moyen (nominal ou indexé, <i>cf.</i> page 323) au taux de chômage.
Θ_i	Coefficient de rendements d'échelle décroissants dans la production i .
T	Somme des prélèvements obligatoires.
T_{CARB}	Produit fiscal de la taxe carbone.
$T_{COMP,h}$	Montant de compensation forfaitaire directe perçu par la classe h (dispositif de fiscalité carbone).
$T_{COMP,i}$	Montant de compensation forfaitaire directe perçu par le secteur i (dispositif de fiscalité carbone).
T_{CS}	Somme des cotisations sociales salariales et patronales.
T_{TIPP}	Somme des recettes de TIPP.
T_{AIP}	Somme des recettes des impôts sur produits autres que la TIPP.
T_{TVA}	Somme des recettes de TVA.
T_{IS}	Somme des recettes de l'impôt sur les sociétés.
$T_{IR,h}$	Recettes de l'impôt sur le revenu de la classe h .
T_h	Autres impôts directs acquittés par la classe h .
t_c	Taux de taxe carbone générale. Variable de contrôle.
t_{CI}	Taux de taxe carbone sur les émissions des consommations intermédiaires. Variable de contrôle.
t_{CF}	Taux de taxe carbone sur les émissions des consommations des ménages. Variable de contrôle.
T_y	Somme des recettes des impôts moins subventions sur la production.
τ_{CS}	Taux de cotisations sociales applicable aux salaires nets.
$\tau_{IR,h}$	Taux effectif d'impôt sur le revenu de la classe h .

$\tau_{MC,COM}$	Taux de marge commerciale sur le bien commercial (ou l'agrégat qui l'englobe).
$\tau_{MC,TRANS}$	Taux de marge de transport sur le bien transport (ou l'agrégat qui l'englobe).
$\tau_{TVA,i}$	Taux de TVA à la consommation finale de bien i . La TVA est traitée comme une simple taxe à la consommation prélevée indifféremment sur les consommations finales C, G et I ¹ .
$\tau_{w,i}$	Facteur d'évolution du salaire net dans le secteur de production du bien i .
$\tau_{Y,i}$	Taux effectif moyen d'impôt moins subventions sur la production de bien i .
u	Taux de chômage total.
u_h	Taux de chômage de la classe h .
w_i	Salaire net moyen dans la production de bien i .
w	Salaire net moyen toutes productions confondues.
$\omega_{c,h,i}$	Part de la consommation de la classe h dans la consommation totale des ménages en bien i .
Y_i	Production de bien i .

Paramètres calibrés

$\overline{A_{T0}}$	Masse de référence d'autres transferts. Calibré sur les données du TEE.
$\overline{\alpha_{ji0}}$	Coefficient technique de référence, quantité de bien i nécessaire à la production de bien j .
$\overline{CAF_{h0}}$	Capacité d'autofinancement de référence de la classe h . Calibrée sur le TEE décomposé.
$\overline{CAF_{S0}}$	Capacité d'autofinancement de référence des sociétés. Calibrée sur le TEE.
$\overline{CAF_{G0}}$	Capacité d'autofinancement de référence des administrations publiques. Calibrée sur le TEE.
$\overline{CAF_{RDM0}}$	Capacité d'autofinancement de référence du reste-du-monde. Calibrée sur le TEE.
$\overline{C_{i0}}$	Consommation de référence des ménages en bien i . Calibrée sur le TES hybridé.
$\overline{C_{i,h0}}$	Consommation de référence en bien i de la classe de ménages h . Calibrée sur le TES désagrégé.
$\overline{D_{G0}}$	Dette nette de référence des administrations publiques. Calibré sur les comptes de patrimoine.
$\overline{D_{h0}}$	Dette nette de référence de la classe h . Calibré sur les comptes de patrimoine décomposés.
$\overline{D_{RDM0}}$	Dette nette de référence du reste-du-monde. Calibré sur les comptes de patrimoine.
$\overline{D_{S0}}$	Dette nette de référence des sociétés. Calibré sur les comptes de patrimoine.
$\overline{\gamma_{CF,i0}}$	Coefficient d'émission de référence de l'énergie i consommée par les ménages. Calibré sur le TES hybridé.
$\overline{\gamma_{CI,ij0}}$	Emission de CO ₂ de référence de l'énergie i consommée pour la production de bien j . Calibré sur le TES hybridé.

¹ Dans le TES l'investissement est par convention valorisé à des prix intégrant la TVA. Le traitement de la TVA comme une taxe à la consommation masque certains effets distributifs entre productions, d'autant plus négligeables que le modèle est agrégé en biens. Elle est quasiment sans effet discernable sur les résultats macroéconomiques ou ceux distributifs concernant les ménages.

\overline{FBCF}_{G0}	Formation brute de capital fixe de référence des administrations publiques. Calibrée sur le TES.
\overline{G}_{i0}	Consommation finale en bien i de référence des administrations publiques.
\overline{H}_{h0}	Nombre de ménages de référence de classe de ménages h
\overline{i}_{H0}	Taux d'intérêt effectif de référence sur la dette des ménages.
\overline{i}_{S0}	Taux d'intérêt effectif de référence sur la dette des sociétés.
\overline{i}_{G0}	Taux d'intérêt effectif de référence sur la dette des administrations publiques.
\overline{k}_{i0}	Intensité en capital de référence du bien i (besoin unitaire en capital du bien i). Calibré sur les données de consommation de capital fixe.
\overline{l}_{i0}	Intensité en travail de référence du bien i (besoin unitaire en travail du bien i).
\overline{L}	Population active mesurée en équivalents temps plein (donnée INSEE).
\overline{L}_h	Population active de la classe h (équivalents temps plein). Calibrée par application au total L , des parts de la population active constatées sur l'agrégation en m classes de l'échantillon de 10305 ménages de l'enquête Budget des Familles 2001 de l'INSEE.
$\overline{\lambda}_{ji0}, \overline{\lambda}_{L,i0}, \overline{\lambda}_{K,i0}$	Coefficients de la fonction de production CES sur les parts variables des demandes conditionnelles de facteurs. Calibrés selon les conditions de premier ordre de minimisation des coûts appliquées à l'équilibre de référence (fonctions des prix p_{Cij0} , p_{Li0} et p_{Ki0} , des quantités α_{ij0} , l_{i0} et k_{i0} , ainsi que des parts incompressibles θ_{ij} , θ_{Ki} et θ_{Li}).
\overline{M}_{i0}	Importations de bien i de référence. Calibré sur les données du TES hybridé.
\overline{N}_{h0}	Population totale de la classe h . Calibrée par application à la population totale 2004, des parts de la population totale constatées sur l'agrégation en m classes de l'échantillon de 10305 ménages de l'enquête Budget des Familles 2001 de l'INSEE.
$\overline{N}_{A,h0}$	Nombre d'actifs de référence au sens du BIT de la classe h (somme du nombre de chômeurs et du nombre d'actifs occupés de référence de la classe).
$\overline{N}_{L,h0}$	Population employée de référence de la classe h (équivalents temps plein). Calibrée sur les données des comptes nationaux.
$\overline{N}_{P,h0}$	Nombre de retraités de référence dans la classe h . Calibré par application à la population retraitée 2004, des parts de la population retraitée constatées sur l'agrégation en m classes de l'échantillon de 10305 ménages de l'enquête Budget des Familles 2001 de l'INSEE.
$\overline{\omega}_{AT,h}$	Part des autres transferts captés par les ménages qui échoit à la classe h . Calibrée comme la part captée par la classe h des revenus autres que ceux du travail, dans l'agrégation en m classes de l'échantillon de 10305 ménages de l'enquête Budget des Familles 2001 de l'INSEE.
$\overline{\omega}_{ATH}$	Part des autres transferts captée par les ménages (toutes classes confondues). Calibrée sur le TEE.
$\overline{\omega}_{ATS}$	Part des autres transferts captée par les sociétés. Calibrée sur le TEE (agrégat des sociétés financières et non financières, ainsi que des institutions sans but lucratif).
$\overline{\omega}_{ATG}$	Part des autres transferts captée par les administrations publiques. Calibrée sur le TEE.

$\overline{\omega_{K,h}}$	Part des revenus du capital captés par les ménages qui échoit à la classe h . Calibrée comme la part captée par la classe h des revenus autres que ceux du travail, dans l'agrégation en m classes de l'échantillon de 10305 ménages de l'enquête Budget des Familles 2001 de l'INSEE.
$\overline{\omega_{KH}}$	Part des revenus du capital captée par les ménages (toutes classes confondues). Calibrée sur le TEE.
$\overline{\omega_{KS}}$	Part des revenus du capital captée par les sociétés. Calibrée sur le TEE (agrégat des sociétés financières et non financières, ainsi que des institutions sans but lucratif).
$\overline{\omega_{KG}}$	Part des revenus du capital captée par les administrations publiques. Calibrée sur le TEE.
$\overline{\omega_{L,h0}}$	Part des revenus salariaux nets de référence perçue par la classe de ménage h . Calibrée sur le TEE décomposé.
$\overline{\omega_{UC,h}}$	Proportion des unités de consommation (UC) de la classe h dans le total des UC nationales.
$\overline{\pi_{i0}}$	Taux de marge de référence (excédent net d'exploitation, ENE) dans la production de bien i . Calibré comme un simple ratio de l'ENE à la production distribuée (donnée par le TES), après calcul de l'ENE comme la différence de l'EBE et de la consommation de capital fixe des branches (données INSEE).
$\overline{P_{C,i0}}$	Prix à la consommation des ménages de référence pour le bien i . Calibré sur le TES hybridé.
$\overline{P_{I,i0}}$	Prix de référence à la consommation finale du bien i pour l'investissement.
$\overline{P_{M,i0}}$	Prix de référence de l'importation de bien i . Calibré sur le TES hybridé.
$\overline{P_{M,PET0}}$	Prix d'importation du pétrole brut. Calibré sur le TES hybridé.
$\overline{P_{Y,i0}}$	Prix référence du bien i au producteur. Calibré sur le TES hybridé.
$\overline{PIB_0}$	Produit intérieur brut de référence. Calibré sur le TES hybridé.
$\overline{R_{h0}}$	Revenu consommé de la classe h . Calibré sur le TEE désagrégé.
$\overline{\rho_{A,h0}}$	Autres transferts moyens par tête de référence pour la classe h . Calibré sur le TEE désagrégé à l'aide des comptes de la protection sociale et de l'enquête <i>Budget des familles</i> , 2001.
$\overline{\rho_{P,h0}}$	Transferts moyens par tête par tête de référence aux retraités de la classe h . Calibré sur le TEE désagrégé à l'aide des comptes de la protection sociale et de l'enquête <i>Budget des familles</i> , 2001.
$\overline{\rho_{U,h0}}$	Transferts moyens par tête de référence aux chômeurs de la classe h . Calibré sur le TEE désagrégé à l'aide des comptes de la protection sociale et de l'enquête <i>Budget des familles</i> , 2001.
$\overline{t_{AIP,i}}$	Autres impôts sur produits par unité de consommation du bien i . Calibré en rapportant le produit fiscal affecté à chaque produit i (donnée TES corrigée de la TIPP) au volume consommé en référence $Y_{i0} + M_{i0} - X_{i0}$ (les exportations sont supposées exonérées).
$\overline{t_{TIPPCF,i}}$	TIPP par TEP de carburant sur les consommations finales. La TIPP est isolée des autres impôts sur produits et affectée aux produits GG15 et GG2B (TICGN) : produits pétroliers raffinés et gaz naturel. La ventilation entre TIPP supportée par les ventes intermédiaires et les ventes finales de combustibles est réalisée à partir des données du CPDP.
$\overline{t_{TIPPCI,i}}$	TIPP par TEP de carburant sur les consommations intermédiaires. La TIPP est isolée des autres impôts sur produits et affectée aux produits GG15 et GG2B (TICGN) : produits pétroliers raffinés et gaz naturel. La ventilation entre TIPP supportée par les ventes intermédiaires et les ventes finales de combustibles est réalisée à partir des données du CPDP.

$\overline{T_0}$	Somme des prélèvements obligatoires de référence. Calibré sur le TEE.
$\overline{T_{h0}}$	Autres impôts directs de référence acquittés par la classe h . Calibré sur le TEE décomposé.
$\overline{\tau_{CS0}}$	Taux de cotisations sociales de référence applicable aux salaires nets. Calibré sur les données du TEE.
$\overline{\tau_{FBCF,h}}$	Proportion des dépenses de formation brute de capital fixe de la classe h par rapport à son revenu disponible brut. Calibré sur les données du TEE.
$\overline{\tau_{FBCF,S}}$	Proportion des dépenses de formation brute de capital fixe des sociétés par rapport à leur revenu disponible brut. Calibré sur les données du TEE.
$\overline{\tau_{IR,h0}}$	Taux effectif de référence d'impôt sur le revenu de la classe h . Calibré comme le ratio de l'IR au <i>RDBAI</i> , après répartition du total national d'IR entre les m classes selon celle observée pour les paiements d'IR dans l'agrégation en m classes de l'échantillon de 10305 ménages de l'enquête Budget des Familles 2001 de l'INSEE.
$\overline{\tau_{IS}}$	Taux effectif d'impôt sur les sociétés. Calibré comme le ratio du produit fiscal de l'impôt sur les sociétés à la part de l'EBE qui échoit aux sociétés.
$\overline{\tau_{MC,i}}, \forall i \neq \text{COMP}$	Taux de marge commerciale sur le bien i , hormis le composite (variable).
$\overline{\tau_{MSCI,ij}}$	Taux de marge spécifique sur les consommations intermédiaires. Défini par la procédure de calibrage hybride.
$\overline{\tau_{MSC,i}}$	Taux de marge spécifique sur les consommations des ménages. Défini par la procédure de calibrage hybride.
$\overline{\tau_{MSG,i}}$	Taux de marge spécifique sur les dépenses publiques. Défini par la procédure de calibrage hybride.
$\overline{\tau_{MSI,i}}$	Taux de marge spécifique sur les biens d'investissement. Défini par la procédure de calibrage hybride.
$\overline{\tau_{MSX,i}}$	Taux de marge spécifique sur les exportations. Défini par la procédure de calibrage hybride.
$\overline{\tau_{MT,i}}, \forall i \neq \text{COMP}$	Taux de marge de transport sur le bien i , hormis le composite (variable).
$\overline{\tau_{S,h}}$	Taux d'épargne de la classe h . Calibré comme le ratio de l'épargne de la classe h à son RDB, données découlant du croisement de l'ensemble des principales sources (TES, TEE, données de l'enquête Budget des Familles 2001 agrégées en m classes).
$\overline{\tau_{TVA,i0}}$	Taux de référence de TVA à la consommation finale de bien i . Calibré sur les données du TES.
$\overline{\tau_{Y,i0}}$	Taux effectif moyen de référence d'impôt moins subventions sur la production de bien i . Calibré sur les données du TES.
$\overline{u_0}$	Taux de chômage total de référence. Calibré sur les données des comptes nationaux.
$\overline{u_{h0}}$	Taux de chômage de référence de la classe h . Calibré sur le tableau démographique désagrégé.
$\overline{UC_{h0}}$	Nombre d'unité de consommation de référence de la classe h .
$\overline{w_{i0}}$	Salaire net de référence versé pour la production de bien i . Calibré sur les données du TES.
\overline{w}	Salaire net de référence moyen toutes productions confondues. Calibré sur les données du TES.
$\overline{Y_{i0}}$	Production de référence de bien i . Calibré sur les données du TES hybridé.
$\overline{\%_{ETS,i}}$	Fraction des émissions du secteur i couverte par le système ETS (Cf. le calcul, Encart 10, page 314).

Paramètres non calibrés

b_{UC}	Niveau de consommation de CO ₂ par unité de consommation (tCO ₂ par UC) exonéré dans le cas d'une compensation directe des ménages au titre de leurs besoins essentiels (mobilité, chauffage, etc.). Une illustration du calcul est présentée dans l'Encart 11, page 316.
β_i	Part incompressible moyenne (besoin essentiel) de la consommation des ménages en bien i . Calculée pour chaque bien i de sorte que le besoin incompressible de chaque unité de consommation de la classe h soit égal à 80% de la consommation réelle pour la classe la moins consommatrice.
β_{ji0}	Asymptote technique de référence du coefficient technique α_{ji} .
β_{Ki0}	Asymptote technique de référence de l'intensité en capital du bien i .
β_{Li0}	Asymptote technique de référence de l'intensité en travail du bien i .
$CHAMCD_h$	Champ du système de compensation directe des ménages (classes éligibles).
$\delta_{pM,PET}$	Facteur d'évolution du prix d'importation du pétrole brut.
$f_{\beta,h}$	Coefficient d'hétérogénéité sur les niveaux de besoins de base des classes h (indique la proportion des besoins de la classe inférieure par rapport à ceux de la classe supérieure, cf. note 9, page 304).
$f_{\sigma,h}$	Coefficient d'hétérogénéité sur les élasticités-prix et revenus des classes h (indique la proportion des élasticités de la classe inférieure par rapport à celles de la classe supérieure, cf. note 9, page 304).
σ_0	Elasticité de substitution de référence des parts variables des facteurs.
$\sigma_{CR,i}$	Elasticité-revenu de la consommation des ménages de bien i . Produit d'une estimation économétrique sur données agrégées 1985-2006 ² .
$\sigma_{Cp,i}$	Elasticité-prix de la consommation des ménages de bien i . Produit d'une estimation économétrique sur données agrégées 1985-2006.
$\sigma_{Mp,i0}$	Elasticité de référence du ratio des importations à la production domestique de bien i aux termes de l'échange. Evalué à partir de Cachia (2008).
$\sigma_{\Phi,i}$	Elasticité du coefficient de progrès technique du secteur i à sa consommation de capital fixe (dont l'évolution est prise comme approximation de celle de l'investissement cumulé).
$\sigma_{\Theta,i}$	Elasticité du coefficient de rendements décroissants du secteur i à la production.
$\sigma_{Xp,i0}$	Elasticité de référence des exportations aux termes de l'échange de bien i . Evalué à partir de Cachia (2008).
σ_{wU0}	Elasticité de référence du salaire net moyen (nominal ou indexé, cf. page 323) au taux de chômage.
t_C	Taux de taxe carbone exogène introduit par le dispositif de réforme.
t_{REF}	Temps de développement de la réforme (années).
δ_{CO2}	Cible d'abattement d'émission de CO ₂ (taux de pourcentage de réduction par rapport au niveau d'émission de référence).
δ_{DEM}	Hypothèse exogène d'évolution du ratio démographique (taux de variation)
δ_{DP}	Pourcentage cible de réduction du ratio de la dette publique au PIB dans l'option d'un contrôle de l'endettement public.
$\delta_{G,FBCFG}$	Facteur d'évolution des volumes de consommation et d'investissement publics (pourcentage d'augmentation par rapport aux volumes de référence).

