



COMPARAISON DES PROPRIÉTÉS DES MODÈLES MACROÉCONOMIQUES FRANÇAIS THREEME ET MÉSANGE

Benjamin Largier
Marie Cervoni
Chloé Derouen
Pierre-Louis Girard
Romain Grept
Frédéric Reynès
Anissa Saumtally
Lucia Sequeira

COMPARAISON DES PROPRIÉTÉS DES MODÈLES MACROÉCONOMIQUES FRANÇAIS THREEME ET MÉSANGE

Benjamin Largier

Marie Cervoni

Chloé Derouen

Pierre-Louis Girard

Romain Grept

Frédéric Reynès

Anissa Saumtally

Lucia Sequeira

Ce document de travail n'engage que ses auteurs. L'objet de sa diffusion est de stimuler le débat et d'appeler commentaires et critiques.

Marie Cervoni, Chloé Derouen, Pierre-Louis Girard et Romain Grept sont économistes à la Direction Générale du Trésor au Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle, énergétique et numérique (France),

Benjamin Largier, Frédéric Reynès, Anissa Saumtally et Lucia Sequeira sont économistes à l'Observatoire français des conjonctures économiques

Table des matières

Résumé / Abstract	6
Introduction	7
1. Contexte et objectifs	7
2. Sommaire	8
1. Présentation des modèles	9
1.1 ThreeME	9
1.1.1 Propriétés du modèle	9
1.1.2 Description du bloc hybride et mécanismes	10
1.2 Mésange	10
1.3 Principales différences entre ThreeME et Mésange	11
1.4 Modifications apportées par la DG Trésor au modèle ThreeME	11
1.4.1 Bloc de commerce extérieur	12
1.4.2 Endogénéisation des prix des importations	13
1.4.3 Modélisation des demandes de biens importés	13
1.4.5 Bloc d'investissement	14
1.4.6 Modification des facteurs d'ajustement sur la base d'estimations économétriques	15
1.4.7 Bloc des finances publiques	16
2. Variantes standards avec ThreeME-France	17
2.1 Caractéristiques du sentier de référence	17
2.2 Dépense publique : hausse permanente d'un montant de 1 point de PIB	18
2.2.1 Mise en œuvre	18
2.2.2 Mécanismes	18
2.2.3 Résultats	19
2.2.4 Comparaison avec Mésange	19
2.3 TVA : baisse permanente de 1 point de PIB	20
2.3.1 Mise en œuvre	20
2.3.2 Mécanismes	21
2.3.3 Résultats	21
2.3.4 Comparaison avec Mésange	22
2.4 Productivité du travail : hausse de 1 %	22
2.4.1 Mise en œuvre	22
2.4.2 Mécanismes	22
2.4.3 Résultats	23
2.4.4 Comparaison avec Mésange	23
3. ThreeME-France standard <i>versus</i> hybride	24
3.1 Principes du bloc hybride	24
3.2 Prix des énergies fossiles : hausse de 13 %	24
3.2.1 Mise en œuvre	24
3.2.2 ThreeME-France sans bloc hybride	25
3.2.3 ThreeME-France avec bloc hybride	27
3.3 Taxe carbone : hausse de 1 point de PIB	29
3.3.1 Mise en œuvre	29
3.3.2 ThreeME-France standard	29
3.3.3 ThreeME-France hybride	32
4. ThreeME-France hybride : applications au logement et au transport	35
4.1 Subvention de 50 % pour la rénovation de logements	35
4.1.1 Mise en œuvre	35
4.1.2 Mécanismes	36
4.1.3 Résultats	37

4.2	Subvention pour l'achat de véhicules électriques : hausse forfaitaire de 6 000 euros	39
4.2.1	Mise en œuvre.....	39
4.2.2	Mécanismes.....	39
4.2.3	Résultats.....	41
5.	Variantes sectorielles avec ThreeME-France	43
5.1	TVA sur la construction et sur les biens industriels : baisse permanente de 0,1 point de PIB	43
5.1.1	Mise en œuvre	43
5.1.2	Mécanismes	43
5.1.3	Résultats.....	44
5.2	Taxe carbone dans les secteurs de la construction et de la manufacture d'autres biens pour l'industrie : hausse permanente de 0,1 point de PIB.....	45
5.2.1	Mise en œuvre	45
5.2.2	Mécanismes.....	45
5.2.3	Résultats	47
5.3	Changement du mix électrique : augmentation de 1 point de la part de l'éolien au détriment de la part du charbon dans la production d'électricité.....	49
5.3.1	Mise en œuvre	49
5.3.2	Mécanismes.....	49
5.3.3	Résultats	50
6.	Tests de sensibilité	51
6.1	Élasticités de substitution sur le choc de productivité du travail	51
6.1.1	Mise en œuvre	51
6.1.2	Mécanismes.....	51
6.1.3	Résultats	52
6.2	Indexation des salaires sur les prix de valeur ajoutée.....	54
7.	Annexes.....	56
7.1	Autres variantes avec ThreeME-France comparées avec Mésange	56
7.1.1	Baisse permanente des cotisations sociales employeurs de 1 point de PIB.....	56
7.1.2	Baisse permanente de l'impôt sur le revenu des ménages de 1 point de PIB	57
7.1.3	Dépréciation permanente de 10 % de l'euro	58
7.1.4	Hausse permanente de 1 % de la demande mondiale.....	59
7.1.5	Baisse ciblée de la TVA de 0,1 % comparée à une baisse générale de la TVA de 0,1 %....	60
7.1.6	Augmentation ciblée de la taxe carbone de 0,1 point de PIB comparée à une augmentation de la taxe carbone généralisée de 0,1 point de PIB	62
7.2.	Tableaux comparatifs des tests de robustesse	64
7.2.1.	Hausse de la productivité du travail pour deux spécifications de l'équation de salaires	64
8.	Références	65

Résumé

ThreeME est un modèle d'équilibre général calculable multisectoriel, modélisant la France comme une petite économie ouverte, avec un reste du monde exogène. Le modèle est d'inspiration néo-keynésienne, c'est-à-dire que les dynamiques de court terme sont définies par les facteurs de demande du fait de rigidités nominales et réelles tandis que l'équilibre de long terme dépend de facteurs d'offre. Dans sa version hybride, ThreeME offre la possibilité d'intégrer deux blocs technico-économiques pour modéliser les décisions des ménages relatives au logement et au transport. La version étudiée, dite ThreeME-France, intègre par ailleurs plusieurs modifications sélectionnées selon un critère empirique de rapprochement des propriétés dynamiques de ThreeME de celles des modèles macroéconométriques institutionnels, en premier lieu Mésange dont les comportements économiques à court et moyen termes sont estimés économétriquement. Ce document propose d'analyser les propriétés dynamiques du modèle par le biais de plusieurs variantes macroéconomiques (e.g. hausse du prix des énergies fossiles et hausse de la productivité) et sectorielles (e.g. hausse de la taxe carbone ciblée, subventions à la rénovation des logements et électrification des véhicules). Afin de mieux comprendre les incidences de ces modifications sur les propriétés dynamiques du modèle, des comparaisons des résultats des variantes avec ceux obtenus avec le modèle Mésange sont réalisées.

Abstract

ThreeME is a multi-sector computable general equilibrium model, representing France as a small open economy with an exogenous rest of the world. The model is neo keynesian in nature, meaning that short-run dynamics are driven by demand factors due to nominal and real rigidities, while the long-run equilibrium depends on supply factors. In its hybrid version, ThreeME allows for the integration of two techno-economic modules to model households' housing and transportation decisions. The version used, called ThreeME-France, also incorporates several modifications based on an empirical criterion designed to bring the dynamics properties of ThreeME more in line with those of institutional macroeconomic models, primarily the Mésange model, whose short- and medium-term economic dynamics are estimated econometrically. This document analyzes the model's dynamic properties through macroeconomic (e.g. increase in fossil fuel prices and increase in productivity) and sectoral (e.g. targeted carbon tax increases, housing renovation subsidies and vehicle electrification) standardised shocks. To better understand the impact of these changes on the model's dynamic properties, the results of these variants are compared with those obtained using the Mésange model.

Introduction

1. Contexte et objectifs

ThreeME est un modèle macroéconomique d'équilibre général calculable multisectoriel d'inspiration néo-keynésienne, conçu pour évaluer les impacts macroéconomiques des politiques publiques, notamment énergétiques et environnementales. Il est issu d'une collaboration depuis 2008 entre l'Observatoire Français des Conjonctures Economiques (OFCE) et l'Agence de la transition écologique (ADEME)¹. Le modèle est régulièrement mobilisé pour l'évaluation macroéconomique des politiques énergie-climat, que ce soit pour l'évaluation *ex ante* de l'impact macroéconomique de la Stratégie Nationale Bas Carbone dans ses 2^{ème} (SNBC2) et 3^{ème} (SNBC3) volets, lors du Débat National sur la Transition Énergétique (DNTE), pour l'évaluation de scénarios de transition énergétique (Programmations Pluriannuelles de l'Energie, Transitions ADEME) ou pendant la mission dirigée par Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz sur les incidences économiques de l'action pour le climat. Dans une même optique, le modèle a été utilisé dans d'autres pays et dans des contextes régionaux (Mexique, Indonésie, Tunisie, Pays-Bas, Régions Occitanie et Île-de-France).

Ce document de travail propose une analyse des propriétés dynamiques et de long terme du modèle ThreeME, dont plusieurs blocs ont été modifiés en coopération entre l'ADEME, la direction générale du Trésor (DG Trésor) et l'OFCE. Les principales modifications ont été réalisées en cohérence avec la littérature macroéconomique et économétrique sur données françaises et portent sur :

- Le bloc du commerce extérieur : pour que les prix des importations réagissent aux chocs domestiques et pour intégrer des surréactions des volumes d'importations aux variations de la demande domestique à court terme, modélisant des rigidités sur l'appareil productif ;
- L'investissement des entreprises : pour pouvoir évaluer des chocs permanents d'investissements et pour introduire un effet accélérateur à court terme ;
- Les facteurs d'ajustement de court terme des principales variables comportementales (consommation, exportation, prix de production, salaires, *etc.*), qui ont été estimés économétriquement.

Deux versions de ThreeME sont utilisées. La première, dite standard, modélise l'ensemble des comportements des agents selon une approche macroéconomique classique où ceux-ci sont déterminés à partir de programmes de maximisation sous contrainte. La deuxième, dite hybride, intègre des blocs technico-économiques qui modélisent explicitement les arbitrages en matière de transport et de logement réalisés par les ménages. Le modèle étant calibré pour la France, il sera désigné par la suite ThreeME-France.

Afin d'analyser les propriétés du modèle, plusieurs chocs macroéconomiques standards ont d'abord été simulés (augmentation des dépenses publiques, baisse de la TVA, augmentation de la productivité du travail, hausse du prix des énergies fossiles, introduction d'une taxe carbone), souvent retenus pour analyser et comparer les propriétés des modèles (*e.g.* Économie et Prévision 1998). Les résultats de ThreeME sont alors comparés avec ceux de Mésange, dès lors qu'un même choc peut être réalisé dans les deux modèles, pour identifier les différences dans leurs propriétés de court et de long termes. Deux de ces chocs (hausse du prix des énergies fossiles, introduction d'une taxe carbone) sont également simulés avec la version hybride afin de la comparer avec la version standard. Puis des chocs sectoriels sont simulés avec la version standard (baisses de TVA sectorielles, taxes carbone ciblées, changement du mix électrique). Enfin, des chocs sectoriels de subventions publiques (électrification de véhicules et rénovations de logements) sont simulés et détaillés uniquement en utilisant la version hybride. Ce travail s'inscrit dans la continuité de l'étude précédente réalisée avec la deuxième version de ThreeME, dite « v2 » qui incluait un cahier de variantes (Callonnet *et al.*, 2016).

¹ Voir documentation du modèle ThreeME pour plus de détails, disponible sur <https://www.threeme.org/documentation>. Le nom des variables est défini dans le glossaire, page 168. La version du modèle utilisée dans cet article est accessible sur https://github.com/ThreeME-org/ThreeME_V3-open

2. Sommaire

La [section 1](#) présente les deux modèles utilisés dans cette étude. Après une courte description des versions standards des modèles ThreeME et Mésange, les modifications apportées à ThreeME sont détaillées. Ces modifications ont été sélectionnées selon un critère empirique de rapprochement des propriétés dynamiques de ThreeME de celles des différents modèles macroéconométriques institutionnels, en premier lieu Mésange dont les comportements économiques à court et moyen termes sont estimés économétriquement.

La [section 2](#) détaille le comportement du modèle en réponse à trois chocs macroéconomiques standards, en comparant systématiquement les résultats avec ceux de Mésange. Il s'agit d'une hausse permanente des dépenses publiques de 1 point de PIB, d'une augmentation permanente de la productivité du travail de 1 %, et d'une diminution de la TVA de 1 point de PIB.

La [section 3](#) introduit le bloc hybride, proposant une modélisation technico-économique et non plus purement macroéconomique des décisions des ménages en matière de logement et de transport, et détaille les résultats pour deux chocs (introduction de la taxe carbone et hausse des énergies fossiles) en confrontant les versions standard et hybride de ThreeME-France.

La [section 4](#) se concentre spécifiquement sur le bloc hybride, à travers l'application de deux chocs de subventions publiques, le premier sur la rénovation des logements, le deuxième sur l'électrification du parc de véhicules.

La [section 5](#) concerne l'application de trois chocs sectoriels sur la version standard de ThreeME-France, une baisse de la TVA sur les commodités produites par les secteurs de la construction et des biens industriels, une augmentation de la taxe carbone dans ces mêmes secteurs, et enfin une modification du mix électrique.

La [section 6](#) renvoie à des tests de sensibilité, afin d'étudier le comportement du modèle face à des chocs standards, lorsque certains paramètres structurants sont modifiés. Ainsi, les variantes de hausse de la productivité du travail et baisse de la TVA sont simulées de nouveau, en modifiant respectivement les élasticités de substitution entre facteurs de production et l'indexation des salaires nominaux aux prix (sur les prix de valeur ajoutée et non plus sur les prix de consommation).

Enfin, les annexes renvoient à des tableaux de tests standards supplémentaires réalisés avec ThreeME-France ([section 7](#)).

1. Présentation des modèles

1.1 ThreeME

1.1.1 Propriétés du modèle

ThreeME est un modèle d'équilibre général dans lequel les équations de comportement (comme la consommation et l'investissement) sont spécifiées dans une approche macroéconométrique² mais calibrées sur la littérature. Il représente l'économie française, à une fréquence annuelle, sur le modèle d'une petite économie ouverte, qui échange avec un reste du monde dont les conditions économiques hors effets de compétitivité-prix, sont supposées exogènes (demande mondiale adressée à la France, taux de change, prix de référence étrangers).

ThreeME repose sur un cadre théorique néo-keynésien : à court terme, l'économie est déterminée par les comportements de demande, tandis qu'elle suit à long terme un sentier de croissance équilibré, au sens de Solow (1956), où l'évolution des variables est déterminée par des facteurs d'offre. Il inclut des délais d'ajustement des variables économiques (volumes, prix) vers un niveau notionnel (ou optimal) déterminé par un cadre théorique sous-jacent. Ce niveau notionnel correspond au niveau optimal (désiré ou cible) que l'agent économique (le producteur pour les prix et la demande en facteurs de production, le ménage pour la consommation, la banque centrale pour le taux d'intérêt) choisirait en l'absence de contrainte d'ajustement (coûts d'ajustement, contraintes physiques, temporelles, incertitudes). Les variables notionnelles sont notées X^n .

À la différence des modèles d'équilibre général calculable d'inspiration néo-classique, l'intégration de rigidités nominales et réelles à court terme traduit un ajustement des marchés par les volumes, ce qui rend compte de déséquilibres transitoires, par exemple, à travers la possibilité d'un chômage involontaire et des effets multiplicateurs keynésiens à court terme. Dans toutes les simulations présentées ici, comme dans Mésange (voir la section suivante pour la présentation du modèle), il est par ailleurs fait l'hypothèse d'un taux d'intérêt réel constant.

ThreeME est un modèle multisectoriel où chaque secteur détermine sa demande dans quatre facteurs de production (capital, travail, énergie et consommations intermédiaires non-énergétiques), sur la base d'une fonction de production de type CES généralisée dans le sens où l'élasticité de substitution peut différer entre deux paires de facteurs (Reynès, 2019)³. La version utilisée ici, dite "standard", présente 33 secteurs et 29 commodités (ou « produits » selon la terminologie de la comptabilité nationale). Par ailleurs, un seul ménage représentatif est modélisé. Celui-ci détermine sa consommation de chaque commodité selon une fonction d'utilité LES (*Linear Expenditure System*) généralisée proposée par Brown et Heien (1972), c'est-à-dire que la consommation de chaque commodité dépend du revenu, du prix de la commodité comparé aux prix des autres biens ou services, en tenant compte d'éventuelles consommations incompressibles (par exemple, les biens de première nécessité)⁴.

Le modèle permet de considérer différentes spécifications ou calibrages pour la fonction de production (par défaut, une CES généralisée calibrée sur la base de la deuxième version de ThreeME, mais il est possible de considérer également des CES imbriquées) et pour la fonction d'utilité du consommateur (par défaut, une LES, avec comme alternative une fonction imbriquée, permettant notamment d'isoler le logement et l'automobile des autres consommations, voir section suivante).

Les travaux dans ce document sont réalisés à partir de la troisième version du modèle – dite « v3 » – dont le document de travail a été publié en 2021 (Reynès *et al.*, 2021).

² Dans ce type de modélisation, les variables d'intérêt dépendent d'une valeur d'équilibre définie par un cadre théorique sous-jacent autour duquel elles fluctuent et vers laquelle elles finissent par converger. Ainsi, il est possible de distinguer les dynamiques de court terme de celles de long terme. Voir la présentation du modèle macroéconométrique Mésange *infra* pour plus de détails.

³ Une fonction de production de type CES (*Constant Elasticity of Substitution*, ou élasticité de substitution constante en français) généralisée suppose que la demande d'un facteur dépend de la demande adressée au secteur, du progrès technique et du coût de production du facteur comparé à celui de tous les autres facteurs.

⁴ Formellement, la fonction d'utilité LES (resp. LES généralisée) modélise les substitutions entre la partie compressible des consommations comme une fonction d'utilité Cobb-Douglas (resp. CES).

1.1.2 Description du bloc hybride et mécanismes

ThreeME intègre un bloc hybride, modélisant dans une approche technico-économique les décisions d'investissements dans le logement et l'achat de véhicules par le ménage représentatif. Ce bloc permet ainsi de représenter finement les phénomènes d'efficacité énergétique. Le capital des ménages (parc de logements, parc automobile) y est désagrégé entre différentes classes d'efficacité énergétique. La demande en énergie évolue en fonction de la composition du parc, qui évolue lui-même de manière endogène en fonction des coûts d'usage respectifs (coûts du capital, coûts des énergies).

Ainsi, dans la version standard, la consommation d'énergie fournit une utilité directe, ce qui conduit à ce que la consommation d'énergie des ménages évolue de manière plus ou moins proportionnelle à leurs revenus, à travers une fonction d'utilité LES. Le modèle hybride part quant à lui du postulat que la consommation d'énergie n'a aucune utilité en soi, mais plutôt pour le service qu'elle fournit lorsque sa consommation est combinée à l'utilisation de biens d'équipement, comme une voiture ou un logement. L'énergie est donc un intrant utilisé en combinaison avec différents types de capital détenus par les ménages. Les dépenses liées au logement et au transport sont prioritaires, et sont donc soustraites du revenu disponible ; alors que pour les autres dépenses, les ménages maximisent une fonction d'utilité LES sous contrainte de revenu. Une description détaillée du bloc hybride peut être trouvée dans Reynès *et al.* (2021).

1.2 Mésange

Mésange (Modèle Économique de Simulation et d'Analyse Générale de l'Économie) est un modèle macroéconométrique trimestriel de l'économie française, codéveloppé par l'Insee et la direction générale du Trésor (Allard-Prigent *et al.*, 2002, Klein et Simon, 2010, Badarji *et al.*, 2017). Le modèle propose une représentation synthétique des décisions des ménages, des entreprises et des administrations publiques, en matière de consommation, d'investissement, de détermination des prix et des salaires ; des interactions entre ces agents nationaux, ainsi qu'avec le reste du monde (pour les exportations et les importations). Le modèle agrège trois types d'équations, structurelles, comptables et techniques. Les équations structurelles visent à représenter les comportements économiques des agents modélisés. Elles sont généralement spécifiées comme des modèles à correction d'erreur, dont les relations de long terme sont construites sur la base d'un cadre théorique (par exemple, évolution unitaire de la consommation des ménages avec leur revenu réel garantissant la stabilité du taux d'épargne, définition des demandes de facteurs par les entreprises sur la base d'une fonction de production). Les coefficients sont estimés économétriquement à partir de séries de données historiques. Les équations comptables garantissent la cohérence avec les données utilisées. Les équations techniques portent sur des relations entre les variables qui doivent être calibrées.

Comme pour ThreeME, l'économie française est modélisée dans une approche néo-keynésienne, avec une prédominance des comportements de demande (consommation, investissement) à court terme et d'offre à long terme (selon le cadre théorique sous-jacent au modèle). Le nombre de secteurs dans Mésange y est plus restreint que dans ThreeME : cinq secteurs sont distingués, dont quatre marchands (agriculture et industries manufacturières, énergie, services exposés à la concurrence internationale et services abrités) et un secteur non-marchand. Par ailleurs, le modèle intègre deux catégories de salariés, qualifiés et non-qualifiés. L'environnement extérieur est considéré comme donné (prix du pétrole, prix étrangers, demande mondiale adressée à la France, taux de change). Les entreprises définissent leur demande en travail et en capital au niveau agrégé selon une fonction de production CES simple (c'est-à-dire sur la base de la valeur ajoutée, du progrès technique et du coût relatif de ces deux facteurs). Les ménages établissent leur consommation de la production des quatre secteurs marchands en fonction de leur revenu et des prix relatifs de chaque bien et service. Mésange est principalement utilisé d'une part, en « variante » pour la simulation et l'évaluation de mesures de politique économique et, d'autre part, en vue d'une utilisation « conjoncturelle » pour l'exercice de la prévision. La dernière version du modèle s'appuie, pour l'essentiel, sur les comptes nationaux produits en base 2010 aux prix de l'année précédente chaînés.

Un nouveau module, intitulé Mésange vert, a également été développé pour compléter les évaluations macroéconomiques réalisées à l'aide du modèle Mésange de l'effet des chocs et de réformes économiques sur les émissions de carbone de la France à un horizon de moyen et long termes. Ce nouveau module propose une représentation stylisée de la consommation énergétique française (où la consommation en électricité, gaz, pétrole et charbon des ménages et des entreprises évolue en fonction de leur consommation énergétique totale respective et des prix relatifs de chaque type d'énergie) à partir de laquelle les émissions de carbone sont calculées. Une description du modèle est proposée dans Bouillot *et al.* (2024).

1.3 Principales différences entre ThreeME et Mésange

Au-delà des différences structurelles entre les deux modèles – modèle multisectoriel avec deux blocs technico-économiques pour ThreeME et modèle top-down classique pour Mésange –, ceux-ci se différencient également par la spécification et le calibrage de deux composantes structurantes pour la définition de l'équilibre de long terme :

- L'équation de salaires est, dans les deux modèles, définie selon un modèle WS-PS (*Wage Setting-Price Setting*), selon lequel le niveau des salaires nominaux dépend du niveau des prix, de la productivité du travail, d'une composante fiscale, généralement exogène, et du chômage. Toutefois, ThreeME et Mésange se différencient par les variables retenues pour mesurer les prix (respectivement les prix de consommation dans ThreeME et les prix de valeur ajoutée dans Mésange). Le choix de la mesure des prix a principalement une incidence pour les chocs générant une divergence dans l'évolution des prix de production d'un côté et de consommation de l'autre. C'est notamment le cas pour une variation de la TVA (voir la section 2.3). De plus, l'élasticité des salaires au chômage est plus faible dans ThreeME que dans Mésange (respectivement 1,2 contre 1,8).
- La spécification et le calibrage de la fonction de production sous-jacente aux équations de demande en facteurs de production. En particulier, le choix des élasticités de substitution a notamment une incidence sur la réaction de l'investissement et de l'emploi aux chocs.

1.4 Modifications apportées par la DG Trésor au modèle ThreeME

Des modifications ont été apportées au modèle selon un critère empirique de rapprochement des propriétés dynamiques de ThreeME de celles des différents modèles macroéconométriques institutionnels, en premier lieu Mésange dont les comportements économiques à court et moyen termes sont estimés économétriquement. Celles-ci portent 1) sur le bloc du commerce extérieur, pour que les prix des importations réagissent aux chocs domestiques et pour intégrer des surréactions des volumes d'importations aux variations de la demande domestique à court terme, et 2) sur l'investissement pour améliorer la stabilité du modèle à long terme et pour accroître l'effet accélérateur. Les facteurs d'ajustement ont également été estimés économétriquement, en lien avec le modèle Mésange. En amont des modifications des équations de ThreeME, un travail d'appariement a été réalisé pour rapprocher la structure sectorielle du modèle de celle de Mésange. ThreeME distingue 33 secteurs produisant 29 biens et services : 19 secteurs non-énergétiques produisent chacun leur bien et 14 secteurs énergétiques fournissent 10 types d'énergie. Le modèle Mésange propose une décomposition en cinq secteurs, 1) agriculture et industries manufacturières (notées DAI par la suite), 2) services marchands exposés à la concurrence internationale (DSE), 3) services marchands abrités (DSA), 4) secteurs énergétiques (NRJ) et 5) services non-marchands (DSN). Le tableau 1 présente la classification sectorielle et l'appariement réalisé. Dans la construction du modèle, la distinction sectorielle provient de la classification NACE Rev2 pour les secteurs non énergétiques, des statistiques structurelles sur les entreprises d'Eurostat pour les quatre secteurs de transport, et des bilans énergétiques mondiaux de l'Agence Internationale de l'Energie pour les secteurs énergétiques.

Tableau 1 : Structure sectorielle du modèle ThreeME v3

Secteurs	Activités	Code NACE Rev2 : CPA ⁵	Correspondance sectorielle avec Mésange
Agriculture	Agriculture et pêche	A01, A03	DAI
	Sylviculture	A02,	
Industries manufacturières	Fabrication de denrées alimentaires et de boissons	C10-12	
	Fabrication de matériels de transport	C29-39	
	Fabrication de verre de produits céramiques et de produits de construction	C23	
	Industrie du papier et du carton	C17-18	
	Industrie chimique	C20-21	
	Fabrication de produits en plastique	C22	
	Métallurgie	C24	
	Fabrication d'autres biens pour l'industrie	C16, C19, C25-28, C31-33	
	Fabrication d'autres biens de consommation	C13-15	
Construction	Construction	F	DSA
Transports	Transports ferroviaires	Statistiques structurelles sur les entreprises (Eurostat)	DSE
	Transports routiers		
	Transports par eau		
	Transports aériens		
Services	Services principalement marchands	D, E36, G, H52-53, I, J, K, M, N, S, T, U	DSN
	Services principalement non-marchands	E37-39, O, P, Q, R	
Production énergétique	Extraction et agglomération de la houille (Charbon)	Bilans énergétiques mondiaux (AIE, 2017)	NRJ
	Industrie minière	B	
	Distribution de gaz naturel	Bilans énergétiques mondiaux (AIE, 2017)	
	Production et distribution de biogaz		
	Transmission et distribution d'électricité		
	Centrale nucléaire		
	Centrale fioul		
	Centrale combinée gaz		
	Centrale à charbon		
	Éolien		
	Panneau photovoltaïque		
	Hydraulique		
	Cogénération		
	Électricité - autres		

Note de lecture : La notation C10-12 désigne tous les secteurs de C10 à C12 de la classification NACE Rev 2. Le calibrage des secteurs énergétiques et de transport est construit respectivement à partir des statistiques structurelles sur les entreprises d'Eurostat et des sous-secteurs de l'Agence internationale de l'Énergie ; voir Reynès 2021 pour le détail du calibrage du modèle et des retraitements appliqués.

1.4.1 Bloc de commerce extérieur

Dans un premier temps, plusieurs modifications ont été apportées au bloc du commerce extérieur de sorte à endogénéiser les prix des importations pour modéliser le fait que les importateurs ancrent partiellement leurs prix sur les prix domestiques et à intégrer une surréaction des volumes d'importations à la variation de la demande à court terme, capturant l'incapacité de l'offre domestique à répondre immédiatement à un choc de demande. Les équations des prix des exportations ont également été modifiées en les indexant partiellement sur les prix de référence étrangers pour capturer l'impact de la concurrence internationale sur

⁵ Le calibrage des secteurs énergétiques et de transport est construit à partir, respectivement, des statistiques structurelles sur les entreprises d'Eurostat, et des sous-secteurs de l'Agence Internationale de l'Énergie. Voir Reynès *et al.* (2021) pour le détail du calibrage du modèle et des retraitements appliqués.

les secteurs exportateurs. Ces modifications portent sur les secteurs équivalents à DAI, DSE et NRJ tandis que les secteurs de la construction, du transport routier et des services publics, qui ne sont pas exposés à la concurrence internationale, sont exclus.

