STATEC

Économie & Statistiques
Working papers

N°149 10/2026

Etude exploratoire sur la combinaison de modèles de micro- et macrosimulation dans le cas du Luxembourg

Auteurs :
Ferdy Adam, Lena Rota (STATEC[1]), Frédéric Berger, Ioana Salagean (IGSS[2])

Résumé / Abstract

FR
Depuis les travaux pionniers, notamment de François Bourguignon à partir de la fin des années 1980, la combinaison des modèles de microsimulation et macroéconomiques a suscité un nombre croissant de publications. Les applications empiriques se développent particulièrement dans les domaines des politiques fiscales et commerciales, du changement climatique, de la réduction de la pauvreté et des réformes structurelles. Si les modèles d'équilibre général calculable (EGC) sont largement privilégiés pour ce genre d'exercices, les modèles macro-économétriques estimés sont beaucoup moins fréquemment utilisés. Cette étude associe « Modux », modèle macro-économétrique du STATEC, à « SPAFIL », modèle de microsimulation de l'IGSS. Ces deux outils ont été largement utilisés pour la prévision et/ou l'analyse des politiques publiques, mais jamais jusqu'à présent dans le cadre de simulations combinées. L'objectif de ce travail est donc de relier les deux modèles et de générer deux chocs fictifs communs : une réduction des impôts sur les ménages et une diminution de l'activité du secteur financier. Les chocs sont simulés de manière itérative, un ensemble de variables pertinentes étant exporté séquentiellement dans les deux sens. Les deux modèles sont simulés en visant la convergence des solutions respectives. Les principaux résultats consistent en une trajectoire macroéconomique modifiée par rapport à la trajectoire initiale (baseline), intégrée à SPAFIL, et en l'inclusion d'effets distributifs concernant les ménages dans Modux. Ces derniers peuvent également modifier – parfois substantiellement – le résultat macroéconomique, et, notamment, le multiplicateur keynésien.

EN
Since the pioneering work, notably that of François Bourguignon from the late 1980s onwards, the combination of microsimulation and macroeconomic models has given rise to a growing number of publications. Empirical applications are developing particularly in the fields of fiscal and trade policy, climate change, poverty reduction and structural reforms. Whilst computable general equilibrium (CGE) models are widely favoured for this type of analysis, estimated macro-econometric models are used much less frequently. This study combines 'Modux', a macro-econometric model developed by STATEC, with 'SPAFIL', a microsimulation model developed by the IGSS. Both tools have been widely used for forecasting and/or analysing public policies, but never before in the context of combined simulations. The aim of this study is therefore to link the two models and generate two common hypothetical shocks: a reduction in household taxes and a decline in financial sector activity. The shocks are simulated iteratively, with a set of relevant variables being exported sequentially in both directions. The two models are simulated with the aim of achieving convergence of their respective solutions. The main results consist of a macroeconomic trajectory that differs from the initial baseline, integrated into SPAFIL, and the inclusion of distributional effects relating to households in Modux. The latter can also alter – sometimes substantially – the macroeconomic outcome and, in particular, the Keynesian multiplier.

Mots-clés : Microsimulation, Modélisation macroéconomique, couplage micro-macro, Modux, SPAFIL, Luxembourg, multiplicateur keynésien.

JEL Codes : C52, C54, C63, D31, E62, H24.

1 Institut national de la statistique et des études économiques (Luxembourg)

2 Inspection générale de la sécurité sociale (Luxembourg)

Etude exploratoire sur la combinaison de modèles de micro- et macrosimulation dans le cas du Luxembourg

Ferdy Adam, Lena Rota (STATEC[1])

Frédéric Berger, Ioana Salagean (IGSS[2])

12 octobre 2026

[1] Institut national de la statistique et des études économiques (Luxembourg)

[2] Inspection générale de la sécurité sociale (Luxembourg)

Résumé

Depuis les travaux pionniers, notamment de François Bourguignon à partir de la fin des années 1980, la combinaison des modèles de microsimulation et macroéconomiques a suscité un nombre croissant de publications. Les applications empiriques se développent particulièrement dans les domaines des politiques fiscales et commerciales, du changement climatique, de la réduction de la pauvreté et des réformes structurelles. Si les modèles d'équilibre général calculable (EGC) sont largement privilégiés pour ce genre d'exercices, les modèles macro-économétriques estimés sont beaucoup moins fréquemment utilisés. Cette étude associe « Modux », modèle macro-économétrique du STATEC, à « SPAFIL », modèle de microsimulation de l'IGSS. Ces deux outils ont été largement utilisés pour la prévision et/ou l'analyse des politiques publiques, mais jamais jusqu'à présent dans le cadre de simulations combinées. L'objectif de ce travail est donc de relier les deux modèles et de générer deux chocs fictifs communs : une réduction des impôts sur les ménages et une diminution de l'activité du secteur financier. Les chocs sont simulés de manière itérative, un ensemble de variables pertinentes étant exporté séquentiellement dans les deux sens. Les deux modèles sont simulés en visant la convergence des solutions respectives. Les principaux résultats consistent en une trajectoire macroéconomique modifiée par rapport à la trajectoire initiale (baseline), intégrée à SPAFIL, et en l'inclusion d'effets distributifs concernant les ménages dans Modux. Ces derniers peuvent également modifier – parfois substantiellement – le résultat macroéconomique, et, notamment, le multiplicateur keynésien.

Mots-clés :
Microsimulation, Modélisation macroéconomique, couplage micro-macro, Modux, SPAFIL, Luxembourg, multiplicateur keynésien.

JEL Codes :
C52, C54, C63, D31, E62, H24.

1. Introduction

Les évaluations des politiques publiques et budgétaires par le STATEC étaient consacrées, jusqu'à l'année 2019, exclusivement sur des effets macroéconomiques. Les évaluations ont, dans la plupart des cas, été effectuées à l'aide notamment du modèle économétrique Modux[1]. Dans Modux, il n'existe qu'un ménage représentatif, de sorte que naturellement, les angles d'analyse sont limités (pas d'impacts distributifs).