² Estimation économétrique à partir d'une fonction de consommation Cobb-Douglas sur données agrégées post chocs pétroliers (séries temporelles de l'INSEE, en considérant la période historique 1985-2006).

δ_{PTH}	Paramètre de contrôle des potentiels d'économie d'énergie des ménages (toutes classes comprises). Lorsque le paramètre vaut 1, le niveau de besoins essentiels et les élasticités-prix et revenu prennent leur valeur de calibrage ; lorsqu'il vaut 0, les ajustements à la baisse sont impossibles ; lorsqu'il prend une valeur supérieure à 1 (respectivement inférieure), les besoins essentiels sont réduits (respectivement augmentés) et les élasticités augmentées (respectivement réduites) de ce facteur.
δ_{PTS}	Paramètre de contrôle des potentiels de substitution des secteurs productifs. Lorsque le paramètre vaut 1, le niveau d'asymptote technique et les élasticités-prix et revenu prennent leur valeur de calibrage ; lorsqu'il vaut 0, les ajustements à la baisse sont impossibles ; lorsqu'il prend une valeur supérieure à 1 (respectivement inférieure), les asymptotes techniques sont abaissées (respectivement élevées) et les élasticités augmentées (respectivement réduites) de ce facteur.
$\delta_{\sigma M}$	Facteur appliqué aux élasticités de référence des importations de biens aux prix domestiques.
$\delta_{\sigma X}$	Facteur appliqué aux élasticités de référence des exportations de biens aux prix domestiques.
$\delta_{\sigma WU}$	Facteur appliqué à l'élasticité de référence de la sensibilité du salaire négocié au taux de chômage.

III.1. Affectation des valeurs aux paramètres non calibrés

La Table BB suivante synthétise les valeurs par défaut affectées aux paramètres exogènes. Avec ces valeurs le modèle calibré reproduit les comptes référence. Nous précisons à la section V.1 de ces annexes (Table DD, page 370) quelles sont les valeurs alternatives données à ces paramètres dans les variantes simulées.

Table BB : Paramétrage de référence des paramètres non calibrés

Paramètres		Valeurs de référence						
θ_{ih}	CARB	0,22 tonnes équivalent pétrole (tep) par personne						
	AUTRES E	0,39 tonnes équivalent pétrole (tep) par personne						
θ_{ih}	COMP	75%	PETBRUT	100%	CARB	100%	AUTRES E	100%
	PETBRUT	100%		100%		100%		20%
	CARB	75%		100%		100%		80%
	AUTRES E	75%		80%		80%		80%
θ_{Ki}		75%		80%		80%		80%
θ_{Li}		75%		80%		80%		80%
σ						120%		
$\sigma_{C Ri}$	CARB					-0,39		
	AUTRES E					-0,03		
$\sigma_{C pi}$	CARB					+0,50		
	AUTRES E					+0,74		
$\sigma_{M pi}$	COMP					-1,00		
	PETBRUT					-1,00		
	CARB					-1,00		
	AUTRES E					-0,10*		
$\sigma_{X pi}$	COMP					+0,60		
	PETBRUT					+0,60		
	CARB					+0,60		
	AUTRES E					+0,06		
$\sigma_{\Theta i}$	COMP					+0,096		
	PETBRUT					+0,577		
	CARB					+0,020		
	AUTRES E					+0,065		
$\sigma_{\Phi i}$	COMP					+0,052		
	PETBRUT					Nulle**		
	CARB					Nulle**		
	AUTRES E					Nulle**		
t_{CI}						Nulle		
t_{CF}						Nulle		
σ_{wu}						-0,1		
t_{REF}						20 ans***		

* Puisqu'il existe peu d'échanges internationaux d'électricité on suppose que la sensibilité l'agrégat AUTRES E est 10% moindre.

** À moyen terme, on suppose que l'innovation technique dans les secteurs énergétiques n'a pas le temps de se déployer.

*** L'horizon de moyen-long terme apparaît explicitement dans le modèle dans les équations d'évolution de l'endettement.

IV. Modulation du système pour produire les statistiques projetées (2020)

Le système est modifié pour construire, à l'horizon de projection, une image statistique cohérente et compatible avec l'information tirée de divers travaux de prospective.

Comme il est *a priori* possible de concevoir plusieurs modèles de projection pour atteindre ce résultat, nous avons retenu pour principe de nous écarter le moins possible des hypothèses et de la structure mathématique du modèle IMACLIM-S.2.4. Les modifications à apporter dépendent de la nature et de la quantité des données que l'on souhaite conserver et qui contraignent le système ; si ces évolutions exogènes concernent non seulement des paramètres mais aussi des grandeurs qui étaient auparavant variables dans le modèle, il est nécessaire, pour que le système ne soit pas surdéterminé, de stipuler une règle de clôture alternative (c'est-à-dire désigner de nouvelles grandeurs variables ou supprimer certaines contraintes).

Nous présentons les modifications apportées au modèle pour construire la projection et les résultats du chapitre 8 (« Fiscalité carbone, réforme des retraites et déficit public »). Nous donnons d'abord les évolutions exogènes et les équations qui permettent de contraindre leur reproduction. Ces équations soit s'ajoutent aux équations d'IMACLIM-S.2.4, soit se substituent à certaines d'entre elles (nous précisons lesquelles). Nous explicitons ensuite la règle retenue pour clore le nouveau système.

IV.1. Évolutions exogènes contraintes

Les évolutions exogènes retenues traduisent les informations tirées de quatre ensembles de travaux de prospective appliqués à la France : le dernier exercice de projection des finances du système de retraite construit par Conseil d'Orientation des Retraites (COR, 2010), des exercices de projection sociodémographique produits par l'INSEE, un exercice de projection du SCEPII sur les effets macroéconomiques de la transition démographique et pour finir, un exercice de prospective sur les mutations des systèmes énergétiques et technique produit avec le modèle IMACLIM-R.

Sociodémographie

À l'horizon de projection t , l'évolution de la structure sociodémographique est déterminée par l'effectif de la population totale de l'INSEE ($N_{INSEE,t}$) et par les effectifs totaux de retraités et d'actifs du COR ($N_{A,COR,t}$ et $L_{COR,t}$). À défaut d'information plus fine, la structure sociodémographique des classes de ménages est supposée se déformer d'une manière homogène.

Ces hypothèses déterminent, premièrement l'effectif total de chaque classe :

$$N_{h,t} = \overline{\omega_{Nh0}} \cdot N_{INSEE,t} \quad (138)$$

Deuxièmement, le nombre de leurs retraités :

$$N_{ph,t} = \overline{\omega_{ph0}} \cdot N_{A,COR,t} \quad (139)$$

Troisièmement, le nombre de leurs actifs, en supposant que la proportion du travail à temps partiel est inchangée ($\overline{\omega_{ETP0}}$ représente le nombre d'équivalent temps plein par actif) :

$$L_{h,t} = \overline{\omega_{Lh0}} \cdot \overline{\omega_{ETP0}} \cdot L_{COR,t} \quad (140)$$

Enfin, le nombre des chômeurs par classe est déterminé par les évolutions conjointes de la population active et du taux de chômage (*cf. infra*), et par la règle de répartition des variations d'emploi (*cf. Equation 136, page 324*).

Macroéconomie

Le régime de croissance et le partage de la valeur ajoutée sont calés sur un des scénarios macroéconomiques du COR³. À l'horizon de projection, ces scénarios donnent le niveau de PIB réel ($PIB_{COR,t}$ égal au PIB nominal déflaté de l'indice de prix de Fisher $IP_{PIB,t}$), les rémunérations super-brutes ($REMU_{COR,t}$) et le taux de chômage ($u_{COR,t}$) :

$$\frac{PIB_t}{IP_{PIB,t}} = PIB_{COR,t} \quad (141)$$

$$\sum_{i=1}^n (p_{L,i,t} l_{i,t} Y_{i,t}) = REMU_{COR,t} \quad (142)$$

$$u_t = u_{COR,t} \quad (143)$$

Première remarque : la contrainte d'évolution du taux de chômage (Equation 143) se substitue à la *Wage Curve* (Equation 130, page 323) ; ces deux équations ne sont compatibles que dans des cas numériques très particuliers. Les deux autres contraintes sont ajoutées au système.

Une dernière contrainte macroéconomique est ajoutée pour reproduire la variation du taux d'épargne moyen des ménages estimée par le SCEPII ($\delta\tau_{S,CSEPII,t}$)⁴. L'évolution des taux d'épargne $\tau_{Sh,t}$ de chaque classe de ménages est également supposée homogène. La contrainte s'écrit donc :

³ Ces scénarios ont été produits par la Direction Générale du Trésor (DGTPE).

⁴ Estimé pour l'Europe de l'ouest grâce au modèle d'équilibre général à générations imbriquées INGENUE2 (*cf. Aglietta et Borgy, 2008, page 26*). Ce modèle permet d'estimer l'effet sur les comportements de consommation-épargne de la transition démographique, des régimes de retraite et des interdépendances macroéconomiques entre régions au sein d'un régime de croissance mondial.

$$\frac{\sum_h \tau_{Sh,t} R_{DBh,t}}{\sum_h R_{DBh,t}} = \left(1 + \delta \tau_{S,SCEPII,t}\right) \frac{\sum_h \tau_{Sh0} R_{DBh0}}{\sum_h R_{DBh0}} \quad (144)$$

Finances publiques

Le besoin de financement du système de retraite (sans réforme) est estimé par le COR et reproduit dans le modèle en contraignant la masse des cotisations sociales perçues par les administrations publiques et la masse des prestations versées aux assurés.

$$T_{CS,t} = COTIS_{COR,t} \quad (145)$$

$$R_{P,t} = PREST_{COR,t} = \sum_{h=1}^m N_{Ph,t} \overline{\omega_{pPh0}} \rho_{Ph,t} \quad (146)$$

Avec l'hypothèse que les inégalités du niveau moyen des prestations par classe sont inchangées ($\overline{\omega_{pPh0}}$), cette seconde équation détermine aussi le niveau des prestations de retraite par tête pour chacune des classes ($\rho_{Ph,t}$), car l'effectif de retraités $N_{Ph,t}$ est déterminé (Equation 139, page 366).

Les autres recettes et dépenses des administrations publiques évoluent en suivant l'option budgétaire d'une « fiscalité constante » (cf. Equation 82, page 312) et d'une indexation des autres prestations sociales sur le niveau des salaires (cf. Equation 110, page 319). Ces dernières hypothèses servent à traduire l'hypothèse où aucune réforme fiscale n'est mise en place (financement du budget public par endettement public) alors que l'on aligne la progression du niveau de vie des retraités sur celle des salariés.

Remarque : puisque le niveau des rémunérations super-brutes est aussi contraint par les hypothèses de projection du COR (Equation 142, page 366), le fait de fixer la masse des cotisations sociales (Equation 145, page 367) équivaut à fixer le taux moyen des cotisations sociales ($\tau_{CS,t}$).

Systèmes énergétiques et techniques

L'évolution des systèmes énergétiques est callée sur un scénario de prospective énergétique produit par le modèle d'équilibre général récursif IMACLIM-R. Ce modèle intègre une description explicite et précise des systèmes techniques et des ressources énergétiques. Le futur énergétique à l'horizon de projection est décrit par les consommations unitaires énergétiques et non énergétiques des productions nationales, les coefficients d'émission des agrégats énergétiques pour les divers usages et l'évolution des prix des énergies importées :

$$\alpha_{ji,t} = \alpha_{ji,IMACLIMR,t} \quad (147)$$

$$\gamma_{CIij,t} = \gamma_{CIij,IMACLIMR,t} \quad (148)$$

$$\gamma_{CFij,t} = \gamma_{CFij,IMACLIMR,t} \quad (149)$$

$$p_{Mi,t} = (1 + \delta p_{M,IMACLIMR,t}) \overline{p_{Mi0}} \quad (150)$$

Remarque : la contrainte d'évolution des coefficients techniques se substitue aux fonctions de demande correspondantes dans le modèle IMACLIM-S.2.4 (Equations 61 à 63, pages 308-308). Les produits énergétiques décrits à un niveau plus fin dans IMACLIM-R sont agrégés précisément pour correspondre aux agrégats d'énergie d'IMACLIM-S.2.4.

IV.2. Bouclage du modèle de projection

Les modifications précédentes sont apportées au système en ne contraignant véritablement que quatre grandeurs auparavant variables : Le PIB réel de Fisher (Equation 141, page 366), le taux de chômage (Equation 143, page 366), les consommations intermédiaires unitaires (Equation 147, page 367) et le niveau des rémunérations (Equation 142, page 366). Deux équations ont déjà dû être abandonnées puisqu'elles sont incompatibles avec les évolutions exogènes que l'on souhaite reproduire (il s'agit de la *Wage Curve* - Equation 130, page 323 - et des fonctions de demande pour les consommations intermédiaires : Equations 61 à 63, pages 308-308). Il faut donc rendre deux degrés de liberté au système pour qu'il ne soit pas surdéterminé.

La clôture du modèle est obtenue par l'ajout de deux variables :

- *Un facteur δ_L d'accroissement du travail effectif* qui peut être interprété, soit comme une source autonome de gain de productivité horaire par travailleur, soit comme une augmentation du volume d'heures travaillées par équivalent temps plein. Quel qu'en soit l'interprétation, il s'agit d'un moteur de croissance indépendant de l'évolution du chômage et de la force de travail.
- *Un facteur δ_X d'expansion des exportations effectives des productions françaises* qui peut être interprété, soit comme un phénomène exogène de conquête de nouvelles parts de marché, soit comme l'effet d'un niveau de croissance différent du reste-du-monde sur les quantités globales que celui-ci importe de la France. Là encore, quel qu'en soit l'interprétation, il s'agit d'une source de débouchés pour les productions domestiques si celles-ci ne sont pas consommées par les secteurs institutionnels nationaux.

Ces facteurs interviennent dans le système de projection en modifiant la quantité de travail effectif fourni par les actifs employés et l'équation d'export du modèle IMACLIM-S.2.4 (Equation 119, page 320). Ces équations sont remplacées par les deux suivantes :

$$L = (1 + \delta_L)(1 - u_{COR,t})L_{COR,t} \quad (151)$$

$$\frac{X_i}{X_{i0}} = (1 + \delta_{Xi}) \left(\frac{\overline{p_{Mi0}}}{p_{Xi0}} \frac{p_{Xi}}{p_{Mi}} \right)^{\sigma_{Xp,i0}} \quad (152)$$

Pour résumer, le passage du système IMACLIM-S.2.4 dans sa configuration de référence au système de projection est obtenu en rendant exogène trois variables, endogène deux variables, en supprimant deux équations comportementales et en ajoutant une (Table CC).

Table CC : Modifications apportées à la clôture du modèle IMACLIM-S.2.4 pour construire la projection

Éléments modifiés		Configuration de référence	Configuration pour la projection
<i>Variables</i>			
PIB/IP_{PIB}	Produit intérieur brut réel	Endogène	Exogène
u	Taux de chômage	Endogène	Exogène
α_{ij}	Consommations intermédiaires unitaires	Endogène	Exogène
δ_L	Facteur d'accroissement du travail	Exogène*	Endogène
δ_X	Facteur d'expansion des exportations	Exogène*	Endogène
<i>Equations comportementales</i>			
Equ. 130	Wage Curve	Ajoutée	Supprimée
Equ. 140 à 143 et 145	Règle de partage de la valeur ajoutée**	Supprimée	Ajoutée
Equ. 61 à 63	Fonction de demande en CI unitaires	Ajoutée	Supprimée

* Ces facteurs prennent implicitement une valeur nulle dans le système IMACLIM-S.2.4.

** Le système constitué des équations 140 (population active), 141 (PIB), 142 (rémunérations super-brutes), 143 (taux de chômage), 145 (niveau des cotisations sociales) peut en effet être réduit à une équation de partage de la valeur ajoutée.

V. Expériences numériques : définition, indicateurs et résultats

V.1. Définition des simulations numériques

Les simulations sont définies en donnant les fonctions et les paramètres qui diffèrent de la configuration de référence (Table DD). Pour désigner les fonctions nous faisons référence à la nomenclature des configurations alternatives, résumée dans la Table C. Les valeurs alternatives données aux paramètres sont précisées, tandis que les autres paramètres prennent les valeurs du paramétrage de référence (*cf.* section III, page 354 et Table BB, page 364).