1.4.2 Endogénéisation des prix des importations

Dans ThreeME, les prix des importations (PM_{ct}) sont calculés pour chaque bien c comme le produit de deux variables exogènes : le taux de change de l'euro par rapport aux autres monnaies (TC_t) et le prix de référence étranger du bien c (PWD_{ct}) comme le montre l'équation 1.

$$PM_{ct} = TC_t \cdot PWD_{ct} \quad (1)$$

Avec $PWD_{ct} = p_t$ une variable qui augmente de 2 % par an et $TC = 1$ sur l'ensemble de la période, toutes les séries de prix des importations sont identiques et exogènes.

Dans ThreeME-France, les prix des importations sont endogénéisés avec des équations de modèle à correction d'erreur (ECM)⁶ comme dans le modèle Mésange. Ainsi, les prix des importations s'ajustent en fonction des prix de référence étrangers et des prix de production domestiques de sorte à capturer le fait que, comme pour les entreprises domestiques exportatrices, les entreprises étrangères exportant vers la France sont supposées prendre en compte le niveau de concurrence sur le marché vers lequel elles exportent.

Pour les biens agricoles et manufacturés et les services exposés, le prix des importations dépend à long terme du prix de production domestique ($PYQS_{ct}$) et du prix de référence étranger, et à court terme des variations retardées de ces variables (équation 2) :

$$\begin{aligned} \Delta \ln PM_{ct} = & \alpha_c \cdot \Delta \ln(TC_t \cdot PWD_{ct}) + \beta_c \cdot \Delta \ln(TC_{t-1} \cdot PWD_{ct-1}) + \gamma_c \cdot \Delta \ln(TC_{t-2} \cdot PWD_{ct-2}) + \delta_c \cdot \Delta \ln PYQS_{ct} \\ & + \theta_c \cdot \Delta \ln PM_{ct-1} - \beta_c [\ln PM_{ct-1} - \pi_c \ln PYQS_{ct-1} - (1 - \pi_c) \cdot \ln(TC_{t-1} \cdot PWD_{ct-1})] \end{aligned} \quad (2)$$

À noter que comme dans Mésange, l'équation *supra* diffère selon le type de produits importés modélisé. En effet, les valeurs des paramètres pour l'équation de biens agricoles et manufacturés sont différentes de celles des services exposés.

Pour les biens énergétiques, le prix dépend à long terme du prix de production domestique du secteur marchand ($PYQS_{t,SM}$) et du prix de référence étranger (équation 3) :

$$\Delta \ln PM_{ct} = \alpha_c \cdot \Delta \ln(TC \cdot PWD_{ct}) - \beta_c [\ln PM_{ct-1} - \gamma_c \ln PYQS_{t-1,SM} - (1 - \gamma_c) \ln(TC \cdot PWD_{ct-1})] \quad (3)$$

Le choix d'indexer partiellement le prix d'importation des biens énergétiques sur les prix de production domestiques sert également à capturer le développement des énergies renouvelables largement produites domestiquement.

1.4.3 Modélisation des demandes de biens importés

Dans ThreeME, le volume des différentes variables domestiques de bien c (consommation finale des ménages et des administrations publiques, investissement, consommations intermédiaires, énergétiques et non-énergétiques, des différents secteurs notées AD_{ct}) évolue avec une variable de revenu agrégé (respectivement les dépenses des ménages, consommations publiques, investissement total, consommations intermédiaires totales et consommations énergétiques totales notées A_{ct}) et le prix domestique de la variable, PAD_{ct} , relativement au prix importé, PAM_{ct} :

$$\Delta \ln AD_{ct} = \Delta \ln A_{ct} - \epsilon_c \Delta \ln \left(\frac{PAD_{ct}}{PAM_{ct}} \right) \quad (4)$$

⁶ Selon cette modélisation, la variation d'une variable d'intérêt dépend de la variation de variables explicatives et d'une force de rappel qui garantit le retour vers un équilibre de long terme.

Et la demande en biens importés est calculée comme une simple différence :

$$AM_{ct} = A_{ct} - AD_{ct} \quad (5)$$

Dans ThreeME-France, le système d'équations est amendé pour construire un modèle à correction d'erreur sur les demandes en biens importés afin de capturer des rigidités à court terme, notamment des surréactions des importations par rapport aux variations de la demande domestique, l'appareil productif domestique ne pouvant pas nécessairement y répondre à court terme :

$$\Delta \ln AM_{ct} = \delta_c \Delta \ln A_{ct} - \beta_c [\ln AM_{ct-1} - \ln A_{ct-1} - \epsilon_c \ln (PAD_{ct-1} - PAM_{ct-1}) - c] \quad (6)$$

La demande en biens domestiques est alors calculée comme une simple différence :

$$AD_{ct} = A_{ct} - AM_{ct} \quad (7)$$

1.4.5 Bloc d'investissement

Investissement et capital

Dans ThreeME, l'investissement est calculé dans chaque secteur s . L'équation de demande notionnelle, c'est-à-dire le niveau optimal en l'absence de rigidité de court terme, porte sur le capital et non sur l'investissement, qui lui dépend de l'écart entre le stock de capital effectif K_t et sa valeur notionnelle K_t^n . Toutefois, cette spécification ne garantit pas la convergence du capital effectif vers le capital notionnel, le premier étant défini par une équation d'accumulation du capital et le second par les conditions du premier ordre usuelles du programme de maximisation des entreprises.

Ensuite, les volumes réagissent avec retard à un choc de demande. En effet, l'investissement réagit à la production anticipée Y_t^e , entièrement dépendante de la production passée, et non à la production effective Y_t . De plus, il n'existe pas d'effet accélérateur permettant une surréaction de l'investissement à la demande à court terme : l'élasticité de la croissance de l'investissement d'un secteur à la croissance de la production dans ce secteur est unitaire.

$$\Delta \ln I_{st} = \Delta \ln Y_{st}^e + 0,05 \cdot \Delta SUBST_{st}^K - 0,05 \cdot \ln \left(\frac{K_{st-1}}{K_{st-1}^n} \right) + choc_{st}^I \quad (8)$$

$$\Delta \ln K_{st}^n = \Delta \ln Y_{st} - \Delta \ln PROG_{st}^K + \Delta SUBST_{st}^K + choc_{st}^I \quad (9)$$

Où $SUBST_{st}^K$ est une variable comparant le coût du capital aux coûts des autres facteurs de production en fonction des élasticités de substitution calibrées ; $PROG_{st}^K$ l'efficacité associée au capital, constante et exogène dans le scénario de référence ; et $choc_{st}^I$ une variable exogène pour réaliser des chocs d'investissement.

Dans ThreeME-France, une cible d'investissement de long terme est introduite. Cette cible (*i.e.* l'investissement notionnel I_{st}^n) est définie par les conditions du premier ordre du programme de maximisation des entreprises vers laquelle l'investissement observé converge par le biais d'une force de rappel estimée hors modèle en cohérence avec les données de Mésange. Cette cible d'investissement dépend donc de la demande en capital des entreprises, et ne tient pas compte d'éventuelles contraintes de financement explicites de l'investissement. Le stock de capital notionnel est désormais défini par une équation d'accumulation incluant l'investissement notionnel. Cette substitution de l'investissement au capital dans l'équation de demande correspondante est permise par le fait que sur un sentier de croissance équilibré, l'investissement évolue au même rythme que le capital.

Un effet accélérateur est également introduit dans le modèle pour accroître la réaction des volumes à court terme après un choc de demande (élasticité de 1,5 déterminée sur la base d'une estimation économétrique sur une fréquence annuelle, cohérente avec la fréquence du modèle). Cet effet accélérateur induit une réaction plus que proportionnelle de l'investissement à l'activité. Enfin, l'investissement effectif ne dépend plus de la production anticipée mais de la production effective.

$$\Delta \ln I_{st} = 1,5 \cdot \Delta \ln Y_t - 0,28 \cdot \ln \left(\frac{I_{st-1}}{I_{st-1}^n} \right) + \text{choc}_{st}^I \quad (10)$$

$$\Delta \ln I_{st}^n = \Delta \ln Y_{st} - \Delta \ln \text{PROG}_{st}^K + \Delta \text{SUBST}_{st}^K + \text{choc}_{st}^I \quad (11)$$

$$K_{st}^n = (1 - \delta_s) K_{st-1}^n + I_{st}^n \quad (12)$$

Coût du capital

Dans ThreeME, la spécification du coût du capital diverge de celle de la propension marginale à épargner intervenant dans l'équation de consommation notionnelle par rapport à la variable de taux d'intérêt utilisée. Dans l'équation de coût du capital ck_{st} , ce dernier est défini comme le produit du prix du capital et du taux d'intérêt nominal r_{st} augmenté du taux de dépréciation δ_s .

$$ck_{st} = p_{st}^K \cdot (r_{st} + \delta_s) \quad (13)$$

La propension marginale à épargner mp_t dépend du taux de chômage u_t et de la même variable de taux d'intérêt nominal r_t déflatée par l'inflation à la consommation π_t .

$$\Delta mp_t = \alpha \Delta u_t + \beta \Delta (r_t - \pi_t) \quad (14)$$

Dans ThreeME-France, une correction est réalisée pour mettre en cohérence l'équation de coût du capital avec le reste du modèle (et notamment l'équation de propension marginale à épargner). Le coût du capital dépend ainsi désormais du taux d'intérêt réel (déflaté de l'inflation des prix de l'investissement π_{st}^I) et non plus du taux d'intérêt nominal.

$$ck_{st} = p_{st}^I \cdot (r_t - \pi_{st}^I + \delta_s) \quad (15)$$

L'équation de propension marginale à épargner reste inchangée :

$$\Delta mp_t = \alpha \Delta u_t + \beta \Delta (r_t - \pi_t) \quad (16)$$

1.4.6 Modification des facteurs d'ajustement sur la base d'estimations économétriques

Dans ThreeME, chaque variable macroéconomique de volume ou de prix est définie par trois valeurs à chaque période : une valeur effective X_t , une valeur notionnelle X_t^n vers laquelle la valeur effective converge (cible de long terme) et une valeur anticipée X_t^a

$$\ln(X_t) = a \ln X_t^n + (1 - a) (\ln X_{t-1} + d \ln(X_t^a)) \quad (17)$$

Les variables observées convergent vers leurs valeurs notionnelles à des vitesses définies par des facteurs d'ajustement, notés a , calibrés. Dans ThreeME-France, les facteurs d'ajustement aux valeurs notionnelles sont estimés hors modèle, sur données annuelles, sur la période 1980-2014, en cohérence avec la version actuelle de Mésange⁷. Ils ont été estimés avec des modèles à correction d'erreur pour les variables de prix de production, de demande de travail, de consommation des ménages, de prestations sociales (avec une distinction entre les prestations chômage et les autres prestations) et d'exportations. Par ailleurs, la dépendance aux variables anticipées a été réduite pour limiter la cyclicité de certaines variables à des chocs exogènes.

1.4.7 Bloc des finances publiques

Dans ThreeME, les dépenses publiques DEP_t sont égales à la somme des intérêts versés sur la dette publique $r_{t-1}^D * D_{t-1}$, au remboursement annuel d'une part de la dette publique $\varphi_{t-1} * D_{t-1}$ ⁸, aux prestations sociales $SOCBENFVAL_t$, qui se décomposent en prestations chômage et hors chômage, et aux consommations publiques totales $P_t^G G_t$, lesquelles agrègent implicitement l'investissement public, la masse salariale et les consommations intermédiaires :

$$DEP_t = P_t^G G_t + SOCBENFVAL_t + D_{t-1}(\varphi_{t-1} + r_{t-1}^D) \quad (18)$$

Le fait de n'avoir, dans ThreeME, que les consommations publiques agrégées ne permet pas de capturer les différences de réaction de ses composantes (masse salariale, investissements, consommations intermédiaires, etc.) aux chocs économiques. Par ailleurs, ces consommations étant principalement utilisées par les administrations publiques, elles réagissent peu aux fluctuations économiques générées par les chocs réalisés. Le terme des consommations publiques agrégées a donc été remplacé par ses composantes, l'investissement public $P_t^{I,P} I_t^P$, les dépenses de masse salariale $W_t^P L_t^P$, les consommations intermédiaires, énergétiques et non-énergétiques, $P_t^{CI,P} CI_t^P$, et les consommations publiques en nature $P_t^{G,n} G_t^n$.

$$DEP_t = P_t^{I,P} I_t^P + W_t^P L_t^P + P_t^{CI,P} CI_t^P + P_t^{G,n} G_t^n + SOCBENFVAL_t + D_{t-1}(\varphi_{t-1} + r_{t-1}^D) \quad (19)$$

⁷ Les équations pourront être réestimées une fois la réestimation de Mésange terminée.

⁸ Cette variable, qui s'établit à 5 %, correspond à une hypothèse de désendettement structurel de l'État dans le scénario de référence. Elle n'a pas d'influence sur le comportement variantiel du modèle.

2. Variantes standards avec ThreeME-France

Dans cette section sont présentées les réactions de ThreeME-France, dans sa version standard (*i.e.* sans activation du bloc hybride, voir section 4), à des chocs exogènes standards. Les résultats sont comparés aux comportements du modèle Mésange face à ces mêmes chocs.

2.1 Caractéristiques du sentier de référence

Pour cet exercice analytique, les deux modèles sont d'abord projetés sur un sentier de référence, dit de croissance équilibrée. Toutes les variables en volume croissent aux taux de croissance de l'efficacité du travail et de la population, tandis que les prix évoluent au rythme de l'inflation du sentier de référence. Ces trois taux de croissance sont exogènes et peuvent être modifiés à la discrétion de l'utilisateur du modèle.

Pour ThreeME-France, le scénario qui sert de référence pour l'étude des variantes présentées dans ce cahier est construit selon les hypothèses suivantes :

- L'efficacité du travail est supposée croître à 1 % par an.
- La population évolue selon un rythme de 0,25 % de croissance par an.
- Les prix croissent au rythme de 2 % par an (cible de la banque centrale européenne).
- Les émissions de GES augmentent comme le PIB : le progrès technique du facteur énergie et l'intensité en émission des commodités énergétiques sont supposés constants et la structure de la production énergétique inchangée.

Les hypothèses du scénario de référence pour le modèle Mésange sont les suivantes :

- L'efficacité du travail croît au rythme de 1,2 % par an ;
- La population active est supposée constante à sa valeur du quatrième trimestre 2014 ;
- Les prix évoluent également au rythme de 2 % par an.

Dans les deux modèles, les caractéristiques fiscales (taux d'imposition, hypothèses d'indexation, *etc.*) sont supposées constantes sur l'ensemble de la période de projection du sentier de croissance équilibré.

Les variantes réalisées ici sont dites analytiques ou « naïves », c'est-à-dire qu'elles consistent en la modification d'une seule variable exogène (ou d'un nombre limité), les autres étant supposées constantes. Ce type de variantes est traditionnellement utilisé pour comparer de manière rigoureuse les propriétés des modèles en concentrant l'analyse sur les canaux de transmission directs (*e.g.* Économie et Prévision 1998). Il est également possible de réaliser des variantes dites « réalistes », pour lesquelles toutes les variables exogènes du modèle susceptibles d'être influencées par le choc effectué sont modifiées, afin d'évaluer l'ensemble des effets macroéconomiques, de la manière la plus réaliste possible. Ainsi, la variante de hausse du prix des énergies fossiles ne touche que l'économie française dans une variante naïve, alors qu'un tel choc externe touche également ses partenaires économiques, modifiant le taux de change, les prix de référence étrangers (importation et exportation), et la demande mondiale adressée à la France. Une variante réaliste ambitionne de tenir compte de ces effets indirects mais cela complexifie l'analyse des mécanismes de transmission des chocs.

Le fait que les deux modèles n'aient pas la même année de base – 2015 pour ThreeME-France et 2014 pour Mésange – n'empêche pas la comparaison des résultats, dès lors que ceux-ci sont exprimés en pourcentage en écart au scénario de référence. Cette approche permet d'évaluer des chocs indépendamment du contexte historique.

Dans cette section sont présentés des chocs standards de ThreeME-France pour lesquels la comparaison avec la version standard du modèle Mésange est possible.

2.2 Dépense publique : hausse permanente d'un montant de 1 point de PIB

2.2.1 Mise en œuvre

Dans ThreeME-France comme dans Mésange, cette variante représente un choc permanent composite de différentes dépenses publiques représentant au total 1 point de PIB en volume, non compensées par de nouvelles recettes.

Dans Mésange, le choc est constitué d'investissements publics (8 %), de rémunérations publiques (25 %), de dépenses de prestations sociales en nature des administrations publiques – APU (9 %), de consommations intermédiaires des APU (12 %), et de prestations sociales en espèces (46 %).

Le choc comparable dans ThreeME-France, dont la représentation du bloc des finances publiques est moins détaillée, est réparti entre 45 % de consommations publiques et 55 % de prestations sociales en espèces.

Il passe donc par une hausse de 0,45 point de PIB des consommations finales du gouvernement (variable G) et des prestations sociales (variable $SOCBENFVAL$, répartie entre les prestations sociales chômage, $SOC^{U,VAL}$, et hors chômage, $SOC^{hors U,VAL}$, qui sont modélisées séparément). La première hausse s'opère via une variable exogène, $DEXPG$ qui vient influencer la variable des consommations publiques ($EXPG$), et la deuxième par une autre variable exogène $DSOCBENFVAL$ intervenant dans l'équation des prestations sociales ($SOC^{BENF,VAL}$).

2.2.2 Mécanismes

En raison de la construction comptable du PIB, dans une approche de demande, une augmentation des dépenses publiques augmente directement le PIB, en tant que l'une de ses composantes (équation 20 20) :

$$GDP = CH + G + I + X + DS - M \quad (20)$$

Avec GDP le Produit Intérieur Brut, CH la consommation finale des ménages, I les investissements, X les exportations, DS les variations de stocks et M les importations.

La magnitude de l'augmentation du PIB après bouclage macroéconomique dépend de la valeur du multiplicateur budgétaire. Le multiplicateur keynésien est en général plus élevé lorsque le choc de demande se concentre dans des secteurs liés à la production de services non-importables (par exemple l'éducation et la santé), car il réduit alors la possibilité d'une éviction de la production nationale par les importations. À court terme, la hausse de la dépense publique soutient l'activité et l'emploi par les mécanismes keynésiens, avec la hausse de la demande adressée aux entreprises par le gouvernement et les ménages via les prestations sociales. Les effets sont amplifiés par les effets multiplicateur et accélérateur⁹ de l'investissement.

Néanmoins, la production ne pouvant répondre immédiatement au surplus de demande, le choc de dépenses publiques entraîne tout d'abord une hausse des importations. Elle est également renforcée par l'augmentation du revenu disponible des ménages entraînant une hausse de la consommation dont une partie est orientée vers des produits importés. En outre, la hausse de la demande conduit à une diminution du chômage, favorisant une hausse des salaires. Celle-ci se répercute progressivement sur les prix, dégradant la compétitivité des entreprises. Ainsi, à moyen/long terme, le surcroît d'activité se résorbe en partie du fait de ces effets d'éviction par les prix et par les importations.

⁹ L'effet accélérateur se définit comme une surréaction de l'investissement à un choc positif de demande, le capital étant mobilisé pour répondre à la demande anticipée.

2.2.3 Résultats

Tableau 2 : Comparaison ThreeME-France et Mésange d'un choc d'une hausse permanente des dépenses publiques de 1 point de PIB

Hausse des dépenses publiques de 1 point de PIB		ThreeME-France standard						Mésange					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	0,68	0,79	0,90	0,80	0,46	0,45	0,76	1,01	0,88	0,54	0,27	0,17
VA du secteur marchand	%	0,85	0,94	1,02	0,87	0,46	0,46	0,73	1,00	0,75	0,28	-0,07	-0,20
Consommation des ménages	%	0,53	0,85	1,31	1,46	1,15	1,11	0,68	1,32	1,85	1,64	1,26	1,15
Investissement	%	0,80	1,07	1,29	1,06	0,59	0,57	1,23	1,87	1,33	0,77	0,57	0,48
Exportations	%	-0,12	-0,24	-0,67	-1,43	-1,95	-1,89	0,00	-0,15	-0,77	-1,28	-1,59	-1,73
Importations	%	0,77	1,04	1,25	1,01	0,72	0,72	0,95	1,41	1,36	1,17	1,06	1,03
Revenu réel disponible des ménages	%	0,99	1,23	1,46	1,51	1,14	1,11	1,22	1,54	1,98	1,59	1,25	1,15
Taux d'épargne des ménages	pp	0,41	0,33	0,14	0,04	-0,01	0,00	0,45	0,18	0,11	-0,04	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	0,19	0,35	0,89	1,87	2,57	2,51	0,20	0,57	1,41	1,89	2,43	2,68
Prix de production	%	0,20	0,37	0,95	2,01	2,73	2,66	0,32	0,75	1,75	2,18	2,70	2,94
Prix de VA	%	0,22	0,42	1,05	2,19	2,96	2,89	0,15	0,57	1,50	2,04	2,73	3,03
Prix des exportations	%	0,17	0,32	0,88	1,87	2,54	2,46	0,08	0,36	1,15	1,59	1,93	2,09
Prix des importations	%	0,07	0,17	0,52	1,19	1,78	1,72	0,13	0,39	1,12	1,53	1,81	1,95
Salaires nominaux	%	0,43	0,74	1,83	2,91	3,04	2,98	0,51	1,29	2,84	2,92	3,06	3,21
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	55	124	195	142	73	83	33	88	48	-8	-31	-42
Taux de chômage	pp	-0,20	-0,45	-0,71	-0,53	-0,27	-0,27	-0,36	-0,59	-0,42	-0,19	-0,09	-0,05
Balance commerciale	pp	-0,22	-0,32	-0,44	-0,49	-0,53	-0,52	-0,29	-0,47	-0,63	-0,72	-0,76	-0,78
Solde public primaire	pp	-0,72	-0,57	-0,49	-0,53	-0,69	-0,71	-0,53	-0,34	-0,53	-0,68	-0,79	-0,85
Émissions de GES	%	0,30	0,55	0,96	0,95	0,71	0,69	0,69	1,18	1,12	0,85	0,54	0,54

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

Note : Les émissions de GES pour Mésange sont issues du module Mésange vert.

L'activité augmente de 0,7 point de PIB la première année et l'effet croît progressivement pour atteindre un pic la cinquième année à 0,9 point de PIB. Au-delà, l'effet d'éviction par les prix, pénalisant la compétitivité des entreprises, réduit l'effet sur le PIB et sur ses composantes. À long terme, l'activité n'est plus que 0,5 point de PIB au-dessus de son niveau du scénario de référence.

2.2.4 Comparaison avec Mésange

Alors que dans la version standard de ThreeME-France, le choc sur les consommations publiques seules génère spontanément un multiplicateur supérieur à 1, les effets du passage à un choc de dépenses publiques composite sont immédiatement visibles : l'effet multiplicateur devient inférieur à l'unité à court terme avec la prise en compte des prestations sociales. Le multiplicateur est ainsi plus faible que celui de Mésange car il est sensible au calibrage du choc, qui n'est pas le même entre les deux modèles, comme indiqué *supra*. L'effet positif sur l'activité s'explique avant tout par la hausse de la consommation des ménages grâce à un revenu disponible réel tiré à la hausse, à la fois par des prestations sociales supplémentaires et par la baisse du taux de chômage. Le multiplicateur d'investissement joue un rôle majeur dans l'activité à court terme dans les deux modèles.

À moyen terme, les prix continuent d'augmenter, faisant retomber l'impact sur le PIB en-dessous de 1 % dans Mésange. D'une part, la hausse des prix à la consommation rogne les salaires réels, tirant la consommation vers le bas. Conséquemment, l'augmentation des prix des exportations dégrade la balance commerciale, alors que les importations commencent à baisser. Les investissements suivent cette baisse d'activité.

À long terme, l'effet positif sur la croissance se réduit pour les deux modèles. Côté Mésange, les impacts positifs sur la consommation et l'investissement, plus faibles du fait de la baisse de la valeur ajoutée et du revenu disponible réel, compensent les effets négatifs du déficit commercial. Les effets restent durables à cause du maintien dans le temps de prix plus élevés, dont la hausse est inférieure à +3 % par rapport au niveau de référence. Dans ThreeME-France, les composantes du PIB retournent plus progressivement à l'équilibre, avec des prix à la consommation qui frôlent +3 % à long terme. L'effet sur le PIB n'est cependant pas négligeable avec +0,5 % à terme.

La différence entre les deux modèles à long terme s'explique aussi par un effet de composition du choc, la décomposition des dépenses publiques étant plus détaillée dans Mésange.

2.3 TVA : baisse permanente de 1 point de PIB

2.3.1 Mise en œuvre

Il s'agit ici de diminuer le taux de TVA d'un montant tel que les recettes totales de la TVA soient réduites (*ex ante*) d'1 point de PIB de l'année du choc. Cela équivaut à une baisse du taux moyen de TVA $RVAT_c$ d'environ 2 points environ pour toutes les commodités. Ce nouveau taux de TVA est maintenu constant par la suite.

Ainsi, ce choc entraîne une augmentation du taux de TVA $RVAT_c$, répercutée sur $RNTAXCHD_c$ et $RNTAXCHM_c$ et donc sur les prix de consommation $PCHD_c$ et $PCHM_c$.

$$RNTAXCHD_c = RNTAXCHD_c^{OTH} + RVAT_c + \frac{T2VAL_c^{CH}}{CH_c} * \frac{(1 + RNTAXCHD_c)}{PYQ_c} \quad (21)$$

Avec $RNTAXCHD_c$ le taux de taxes nettes totales sur la consommation de la commodité c produite domestiquement, $RNTAXCHD_c^{OTH}$ le taux de taxes nettes hors taxe carbone de la consommation de la commodité c produite domestiquement, $T2VAL_c^{CH}$ les recettes de taxe carbone prélevées sur la consommation de la commodité c produite domestiquement, PYQ_c l'indice des prix de la commodité c produite domestiquement.

$$RNTAXCHM_c = RNTAXCHM_c^{OTH} + RVAT_c + \frac{T2VAL_c^{CH}}{CH_c} * \frac{(1 + RNTAXCHM_c)}{PYQ_c} \quad (22)$$

Avec $RNTAXCHM_c$ le taux de taxes nettes totales sur la consommation de la commodité c importée, $RNTAXCHD_c^{OTH}$ le taux de taxes nettes hors taxe carbone de la consommation de la commodité c importée, $T2VAL_c^{CH}$ les recettes de taxe carbone prélevées sur la consommation de la commodité c importée, PYQ_c l'indice des prix de la commodité c importée.

$$PCHD_c = PYQ_c * \frac{(1 + RNTAXCHD_c)}{1 + RNTAXCHD_{c,t_0}} \quad (23)$$

$$PCHM_c = PYQ_c * \frac{(1 + RNTAXCHM_c)}{1 + RNTAXCHM_{c,t_0}} \quad (24)$$

Avec $PCHD_c$ le prix de consommation de la commodité c produite domestiquement, et $PCHM_c$ le prix de consommation de la commodité c importée.

La construction du choc de TVA est différente dans Mésange : le modèle distingue des taux de TVA sur tous les emplois taxables (consommation finale des ménages, des administrations, ainsi qu'investissement et consommations intermédiaires du fait de la TVA rémanente). ThreeME dispose d'une structure plus simple, où la TVA est uniquement prélevée sur la dépense finale des ménages (consommation et investissement)¹⁰. Des travaux supplémentaires seront réalisés ultérieurement pour intégrer les taux de TVA sur les autres emplois taxables.

¹⁰ Les taux de TVA dans ThreeME sont calibrés pour correspondre aux montants de TVA prélevés l'année de base, et sont donc plus importants dans le scénario de référence de ThreeME que dans celui de Mésange.

2.3.2 Mécanismes

Une baisse de la TVA se soustrait comptablement et instantanément, dans la modélisation, des prix TTC. Ainsi, avant tout bouclage macroéconomique, une baisse de la TVA se traduit par une baisse des prix de consommation, soutenant le pouvoir d'achat des consommateurs et donc la demande adressée aux entreprises. Cet effet est rapidement atténué par la boucle prix-salaires, tirant les salaires nominaux à la baisse, et donc les coûts de production, causant une baisse de l'inflation par rapport au sentier de référence. À moyen/long terme la baisse des prix soutient l'investissement et la compétitivité des entreprises, conduisant à des créations d'emplois et davantage d'activité.

L'ampleur des effets à cet horizon entre les deux modèles diffère néanmoins du fait d'une spécification différente de l'équation de salaires. Dans ThreeME-France, les salaires nominaux étant indexés sur les prix de consommation, la baisse de la TVA et donc des prix de consommation implique une forte modération salariale, se traduisant dans une boucle négative prix-salaires¹¹, renforçant significativement les gains de compétitivité des entreprises. En outre, cette baisse du coût réel du travail, malgré d'importantes créations d'emplois, atténue les gains de pouvoir d'achat, limitant l'augmentation de la consommation des ménages (notamment en comparaison à Mésange, comme le montre le Tableau 3).