Cet état des choses a changé à la suite de l'accord gouvernemental luxembourgeois de 2018-2023 qui prévoyait plusieurs mesures qui influençaient sur les dépenses des ménages, dont la hausse de l'imposition du carburant et la gratuité du transport public. Dans Haas et Schmit (2019), le STATEC avait pour la première fois examiné l'impact de telles mesures sur les ménages en fonction de leur niveau de vie. Il avait été mis en avant que les deux mesures engendreraient bien une économie nette pour tous les quintiles de revenus et que l'effet était redistributif, avec des gains plus élevés dus aux mesures, en montants absolus et encore davantage en pourcentage du revenu disponible, pour les ménages modestes. Une des limites citées dans l'étude concernait notamment la taille limitée de l'échantillon EBM (Enquête sur les budgets des ménages, qui renseigne sur les revenus et dépenses des résidents), sur laquelle se basait l'évaluation, ainsi que le caractère uni-dimensionnel des conclusions statistiques.

Une deuxième analyse détaillant l'impact par tranche de revenus d'une mesure législative a été publiée à l'occasion de l'introduction, au 1er janvier 2021 d'une taxe CO_2, au Luxembourg (Haas et al. 2020[2]). Les données à la base de cette analyse avaient également été puisées dans l'enquête EBM, ces dernières comprenant un certain détail pour les différents produits pétroliers. Afin de contrecarrer l'impact négatif de la taxe CO_2 sur les revenus des ménages les plus modestes, le gouvernement avait alors annoncé le relèvement du montant maximal des crédits d'impôt pour salariés, pensionnés et indépendants. Selon les calculs effectués par le STATEC, les ajustements des crédits d'impôt assuraient que les deux quintiles inférieurs bénéficieraient d'une compensation quasi intégrale du surcoût.

Ces études présentaient toutefois certaines limites :

- Elles étaient basées sur l'échantillon (représentatif) des ménages figurant dans l'EBM (ne comprenait donc pas les frontaliers) ;
- Elles ne représentaient pas une évaluation intégrée ou en équilibre général (l'impact par exemple du redressement du pouvoir d'achat des ménages via les crédits d'impôts n'avait pas été évalué du point de vue macroéconomique) ;
- L'évaluation se limitait à dresser le bilan pour les ménages moyens des différents quintiles de revenu alors que les données d'enquête montraient qu'à l'intérieur des

[1] Cf. Adam (2007) et de nombreuses études publiées dans les Notes de Conjoncture du STATEC
[2] Voir aussi : https://statistiques.public.lu/dam-assets/fr/statistique-publique/statec/questions-publiques/mouveco/reponses-statec.pdf

quintiles, on trouverait aussi bien des ménages non impactés par la taxe que des ménages qui devront débourser plusieurs centaines d'euros supplémentaires.

Une avancée significative a eu lieu en 2022, année marquée par une crise de l'énergie majeure, entraînant une hausse de l'inflation à des niveaux inédits et affectant particulièrement les ménages aux revenus plus faibles. Quatre paquets consécutifs de mesures gouvernementales avaient été décidés par les partenaires sociaux (et analysés par le STATEC), à savoir le dit « Energiedësch » (janvier 2022) et ceux retenus lors des réunions tripartites de mars et septembre 2022 ainsi que de mars 2023[3]. Si le cadre analytique était très semblable à ce qui avait été appliqué précédemment, un premier élément nouveau tenait au fait que les évaluations du STATEC furent présentées aux réunions tripartites, et même affinées au fil de la progression des discussions entre partenaires sociaux et des mesures sur la table des négociations. Deux publications ont trait à ces évaluations : STATEC 2022a et 2022b. Un deuxième élément novateur tenait à la prise en compte de la progression des salaires sur base de données administratives (exhaustives) fournies par l'IGSS, ce qui avait alors fortement impacté la situation des quintiles supérieurs, grâce à l'inclusion des hausses autonomes (c.-à-d. hors impact de l'indexation et des mesures explicitement prises en compte). Un des principaux désavantages de cette approche restait néanmoins la nature statique et en équilibre partiel du raisonnement[4] (pas de rétroaction des mesures sur la consommation, l'emploi, les recettes d'impôts, etc.).

Plus récemment, le STATEC (2024) est allé encore un pas plus loin, en rendant les données d'enquêtes (EBM) cohérentes avec les comptes nationaux (sur le passé observé) et les prévisions (2024-2025), et en ayant recours au modèle de microsimulation SPAFIL de l'IGSS pour l'évaluation des mesures (et le report des résultats afférents sur le revenu disponible par quintiles utilisées par le STATEC). L'approche innovait aussi en mettant en avant des taux d'épargne par quintiles et en adoptant à cette fin une approche dynamique c.-à-d. en rendant les consommations variantes au fil du temps (sur base des évolutions agrégées observées au niveau des comptes nationaux[5]). L'étude ne rompait pas avec les conclusions précédentes c.-à-d. que le pouvoir d'achat moyen des ménages aurait augmenté pour les différents niveaux de revenus depuis 2019, notamment sous l'effet de l'‘indexation et des différentes mesures.

Pour aller plus loin, cette étude propose un couplage itératif entre le modèle de microsimulation SPAFIL et le modèle macroéconométrique Modux. Les travaux novateurs de rapprochement entre les deux sphères « micro » et « macro » permettront de préparer le terrain pour des applications futures éventuellement standardisées, même si dans un avenir proche il y aura toujours des transferts manuels de données à faire (résultats d'un modèle servant d'input à

[3] Donnant lieu aux « Solidaritéitspak » 1 à 3, c.-à-d. des mesures de solidarité destinées aux entreprises et aux ménages.
[4] Cette approche permettait d'adresser la question si les ménages pouvaient toujours se permettre la même consommation qu'avant la crise énergétique (sans ajustement des volumes consommés).
[5] Jusque-là les évaluations étaient de nature statique, c.-à-d. que les consommations en volume (de produits énergétiques par exemple) étaient supposées constantes au fil du temps, ce qui consistait évidemment en une hypothèse forte.

l'autre). Ainsi, grâce au couplage itératif, les résultats de calcul d'impact de mesures ou de chocs (deux sont proposés dans cette étude) seront cohérents *per se*. Mais cela ne voudra pas dire que toute mesure, à l'instar de celles, complexes, citées ci-dessus, pourront être analysées exhaustivement par ce tandem SPAFIL-Modux. Un grand pion manquant restera la désagrégation de la consommation des ménages, inexistant dans Modux comme dans SPAFIL, de sorte que le recours à l'EBM restera nécessaire pour ventiler les différents postes de consommation par catégories de revenus[6].

[6] Or comme toute enquête par sondage de la population, les résultats de l'EBM récèlent différentes sources d'erreurs, notamment l'erreur liée à l'échantillonnage et l'erreur de mesure, qui font que les résultats peuvent être volatils d'une année sur l'autre, en particulier pour les postes de dépenses les plus désagrégés.