Table DD : Définition des simulations**Chapitre 5 : Efficacité macroéconomique de la substitution d'une taxe carbone à des prélèvements obligatoires sur le travail**

Simulation		Configuration	Paramétrage	Texte
S1	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC)	Référence	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 17, page 174
S2	<i>Idem</i>	Référence	$t_C = 500\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 18, page 177
S3	Même dispositif et potentiel de décarbonisation des systèmes productifs nul	FLEXS-1	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 19, page 180
S4	Même dispositif et potentiel de décarbonisation des systèmes productifs double	FLEXS-2	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{PTS} = 2$	Tableau 19, page 180
S5	Même dispositif et potentiel de décarbonisation des ménages nul	FLEXH-1	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 20, page 181
S6	Même dispositif et potentiel de décarbonisation des ménages double	FLEXH-2	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{PTH} = 2$	Tableau 20, page 181
S7	Même dispositif et potentiel de décarbonisation des systèmes productifs et des ménages nul	FLEXS-1 FLEXH-1	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 21, page 182
S8	Même dispositif et potentiel de décarbonisation des systèmes productifs et des ménages double	FLEXS-2 FLEXH-2	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{PTH} = 2$ $\delta_{PTS} = 2$	Tableau 21, page 182
S9	Même dispositif et IPC comme référence pour l'indexation des salaires (salaire réel)	INDEX-1	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 22, page 184
S10	Même dispositif et sensibilité des échanges extérieurs faible (un tiers moindre)	EXPOS-1	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{oX} = 2/3$ $\delta_{oM} = 2/3$	Tableau 23, page 185
S11	Même dispositif et sensibilité des échanges extérieurs forte (un tiers supérieure)	EXPOS-1	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{oX} = 4/3$ $\delta_{oM} = 4/3$	Tableau 23, page 185
S12	Même dispositif, indice des prix à la consommation comme prix de référence pour l'indexation des salaires (salaire réel) et sensibilité des échanges extérieurs faible	INDEX-1 EXPOS-1	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{oX} = 2/3$ $\delta_{oM} = 2/3$	Tableau 23, page 185
S13	Même dispositif, indice des prix à la consommation comme prix de référence pour l'indexation des salaires (salaire réel) et sensibilité des échanges extérieurs forte	INDEX-1 EXPOS-1	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{oX} = 4/3$ $\delta_{oM} = 4/3$	Tableau 23, page 185
S14	Même dispositif avec 50% des allègements de charges captée par les marges	RECYCL-1	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{ni} = 50\%$	Tableau 24, page 188
S15	Même dispositif avec 60% des allègements de charges captée par les marges	RECYCL-1	$t_C = 400\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{ni} = 60\%$	Tableau 24, page 188

Chapitre 6 : Efficacité macroéconomique de diverses modalités de mise en œuvre d'une fiscalité carbone

Simulation		Configuration	Paramétrage	Texte
S16-a	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC)	Référence	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 25, page 199
S17	Taxe carbone générale affectée au remboursement de la dette publique	FINPUB-1 RECYCL-3	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 25, page 199
S18	Taxe carbone générale redistribuée intégralement et forfaitairement aux ménages, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC)	COMPH-3	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 27, page 201
S19	Même dispositif, sensibilité des salaires nets au taux de chômage nulle et sensibilité des échanges extérieurs nulle	COMPH-3 EXPOS-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{owU} = 0\%$ $\delta_{oX} = 0$ $\delta_{oM} = 0$	Tableau 29, page 203
S20	Même dispositif, sensibilité des salaires nets au taux de chômage double et sensibilité des échanges extérieurs double	COMPH-3 EXPOS-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{owU} = 20\%$ $\delta_{oX} = 2$ $\delta_{oM} = 2$	Tableau 29, page 203
S21	Taxe carbone générale recyclée en baisse de TVA, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC)	RECYCL-2	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 30, page 205
S22	Même dispositif, sensibilité des salaires nets au taux de chômage nulle, sensibilité des échanges extérieurs nulle et potentiel de décarbonisation des ménages double	RECYCL-2 EXPOS-1 FLEXH-2	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{owU} = 0\%$ $\delta_{oX} = 0$ $\delta_{oM} = 0$ $\delta_{PTH} = 2$	Tableau 32, page 207
S23	Même dispositif, sensibilité des salaires nets au taux de chômage double, sensibilité des échanges extérieurs double et potentiel de décarbonisation des ménages nul	RECYCL-2 EXPOS-1 FLEXH-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{owU} = 20\%$ $\delta_{oX} = 2$ $\delta_{oM} = 2$	Tableau 32, page 207
S24	Taxe carbone sur les ménages recyclée en baisse des cotisations sociales, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC)	PERTC-2	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 33, page 209
S25	Taxe carbone sur les systèmes productifs recyclée en baisse des cotisations sociales, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC)	PERTC-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 33, page 209

S26	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC) et compensation des émissions couvertes par ETS sous forme d'une déduction d'impôt à la production	COMPS-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 34, page 211
S27	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC) et exonération des émissions couvertes par ETS	PERTC-3	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 34, page 211
S28	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, recyclage « à l'euro près » (règle de neutralité budgétaire : « autres taux de fiscalité constants », AFC)	FINPUB-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 36, page 214
S29	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, règle de neutralité budgétaire « pression fiscale constante » (PFC)	FINPUB-2	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 38, page 216
S30	Taxe carbone générale redistribuée intégralement et forfaitairement aux ménages, autres taux de fiscalité constants (règle de neutralité budgétaire AFC)	COMPH-3 FINPUB-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 39, page 217
S31	Taxe carbone générale redistribuée intégralement et forfaitairement aux ménages, pression fiscale constante (règle de neutralité budgétaire PFC)	COMPH-3 FINPUB-2	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 39, page 217
S32	Taxe carbone générale recyclée en baisse de TVA, autres taux de fiscalité constants (règle de neutralité budgétaire AFC)	RECYCL-2 FINPUB-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 39, page 217
S33	Taxe carbone générale recyclée en baisse de TVA, pression fiscale constante (règle de neutralité budgétaire PFC)	RECYCL-2 FINPUB-2	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 39, page 217
S34	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC) et indexation des transferts sociaux sur l'indice des prix à la consommation	INDEXT-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 40, page 219
S35	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, autres taux de fiscalité constants (règle de neutralité budgétaire AFC) et indexation des transferts sociaux sur l'indice des prix à la consommation	FINPUB-1 INDEXT-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 40, page 219
S36	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, pression fiscale constante (règle de neutralité budgétaire PFC) et indexation des transferts sociaux sur l'indice des prix à la consommation	FINPUB-2 INDEXT-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 40, page 219
S37	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC) et volumes constants de consommation et d'investissements publics	DEPPUB-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 42, page 221

S38	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, autres taux de fiscalité constants (règle de neutralité budgétaire AFC) et volumes constants de consommation et d'investissement publics	FINPUB-1 DEPPUB-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 42, page 221
S39	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, pression fiscale constante (règle de neutralité budgétaire PFC) et volumes constants de consommation et d'investissement publics	FINPUB-2 DEPPUB-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 42, page 221
S40	Taxe carbone générale affectée au remboursement de la dette publique, ajustement du taux de la taxe nécessaire pour atteindre diverses cibles de désenttement	RECYCL-3 FINPUB-3	$\delta_{DP} = \{-11\% ; -22\% ; -33\% ; -44\% ; -55\% ; -66\% , -77\% ; -88\%\}$	Tableau 44, page 224 Figure 44, page 225
S41	Taxe carbone générale affectée au remboursement de la dette publique, ajustement du taux de la taxe nécessaire pour atteindre diverses cibles de désenttement et potentiel de décarbonisation des ménages et des systèmes productifs supérieur de 10%	RECYCL-3 FINPUB-3 FLEXS-2 FLEXH-2	$\delta_{DP} = \{-11\% ; -22\% ; -33\% ; -44\% ; -55\% ; -66\% , -77\% ; -88\%\}$ $\delta_{PTH} = 110\%$ $\delta_{PTS} = 110\%$	Tableau 44, page 224 Figure 44, page 225
S42	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, ajustement du taux de la taxe nécessaire pour atteindre diverses cibles de désenttement	FINPUB-3	$\delta_{DP} = \{-11\% ; -22\% ; -33\% ; -44\% ; -55\% ; -66\% , -77\% ; -88\%\}$	Tableau 44, page 224 Figure 44, page 225
S43	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, ajustement du taux de la taxe nécessaire pour atteindre diverses cibles de désenttement et potentiel de décarbonisation des ménages et des systèmes productifs supérieur de 10%	FINPUB-3 FLEXS-2 FLEXH-2	$\delta_{DP} = \{-11\% ; -22\% ; -33\% ; -44\% ; -55\% ; -66\% , -77\% ; -88\%\}$ $\delta_{PTH} = 110\%$ $\delta_{PTS} = 110\%$	Tableau 44, page 224 Figure 44, page 225
S44	Ajustement du taux moyen de TVA nécessaire pour atteindre diverses cibles de désenttement	AJUST-4 FINPUB-3	$\delta_{DP} = \{-11\% ; -22\% ; -33\% ; -44\% ; -55\% ; -66\% , -77\% ; -88\%\}$	Tableau 44, page 224 Figure 44, page 225
S45	Ajustement du taux moyen de TVA nécessaire pour atteindre diverses cibles de désenttement et potentiel de décarbonisation des ménages et des systèmes productifs supérieur de 10%	AJUST-4 FINPUB-3 FLEXS-2 FLEXH-2	$\delta_{DP} = \{-11\% ; -22\% ; -33\% ; -44\% ; -55\% ; -66\% , -77\% ; -88\%\}$ $\delta_{PTH} = 110\%$ $\delta_{PTS} = 110\%$	Tableau 44, page 224 Figure 44, page 225
S46	Ajustement du taux moyen de cotisation sociale nécessaire pour atteindre diverses cibles de désenttement	AJUST-3 FINPUB-3	$\delta_{DP} = \{-11\% ; -22\% ; -33\% ; -44\% ; -55\% ; -66\% , -77\% ; -88\%\}$	Tableau 44, page 224 Figure 44, page 225
S47	Ajustement du taux moyen de cotisation sociale nécessaire pour atteindre diverses cibles de désenttement et potentiel de décarbonisation des ménages et des systèmes productifs supérieur de 10%	AJUST-3 FINPUB-3 FLEXS-2 FLEXH-2	$\delta_{DP} = \{-11\% ; -22\% ; -33\% ; -44\% ; -55\% ; -66\% , -77\% ; -88\%\}$ $\delta_{PTH} = 110\%$ $\delta_{PTS} = 110\%$	Tableau 44, page 224 Figure 44, page 225

S48	Taxe carbone endogène pour atteindre diverses cibles d'abattement d'émission de CO ₂ . Taxe générale recyclée en baisse des cotisations sociales et gestion neutre des finances publiques : ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC), transferts sociaux indexé sur les salaires, volumes de consommation et d'investissement publics constants et aucune compensation ciblée	TAXNIV-1 DEPPUB-1	$\delta_{CO_2} = \{10\% ; 20\% ; 30\% ; 40\% ; 50\% ; 60\%$	Figure 45, page 227
S49	Taxe carbone endogène pour atteindre diverses cibles d'abattement d'émission de CO ₂ . Taxe générale recyclée en baisse des cotisations sociales et gestion ambitieuse des finances publiques : ratio de la dette publique au PIB réduit de 10%, transferts sociaux indexé sur l'indice des prix à la consommation, volumes de consommation et d'investissement publics augmentés de 10% et émissions couvertes par le système ETS compensées de taxe carbone par une baisse d'impôt sur la production	TAXNIV-1 FINPUB-3 INDEXT-1 DEPPUB-2 COMPS-1	$\delta_{CO_2} = \{10\% ; 20\% ; 30\% ; 40\% ; 50\% ; 60\%$ $\delta_{DP} = -10\%$ $\delta_{G,FBCEG} = +10\%$	Figure 45, page 227
S50	Taxe carbone endogène pour atteindre diverses cibles d'abattement d'émission de CO ₂ . Taxe générale recyclée en baisse de TVA et gestion neutre des finances publiques : ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC), transferts sociaux indexé sur les salaires, volumes de consommation et d'investissement publics constants et aucune compensation ciblée	TAXNIV-1 RECYCL-2 DEPPUB-1	$\delta_{CO_2} = \{10\% ; 20\% ; 30\% ; 40\% ; 50\% ; 60\%$	Figure 45, page 227
S51	Taxe carbone endogène pour atteindre diverses cibles d'abattement d'émission de CO ₂ . Taxe générale recyclée en baisse de TVA et gestion ambitieuse des finances publiques : ratio de la dette publique au PIB réduit de 10%, transferts sociaux indexé sur l'indice des prix à la consommation, volumes de consommation et d'investissement publics augmentés de 10% et émissions couvertes par le système ETS compensées de taxe carbone par une baisse d'impôt sur la production	TAXNIV-1 RECYCL-2 FINPUB-3 INDEXT-1 DEPPUB-2 COMPS-1	$\delta_{CO_2} = \{10\% ; 20\% ; 30\% ; 40\% ; 50\% ; 60\%$ $\delta_{DP} = -10\%$ $\delta_{G,FBCEG} = +10\%$	Figure 45, page 227
S52	Taxe carbone endogène pour atteindre diverses cibles d'abattement d'émission de CO ₂ . Taxe générale redistribuée intégralement et forfaitairement aux ménages et gestion neutre des finances publiques : ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC), transferts sociaux indexé sur les salaires, volumes de consommation et d'investissement publics constants et aucune compensation ciblée	TAXNIV-1 COMPH-3 DEPPUB-1	$\delta_{CO_2} = \{10\% ; 20\% ; 30\% ; 40\% ; 50\% ; 60\%$	Figure 45, page 227
S53	Taxe carbone endogène pour atteindre diverses cibles d'abattement d'émission de CO ₂ . Taxe générale redistribuée intégralement et forfaitairement aux ménages et gestion ambitieuse des finances publiques : ratio de la dette publique au PIB réduit de 10%, transferts sociaux indexé sur l'indice des prix à la consommation, volumes de consommation et d'investissement publics augmentés de 10% et émissions couvertes par le système ETS compensées de taxe carbone par une baisse d'impôt sur la production	TAXNIV-1 COMPH-3 FINPUB-3 INDEXT-1 DEPPUB-2 COMPS-1	$\delta_{CO_2} = \{10\% ; 20\% ; 30\% ; 40\% ; 50\% ; 60\%$ $\delta_{DP} = -10\%$ $\delta_{G,FBCEG} = +10\%$	Figure 45, page 227

Chapitre 7 : Effets distributifs et arbitrage équité-efficacité

Simulation		Configuration	Paramétrage	Texte
S16-a	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC)	Référence	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Paragraphe 2.1, page 232
S17	Taxe carbone générale affectée au remboursement de la dette publique	FINPUB-1 RECYCL-3	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Paragraphe 2.1, page 232
S18	Taxe carbone générale redistribuée intégralement et forfaitairement aux ménages, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC)	COMPH-3	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 48, page 236
S54	Première formule de compromis équité-efficacité (« allocation universelle restreinte ») : restitution aux ménages des montants acquittés sous forme d'un forfait identique par unité de consommation et baisse des cotisations sociales avec les montants acquittés par les secteurs productifs, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC)	COMPH-1	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Figure 48, page 239
S55	Deuxième formule de compromis équité-efficacité (« crédit d'impôt généralisé ») : restitution aux ménages des montants prélevés sur les achats d'énergie nécessaires à la satisfaction de besoins de base, baisse des cotisations sociales avec le solde des recettes, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC)	COMPH-2	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Figure 48, page 239
S56	Troisième formule de compromis équité-efficacité (« crédit d'impôt ciblé et mesures d'accompagnement ») : crédit d'impôt limité aux 80% des ménages les moins riches (classes de niveau de vie 1 à 16), baisse des cotisations sociales avec le solde du produit fiscal et financement d'une hausse des autres transferts sociaux des 80% des ménages les moins riches avec les marges budgétaire sous la contrainte d'un ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC)	COMPH-2 AJUST-2	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$ $CHAMCD_h = 1$ pour $h = 1$ à 16 $CHAMCD_h = 0$ pour $h = 16$ à 20	Figure 48, page 239
S16-b	Taxe carbone générale recyclée en baisse des cotisations sociales, ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC) et ménages distingués selon leur localisation (degré d'urbanisation)	Référence	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Paragraphe 2.1, page 232
S55-b	Deuxième formule de compromis équité-efficacité (« crédit d'impôt généralisé ») et ménages distingués selon leur localisation (degré d'urbanisation)	COMPH-2	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$	Figure 48, page 239
S56-b	Troisième formule de compromis équité-efficacité (« crédit d'impôt et mesures d'accompagnement ») : crédit d'impôt, baisse des cotisations sociales avec le solde du produit fiscal et financement d'une hausse des autres transferts sociaux de toutes les classes de ménages distingués par leur localisation (degré d'urbanisation) sous la contrainte d'un ratio de la dette publique au PIB constant (règle de neutralité budgétaire RDPC)	COMPH-2 AJUST-2	$t_c = 300\text{€}/\text{tCO}_2$ $CHAMCD_h = 1$ pour $h = 1$ à 16 $CHAMCD_h = 0$ pour $h = 16$ à 20	Figure 48, page 239

Chapitre 8 : Fiscalité carbone, réforme des retraites et déficits publics

Simulation	Configuration	Paramétrage	Texte
S57 Hausse du ratio démographique de 13% (report de l'âge légal de départ en retraite de trois ans), autres taux de fiscalité constants (règle de neutralité budgétaire AFC)	REPAGE-1 FINPUB-1	$\delta_{DEM} = 13\%$	Tableau 56, page 259
S58 Ajustement du ratio démographique (report de l'âge légal de départ en retraite) pour atteindre une réduction du ratio de la dette publique au PIB de 15,6 % (annulation du déficit des retraites sur la période 2011-2020)	REPAGE-2 FINPUB-3	$\delta_{DP} = -15,6 \%$	Tableau 56, page 259
S59 Ajustement du niveau des dépenses publiques (consommation et investissement) pour atteindre une réduction du ratio de la dette publique au PIB de 15,6 % (annulation du déficit des retraites sur la période 2011-2020)	DEPPUB-3 FINPUB-3	$\delta_{DP} = -15,6 \%$	Tableau 57, page 261
S60 Ajustement du taux d'une taxe carbone générale affectée au remboursement de la dette publique de façon à atteindre une réduction du ratio de la dette publique au PIB de 15,6 % (annulation du déficit des retraites sur la période 2011-2020)	AJUST-5 FINPUB-3	$\delta_{DP} = -15,6 \%$	Tableau 58, page 262
S61 Ajustement du taux de cotisation sociale pour atteindre une réduction du ratio de la dette publique au PIB de 15,6 % (annulation du déficit des retraites sur la période 2011-2020)	AJUST-3 FINPUB-3	$\delta_{DP} = -15,6 \%$	Tableau 58, page 262
S62 Ajustement du taux moyen de TVA pour atteindre une réduction du ratio de la dette publique au PIB de 15,6 % (annulation du déficit des retraites sur la période 2011-2020)	AJUST-4 FINPUB-3	$\delta_{DP} = -15,6 \%$	Tableau 58, page 262
S63 Ajustement des taux d'impôt sur le revenu pour atteindre une réduction du ratio de la dette publique au PIB de 15,6 % (annulation du déficit des retraites sur la période 2011-2020)	AJUST-1 FINPUB-3	$\delta_{DP} = -15,6 \%$	Tableau 58, page 262
S64 Profil de taxe carbone générale affectée au remboursement de la dette publique	FINPUB-1 RECYCL-3	$t_C = \{20\text{€}/\text{tCO}_2 ; 40\text{€}/\text{tCO}_2 ; \dots\text{etc}\dots ; 1\,000\text{€}/\text{tCO}_2\}$	Figure 50, page 263
S65 Taxe carbone générale de 100€/tCO ₂ recyclée en baisse des cotisations sociales associée à un ajustement du taux moyen de TVA nécessaire pour atteindre une réduction du ratio de la dette publique au PIB de 15,6 % (annulation du déficit des retraites sur la période 2011-2020)	AJUST-4 FINPUB-3	$t_C = 100\text{€}/\text{tCO}_2$ $\delta_{DP} = -15,6 \%$	Tableau 59, page 266
S66 Taxe carbone générale de 200€/tCO ₂ recyclée en baisse des cotisations sociales associée à	AJUST-4	$t_C = 200\text{€}/\text{tCO}_2$	Tableau 59, page 266