Dans Mésange, les salaires sont indexés sur les prix de valeur ajoutée (par définition hors TVA), de sorte que la baisse du coût du travail et donc des prix y est plus modérée. Les gains de compétitivité pour les entreprises sont alors moindres que dans ThreeME-France, limitant la hausse de l'activité à long terme.

Des tests de sensibilité visant à modifier la cible de prix sur laquelle les salaires s'indexent à long terme (des prix de consommation initialement aux prix de valeur ajoutée) ont été réalisés et sont présentés dans la section 6.

2.3.3 Résultats

Tableau 3 : Comparaison ThreeME-France et Mésange d'un choc d'une baisse permanente de la TVA de 1 point de PIB

Baisse de la TVA de 1 point de PIB		ThreeME-France standard						Mésange					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	0,46	0,63	1,08	1,36	1,38	1,38	0,30	0,65	0,81	0,78	0,71	0,70
VA du secteur marchand	%	0,53	0,75	1,27	1,61	1,61	1,61	0,35	0,79	0,97	0,90	0,81	0,79
Consommation des ménages	%	0,77	0,91	1,47	1,82	2,04	2,03	0,58	1,03	1,52	1,89	1,77	1,76
Investissement	%	0,49	0,73	1,26	1,60	1,69	1,69	0,43	1,32	1,34	1,15	1,06	1,04
Exportations	%	0,20	0,61	1,21	1,41	1,02	1,03	0,17	0,33	0,33	-0,02	-0,06	-0,08
Importations	%	0,41	0,63	1,12	1,28	1,29	1,29	0,62	1,06	1,12	1,20	1,16	1,16
Revenu réel disponible des ménages	%	1,48	1,19	1,61	1,91	2,04	2,03	1,09	1,00	1,73	1,89	1,77	1,76
Taux d'épargne des ménages	pp	0,64	0,25	0,12	0,08	0,00	0,00	0,45	-0,02	0,18	0,01	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	-2,09	-2,63	-3,34	-3,58	-3,17	-3,19	-1,48	-1,59	-1,31	-0,88	-0,81	-0,76
Prix de production	%	-0,28	-0,86	-1,63	-1,86	-1,39	-1,40	-0,44	-0,55	-0,07	0,42	0,46	0,51
Prix de VA	%	-0,28	-0,92	-1,74	-1,97	-1,48	-1,50	-0,02	-0,13	0,15	0,61	0,70	0,76
Prix des exportations	%	-0,28	-0,82	-1,53	-1,76	-1,28	-1,29	-0,31	-0,48	-0,28	0,10	0,12	0,14
Prix des importations	%	-0,24	-0,56	-1,11	-1,38	-1,07	-1,08	-0,30	-0,41	-0,24	0,14	0,14	0,16
Salaires nominaux	%	-0,84	-2,35	-2,38	-1,86	-1,29	-1,32	-0,61	-0,67	0,91	1,69	1,60	1,64
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	35	98	237	296	303	343	31	115	113	71	66	64
Taux de chômage	pp	-0,14	-0,38	-0,89	-1,08	-1,06	-1,06	-0,13	-0,48	-0,47	-0,29	-0,27	-0,27
Balance commerciale	pp	-0,08	-0,10	-0,12	-0,09	-0,16	-0,16	-0,16	-0,26	-0,28	-0,41	-0,40	-0,41
Solde public primaire	pp	-0,89	-0,68	-0,40	-0,33	-0,29	-0,29	-0,80	-0,37	-0,37	-0,44	-0,46	-0,47
Émissions de GES	%	0,30	0,40	0,83	1,08	1,16	1,15	0,44	0,99	1,44	1,35	1,18	1,16

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

Note : Les émissions de GES pour Mésange sont issues du module Mésange vert.

¹¹ L'équation de salaires log-linéarisée n'implique donc pas d'asymétrie des rigidités des salaires nominaux selon qu'ils augmentent ou qu'ils diminuent. Des rigidités réelles – via le taux de chômage de long terme – et nominales – via l'indexation sur les prix de production, qui convergent lentement vers le long terme – sont bien présentes dans le modèle.

Consécutivement à la baisse de la TVA, le niveau des prix de consommation diminue de 2,1 % dès la première année, en écart au scénario de référence. Le PIB augmente de 0,5 point et un peu plus de 35 000 emplois sont créés. À long terme, la diminution significative des prix, induite par l'indexation des salaires sur les prix de consommation, améliore la compétitivité-coût des entreprises domestiques, conduisant à augmenter les exportations (de 1 % par rapport à leur niveau du scénario de référence). L'activité est ainsi durablement réhaussée à +1,4 point de PIB à long terme, et 340 000 emplois sont créés.

2.3.4 Comparaison avec Mésange

Si l'ampleur et le rythme de diffusion du choc sont similaires dans un premier temps, avec une baisse des prix stimulant la consommation dans un premier temps, les effets à moyen et long termes divergent. Dans Mésange, dans la mesure où les salaires nominaux sont entièrement indexés sur les prix de valeur ajoutée, la baisse de la TVA n'occasionne pas une baisse significative du coût réel du travail. Il n'y a alors pas d'amélioration des exportations et la hausse de l'activité (+0,7 point de PIB) et de l'emploi (60 000 emplois créés) à long terme est moindre que dans ThreeME-France. Ces écarts – effet moindre sur l'emploi et tendance de long terme différente – sont expliqués par la différence de spécification de l'équation de salaires, et détaillés dans le test de robustesse de la section 6 où les salaires sont indexés sur le prix de valeur ajoutée.

2.4 Productivité du travail : hausse de 1 %

2.4.1 Mise en œuvre

Cette variante consiste en une hausse de la productivité de long terme du travail de 1 % dans tous les secteurs d'activité. Le niveau d'efficience $PROG_{s,t}^f$ pour les facteurs de production capital, travail et énergie (avec $f \in K, L, E$) est défini, pour chaque secteur par l'équation 25 :

$$PROG_{s,t}^f = PROG_{s,t-1}^f (1 + g_{s,t}^{PROG^f}) \quad (25)$$

Si le taux de croissance du progrès technique du travail, noté $g_{s,t}^{PROG^f}$, est égal à 1 % (définissant ainsi le sentier de croissance équilibré), et nul pour la productivité du capital et de l'énergie. Le taux de croissance est ainsi augmenté de 1 % pour tous les secteurs de manière uniforme la première année de sorte à avoir une augmentation permanente du niveau de la productivité du travail de 1 %.

2.4.2 Mécanismes

À court terme, une augmentation de la productivité du travail diminue l'emploi, du fait des rigidités sur la demande et donc la production. L'augmentation du chômage modère la croissance des salaires et donc des prix, via la boucle prix-salaires. À moyen terme, la diminution des prix à la consommation plus importante que celle des salaires soutient le pouvoir d'achat et la consommation des ménages, laquelle stimule en retour l'activité, mais aussi les importations dans la mesure où l'appareil productif national ne peut pas répondre complètement au surplus de demande. À long terme, la baisse des coûts de production soutient la compétitivité des entreprises et donc les exportations, mais aussi l'investissement. En outre, le surplus de revenu pour les ménages et la baisse du coût du travail soutiennent l'emploi, permettant de résorber partiellement le surcroît de chômage initial.

2.4.3 Résultats

Tableau 4 : Comparaison ThreeME-France et Mésange d'un choc d'une hausse de la productivité du travail de 1 %

Hausse de la productivité du travail de 1 %		ThreeM-FranceE standard						Mésange					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	0,02	0,04	0,24	0,51	0,76	0,76	0,04	0,16	0,43	0,61	0,82	0,89
VA du secteur marchand	%	0,03	0,06	0,31	0,64	0,94	0,94	0,02	0,10	0,35	0,55	0,81	0,91
Consommation des ménages	%	0,00	-0,02	0,15	0,33	0,64	0,65	-0,01	-0,05	0,00	0,15	0,40	0,47
Investissement	%	-0,01	-0,05	0,11	0,40	0,74	0,75	0,02	0,12	0,38	0,47	0,61	0,68
Exportations	%	0,06	0,19	0,62	1,25	1,49	1,46	0,04	0,16	0,46	0,70	0,98	1,09
Importations	%	-0,02	-0,03	0,14	0,38	0,58	0,58	0,03	0,07	0,14	0,18	0,26	0,28
Revenu réel disponible des ménages	%	0,01	0,16	0,25	0,35	0,64	0,65	0,03	0,03	0,00	0,17	0,40	0,47
Taux d'épargne des ménages	pp	0,02	0,16	0,09	0,01	0,00	0,00	0,04	0,07	-0,01	0,02	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	-0,09	-0,26	-0,79	-1,57	-1,90	-1,87	-0,09	-0,28	-0,62	-0,89	-1,32	-1,48
Prix de production	%	-0,10	-0,29	-0,86	-1,69	-2,01	-1,98	-0,11	-0,34	-0,76	-1,02	-1,43	-1,59
Prix de VA	%	-0,12	-0,32	-0,94	-1,83	-2,18	-2,15	-0,11	-0,31	-0,68	-0,99	-1,51	-1,71
Prix des exportations	%	-0,08	-0,26	-0,80	-1,58	-1,87	-1,83	-0,06	-0,23	-0,56	-0,78	-1,07	-1,18
Prix des importations	%	-0,04	-0,13	-0,47	-1,03	-1,32	-1,29	-0,09	-0,25	-0,54	-0,74	-1,00	-1,10
Salaires nominaux	%	-0,05	0,01	-0,87	-1,41	-1,26	-1,25	-0,04	-0,16	-0,47	-0,55	-0,73	-0,83
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	-8	-109	-133	-50	0	-1	-15	-59	-56	-35	-15	-8
Taux de chômage	pp	0,05	0,54	0,69	0,38	0,20	0,20	0,06	0,25	0,23	0,15	0,06	0,03
Balance commerciale	pp	0,01	0,02	0,04	0,08	0,09	0,08	0,01	0,03	0,09	0,15	0,20	0,22
Solde public primaire	pp	-0,01	-0,18	-0,14	-0,05	0,06	0,07	-0,04	-0,10	0,00	0,05	0,14	0,18
Émissions de GES	%	-0,02	-0,03	0,09	0,31	0,52	0,52	0,01	0,13	0,31	0,46	0,64	0,64

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

Note : Les émissions de GES pour Mésange sont issues du module Mésange vert.

Dès la deuxième année, la hausse de la productivité du travail provoque la destruction de 109 000 emplois. Toutefois, la consommation agrégée augmente grâce à la hausse du salaire réel et des prestations sociales, indexés sur les gains de productivité. L'impact du choc sur l'activité est ainsi positif dès la première année. À moyen terme, la stabilisation de la baisse des prix à environ -1,9 % favorise la consommation, et la baisse des coûts de production associée stimule investissement et exportations, qui augmentent respectivement de + 0,8 point et de +1,5 point, permettant de résorber les pertes d'emplois. L'activité est durablement rehaussée de +0,8 point de PIB.

2.4.4 Comparaison avec Mésange

Les résultats entre les deux modèles divergent notamment dans les dynamiques de court terme et dans l'ampleur des effets à long terme. À court terme, la consommation diminue davantage dans Mésange du fait d'une sensibilité plus importante au chômage, qui vient traduire un comportement d'épargne de précaution.

À long terme, l'impact sur le PIB est plus fort dans Mésange (+0,9 point de PIB). Ce décalage s'explique d'abord par une spécification et un calibrage de la fonction de production différents entre les deux modèles, qui conduit à une hausse moindre de l'investissement dans ThreeME-France. Le calibrage à partir des élasticités de Mésange permet de rehausser les effets sur l'activité, les exportations et l'investissement (voir section 6). Le décalage s'explique également par la différence d'indexation des salaires sur les prix (voir section 7).

3. ThreeME-France standard versus hybride

3.1 Principes du bloc hybride

Dans le bloc standard de ThreeME-France, les possibilités de substitution entre commodités (quelles soient ou non énergétiques) sont modélisées via la maximisation d'une fonction d'utilité LES (Linear Expenditure System) sous contrainte de revenu. Une hausse exogène du prix des énergies fossiles a deux conséquences principales. L'effet de revenu, qui provient de la baisse de pouvoir d'achat, entraîne une baisse de la consommation de chaque commodité. L'effet de substitution accentue la baisse des consommations d'énergétiques fossiles mais limite celles des autres commodités.

Dans la réalité, les ménages ne consomment pas l'énergie pour son utilité directe, mais plutôt pour le service qu'elle fournit lorsque sa consommation est combinée à l'utilisation de biens d'équipement, comme une voiture ou un logement (K. J. Lancaster 1966, K. Lancaster 1966). L'énergie n'est donc pas substituable de manière uniforme avec chaque autre commodité.

Dans le bloc hybride, la consommation d'énergie sert donc en priorité à satisfaire les besoins incompressibles de logement et de transport. Ces besoins sont représentés à travers une modélisation du capital des ménages (logement, automobile) entre classes d'efficacité énergétique. Ainsi, la demande en énergie évolue en fonction de la consommation énergétique émanant des stocks de logements et de voitures (comme le montre l'équation 26) qui évoluent eux-mêmes de manière endogène en fonction des coûts d'usage (capital, énergie). $NCH_{ce} = NCH_{ce}^{BUIL} + NCH_{ce}^{AUTO}$ (26)

Avec NCH^{ce} la consommation finale nécessaire totale de la commodité énergétique ce , NCH_{ce}^{BUIL} la consommation finale nécessaire de la commodité énergétique ce relative au logement, NCH_{ce}^{AUTO} la consommation finale nécessaire de la commodité énergétique ce relative à l'automobile.

La consommation finale nécessaire NCH_c est considérée comme incompressible : elle est donc soustraite automatiquement de la consommation notionnelle CH_c^n , c'est-à-dire la consommation désirée par les ménages en l'absence de rigidité de court terme (équation 27) :

$$CH_c^n - NCH_c * PCH_c = \phi_c^{MCH} * (CH^{n,VAL} - PNCH * NCH) \quad (27)$$

Avec PCH_c le prix à la consommation de la commodité c , ϕ_c^{MCH} la part de la commodité c dans la consommation marginale totale, $CH^{n,VAL}$ la consommation notionnelle en valeur, $PNCH$ l'indice de prix agrégé de la consommation nécessaire, NCH la consommation nécessaire agrégée.

Dans cette section, nous présentons les résultats de quatre chocs affectant la consommation d'énergie (en particulier des ménages), afin de souligner les propriétés de la version hybride de ThreeME-France. Des travaux pour affiner le calibrage de ces blocs seront réalisés ultérieurement.

3.2 Prix des énergies fossiles : hausse de 13 %

3.2.1 Mise en œuvre

Afin de pouvoir comparer ThreeME-France avec Mésange qui ne dispose que d'une variable agrégée d'énergies fossiles, il est nécessaire de réaliser un choc sur toutes les variables d'énergies fossiles dans ThreeME (pétrole, gaz, charbon). Ainsi, un choc permanent de 13 %¹² est simulé sur les prix internationaux PWD_c de cinq commodités : le pétrole brut ($CCOI$), les carburants ($CFUT$), le gaz naturel ($CGAS$), le fuel domestique ($CFUH$), et le charbon ($CCOA$).

Ces prix internationaux sont à la base de la formation des prix de consommations intermédiaires et finales, de sorte que le choc s'apparente à la fois à un choc de demande négatif (perte de pouvoir d'achat pour les ménages) et à un choc d'offre négatif (hausse des coûts de production pour les entreprises).

¹² Le montant de 13 % est retenu pour correspondre au choc comparable dans Mésange 2017 qui portait sur un choc de 10 \$.

3.2.2 ThreeME-France sans bloc hybride

Mécanismes

La hausse du prix des énergies fossiles accroît immédiatement les coûts de production des entreprises et les prix à la consommation pour les ménages. Par conséquent, l'activité diminue avec la moindre demande adressée aux entreprises. La diffusion progressive du choc au sein de l'appareil productif, en fonction des connexions intersectorielles, se traduit par une hausse des coûts de production, dont les salaires via la boucle prix-salaires, ce qui dégrade la compétitivité des entreprises domestiques, diminuant les exportations.

À moyen et long terme, l'activité, l'emploi et la balance commerciale sont dégradés. La baisse de l'activité peut être toutefois partiellement limitée via les effets de substitutions entre l'énergie et les autres facteurs de production d'une part, et entre les énergies renouvelables et fossiles d'autre part. Si cette substitution est forte, alors les impacts négatifs sur le PIB peuvent être significativement réduits : la hausse du prix des énergies induit une augmentation de l'investissement, qui peut, par les effets multiplicateur et accélérateur, limiter les effets négatifs de ce choc.

Cette variante peut être qualifiée de « naïve » car les prix de référence étrangers en importation et en exportation, ainsi que la demande mondiale adressée à la France, sont supposés inchangés. Or, l'augmentation du prix des énergies fossiles au niveau mondial a également un effet sur l'activité des partenaires commerciaux de la France, avec un impact ambigu sur l'économie domestique. D'un côté, la perte de compétitivité relative est moins forte, et donc la dégradation de la balance commerciale moins marquée. De l'autre, la demande mondiale adressée à la France est plus faible – ce qui a un impact négatif sur les exportations –, et l'inflation importée plus forte, amplifiant les effets négatifs sur l'activité et la consommation.

Résultats

Tableau 5 : Comparaison ThreeME-France et Mésange d'un choc d'une hausse permanente des prix de l'énergie fossile de 13 %

Hausse des prix des énergies fossiles de 13 %		ThreeME-France standard						Mésange					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	-0,18	-0,24	-0,31	-0,35	-0,34	-0,34	-0,08	-0,18	-0,22	-0,22	-0,18	-0,17
VA du secteur marchand	%	-0,22	-0,28	-0,34	-0,38	-0,35	-0,36	-0,10	-0,21	-0,25	-0,23	-0,18	-0,17
Consommation des ménages	%	-0,21	-0,25	-0,38	-0,46	-0,50	-0,50	-0,13	-0,29	-0,43	-0,54	-0,49	-0,48
Investissement	%	-0,21	-0,28	-0,28	-0,23	-0,19	-0,19	-0,11	-0,28	-0,28	-0,23	-0,18	-0,17
Exportations	%	-0,33	-0,51	-0,71	-0,72	-0,62	-0,62	-0,06	-0,13	-0,17	-0,08	-0,03	-0,02
Importations	%	-0,24	-0,35	-0,52	-0,51	-0,52	-0,52	-0,14	-0,33	-0,40	-0,43	-0,42	-0,41
Revenu réel disponible des ménages	%	-0,40	-0,33	-0,42	-0,48	-0,50	-0,50	-0,27	-0,30	-0,49	-0,54	-0,49	-0,48
Taux d'épargne des ménages	pp	-0,17	-0,07	-0,03	-0,02	0,00	0,00	-0,12	-0,01	-0,05	0,00	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	0,61	0,85	1,09	1,11	1,01	1,01	0,33	0,42	0,37	0,23	0,16	0,13
Prix de production	%	0,49	0,71	0,95	0,95	0,83	0,83	0,21	0,28	0,17	0,02	-0,04	-0,08
Prix de VA	%	0,27	0,47	0,70	0,69	0,56	0,55	-0,03	-0,01	-0,07	-0,22	-0,31	-0,35
Prix des exportations	%	0,63	0,87	1,13	1,15	1,03	1,03	0,19	0,26	0,22	0,11	0,08	0,06
Prix des importations	%	1,10	1,37	1,60	1,67	1,59	1,59	0,93	1,14	1,14	1,03	0,99	0,98
Salaires nominaux	%	0,22	0,70	0,76	0,61	0,51	0,51	0,12	0,16	-0,25	-0,51	-0,51	-0,53
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	-13	-38	-81	-81	-79	-89	-8	-32	-30	-18	-15	-13
Taux de chômage	pp	0,05	0,14	0,29	0,29	0,27	0,27	0,04	0,13	0,13	0,08	0,06	0,06
Balance commerciale	pp	-0,17	-0,20	-0,19	-0,22	-0,20	-0,20	-0,21	-0,22	-0,23	-0,20	-0,19	-0,19
Solde public primaire	pp	0,02	-0,05	-0,14	-0,16	-0,17	-0,17	-0,05	-0,17	-0,19	-0,17	-0,16	-0,15
Émissions de GES	%	-0,61	-1,16	-1,83	-2,04	-2,13	-2,13	-2,03	-3,01	-3,45	-3,48	-3,85	-3,89

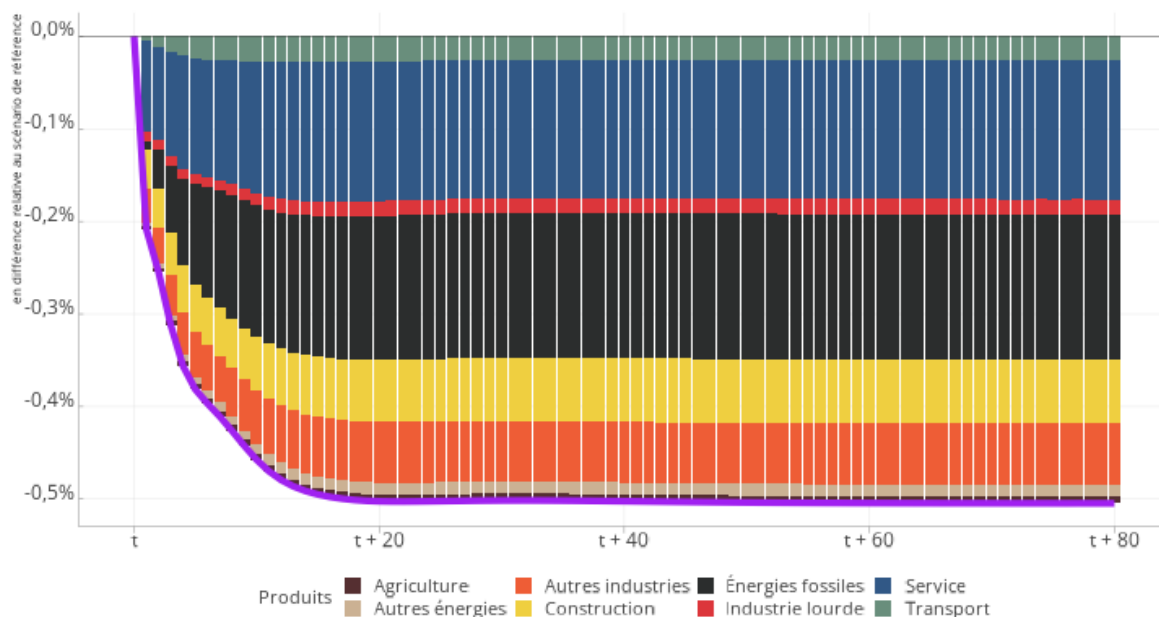
% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

Note : Les émissions de GES pour Mésange sont issues du module Mésange vert.

La première année, dans ThreeME-France, la hausse du prix des énergies fossiles se traduit par une accélération des prix de consommation de 0,6 point et des prix de production de 0,5 point. La perte de pouvoir d'achat se manifeste alors par une baisse de la consommation de 0,2 %, atteignant tous les secteurs de consommation finale comme le montre le Graphique 1 et conduit à une baisse de l'activité de 0,2 %. À long terme, l'activité est durablement réduite à -0,34 % et 90 000 emplois sont détruits.

À long terme, l'activité est durablement réduite à -0,34 % et 90 000 emplois sont détruits.

Graphique 1 : Contribution des postes de dépenses finales des ménages (consommation et investissement) à la dépense finale totale des ménages, choc de prix des énergies fossiles



Source : simulations ThreeME

Note de lecture : La dépense finale des ménages regroupe leur consommation et leur investissement. La commodité « construction » regroupe également toutes les dépenses des ménages pour le logement.

Comparaison avec Mésange

À court terme, le choc génère des impacts similaires pour les deux modèles, traduisant la perte de pouvoir d'achat pour les ménages.

À moyen terme, les impacts du choc diffèrent selon l'indexation retenue pour les salaires nominaux. Côté Mésange, la hausse du prix des énergies fossiles ne se diffuse qu'indirectement aux prix de valeur ajoutée sur lesquels les salaires nominaux s'indexent, alors que les prix de consommation augmentent. Cela contribue à limiter la spirale inflationniste après quelques périodes. Les prix de valeur ajoutée diminuant, les salaires nominaux sont tirés à la baisse, entraînant une baisse des coûts de production, limitant les pertes de compétitivité pour les entreprises et donc la baisse des exportations. Côté ThreeME-France, les salaires sont indexés sur les prix à la consommation. L'inflation suite au choc génère donc une hausse des salaires nominaux, entretenant une spirale inflationniste via la boucle prix-salaires. Par ailleurs, l'investissement et la consommation se dégradent moins dans ThreeME-France, les agents pouvant substituer leur consommation d'énergies fossiles via les élasticités modélisées dans la consommation finale des ménages et dans la consommation intermédiaire des entreprises. Au contraire, comme Mésange ne prévoit pas de telles substitutions, la part de la consommation en volume des commodités dans le revenu réel reste constante. Ainsi, les secteurs intensifs en énergies fossiles voient leurs prix augmenter relativement plus que les secteurs moins intensifs, ce qui génère une perte de consommation sur les autres commodités.

Cependant, à long terme, l'activité est davantage dégradée côté ThreeME-France, notamment du fait d'une hausse des prix de consommation durable (+1 % à terme par rapport au scénario de référence). Au contraire dans Mésange, les prix reviennent vers le scénario de référence, limitant les impacts notamment sur la balance commerciale.

3.2.3 ThreeME-France avec bloc hybride

Mécanismes

Dans la version hybride de ThreeME-France, le choc est moins récessif que dans la version standard, car la consommation énergétique est substituable avec les investissements en logement et en transport (achat d'un véhicule moins polluant, utilisation des transports en commun). L'augmentation du prix des énergies fossiles incite alors les ménages à réaliser des travaux de rénovation et à acquérir des véhicules électriques, ce qui doit amener à des économies d'énergies ensuite et donc à soutenir leur consommation globale, et à améliorer la balance commerciale (les énergies fossiles étant majoritairement importées).