2. Question de recherche

Le but de ce travail est de coupler deux modèles développés et utilisés de longue date par deux administrations luxembourgeoises, à savoir SPAFIL (IGSS) et Modux (STATEC). Les deux modèles sont couramment utilisés, soit dans l'évaluation des politiques, surtout sociales (SPAFIL), soit dans l'établissement des projections macroéconomiques de court et moyen terme (Modux). Le bouclage est donc effectué concrètement dans le but d'améliorer ces deux processus.

Les premières publications de ce type, au niveau international, remontent à la fin des années '80, voire aux années '90 (cf. partie 3). Elles ont foisonné au courant des années 2000 mais au Luxembourg il a fallu 20 ans pour rendre une telle coopération opérationnelle[7], même si, techniquement, tout était en place pour effectuer ce type de travail[8] à partir de 2005. Il s'agit donc d'un travail important pour le Luxembourg alors que l'intérêt pour la communauté de recherche se décline en quatre points :

- Le travail fait appel à un modèle macro-économétrique (estimé) alors que dans la littérature, la plupart des modèles sont du type EGC (équilibre général calculable) ; les modèles estimés sont un peu plus flexibles à la manipulation (peu sensibles aux règles de clôture, par exemple) et ils sont beaucoup plus axés sur le réalisme des résultats de simulation car ils sont souvent mis à contribution dans le cadre d'exercices de prévision ;
- Deux spécificités économiques du Luxembourg, à savoir l'importance du secteur financier et la dépendance aux migrations de travailleurs (45% de l'emploi est constitué de travailleurs frontaliers, 75% des travailleurs sont des non-nationaux) sont bien ancrées dans Modux et pourraient intéresser la communauté de recherche ;
- SPAFIL est un modèle de microsimulation statique assez standard mais il présente une caractéristique qui le rend particulier, à savoir le fait que la population simulée est quasi-exhaustive[9], car puisée dans les données administratives de l'IGSS[10] ;
- Finalement, le couplage micro-macro pourrait améliorer (ou du moins influencer) l'estimation des multiplicateurs keynésiens et contribuer à la littérature dans ce contexte (il y a très peu d'articles de recherche sur cette question précise).

[7] Une des raisons est sans doute que les institutions disposant de modèles macroéconomiques n'avaient pas de modèle de microsimulation à disposition en leur sein (BCL, STATEC) alors que celles gérant les modèles de microsimulation (IGSS, CEPS/INSTEAD puis LISER) n'avaient pas directement accès aux modèles macroéconomiques luxembourgeois.

[8] Modux est couramment utilisé pour la prévision macroéconomique depuis 2006. SPAFIL, qui a été développé à partir des année 2000, est un modèle de microsimulation statique utilisé pour décrire et analyser l'ensemble du système socio-fiscal luxembourgeois.

[9] Elle comprend donc les frontaliers mais il est possible de présenter les analyses distributives en séparant ces derniers des résidents.

[10] Une recherche a révélé au moins deux autres pays qui auraient construit des modèles de microsimulation avec des bases de données administratives exhaustives : la Norvège (MOSART) et l'Autriche (STATSIM).

Afin d’illustrer le couplage et ses effets, les modèles seront simulés dans une approche itérative pour dériver l’impact à la fois micro- et macroéconomique de deux chocs fictifs : une réduction de la fiscalité des ménages et une forte diminution de l’activité du secteur financier luxembourgeois.

3. Revue de la littérature

Depuis les travaux pionniers, notamment de François Bourguignon à partir de la fin des années 1980, la combinaison des modèles de microsimulation et macroéconomiques a suscité un nombre croissant de publications. La section suivante se concentre sur six articles relativement récents, sélectionnés dans un objectif d'avoir une vue aussi variée que possible, afin de rendre compte des différentes approches existantes. Les six articles[11] (on pourrait aussi parler de cinq, car deux fonctionnent en tandem) brossent ainsi un tableau assez large des approches possibles, dans différentes dimensions.

Couverture géographique

Les pays ou régions couverts se situent tous en Europe : deux sont grands (Allemagne et Italie) et deux sont plus petits (Écosse et Lettonie). Un article utilise des modèles développés pour un pays fictif (Colombo, 2010).

Modèles

Deux articles s'appuient sur Euromod[12], modèle européen de microsimulation des politiques sociales et fiscales : Benkovskis et al., 2024 pour la Lettonie et Alexandri et al., 2024 pour l'Italie. Colombo (2010) construit un modèle de microsimulation et un modèle d'équilibre général calculable (MEGC) à partir de données fictives. Tous les modèles de microsimulation (sauf un) sont basés sur des données d'enquêtes, ce qui les distingue de SPAFIL qui utilise des données administratives exhaustives. La plupart des modèles macroéconomiques sont des modèles d'équilibre général calculable (MEGC) statiques, à l'exception d'un modèle qui est de nature dynamique (AMOS/Écosse). Une étude cependant utilise un modèle macroéconométrique estimé (comme Modux) : Alexandri et al. (2024) qui travaillent avec le modèle E3ME, développé et maintenu par Cambridge Econometrics.

Dans les modèles de microsimulation standards, l'offre de travail est souvent exogène. Toutefois, Beņkovskis at al. (2024), afin de prédire les probabilités d'emploi et de non-emploi, utilisent une régression logistique multinomiale. Ils estiment ainsi un modèle d'offre de travail avec cinq statuts alternatifs : employé (ou travailleur indépendant) en tant que travailleur hautement, moyennement ou faiblement qualifié, au chômage ou inactif. Clauss et Schubert (2009) comporte aussi une offre de travail endogène tout comme le modèle utilisé par Colombo (2010).

[11] Alexandri et al. (2024), Beņkovskis et al. (2024), Clauss et Schubert (2009), Connolly et al. (2024), Colombo (2010), Franz et al. (2007).
[12] Sutherland (2013) et https://euromod-web.jrc.ec.europa.eu/overview/what-is-euromod.

Approche de simulation et critères de convergence

La plupart des couples de modèles sont simulés de manière itérative ou séquentielle, soit de façon bottom-up (micro vers macro), soit de façon top-down (macro vers micro). Le sens de l'impulsion dépend de la nature du choc : un choc affectant le système de protection sociale (par ex. la réforme fiscale et sociale italienne dans Alexandri et al., 2024) est généralement simulé en premier lieu dans le modèle de microsimulation. Un choc macroéconomique (baisse de l'activité des services financiers en Lettonie dans Benkovskis et al., 2024) est d'abord simulé dans le modèle macroéconomique, puis les données sont exportées vers le modèle de microsimulation afin d'examiner les effets distributifs.