	un ajustement du taux moyen de TVA nécessaire pour atteindre une réduction du ratio de la dette publique au PIB de 15,6 % (annulation du déficit des retraites sur la période 2011-2020)	FINPUB-3	$\delta_{DP} = -15,6 \%$	
S67	Taxe carbone générale de 100€/tCO ₂ recyclée en baisse des cotisations sociales associée à un ajustement des taux d'impôt sur le revenu nécessaire pour atteindre une réduction du ratio de la dette publique au PIB de 15,6 % (annulation du déficit des retraites sur la période 2011-2020)	AJUST-1 FINPUB-3	$t_C = 100\text{€/tCO}_2$ $\delta_{DP} = -15,6 \%$	Tableau 59, page 266
S68	Taxe carbone générale de 200€/tCO ₂ recyclée en baisse des cotisations sociales associée à un ajustement des taux d'impôt sur le revenu nécessaire pour atteindre une réduction du ratio de la dette publique au PIB de 15,6 % (annulation du déficit des retraites sur la période 2011-2020)	AJUST-1 FINPUB-3	$t_C = 200\text{€/tCO}_2$ $\delta_{DP} = -15,6 \%$	Tableau 59, page 266
S69	Hausse du taux de TVA de 3,6 points et ajustement du taux de cotisation sociale pour atteindre une réduction du ratio de la dette publique au PIB de 15,6 % (annulation du déficit des retraites sur la période 2011-2020)	AJUST-3 FINPUB-3	$\tau_{TVA,i} = \overline{\tau_{TVA,i0}} + 3,6$ $\delta_{DP} = -15,6 \%$	Tableau 60, page 267
S70	Hausse des taux d'impôt sur le revenu de 2,9 points et ajustement du taux de cotisation sociale pour atteindre une réduction du ratio de la dette publique au PIB de 15,6 % (annulation du déficit des retraites sur la période 2011-2020)	AJUST-3 FINPUB-3	$\tau_{IR,h} = \overline{\tau_{IR,h0}} + 2,9$ $\delta_{DP} = -15,6 \%$	Tableau 60, page 267
S71	Effet de court terme de chocs sur le prix du pétrole (ajustement des consommations d'énergie impossible) dans l'économie induite par la réforme fiscale sans composante carbone de la simulation S70 (hausse de TVA associée à une baisse des cotisations sociales)	CHOC-P-1 FLEXS-1 FLEXH-1	$\delta_{PM,PET} = \{2 ; 3 ; 4\}$ $\alpha_{ji} = \overline{\alpha_{ji,t,S70}} \quad k_{ji} = \overline{k_{ji,t,S70}}$ $l_{ji} = \overline{l_{ji,t,S70}} \quad C_{i,h} = \overline{C_{i,h,t,S70}}$	Encart 9, page 269
S72	Effet de court terme de chocs sur le prix du pétrole (ajustement des consommations d'énergie impossible) dans l'économie induite par la réforme fiscale avec composante carbone de la simulation S67 (taxe carbone de 200€ recyclée en baisse des cotisations sociales associée à une hausse du taux moyen de TVA)	CHOC-P-1 FLEXS-1 FLEXH-1	$\delta_{PM,PET} = \{2 ; 3 ; 4\}$ $\alpha_{ji} = \overline{\alpha_{ji,t,S67}} \quad k_{ji} = \overline{k_{ji,t,S67}}$ $l_{ji} = \overline{l_{ji,t,S67}} \quad C_{i,h} = \overline{C_{i,h,t,S67}}$	Encart 9, page 269

V.2. Définition des indicateurs

La majorité des résultats sont donnés sous forme de pourcentages (+x%, -x%, id.) qui désignent les ***variations enregistrées par rapport à une référence définie comme la situation sans taxe carbone***—de fait, celle de l'économie française en 2004. Les variations du taux de chômage, de la pression fiscale, du ratio de la dette au PIB (à la différence du corps du texte), et des parts captées du revenu disponible brut sont en revanche donnés en points de pourcentage, qui ont paru plus parlants : une variation de +1 de la pression fiscale, qui s'élève à 44,84% en référence, signifie bien qu'elle grimpe de 1 point pour atteindre 45,84% du fait de la réforme—et non qu'elle progresse de 1% pour atteindre 45,29%.

Les résultats rapportés sous forme monétaire sont exprimés en millions d'euros 2004 (l'unité monétaire des statistiques sur lesquelles le modèle est calibré).

INDICATEURS DE PERFORMANCE

Une série d'indicateurs de performance mesurent le succès des réformes dans les différentes dimensions où leurs résultats sont attendus (qui recouvrent de fait les trois dimensions canoniques du développement durable : dimension économique, dimension environnementale, dimension sociale).

Environnement

L'impact des réformes sur l'environnement, raison première de leur mise en œuvre, est synthétisé par la variation induite des émissions totales de CO₂.

Activité et emploi

L'impact des réformes sur l'activité et l'emploi est synthétisé par :

- le **PIB**, ramené en termes réels selon la méthode de Fisher,
- l'**emploi total**, qui désigne précisément la somme des équivalents temps plein employés,
- les **milliers d'équivalents temps plein** correspondant aux variations d'emploi,
- l'**évolution du taux de chômage** correspondant aux variations d'emploi, donnée en points de pourcentage à ajouter ou retrancher au taux observé en référence, qui est de 9,6% (une évolution de +1,0 indique que la réforme induit un taux de chômage de $9,6 + 1 = 10,6\%$).

Consommation effective des ménages

Les choix de modélisation ayant conduit à rejeter l'artefact d'une fonction d'utilité qui synthétiserait l'impact de la réforme sur le bien-être des ménages, la **consommation effective des**

ménages est rapportée. Elle agrège les consommations finales des ménages à proprement parler, calculées en déflatant le revenu consommé d'un indice des prix à la consommation de Fisher, et les consommations de bien public individualisables, distribuées aux classes proportionnellement à leur effectif total. Elle est éventuellement corrigée d'un **gain d'efficacité énergétique** en faisant l'hypothèse simplificatrice qu'ils croissent linéairement avec la taxe carbone pour atteindre 5% à 400€/tCO₂. Nous avons fait cette hypothèse volontairement conservatrice pour tenir compte de l'inertie des équipements.

Les variations sont rapportées pour les 20 classes agrégées (**ENSEMBLE**) ainsi que, lorsque les gains d'efficacité énergétique estimés sont pris en compte, pour les agrégats de vingtiles retenus dans le texte (**F0-5 à F95-100**).

Politique budgétaire

Deux indicateurs de politique budgétaire visent à préciser les termes de l'arbitrage entre rigueur budgétaire (RDPC), et *statu quo* de la pression fiscale (PFC) voire de la fiscalité *stricto sensu* (AFC) :

- L'indicateur **dette publique / PIB** donne les variations du ratio de la dette des administrations publiques (Etat, collectivités locales, fonction publique hospitalière) au PIB. La dette publique est définie comme la somme de deux termes, (i) l'endettement de référence¹ dont on suppose qu'il est constant par rapport au numéraire, le bien composite international—ceci revient à considérer que la dette est majoritairement libellée en monnaie étrangère ; et (ii) l'impact du glissement du déficit budgétaire constaté sur ce stock, calculé en supposant un horizon de développement de la réforme de 20 ans, et une divergence linéaire entre le déficit de référence et celui induit par la taxe.

- La **pression fiscale** est calculée comme le ratio entre les prélèvements obligatoires et le PIB. Les prélèvements obligatoires comprennent la TVA, la TIPP, un agrégat d'autres impôts sur produits, un agrégat de cotisations sociales (salariales et patronales confondues) assis sur les salaires nets, un agrégat d'impôts et subventions à la production assis sur les volumes produits ; l'impôt sur les sociétés, assis sur l'excédent net d'exploitation ; l'impôt sur le revenu (IR) ; un agrégat d'autres impôts des ménages, dont le montant est indexé sur les prix à la consommation.

Dépendance énergétique

Deux indicateurs marquent l'impact de la réforme sur la dépendance énergétique de l'économie française : les **Importations de pétrole brut** en volume (MTEP), et la **Facture énergétique extérieure** agrégée en millions d'euros 2004. Ces deux indicateurs, qui évoluent pour toutes les réformes dans un sens favorable (l'effet direct de la hausse des prix des énergies fossiles est toujours supérieur à un éventuel effet relance) traduisent un bénéfice secondaire qui peut avoir son importance dans un contexte de géopolitique de l'énergie particulièrement sensible.

¹ Il s'agit dans la comptabilité nationale de la position nette du patrimoine financier des administrations publiques.

INDICATEURS INTERMEDIAIRES

Afin de faciliter la compréhension des résultats synthétisés dans les indicateurs de performance, le texte s'appuie sur divers indicateurs intermédiaires, dont les tableaux qui suivent systématisent la présentation.

Système productif agrégé

Le **poids total de la fiscalité** représente le ratio de la somme des prélèvements obligatoires directs et indirects sur la production (impôts et subventions à la production, cotisations sociales, mais aussi TIPP et autres impôts sur produits supportés par les consommations intermédiaires), au coût de production total.

Les **salaires nets nominaux** suivent la même évolution que le salaire net nominal moyen de l'économie, dont les fluctuations sont gouvernées par les tensions sur le marché de l'emploi selon une boucle salaire-chômage.

Les **prélèvements sur l'énergie** agrègent la TIPP et la nouvelle taxe carbone payée par les productions sur leurs consommations d'énergies—en effet il est intéressant de noter qu'en réduisant leurs consommations de fossiles du fait de la taxe carbone, les productions réduisent aussi leurs versements de TIPP. Les variations sont rapportées en millions d'euros 2004, afin de pouvoir être comparées à celles des cotisations sociales.

Les **cotisations sociales** agrègent la masse des prélèvements obligatoires effectués sur le travail, sans distinguer entre cotisations salariales et patronales.

Production composite

Trois indicateurs de l'évolution du coût de la **production composite**, qui 'pèse' 97% de la valeur ajoutée, explicitent les variations de ce déterminant majeur de l'impact ultime :

- Les variations du **prix de production** sont données par rapport au numéraire du modèle, le bien composite international, et traduisent donc l'impact de la réforme sur la compétitivité de l'économie française. Elles expliquent aussi pour partie l'évolution du pouvoir d'achat du salaire net en bien composite (*cf. infra*).

- L'**intensité en travail** de la production composite évolue en fonction d'un arbitrage dicté par les variations de prix relatif des 6 intrants représentés (4 consommations intermédiaires, dont 3 d'énergie, travail, consommation de capital fixe). Ses variations traduisent à la fois un changement technique dans la myriade de processus de production sous-jacents à l'agrégat composite, mais aussi une réorientation de la composition de cet agrégat en faveur des activités plus intensives en main d'œuvre (et moins en énergie), en particulier les services. Elles sont évidemment pour une grande part dans l'évolution de l'emploi total.

- Le **poids de la fiscalité** dans la production composite désigne le même ratio que celui présenté plus haut pour la production agrégée. En l'absence de taxe carbone les cotisations et les

impôts nets de subvention représentent 13% du coût de production. La variation de cette charge, mécaniquement corrélée à l'hypothèse de recyclage retenue, explique pour une grande part celle du prix de production dont nous avons souligné l'importance.

Consommation réelle des ménages (dépenses privés)

En l'absence de fonction d'utilité qui synthétiserait l'impact de la réforme sur le bien-être des ménages, trois indicateurs de la **consommation (C) réelle des ménages** sont fournis pour l'estimation de cet impact :

- La **consommation réelle totale** est calculée en rapportant la somme des dépenses de consommation à l'indice des prix à la consommation, estimé selon la méthode de Fisher. C'est l'indicateur le plus proche d'une variation d'utilité, cependant il faut garder à l'esprit qu'il considère implicitement la consommation d'énergies comme une source de bien-être en soi, sans prendre en compte le fait que la taxe carbone ne peut manquer d'induire une évolution des équipements énergétiques² qui implique une amélioration du service énergétique (confort thermique, éclairage, autres services résidentiels, transport) à consommation constante.

- Pour cette raison nous rapportons aussi la **consommation réelle de bien composite**, qui représente la part du budget consacrée aux dépenses non-énergétiques, dont l'amélioration peut constituer un indicateur significatif, en particulier pour les classes de ménage à faible revenu dont les besoins en services énergétiques sont fortement rigides à la baisse.

- De même nous indiquons les variations de la **consommation réelle d'énergie**. L'effort d'hybridation opéré au moment du calibrage du modèle nous permet de rapporter des variations de millions de tonnes équivalent pétrole (MTEP) *stricto sensu*, plutôt que d'un bien quasi physique agrégeant toutes sortes de service (abonnement, dépannage, etc.).

Commerce extérieur

Les **exportations de bien composite en volume (vol.)** suivent l'évolution des termes de l'échange avec une élasticité fixe, la demande mondiale étant supposée exogène.

En revanche, ce n'est que le ratio des importations réelles à la production nationale qui est élastique aux termes de l'échange³. Ceci signifie que les **importations de bien composite** ont tendance à évoluer proportionnellement à la production, donc à progresser lorsque l'activité augmente. En conséquence l'impact d'une baisse du prix du bien composite sur le solde commercial n'est pas univoque.

² Dans notre modélisation la « consommation » de ces équipements est agrégée pour part à la consommation de bien composite (biens durables), et pour part à la FBCF des ménages (évolution du parc résidentiel).

³ À l'exception notable du pétrole brut, dont la production domestique, très faible, est supposée invariable, le solde de la consommation étant automatiquement importé au prix du marché international (constant dans les simulations sauf indication contraire).

Dépense publique

La **dépense publique réelle**, à notre niveau d'agrégation, correspond à une consommation du seul agrégat composite⁴. Elle est en général en augmentation significative, du fait de la règle de constance de son poids dans le PIB : la valorisation du PIB repose sur celle de l'ensemble de ses composantes, et notamment sur celle des consommations d'énergies, dont le prix augmente fortement relativement à celui du bien composite du fait de la taxe carbone. Une proportion constante du PIB permet donc un surcroît de dépense publique en présence d'une taxe carbone significative. Le calcul d'une consommation effective vise précisément à corriger les conséquences distributives de cette hypothèse.

Investissement

L'**investissement** réel résulte de la somme de la FBCF des ménages (définie comme une part constante de leur RDB), des entreprises (part constante de leur RDB également) et des administrations publiques (part constante du PIB). Cette offre de capital fixe rencontre une demande définie par l'arbitrage des productions et le niveau d'activité (consommation de capital fixe corrigée d'un scalaire supposé constant), le marché s'équilibrant par une correction identique des taux d'intérêts des différents agents (Gherzi et Thubin, 2009).

Pouvoir d'achat du salaire net moyen

Deux indicateurs portent sur l'évolution du pouvoir d'achat (PA) du salaire net moyen, ce dernier élément étant défini comme le rapport de la masse salariale nette sur le nombre total d'équivalents temps plein employés.

- Le PA **en bien composite** est calculé en rapportant le salaire net moyen au prix du bien composite à la consommation des ménages, égal au prix de production augmenté de marges de transport et de commercialisation (taux fixes), d'impôts sur produits, et de TVA.
- Le PA **toutes consommations** est calculé en rapportant le salaire net moyen à l'indice des prix à la consommation, qui outre l'évolution du prix du bien composite englobe celle des 2 agrégats énergétiques consommés par les ménages (carburants et énergie résidentielle). L'indice est calculé selon la méthode de Fisher.

Pouvoir d'achat du revenu disponible brut

Le **pouvoir d'achat du revenu disponible brut** offre un indicateur plus large que celui du salaire net moyen, en prenant en compte non seulement les évolutions de l'emploi (masquées par un indicateur 'unitaire' comme le pouvoir d'achat du salaire moyen) mais aussi celles de l'ensemble des revenus des ménages plutôt que des seules rémunérations du travail. Il est décliné, comme le pouvoir d'achat du salaire moyen, en PA **bien composite** et PA **toutes consommations**.

⁴ Par convention la comptabilité nationale traite la production de services publics comme les autres productions de biens et services, et la fait consommer dans son intégralité par les administrations publiques. La consommation d'énergies des services publics est donc soumise à la taxe carbone comme n'importe quelle autre consommation intermédiaire.

Part captée du revenu disponible brut

L'évolution de la **part captée du revenu disponible brut**, enfin, est retenue comme un indicateur synthétique de l'impact distributif des différentes réformes. Elle est donnée en points de pourcentage ajoutés ou retranchés par les réformes à la part du revenu disponible brut agrégé des ménages que capte chacun des 5 fractiles.

DECOMPOSITION DE LA VARIATION DU PRIX DE PRODUCTION

La variation du prix de production du composite est un déterminant-clé des conséquences des dispositifs de réforme sur l'équilibre général. La taxation des émissions de carbone pèse de manière univoque sur les coûts de production, mais le recyclage des recettes, selon les modalités retenues, peut accroître ou réduire ces coûts. L'effet net de la réforme est par conséquent ambigu.

Puisque les variations simulées ne sont pas marginales, il n'est pas possible de décomposer l'évolution du prix de production en se limitant à une différentiation totale de l'expression de ce prix au voisinage de la situation initiale. On obtient une décomposition plus satisfaisante en recourant à une méthode d'indice. Nous partons de l'expression du prix (équation 19, page 297) :

$$p_Y = \sum_{E_i} [p_{Cl,E_i} \alpha_{E_i}] + p_{Cl,COMP} \alpha_{COMP} + (1 + \tau_{CS}) w l + p_k k + \tau_Y p_Y + \pi p_Y$$

Que l'on réarrange :

$$p_Y = C \cdot \frac{\Theta}{\Phi} \cdot S_{Cl} = f\left(\frac{\Theta}{\Phi}, p_{E_i}, p_{COMP}, w, p_k, \alpha_{E_i}, \alpha_{COMP}, l, k, \tau_{CS}, \tau_Y\right)$$

avec : $C = \frac{1}{1 - \tau_Y - \pi}$ et $S_{Cl} = \sum_{E_i} [p_{Cl,E_i} \alpha_{E_i}] + p_{Cl,COMP} \alpha_{COMP} + (1 + \tau_{CS}) w l + p_k k$

C : écart entre prix et coûts (taux d'impôts sur la production et taux de marge).

S_{Cl} : structure de coûts, hors facteur d'échelle et avant impôts sur la production et marge

$\frac{\Theta}{\Phi}$: facteur d'échelle (décroissance statique des rendements sur progrès technique)

La technique d'indice consiste à calculer, au voisinage de la situation initiale ($s=0$) puis au voisinage du point d'équilibre induit ($s=1$), la différentielle partielle du prix par rapport à la variation de chaque variable x , pour un dispositif d de réforme donné. La décomposition de la variation de prix de production induite par le dispositif est alors obtenue par un calcul d'indice :

$$\frac{1}{p_Y} \frac{\Delta p_Y}{\Delta d} \Big|_{0 \rightarrow 1} = \sum_x \left(\frac{\Delta p_Y}{\Delta x} \Big|_{0 \rightarrow 1} \right) + \varepsilon \quad \text{avec } \varepsilon : \text{l'erreur de la décomposition}$$

$$\text{et : } \left. \frac{\Delta p_Y}{\Delta x} \right|_{0 \rightarrow 1} = \frac{1}{2} \cdot \left(\left. \frac{1}{p_{Y,0}} \frac{\partial p_Y}{\partial x} \right|_0 + \left. \frac{1}{p_{Y,1}} \frac{\partial p_Y}{\partial x} \right|_1 \right) \cdot \left. \frac{\Delta x}{\Delta d} \right|_{0 \rightarrow 1} + \varepsilon_x$$

avec : $\left. \frac{\partial p_Y}{\partial x} \right|_s$ les différentielles partielles du prix par rapport à la variable x , calculée au

voisinage du point d'équilibre initial si $s=0$ ou au voisinage du point d'équilibre final si $s=1$.