Tableau 6 : Comparaison ThreeME-France en versions standard et hybride d'un choc d'une hausse permanente des prix des énergies fossiles de 13 %

Hausse des prix des énergies fossiles de 13 %		ThreeME-France standard						ThreeME-France hybride					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	-0,18	-0,24	-0,31	-0,35	-0,34	-0,34	-0,14	-0,13	-0,19	-0,38	-0,22	-0,16
VA du secteur marchand	%	-0,22	-0,28	-0,34	-0,38	-0,35	-0,36	-0,15	-0,13	-0,17	-0,40	-0,23	-0,18
Consommation des ménages	%	-0,21	-0,25	-0,38	-0,46	-0,50	-0,50	-0,23	-0,10	-0,23	-0,55	-0,35	-0,26
Investissement	%	-0,21	-0,28	-0,28	-0,23	-0,19	-0,19	-0,12	-0,06	0,07	-0,27	-0,08	-0,06
Exportations	%	-0,33	-0,51	-0,71	-0,72	-0,62	-0,62	-0,34	-0,52	-0,75	-0,71	-0,54	-0,39
Importations	%	-0,24	-0,35	-0,52	-0,51	-0,52	-0,52	-0,36	-0,30	-0,47	-0,60	-0,46	-0,33
Revenu réel disponible des ménages	%	-0,40	-0,33	-0,42	-0,48	-0,50	-0,50	-0,35	-0,25	-0,29	-0,49	-0,34	-0,26
Taux d'épargne des ménages	pp	-0,17	-0,07	-0,03	-0,02	0,00	0,00	-0,11	-0,13	-0,05	0,05	0,01	0,00
Prix de la consommation	%	0,61	0,85	1,09	1,11	1,01	1,01	0,59	0,84	1,12	1,04	0,75	0,44
Prix de production	%	0,49	0,71	0,95	0,95	0,83	0,83	0,50	0,73	1,02	0,93	0,70	0,49
Prix de VA	%	0,27	0,47	0,70	0,69	0,56	0,55	0,28	0,50	0,78	0,67	0,44	0,24
Prix des exportations	%	0,63	0,87	1,13	1,15	1,03	1,03	0,64	0,89	1,19	1,14	0,92	0,74
Prix des importations	%	1,10	1,37	1,60	1,67	1,59	1,59	1,07	1,33	1,58	1,60	1,36	1,10
Salaires nominaux	%	0,22	0,70	0,76	0,61	0,51	0,51	0,23	0,74	0,89	0,50	0,42	0,17
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	-13	-38	-81	-81	-79	-89	-10	-27	-58	-91	-52	-47
Taux de chômage	pp	0,05	0,14	0,29	0,29	0,27	0,27	0,04	0,10	0,22	0,33	0,17	0,14
Balance commerciale	pp	-0,17	-0,20	-0,19	-0,22	-0,20	-0,20	-0,12	-0,20	-0,20	-0,17	-0,15	-0,12
Solde public primaire	pp	0,02	-0,05	-0,14	-0,16	-0,17	-0,17	0,01	-0,01	-0,08	-0,18	-0,13	-0,11
Émissions de GES	%	-0,61	-1,16	-1,83	-2,04	-2,13	-2,13	-0,72	-1,14	-1,76	-2,22	-2,32	-1,88

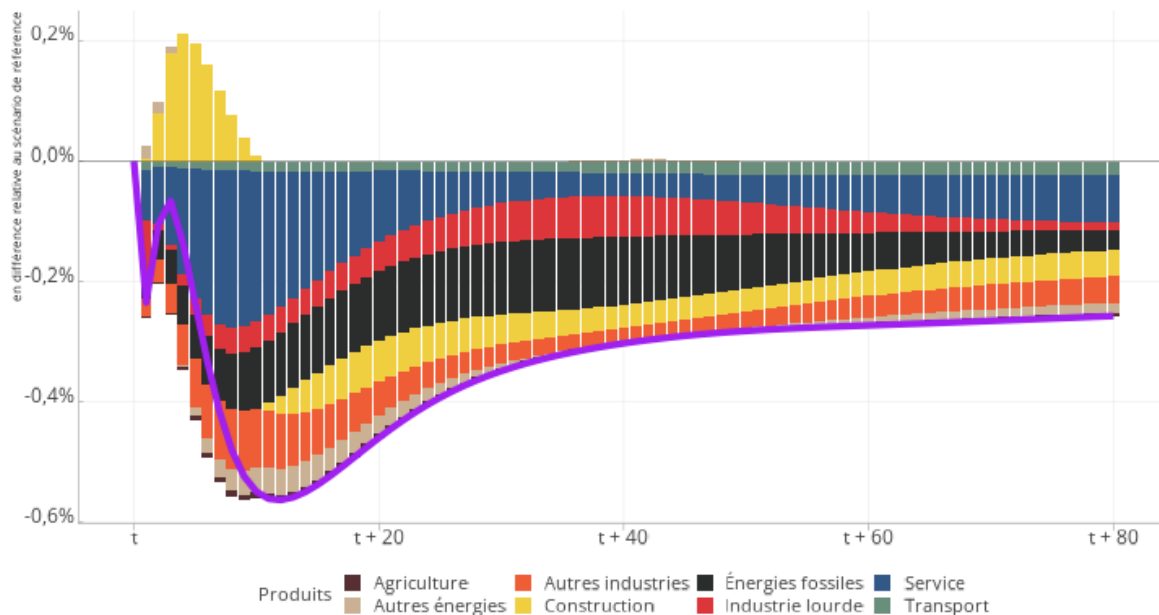
% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

Résultats et comparaison avec la version standard

À court terme, comme dans la version standard, l'augmentation des prix réduit, par effet de revenu, la consommation des ménages et les importations dans les mêmes proportions. Cependant, les ménages réduisent leur consommation d'énergies fossiles en investissant dans les véhicules électriques et dans la rénovation de logements (ici enregistrée en consommation finale de la commodité « construction »), comme le montrent le Graphique 3 et le Graphique 4. Par effet accélérateur, l'investissement des entreprises augmente donc progressivement par rapport au scénario de référence grâce à cette substitution dans la consommation des ménages, en particulier dans le secteur de la construction.

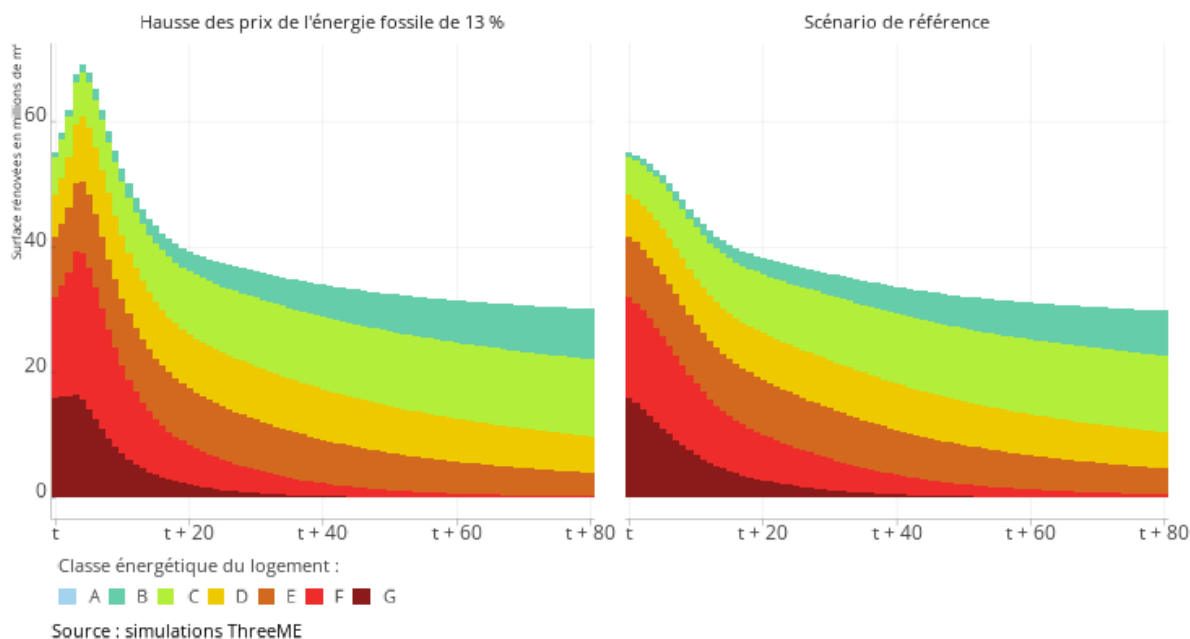
À moyen terme, les indicateurs de consommation, d'investissement et de balance commerciale se dégradent, mais finissent à un niveau supérieur à la version standard, notamment grâce aux économies d'énergies. Comme le montre le Graphique 2, ces économies d'énergies se traduisent par une moindre baisse de la consommation sur les autres commodités (à comparer avec le Graphique 1) :

Graphique 2 : Contribution des postes de dépenses finales des ménages (consommation et investissement) à la dépense finale totale des ménages, choc de prix des énergies fossiles

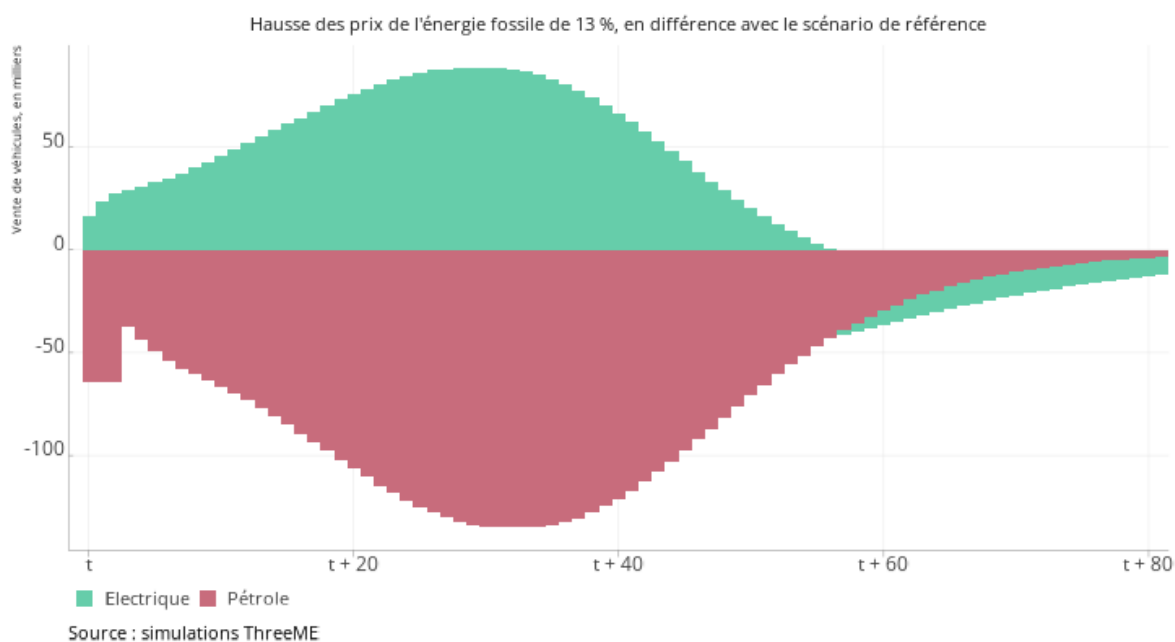


Note de lecture : La dépense finale des ménages regroupe leur consommation et leur investissement. La commodité « construction » regroupe également toutes les dépenses des ménages pour le logement.

Graphique 3 : Surface de rénovations de logements par classe énergétique, choc de prix des énergies fossiles



Graphique 4 : Vente de véhicules thermiques et électriques, choc de prix des énergies fossiles



3.3 Taxe carbone : hausse de 1 point de PIB

3.3.1 Mise en œuvre

Cette variante consiste en une hausse durable du montant de la taxe carbone $RCO2TAX_{VOL}$, de telle sorte que les revenus prélevés à ce titre augmentent de 1 point de PIB ex ante (pris la première année du choc), ce qui représente une hausse de la taxe carbone de 62,5 €/tCO₂ l'année du choc. Le périmètre d'application de cette taxe regroupe les émissions liées aux consommations intermédiaires, aux matériaux, à la production et à la consommation des ménages (respectivement $EMS_{CO_2}^{CI}$, $EMS_{CO_2}^{MAT}$, $EMS_{CO_2}^Y$ et $EMS_{CO_2}^{CH}$). Cette hausse se fait en dehors d'un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières et les recettes de la taxe ne sont pas recyclées mais affectées intégralement à la réduction du déficit public, qui n'a pas de rétroaction sur le reste du modèle.

3.3.2 ThreeME-France standard

Mécanismes

Le renforcement d'une taxe carbone entraîne l'augmentation du prix des commodités intensives en carbone. Ses effets macroéconomiques sont proches de ceux d'une hausse du prix des énergies fossiles, à la différence que l'instauration d'une taxe carbone génère des recettes supplémentaires, qui permettent de réduire le déficit public en l'absence de recyclage.

D'une part, les ménages sont directement concernés par la hausse des coûts des commodités d'énergie, réduisant leur revenu disponible réel. D'autre part, la taxe carbone induit une hausse des coûts des consommations intermédiaires pour les entreprises, diminuant leur taux de marge. Elles la répercutent sur les prix à la consommation, réduisant encore le revenu réel des ménages. À moyen-long terme, l'augmentation des coûts de production dégrade la compétitivité des entreprises, diminuant les exportations. L'activité est durablement dégradée, générant du chômage.

Résultats

Tableau 7 : Comparaison ThreeME-France et Mésange d'un choc d'une hausse permanente de la taxe carbone de 1 point de PIB

Hausse de la taxe carbone de 1 point de PIB		ThreeME-France standard						Mésange					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	-0,51	-0,63	-0,87	-1,03	-1,00	-1,00	-0,38	-0,65	-0,76	-0,75	-0,63	-0,59
VA du secteur marchand	%	-0,61	-0,73	-0,96	-1,16	-1,10	-1,10	-0,46	-0,75	-0,84	-0,76	-0,60	-0,55
Consommation des ménages	%	-0,61	-0,70	-1,05	-1,30	-1,45	-1,45	-0,62	-1,09	-1,49	-1,84	-1,69	-1,66
Investissement	%	-0,61	-0,72	-0,75	-0,73	-0,68	-0,67	-0,49	-1,04	-0,93	-0,75	-0,61	-0,57
Exportations	%	-0,89	-1,36	-1,96	-2,06	-1,72	-1,71	-0,25	-0,47	-0,55	-0,25	-0,12	-0,06
Importations	%	-0,69	-0,99	-1,44	-1,42	-1,44	-1,43	-0,63	-1,13	-1,20	-1,26	-1,20	-1,19
Revenu réel disponible des ménages	%	-1,16	-0,91	-1,15	-1,38	-1,45	-1,45	-1,16	-1,05	-1,69	-1,85	-1,69	-1,66
Taux d'épargne des ménages	pp	-0,50	-0,19	-0,09	-0,07	0,00	0,00	-0,47	0,03	-0,18	-0,01	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	1,72	2,25	2,93	3,00	2,58	2,56	1,45	1,53	1,31	0,88	0,65	0,54
Prix de production	%	1,18	1,72	2,44	2,50	2,03	2,02	0,88	0,96	0,54	0,05	-0,15	-0,26
Prix de VA	%	0,82	1,37	2,09	2,10	1,59	1,58	-0,11	-0,03	-0,26	-0,74	-1,02	-1,16
Prix des exportations	%	1,31	1,88	2,65	2,77	2,33	2,32	0,78	0,91	0,73	0,38	0,26	0,19
Prix des importations	%	0,58	1,10	1,77	2,05	1,78	1,76	0,46	0,60	0,50	0,14	0,04	-0,02
Salaires nominaux	%	0,61	1,91	2,00	1,54	1,11	1,11	0,54	0,57	-0,91	-1,65	-1,69	-1,77
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	-36	-100	-218	-232	-228	-258	-41	-125	-96	-60	-49	-44
Taux de chômage	pp	0,13	0,37	0,79	0,82	0,78	0,77	0,17	0,52	0,40	0,25	0,20	0,18
Balance commerciale	pp	0,16	0,13	0,11	0,03	0,09	0,09	0,22	0,31	0,28	0,40	0,42	0,43
Solde public primaire	pp	1,01	0,79	0,52	0,44	0,39	0,39	0,77	0,32	0,30	0,32	0,37	0,38
Émissions de GES	%	-2,49	-4,37	-6,32	-6,82	-6,95	-6,95	-9,53	-10,9	-11,9	-11,8	-11,3	-11,2

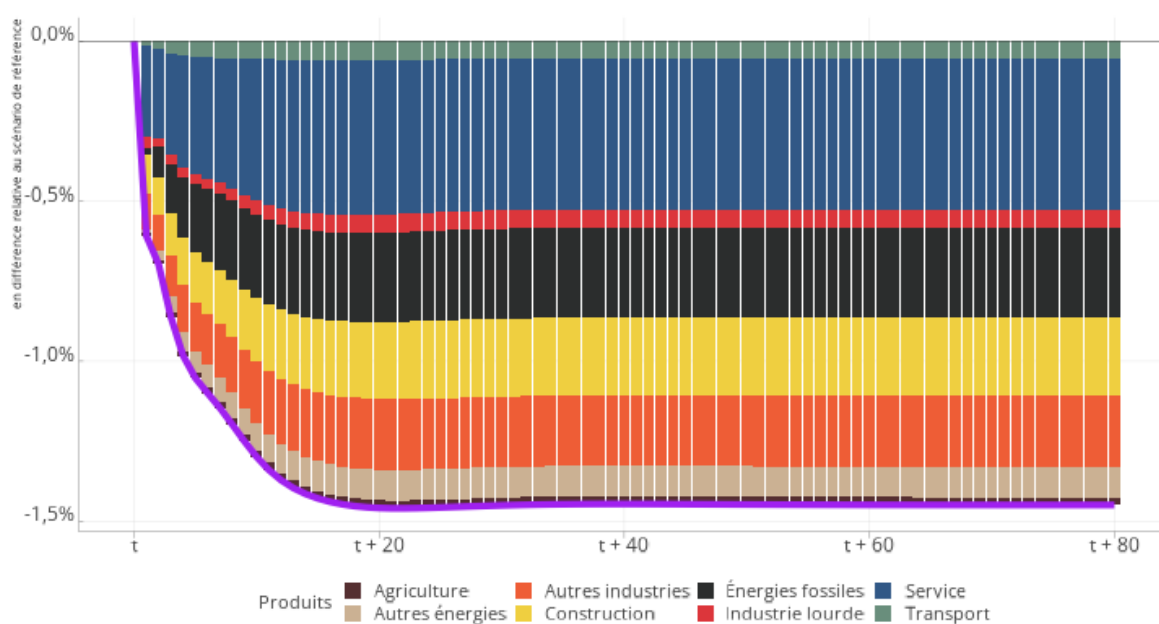
% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

Note : Les émissions de GES pour Mésange sont issues du module Mésange vert.

Dès la première année, la hausse de la taxe carbone conduit à une augmentation des prix à la consommation de 1,7 point, générant une baisse du PIB de 0,5 point dès la première année, notamment par le biais de la consommation des ménages comme le montre le Graphique 5, et ce malgré des effets de substitution entre énergies carbonées et décarbonées.

À long terme, l'activité est inférieure de 1 point de PIB au scénario de référence, ce qui s'explique par la formation d'une spirale inflationniste (+2,5 % sur les prix à la consommation à long terme) pénalisant durablement la consommation des ménages, et dans une moindre mesure l'investissement.

Graphique 5 : Contribution des postes de dépenses finales des ménages (consommation et investissement) à la dépense finale totale des ménages, choc sur la taxe carbone



Note de lecture : La dépense finale des ménages regroupe leur consommation et leur investissement. La commodité « construction » regroupe également toutes les dépenses des ménages pour le logement.

Comparaison avec Mésange

Dans Mésange, l'activité diminue également après l'introduction de la taxe carbone. Dès la deuxième année, les impacts sur la consommation et l'investissement sont plus importants en l'absence d'élasticité entre commodités (pour la consommation finale) et entre énergies (pour la consommation intermédiaire).

À moyen terme, une divergence s'observe encore une fois sur la formation des prix, liée à l'indexation des salaires nominaux (prix de valeur ajoutée pour Mésange, prix à la consommation pour ThreeME-France). Alors qu'une spirale inflationniste se forme côté ThreeME-France via la boucle prix-salaires, la baisse des prix de valeur ajoutée finit par entraîner une diminution des prix de production à terme dans Mésange (par rapport au scénario de référence) soutenant la balance commerciale qui s'améliore *in fine* de 0,4 p.p., compensant partiellement la perte de consommation des ménages. Les baisses d'émissions avec Mésange Vert plus fortes que dans ThreeME-France s'expliquent par des élasticités de substitution entre énergies plus basses dans ThreeME-France que dans Mésange Vert (les deux demeurant dans la fourchette de la littérature).

3.3.3 ThreeME-France hybride

Tableau 8 : Comparaison ThreeME-France en versions standard et hybride d'un choc d'une hausse permanente de la taxe carbone de 1 point de PIB

Hausse de la taxe carbone de 1 point de PIB		ThreeME-France standard						ThreeME-France hybride					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	-0,51	-0,63	-0,87	-1,03	-1,00	-1,00	-0,30	-0,01	-0,52	-1,13	-0,73	-0,66
VA du secteur marchand	%	-0,61	-0,73	-0,96	-1,16	-1,10	-1,10	-0,29	0,08	-0,46	-1,22	-0,81	-0,74
Consommation des ménages	%	-0,61	-0,70	-1,05	-1,30	-1,45	-1,45	-0,58	0,17	-0,69	-1,60	-1,08	-0,98
Investissement	%	-0,61	-0,72	-0,75	-0,73	-0,68	-0,67	-0,15	0,54	0,31	-0,89	-0,41	-0,37
Exportations	%	-0,89	-1,36	-1,96	-2,06	-1,72	-1,71	-0,92	-1,44	-2,15	-2,05	-1,56	-1,36
Importations	%	-0,69	-0,99	-1,44	-1,42	-1,44	-1,43	-1,03	-0,65	-1,34	-1,74	-1,30	-1,13
Revenu réel disponible des ménages	%	-1,16	-0,91	-1,15	-1,38	-1,45	-1,45	-0,97	-0,51	-0,77	-1,39	-1,08	-0,99
Taux d'épargne des ménages	pp	-0,50	-0,19	-0,09	-0,07	0,00	0,00	-0,36	-0,62	-0,07	0,19	0,01	0,00
Prix de la consommation	%	1,72	2,25	2,93	3,00	2,58	2,56	1,65	2,28	3,05	2,80	2,02	1,54
Prix de production	%	1,18	1,72	2,44	2,50	2,03	2,02	1,23	1,87	2,71	2,47	1,80	1,51
Prix de VA	%	0,82	1,37	2,09	2,10	1,59	1,58	0,88	1,55	2,40	2,08	1,35	1,03
Prix des exportations	%	1,31	1,88	2,65	2,77	2,33	2,32	1,35	2,00	2,90	2,75	2,12	1,86
Prix des importations	%	0,58	1,10	1,77	2,05	1,78	1,76	0,60	1,15	1,93	2,07	1,63	1,49
Salaires nominaux	%	0,61	1,91	2,00	1,54	1,11	1,11	0,69	2,18	2,46	1,21	0,94	0,53
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	-36	-100	-218	-232	-228	-258	-22	-49	-144	-267	-168	-179
Taux de chômage	pp	0,13	0,37	0,79	0,82	0,78	0,77	0,08	0,19	0,57	0,97	0,56	0,53
Balance commerciale	pp	0,16	0,13	0,11	0,03	0,09	0,09	0,27	0,03	0,06	0,11	0,07	0,04
Solde public primaire	pp	1,01	0,79	0,52	0,44	0,39	0,39	0,97	0,96	0,62	0,28	0,33	0,27
Émissions de GES	%	-2,49	-4,37	-6,32	-6,82	-6,95	-6,95	-4,47	-5,69	-7,19	-8,10	-7,74	-6,90

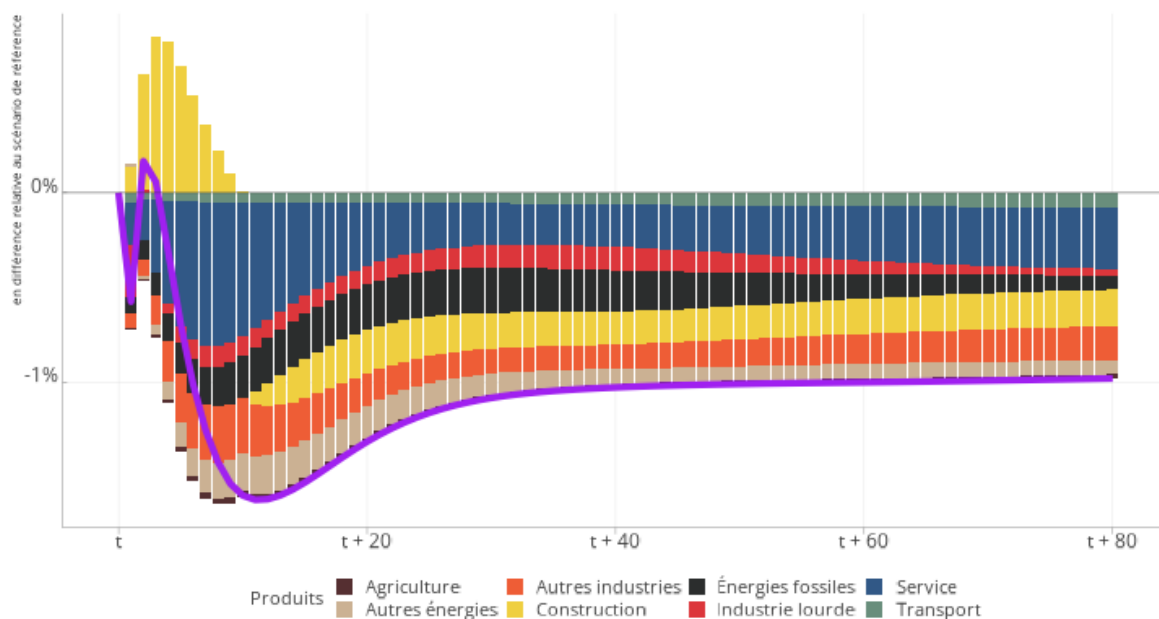
% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

Note : Les émissions de GES pour Mésange sont issues du module Mésange vert.

À court terme, si les prix à la consommation sont également rehaussés, réduisant le revenu réel des ménages, la consommation des ménages diminue moins dans la version hybride grâce à la hausse de la demande de la commodité construction comme le montre le Graphique 7. Ainsi, dès la deuxième année, les rénovations contribuent même à rendre la consommation des ménages positive par rapport au scénario de référence. Par effet accélérateur, cette demande génère un surplus d'investissement dans le secteur de la construction.

Les effets directs des rénovations se dissipent après quelques périodes. Cependant, les économies d'énergies réalisées grâce aux rénovations (cf. Graphique 7) et à l'achat de véhicules électriques (cf. Graphique 8) contribuent à soutenir la consommation et donc l'activité (-0,7 % à long terme contre -1,0 %), tout en réduisant l'inflation par rapport à la version standard du modèle (+1,5 % de niveau de prix contre 2,6 %).

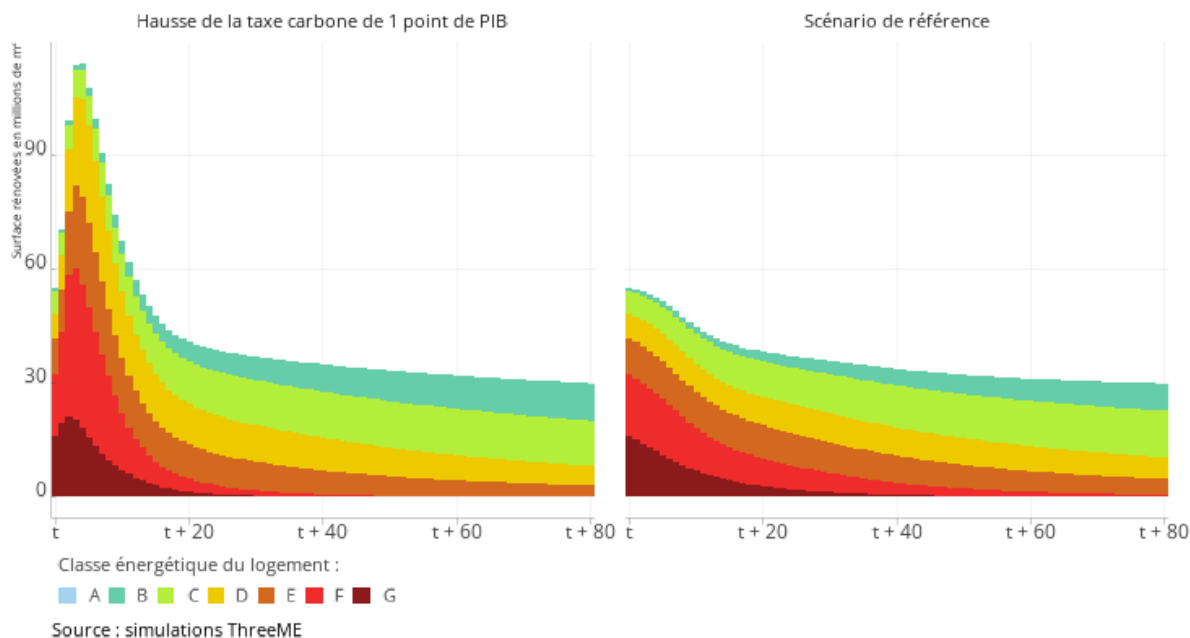
Graphique 6 : Contribution des différents postes de dépenses finales des ménages (consommation et investissement) à la dépense totale finale des ménages, choc de taxe carbone



Source : simulations ThreeME

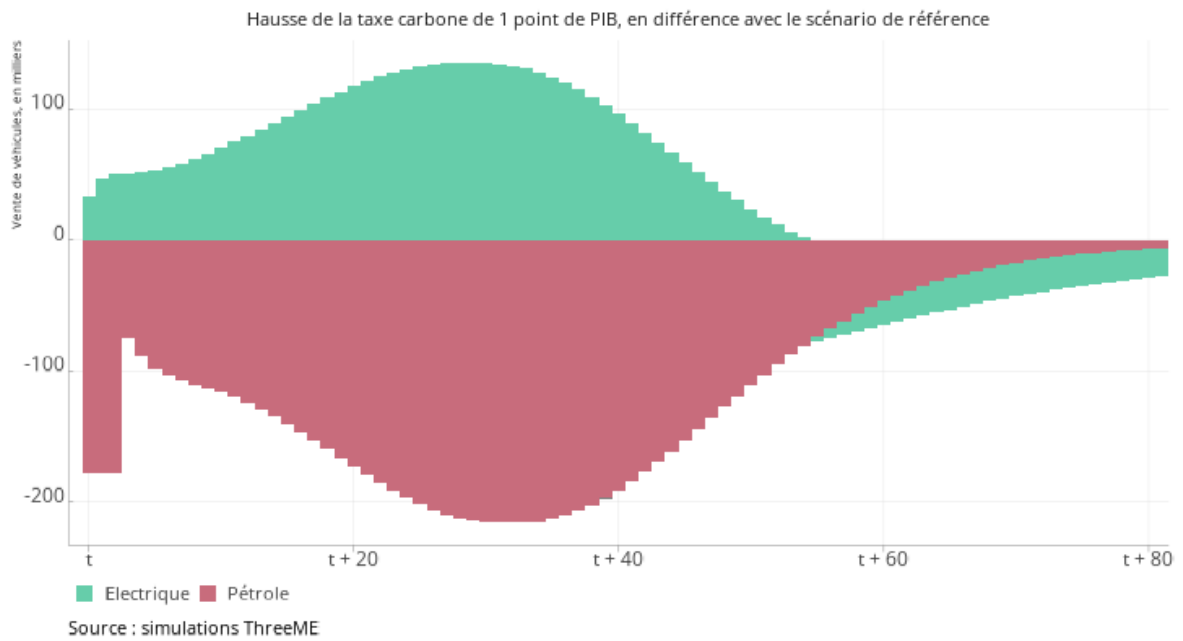
Note de lecture : La dépense finale des ménages regroupe leur consommation et leur investissement. La commodité « construction » regroupe également toutes les dépenses des ménages pour le logement.