Un autre aspect de la technique de simulation concerne l'interaction entre les modèles. Dans la plupart des cas, ces modèles fonctionnent indépendamment (comme les nôtres), certains résultats étant exportés de l'un vers l'autre. Clauss et Schubert (2009) ont développé un modèle couplé EGC-microsimulation entièrement intégré (STSM/PACE-L, pour le ZEW), qu'ils présentent comme le plus avancé de son genre pour l'Allemagne.

L'étude de Colombo (2010) teste trois approches différentes : l'intégration complète, la méthode top-down (de l'EGC à la microsimulation) et une approche itérative top-down/bottom-up. Les résultats obtenus suggèrent que la méthode itérative est « l'approche la plus complète, car elle permet d'intégrer toutes les estimations microéconométriques nécessaires pour rendre compte des comportements des agents individuels et prend en compte les effets de rétroaction du niveau micro au niveau macro ».

La convergence des résultats des modèles respectifs est également un point important. Les modèles micro resp. macro ayant des finalités différentes, ils ne peuvent pas converger sur l'ensemble des variables. Dans la plupart des cas, les données observées (passées, en niveaux) ne correspondent pas entre les deux types de modèles. Ainsi, en simulation, il convient de rendre convergentes les variables identiques entre les modèles (généralement l'emploi et les salaires) en termes d'écarts (par rapport à la valeur de référence) ou de taux de croissance. Cette approche semble être la norme, bien que la convergence complète ne soit pas toujours visée. Alexandri (2024) et Connolly (2024) ne semblent pas la viser, contrairement à d'autres auteurs qui la recherchent pour un nombre donné de décimales. La convergence peut porter sur une seule variable (le chômage, Franz et al., 2007) ou sur plusieurs. Benkovskis et al. (2024) semblent être les plus ambitieux : ils recherchent la cohérence des taux de croissance de 13 variables, sur la base de deux critères : un écart quadratique moyen du taux de croissance inférieur ou égal à 0.00025 et un écart maximal des taux de croissance inférieur ou égal à 0.001.

Chocs simulés

La plupart des chocs affectent le système de protection sociale et/ou le système fiscal : réforme (augmentation) des allocations familiales (Lettonie) ; loi Hartz IV et réforme de la loi Hartz IV (Allemagne) ; introduction d'un revenu de base universel (Écosse) ; analyse approfondie de l'impact de la réforme fiscale et sociale italienne mise en œuvre en 2022. Seuls deux chocs sont de nature macroéconomique : un choc négatif sur l'activité des services financiers (Lettonie) et un choc sur le niveau mondial des prix du secteur des exportations de biens (à forte intensité de main-d'œuvre) dans les modèles fictifs développés par Colombo en 2010.

Variables de liaison

Les différents modèles communiquent entre eux en échangeant un certain ensemble de variables au cours des itérations. On peut constater que, dans la plupart des cas, les variables échangées étaient très similaires (aussi bien dans le cas ascendant que descendant) :

- emploi, population, parfois offre de travail et chômage ;
- données fiscales et prestations/cotisations sociales ;
- salaires et revenus, parfois informations sur leur distribution si le modèle d'équilibre général calculable (MEGC) prend en compte plusieurs types de consommateurs.

Des variables purement macroéconomiques comme le PIB et les prix n'ont jamais été échangées, la consommation privée dans un seul cas (Colombo 2010).

4. Schéma d'analyse et défis de mise en œuvre

Le but du couplage des modèles micro- et macroéconomiques est de profiter au mieux des spécificités des deux types d'outils[13]. Les modèles de microsimulation utilisent des données détaillées sur des individus ou des ménages, ce qui permet de reproduire la diversité des revenus, des structures familiales, des comportements et des caractéristiques socio-démographiques, ce dont les modèles macroéconomiques ne sont par nature pas capables. Les modèles de microsimulation – et SPAFIL en particulier – véhiculent souvent une réplique très fine des règles complexes relatives aux barèmes d'impôts, aux prestations sociales et aux cotisations avec prise en compte des seuils, plafonds et exceptions ainsi que des interactions entre dispositifs.

En revanche, les modèles de microsimulation se caractérisent par une faible considération des interactions macroéconomiques, étant centrés sur l'individu. Ils ne prennent ainsi peu ou pas du tout en compte les effets d'équilibre général comme l'impact des mesures simulées sur le PIB, l'emploi ou l'inflation. Ce défaut est censé être compensé par les modèles macroéconomiques, qu'ils soient du type « EGC » (équilibre général calculable) ou économétrique (comme Modux). Le défaut des modèles micro est compensé par la spécificité des modèles macro : a priori, sauf s'ils sont de taille très réduite, ils sont à même de représenter les interactions entre les mesures (du type micro) et les grands agrégats. Ils peuvent représenter les effets de second tour (PIB ou écart de production sur l'inflation, chômage sur les salaires, …) et quantifier ainsi les coûts (ou bénéfices) indirects des mesures simulées.

En fonction de la nature du choc ou de la mesure simulée, cette dernière sera mise en œuvre de façon initiale dans le modèle qui lui correspond le mieux. Une modification de la fiscalité des ménages, un relèvement du salaire social minimum, une modification des cotisations sociales, un changement sur les prestations familiales seront d'abord simulés dans le modèle de microsimulation (SPAFIL). Un choc macroéconomique ou macro-sectoriel (décrue de l'activité dans le secteur financier) sera d'abord simulé dans le modèle macroéconomique (Modux).

En cas de choc partant de la micro, qui semble être la variante dominante dans la littérature, l'impact sur les variables directement concernées et figurant dans le modèle macroéconomique (les impôts, le coût salarial, les transferts sociaux ou le revenu disponible) y sera alors exporté de façon agrégée. Ce dernier évaluera les effets de second tour, notamment sur les populations visées par les mesures, l'emploi ainsi que sur les salaires et les bases imposables, qui seront à leur tour exportés dans le modèle de microsimulation. Plusieurs allers-retours permettront de faire converger et stabiliser les résultats.