La décomposition isole trois types d'effets sur le prix : *un effet d'échelle* (effet qui transite par l'ajustement des rendements décroissants statiques et le progrès technique induit), *un effet des prix* (en distinguant la contribution de l'évolution des prix de l'énergie, du prix du composite - pour l'investissement et l'achat de consommations intermédiaires non énergétiques -, du salaire net, des prélèvements sur le travail), *un effet de l'ajustement des marges et des impôts sur la production*, et enfin, *un effet de substitution technique* (ajustement des quantités unitaires d'intrans).

Effet d'échelle

La différentielle partielle au voisinage du point d'équilibre s :

$$\left. \frac{1}{p_{Y,s}} \frac{\partial p_Y}{\partial \left(\frac{\Theta}{\Phi} \right)} \right|_s = \frac{1}{p_{Y,s}} \left(C_s \cdot S_{Ct,s} \right) = \frac{\Phi_s}{\Theta_s}$$

D'où l'effet d'échelle lors du passage de la situation $s=0$ à $s=1$:

$$\left. \frac{\Delta p_Y}{\Delta \left(\frac{\Theta}{\Phi} \right)} \right|_{0 \rightarrow 1} = \frac{1}{2} \left(\frac{\Phi_0}{\Theta_0} + \frac{\Phi_1}{\Theta_1} \right) \left(\frac{\Theta_1}{\Phi_1} - \frac{\Theta_0}{\Phi_0} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{\Theta_1}{\Phi_1} - \frac{\Phi_1}{\Theta_1} \right) \quad \text{car } \Theta_0 = \Phi_0 = 1$$

Effet des prix

Prix des consommations d'énergie

$$\forall E_i, \left. \frac{1}{p_{Y,s}} \frac{\partial p_Y}{\partial p_{E_i}} \right|_s = \frac{1}{p_{Y,s}} \left(C_s \cdot \frac{\Theta_s}{\Phi_s} \cdot \alpha_{E_i,s} \right) = \frac{\alpha_{E_i,s}}{S_{Ct,s}}$$

$$\text{d'où : } \left. \frac{\Delta p_Y}{\Delta p_E} \right|_{0 \rightarrow 1} = \sum_{E_i} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\alpha_{E_i,0}}{S_{Ct,0}} + \frac{\alpha_{E_i,1}}{S_{Ct,1}} \right) (p_{E_i,1} - p_{E_i,0}) \right]$$

Prix du composite (investissement et achat de consommations intermédiaires non énergétiques)

$$\left. \frac{1}{p_{Y,s}} \frac{\partial p_Y}{\partial p_{COMP}} \right|_s = \frac{1}{p_{Y,s}} \left(C_s \cdot \frac{\Theta_s}{\Phi_s} \cdot \alpha_{COMP,s} \right) = \frac{\alpha_{COMP,s}}{S_{Ct,s}} \quad \text{et de même : } \left. \frac{1}{p_{Y,s}} \frac{\partial p_Y}{\partial p_k} \right|_s = \frac{k_s}{S_{Ct,s}}$$

d'où :

$$\frac{\Delta p_Y}{\Delta p_{COMP}} \Big|_{0 \rightarrow 1} + \frac{\Delta p_Y}{\Delta p_k} \Big|_{0 \rightarrow 1} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\alpha_{COM,0}}{S_{Ct,0}} + \frac{\alpha_{COM,l}}{S_{Ct,l}} \right) (p_{COMP,l} - p_{COMP,0}) + \left(\frac{k_0}{S_{Ct,0}} + \frac{k_l}{S_{Ct,l}} \right) (p_{k,l} - p_{k,0}) \right]$$

Salaire net

$$\frac{1}{p_{Y,s}} \frac{\partial p_Y}{\partial w} \Big|_s = \frac{1}{p_{Y,s}} \left(C_s \cdot \frac{\theta_s}{\Phi_s} \cdot (1 + \tau_{CS,s}) \cdot l_s \right) = \frac{(1 + \tau_{CS,s}) l_s}{S_{Ct,s}}$$

$$\text{d'où :} \quad \frac{\Delta p_Y}{\Delta w} \Big|_{0 \rightarrow 1} = \frac{1}{2} \left(\frac{(1 + \tau_{CS,0}) l_0}{S_{Ct,0}} + \frac{(1 + \tau_{CS,l}) l_l}{S_{Ct,l}} \right) (w_l - w_0)$$

Prélèvements sur le travail (cotisations)

$$\frac{1}{p_{Y,s}} \frac{\partial p_Y}{\partial \tau_{CS}} \Big|_s = \frac{1}{p_{Y,s}} \left(C_s \cdot \frac{\theta_s}{\Phi_s} \cdot w_s \cdot l_s \right) = \frac{w_s l_s}{S_{Ct,s}}$$

d'où :

$$\frac{\Delta p_Y}{\Delta \tau_{CS}} \Big|_{0 \rightarrow 1} = \frac{1}{2} \left(\frac{w_0 l_0}{S_{Ct,0}} + \frac{w_l l_l}{S_{Ct,l}} \right) [(1 - \tau_{CS,l}) - (1 - \tau_{CS,0})] = \frac{1}{2} \left(\frac{w_0 l_0}{S_{Ct,0}} + \frac{w_l l_l}{S_{Ct,l}} \right) (\tau_{CS,0} - \tau_{CS,l})$$

Effet de l'ajustement des marges et des impôts sur la production

$$\frac{1}{p_{Y,s}} \frac{\partial p_Y}{\partial C} \Big|_s = \frac{1}{p_{Y,s}} \left(\frac{\theta_s}{\Phi_s} \cdot S_{Ct,s} \right) = \frac{l}{C_s} = (1 - \tau_{Y,s} - \pi_s)$$

$$\text{d'où :} \quad \frac{\Delta p_Y}{\Delta C} \Big|_{0 \rightarrow 1} = \frac{1}{2} \left(\frac{l}{C_0} + \frac{l}{C_l} \right) (C_l - C_0) = \frac{1}{2} \left(\frac{C_l}{C_0} - \frac{C_0}{C_l} \right)$$

Effet de substitution technique

$$\forall E_i, \quad \frac{1}{p_{Y,s}} \frac{\partial p_Y}{\partial a_{E_i}} \Big|_s = \frac{1}{p_{Y,s}} \left(C_s \cdot \frac{\theta_s}{\Phi_s} \cdot p_{E_i,s} \right) = \frac{p_{E_i,s}}{S_{Ct,s}} \quad \text{et de même :} \quad \frac{1}{p_{Y,s}} \frac{\partial p_Y}{\partial a_{COMP}} \Big|_s = \frac{p_{COMP,s}}{S_{Ct,s}}$$

$$\frac{1}{p_{Y,s}} \frac{\partial p_Y}{\partial l} \Big|_s = \frac{(1 + \tau_{CS,s}) w_s}{S_{Ct,s}}$$

$$\frac{1}{p_{Y,s}} \frac{\partial p_Y}{\partial k} \Big|_s = \frac{p_{k,s}}{S_{Ct,s}}$$

D'où :

$$\begin{aligned}
& \frac{\Delta p_Y}{\Delta a_E} \Big|_{0 \rightarrow 1} + \frac{\Delta p_Y}{\Delta a_{COMP}} \Big|_{0 \rightarrow 1} + \frac{\Delta p_Y}{\Delta I} \Big|_{0 \rightarrow 1} + \frac{\Delta p_Y}{\Delta k} \Big|_{0 \rightarrow 1} \\
&= \frac{1}{2} \left[\sum_{E_i} \left[\left(\frac{p_{E_i,0}}{S_{Ct,0}} + \frac{p_{E_i,I}}{S_{Ct,I}} \right) (\alpha_{E_i,I} - \alpha_{E_i,0}) \right] + \left(\frac{p_{COMP,0}}{S_{Ct,0}} + \frac{p_{COMP,I}}{S_{Ct,I}} \right) (\alpha_{COMP,I} - \alpha_{COMP,0}) \right. \\
&\quad \left. + \left(\frac{(1 + \tau_{CS,0}) w_0}{S_{Ct,0}} + \frac{(1 + \tau_{CS,I}) w_I}{S_{Ct,I}} \right) (l_I - l_0) + \left(\frac{p_{k,0}}{S_{Ct,0}} + \frac{p_{k,I}}{S_{Ct,I}} \right) (k_I - k_0) \right]
\end{aligned}$$

V.3. Résultats détaillés

La Table EE donne le détail des résultats des simulations numériques du texte, pour les indicateurs que nous venons de décrire et pour les simulations définies plus haut (Table DD).

Table EE : Résultats détaillés des simulations

[illegible]

Totale (indice de Fisher)	+0,0%	-0,2%	-0,9%	+1,4%	+0,2%	-0,4%	-0,8%	+0,8%	-2,4%	-0,6%
Bien composite	+1,8%	+2,0%	+0,9%	+3,2%	+0,3%	+3,1%	-0,8%	+4,3%	-0,9%	+1,2%
Energie (MTEP)	-11,9%	-13,0%	-12,5%	-10,9%	+0,1%	-23,4%	-0,5%	-22,3%	-12,6%	-12,3%
Exportations de composite (vol.)	+0,7%	+0,7%	+1,6%	-0,4%	+1,7%	-0,2%	+2,9%	-1,1%	-4,0%	+0,6%
Importations de composite (vol.)	+1,3%	+1,5%	+0,2%	+2,9%	-0,1%	+2,5%	-1,4%	+4,0%	+5,0%	+0,9%
Proportion importée de composite	-1,0%	-1,1%	-2,5%	+0,7%	-2,7%	+0,4%	-4,4%	+1,9%	+7,2%	-1,0%
Balance commerciale (millions € 2004)	+303	+325	+344	+218	+567	+75	+639	+8	+300	+360
Consommation publique réelle de bien composite	+6,5%	+7,4%	+6,3%	+7,0%	+9,2%	+4,7%	+9,0%	+5,1%	+2,7%	+6,0%
Immobilisation réelle de bien composite (vol. d'investissement)	+2,2%	+2,5%	+3,0%	+1,7%	+2,8%	+1,8%	+3,8%	+1,6%	-3,1%	+1,7%
Pouvoir d'achat du salaire net moyen										
En bien composite	+6,2%	+7,0%	+6,4%	+6,2%	+9,5%	+3,7%	+9,8%	+3,7%	+5,0%	+5,9%
Toutes consommations	-1,7%	-2,1%	-1,9%	-1,1%	-1,4%	-2,2%	-1,7%	-1,7%	-2,1%	-2,1%
Pouvoir d'achat du revenu disponible brut										
En bien composite	+8,1%	+9,2%	+7,5%	+9,0%	+11,5%	+5,8%	+10,8%	+6,5%	+4,9%	+7,5%
Toutes consommations	+0,1%	-0,1%	-0,9%	+1,5%	+0,3%	-0,3%	-0,8%	+0,9%	-2,3%	-0,6%
Part captée du revenu disponible brut (points de %)										
Pauvres (F0-5)	-0,01	-0,01	-0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,06	-0,01
Modestes (F5-35)	-0,03	-0,03	-0,00	-0,05	-0,03	-0,03	+0,00	-0,04	-0,21	-0,03
Médians (F35-65)	-0,13	-0,14	-0,07	-0,18	-0,14	-0,12	-0,08	-0,17	-0,13	-0,12
Aisés (F65-95)	-0,06	-0,07	-0,05	-0,09	-0,07	-0,06	-0,05	-0,08	+0,01	-0,05
Riches (F95-100)	+0,23	+0,26	+0,13	+0,33	+0,26	+0,22	+0,14	+0,31	+0,39	+0,20
Inégalité de revenu disponible (indice de Gini)	+0,8%	+1,0%	+0,4%	+1,3%	+1,0%	+0,8%	+0,5%	+1,2%	+2,4%	+0,8%
Variation du prix de product. composite	-1,17%	-1,26%	-2,84%	0,81%	-3,08%	0,44%	-5,01%	2,10%	8,22%	-1,67%
Effet d'échelle	0,12%	0,13%	0,13%	0,12%	0,15%	0,10%	0,16%	0,10%	-0,13%	0,10%
Effet du prix des consommations d'énergie	1,88%	2,05%	3,14%	1,14%	1,89%	1,88%	3,17%	1,14%	1,87%	1,90%
Effet du prix du composite (invest. et consom. interm.)	-0,64%	-0,71%	-1,62%	0,48%	-1,73%	0,25%	-2,88%	1,18%	4,27%	-0,93%
Effet du salaire net	1,79%	2,03%	1,26%	2,48%	2,28%	1,48%	1,65%	2,05%	4,34%	1,53%
Effet des prélèvements sur le travail (cotisations)	-4,26%	-4,70%	-5,79%	-3,26%	-5,68%	-3,20%	-7,26%	-2,24%	-2,37%	-4,22%
Effet des marges et des impôts sur la production	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
Effet de substitution technique	-0,06%	-0,08%	id.	-0,15%	-0,07%	-0,06%	id.	-0,15%	-0,05%	-0,06%

	S11	S12	S13	S14	S15	S16-a	S17	S18	S19	S20
Emissions de CO ₂	-41,6%	-40,5%	-44,1%	-41,8%	-41,8%	-34,1%	-38,5%	-34,8%	-30,8%	-36,5%
PIB réel	+2,3%	+0,1%	-5,2%	+0,1%	-0,2%	+1,9%	-6,5%	-0,7%	+5,2%	-2,0%
Emploi total	+4,3%	+0,8%	-4,8%	+2,1%	+1,8%	+3,5%	-5,7%	+0,3%	+7,0%	-1,1%
Emploi total (milliers ETP)	+1 070	+198	-1 173	+528	+432	+870	-1 410	+77	+1 715	-268
Taux de chômage (point de %)	-3,9	-0,7	+4,3	-1,9	-1,6	-3,2	+5,2	-0,3	-6,3	+1,0
Consommation effective des ménages avec gains d'efficacité énergétique (GEE)										
Ensemble	+2,0%	+3,5%	-3,5%	+2,6%	+3,4%	+1,5%	-9,5%	+0,4%	+6,3%	-1,4%
Pauvres (F0-5)	+1,5%	+0,1%	-6,2%	+0,0%	-0,2%	+1,1%	-10,1%	+5,1%	+15,2%	+2,8%
Modestes (F5-35)	+1,6%	+2,5%	-4,6%	-0,3%	-0,4%	+1,2%	-9,9%	+2,7%	+10,6%	+0,5%
Médians (F35-65)	+1,2%	+2,6%	-4,2%	-0,2%	-0,1%	+0,9%	-9,7%	+0,2%	+6,2%	-1,6%
Aisés (F65-95)	+2,3%	+3,8%	-2,9%	+3,3%	+4,1%	+1,8%	-9,1%	-0,9%	+3,8%	-2,5%
Riches (F95-100)	+4,9%	+9,0%	-0,3%	+16,9%	+22,3%	+3,8%	-9,2%	-0,6%	+4,1%	-2,5%
Inégalité de consom. effect. av. GEE (indice de Gini)	+2,5%	+4,8%	+4,4%	+11,9%	+15,3%	+2,0%	+1,3%	-5,5%	-10,2%	-4,9%
Consom. effect. des ménages hors GEE (ensemble)	+1,8%	+3,3%	-3,8%	+2,3%	+3,1%	+1,3%	-9,7%	+0,2%	+6,1%	-1,6%
Ratio de la dette publique au PIB	id.	id.	id.	id.	id.	id.	-92,0%	id.	id.	id.
Pression fiscale (point de %)	-0,45%	+0,88%	+2,08%	+0,50%	+0,97%	-0,36%	+7,06%	-0,91%	-6,72%	-1,05%
Importations de pétrole brut (vol.)	-22,9%	-15,2%	-25,5%	-20,5%	-20,5%	-17,0%	-21,9%	-17,5%	-6,4%	-25,8%
Facture énergétique extérieure	-12,3%	-10,9%	-15,4%	-12,9%	-12,8%	-11,3%	-16,6%	-11,8%	-7,7%	-13,0%
Poids total de la fiscalité sur les systèmes productifs	-7,9%	-0,9%	+3,0%	-4,2%	-3,0%	-6,7%	+9,4%	+9,3%	+9,1%	+9,1%
Salaires nets nominaux	+10,0%	+21,5%	+4,2%	+4,5%	+3,6%	+7,8%	-9,7%	+0,6%	+7,0%	-3,0%
Prélèvements sur les consom. interm. d'énergie (millions € 2004)	+59 830	+61 508	+56 131	+59 367	+59 256	+50 272	+45 957	+49 500	+53 950	+47 384
Cotisations sociales (millions € 2004)	-91 847	-29 946	-41 267	-71 616	-63 866	-78 221	-26 251	+1 666	+18 826	-8 110
Prix de production du bien composite	-0,9%	+13,5%	+6,5%	+5,9%	+8,5%	-1,0%	-0,6%	+3,7%	+4,1%	+1,7%
Intensité en travail du bien composite	+1,6%	+0,4%	+0,5%	+2,6%	+2,9%	+1,4%	+0,8%	+0,8%	+1,2%	+0,9%
Poids de la fiscalité sur le secteur de production de composite	-14,1%	-6,7%	-2,8%	-10,3%	-9,1%	-11,6%	+4,6%	+4,7%	+4,4%	+4,6%
Consommation réelle des ménages (dépense privée)										
Totale (indice de Fisher)	+0,4%	+2,2%	-4,9%	+1,4%	+2,3%	+0,2%	-11,5%	-0,8%	+5,0%	-2,6%