Graphique 7 : Surface de rénovations de logements par classe énergétique, choc de taxe carbone



Source : simulations ThreeME

Graphique 8 : Vente de véhicules thermiques et électriques, choc de taxe carbone, en écart au scénario de référence



4. ThreeME-France hybride : applications au logement et au transport

Les chocs de cette section sont simulés avec la version hybride, car ils portent spécifiquement sur les secteurs logement et automobile dont la modélisation bottom-up avec ce bloc rend l'analyse plus intéressante.

4.1 Subvention de 50 % pour la rénovation de logements

4.1.1 Mise en œuvre

Ce choc se concentre sur le subventionnement des rénovations d'une classe énergétique (au sens du Diagnostic de Performance Énergétique, allant de A à G) ecl vers une classe énergétique $ecl2$, « supérieure » en matière de performance.

Une augmentation permanente de 50 % des subventions aux rénovations est simulée via la variable exogène R^{SUB} , à laquelle on affecte ensuite un facteur puissance $weight_{prehab}$ calibré comme suit :

$$weight_{ecl,ecl2}^{prehab} = \frac{PREHAB_{ecl,ecl2}}{PREHAB} \quad (28)$$

Avec $PREHAB$ le prix moyen pondéré des rénovations.

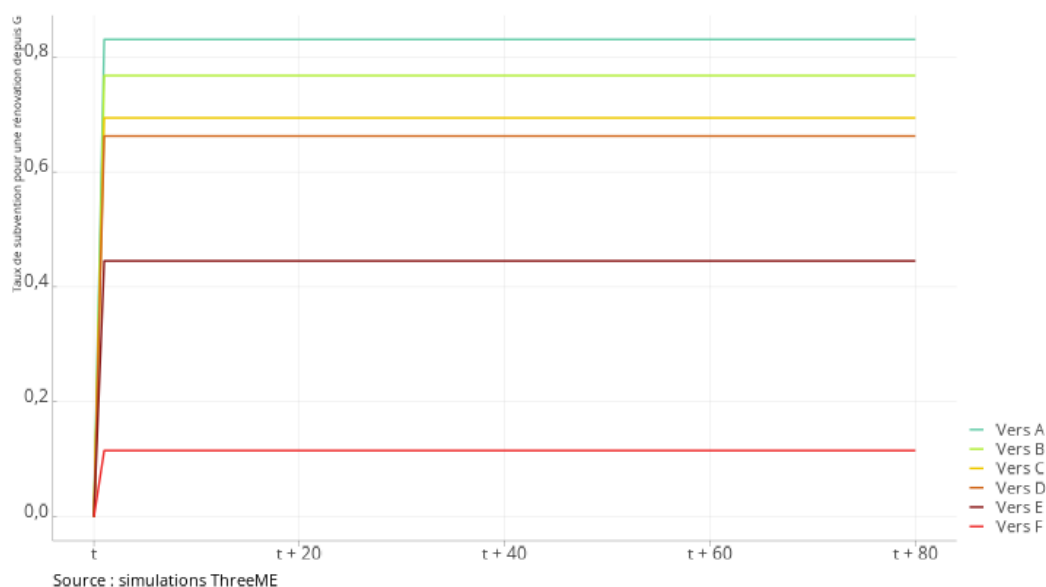
Indexer la subvention sur $weight_{ecl,ecl2}^{prehab}$ indique donc que les rénovations les plus coûteuses sont encouragées, afin d'aller au-delà des effets d'aubaine liés notamment à la réglementation déjà existante, et générer ainsi de meilleurs rendements à long terme.

Le taux de subvention appliqué $R_{ecl,ecl2}^{SUB}$ pour aller de la classe ecl vers la classe $ecl2$, finalement appliqué, correspond donc à :

$$R_{ecl,ecl2}^{SUB} = R_{SUB} \frac{1}{weight_{ecl,ecl2}^{prehab}} \quad (29)$$

Un exemple des taux de subvention appliqués pour les rénovations depuis la classe G est présenté dans le Graphique 9. Le taux de subvention *ex post* pour les rénovations des bâtiments de classe G est croissant en fonction de la classe d'arrivée, et constant dans le temps.

Graphique 9 : Taux de subvention de la classe G



Note de lecture : Le taux de subvention *ex post* pour les rénovations des bâtiments de classe G est croissant en fonction de la classe d'arrivée, et constant dans le temps.

4.1.2 Mécanismes

Le taux de subvention $R_{ecl,ecl2}^{SUB}$ vient réduire le coût d'usage du capital $UC_{ecl,ecl2}^{K,REHAB}$ pour une rénovation (équation 30) :

$$UC_{ecl,ecl2}^{K,REHAB} = (1 - R_{ecl,ecl2}^{SUB}) \left(\frac{PREHAB_{ecl,ecl2}}{REHAB_{ecl2}^D} \right) \left(R_{ecl}^{CASH,REHAB} + \frac{R_{ecl}^{LOAN,REHAB} R_{ecl,t-1}^{I,REHAB} LD_{ecl}^{REHAB}}{1 - (1 + R_{ecl,t-1}^{I,REHAB})^{(-LD_{ecl}^{REHAB})}} \right) \quad (30)$$

Avec $R_{ecl}^{CASH,REHAB}$ la part de l'investissement en classe ecl payée sans prêt, $R_{ecl}^{LOAN,REHAB}$ la part de l'investissement en classe ecl payée avec un prêt, $R_{ecl,t-1}^{I,REHAB}$ le taux d'intérêt appliqué pour un paiement concernant une rénovation, et LD_{ecl}^{REHAB} la durée moyenne de rénovation.

La diminution du coût en capital de la rénovation vient diminuer le temps de retour d'une rénovation $Payback_{ecl,ecl2}^{REHAB}$ (équation 31) :

$$Payback_{ecl,ecl2}^{REHAB} = \frac{(UC_{ecl,ecl2}^{K,REHAB} - UC_{ecl}^K) * BUIL_{ecl}^D}{UC_{ecl}^E - UC_{ecl2}^E} \quad (31)$$

Avec $BUIL_{ecl}^D$ la durée de vie moyenne d'un bâtiment de classe ecl et UC_{ecl}^E le coût d'usage en énergie associé à la classe ecl .

La diminution du temps de retour augmente le taux de réhabilitation $\tau_{ecl,ecl2}^{REHAB,th}$ défini suivant une fonction logistique (équation 32) comportant quatre paramètres constants : $\tau_{ecl}^{REHAB,MAX}$ est le taux de réhabilitation maximum défini par classe ecl , $\tau_{ecl}^{REHAB,MIN}$ est le taux de réhabilitation minimum, τ_{ecl} et σ_{ecl} sont deux autres paramètres agissant sur la forme de la courbe entre le $\tau_{ecl}^{REHAB,MIN}$ et le $\tau_{ecl}^{REHAB,MAX}$.

$$\tau_{ecl,ecl2}^{REHAB,th} = \tau_{ecl}^{REHAB,MAX} + \frac{\tau_{ecl}^{REHAB,MIN} - \tau_{ecl}^{REHAB,MAX}}{1 + e^{\tau_{ecl} - \sigma_{ecl} Payback_{ecl,ecl2}^{REHAB}}} \quad (32)$$

Par conséquent, les taux de réhabilitation augmentent suite au choc, augmentant la consommation (nécessaire) des ménages dans la commodité « construction » ($CCON$) avec comme objectif à terme de diminuer leur consommation énergétique liée à leur logement.

$$NCH_{ccon} * PCH_{ccon} = (PNewBUIL NewBUIL + PREHAB REHAB) \quad (33)$$

Dans cette équation, $NewBUIL$ désigne la construction neuve en volume, $REHAB$ les rénovations, et $PNewBUIL$ et $PREHAB$ leurs indices de prix associés. Plusieurs effets macroéconomiques sont donc attendus d'une subvention publique à la rénovation. À court terme, le premier effet attendu est la hausse de la consommation des ménages dans la commodité « construction » grâce aux rénovations $REHAB_{ecl,ecl2}$ permises par la baisse des coûts de rénovation $UC_{ecl,ecl2}^{K,REHAB}$. Ensuite, les rénovations doivent diminuer les consommations d'énergies et donc à terme faire baisser les importations, notamment d'énergies fossiles. Cet effet peut être néanmoins contrebalancé par la hausse des importations induite par la consommation des ménages en autres biens et services.

4.1.3 Résultats

Tableau 9 : Hausse permanente de 50 % des subventions pour la rénovation des logements dans ThreeME-France hybride

Hausse permanente de 50% de la subvention pour la rénovation des bâtiments		ThreeME-France hybride					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	2,21	2,62	0,93	-0,36	0,08	-0,04
VA du secteur marchand	%	2,93	3,53	1,56	-0,09	0,11	-0,05
Consommation des ménages	%	3,15	3,66	0,90	-0,91	0,17	0,02
Investissement	%	4,37	6,02	3,37	0,00	0,12	-0,06
Exportations	%	-0,32	-0,65	-1,16	-0,82	-0,29	-0,28
Importations	%	1,23	1,66	-0,12	-1,24	-0,13	-0,12
Revenu réel disponible des ménages	%	1,04	1,77	1,00	-0,23	0,18	0,01
Taux d'épargne des ménages	pp	-1,90	-1,67	0,09	0,61	0,00	-0,02
Prix de la consommation	%	0,60	1,07	1,55	1,03	0,38	0,40
Prix de production	%	0,61	1,10	1,65	1,09	0,40	0,40
Prix de VA	%	0,72	1,26	1,82	1,16	0,43	0,43
Prix des exportations	%	0,46	0,88	1,51	1,03	0,38	0,36
Prix des importations	%	0,21	0,46	0,94	0,79	0,24	0,27
Salaires nominaux	%	1,33	2,16	2,69	0,44	0,63	0,39
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	118	273	206	-134	37	-3
Taux de chômage	pp	-0,41	-0,93	-0,60	0,55	-0,17	-0,01
Balance commerciale	pp	-0,34	-0,49	-0,11	0,20	0,00	-0,02
Solde public primaire	pp	-0,71	-0,81	-1,22	-1,10	-0,14	-0,08
Émissions de GES	%	-0,16	-0,60	-3,13	-6,00	-4,95	-2,33

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

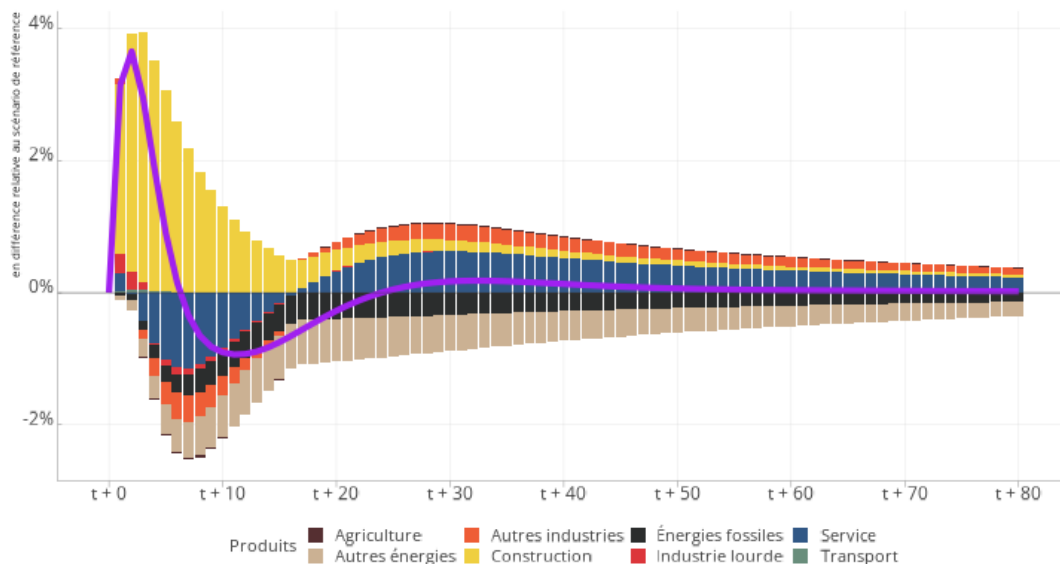
À court terme, le choc de rénovation génère une hausse de l'activité, la subvention soutenant la consommation des ménages via la commodité « construction » (CCON) comme le montre le Graphique 10. Face à cette nouvelle demande, le secteur agrégé « construction », largement domestique, investit (le taux d'investissement du secteur est relativement élevé par effet d'agrégation, car il comprend le secteur des loyers imputés et de l'immobilier) et crée de l'emploi. L'effet net sur le déficit public reste mesuré grâce aux recettes fiscales générées par le surplus d'activité. Cependant, la balance commerciale se dégrade car la consommation de biens importés surcompense la baisse des importations d'énergies fossiles.

À moyen terme, une fois la plupart des rénovations menées, les ménages diminuent effectivement leur consommation par les économies réalisées sur les énergies alors que l'effet des subventions aux logements se tarit, comme le montre le Graphique 10, tirant l'activité à la baisse.

Ainsi, le multiplicateur cumulé d'activité par rapport à l'investissement des ménages en rénovation culmine à 1,3 la première année, et redescend à 0,3 à long terme. Cet effet accélérateur de l'investissement dans la construction est notamment en ligne avec les multiplicateurs observés dans la littérature macroéconométrique agrégée (dont Mésange) et les autres secteurs non technico-économiques de ThreeME-France. Le multiplicateur de subvention suit la même trajectoire à court terme : il reste supérieur à 1 pendant une dizaine d'années, puis diminue pour tendre vers zéro, montrant une perte d'efficacité de la subvention une fois la majorité des rénovations réalisées

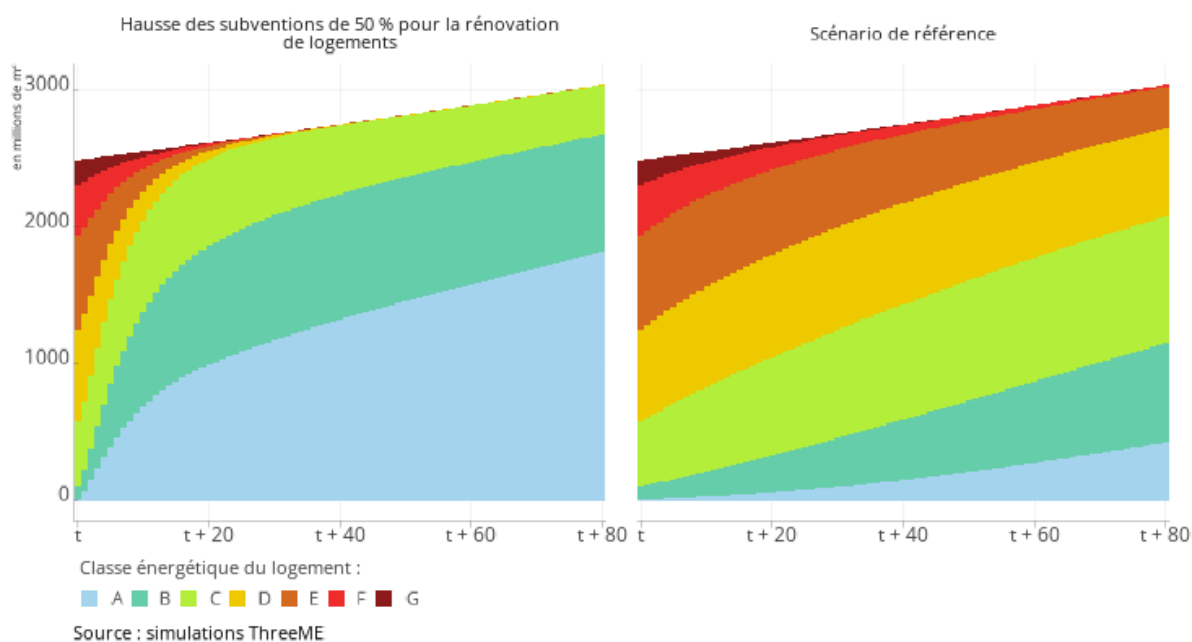
Ainsi, à long terme, les effets des subventions se dissipent, les logements les plus énergivores (en particulier D, E et F) ayant été rénovés en A et B, comme le montre le Graphique 11. Le PIB finit par revenir vers son niveau de référence. La résorption de l'écart d'émissions entre les scénarios variantiel et contrefactuel à long terme s'explique par le retour de l'activité proche de son niveau contrefactuel, et par le fait que la rénovation du parc finit par s'accomplir à (très) long terme dans le scénario contrefactuel.

Graphique 10 : Contribution des postes de dépenses finales des ménages (consommation et investissement) à la dépense finale totale des ménages, choc de hausse des subventions à la rénovation des logements



Note de lecture : La dépense finale des ménages regroupe leur consommation et leur investissement. La commodité « construction » regroupe également toutes les dépenses des ménages pour le logement.

Graphique 11 : Surface des logements par classe énergétique, choc de hausse des subventions à la rénovation des logements



4.2 Subvention pour l'achat de véhicules électriques : hausse forfaitaire de 6 000 euros

4.2.1 Mise en œuvre

Ce choc consiste en la distribution de subventions forfaitaires de 6 000 € (en année de base, indexées sur l'évolution des prix à la consommation) à l'achat de véhicules électriques. Dans le bloc transport, les véhicules sont catégorisés par classe de prix : la catégorie A comprend les voitures les moins chères, alors que G inclut les plus coûteuses. Ces classes se distinguent également par leur consommation d'énergie, entre pétrole, gaz et électricité (*CELE*). Ainsi, les aides sont distribuées seulement aux véhicules électriques catégorisés de A à E, réservant ainsi la subvention aux véhicules dont le prix n'excède pas 50 000 € en année de base. Cette spécification vise à reproduire une partie de la politique publique française de soutien aux véhicules électriques entre 2015 et 2022, et ayant porté la part de marché des véhicules électriques neufs à 17 % en France en 2023.

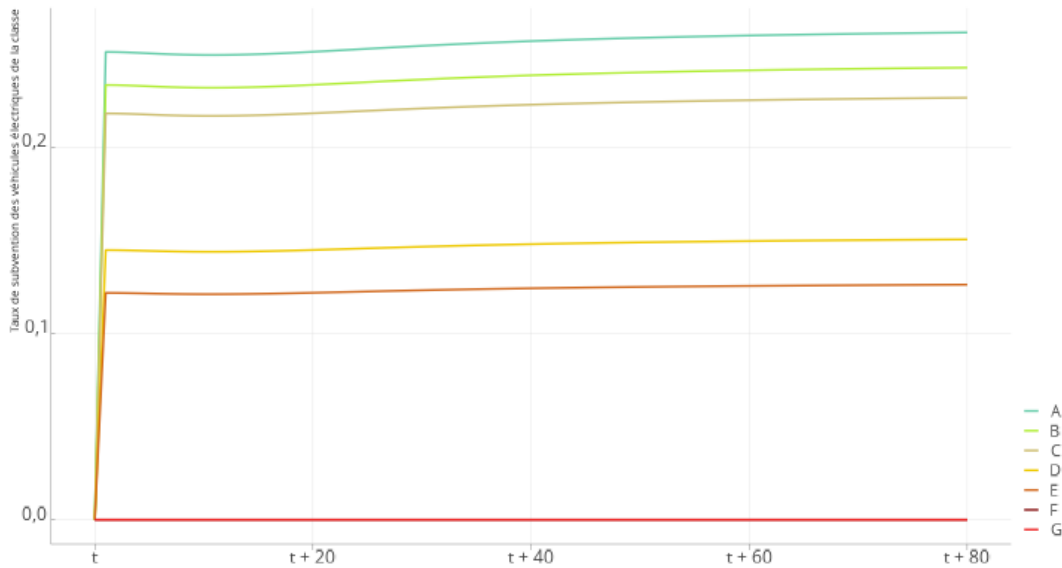
La subvention forfaitaire vient définir le taux de subvention associée aux classes de véhicules électriques subventionnées (ecl_{sub}) comme le montre l'équation 34 :

$$R_{ecl,cele}^{SUB,AUTO} \cdot PNewAUTO_{ecl_{sub},cele} = FORF * PCH \quad (34)$$

Avec $R_{ecl,cele}^{SUB,AUTO}$ le taux de subvention pour l'achat d'un véhicule électrique de classe ecl , $PNewAUTO_{ecl,cele}$ le prix d'un nouveau véhicule électrique, $FORF$ le montant forfaitaire (ici 6 000 €) de subvention, et PCH l'indice des prix à la consommation.

Les taux de subvention pour chaque classe de véhicules électriques sont illustrés dans le Graphique 12 :

Graphique 12 : Taux de subvention des véhicules électriques



Source : simulations ThreeME

4.2.2 Mécanismes

Cette subvention réduit le coût d'usage en capital de la voiture $UC_{ecl,cele}^{K,AUTO}$ électrique $cele$ de classe ecl tel que défini dans l'équation 37 :

$$UC_{ecl,cele}^{K,AUTO} = \left((1 - R_{ecl,cele}^{SUB,AUTO}) \frac{PNewAUTO_{ecl,cele}}{AUTO_{ecl,cele}^D} \right) \left(R_{ecl,cele}^{CASH,AUTO} + \frac{R_{ecl,cele}^{LOAN,AUTO} R_{ecl,cele,t-1}^{I,AUTO} LD_{ecl,cele}^{AUTO}}{1 - (1 + R_{ecl,cele,t-1}^{I,AUTO})^{(-LD_{ecl,cele}^{AUTO})}} \right) \quad (35)$$

Avec $R_{ecl,cele}^{CASH,AUTO}$ la part de l'investissement en classe ecl payée sans prêt, $R_{ecl,cele}^{LOAN,AUTO}$ la part de

l'investissement en classe *ecl* payée avec un prêt, $R_{ecl,cele,t-1}^{I,AUTO}$ le taux d'intérêt appliqué pour un paiement de véhicule, $LD_{ecl,cele}^{AUTO}$ la durée de vie moyenne du véhicule.

La réduction du coût d'usage total du véhicule électrique améliore la part des voitures électriques dans les ventes de nouveaux véhicules au sein de chaque catégorie, $\varphi_{ecl,cele}^{NewAUTO^n}$. Cette part est définie par le modèle de diffusion de Bass (1969) qui représente la croissance des biens de consommation durable, en supposant que le nombre de nouveaux acheteurs d'un produit dépend de deux paramètres principaux : l'innovation (les acheteurs dans un premier temps lorsque le produit est encore une innovation) notée *innovation*, et l'imitation (ceux qui achètent par imitation des premiers) notée *imitation*.

Ces deux paramètres définissent une première fonction logistique $\varphi_{cele}^{logistic}$, qui définit la forme de la courbe de pénétration selon l'équation 36 :

$$\varphi_{cele}^{logistic} = (1 + e^{(\tau - \sigma \cdot time)})^{-1} \quad (36)$$

Avec $\tau = \log\left(\frac{imitation}{innovation}\right)$, $\sigma = innovation + imitation$ la vitesse de changement entre les deux régimes et *time* le décompte du temps (1 la première année, 2 la deuxième, etc.). Ces paramètres sont calés sur le scénario avec mesures existantes (AME) de la Stratégie Nationale Bas Carbone avec un objectif de 27 % en 2030.

Une fois calculée, cette fonction logistique est intégrée dans une fonction logistique plus générale, qui définit la part notionnelle des voitures électriques dans la vente de véhicules $\varphi_{cele}^{NewAUTO^n}$ en intégrant la valeur de départ α_{cele}^{ini} et la valeur d'arrivée α_{cele}^{fin} , comme le montre l'équation 37 :

$$\varphi_{cele}^{NewAUTO^n} = (1 - \varphi_{cele}^{logistic}) \cdot \alpha_{cele}^{ini} + \varphi_{cele}^{logistic} \cdot \alpha_{cele}^{fin} \quad (37)$$

Nous avons intégré en scénario de référence le principe d'une valeur d'arrivée α_{cele}^{fin} fixée à 0,95. Cela signifie qu'en l'absence de mesure supplémentaire, la part maximum des véhicules électriques dans la vente de véhicules est plafonnée à 95 %. Nous avons néanmoins défini les paramètres de la logistique τ et σ de telle sorte à ce que cette part soit atteinte sur le très long terme : ainsi en 2100, la valeur est d'environ 93 % (tout en passant le seuil de 27 % fixé par le scénario AME).

Afin d'intégrer l'impact de chocs portant sur les prix, les paramètres d'innovation et d'imitation sont endogénéisés comme le montrent les équation 380 et équation 391 :

$$d(\log(innovation)) = -\eta^{INNOV} \cdot d\left(\log\left(\frac{UC_{cele}^{AUTO}}{UC^{AUTO}}\right)\right) \quad (38)$$

$$d(\log(imitation)) = -\eta^{IMIT} \cdot d\left(\log\left(\frac{UC_{cele}^{AUTO}}{UC^{AUTO}}\right)\right) \quad (39)$$

Avec η^{INNOV} et η^{IMIT} les élasticités de l'innovation et de l'imitation vis-à-vis du rapport entre le coût d'usage du véhicule électrique UC_{cele}^{AUTO} et le coût d'usage pondéré UC^{AUTO} . Ces élasticités ont été calibrées à 3, de telle façon à retrouver la hausse de part de marché générée par la politique française de soutien susmentionnée.

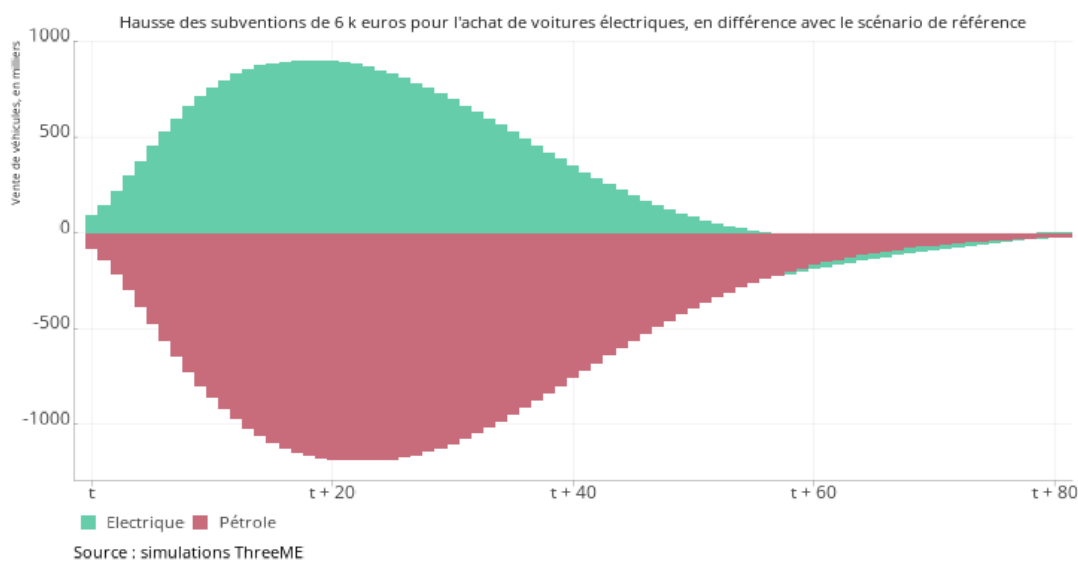
Ainsi, la baisse du coût d'usage du véhicule agit sur l'évolution des paramètres *innovation* et *imitation* qui s'accroissent, renforçant à fois le nombre d'innovateurs et d'imitateurs, et verticalisant la fonction logistique. Par conséquent, la part des voitures électriques dans les ventes augmente.

Sur le plan macroéconomique, la distribution d'une subvention incite les ménages à acquérir une voiture électrique en substitution de l'achat de véhicules thermiques. Il est à noter que la durée d'amortissement des voitures électriques étant plus longue, l'effet net sur le nombre total de ventes doit donc être négatif à terme (sauf le choc entraîne le remplacement d'autres moyens de transport par la voiture). Si ce choc peut améliorer la consommation grâce aux économies d'énergies réalisées, les autres effets sur la production nationale (impact positif ou négatif sur l'industrie automobile nationale qui doit se repositionner) et sur la balance commerciale (réduction d'importations de carburants fossiles mais hausse des importations de véhicules électriques) sont plus incertains.