Autant pour la théorie. En pratique, différents obstacles risquent de s'interposer :

[13] Les spécificités techniques des deux modèles SPAFIL et Modux seront développées dans la partie 5. Ici ce sont surtout les caractéristiques générales des deux types de modèles et leur impact sur la manière de les faire interagir qui sont abordés.

- La base ou le cadre statistique des deux modèles ne sont pas identiques (cf. partie 6), ce qui entraine plusieurs types de réserves :
    - pour étudier les effets respectifs des politiques via les deux modèles, il faut un minimum de variables communes afin de faire dialoguer les modèles ;
    - or si les données observées sur le passé ne sont pas identiques entre les deux types de modèles, l'impact des politiques ne pourra qu'être observé et analysé en déviation ;
    - les modèles de microsimulation sont souvent de nature statique (comme SPAFIL), ce qui veut dire que les données sont calibrées sur une certaine année observée et que l'impact des politiques n'est évalué qu'à l'horizon du lendemain sans tenir compte d'éventuels changements de comportements à court ou moyen termes : on parlera d'impact de premier tour ou encore ou encore d'une approche « jour d'avant » et « jour d'après »[14] ;
- En cas d'exportation des effets macro vers la micro, il faut reconstituer l'impact sur la distribution à l'aide des techniques de reweighting et uprating décrites supra ;
- En cas d'exportation des effets micro vers la macro, il faut en revanche agréger les données micro et transposer les variations agrégées observées vers la macro ;
- Les deux modèles n'opèrent pas dans une maquette (informatique) commune : pour faire dialoguer les modèles, il faudra alors trouver un vecteur commun, comme Excel, pour échanger les données, ce qui pourra nécessiter des opérations manuelles (copy/paste…).

Néanmoins, SPAFIL est rendu « pseudo-dynamique » via deux types d'ajustements exogènes : la repondération (« reweighting ») et l'inflation/indexation (« uprating ») qui permettent de mieux approcher les effets de deuxième tour[15,16]. Finalement, la question des grandeurs à échanger entre les deux modèles est commentée plus en détail en annexe.

[14] Il existe aussi des modèles de microsimulation dynamiques.
[15] Cela nécessite tout de même le bouclage avec un modèle macroéconomique.
[16] Le « reweighting » permet d'ajuster les poids des individus de l'échantillon pour reproduire des variables macroéconomiques cibles (emploi, structure sectorielle, population dans son ensemble). Cette technique simule l'impact d'une réforme sur certaines grandeurs macroéconomiques – par exemple une hausse de l'emploi ou une modification de la composition de la population active – et en répercute les effets sur la distribution des revenus. La technique du « uprating » des salaires et/ou des prestations sociales constitue le deuxième moyen pour approcher les effets de deuxième tour. Dans le contexte des modèles de microsimulation, l'uprating (ou revalorisation) est une technique permettant de mettre à jour les variables observées lors d'une année de base vers une année plus récente. Ainsi la population conserve ses caractéristiques observées (âge, composition familiale, statut professionnel, etc.), mais ses revenus (et autres séries incluses) sont exprimés dans les niveaux économiques de l'année de simulation.

Concrètement, pour les deux chocs prévus dans le cadre de ce travail :

- la baisse de la fiscalité des ménages sera simulée initialement dans SPAFIL tandis que la décrue de l'activité du secteur financier sera d'abord simulée dans Modux ;
- les résultats des deux modèles[17] sont rassemblés dans un fichier Excel et transposés soit manuellement (SPAFIL) soit automatiquement (Modux) dans l'autre ;
- le programme économétrique EViews qui fait fonction d'environnement informatique et statistique supportant Modux a aussi été utilisé pour effectuer le travail analytique, les résultats de SPAFIL y étant exportés dans leur entièreté.

Tout ceci sera détaillé dans la partie 7.

[17] Modux tourne dans EViews; SPAFIL dans SAS.

5. Les deux modèles

5.1 Modux

Qu'est-ce que Modux et dans quel contexte est-il régulièrement utilisé ?

Modux constitue une représentation simplifiée de l'économie luxembourgeoise, moyennant quelques 500 équations dont une bonne centaine de variables comportementales (avec des paramètres estimés économétriquement suivant une spécification en modèles à correction d'erreur[18]). Modux est utilisé par le STATEC depuis une vingtaine d'années pour la prévision macroéconomique et l'évaluation (c.-à-d. l'intégration dans la prévision) des principales mesures de politique économique et budgétaire[19]. Les prévisions issues de Modux sont régulièrement publiées dans les Notes de Conjoncture du STATEC et constituent aussi le soubassement des prévisions budgétaires nationales établies par le Ministère des Finances et l'Inspection Générale des Finances (IGF).

Eléments théoriques

Les principaux blocs de Modux peuvent être qualifiés d'inspiration néo-keynésienne, avec la production et l'emploi déterminés par la demande et les prix et les salaires s'ajustant progressivement à l'équilibre, notamment via le mécanisme « à correction d'erreur » imbriqué dans les équations comportementales.

Les demandes de facteurs (capital/investissement, travail) sont basées sur des spécifications de type CES (élasticités constantes de substitution), et une hypothèse de concurrence monopolistique. Les exportations (biens, services non financiers) sont modélisées via des équations de parts de marché, comprenant les prix domestiques et les prix étrangers. Les prix et les salaires sont basés sur la théorie WS/PS (« Wage-Setting / Price-Setting ») qui constitue le cadre analytique central dans la macroéconomie du travail.

[18] Par équation à correction d'erreur on entend une façon de représenter le comportement de variables économiques qui ont tendance à évoluer ensemble à long terme, mais qui peuvent s'écarter temporairement (à court terme) l'une de l'autre, sous l'effet de chocs, d'aléas ou de comportements temporaires. Lorsqu'un écart à cet équilibre de long terme apparaît, un mécanisme de rappel ou de correction (d'erreur) tend progressivement à réduire cet écart.

[19] Il n'existe pas de publication scientifique décrivant Modux, seulement un cahier de variantes (Adam 2007), qui détaille les réactions du modèle à des simulations de chocs standardisés. En revanche, le modèle a été validé implicitement au cours du temps grâce à des analyses publiées voire des applications à des situations concrètes (prises en compte par les pouvoirs publics, discutées lors de réunions avec des institutions internationales comme l'OCDE, le FMI ou la Commission européenne). Voir à ce titre également : Marcellino (2018) ou STATEC (2022c).