Bien composite	+2,2%	+4,0%	-3,5%	+3,2%	+4,2%	+1,6%	-10,8%	+0,5%	+6,7%	-1,4%
Energie (MTEP)	-11,6%	-10,0%	-13,9%	-11,0%	-10,4%	-10,3%	-16,1%	-10,4%	-7,0%	-11,3%
Exportations de composite (vol.)	+0,7%	-4,3%	-4,3%	-3,0%	-4,2%	+0,6%	+0,4%	-1,9%	id.	-1,7%
Importations de composite (vol.)	+1,5%	+9,3%	+3,2%	+5,5%	+7,3%	+1,1%	-7,0%	+3,2%	+5,7%	+1,4%
Proportion importée de composite	-1,0%	+7,7%	+7,7%	+5,2%	+7,4%	-0,9%	-0,5%	+3,2%	id.	+3,0%
Balance commerciale (millions € 2004)	+270	+54	+453	-5 308	-8 927	+263	+34 320	-608	-1 256	-433
Consommation publique réelle de bien composite	+6,8%	+7,0%	+0,2%	+5,7%	+5,8%	+5,4%	-3,1%	+3,7%	+9,9%	+1,9%
Immobilisation réelle de bien composite (vol. d'investissement)	+2,4%	+0,6%	-5,4%	-1,5%	-2,3%	+1,9%	-6,9%	-0,7%	+5,7%	-2,3%
Pouvoir d'achat du salaire net moyen										
En bien composite	+6,3%	+7,8%	+3,5%	-2,8%	-5,2%	+5,1%	-3,7%	-2,9%	-3,5%	-3,4%
Toutes consommations	-1,5%	+0,8%	-3,6%	-9,4%	-11,5%	-1,3%	-9,7%	-8,5%	-9,1%	-9,0%
Pouvoir d'achat du revenu disponible brut										
En bien composite	+8,4%	+9,6%	+2,3%	+9,6%	+10,7%	+6,8%	-5,6%	+5,1%	+11,2%	+3,2%
Toutes consommations	+0,4%	+2,5%	-4,7%	+2,1%	+3,3%	+0,2%	-11,5%	-1,0%	+4,7%	-2,8%
Part captée du revenu disponible brut (points de %)										
Pauvres (F0-5)	-0,01	-0,08	-0,06	-0,06	-0,09	-0,01	-0,02	+0,12	+0,21	+0,11
Modestes (F5-35)	-0,03	-0,20	-0,23	-0,71	-0,94	-0,02	-0,11	+0,69	+1,17	+0,61
Médians (F35-65)	-0,14	-0,21	-0,10	-0,94	-1,22	-0,11	+0,04	+0,15	+0,20	+0,15
Aisés (F65-95)	-0,07	-0,11	+0,08	-0,08	-0,15	-0,05	+0,13	-0,70	-1,17	-0,60
Riches (F95-100)	+0,24	+0,59	+0,31	+1,79	+2,40	+0,19	-0,04	-0,25	-0,41	-0,27
Inégalité de revenu disponible (indice de Gini)	+0,9%	+2,8%	+2,3%	+9,0%	+11,9%	+0,7%	+0,5%	-5,2%	-8,6%	-4,7%
Variation du prix de product. composite	-0,89%	13,52%	6,52%	5,93%	8,48%	-1,02%	-0,61%	3,69%	4,10%	1,67%
Effet d'échelle	0,13%	id.	-0,23%	0,01%	-0,03%	0,10%	-0,27%	-0,02%	0,23%	-0,08%
Effet du prix des consommations d'énergie	1,87%	1,89%	1,86%	1,89%	1,89%	1,60%	1,60%	1,60%	1,64%	1,57%
Effet du prix du composite (invest. et consom. interm.)	-0,49%	6,87%	3,41%	3,15%	4,46%	-0,56%	-0,34%	1,97%	2,19%	0,91%
Effet du salaire net	1,92%	6,88%	3,29%	0,81%	0,65%	1,48%	-1,56%	0,12%	id.	-0,70%
Effet des prélèvements sur le travail (cotisations)	-4,26%	-2,84%	-1,94%	-3,07%	-2,70%	-3,61%	id.	id.	id.	id.
Effet des marges et des impôts sur la production	id.	id.	id.	3,89%	5,12%	id.	id.	id.	id.	id.
Effet de substitution technique	-0,06%	-0,04%	-0,05%	-0,06%	-0,05%	-0,04%	-0,04%	-0,04%	-0,04%	-0,04%

	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
Emissions de CO ₂	-34,0%	-42,7%	-23,8%	-24,4	-29,5%	-33,9%	-27,6%	-34,9%	-34,6%	-34,3%
PIB réel	-0,2%	+3,9%	-0,7%	+0,8%	+1,3%	+1,7%	+1,2%	+0,4%	+1,0%	id.
Emploi total	+0,4%	+5,3%	-0,7%	+1,6%	+2,2%	+3,2%	+2,5%	+1,9%	+2,6%	+1,0%
Emploi total (milliers ETP)	+90	+1 302	-177	+401	+530	+781	+607	+480	+644	+243
Taux de chômage (point de %)	-0,3	-4,8	+0,6	-1,5	-1,9	-2,9	-2,2	-1,8	-2,4	-0,9
Consommation effective des ménages avec gains d'efficacité énergétique (GEE)										
Ensemble	+0,3%	+4,3%	-0,8%	+0,1%	+1,8%	+1,2%	+0,8%	-0,6%	+0,3%	+1,6%
Pauvres (F0-5)	-0,1%	+5,2%	-1,5%	+0,1%	+1,4%	+0,8%	+0,7%	-1,0%	-0,1%	+6,8%
Modestes (F5-35)	-0,3%	+4,1%	-1,6%	-0,0%	+1,5%	+0,9%	+0,6%	-1,0%	-0,1%	+4,1%
Médians (F35-65)	-0,3%	+3,5%	-1,5%	-0,4%	+1,5%	+0,6%	+0,2%	-1,2%	-0,4%	+1,4%
Aisés (F65-95)	+0,7%	+4,3%	-0,4%	+0,2%	+1,9%	+1,4%	+0,9%	-0,4%	+0,5%	+0,1%
Riches (F95-100)	+2,6%	+6,7%	+1,4%	+1,3%	+2,8%	+3,2%	+2,4%	+1,2%	+2,3%	+0,5%
Inégalité de consom. effect. av. GEE (indice de Gini)	+2,5%	+1,3%	+2,9%	+1,0%	+1,0%	+1,8%	+1,3%	+1,8%	+1,9%	-6,2%
Consom. effect. des ménages hors GEE (ensemble)	+0,1%	+4,0%	-0,8%	-0,1%	+1,6%	+1,0%	+0,6%	-0,8%	+0,1%	+1,4%
Ratio de la dette publique au PIB	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	-20,4%	-12,2%	+13,3%
Pression fiscale (point de %)	+0,35%	-2,84%	+1,10%	-0,32%	-0,62%	-0,79%	-0,56%	+0,26%	id.	-1,30%
Importations de pétrole brut (vol.)	-16,7%	-12,5%	-20,1%	-6,8%	-11,6%	-16,2%	-12,1%	-18,0%	-17,6%	-16,9%
Facture énergétique extérieure	-11,2%	-12,4%	-7,5%	-5,0%	-6,8%	-11,1%	-10,3%	-12,3%	-11,9%	-11,2%
Poids total de la fiscalité sur les systèmes productifs	+9,7%	+9,5%	+9,7%	-6,3%	-0,7%	-6,9%	+1,4%	-3,9%	-5,1%	+9,3%
Salaires nets nominaux	+0,7%	+5,3%	-2,0%	+3,3%	+4,5%	+6,9%	+5,2%	+4,0%	+5,6%	+2,0%
Prélèvements sur les consom. interm. d'énergie (millions € 2004)	+49 364	+52 075	+48 159	+203	+50 424	+50 526	+58 256	+49 454	+49 791	+49 927
Cotisations sociales (millions € 2004)	+1 947	+14 294	-5 443	-29 993	-49 642	-55 452	-55 101	-69 463	-73 150	+5 356
Prix de production du bien composite	+2,7%	+2,7%	+1,0%	-1,6%	+0,2%	-1,3%	-0,9%	-1,4%	-1,3%	+4,3%
Intensité en travail du bien composite	+0,5%	+0,7%	+0,5%	+0,2%	+1,2%	+0,9%	+1,0%	+1,3%	+1,3%	+0,8%
Poids de la fiscalité sur le secteur de production de composite	+5,0%	+4,8%	+5,1%	-6,4%	-5,6%	-11,4%	-5,0%	-8,8%	-10,0%	+4,7%
Consommation réelle des ménages (dépense privée)										
Totale (indice de Fisher)	-0,8%	+3,3%	-2,0%	-1,0%	+1,3%	-0,2%	-0,3%	-2,2%	-1,2%	+0,5%

Bien composite	+0,3%	+5,6%	-2,1%	+0,2%	+1,5%	+1,2%	+1,0%	-0,8%	+0,2%	+1,8%
Energie (MTEP)	-9,3%	-15,1%	-1,3%	-10,1%	-1,3%	-10,4%	-9,8%	-11,5%	-11,0%	-9,6%
Exportations de composite (vol.)	-1,4%	id.	-1,0%	+0,9%	-0,1%	+0,7%	+0,5%	+0,8%	+0,7%	-2,2%
Importations de composite (vol.)	+2,6%	+4,6%	+0,9%	-0,2%	+1,2%	+0,9%	+0,5%	-0,8%	-0,0%	+4,5%
Proportion importée de composite	+2,4%	id.	+1,8%	-1,4%	+0,2%	-1,1%	-0,8%	-1,3%	-1,1%	+3,8%
Balance commerciale (millions € 2004)	-13	-417	+168	+195	+112	+220	+204	+7 411	+4 523	-5 056
Consommation publique réelle de bien composite	+3,4%	+6,8%	+3,2%	+3,1%	+2,5%	+5,2%	+3,7%	+3,8%	+4,5%	+4,5%
Immobilisation réelle de bien composite (vol. d'investissement)	+1,1%	+6,2%	+0,1%	+1,3%	+0,8%	+2,2%	+1,2%	+0,3%	+1,0%	+0,0%
Pouvoir d'achat du salaire net moyen										
En bien composite	+2,8%	+3,2%	+3,2%	+3,1%	+2,1%	+4,8%	+3,5%	+3,4%	+4,1%	-2,7%
Toutes consommations	-2,2%	-0,4%	-2,9%	-1,6%	+0,3%	-1,5%	-1,4%	-3,0%	-2,3%	-8,3%
Pouvoir d'achat du revenu disponible brut										
En bien composite	+4,3%	+7,1%	+4,3%	+3,7%	+3,2%	+6,2%	+4,6%	+4,3%	+5,3%	+6,4%
Toutes consommations	-0,7%	+3,4%	-1,9%	-1,0%	+1,3%	-0,1%	-0,3%	-2,1%	-1,2%	+0,3%
Part captée du revenu disponible brut (points de %)										
Pauvres (F0-5)	-0,01	+0,02	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,01	-0,01	+0,14
Modestes (F5-35)	-0,11	-0,02	-0,13	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,04	-0,03	+0,77
Médians (F35-65)	-0,14	-0,20	-0,13	-0,05	-0,06	-0,09	-0,08	-0,08	-0,09	+0,16
Aisés (F65-95)	+0,02	-0,07	+0,06	-0,02	-0,03	-0,05	-0,03	-0,01	-0,03	-0,79
Riches (F95-100)	+0,23	+0,27	+0,20	+0,07	+0,11	+0,16	+0,13	+0,14	+0,16	-0,27
Inégalité de revenu disponible (indice de Gini)	+1,3%	+0,9%	+1,4%	+0,3%	+0,4%	+0,5%	+0,5%	+0,6%	+0,7%	-5,7%
Variation du prix de product. composite	2,68%	2,71%	1,02%	-1,62%	0,25%	-1,28%	-0,94%	-1,43%	-1,30%	4,32%
Effet d'échelle	-0,07%	0,11%	-0,13%	0,06%	0,05%	0,09%	0,07%	0,04%	0,06%	0,01%
Effet du prix des consommations d'énergie	1,58%	1,61%	1,55%	id.	1,59%	1,56%	1,05%	1,60%	1,60%	1,60%
Effet du prix du composite (invest. et consom. interm.)	1,04%	1,00%	0,10%	-0,85%	0,10%	-0,69%	-0,47%	-0,79%	-0,71%	2,30%
Effet du salaire net	0,14%	0,01%	-0,47%	0,62%	0,83%	1,30%	0,97%	0,74%	1,03%	0,36%
Effet des prélèvements sur le travail (cotisations)	id.	id.	id.	-1,46%	-2,28%	-2,69%	-2,55%	-3,00%	-3,26%	id.
Effet des marges et des impôts sur la production	id.	id.	id.	id.	id.	-1,01%	id.	id.	id.	id.
Effet de substitution technique	-0,04%	-0,04%	-0,04%	id.	-0,04%	-0,04%	-0,02%	-0,04%	-0,04%	-0,04%

	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40-b
Emissions de CO ₂	-35,7%	-34,0%	-33,8%	-34,2%	-34,4%	-34,2%	-33,5%	-35,5%	-35,2%	-18,0%
PIB réel	-2,0%	-0,2%	+0,2%	+1,6%	+1,1%	+1,6%	+2,8%	-0,7%	-0,2%	-2,1%
Emploi total	-1,0%	+0,4%	+0,7%	+3,3%	+2,7%	+3,2%	+4,6%	+0,9%	+1,4%	-1,5%
Emploi total (milliers ETP)	-256	+92	+167	+804	+657	+791	+1 137	+216	+346	-379
Taux de chômage (point de %)	+0,9	-0,3	-0,6	-3,0	-2,4	-2,9	-4,2	-0,8	-1,3	+1,4
Consommation effective des ménages avec gains d'efficacité énergétique (GEE)										
Ensemble	-1,9%	+0,3%	+0,9%	+1,4%	+0,7%	+1,4%	+2,6%	-2,2%	-1,6%	-3,0%
Pauvres (F0-5)	+1,6%	-0,1%	+0,4%	+1,2%	+0,6%	+1,1%	+1,2%	-2,9%	-2,4%	-3,2%
Modestes (F5-35)	-0,3%	-0,3%	+0,3%	+1,3%	+0,7%	+1,2%	+1,7%	-2,8%	-2,2%	-3,1%
Médians (F35-65)	-2,1%	-0,3%	+0,2%	+0,8%	+0,1%	+0,7%	+1,8%	-2,8%	-2,2%	-3,1%
Aisés (F65-95)	-2,8%	+0,7%	+1,2%	+1,6%	+0,8%	+1,5%	+3,2%	-1,8%	-1,2%	-3,0%
Riches (F95-100)	-2,7%	+2,6%	+3,3%	+3,6%	+2,6%	+3,5%	+5,4%	-0,6%	+0,1%	-3,0%
Inégalité de consom. effect. av. GEE (indice de Gini)	-4,2%	+2,5%	+2,5%	+1,5%	+1,3%	+1,5%	+3,5%	+2,3%	+2,5%	+0,3%
Consom. effect. des ménages hors GEE (ensemble)	-2,1%	+0,1%	+0,7%	+1,2%	+0,5%	+1,2%	+2,4%	-2,4%	-1,8%	-3,1%
Ratio de la dette publique au PIB	-24,2%	+0,1%	+6,2%	id.	-6,4%	-0,6%	id.	-38,3%	-33,7%	-22,1%
Pression fiscale (point de %)	id.	+0,15%	id.	-0,03%	+0,30%	id.	-1,72%	+0,27%	id.	+2,08%
Importations de pétrole brut (vol.)	-18,5%	-16,7%	-16,4%	-17,1%	-17,4%	-17,1%	-16,5%	-18,7%	-18,4%	-11,1%
Facture énergétique extérieure	-13,0%	-11,2%	-10,9%	-11,3%	-11,7%	-11,4%	-10,6%	-13,1%	-12,8%	-10,4%
Poids total de la fiscalité sur les systèmes productifs	+9,3%	+9,7%	+9,7%	-5,2%	-3,8%	-5,1%	-13,4%	-4,0%	-5,3%	+3,0%
Salaires nets nominaux	-2,0%	+0,7%	+1,3%	+7,1%	+5,7%	+7,0%	+10,8%	+1,8%	+2,9%	-2,9%
Prélèvements sur les consom. interm. d'énergie (millions € 2004)	+48 666	+49 367	+49 552	+50 206	+49 926	+50 181	+50 646	+48 830	+49 070	+15 504
Cotisations sociales (millions € 2004)	-5 296	+1 976	+3 638	-71 188	-65 624	-70 699	-110 995	-74 975	-79 974	-7 752
Prix de production du bien composite	+2,6%	+2,7%	+2,9%	-0,7%	-0,6%	-0,7%	-2,7%	-2,5%	-2,7%	-0,1%
Intensité en travail du bien composite	+0,8%	+0,5%	+0,5%	+1,3%	+1,3%	+1,3%	+1,6%	+1,3%	+1,4%	+0,3%
Poids de la fiscalité sur le secteur de production de composite	+4,6%	+5,0%	+5,1%	-10,1%	-8,7%	-10,0%	-18,5%	-9,0%	-10,3%	+1,7%
Consommation réelle des ménages (dépense privée)										
Totale (indice de Fisher)	-3,4%	-0,8%	-0,2%	+0,1%	-0,7%	+0,0%	+3,1%	-3,1%	-2,3%	-3,7%

Bien composite	-2,2%	+0,3%	+0,9%	+1,5%	+0,7%	+1,4%	+4,7%	-1,9%	-1,0%	-2,7%
Energie (MTEP)	-11,8%	-9,3%	-8,9%	-10,3%	-10,7%	-10,4%	-8,9%	-12,1%	-11,7%	-15,5%
Exportations de composite (vol.)	-1,3%	-1,4%	-1,5%	+0,4%	+0,4%	+0,4%	+1,5%	+1,4%	+1,5%	+0,0%
Importations de composite (vol.)	+0,7%	+2,6%	+3,2%	+1,3%	+0,7%	+1,2%	+0,2%	-3,0%	-2,6%	-1,9%
Proportion importée de composite	+2,2%	+2,4%	+2,6%	-0,6%	-0,6%	-0,6%	-2,4%	-2,2%	-2,4%	-0,1%
Balance commerciale (millions € 2004)	+7 898	-47	-1 998	+221	+2 422	+419	+986	+14 403	+12 759	+11 337
Consommation publique réelle de bien composite	+2,1%	+3,4%	+3,8%	+5,3%	+4,7%	+5,2%	id.	id.	id.	-1,0%
Immobilisation réelle de bien composite (vol. d'investissement)	-2,1%	+1,1%	+1,5%	+1,7%	+1,1%	+1,6%	+2,7%	-0,8%	-0,3%	-2,1%
Pouvoir d'achat du salaire net moyen										
En bien composite	-3,1%	+2,8%	+3,1%	+4,4%	+3,5%	+4,3%	+8,5%	+3,2%	+3,9%	-1,3%
Toutes consommations	-8,9%	-2,2%	-1,8%	-2,0%	-2,8%	-2,1%	+1,8%	-3,3%	-2,6%	-3,1%
Pouvoir d'achat du revenu disponible brut										
En bien composite	+2,6%	+4,3%	+4,9%	+6,6%	+5,8%	+6,5%	+9,9%	+3,4%	+4,2%	-1,9%
Toutes consommations	-3,5%	-0,7%	-0,1%	+0,1%	-0,6%	+0,1%	+3,1%	-3,1%	-2,3%	-3,7%
Part captée du revenu disponible brut (points de %)										
Pauvres (F0-5)	+0,10	-0,01	-0,01	-0,00	+0,00	-0,00	-0,01	-0,01	-0,00	-0,01
Modestes (F5-35)	+0,52	-0,11	-0,11	+0,03	+0,05	+0,03	+0,02	-0,03	-0,02	-0,02
Médians (F35-65)	+0,13	-0,14	-0,15	-0,10	-0,09	-0,10	-0,08	-0,05	-0,05	+0,02
Aisés (F65-95)	-0,52	+0,02	+0,02	-0,10	-0,11	-0,10	-0,08	+0,01	-0,00	+0,03
Riches (F95-100)	-0,22	+0,23	+0,24	+0,17	+0,14	+0,17	+0,14	+0,07	+0,08	-0,02
Inégalité de revenu disponible (indice de Gini)	-4,0%	+1,3%	+1,3%	+0,3%	+0,2%	+0,3%	+0,3%	+0,4%	+0,4%	0,1%
Variation du prix de product. composite	2,56%	2,68%	2,91%	-0,65%	-0,63%	-0,65%	-2,75%	-2,54%	-2,66%	-0,06%
Effet d'échelle	-0,07%	-0,07%	-0,06%	0,09%	0,07%	0,09%	0,14%	0,00%	0,02%	-0,08%
Effet du prix des consommations d'énergie	1,60%	1,58%	1,58%	1,60%	1,60%	1,60%	1,60%	1,60%	1,60%	0,53%
Effet du prix du composite (invest. et consom. interm.)	1,37%	1,04%	1,14%	-0,35%	-0,34%	-0,35%	-1,52%	-1,41%	-1,48%	-0,02%
Effet du salaire net	-0,33%	0,14%	0,25%	1,34%	1,06%	1,32%	2,08%	0,32%	0,52%	-0,49%
Effet des prélèvements sur le travail (cotisations)	id.	id.	id.	-3,29%	-2,98%	-3,27%	-5,05%	-3,04%	-3,32%	0,00%
Effet des marges et des impôts sur la production	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
Effet de substitution technique	-0,04%	-0,04%	-0,04%	-0,04%	-0,04%	-0,04%	-0,05%	-0,04%	-0,05%	0,00%