4.2.3 Résultats

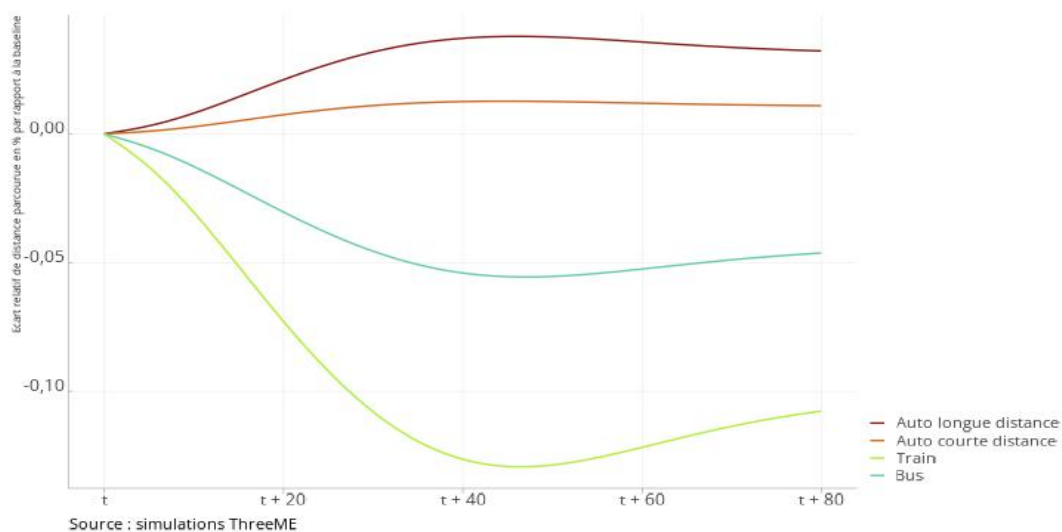
Comme attendu, le choc génère une nette augmentation des ventes de véhicules électriques comme le montre le Graphique 13.

Graphique 13 : Vente de véhicules thermiques et électriques



En raison d'une durée d'amortissement plus longue, le nombre total de voitures vendues diminue toutefois pendant toute la projection, et ce malgré une substitution avec les transports en commun comme le montre le Graphique 14 :

Graphique 14 : Substitution avec le bus et le train



Par ailleurs, étant donné qu'une trajectoire de pénétration est prévue dans le scénario de référence, la

différence de ventes entre le scénario avec choc et celui de référence s'atténue au cours du temps. La subvention a donc pour effet d'avancer de quelques dizaines d'années la pénétration de l'électrique.

Tableau 10 : Hausse permanente de 6000 € de la subvention pour les voitures électriques dans ThreeME-France hybride

Hausse permanente de 6 000 € de la subvention pour les voitures électriques		ThreeME-France hybride					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	-0,002	-0,002	0,014	0,094	0,238	-0,033
VA du secteur marchand	%	-0,005	0,000	0,037	0,178	0,412	-0,045
Consommation des ménages	%	0,009	-0,002	-0,023	0,007	0,397	-0,042
Investissement	%	-0,006	0,000	0,051	0,239	0,579	-0,054
Exportations	%	0,001	0,001	-0,007	-0,076	-1,078	-0,067
Importations	%	0,020	0,002	-0,057	-0,202	-0,670	-0,067
Revenu réel disponible des ménages	%	-0,002	-0,001	0,018	0,118	0,416	-0,056
Taux d'épargne des ménages	pp	-0,010	0,001	0,037	0,100	0,017	-0,013
Prix de la consommation	%	-0,001	-0,001	0,010	0,104	1,442	0,107
Prix de production	%	-0,001	-0,001	0,011	0,112	1,500	0,102
Prix de VA	%	-0,001	-0,001	0,012	0,123	1,620	0,112
Prix des exportations	%	-0,001	-0,001	0,009	0,101	1,395	0,084
Prix des importations	%	0,000	-0,001	0,005	0,057	0,966	0,074
Salaires nominaux	%	-0,002	-0,001	0,022	0,211	1,887	0,040
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	-0	-1	2	22	57	-13
Taux de chômage	pp	0,001	0,002	-0,009	-0,085	-0,236	0,033
Balance commerciale	pp	-0,006	-0,001	0,017	0,053	0,023	0,004
Solde public primaire	pp	-0,052	-0,074	-0,149	-0,244	-0,334	-0,284
Émissions de GES	%	-0,029	-0,076	-0,336	-1,055	-3,084	-0,336

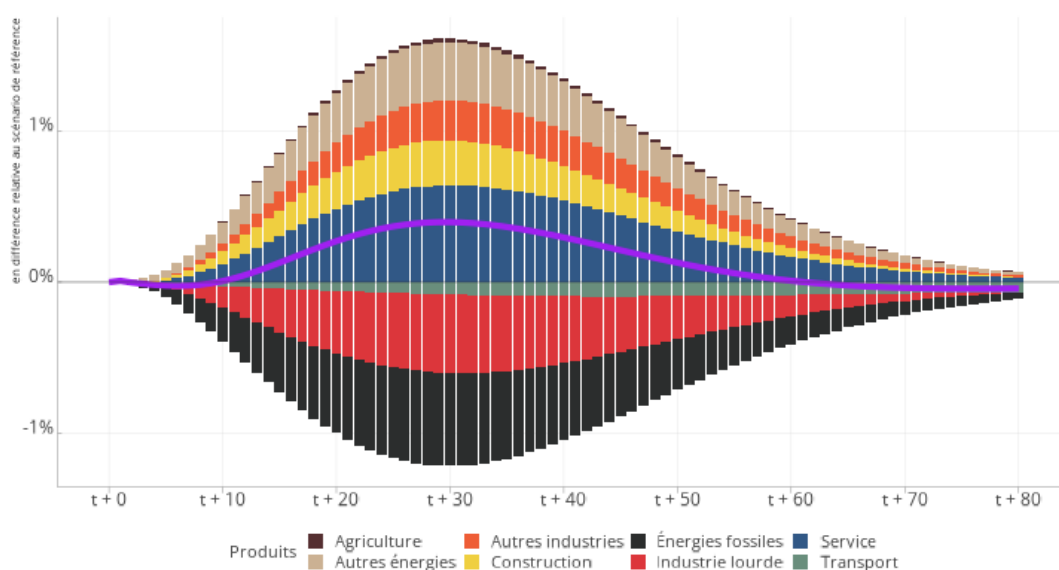
% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

Immédiatement après le choc, l'impact sur le PIB est légèrement négatif, malgré une consommation totale qui augmente dans un premier temps malgré la baisse du revenu disponible net des ménages. En effet, la demande adressée aux entreprises diminue (substitution à l'activité automobile domestique, avec un non-renouvellement des véhicules thermiques), et les importations augmentent.

Au bout de quelques périodes cependant, les importations diminuent (notamment d'énergies fossiles), soutenant la balance commerciale par rapport au scénario de référence. Surtout, l'effet positif sur la consommation se fait progressivement ressentir, avec la diminution des consommations liées aux véhicules thermiques (notamment les énergies fossiles) au profit des autres postes, comme le montre le Graphique 15. Cela tire l'investissement, mais également l'inflation.

À long terme cependant, l'impact sur l'activité par rapport à la référence est négatif, car le scénario de référence inclut, malgré une vitesse de convergence beaucoup plus lente, un taux de pénétration final des véhicules électriques dans le marché similaire.

Graphique 15 : Contribution des postes de dépenses finales des ménages (consommation et investissement) à la dépense finale totale des ménages, choc d'électrification des véhicules



Note de lecture : La dépense finale des ménages regroupe leur consommation et leur investissement. La commodité « construction » regroupe également toutes les dépenses des ménages pour le logement.

5. Variantes sectorielles avec ThreeME-France

5.1 TVA sur la construction et sur les biens industriels : baisse permanente de 0,1 point de PIB

5.1.1 Mise en œuvre

Deux chocs sont appliqués, portant chacun sur le taux de TVA de la commodité concernée, de telle sorte que les recettes de TVA associées diminuent de 0,1 point de PIB. Pour cela, la variable $RVAT_{CCON}$ (respectivement $RVAT_{CIGO}$), qui correspond au taux moyen de TVA sur la commodité construction ($CCON$) (respectivement la commodité autres biens pour l'industrie $CIGO$) est calculée de telle sorte à ce que la perte de recettes publiques associée représente 0,1 % du PIB de l'année du choc.

Ces deux commodités, « construction » et « autres biens pour l'industrie » ont été sélectionnées parce qu'elles présentent des caractéristiques sectorielles opposées, en particulier leur exposition à la concurrence internationale, avec de faibles importations et exportations pour la première, contre un fort taux d'ouverture pour la seconde (60 %, tiré par les importations).

Ces deux commodités diffèrent également par leur poids dans l'activité du pays, la construction générant environ 5 fois plus de consommation que les autres biens industriels. Par conséquent, le choc de TVA, d'un poids de 0,1 % du PIB, implique une baisse du taux de TVA d'environ 1 point pour la construction contre 6 points dans l'industrie.

5.1.2 Mécanismes

Comme pour le choc uniforme de TVA, l'incidence fiscale de la baisse de la TVA est supposée complète, c'est-à-dire répercutée intégralement et immédiatement sur les prix à la consommation de la commodité, au bénéfice des consommateurs, sans que les entreprises n'augmentent leur marge.

La réduction du taux de TVA réduit le taux de taxe sur la consommation des produits domestiques $RNTAXCHD$ et importés $RNTAXCHM$ et donc les prix à la consommation des produits domestiques et importés (les mécanismes mobilisés sont les mêmes que pour le choc de TVA standard, voir la section 2.3).

À court terme, la baisse du prix de la commodité diminue le niveau de prix moyen, et donc les salaires nominaux dans ThreeME-France, les salaires nominaux sont indexés sur les prix de la consommation). La diminution des coûts de production dans les secteurs produisant ces commodités se diffusent dans les autres secteurs d'activité via les interconnexions sectorielles et les entreprises répercutent le choc sur leurs propres prix, dans une moindre mesure. Si ce choc a un impact positif sur la consommation, et sur l'investissement, l'effet sur la balance commerciale est néanmoins plus ambigu, car les importations et les exportations sont stimulées (respectivement du fait du surplus de consommation et de la baisse des prix de production qui améliorent la compétitivité des entreprises). Enfin, la baisse des prix agrégés (directement provoquée par le choc de TVA et indirectement par sa diffusion au sein de l'appareil productif) modère la croissance des salaires, ce qui permet de soutenir l'emploi.

À moyen terme, la baisse des prix de production renforce les gains de compétitivité-prix et soutient davantage les exportations, venant contrebalancer la hausse des importations consécutive à la baisse des prix des produits importés et au surplus de consommation généré par la hausse de l'activité.

À long terme, la diminution des prix augmente durablement l'activité, via la consommation, l'investissement et l'emploi.

5.1.3 Résultats

Les deux chocs provoquent tous les deux une augmentation significative du PIB, plus forte pour le choc sur la construction.

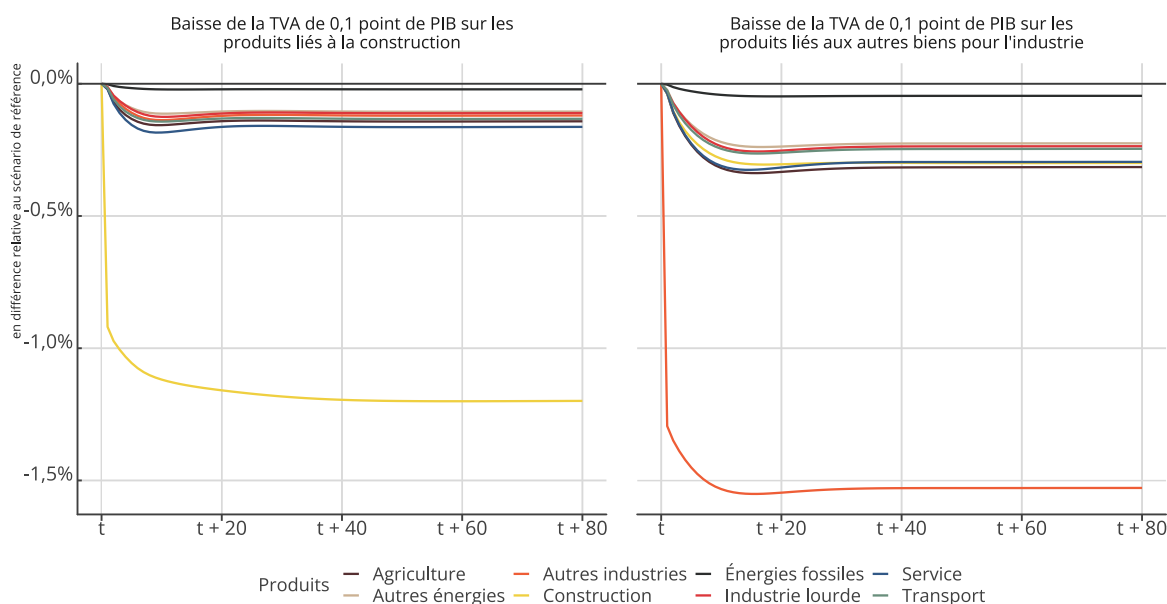
Tableau 11 : Comparaison entre un choc d'une baisse permanente de la TVA de 0,1 point de PIB sur la construction et sur les autres biens pour l'industrie dans ThreeME-France standard

ThreeME-France standard Baisse ciblée de la TVA de 0,1 point de PIB		Commodité ciblée : Construction						Commodité ciblée : Autres biens pour l'industrie					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	0,04	0,07	0,13	0,16	0,18	0,18	0,05	0,05	0,08	0,11	0,14	0,13
VA du secteur marchand	%	0,05	0,09	0,16	0,21	0,22	0,23	0,06	0,06	0,09	0,13	0,15	0,15
Consommation des ménages	%	0,07	0,09	0,15	0,19	0,22	0,22	0,08	0,09	0,13	0,15	0,19	0,19
Investissement	%	0,05	0,11	0,22	0,26	0,29	0,29	0,05	0,06	0,07	0,11	0,14	0,14
Exportations	%	0,01	0,05	0,10	0,12	0,11	0,11	0,03	0,08	0,17	0,23	0,23	0,22
Importations	%	0,04	0,05	0,10	0,11	0,12	0,12	0,05	0,10	0,16	0,19	0,21	0,21
Revenu réel disponible des ménages	%	0,14	0,12	0,17	0,20	0,22	0,22	0,15	0,11	0,13	0,16	0,19	0,19
Taux d'épargne des ménages	pp	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,07	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	-0,20	-0,25	-0,32	-0,35	-0,35	-0,36	-0,22	-0,29	-0,39	-0,48	-0,47	-0,47
Prix de production	%	-0,02	-0,07	-0,15	-0,18	-0,17	-0,17	-0,04	-0,11	-0,22	-0,30	-0,30	-0,29
Prix de VA	%	-0,02	-0,08	-0,16	-0,20	-0,19	-0,20	-0,04	-0,11	-0,23	-0,31	-0,31	-0,30
Prix des exportations	%	-0,02	-0,07	-0,13	-0,16	-0,14	-0,14	-0,04	-0,11	-0,22	-0,30	-0,29	-0,28
Prix des importations	%	-0,01	-0,03	-0,08	-0,11	-0,09	-0,10	-0,05	-0,09	-0,18	-0,25	-0,25	-0,25
Salaires nominaux	%	-0,08	-0,22	-0,22	-0,18	-0,14	-0,15	-0,09	-0,26	-0,32	-0,34	-0,29	-0,29
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	3	9	25	31	34	40	4	9	18	24	29	33
Taux de chômage	pp	-0,01	-0,03	-0,09	-0,11	-0,11	-0,12	-0,01	-0,04	-0,07	-0,09	-0,10	-0,10
Balance commerciale	pp	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	-0,02	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Solde public primaire	pp	-0,08	-0,06	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,09	-0,07	-0,04	-0,03	-0,02	-0,02
Émissions de GES	%	0,03	0,03	0,06	0,08	0,09	0,09	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,08

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

Si l'impact sur les prix à la consommation est proche, le choc portant sur la construction a des effets plus positifs sur la consommation à partir de la deuxième année, ce qui s'explique par un nombre plus élevé d'emplois générés et des salaires nominaux et réels moins dégradés. La spirale déflationniste prix – salaires est donc plus contenue, le niveau de prix de consommation finissant à $-0,36\%$ dans le scénario relatif à la construction contre $-0,47\%$ pour les autres biens pour l'industrie, par rapport au scénario de référence. Le Graphique 16 décompose l'impact sur les prix de consommation finale par produit.

Graphique 16 : Prix de consommation finale par commodité



Source : simulations ThreeME

De plus, le secteur agrégé de la construction se caractérisant par un taux d'investissement élevé, la demande adressée à ce secteur génère des écarts d'investissement dès la deuxième année.

5.2 Taxe carbone dans les secteurs de la construction et de la manufacture d'autres biens pour l'industrie : hausse permanente de 0,1 point de PIB

5.2.1 Mise en œuvre

Cette variante consiste en l'instauration durable d'une taxe carbone sectorielle via une variable exogène en volume ($RCO2TAX_VOL$) ciblée sur un seul secteur, de sorte que les revenus levés au titre de la taxation du carbone augmentent de 0,1 point de PIB (pris la première année du choc). Le périmètre d'application de cette taxe regroupe les émissions liées aux consommations intermédiaires énergétiques ($EMS_{CO_2}^{CI}$) et au processus de production ($EMS_{CO_2}^{MAT}$) : elle ne s'applique donc qu'indirectement aux ménages.

Appliquée sur les deux secteurs de la construction ($SCON$) et des autres biens pour l'industrie ($SIGO$), cette hausse correspond à l'instauration d'une taxe carbone de 527 €/tCO₂ et 485 €/tCO₂ respectivement. Cette hausse se fait en dehors d'un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières et les recettes de la taxe ne sont pas recyclées mais affectées intégralement à la réduction du déficit public.

5.2.2 Mécanismes

L'effet de l'instauration d'une taxe carbone consiste en l'augmentation du prix des commodités intensives en carbone consommées par les secteurs de la construction et des autres biens pour l'industrie. Ils répercutent cette hausse du coût des consommations intermédiaires sur les prix de production, générant un choc d'offre négatif. Comme le prix de consommation des ménages augmente, il s'agit également d'un choc de demande négatif, en particulier pour les commodités vendues par ces deux secteurs.

La taxe carbone liée au processus de production augmente les taxes nettes sur la production du secteur s ($NTAXS_s^{VAL}$), donc le coût de production notionnel du secteur s (CU_s^n) et in fine le prix de production du

secteur s (PY_s^n) comme le montrent les équations suivantes :

$$R2_{CO2,s}^{MAT} = RCO2TAX_s^{VOL} * PCH \quad (40)$$

Avec $R2_{CO2,s}^{MAT}$ le taux de taxe carbone sur le CO₂ associé à la consommation (en unités physiques) du secteur s et PCH l'indice des prix à la consommation finale.

$$T2VAL_{CO2,s}^{MAT} = R2_{CO2,s}^{MAT} * EMS_{CO2,s}^{MAT} \quad (41)$$

Avec $T2VAL_{CO2,s}^{MAT}$ la taxe carbone en valeur associée à la commodité c par le secteur s , $EMS_{CO2,s}^{MAT}$ les émissions de CO₂ liées à la consommation de CO₂ par le secteur s .

$$NTAXS_s^{VAL} = RNTAXS_s * PY_s * Y_s + T2VAL_s^{MAT} \quad (42)$$

Avec $NTAXS_s^{VAL}$ les taxes nettes sur la production du secteur s en valeur, $RNTAXS_s$ le taux de taxes nettes sur la production du secteur s , PY_s le prix de production du secteur s , Y_s la production du secteur s .

$$CU_s^n * Y_s = \sum(C_{f,s} * F_s^n) + NTAXS_s^{VAL} \quad (43)$$

Avec CU_s^n le coût unitaire de production du secteur s , $C_{f,s}$ le coût unitaire du facteur de production f du secteur s , F_s^n la quantité du facteur f utilisée.

$$PY_s^n = CU_s^n * (1 + MARKUP_s) \quad (44)$$

Avec PY_s^n le prix notionnel de production du secteur s , $MARKUP_s$ le taux de mark-up du secteur s .

Pour les consommations intermédiaires, le processus est quasiment identique, sauf que l'imputation sur le prix passe par les taux de taxes nettes totales sur les consommations intermédiaires domestiques et importées, $RNTAXCID$ et $RNTAXCIM$, s'appliquant sur le prix des consommations intermédiaires $PCID$ et $PCIM$, comme le montrent les équations suivantes :

$$R2_{CO2,c,s}^{CI} = RCO2TAX_s^{VOL} * PCH \quad (45)$$

Avec $R2_{CO2,c,s}^{CI}$ le taux de taxe carbone sur le CO₂ associé à la consommation intermédiaire de la commodité c par le secteur s .

$$RNTAXCID_{c,s} = RNTAXCID_{c,s}^{OTH} + \frac{T2VAL_{c,s}^{CI}}{CI_{c,s}} * \frac{(1 + RNTAXCID_{c,t0})}{PYQ_c} \quad (46)$$

Avec $RNTAXCID_{c,s}$ le taux de taxes nettes totales sur la consommation intermédiaire domestique de la commodité c par le secteur s , $RNTAXCID_{c,s}^{OTH}$ le taux de taxes nettes hors taxe carbone de la consommation intermédiaire domestique de la commodité c par le secteur s , $T2VAL_{c,s}^{CI}$ le taux de taxe carbone de la consommation intermédiaire domestique de la commodité c par le secteur s , PYQ_c l'indice des prix de la commodité c produite domestiquement.

$$PCID_{c,s} = PYQ_c * \frac{(1 + RNTAXCID_{c,s})}{(1 + RNTAXCID_{c,t0})} \quad (47)$$

Avec $PCID_{c,s}$ le prix de la consommation intermédiaire de la commodité c produite domestiquement par le secteur s .

Et de la même façon, pour la consommation importée :

$$RNTAXCIM_{c,s} = RNTAXCIM_{c,s}^{OTH} + \frac{T2VAL_{c,s}^{CI}}{CI_{c,s}} * \frac{(1 + RNTAXCIM_{c,t0})}{PM_c} \quad (48)$$

Avec $RNTAXCIM_{c,s}$ le taux de taxes nettes totales sur la consommation intermédiaire importée de la commodité c par le secteur s , $RNTAXCIM_{c,s}^{OTH}$ le taux de taxes nettes hors taxe carbone de la consommation intermédiaire importée de la commodité c par le secteur s , $T2VAL_{c,s}^{CI}$ le taux de taxe carbone de la consommation intermédiaire importée de la commodité c par le secteur s , PM_c l'indice des prix de la commodité c importée.

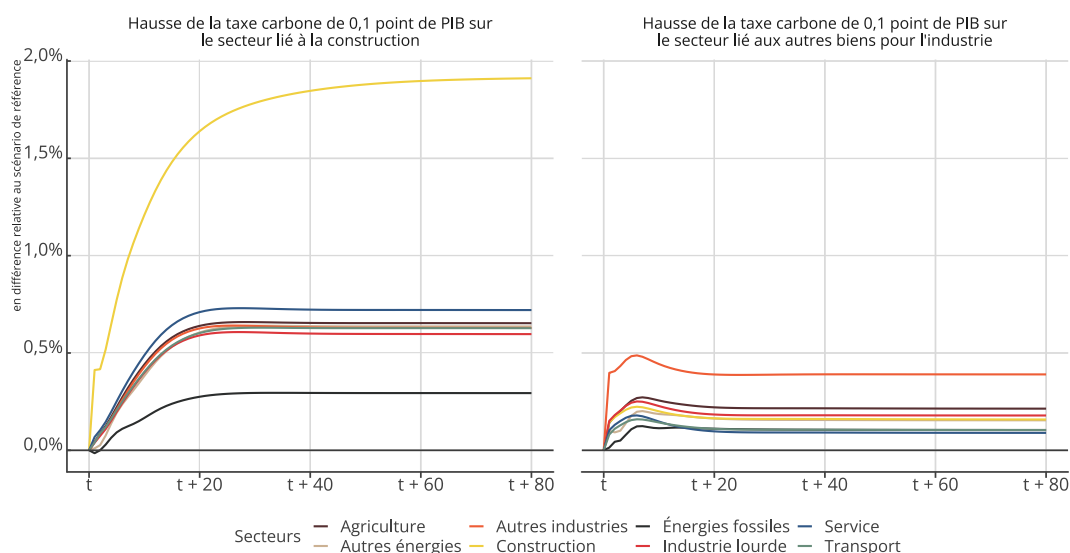
$$PCIM_{c,s} = PYQ_c * \frac{(1 + RNTAXCIM_{c,s})}{(1 + RNTAXCIM_{c,s,t0})} \quad (49)$$

Avec $PCIM_{c,s}$ le prix de la consommation intermédiaire de la commodité c produite domestiquement par le secteur s .

5.2.3 Résultats

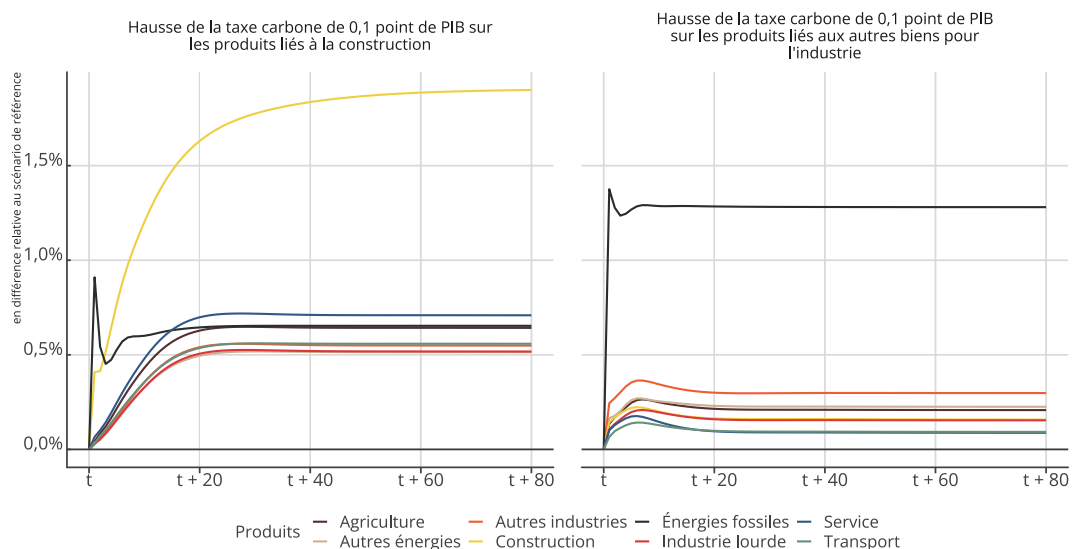
L'instauration d'une taxe carbone sectorielle entraîne une augmentation du prix de production de ces secteurs, mais aussi des autres secteurs de l'économie par les interconnexions sectorielles. Comme le montre le Graphique 17, l'effet d'entraînement est plus important lorsque le choc porte sur le secteur de la construction. Cela s'explique à la fois par l'ampleur de l'impact du choc sur les prix du secteur de la construction, et par le degré d'interdépendance avec les autres secteurs de l'économie.

Graphique 17 : Prix de production par secteur, chocs de taxe carbone ciblée



Les prix des consommations intermédiaires augmentent également comme le montre le Graphique 18. Si seules les consommations intermédiaires en énergie carbonée sont directement concernées par le choc, le prix des autres consommations intermédiaires augmente également par effet d'entraînement et via les boucles prix-salaires. Encore une fois, l'effet d'entraînement apparaît plus fort pour le choc sur le secteur de la construction.

Graphique 18 : Consommations intermédiaires par commodités, chocs de taxe carbone ciblée



Source : simulations ThreeME

Sur le plan macroéconomique, l'impact négatif à long terme apparaît plus prononcé lorsque la taxe porte sur le secteur de la construction, de fait d'une plus forte inflation et d'un taux d'ouverture plus faible.