Une des spécificités de Modux a trait à la modélisation de l'offre de travail, qui est endogène, et qui distingue les travailleurs frontaliers (non-résidents) et les migrations classiques (travailleurs qui viennent s'installer au pays). La théorie sous-jacente peut s'apparenter à un modèle de gravité simplifié (cf. Adam 2009). Comme conséquence, un choc de demande, qui attire de la main d'œuvre étrangère, peut avoir un impact sur le potentiel de production, qui n'est alors plus exogène, au sens de la théorie néo-classique.

Un autre élément de Modux, non standard pour les modèles macro-économétriques estimés, a trait à la modélisation des crédits. Modux comporte ainsi une équation pour les crédits immobiliers et une autre pour les crédits au secteur non financier (ainsi que pour les primes de risque). Un lien a ainsi été introduit entre la sphère financière et la sphère réelle[20].

Base statistique de Modux

L'ingrédient statistique essentiel pour Modux est constitué par les données des comptes nationaux, élaborées et publiées par le STATEC. On y distingue deux grands blocs : celui relatif au produit intérieur brut (PIB) dans les deux optiques production (valeur ajoutée par secteurs) et dépenses (consommation, investissement, exportations et importations) ainsi que celui relatif aux finances publiques (recettes/dépenses, impôts). La plupart des données relatives à l'emploi, aux salaires, à la population sont également issues des comptes nationaux respectivement conformes au cadre méthodologique afférent (Système européen des comptes). Un large bloc de données concerne le volet international qui provient d'AMECO (base de données macroéconomique annuelle de la DG ECFIN). Modux comprend aussi certaines séries agrégées sur les émissions de gaz à effet de serre voire les prix des carburants qui déterminent leurs quantités écoulées.

Principaux blocs

Activité : Le PIB en volume est déterminé par la demande extérieure. Celle-ci influence les exportations qui se décomposent en biens, services non financiers, services financiers et consommation des étrangers. Chacune de ces variables fait l'objet d'une équation économétrique qui, pour les deux premières, incorpore un terme de compétitivité-prix. La demande intérieure, qui se décompose en formation brute de capital fixe et consommation (privée et publique), dépend indirectement de la demande extérieure. La consommation publique est en partie exogène via la formation brute de capital fixe (FBCF) des services non marchands et l'emploi public. Les importations dépendent de la demande intérieure et extérieure.

[20] Glocker (2016) et Adam, Glocker (2018).

Demande de facteurs : Connaissant le PIB (ou la valeur ajoutée par branches, VAB) ainsi que les coûts (réels) des facteurs, il est possible de dériver la demande de capital (investissement) et de travail. Du point de vue théorique, ceci est réalisé sur base d'une fonction de production du type CES (« constant elasticity of substitution »), pour deux secteurs : financier et autres secteurs marchands (agrégés). Le progrès technique (exogène) est supposé agir sur le travail uniquement, de façon linéaire. Le capital et la FBCF sont liés par une équation traditionnelle décrivant l'accumulation de capital et la dépréciation.

Prix étrangers et prix domestiques : La boucle prix-salaires est centrale à chaque modèle. Le Luxembourg étant caractérisé par une indexation automatique des salaires (et de nombreuses prestations sociales) aux prix à la consommation, il faut y porter une attention particulière[21]. Dans un premier temps, les prix étrangers interviennent pour la détermination des prix intérieurs. Les salaires dépendent des prix intérieurs et de la productivité ainsi que du chômage. Il s'agit là d'un des deux points de connexion entre la sphère réelle et la sphère prix. Le chômage intervient en niveau dans les équations de salaires : il s'agit d'une spécification du type WS-PS (« wage setting – price setting »).

Offre de travail : Dans les modèles néo-keynésiens traditionnels, l'offre de travail est en principe exogène car elle est générée en grande partie par les mouvements démographiques, les migrations de travail ne jouant qu'un rôle secondaire. Au Luxembourg par contre, la croissance de la population résidente et de la population de travail est principalement alimentée par les mouvements migratoires. Ces derniers sont donc endogènes (alors que les mouvements naturels sont exogènes) et dépendent des différentiels de chômage et de salaire net avec les régions voisines. Connaissant l'offre et la demande de travail (cf. demande de facteurs) il est possible de dériver le chômage (national ou résident).

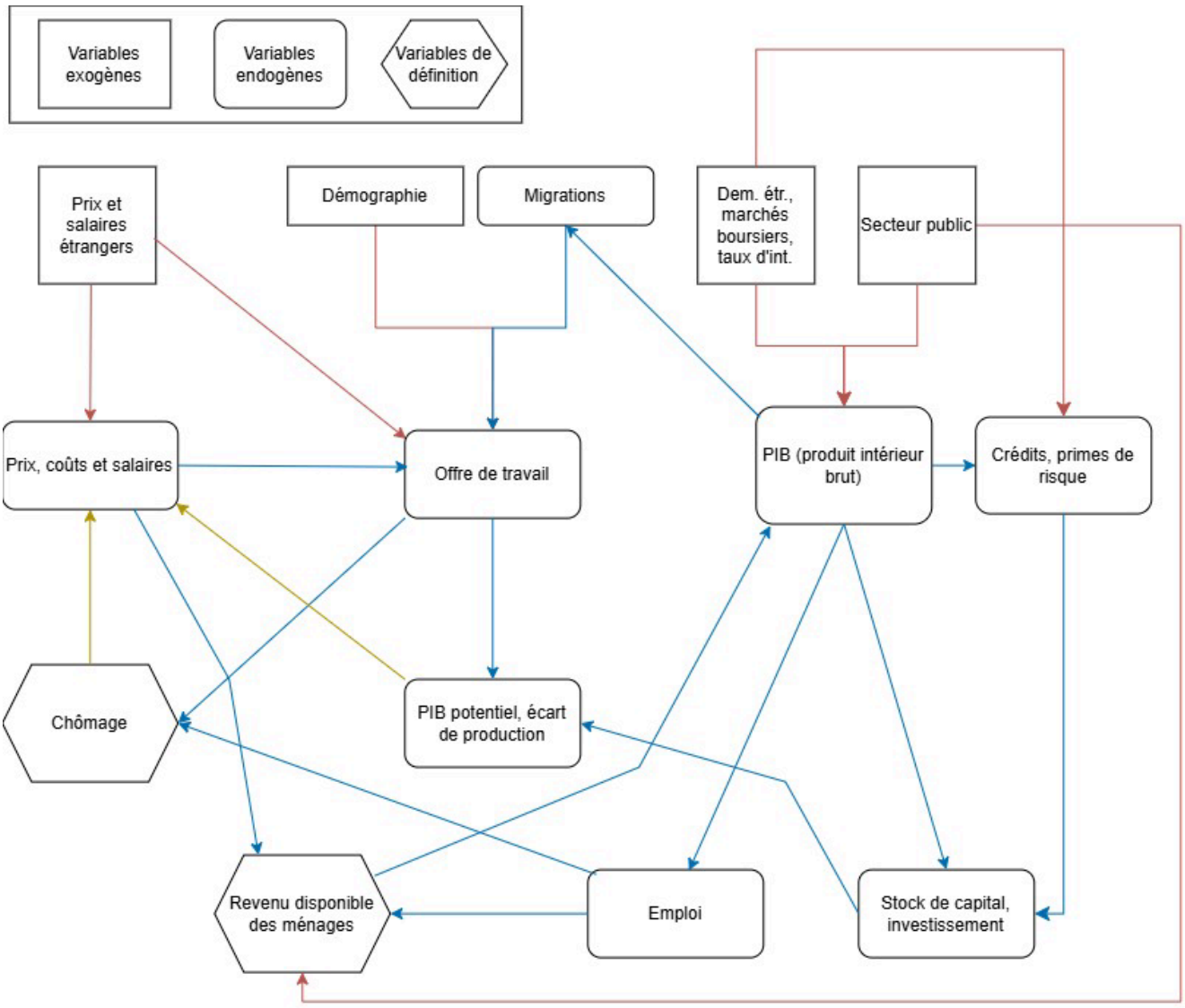
PIB potentiel : Comme dans de nombreux modèles macro-économétriques, le PIB potentiel est en principe exogène. L'écart de production «PIB observé / PIB potentiel » intervient dans la détermination des prix de valeur ajoutée du secteur privé non financier. Toutefois, vu l'offre de travail endogène (et son influence sur le PIB potentiel), un mécanisme a été intégré pour endogénéiser le PIB potentiel.