	S40-h	S41-b	S41-h	S42-b	S42-h	S43-b	S43-h	S44-b	S44-h	S45-b
Emissions de CO ₂	-60,4%	-20,2%	-62,6%	-58,6%	-64,8%	-60,8%	-67,2%	-2,9%	-12,4%	-3,1%
PIB réel	-9,1%	-2,0%	-9,1%	-0,4%	-3,9%	-0,5%	-4,5%	-2,1%	-10,1%	-2,1%
Emploi total	-7,3%	-1,4%	-6,9%	+2,8%	+5,9%	+3,1%	+6,3%	-1,9%	-9,5%	-1,9%
Emploi total (milliers ETP)	-1 788	-348	-1 690	+682	+1 448	+752	+1 557	-479	-2 328	-471
Taux de chômage (point de %)	+6,6	+1,3	+6,2	-2,5	-5,3	-2,8	-5,7	+1,8	+8,5	+1,7
Consommation effective des ménages avec gains d'efficacité énergétique (GEE)										
Ensemble	-12,8%	-3,0%	-12,8%	-1,8%	-7,1%	-1,8%	-7,2%	-3,3%	-14,9%	-3,3%
Pauvres (F0-5)	-13,8%	-3,1%	-13,8%	-2,3%	-10,8%	-2,4%	-11,4%	-3,4%	-15,6%	-3,4%
Modestes (F5-35)	-13,3%	-3,1%	-13,3%	-2,3%	-9,8%	-2,3%	-10,2%	-3,2%	-14,5%	-3,2%
Médians (F35-65)	-13,2%	-3,0%	-13,1%	-2,7%	-9,6%	-2,7%	-9,6%	-3,1%	-14,3%	-3,1%
Aisés (F65-95)	-12,4%	-2,9%	-12,3%	-1,5%	-5,4%	-1,5%	-5,3%	-3,3%	-14,9%	-3,3%
Riches (F95-100)	-12,3%	-2,9%	-12,1%	+0,5%	+1,1%	+0,6%	+1,4%	-3,9%	-17,3%	-3,8%
Inégalité de consom. effect. av. GEE (indice de Gini)	+2,0%	+0,3%	+2,1%	+2,4%	+11,5%	+2,6%	+12,3%	-0,4%	-1,9%	-0,4%
Consom. effect. des ménages hors GEE (ensemble)	-13,2%	-3,0%	-13,1%	-2,2%	-9,5%	-2,2%	-9,5%	-3,3%	-14,9%	-3,3%
Ratio de la dette publique au PIB	-88,3%	-22,1%	-88,3%	-22,1%	-88,3%	-22,1%	-88,3%	-22,1%	-88,3%	-22,1%
Pression fiscale (point de %)	+9,19%	+2,01%	+8,95%	+0,70%	+4,32%	+0,57%	+4,06%	+2,18%	+10,39%	+2,18%
Importations de pétrole brut (vol.)	-33,7%	-12,1%	-36,5%	-31,1%	-54,9%	-34,1%	-59,2%	-2,7%	-11,3%	-2,8%
Facture énergétique extérieure	-24,3%	-11,7%	-27,0%	-20,8%	-30,2%	-23,8%	-34,4%	-2,6%	-11,0%	-2,8%
Poids total de la fiscalité sur les systèmes productifs	+12,8%	+3,1%	+12,9%	-4,4%	-14,1%	-4,0%	-12,2%	-0,2%	-1,0%	-0,2%
Salaires nets nominaux	-12,0%	-2,6%	-11,4%	+5,9%	+14,8%	+6,6%	+16,4%	-3,6%	-15,0%	-3,5%
Prélèvements sur les consom. interm. d'énergie (millions € 2004)	+62 222	+15 271	+62 018	+70 156	+234 638	+69 458	+231 685	-104	-389	-108
Cotisations sociales (millions € 2004)	-32 381	-7 127	-30 815	-91 228	-311 927	-87 937	-298 789	-9 695	-40 687	-9 534
Prix de production du bien composite	-0,5%	+0,0%	-0,2%	-1,6%	-5,9%	-1,0%	-4,1%	-1,2%	-4,2%	-1,2%
Intensité en travail du bien composite	+0,9%	+0,4%	+1,2%	+1,7%	+5,9%	+2,0%	+6,7%	+0,1%	+0,4%	+0,1%
Poids de la fiscalité sur le secteur de production de composite	+4,4%	+1,7%	+4,6%	-13,2%	-42,3%	-12,6%	-39,1%	-0,2%	-1,0%	-0,2%
Consommation réelle des ménages (dépense privée)										
Totale (indice de Fisher)	-15,7%	-3,6%	-15,7%	-4,2%	-15,2%	-4,2%	-15,0%	-3,6%	-16,2%	-3,6%

Bien composite	-13,2%	-2,5%	-12,6%	-0,1%	-7,1%	+0,5%	-5,3%	-3,6%	-16,3%	-3,5%
Energie (MTEP)	-32,9%	-17,0%	-36,3%	-32,2%	-40,2%	-35,7%	-44,3%	-3,9%	-15,0%	-4,1%
Exportations de composite (vol.)	+0,3%	-0,0%	+0,2%	+0,9%	+3,5%	+0,6%	+2,5%	+0,6%	+2,3%	+0,6%
Importations de composite (vol.)	-8,6%	-1,7%	-8,1%	-0,5%	-5,9%	+0,0%	-4,5%	-3,2%	-13,6%	-3,2%
Proportion importée de composite	-0,5%	+0,0%	-0,2%	-1,4%	-5,2%	-0,9%	-3,7%	-1,0%	-3,7%	-1,0%
Balance commerciale (millions € 2004)	+45 185	+11 307	+45 066	+11 099	+39 396	+10 997	+38 502	+11 633	+50 421	+11 619
Consommation publique réelle de bien composite	-4,0%	-1,0%	-3,9%	+5,0%	+14,9%	+5,0%	+14,3%	-2,2%	-10,4%	-2,2%
Immobilisation réelle de bien composite (vol. d'investissement)	-8,7%	-2,0%	-8,6%	+0,6%	-1,9%	+0,5%	-2,6%	-2,6%	-12,3%	-2,7%
Pouvoir d'achat du salaire net moyen										
En bien composite	-4,6%	-1,3%	-4,6%	+4,5%	+14,6%	+4,4%	+13,8%	-2,3%	-10,4%	-2,3%
Toutes consommations	-13,3%	-3,1%	-13,4%	-5,0%	-16,5%	-5,1%	-16,5%	-2,5%	-11,6%	-2,5%
Pouvoir d'achat du revenu disponible brut										
En bien composite	-7,3%	-1,8%	-7,2%	+5,4%	+16,4%	+5,5%	+16,1%	-3,4%	-15,1%	-3,3%
Toutes consommations	-15,7%	-3,6%	-15,7%	-4,2%	-15,1%	-4,1%	-14,9%	-3,6%	-16,3%	-3,6%
Part captée du revenu disponible brut (points de %)										
Pauvres (F0-5)	-0,03	-0,00	-0,03	-0,00	-0,03	-0,00	-0,03	-0,00	-0,03	-0,00
Modestes (F5-35)	-0,12	-0,02	-0,11	-0,01	-0,12	-0,01	-0,12	+0,00	+0,01	-0,00
Médians (F35-65)	+0,07	+0,01	+0,06	-0,08	-0,24	-0,08	-0,26	+0,06	+0,28	+0,05
Aisés (F65-95)	+0,15	+0,03	+0,14	-0,03	-0,02	-0,03	-0,03	+0,03	+0,11	+0,03
Riches (F95-100)	-0,07	-0,01	-0,06	+0,12	+0,40	+0,13	+0,45	-0,08	-0,36	-0,08
Inégalité de revenu disponible (indice de Gini)	0,5%	0,1%	0,5%	0,5%	2,0%	0,5%	2,2%	-0,2%	-1,1%	-0,2%
Variation du prix de product. composite	-0,52%	0,04%	-0,25%	-1,55%	-5,86%	-1,04%	-4,13%	-1,19%	-4,16%	-1,15%
Effet d'échelle	-0,34%	-0,07%	-0,33%	0,06%	0,10%	0,07%	0,10%	-0,06%	-0,31%	-0,06%
Effet du prix des consommations d'énergie	2,09%	0,53%	2,15%	2,19%	7,98%	2,23%	8,08%	0,00%	0,00%	0,00%
Effet du prix du composite (invest. et consom. interm.)	-0,30%	0,04%	-0,14%	-0,87%	-3,37%	-0,57%	-2,35%	-0,51%	-1,61%	-0,49%
Effet du salaire net	-1,88%	-0,45%	-1,80%	1,10%	2,74%	1,24%	3,10%	-0,62%	-2,33%	-0,61%
Effet des prélèvements sur le travail (cotisations)	id.	id.	id.	-3,96%	-12,89%	-3,89%	-12,39%	id.	id.	id.
Effet des marges et des impôts sur la production	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
Effet de substitution technique	-0,09%	0,00%	-0,12%	-0,10%	-0,72%	-0,13%	-0,85%	0,00%	0,00%	0,00%

	S45-h	S46-a	S46-h	S47-a	S47-h	S48-a	S48-e	S49-a	S49-e	S50-a
Emissions de CO ₂	-12,8%	-2,2%	-9,4%	-2,2%	-9,3%	-10,0%	-50,0%	-10,0%	-50,0%	-10,0%
PIB réel	-10,0%	-2,9%	-13,2%	-2,9%	-13,3%	+1,0%	+3,3%	+0,2%	+1,2%	+0,1%
Emploi total	-9,2%	-3,2%	-14,5%	-3,2%	-14,7%	+1,4%	+6,0%	+0,6%	+3,2%	+0,1%
Emploi total (milliers ETP)	-2 267	-784	-3 583	-789	-3 625	+345	+1 465	+139	+783	+36
Taux de chômage (point de %)	+8,3	+2,9	+13,2	+2,9	+13,3	-1,3	-5,4	-0,5	-2,9	-0,1
Consommation effective des ménages avec gains d'efficacité énergétique (GEE)										
Ensemble	-14,6%	-3,8%	-15,6%	-3,8%	-15,8%	+0,9%	+3,2%	-1,0%	+0,1%	+0,3%
Pauvres (F0-5)	-15,3%	-3,9%	-16,4%	-3,9%	-16,6%	+0,6%	+1,3%	+1,8%	+1,2%	+0,0%
Modestes (F5-35)	-14,3%	-3,8%	-15,7%	-3,8%	-15,9%	+0,7%	+2,1%	+2,2%	+1,5%	+0,0%
Médians (F35-65)	-14,1%	-3,6%	-15,2%	-3,7%	-15,3%	+0,7%	+2,0%	+0,7%	-0,0%	+0,1%
Aisés (F65-95)	-14,7%	-3,7%	-15,5%	-3,7%	-15,7%	+1,0%	+4,0%	-2,5%	-0,5%	+0,4%
Riches (F95-100)	-16,8%	-4,2%	-17,1%	-4,2%	-17,3%	+1,6%	+7,3%	-9,3%	-1,2%	+1,0%
Inégalité de consom. effect. av. GEE (indice de Gini)	-1,7%	-0,1%	-0,5%	-0,1%	-0,5%	+0,9%	+4,8%	-10,5%	-3,0%	+0,9%
Consom. effect. des ménages hors GEE (ensemble)	-14,6%	-3,8%	-15,6%	-3,8%	-15,8%	+0,8%	+2,8%	-1,1%	-0,3%	+0,2%
Ratio de la dette publique au PIB	-88,3%	-22,1%	-88,3%	-22,1%	-88,3%	id.	id.	-10,0%	-10,0%	id.
Pression fiscale (point de %)	+10,31%	+2,70%	+12,35%	+2,71%	+12,42%	-0,53%	-4,98%	+2,77%	+3,38%	-0,16%
Importations de pétrole brut (vol.)	-11,8%	-1,8%	-7,6%	-1,8%	-7,4%	-5,0%	-22,5%	-5,4%	-22,4%	-4,8%
Facture énergétique extérieure	-11,5%	-1,9%	-7,8%	-1,9%	-7,7%	-4,2%	-12,4%	-4,8%	-13,6%	-4,1%
Poids total de la fiscalité sur les systèmes productifs	-0,8%	+5,4%	+24,8%	+5,4%	+24,9%	-3,6%	-17,6%	-0,9%	-5,1%	+2,6%
Salaires nets nominaux	-14,7%	-5,7%	-21,6%	-5,7%	-21,8%	+2,8%	+15,1%	+1,1%	+6,9%	+0,3%
Prélèvements sur les consom. interm. d'énergie (millions € 2004)	-403	-164	-561	-163	-552	+12 746	+70 016	+10 924	+68 588	+12 514
Cotisations sociales (millions € 2004)	-39 771	+16 516	+76 190	+16 512	+76 439	-29 160	-148 856	-9 225	-60 635	+767
Prix de production du bien composite	-4,0%	+0,4%	+5,0%	+0,4%	+5,0%	-0,9%	-3,3%	-0,2%	-1,1%	+0,7%
Intensité en travail du bien composite	+0,6%	-0,2%	-1,2%	-0,2%	-1,4%	+0,4%	+2,0%	+0,2%	+1,1%	+0,1%
Poids de la fiscalité sur le secteur de production de composite	-0,9%	+5,4%	+25,0%	+5,4%	+25,1%	-4,8%	-26,1%	-1,8%	-12,4%	+1,5%
Consommation réelle des ménages (dépense privée)										
Totale (indice de Fisher)	-15,9%	-4,0%	-16,6%	-4,0%	-16,8%	+1,1%	+3,7%	-4,3%	-3,2%	+0,3%

Bien composite	-15,9%	-4,2%	-17,4%	-4,2%	-17,6%	+1,5%	+6,3%	-4,2%	-1,2%	+0,6%
Energie (MTEP)	-15,8%	-1,6%	-6,1%	-1,7%	-6,1%	-2,7%	-11,5%	-5,2%	-14,5%	-2,4%
Exportations de composite (vol.)	+2,2%	-0,2%	-2,5%	-0,2%	-2,5%	+0,5%	+1,9%	+0,1%	+0,6%	-0,4%
Importations de composite (vol.)	-13,4%	-2,6%	-9,2%	-2,6%	-9,2%	+0,1%	+0,4%	+0,2%	+1,0%	+0,7%
Proportion importée de composite	-3,6%	+0,3%	+4,4%	+0,3%	+4,4%	-0,8%	-3,0%	-0,2%	-1,0%	+0,6%
Balance commerciale (millions € 2004)	+49 960	+11 434	+45 821	+11 436	+45 896	+278	+1 282	+1 022	+2 641	+118
Consommation publique réelle de bien composite	-10,3%	-2,8%	-12,3%	-2,9%	-12,4%	id.	id.	+10,0%	+10,0%	id.
Immobilisation réelle de bien composite (vol. d'investissement)	-12,6%	-3,0%	-13,6%	-3,0%	-13,6%	+0,9%	+3,6%	+0,3%	+2,1%	+0,4%
Pouvoir d'achat du salaire net moyen										
En bien composite	-10,3%	-2,9%	-12,1%	-2,9%	-12,2%	+2,2%	+12,0%	+0,7%	+4,7%	+1,1%
Toutes consommations	-11,5%	-2,9%	-12,0%	-2,9%	-12,1%	+0,7%	+2,1%	-0,6%	-4,2%	-0,1%
Pouvoir d'achat du revenu disponible brut										
En bien composite	-14,8%	-4,0%	-16,7%	-4,1%	-16,9%	+2,6%	+13,8%	-3,5%	+5,6%	+1,5%
Toutes consommations	-16,0%	-4,0%	-16,6%	-4,1%	-16,8%	+1,1%	+3,7%	-4,7%	-3,3%	+0,3%
Part captée du revenu disponible brut (points de %)										
Pauvres (F0-5)	-0,03	-0,01	-0,04	-0,01	-0,04	-0,00	-0,01	+0,04	+0,02	-0,00
Modestes (F5-35)	-0,00	-0,04	-0,14	-0,04	-0,14	+0,01	+0,02	+0,66	+0,35	-0,03
Médians (F35-65)	+0,25	+0,04	+0,16	+0,04	+0,16	-0,02	-0,11	+0,67	+0,17	-0,04
Aisés (F65-95)	+0,11	+0,06	+0,21	+0,06	+0,21	-0,02	-0,11	-0,29	-0,25	+0,01
Riches (F95-100)	-0,33	-0,05	-0,18	-0,05	-0,19	+0,04	+0,20	-1,08	-0,29	+0,06
Inégalité de revenu disponible (indice de Gini)	-0,9%	0,1%	0,3%	0,1%	0,3%	+0,1%	+0,5%	-7,0%	-2,8%	+0,3%
Variation du prix de product. composite	-4,02%	0,36%	4,99%	0,36%	5,03%	-0,88%	-3,34%	-0,19%	-1,08%	0,68%
Effet d'échelle	-0,28%	-0,13%	-0,62%	-0,13%	-0,63%	0,04%	0,18%	0,01%	0,09%	-0,02%
Effet du prix des consommations d'énergie	0,00%	0,00%	0,04%	0,00%	0,04%	0,40%	2,08%	0,34%	2,00%	0,40%
Effet du prix du composite (invest. et consom. interm.)	-1,54%	0,19%	2,63%	0,19%	2,65%	-0,48%	-1,88%	-0,10%	-0,60%	0,24%
Effet du salaire net	-2,29%	-0,97%	-3,22%	-0,98%	-3,24%	0,52%	2,98%	0,21%	1,30%	0,05%
Effet des prélèvements sur le travail (cotisations)	id.	1,26%	6,06%	1,27%	6,11%	-1,38%	-6,70%	-0,46%	-2,88%	id.
Effet des marges et des impôts sur la production	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
Effet de substitution technique	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,09%	0,00%	-0,08%	0,00%