Tableau 12 : Comparaison entre un choc d'une hausse permanente de la taxe carbone de 0,1 point de PIB sur les secteurs de la construction et des autres biens pour l'industrie dans ThreeME-France standard

ThreeME-France standard Hausse ciblée de la taxe carbone de 0,1 point de PIB		Secteur ciblé : Construction						Secteur ciblé : Autres biens pour l'industrie					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	-0,02	0,02	0,07	0,04	-0,09	-0,11	-0,07	-0,07	-0,10	-0,11	-0,09	-0,09
VA du secteur marchand	%	-0,01	0,05	0,10	0,06	-0,11	-0,14	-0,09	-0,09	-0,12	-0,12	-0,11	-0,11
Consommation des ménages	%	-0,04	-0,04	-0,02	-0,02	-0,15	-0,19	-0,05	-0,05	-0,09	-0,12	-0,12	-0,13
Investissement	%	-0,05	0,13	0,50	0,57	0,37	0,32	-0,08	-0,10	-0,10	-0,07	-0,05	-0,05
Exportations	%	-0,03	-0,06	-0,16	-0,32	-0,49	-0,48	-0,21	-0,24	-0,29	-0,27	-0,22	-0,22
Importations	%	-0,09	-0,11	-0,07	-0,08	-0,18	-0,20	-0,12	-0,16	-0,19	-0,17	-0,17	-0,17
Revenu réel disponible des ménages	%	-0,09	-0,04	-0,01	-0,02	-0,16	-0,19	-0,09	-0,06	-0,10	-0,13	-0,12	-0,13
Taux d'épargne des ménages	pp	-0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,04	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	0,12	0,15	0,33	0,58	0,87	0,89	0,14	0,17	0,23	0,20	0,15	0,15
Prix de production	%	0,11	0,14	0,32	0,57	0,85	0,86	0,18	0,20	0,26	0,23	0,17	0,17
Prix de VA	%	0,11	0,16	0,36	0,65	0,97	0,99	0,12	0,15	0,20	0,16	0,10	0,10
Prix des exportations	%	0,05	0,08	0,21	0,42	0,63	0,62	0,29	0,30	0,38	0,34	0,28	0,28
Prix des importations	%	0,02	0,05	0,12	0,27	0,44	0,43	0,16	0,20	0,29	0,29	0,25	0,25
Salaires nominaux	%	0,06	0,16	0,31	0,55	0,66	0,64	0,03	0,14	0,12	0,06	0,03	0,03
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	-2	-4	-1	-6	-35	-45	-4	-11	-24	-22	-20	-22
Taux de chômage	pp	0,01	0,01	0,00	0,02	0,11	0,13	0,01	0,04	0,08	0,08	0,07	0,07
Balance commerciale	pp	0,03	0,03	0,00	-0,02	-0,03	-0,02	0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,01
Solde public primaire	pp	0,15	0,13	0,16	0,15	0,08	0,06	0,09	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03
Émissions de GES	%	-0,66	-0,83	-0,84	-0,80	-0,89	-0,91	-0,41	-0,52	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

L'année du choc, le choc entraîne une augmentation des prix à la consommation et à la production, diminuant la consommation des ménages et l'investissement, similaires dans les deux cas. Cependant, la balance commerciale s'améliore légèrement car les importations diminuent du fait de la perte de pouvoir d'achat des ménages et du renchérissement des énergies carbonées.

À partir de la deuxième année, les prix continuent d'augmenter, mais bien plus fortement pour le choc portant sur le secteur de la construction. Cette inflation se répercute sur les salaires nominaux via la boucle prix-salaires, stabilisant la baisse de la consommation mais dégradant la balance commerciale via les exportations. Surtout, les trajectoires d'investissement divergent. Suite à la hausse des consommations intermédiaires en énergie, les entreprises procèdent à des substitutions et investissent donc en capital. L'effet est particulièrement significatif pour le choc sur le secteur de la construction.

À long terme, l'activité est durablement inférieure par rapport au scénario de référence, mais seulement de 0,1 % pour les deux chocs. À noter cependant que le choc sur le secteur de la construction prévoit un niveau de prix plus élevé (+1,1 % contre 0,2 % pour les autres biens pour l'industrie) mais une compensation par des investissements supérieurs.

5.3 Changement du mix électrique : augmentation de 1 point de la part de l'éolien au détriment de la part du charbon dans la production d'électricité

5.3.1 Mise en œuvre

Ce choc consiste en l'augmentation de 1 point de la part de l'éolien dans la production électrique ($PHIY_{CELE,SEWI}^{TOE}$), en contrepartie d'une diminution de 1 point de la part du charbon ($PHIY_{CELE,SECO}^{TOE}$). Ainsi, leur part passe respectivement de 3,6 % à 4,6 % et de 1,8 % à 0,8 % de la production l'année du choc.

Ce choc traduit une évolution « spontanée » du mix électrique. Il n'est pas financé par la dépense publique mais par le secteur privé qui le finance entièrement par endettement. La hausse des coûts de production induite par ce changement dans le mix énergétique, le coût de production dans l'éolien étant plus fort que celui du charbon, est entièrement répercutée via le prix au consommateur intermédiaire ou final. Aucune hypothèse de baisse tendancielle du prix des énergies renouvelables n'est formulée.

5.3.2 Mécanismes

Ce choc entraîne une production d'électricité supplémentaire par le secteur de l'éolien au détriment du secteur du charbon. Or, comme le prix de l'électricité éolienne est supérieur au prix de l'électricité par charbon (selon le calibrage de base à partir des données historiques), le prix de l'électricité moyen augmente directement pour les ménages d'une part (consommation finale) et pour les entreprises d'autre part (consommation intermédiaire). Les entreprises répercutent cette hausse sur leurs coûts de production, et donc dans les prix à la consommation.

Par conséquent, le résultat macroéconomique de premier ordre attendu est une hausse du niveau général des prix. En outre, l'augmentation de la part de l'éolien au détriment du charbon se traduit par des investissements supplémentaires (effet de composition sectorielle, la production éolienne étant intensive en investissements), qui viennent soutenir l'activité, la consommation et l'emploi par les mécanismes keynésiens usuels. De plus, le charbon étant largement importé, son remplacement contribue à atténuer le déficit commercial. Enfin, les émissions de GES baissent, eu égard à l'intensité carbone des deux énergies (significativement plus importante pour le charbon que pour l'éolien).

5.3.3 Résultats

Tableau 13 : Changement du mix électrique avec augmentation de 1 point de la part de l'éolien dans ThreeME-France standard

Augmentation de 1 point de la part de l'éolien dans le mix électrique		ThreeME-France standard					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
VA du secteur marchand	%	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01
Consommation des ménages	%	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
Investissement	%	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01
Exportations	%	-0,01	-0,01	-0,02	-0,04	-0,04	-0,04
Importations	%	-0,03	-0,03	-0,02	-0,03	-0,04	-0,04
Revenu réel disponible des ménages	%	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Taux d'épargne des ménages	pp	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	0,06
Prix de production	%	0,01	0,01	0,02	0,05	0,06	0,06
Prix de VA	%	0,01	0,01	0,03	0,05	0,06	0,06
Prix des exportations	%	0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	0,05
Prix des importations	%	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04
Salaires nominaux	%	0,01	0,02	0,05	0,07	0,07	0,07
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	1	3	5	3	2	2
Taux de chômage	pp	0,00	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01
Balance commerciale	pp	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Solde public primaire	pp	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Émissions de GES	%	-0,55	-0,77	-0,76	-0,74	-0,74	-0,74

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

Les effets macroéconomiques sont positifs mais de faible ampleur. À court terme, le changement de mix électrique se traduit par une inflation très faible (l'augmentation des prix de consommation reste inférieure à +0,06 % pendant toute la projection) et progressive. Comme attendu, le choc entraîne une progression de l'investissement par effet sectoriel, générant une hausse de la consommation par effet multiplicateur, et donc de l'activité. La balance commerciale s'améliore également via une diminution des importations énergétiques.

À partir du moyen terme, une spirale inflationniste démarre via la boucle prix-salaires, atténuant le surplus d'activité. L'effet à long terme sur le PIB est néanmoins positif, soutenu par la consommation des ménages et l'investissement.

6. Tests de sensibilité

6.1 Élasticités de substitution sur le choc de productivité du travail

6.1.1 Mise en œuvre

Dans cette section, nous réalisons des tests de sensibilité sur les élasticités de substitution entre les facteurs de production. Ces élasticités sont des paramètres structurants de l'équilibre de long terme du modèle. Elles déterminent la demande des facteurs de production et leur équilibre. Les chocs précédents étant réalisés avec les élasticités de la deuxième version (V2) du modèle ThreeME (entre facteurs de production d'une part, et entre énergies d'autre part), nous gardons cette base comme référence et effectuons des tests de sensibilité sous deux autres configurations. Le premier a pour objectif de rapprocher les élasticités du modèle de base de Mésange, à savoir 0,5 pour l'élasticité de substitution entre capital et travail, toutes les autres élasticités étant fixées à 0. Le deuxième est réalisé avec les élasticités retenues pour la version standard de ThreeME-France, c'est-à-dire une élasticité de 0,5 pour tous les facteurs de production et de 0,2 pour les élasticités inter-énergies.

Les élasticités entre le travail et les autres facteurs de production de chacune des configurations sont reportées ci-dessous :

Tableau 14 : Élasticités du modèle ThreeME-France v3

Élasticité de substitution du travail avec	ThreeME-France avec élasticités de la V2	ThreeME-France standard	ThreeME-France avec élasticités Mésange
Le capital (K-L)	0 - 0,5	0,5	0,5
L'énergie (L-E)	0 - 0,5	0,2	0
Les matériaux (L-MAT)	0 - 0,15	0,5	0

6.1.2 Mécanismes

Les conséquences d'un changement dans les élasticités de substitution sont représentées via un choc de productivité du travail, les autres mécanismes associés à ce choc étant déjà présentés dans la section 2.4. Deux effets opposés touchent le coût du facteur travail. D'une part, les salaires des travailleurs augmentent tendanciellement avec les gains de productivité à long terme, l'indexation des salaires sur la productivité du travail garantissant l'existence d'un sentier de croissance équilibré. D'autre part, l'augmentation du taux de chômage, induit par la moindre demande en emploi – la demande étant rigide à court terme, les entreprises réduisent plus l'utilisation de ce facteur de production qu'elles n'augmentent leur production –, réduit les salaires réels.

L'évolution du coût du facteur travail génère une substitution avec les autres facteurs de production – capital, énergie et consommations intermédiaires – dépendant des élasticités retenues comme le présente l'équation 50:

$$\Delta(SUBST_{f,s}^{F,n}) = \sum_{ff} -ES_{f,ff,s} \varphi_{ff,s,t-1} \Delta \left(\log \frac{C_{f,s}}{PROG_{f,s}} - \log \frac{C_{ff,s}}{PROG_{ff,s}} \right) \quad (50)$$

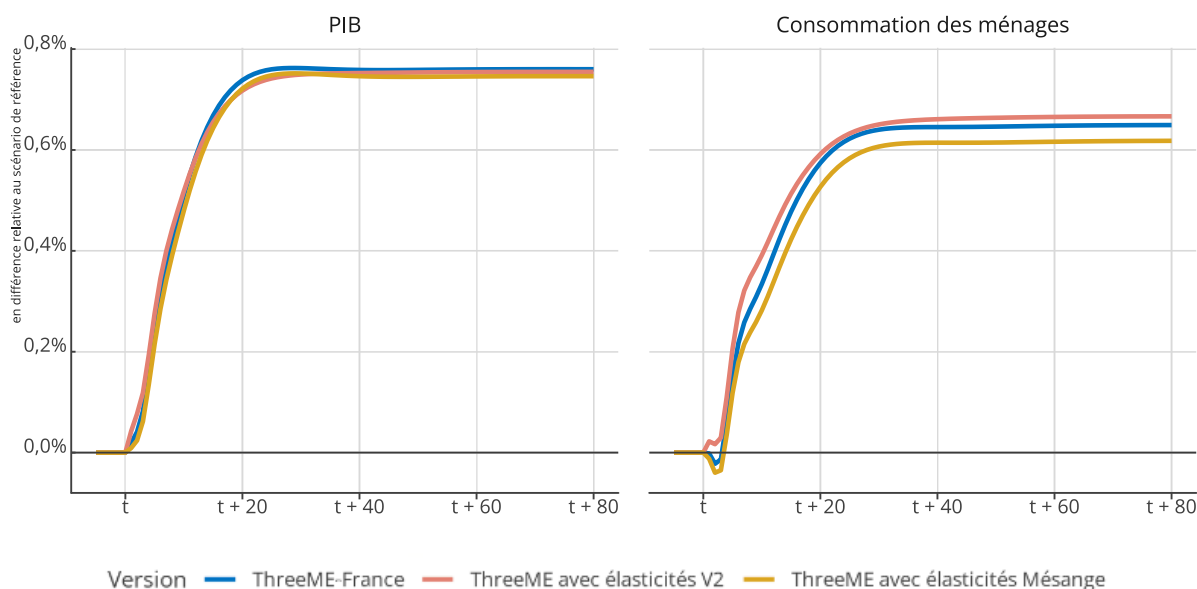
Avec $SUBST_{f,s}^{F,n}$ la substitution notionnelle entre le facteur de production f et les autres facteurs de production ff dans le secteur s , $ES_{f,ff,s}$ l'élasticité de substitution entre les facteurs de production, $\varphi_{ff,s,t-1}$ la part de coût du facteur ff dans le secteur s , $C_{f,s}$ le coût du facteur f dans le secteur s , $PROG_{f,s}$ le progrès technique.

Une première hausse du coût du travail engendre donc une mobilisation d'autres facteurs de production au détriment de l'emploi, mais la baisse du coût du facteur travail amène, toutes choses égales par ailleurs, à atténuer le chômage généré.

6.1.3 Résultats

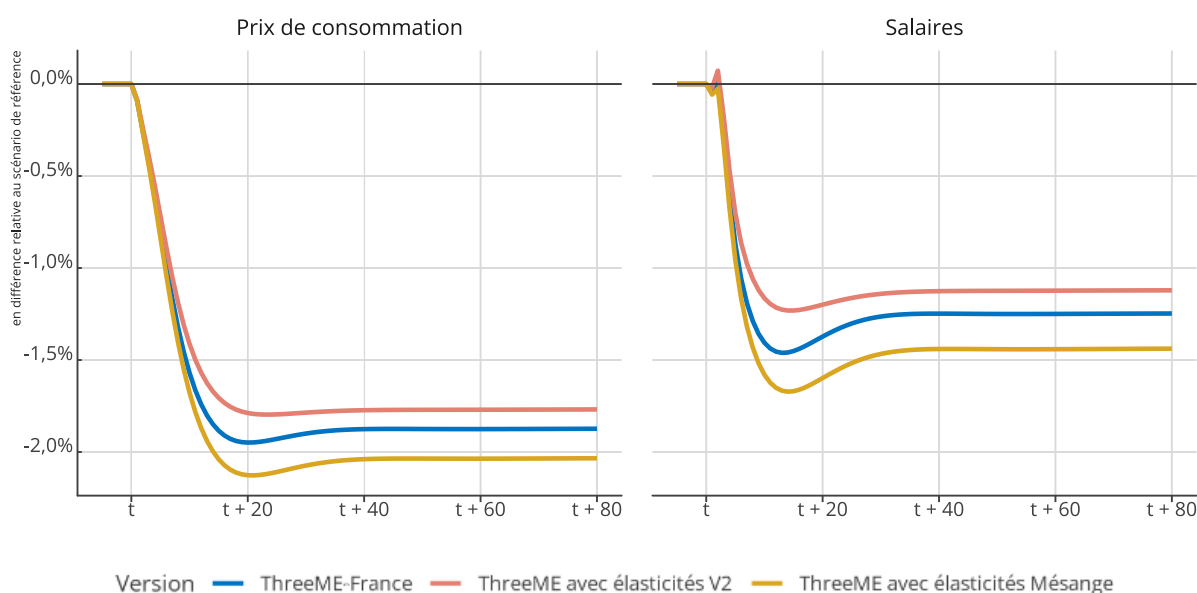
Les trois versions du choc de productivité de travail entraînent une augmentation du PIB inférieure à +0,8 % à terme, comme le montre le Graphique 19. Les mécanismes positifs sur l'offre (augmentation de la production et gain de compétitivité) et sur la demande (hausse de la consommation via un accroissement du pouvoir d'achat) l'emportent sur les effets négatifs (destruction d'emplois).

Graphique 19 : Comparaison des versions de ThreeME-France pour le PIB et la consommation, selon le calibrage des élasticités de substitution entre facteurs, pour un choc de productivité du travail



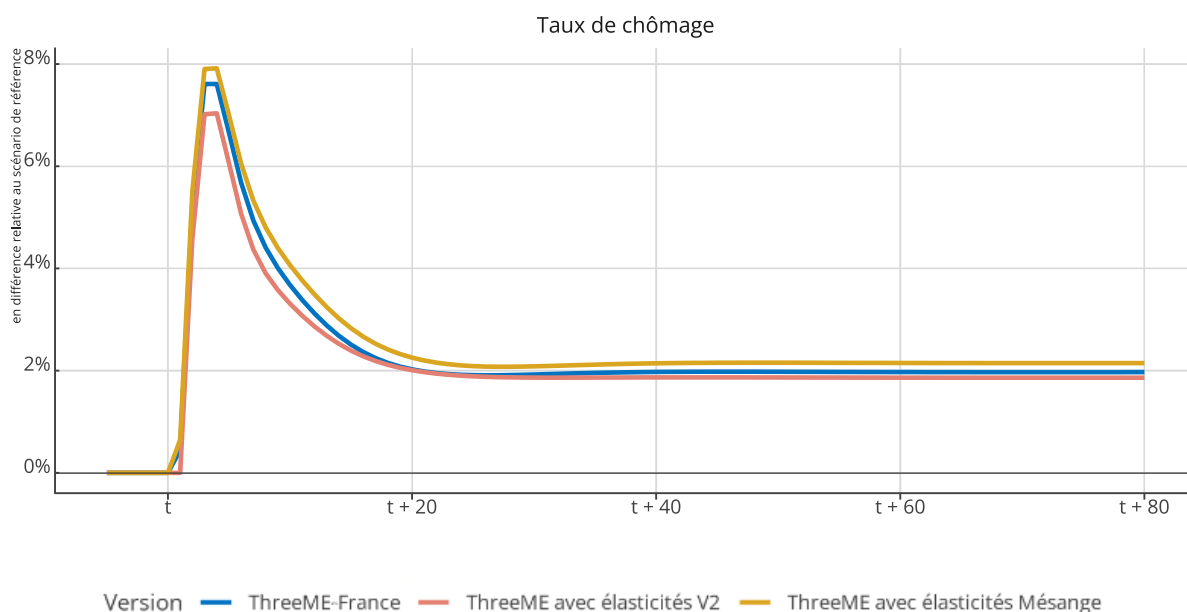
En outre, l'augmentation du chômage tire les salaires à la baisse, et donc les prix de production et de consommation (cf. Graphique 20). La hausse du pouvoir d'achat qui en résulte stimule la consommation des ménages, qui soutient en retour l'activité par les mécanismes keynésiens usuels.

Graphique 20 : Comparaison des versions de ThreeME-France pour les prix de consommation et les salaires, selon le calibrage des élasticités de substitution entre facteurs, pour un choc de productivité du travail



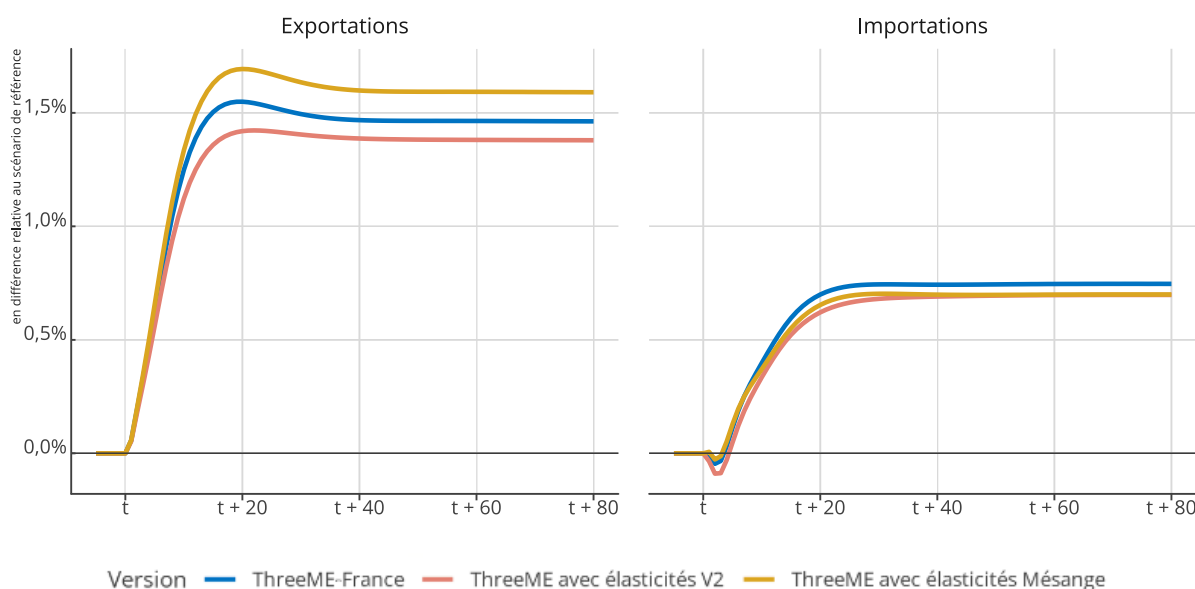
À moyen terme, le taux de chômage reflue grâce à l'activité et à la baisse des coûts de production (modération salariale), mais à un niveau légèrement supérieur au niveau de référence (*cf.* Graphique 21).

Graphique 21 : Comparaison des versions de ThreeME-France pour le taux de chômage, selon le calibrage des élasticités de substitution entre facteurs, pour un choc de productivité du travail



Enfin, la balance commerciale bénéficie de la diminution des prix à l'exportation malgré la hausse des importations (*cf.* Graphique 22).

Graphique 22 : Comparaison des versions de ThreeME-France pour les exportations et les importations, selon le calibrage des élasticités de substitution entre facteurs, pour un choc de productivité du travail



Ainsi à long terme, les trois configurations convergent vers des résultats identiques. Les chocs de productivité ont favorisé la croissance avec une amélioration de la consommation, de l'investissement et de la balance commerciale, notamment grâce aux effets sur les prix qui restent durablement inférieurs au niveau de référence. Le taux de chômage reste cependant supérieur.

6.2 Indexation des salaires sur les prix de valeur ajoutée

Le choix de la variable de prix sur laquelle les salaires sont indexés a une incidence significative sur la réponse des variables macroéconomiques à des chocs exogènes, en particulier si ceux-ci ont des effets différents sur les prix de consommation et de production. C'est en particulier le cas pour la variante TVA, qui touche directement les prix de consommation, mais les prix de production indirectement via le bouclage macroéconomique. Ainsi, l'équation de salaires présente dans ThreeME-France est modifiée pour indexer la cible de long terme sur les prix de valeur ajoutée, comme dans Mésange, et non plus sur les prix de consommation, comme dans la version de base du modèle (équation 51) :

$$\Delta \log W_{st}^n = \frac{\Delta \log Y_{st}}{F_{st}^L} + \Delta \log P_t^{VA} + \Delta \log \left(\frac{1}{1 - RINC_SOC_TAX} \right) - 0.8 \times \Delta U_t \quad (51)$$

Avec W_{st}^n le salaire notionnel associé au secteur st , Y_{st} la production, F_{st}^L le facteur de production travail, P_t^{VA} le prix de la valeur ajoutée, $RINC_SOC_TAX$ la part exogène des prestations sociales dans le revenu disponible des ménages, et U_t le taux de chômage.

En laissant la dynamique de court terme inchangée, les coefficients ayant été estimés sur la base d'estimations économétriques réalisées hors modèle, nous arrivons à une spécification comparable à celle de Mésange :

$$\Delta \log W_{st} = 0,51 \times \Delta \log P_t + 0,49 \Delta \log P_{t-1} + 0,42 \Delta \log X_t^n - 0,7 \Delta U_t - 0,27 \log \left(\frac{W_{st-1}}{W_{st-1}^n} \right) \quad (52)$$

Tableau 24 : Comparaison des deux versions de ThreeME-France selon l'indexation des salaires, pour un choc de baisse de la TVA de 1 point de PIB

Baisse de la TVA de 1 point de PIB		Indexation des salaires sur les prix de consommation (« ThreeME-France standard »)						Indexation des salaires sur les prix de valeur ajoutée (variante)					
		t	t+1	t+4	t+9	t+29	LT	t	t+1	t+4	t+9	t+29	LT
PIB	%	0,46	0,63	1,08	1,36	1,38	1,38	0,46	0,65	1,01	1,08	0,54	0,51
VA du secteur marchand	%	0,53	0,75	1,27	1,61	1,61	1,61	0,53	0,75	1,14	1,18	0,48	0,45
Consommation des ménages	%	0,77	0,91	1,47	1,82	2,04	2,03	0,77	1,01	1,75	2,25	2,09	2,00
Investissement	%	0,49	0,73	1,26	1,60	1,69	1,69	0,49	0,76	1,36	1,56	0,94	0,88
Exportations	%	0,20	0,61	1,21	1,41	1,02	1,03	0,20	0,47	0,44	-0,40	-1,98	-1,88
Importations	%	0,41	0,63	1,12	1,28	1,29	1,29	0,41	0,66	1,21	1,22	0,80	0,77
Revenu réel disponible des ménages	%	1,48	1,19	1,61	1,91	2,04	2,03	1,48	1,40	2,00	2,38	2,08	2,00
Taux d'épargne des ménages	pp	0,64	0,25	0,12	0,08	0,00	0,00	0,64	0,35	0,22	0,12	-0,02	0,00
Prix de la consommation	%	-2,09	-2,63	-3,34	-3,58	-3,17	-3,19	-2,09	-2,44	-2,37	-1,33	0,66	0,57
Prix de production	%	-0,28	-0,86	-1,63	-1,86	-1,39	-1,40	-0,28	-0,65	-0,55	0,60	2,76	2,64
Prix de VA	%	-0,28	-0,92	-1,74	-1,97	-1,48	-1,50	-0,28	-0,69	-0,56	0,70	3,01	2,90
Prix des exportations	%	-0,28	-0,82	-1,53	-1,76	-1,28	-1,29	-0,28	-0,63	-0,54	0,53	2,58	2,45
Prix des importations	%	-0,24	-0,56	-1,11	-1,38	-1,07	-1,08	-0,24	-0,47	-0,55	0,07	1,61	1,53
Salaires nominaux	%	-0,84	-2,35	-2,38	-1,86	-1,29	-1,32	-0,84	-1,66	-0,17	1,79	3,40	3,23
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	35	98	237	296	303	343	35	94	201	190	50	54
Taux de chômage	pp	-0,14	-0,38	-0,89	-1,08	-1,06	-1,06	-0,14	-0,37	-0,76	-0,71	-0,21	-0,20
Balance commerciale	pp	-0,08	-0,10	-0,12	-0,09	-0,16	-0,16	-0,08	-0,12	-0,24	-0,34	-0,52	-0,50
Solde public primaire	pp	-0,89	-0,68	-0,40	-0,33	-0,29	-0,29	-0,89	-0,68	-0,47	-0,46	-0,66	-0,70
Émissions de GES	%	0,30	0,40	0,83	1,08	1,16	1,15	0,30	0,44	0,96	1,19	0,93	0,88

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

L'indexation des salaires sur les prix de valeur ajoutée permet de rapprocher significativement les mécanismes macroéconomiques de ceux de Mésange (voir Tableau 3 *supra*). À court terme, la baisse des prix de consommation plus rapide que celle des salaires se traduit par une augmentation du pouvoir d'achat des ménages et donc par une hausse de leur consommation. Le surplus de demande adressée aux entreprises soutient l'activité, qui est également soutenue par l'investissement, via les effets multiplicateur et accélérateur. Les salaires, dorénavant indexés sur les prix de valeur ajoutée à long terme, bénéficient de ce redressement de l'activité. La modération salariale est ainsi limitée dans le temps, et les salaires nominaux dépassent rapidement leur contrefactuel, entraînant à la hausse l'ensemble des prix de production. Dès lors, ce rétablissement d'un niveau de prix et de salaires plus élevé que le niveau du scénario de référence se traduit par l'absence de gains de compétitivité à long terme. Les exportations, qui soutenaient la hausse du PIB dans le scénario précédent (+1,03 % à long terme), se dégradent (-1,88 %). Le PIB augmente de 1,01 % après 5 ans et de 0,51 % à long terme, contre 1,08 % et 1,38 % auparavant. Le multiplicateur d'activité repasse ainsi en dessous de 1 à long terme. À titre de comparaison, le PIB augmente dans Mésange de 0,81 % après 5 ans, et 0,70 % à long terme, et les exportations baissent de 0,08 %.

Par construction, la variante TVA est la plus touchée par ce changement de spécification, car cet impôt introduit une différence entre les prix de valeur ajoutée et les prix de consommation. La spécification alternative n'est toutefois pas neutre pour les autres variantes. En annexe (section 7.2.1.) se trouve un tableau comparatif des deux spécifications pour la variante de hausse de la productivité du travail. L'indexation des salaires sur les prix de valeur ajoutée à long terme augmente les pressions déflationnistes du choc et améliore encore plus la compétitivité des entreprises, alors que l'effet sur la consommation des ménages en volume est identique entre les deux spécifications. Ainsi, l'effet sur le PIB est durablement plus élevé, et s'établit à 0,90, contre 0,76 en cas d'indexation des salaires sur les prix de consommation. Mésange, qui retient une indexation des salaires sur les prix de valeur ajoutée à long terme, fait état d'un effet PIB de 0,89 à long terme.