Le secteur public : Le module du secteur public est construit de façon à avoir un nombre maximal de variables endogènes, à la fois du côté des recettes et de celui des dépenses. Les seules variables importantes exogènes sont, du côté des dépenses, la FBCF et l'emploi. Les recettes sont généralement établies à l'aide d'équations estimées les liant aux principaux déterminants macroéconomiques (cf. Schmit 2021).

[21] Les prix à la consommation (IPCN) sont modélisés également en « stand-alone » au niveau trimestriel ce qui permet de dériver les échéances exactes des futures indexations de salaires.

Les ménages : Le secteur des ménages est modélisé de façon peu détaillée dans Modux, dans la mesure où il est basé sur un ménage représentatif, ce qui suscite l'intérêt pour le couplage avec les modèles du type « microsimulation ». Le comportement d'épargne ou de consommation, associé aux transferts nets (prestations perçues moins impôts, taxes et cotisations payés) fait le lien entre le marché du travail, le comportement redistributif du Gouvernement et l'activité économique.

Schéma : principales interactions dans Modux



Note : les flèches rouges indiquent l'impact des variables étrangères et exogènes ; les flèches bleues représentent les principales interactions macro-économiques et les flèches vertes le retour des déséquilibres macroéconomiques sur les prix et les salaires.

5.2 SPAFIL

Qu'est-ce que SPAFIL et dans quel contexte est-il régulièrement utilisé ?

SPAFIL est un modèle de microsimulation luxembourgeois qui a été mis en place au début des années 2000 par l'Inspection générale de la sécurité sociale (IGSS)[22]. Il est régulièrement utilisé depuis pour simuler l'effet de mesures de politiques sociales mais aussi fiscales. Il s'agit d'un modèle de microsimulation statique, basé sur les données administratives issues du système de sécurité sociale luxembourgeois. Cela le distingue, à titre d'exemple, de deux des autres modèles luxembourgeois à finalité identique, qui sont basés sur des données d'enquêtes.

Par opposition aux modèles dynamiques, les modèles statiques ne donnent qu'une image du système modifié (à politique changée) « le jour d'après », sans spécifier la trajectoire pour y arriver, et en ne simulant que les effets de premier tour, ce qui motive le couplage avec Modux. Aussi, dans les modèles statiques, les caractéristiques individuelles comme l'âge, le secteur d'occupation, l'éducation, etc. restent figées (la population ne vieillit pas). SPAFIL ne modélise pas non plus les aspects comportementaux de la population, comme par exemple sa participation (ou non) au marché du travail (en d'autres mots, l'offre de travail est exogène).

Base théorique

Les questions de redistribution, de justice sociale ou encore du bien-être des agents à la suite d'une réforme du système socio-fiscal sous-tendent le développement de ce type de modèles de microsimulation statiques. La variation du bien-être des agents mesurée par la variation du revenu disponible n'est toutefois qu'approximée par ce type de modèle, approximation qui peut néanmoins être considérée comme suffisante sous certaines hypothèses (Bourguignon et al. (2003)[23]. En revanche, l'absence de réponses comportementales comme indiqué supra empêche ces modèles d'estimer correctement l'impact budgétaire d'une réforme lorsque les changements de comportements sont potentiellement importants, car les effets de deuxième tour sont ignorés.

[22] A côté de SPAFIL, mentionnons les autres modèles de microsimulation luxembourgeois à savoir Euromod (cf. P. Liégeois, 2025 pour une citation récente) et Midas_LU (cf. Dekker G. et al., 2022 – seul modèle de microsimulation dynamique), gérés par le LISER, et un modèle de microsimulation représentant la taxation des particuliers, développé par l'Administration des Contributions Directes (Fehr et al., 2026).
[23] https://shs.cairn.info/revue-economie-et-prevision-1-2003-4-page-231?lang=fr

Le couplage avec le modèle économétrique Modux contribue à lever, du moins partiellement, ce type de limites en recourant à deux types d'ajustements exogènes : la repondération et l'inflation ou l'indexation[24].

Un des points forts de SPAFIL est la transcription d'un large pan du cadre légal et réglementaire socio-fiscal en relations statistiques (quantifiées) entre les variables en question, au niveau des individus ou des ménages fiscaux. La prise en compte de l'hétérogénéité des agents, des non-linéarités de certains transferts comme l'impôt sur le revenu et des interactions entre transferts constitue également une autre force de SPAFIL. Par exemple, pour ce qui est de la modélisation des impôts, cette transcription est opérée annuellement depuis 2001 en fonction de l'évolution de la législation. Cette intégration dans SPAFIL doit toutefois être entendue comme une simplification de la réalité, car il est impossible de disposer de l'ensemble des éléments présents dans les déclarations d'impôt des différents contribuables et certaines composantes du revenu ne sont pas disponibles : les loyers, les revenus du capital, les transferts entre ménages et les revenus du reste du monde.