	S50-e	S51-a	S51-e	S52-a	S52-e	S53-a	S53-e	S54	S55-a	S56-a
Emissions de CO ₂	-50,0%	-10,0%	-50,0%	-10,0%	-50,0%	-10,0%	-50,0%	-34,4%	-34,2%	-34,3%
PIB réel	-0,1%	-0,0%	-0,2%	-0,1%	-1,0%	-0,1%	-0,6%	+0,6%	+1,4%	+1,2%
Emploi total	+0,5%	+0,2%	+0,8%	+0,1%	+0,4%	+0,2%	+0,8%	+1,9%	+2,9%	+2,7%
Emploi total (milliers ETP)	+133	+40	+197	+34	+101	+44	+207	+477	+726	+653
Taux de chômage (point de %)	-0,5	-0,1	-0,7	-0,1	-0,4	-0,2	-0,8	-1,8	-2,7	-2,4
Consommation effective des ménages avec gains d'efficacité énergétique (GEE)										
Ensemble	+0,9%	-1,2%	-0,8%	+0,3%	+0,9%	-1,1%	-0,5%	+1,0%	+1,3%	+1,3%
Pauvres (F0-5)	-0,2%	+1,7%	+1,2%	+1,8%	+8,3%	+2,9%	+8,0%	+3,3%	+1,9%	+3,3%
Modestes (F5-35)	-0,3%	+2,1%	+1,3%	+1,0%	+4,5%	+3,0%	+6,4%	+2,0%	+1,5%	+2,6%
Médians (F35-65)	-0,1%	+0,6%	-0,2%	+0,3%	+0,8%	+0,9%	+1,4%	+0,6%	+0,8%	+0,9%
Aisés (F65-95)	+1,6%	-2,7%	-1,6%	-0,0%	-1,0%	-3,0%	-3,9%	+0,4%	+1,2%	+0,5%
Riches (F95-100)	+4,5%	-9,9%	-5,0%	-0,1%	-0,9%	-11,0%	-12,2%	+1,5%	+2,9%	+1,9%
Inégalité de consom. effect. av. GEE (indice de Gini)	+4,4%	-11,0%	-6,1%	-1,7%	-8,8%	-13,3%	-20,1%	-2,0%	+0,5%	-2,6%
Consom. effect. des ménages hors GEE (ensemble)	+0,6%	-1,2%	-1,1%	+0,3%	+0,6%	-1,2%	-0,9%	+0,8%	+1,1%	+1,1%
Ratio de la dette publique au PIB	id.	-10,0%	-10,0%	id.	id.	-10,0%	-10,0%	id.	id.	id.
Pression fiscale (point de %)	-1,66%	+2,93%	+5,31%	-0,51%	-5,69%	+2,93%	+5,46%	-1,44%	-1,06%	+0,05%
Importations de pétrole brut (vol.)	-22,5%	-5,3%	-22,3%	-5,0%	-23,0%	-5,3%	-22,5%	-17,3%	-17,1%	-17,1%
Facture énergétique extérieure	-12,7%	-4,8%	-13,6%	-4,3%	-13,5%	-4,8%	-13,9%	-11,6%	-11,4%	-11,4%
Poids total de la fiscalité sur les systèmes productifs	+13,2%	+1,2%	+8,1%	+2,4%	+12,4%	+1,1%	+7,6%	+1,6%	-3,5%	-1,8%
Salaires nets nominaux	+1,1%	+0,3%	+1,6%	+0,3%	+0,8%	+0,4%	+1,7%	+4,0%	+6,4%	+5,7%
Prélèvements sur les consom. interm. d'énergie (millions € 2004)	+68 057	+10 952	+67 836	+12 085	+67 448	+10 808	+67 701	+49 892	+50 134	+50 078
Cotisations sociales (millions € 2004)	+2 881	+863	+4 321	+724	+2 188	+947	+4 543	-37 021	-62 639	-54 344
Prix de production du bien composite	+3,1%	+0,3%	+1,9%	+1,0%	+4,7%	+0,5%	+2,9%	+1,3%	-0,2%	+0,3%
Intensité en travail du bien composite	+0,4%	+0,1%	+0,3%	+0,2%	+1,0%	+0,1%	+0,7%	+1,1%	+1,3%	+1,2%
Poids de la fiscalité sur le secteur de production de composite	+5,6%	+0,3%	+1,1%	+1,3%	+5,0%	+0,2%	+0,8%	-3,1%	-8,4%	-6,7%
Consommation réelle des ménages (dépense privée)										
Totale (indice de Fisher)	+0,8%	-4,5%	-4,3%	+0,4%	+0,8%	-4,4%	-3,9%	-0,3%	-0,0%	-0,1%

Bien composite	+2,5%	-4,5%	-2,7%	+0,7%	+3,0%	-4,3%	-2,1%	+1,1%	+1,4%	+1,3%
Energie (MTEP)	-10,9%	-5,0%	-13,9%	-2,8%	-12,0%	-5,1%	-14,2%	-10,3%	-10,3%	-10,2%
Exportations de composite (vol.)	-1,5%	-0,2%	-0,9%	-0,5%	-2,3%	-0,3%	-1,5%	-0,6%	+0,1%	-0,1%
Importations de composite (vol.)	+3,2%	+0,4%	+2,4%	+0,9%	+4,1%	+0,5%	+3,1%	+2,1%	+1,5%	+1,7%
Proportion importée de composite	+2,7%	+0,3%	+1,7%	+0,9%	+4,1%	+0,4%	+2,6%	+1,1%	-0,2%	+0,3%
Balance commerciale (millions € 2004)	+336	+865	+1 601	-124	-520	+604	+304	-206	+81	-159
Consommation publique réelle de bien composite	id.	+10,0%	+10,0%	id.	id.	+10,0%	+10,0%	+4,6%	+5,1%	+5,0%
Immobilisation réelle de bien composite (vol. d'investissement)	+2,3%	+0,3%	+1,9%	-0,1%	-0,7%	+0,0%	+0,3%	+0,6%	+1,4%	+1,2%
Pouvoir d'achat du salaire net moyen										
En bien composite	+5,9%	+0,6%	+3,8%	-0,7%	-3,5%	-0,3%	-1,7%	+0,9%	+3,5%	+2,6%
Toutes consommations	-0,9%	-0,5%	-3,6%	-2,1%	-11,4%	-1,5%	-9,7%	-5,1%	-2,8%	-3,5%
Pouvoir d'achat du revenu disponible brut										
En bien composite	+7,8%	-3,9%	+2,8%	+1,7%	+9,3%	-3,8%	+3,7%	+5,9%	+6,5%	+6,3%
Toutes consommations	+0,9%	-5,0%	-4,5%	+0,3%	+0,4%	-5,0%	-4,7%	-0,4%	+0,0%	-0,1%
Part captée du revenu disponible brut (points de %)										
Pauvres (F0-5)	-0,01	+0,05	+0,03	+0,04	+0,20	+0,08	+0,21	+0,06	+0,02	+0,06
Modestes (F5-35)	-0,13	+0,68	+0,50	+0,24	+1,19	+0,92	+1,89	+0,36	+0,12	+0,43
Médians (F35-65)	-0,17	+0,71	+0,40	+0,06	+0,31	+0,82	+1,07	+0,03	-0,06	+0,05
Aisés (F65-95)	+0,03	-0,30	-0,27	-0,23	-1,17	-0,49	-1,39	-0,40	-0,19	-0,50
Riches (F95-100)	+0,28	-1,13	-0,66	-0,10	-0,52	-1,32	-1,78	-0,05	+0,10	-0,04
Inégalité de revenu disponible (indice de Gini)	+1,6%	-7,3%	-4,8%	-1,8%	-9,1%	-9,3%	-16,6%	-2,4%	-0,5%	-2,9%
Variation du prix de product. composite	3,05%	0,31%	1,88%	0,98%	4,66%	0,49%	2,93%	1,29%	-0,18%	0,30%
Effet d'échelle	-0,11%	-0,01%	-0,05%	0,00%	-0,02%	0,00%	0,00%	0,04%	0,08%	0,07%
Effet du prix des consommations d'énergie	2,04%	0,35%	1,98%	0,39%	2,06%	0,34%	1,99%	1,60%	1,60%	1,60%
Effet du prix du composite (invest. et consom. interm.)	0,96%	0,11%	0,62%	0,54%	2,46%	0,27%	1,56%	0,70%	-0,10%	0,17%
Effet du salaire net	0,19%	0,06%	0,29%	0,05%	0,15%	0,07%	0,31%	0,74%	1,19%	1,05%
Effet des prélèvements sur le travail (cotisations)	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	-1,76%	-2,91%	-2,55%
Effet des marges et des impôts sur la production	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
Effet de substitution technique	-0,07%	0,00%	-0,07%	0,00%	-0,07%	0,00%	-0,07%	-0,04%	-0,04%	-0,04%

[illegible]

[illegible]

Effet de substitution technique	-0,04%	-0,04%	-0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,06%	0,00%	0,00%	id.
	S64-20	S64-1000	S65	S66	S67	S68	S69	S70	S71-c	S72-c
Emissions de CO ₂	-3,0%	-57,7%	-17,8%	-28,1%	-17,1%	-27,4%	-0,7%	+1,1%	+1,6%	-25,8%
PIB réel	+1,6%	-6,4%	+0,7%	+0,7%	+0,7%	+0,7%	+2,3%	+2,1%	+8,3%	+8,7%
Emploi total	+1,8%	-2,5%	+1,9%	+2,6%	+1,6%	+2,4%	+3,0%	+2,5%	+9,5%	+11,3%
Emploi total (milliers ETP)	+590	-485	+609	+805	+535	+739	+909	+765	+3 830	+4 221
Taux de chômage (point de %)	-1,6	+2,3	-1,7	-2,4	-1,4	-2,2	-2,8	-2,3	-7,4	-8,8
Consommation effective des ménages avec gains d'efficacité énergétique (GEE)										
Ensemble	+2,6%	-6,8%	+0,9%	+0,8%	+0,5%	+0,4%	+2,8%	+1,9%	+10,1%	+10,5%
Pauvres (F0-5)	+2,1%	-5,8%	+1,3%	+1,4%	+1,1%	+1,3%	+3,3%	+2,8%	+9,1%	+8,9%
Modestes (F5-35)	+2,1%	-7,3%	+0,5%	+0,2%	+0,8%	+0,7%	+2,4%	+2,9%	+7,1%	+7,1%
Médians (F35-65)	+2,4%	-7,3%	+0,7%	+0,4%	+1,1%	+1,0%	+2,6%	+3,2%	+9,6%	+9,6%
Aisés (F65-95)	+2,7%	-6,8%	+1,0%	+0,9%	+0,4%	+0,4%	+2,9%	+1,8%	+11,5%	+11,8%
Riches (F95-100)	+3,6%	-4,2%	+1,7%	+2,0%	-1,9%	-2,1%	+3,0%	-3,5%	+13,1%	+16,1%
Inégalité de consom. effect. av. GEE (indice de Gini)	+1,1%	+2,0%	+0,9%	+1,3%	-1,8%	-1,8%	+0,5%	-4,2%	+5,9%	+7,5%
Consom. effect. des ménages hors GEE (ensemble)	+2,6%	-7,4%	+0,8%	+0,6%	+0,4%	+0,2%	+2,8%	+1,9%	+10,1%	+10,3%
Ratio de la dette publique au PIB	+6,0%	-2,5%	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
Pression fiscale (point de %)	+0,92%	+17,83%	+3,92%	+4,71%	+3,71%	+4,35%	+0,87%	+0,60%	+6,10%	+7,80%
Importations de pétrole brut (vol.)	-1,0%	-36,9%	-10,5%	-16,6%	-9,7%	-15,9%	-0,9%	+0,9%	+1,4%	-12,3%
Facture énergétique extérieure	-1,0%	-27,7%	-9,8%	-14,8%	-9,2%	-14,2%	-0,5%	+0,9%	+1,5%	-12,3%
Poids total de la fiscalité sur les systèmes productifs	+1,5%	+30,1%	-3,0%	-5,1%	-3,1%	-5,2%	-15,1%	-15,4%	-16,2%	-5,3%
Salaires nets nominaux	+4,1%	-4,9%	+4,3%	+6,3%	+3,5%	+5,6%	+7,5%	+5,9%	+14,1%	+17,2%
Prélèvements sur les consom. interm. d'énergie (millions € 2004)	+6 248	+141 405	+25 981	+46 034	+25 780	+45 840	+471	+28	+1 042	+41 687
Cotisations sociales (millions € 2004)	+9 768	-11 605	-33 865	-61 963	-35 977	-64 402	-60 040	-63 937	-43 917	-40 065
Prix de production du bien composite	+2,3%	+4,6%	+1,3%	+1,5%	+0,4%	+0,5%	+0,0%	-1,7%	+0,3%	+3,0%
Intensité en travail du bien composite	+0,1%	+1,6%	+0,7%	+1,1%	+0,5%	+0,9%	+0,5%	+0,3%	+0,5%	+1,1%
Poids de la fiscalité sur le secteur de production de composite	+0,8%	+11,1%	-5,9%	-10,3%	-6,0%	-10,5%	-15,3%	-15,5%	-16,8%	-11,2%
Consommation réelle des ménages (dépense privée)										
Totale (indice de Fisher)	+2,6%	-9,9%	+0,3%	-0,3%	-0,0%	-0,6%	+2,7%	+1,9%	+9,9%	+9,4%

Bien composite	+3,0%	-4,3%	+2,0%	+2,4%	+1,4%	+1,9%	+3,2%	+2,0%	+11,8%	+14,6%
Energie (MTEP)	-2,4%	-41,0%	-16,3%	-24,2%	-14,8%	-22,8%	-3,1%	+0,4%	-3,1%	-24,2%
Exportations de composite (vol.)	-1,2%	-2,3%	-0,7%	-0,8%	-0,2%	-0,3%	-0,0%	+0,9%	-0,2%	-1,7%
Importations de composite (vol.)	+4,1%	+0,5%	+2,5%	+3,1%	+1,5%	+2,0%	+2,6%	+0,5%	+9,2%	+13,5%
Proportion importée de composite	+2,0%	+4,0%	+1,1%	+1,3%	+0,3%	+0,4%	+0,0%	-1,5%	+0,3%	+2,7%
Balance commerciale (millions € 2004)	-18 708	+35 161	-2 791	-792	+1 278	+3 565	-13 656	-5 705	-43 332	-31 506
Consommation publique réelle de bien composite	+2,4%	+3,5%	+2,9%	+4,3%	+2,2%	+3,6%	+3,1%	+1,8%	+10,6%	+14,4%
Immobilisation réelle de bien composite (vol. d'investissement)	+1,8%	-4,6%	+0,5%	+0,6%	+0,9%	+1,2%	+1,6%	+2,2%	+7,8%	+9,1%
Pouvoir d'achat du salaire net moyen										
En bien composite	+0,2%	-6,2%	-0,8%	-0,2%	+1,6%	+2,7%	+0,8%	+4,9%	-2,0%	-1,9%
Toutes consommations	-0,2%	-17,5%	-3,2%	-4,4%	-0,6%	-1,2%	+0,2%	+4,8%	-3,0%	-5,7%
Pouvoir d'achat du revenu disponible brut										
En bien composite	+3,0%	+2,5%	+2,8%	+4,1%	+2,0%	+3,2%	+3,3%	+1,8%	+11,3%	+14,0%
Toutes consommations	+4,5%	-8,2%	+2,2%	+1,6%	+1,7%	+1,2%	+4,6%	+3,6%	+12,5%	+12,0%
Part captée du revenu disponible brut (points de %)										
Pauvres (F0-5)	-0,01	+0,00	+0,00	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01	+0,02	-0,02	-0,04
Modestes (F5-35)	-0,08	+0,42	+0,01	+0,05	+0,20	+0,28	-0,05	+0,30	-0,64	-0,63
Médians (F35-65)	-0,05	-0,02	-0,04	-0,05	+0,25	+0,28	-0,03	+0,48	-0,16	-0,27
Aisés (F65-95)	+0,02	-0,51	-0,05	-0,11	-0,07	-0,13	+0,04	-0,01	+0,48	+0,33
Riches (F95-100)	+0,13	+0,11	+0,07	+0,10	-0,39	-0,44	+0,03	-0,80	+0,34	+0,61
Inégalité de revenu disponible (indice de Gini)	+0,8%	-2,0%	+0,1%	-0,1%	-2,3%	-2,9%	+0,3%	-4,1%	+4,7%	+5,4%
Variation du prix de product. composite	2,30%	4,59%	1,26%	1,49%	0,38%	0,48%	0,03%	-1,67%	0,29%	3,00%
Effet d'échelle	0,07%	-0,16%	0,08%	0,10%	0,05%	0,07%	0,16%	0,10%	0,42%	0,46%
Effet du prix des consommations d'énergie	0,14%	3,17%	0,56%	1,01%	0,55%	1,00%	0,01%	-0,01%	0,02%	0,96%
Effet du prix du composite (invest. et consom. interm.)	1,27%	2,48%	0,91%	1,08%	0,24%	0,30%	0,34%	-0,94%	0,78%	-0,23%
Effet du salaire net	0,82%	-0,83%	0,86%	1,29%	0,72%	1,14%	1,53%	1,19%	1,58%	1,99%
Effet des prélèvements sur le travail (cotisations)	id.	id.	-1,14%	-1,97%	-1,16%	-2,01%	-1,98%	-2,02%	-2,13%	-2,12%
Effet des marges et des impôts sur la production	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
Effet de substitution technique	0,00%	-0,14%	0,00%	-0,01%	0,00%	-0,01%	0,00%	0,00%	-0,27%	-0,44%