7. Annexes

7.1 Autres variantes avec ThreeME-France comparées avec Mésange

7.1.1 Baisse permanente des cotisations sociales employeurs de 1 point de PIB

Tableau 15 : Comparaison ThreeME-France et Mésange d'un choc d'une baisse permanente des cotisations sociales employeurs de 1 point de PIB

Baisse permanente de l'impôt sur le revenu des ménages de 1 point de PIB		ThreeME-France standard						Mésange					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	0,26	0,45	0,74	0,93	0,92	0,92	0,21	0,57	0,96	1,30	1,61	1,73
VA du secteur marchand	%	0,31	0,53	0,86	1,09	1,06	1,06	0,26	0,71	1,21	1,64	2,05	2,20
Consommation des ménages	%	0,33	0,58	1,00	1,26	1,39	1,38	0,30	0,74	1,20	1,82	2,20	2,33
Investissement	%	0,25	0,41	0,74	0,94	0,95	0,94	0,28	1,00	1,47	1,64	1,81	1,91
Exportations	%	0,30	0,51	0,88	1,00	0,71	0,72	0,18	0,47	0,96	1,26	1,70	1,86
Importations	%	0,20	0,35	0,73	0,82	0,81	0,80	0,32	0,75	0,92	1,11	1,21	1,25
Revenu réel disponible des ménages	%	0,61	0,86	1,11	1,33	1,39	1,38	0,40	0,66	1,31	1,87	2,21	2,33
Taux d'épargne des ménages	pp	0,25	0,25	0,10	0,06	0,00	0,00	0,08	-0,07	0,09	0,04	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	-0,42	-0,66	-1,11	-1,25	-0,92	-0,93	-0,36	-0,70	-1,09	-1,33	-2,00	-2,26
Prix de production	%	-0,46	-0,72	-1,20	-1,33	-0,98	-0,99	-0,46	-0,86	-1,17	-1,32	-1,98	-2,23
Prix de VA	%	-0,51	-0,79	-1,30	-1,43	-1,06	-1,07	-0,49	-0,89	-1,33	-1,62	-2,45	-2,76
Prix des exportations	%	-0,43	-0,67	-1,12	-1,25	-0,90	-0,91	-0,28	-0,65	-1,02	-1,25	-1,72	-1,89
Prix des importations	%	-0,20	-0,36	-0,69	-0,87	-0,64	-0,64	-0,30	-0,60	-1,01	-1,18	-1,60	-1,75
Salaires nominaux	%	-0,07	-0,32	-0,32	0,05	0,45	0,43	-0,14	-0,47	-0,29	0,23	-0,11	-0,25
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	31	76	172	212	214	241	83	211	314	319	349	361
Taux de chômage	pp	-0,12	-0,30	-0,65	-0,79	-0,76	-0,76	-0,35	-0,88	-1,31	-1,33	-1,46	-1,51
Balance commerciale	pp	-0,04	-0,05	-0,09	-0,07	-0,11	-0,11	-0,04	-0,11	0,01	0,03	0,11	0,14
Solde public primaire	pp	-0,80	-0,66	-0,54	-0,49	-0,48	-0,48	-0,72	-0,42	-0,24	-0,16	-0,03	0,03
Émissions de GES	%	0,14	0,29	0,67	0,85	0,90	0,89						

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

7.1.2 Baisse permanente de l'impôt sur le revenu des ménages de 1 point de PIB

Tableau 16 : Comparaison ThreeME-France et Mésange d'un choc d'une baisse permanente de l'impôt sur le revenu des ménages de 1 point de PIB

Baisse permanente de l'impôt sur le revenu des ménages de 1 point de PIB		ThreeME-France standard						Mésange					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	0,44	0,59	0,89	1,03	1,03	1,02	0,41	0,83	0,82	0,87	1,01	1,05
VA du secteur marchand	%	0,48	0,65	0,97	1,14	1,13	1,13	0,50	1,00	0,95	1,02	1,21	1,26
Consommation des ménages	%	0,86	1,18	1,70	1,90	1,94	1,93	0,81	1,66	2,01	2,06	2,23	2,27
Investissement	%	0,50	0,75	1,07	1,10	1,08	1,07	0,61	1,60	1,23	1,15	1,24	1,27
Exportations	%	-0,07	-0,05	0,11	0,19	0,09	0,10	0,04	0,01	-0,13	0,01	0,22	0,28
Importations	%	0,41	0,66	1,00	0,99	0,97	0,97	0,70	1,42	1,28	1,24	1,30	1,31
Revenu réel disponible des ménages	%	1,68	1,70	1,85	1,93	1,94	1,93	1,70	1,82	2,04	2,06	2,23	2,27
Taux d'épargne des ménages	pp	0,73	0,47	0,14	0,03	0,00	0,00	0,75	0,14	0,03	0,00	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	0,11	0,08	-0,13	-0,23	-0,12	-0,13	0,04	0,21	0,35	0,14	-0,10	-0,18
Prix de production	%	0,12	0,08	-0,15	-0,25	-0,13	-0,14	0,04	0,20	0,35	0,12	-0,11	-0,19
Prix de VA	%	0,13	0,09	-0,17	-0,27	-0,14	-0,15	0,04	0,26	0,41	0,17	-0,11	-0,21
Prix des exportations	%	0,10	0,06	-0,14	-0,24	-0,11	-0,13	0,02	0,14	0,31	0,12	-0,09	-0,15
Prix des importations	%	0,04	0,04	-0,07	-0,16	-0,08	-0,09	0,05	0,17	0,30	0,12	-0,08	-0,13
Salaires nominaux	%	0,25	-0,07	-0,42	-0,30	-0,14	-0,16	0,05	0,09	0,05	-0,16	-0,21	-0,25
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	29	76	183	213	220	249	24	108	184	181	196	200
Taux de chômage	pp	-0,12	-0,30	-0,71	-0,81	-0,80	-0,80	-0,10	-0,45	-0,77	-0,75	-0,82	-0,83
Balance commerciale	pp	-0,12	-0,20	-0,27	-0,25	-0,26	-0,26	-0,21	-0,44	-0,44	-0,38	-0,34	-0,33
Solde public primaire	pp	-0,42	-0,31	-0,11	-0,07	-0,07	-0,08	-0,81	-0,50	-0,51	-0,50	-0,45	-0,43
Émissions de GES	%	0,37	0,60	1,03	1,16	1,18	1,17						

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

7.1.3 Dépréciation permanente de 10 % de l'euro

Tableau 17 : Comparaison ThreeME-France et Mésange d'un choc d'une dépréciation permanente de 10 % de l'euro

Dépréciation permanente de 10 % de l'euro		ThreeME-France standard						Mésange					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	0,44	0,62	0,67	0,46	0,03	0,03	0,50	0,99	1,19	0,74	0,21	0,02
VA du secteur marchand	%	0,63	0,81	0,83	0,55	0,04	0,04	0,71	1,38	1,59	0,98	0,29	0,03
Consommation des ménages	%	-0,20	0,20	0,49	0,53	0,03	-0,01	-0,03	0,24	1,00	0,83	0,17	-0,03
Investissement	%	0,35	0,72	1,03	0,66	0,04	0,03	0,72	1,69	1,67	0,70	0,18	0,00
Exportations	%	2,05	2,00	1,46	0,52	0,04	0,12	1,31	2,05	2,00	1,37	0,75	0,47
Importations	%	0,37	0,72	0,79	0,39	0,03	0,03	0,41	0,72	0,88	0,58	0,35	0,28
Revenu réel disponible des ménages	%	-0,47	0,42	0,59	0,55	0,02	-0,01	-0,12	0,34	1,12	0,78	0,17	-0,03
Taux d'épargne des ménages	pp	-0,24	0,20	0,08	0,02	-0,01	0,00	-0,08	0,09	0,10	-0,04	-0,01	0,00
Prix de la consommation	%	1,87	2,20	3,00	4,26	4,93	4,85	0,60	1,17	2,49	3,49	4,64	5,12
Prix de production	%	1,60	2,03	2,92	4,26	4,93	4,84	0,44	1,07	2,63	3,62	4,71	5,18
Prix de VA	%	1,23	1,79	2,78	4,23	4,94	4,86	0,08	0,59	2,07	3,19	4,61	5,20
Prix des exportations	%	2,05	2,36	3,09	4,32	4,93	4,83	1,19	1,85	3,32	4,28	5,03	5,33
Prix des importations	%	3,36	3,20	3,53	4,35	4,92	4,84	1,77	2,49	3,63	4,45	5,07	5,35
Salaires nominaux	%	1,19	2,75	3,91	5,09	4,96	4,89	0,54	1,59	3,77	4,53	4,96	5,24
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	46	103	171	96	5	8	25	98	156	71	23	3
Taux de chômage	pp	-0,16	-0,36	-0,61	-0,34	-0,02	-0,02	-0,10	-0,41	-0,65	-0,30	-0,10	-0,01
Balance commerciale	pp	0,09	0,11	0,05	0,03	0,00	0,02	0,08	0,19	0,23	0,17	0,09	0,04
Solde public primaire	pp	0,25	0,31	0,31	0,21	-0,01	-0,04	-0,12	-0,31	-0,31	-0,05	0,19	0,28
Émissions de GES	%	-0,05	0,28	0,71	0,50	0,12	0,11						

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

7.1.4 Hausse permanente de 1 % de la demande mondiale

Tableau 18 : Comparaison ThreeME-France et Mésange d'un choc d'une hausse permanente de 1 % de la demande mondiale

Baisse permanente de l'impôt sur le revenu des ménages de 1 point de PIB		ThreeME-France standard						Mésange					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	0,28	0,27	0,28	0,24	0,13	0,12	0,26	0,31	0,27	0,17	0,08	0,05
VA du secteur marchand	%	0,37	0,34	0,34	0,28	0,14	0,14	0,36	0,42	0,34	0,22	0,10	0,05
Consommation des ménages	%	0,09	0,17	0,26	0,28	0,17	0,16	0,09	0,21	0,33	0,27	0,16	0,12
Investissement	%	0,27	0,35	0,40	0,30	0,15	0,15	0,39	0,53	0,33	0,16	0,08	0,05
Exportations	%	0,94	0,88	0,76	0,50	0,35	0,36	0,72	0,73	0,61	0,49	0,38	0,33
Importations	%	0,33	0,50	0,53	0,41	0,32	0,32	0,42	0,51	0,48	0,43	0,39	0,38
Revenu réel disponible des ménages	%	0,16	0,22	0,28	0,29	0,16	0,16	0,13	0,23	0,37	0,26	0,16	0,12
Taux d'épargne des ménages	pp	0,06	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04	0,02	0,03	-0,01	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	0,08	0,14	0,32	0,65	0,84	0,83	0,06	0,17	0,43	0,59	0,78	0,87
Prix de production	%	0,08	0,16	0,34	0,69	0,89	0,87	0,08	0,22	0,52	0,66	0,85	0,93
Prix de VA	%	0,09	0,17	0,37	0,75	0,97	0,95	0,07	0,20	0,47	0,65	0,90	1,00
Prix des exportations	%	0,08	0,16	0,31	0,65	0,83	0,81	0,04	0,14	0,38	0,52	0,64	0,69
Prix des importations	%	0,04	0,08	0,19	0,42	0,58	0,57	0,06	0,15	0,37	0,50	0,60	0,64
Salaires nominaux	%	0,19	0,29	0,67	1,00	1,01	0,99	0,18	0,41	0,88	0,94	1,01	1,06
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	23	50	71	48	26	30	19	44	32	16	8	4
Taux de chômage	pp	-0,08	-0,18	-0,25	-0,17	-0,09	-0,09	-0,08	-0,18	-0,13	-0,07	-0,03	-0,02
Balance commerciale	pp	0,19	0,13	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00
Solde public primaire	pp	0,08	0,13	0,14	0,12	0,07	0,06	0,09	0,15	0,09	0,05	0,01	-0,01
Émissions de GES	%	0,20	0,33	0,44	0,41	0,32	0,32						

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

7.1.5 Baisse ciblée de la TVA de 0,1 % comparée à une baisse générale de la TVA de 0,1 %

Tableau 19 : Comparaison entre un choc d'une baisse permanente de la TVA de 0,1 point de PIB sur la construction et sur l'ensemble des commodités dans ThreeME-France standard

Baisse permanente de l'impôt sur le revenu des ménages de 1 point de PIB		ThreeME-France standard						Mésange					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	0,04	0,07	0,13	0,16	0,18	0,18	0,05	0,06	0,11	0,13	0,14	0,14
VA du secteur marchand	%	0,05	0,09	0,16	0,21	0,22	0,23	0,05	0,07	0,12	0,16	0,16	0,16
Consommation des ménages	%	0,07	0,09	0,15	0,19	0,22	0,22	0,08	0,09	0,14	0,18	0,20	0,20
Investissement	%	0,05	0,11	0,22	0,26	0,29	0,29	0,05	0,07	0,12	0,16	0,17	0,17
Exportations	%	0,01	0,05	0,10	0,12	0,11	0,11	0,02	0,06	0,12	0,14	0,10	0,10
Importations	%	0,04	0,05	0,10	0,11	0,12	0,12	0,04	0,06	0,11	0,12	0,13	0,13
Revenu réel disponible des ménages	%	0,14	0,12	0,17	0,20	0,22	0,22	0,15	0,12	0,16	0,19	0,20	0,20
Taux d'épargne des ménages	pp	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,06	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	-0,20	-0,25	-0,32	-0,35	-0,35	-0,36	-0,21	-0,26	-0,34	-0,36	-0,32	-0,32
Prix de production	%	-0,02	-0,07	-0,15	-0,18	-0,17	-0,17	-0,03	-0,09	-0,16	-0,19	-0,14	-0,14
Prix de VA	%	-0,02	-0,08	-0,16	-0,20	-0,19	-0,20	-0,03	-0,09	-0,18	-0,20	-0,15	-0,15
Prix des exportations	%	-0,02	-0,07	-0,13	-0,16	-0,14	-0,14	-0,03	-0,08	-0,15	-0,18	-0,13	-0,13
Prix des importations	%	-0,01	-0,03	-0,08	-0,11	-0,09	-0,10	-0,02	-0,06	-0,11	-0,14	-0,11	-0,11
Salaires nominaux	%	-0,08	-0,22	-0,22	-0,18	-0,14	-0,15	-0,08	-0,24	-0,24	-0,19	-0,13	-0,14
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	3	9	25	31	34	40	4	10	23	29	30	34
Taux de chômage	pp	-0,01	-0,03	-0,09	-0,11	-0,11	-0,12	-0,01	-0,04	-0,09	-0,11	-0,10	-0,10
Balance commerciale	pp	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Solde public primaire	pp	-0,08	-0,06	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,09	-0,07	-0,04	-0,03	-0,03	-0,03
Émissions de GES	%	0,03	0,03	0,06	0,08	0,09	0,09	0,03	0,04	0,08	0,11	0,11	0,11

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

Tableau 20 : Comparaison entre un choc d'une baisse permanente de la TVA de 0,1 point de PIB sur les autres biens pour l'industrie et sur l'ensemble des commodités dans ThreeME-France standard

Baisse permanente de l'impôt sur le revenu des ménages de 1 point de PIB		ThreeME-France standard						Mésange					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	0,05	0,05	0,08	0,11	0,14	0,13	0,05	0,06	0,11	0,13	0,14	0,14
VA du secteur marchand	%	0,06	0,06	0,09	0,13	0,15	0,15	0,05	0,07	0,12	0,16	0,16	0,16
Consommation des ménages	%	0,08	0,09	0,13	0,15	0,19	0,19	0,08	0,09	0,14	0,18	0,20	0,20
Investissement	%	0,05	0,06	0,07	0,11	0,14	0,14	0,05	0,07	0,12	0,16	0,17	0,17
Exportations	%	0,03	0,08	0,17	0,23	0,23	0,22	0,02	0,06	0,12	0,14	0,10	0,10
Importations	%	0,05	0,10	0,16	0,19	0,21	0,21	0,04	0,06	0,11	0,12	0,13	0,13
Revenu réel disponible des ménages	%	0,15	0,11	0,13	0,16	0,19	0,19	0,15	0,12	0,16	0,19	0,20	0,20
Taux d'épargne des ménages	pp	0,07	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,06	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	-0,22	-0,29	-0,39	-0,48	-0,47	-0,47	-0,21	-0,26	-0,34	-0,36	-0,32	-0,32
Prix de production	%	-0,04	-0,11	-0,22	-0,30	-0,30	-0,29	-0,03	-0,09	-0,16	-0,19	-0,14	-0,14
Prix de VA	%	-0,04	-0,11	-0,23	-0,31	-0,31	-0,30	-0,03	-0,09	-0,18	-0,20	-0,15	-0,15
Prix des exportations	%	-0,04	-0,11	-0,22	-0,30	-0,29	-0,28	-0,03	-0,08	-0,15	-0,18	-0,13	-0,13
Prix des importations	%	-0,05	-0,09	-0,18	-0,25	-0,25	-0,25	-0,02	-0,06	-0,11	-0,14	-0,11	-0,11
Salaires nominaux	%	-0,09	-0,26	-0,32	-0,34	-0,29	-0,29	-0,08	-0,24	-0,24	-0,19	-0,13	-0,14
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	4	9	18	24	29	33	4	10	23	29	30	34
Taux de chômage	pp	-0,01	-0,04	-0,07	-0,09	-0,10	-0,10	-0,01	-0,04	-0,09	-0,11	-0,10	-0,10
Balance commerciale	pp	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Solde public primaire	pp	-0,09	-0,07	-0,04	-0,03	-0,02	-0,02	-0,09	-0,07	-0,04	-0,03	-0,03	-0,03
Émissions de GES	%	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,08	0,03	0,04	0,08	0,11	0,11	0,11

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

7.1.6 Augmentation ciblée de la taxe carbone de 0,1 point de PIB comparée à une augmentation de la taxe carbone généralisée de 0,1 point de PIB

Tableau 21 : Comparaison entre un choc d'une hausse permanente de la taxe carbone de 0,1 point de PIB sur les secteurs de la construction et sur l'ensemble des secteurs dans ThreeME-France standard

ThreeME-France standard Hausse de la taxe carbone de 0,1 point de PIB		Secteur ciblé : Construction						Ensemble des secteurs					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	-0,02	0,02	0,07	0,04	-0,09	-0,11	-0,05	-0,07	-0,09	-0,11	-0,11	-0,11
VA du secteur marchand	%	-0,01	0,05	0,10	0,06	-0,11	-0,14	-0,06	-0,08	-0,10	-0,12	-0,12	-0,12
Consommation des ménages	%	-0,04	-0,04	-0,02	-0,02	-0,15	-0,19	-0,06	-0,07	-0,11	-0,14	-0,16	-0,16
Investissement	%	-0,05	0,13	0,50	0,57	0,37	0,32	-0,06	-0,08	-0,08	-0,08	-0,07	-0,07
Exportations	%	-0,03	-0,06	-0,16	-0,32	-0,49	-0,48	-0,10	-0,15	-0,21	-0,22	-0,19	-0,19
Importations	%	-0,09	-0,11	-0,07	-0,08	-0,18	-0,20	-0,08	-0,11	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16
Revenu réel disponible des ménages	%	-0,09	-0,04	-0,01	-0,02	-0,16	-0,19	-0,12	-0,10	-0,12	-0,15	-0,16	-0,16
Taux d'épargne des ménages	pp	-0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,05	-0,02	-0,01	-0,01	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	0,12	0,15	0,33	0,58	0,87	0,89	0,18	0,24	0,31	0,32	0,28	0,27
Prix de production	%	0,11	0,14	0,32	0,57	0,85	0,86	0,13	0,18	0,26	0,27	0,22	0,22
Prix de VA	%	0,11	0,16	0,36	0,65	0,97	0,99	0,09	0,15	0,22	0,22	0,17	0,17
Prix des exportations	%	0,05	0,08	0,21	0,42	0,63	0,62	0,14	0,20	0,28	0,29	0,25	0,25
Prix des importations	%	0,02	0,05	0,12	0,27	0,44	0,43	0,06	0,12	0,19	0,22	0,19	0,19
Salaires nominaux	%	0,06	0,16	0,31	0,55	0,66	0,64	0,06	0,20	0,21	0,16	0,12	0,12
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	-2	-4	-1	-6	-35	-45	-4	-11	-24	-25	-25	-28
Taux de chômage	pp	0,01	0,01	0,00	0,02	0,11	0,13	0,01	0,04	0,09	0,09	0,08	0,08
Balance commerciale	pp	0,03	0,03	0,00	-0,02	-0,03	-0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01
Solde public primaire	pp	0,15	0,13	0,16	0,15	0,08	0,06	0,10	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04
Émissions de GES	%	-0,66	-0,83	-0,84	-0,80	-0,89	-0,91	-0,29	-0,52	-0,76	-0,82	-0,84	-0,83

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

Tableau 22 : Comparaison entre un choc d'une hausse permanente de la taxe carbone de 0,1 point de PIB sur les secteurs des autres biens pour l'industrie et sur l'ensemble des secteurs dans ThreeME-France standard

ThreeME-France standard Hausse de la taxe carbone de 0,1 point de PIB		Secteur ciblé : Autres biens pour l'industrie						Ensemble des secteurs					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	-0,07	-0,07	-0,10	-0,11	-0,09	-0,09	-0,05	-0,07	-0,09	-0,11	-0,11	-0,11
VA du secteur marchand	%	-0,09	-0,09	-0,12	-0,12	-0,11	-0,11	-0,06	-0,08	-0,10	-0,12	-0,12	-0,12
Consommation des ménages	%	-0,05	-0,05	-0,09	-0,12	-0,12	-0,13	-0,06	-0,07	-0,11	-0,14	-0,16	-0,16
Investissement	%	-0,08	-0,10	-0,10	-0,07	-0,05	-0,05	-0,06	-0,08	-0,08	-0,08	-0,07	-0,07
Exportations	%	-0,21	-0,24	-0,29	-0,27	-0,22	-0,22	-0,10	-0,15	-0,21	-0,22	-0,19	-0,19
Importations	%	-0,12	-0,16	-0,19	-0,17	-0,17	-0,17	-0,08	-0,11	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16
Revenu réel disponible des ménages	%	-0,09	-0,06	-0,10	-0,13	-0,12	-0,13	-0,12	-0,10	-0,12	-0,15	-0,16	-0,16
Taux d'épargne des ménages	pp	-0,04	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,05	-0,02	-0,01	-0,01	0,00	0,00
Prix de la consommation	%	0,14	0,17	0,23	0,20	0,15	0,15	0,18	0,24	0,31	0,32	0,28	0,27
Prix de production	%	0,18	0,20	0,26	0,23	0,17	0,17	0,13	0,18	0,26	0,27	0,22	0,22
Prix de VA	%	0,12	0,15	0,20	0,16	0,10	0,10	0,09	0,15	0,22	0,22	0,17	0,17
Prix des exportations	%	0,29	0,30	0,38	0,34	0,28	0,28	0,14	0,20	0,28	0,29	0,25	0,25
Prix des importations	%	0,16	0,20	0,29	0,29	0,25	0,25	0,06	0,12	0,19	0,22	0,19	0,19
Salaires nominaux	%	0,03	0,14	0,12	0,06	0,03	0,03	0,06	0,20	0,21	0,16	0,12	0,12
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	-4	-11	-24	-22	-20	-22	-4	-11	-24	-25	-25	-28
Taux de chômage	pp	0,01	0,04	0,08	0,08	0,07	0,07	0,01	0,04	0,09	0,09	0,08	0,08
Balance commerciale	pp	0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01
Solde public primaire	pp	0,09	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,10	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04
Émissions de GES	%	-0,41	-0,52	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-0,29	-0,52	-0,76	-0,82	-0,84	-0,83

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

7.2. Tableaux comparatifs des tests de robustesse

7.2.1. Hausse de la productivité du travail pour deux spécifications de l'équation de salaires

Tableau 23 : Comparaison des deux variantes de la hausse de la productivité du travail dans ThreeME-France selon l'indexation des salaires

Hausse de la productivité du travail de 1 %		Indexation des salaires sur prix de consommation (« ThreeMe-France standard »)						Indexation des salaires sur prix de valeur ajoutée (variante)					
		t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT	t	t + 1	t + 4	t + 9	t + 29	LT
PIB	%	0,02	0,04	0,24	0,51	0,76	0,76	0,02	0,04	0,24	0,53	0,90	0,90
VA du secteur marchand	%	0,03	0,06	0,31	0,64	0,94	0,94	0,03	0,06	0,31	0,67	1,13	1,13
Consommation des ménages	%	0,00	-0,02	0,15	0,33	0,64	0,65	0,00	-0,02	0,14	0,29	0,62	0,66
Investissement	%	-0,01	-0,05	0,11	0,40	0,74	0,75	-0,01	-0,05	0,11	0,39	0,86	0,88
Exportations	%	0,06	0,19	0,62	1,25	1,49	1,46	0,06	0,19	0,65	1,40	2,00	1,94
Importations	%	-0,02	-0,03	0,14	0,38	0,58	0,58	-0,02	-0,03	0,14	0,38	0,66	0,66
Revenu réel disponible des ménages	%	0,01	0,16	0,25	0,35	0,64	0,65	0,01	0,16	0,22	0,29	0,63	0,66
Taux d'épargne des ménages	pp	0,02	0,16	0,09	0,01	0,00	0,00	0,02	0,16	0,08	0,00	0,01	0,00
Prix de la consommation	%	-0,09	-0,26	-0,79	-1,57	-1,90	-1,87	-0,09	-0,26	-0,83	-1,76	-2,53	-2,47
Prix de production	%	-0,10	-0,29	-0,86	-1,69	-2,01	-1,98	-0,10	-0,29	-0,91	-1,90	-2,67	-2,61
Prix de VA	%	-0,12	-0,32	-0,94	-1,83	-2,18	-2,15	-0,12	-0,32	-0,99	-2,06	-2,89	-2,83
Prix des exportations	%	-0,08	-0,26	-0,80	-1,58	-1,87	-1,83	-0,08	-0,27	-0,84	-1,77	-2,49	-2,42
Prix des importations	%	-0,04	-0,13	-0,47	-1,03	-1,32	-1,29	-0,04	-0,13	-0,49	-1,14	-1,75	-1,70
Salaires nominaux	%	-0,05	0,01	-0,87	-1,41	-1,26	-1,25	-0,05	-0,01	-0,97	-1,78	-2,02	-1,96
Emploi en milliers (secteur marchand)	Δ	-8	-109	-133	-50	0	-1	-8	-109	-131	-42	42	46
Taux de chômage	pp	0,05	0,54	0,69	0,38	0,20	0,20	0,05	0,54	0,68	0,35	0,06	0,06
Balance commerciale	pp	0,01	0,02	0,04	0,08	0,09	0,08	0,01	0,02	0,04	0,10	0,15	0,14
Solde public primaire	pp	-0,01	-0,18	-0,14	-0,05	0,06	0,07	-0,01	-0,18	-0,13	-0,04	0,12	0,14
Émissions de GES	%	-0,02	-0,03	0,09	0,31	0,52	0,52	-0,02	-0,03	0,08	0,29	0,56	0,56

% : variation relative, Δ : variation absolue (par rapport au scénario de référence), pp : variation en points de pourcentage.

8. Références

Allard-Prigent C., Audenis C., Berger K., Carnot N., Duchêne S. et Pesin F. (2002), « Présentation du modèle MESANGE », *Direction de la Prévision*, MINEFI.

Bardaji J., Campagne B., Khder M.-B., Lafféter Q. et Simon O. (Insee), Dufernez A.-S., Elezaar C., Leblanc P., Masson E. et Partouche H. (DG Trésor) (2017), « Le modèle macroéconométrique Mésange : réestimation et nouveautés », Direction des Études et Synthèses Économiques, *Document de travail*, n° G2017/04.

Bass Frank M. (1969), "A new product growth for model consumer durables", *Management science* 15 (5): 215-27.

Bouillot M, Girard P, L, et Tokay N, (2024), « Présentation du module Mésange vert », *Document de travail DG Trésor* n° 2024-04.

Brown, Murray, et Dale Heien (1972), "The S-branch utility tree: A generalization of the linear expenditure system", *Econometrica* (pre-1986) 40 (4): 737.

Callonnec G., Landa Rivera G., Malliet P., Saussay A., et Reynès F. (2016), « Les propriétés dynamiques et de long terme du modèle ThreeME: Un cahier de variantes 1 », *Revue de l'OFCE*, n° 5: 47-99.

Économie et Prévision (1998), « Structures et Propriétés de Cinq Modèles Macroéconomiques Français », *Économie et Prévision*, n° 134: 1-70.

Klein C. et Simon O. (2010), « Le modèle MESANGE nouvelle version réestimée en base 2000 », *Documents de Travail de la DGTPE*, n° 2010/02.

Lancaster, Kelvin. 1966. « Change and innovation in the technology of consumption », *The American Economic Review* 56 (1/2): 14-23.

Lancaster, Kelvin J. (1966), « "A new approach to consumer theory", *Journal of political economy* 74 (2): 132-57.

Reynès F. (2019), "The Cobb–Douglas function as a flexible function: A new perspective on homogeneous functions through the lens of output elasticities", *Mathematical Social Sciences* 97: 11-17.

Reynès F., Callonnec G., Gouedard H., Saussay A., Landa G., Malliet P., Gueret A. et Hu J. (2021), "ThreeME Version 3-Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy policy", A full description, www.threeme.org.

Solow R. M. (1956), "A contribution to the theory of economic growth", *The quarterly journal of economics* 70 (1): 65-94.