Base statistique de SPAFIL

Les données à la base de SPAFIL sont collectées par l'IGSS le dans le cadre d'un « data warehouse » construit à partir des années 2000. Elles sont rassemblées grâce à un matricule national universel et unique, qui couvre presque tous les résidents mais aussi les frontaliers et les membres de leur famille, de sorte que la base de SPAFIL, mise à jour annuellement, porte sur plus de 1.3 Mio de personnes en 2024. Environ la moitié de ces personnes ne sont pas résidentes, soulignant une des particularités du marché du travail luxembourgeois, composé à près de 45% de travailleurs frontaliers.

Les individus résidents qui ne sont pas liés au système national de protection sociale (par ex. fonctionnaires internationaux – actifs et pensionnés – et membres de leur ménage), formant autour de 10% de la population résidente[25], ne sont pas inclus dans les données ou s'ils le sont, par cohabitation, se caractérisent par de très nombreuses informations manquantes[26].

Cette base statistique quasi exhaustive et la granularité de SPAFIL permettent d'aborder des questions très pointues portant sur des mesures ne touchant qu'une petite fraction de la

[24] Cf. note de bas de page no 15 p. 12.
[25] Fin décembre 2024, la population résidente du STATEC est estimée à 681 973 habitants alors que le nombre de personnes protégées à l'assurance maladie-maternité résidente est estimé à 611 248. Il y a donc (681 973 – 611 248) = 70 725 personnes non protégées, soit 10,4% de la population résidente.
[26] Les ménages dans lesquels il y au moins une personne non-affiliée à l'assurance maladie-maternité mais aussi ceux dans lesquels il y a au moins une personne affiliée à titre volontaire et les ménages dans lesquels il y a au moins une personne affiliée moins de 6 mois au cours de l'année civile ne sont pas non plus compris.

population (indicateur d'inégalité à l'échelle communale par exemple). Dans un système basé uniquement sur des données d'enquêtes, bien que représentatives au niveau national, un tel niveau de désagrégation est inenvisageable.

Le cœur de ce modèle représente le passage du revenu brut observé (salaires, revenus de remplacement, pensions, prestations sociales) au revenu disponible calculé (déduction des cotisations sociales et des impôts sur le revenu) qui peut être apparenté au niveau de vie. En revanche, SPAFIL ne recense pas toutes les catégories de revenus : les loyers perçus, les revenus du capital, les transferts entre ménages et les revenus du reste du monde échappent à sa définition. Cet écueil a été illustré par le passé en comparant les données de SPAFIL à celles d'EU-SILC (cf. Liégeois et al., 2011).

A propos des impôts, une étape préalable importante a trait à la construction du ménage fiscal à partir des données d'adresses, d'âge, de situation familiale et des liens familiaux, ce qui constitue le prérequis pour pouvoir simuler les impôts sur le revenu qui reposent, précision importante, sur le principe de l'imposition collective (cette information étant absente du système statistique de la sécurité sociale).

Indicateurs produits avec SPAFIL

SPAFIL permet, par exemple, de simuler l'impact des politiques sociales et fiscales sur les indicateurs suivants :

- Revenu disponible en EUR ou par équivalent adulte[27] ;
- Taux de faible niveau de vie[28] ;
- Coefficient de Gini du niveau de vie annuel[29] ;
- Ratios S80/S20 et S90/S10[30].

[27] Le revenu disponible « équivalent adulte » ou niveau de vie monétaire est obtenu en divisant le revenu disponible (en EUR) par les membres du ménage convertis en équivalents-adultes. L'équivalence entre les membres du ménage est obtenue en leur assignant une pondération (dont l'addition constitue la taille équivalente du ménage): 1 au premier adulte; 0.5 à chaque membre âgé de 14 ans et plus et 0.3 aux enfants de moins de 14 ans.

[28] Taux de faible niveau de vie : part des personnes disposant d'un niveau de vie après redistribution inférieur à 60% du niveau de vie après redistribution médian national.

[29] Le coefficient de Gini est un indicateur synthétique permettant de rendre compte du niveau d'inégalité pour une variable et sur une population donnée. Il varie entre 0 (égalité parfaite) et 1 (inégalité extrême). Entre 0 et 1, l'inégalité est d'autant plus forte que l'indice de Gini est élevé. Il est égal à 0 dans une situation d'égalité parfaite où la variable prend une valeur identique sur l'ensemble de la population. À l'autre extrême, il est égal à 1 dans la situation la plus inégalitaire possible, où la variable vaut 0 sur toute la population à l'exception d'un seul individu.

[30] Le ratio S80/S20 est le rapport du revenu total reçu par les 20% ayant les revenus les plus élevés au revenu total reçu par les 20% ayant les revenus les plus faibles. Idem S90/S10.

SPAFIL permet, entre autres, d'identifier les gagnants et les perdants d'une réforme et d'estimer les effets agrégés. Selon les objectifs visés, les analyses peuvent porter sur l'ensemble des assurés et des coassurés du système de sécurité sociale (résidents et frontaliers) ou uniquement sur les résidents.

Un des aspects les plus intéressants alors du couplage micro/macro est la production d'indicateurs d'inégalités, de pauvreté ou de distribution des revenus au départ de chocs macroéconomiques initiés dans Modux, transposés dans SPAFIL.

Exemples d'application

Une des motivations de SPAFIL est de participer en amont à la prise de décision publique et en aval d'évaluer les politiques publiques. L'IGSS est fréquemment mandatée par le Gouvernement ou par un Ministère pour évaluer des mesures. Par exemple, en 2015, pour donner suite à la saisie du Conseil économique et social (CES) par le Premier Ministre pour préparer la réforme fiscale de 2017, l'IGSS a pu alimenter l'avis grâce à des données extraites de SPAFIL. En 2018, l'IGSS a été mandatée par le Ministère de la Famille, de l'Intégration et à la Grande Région de réaliser, grâce au recours à SPAFIL, le volet quantitatif de l'évaluation du dispositif du REVIS[31], notamment son impact sur le taux de risque de pauvreté monétaire relative.

Les résultats de SPAFIL peuvent également être utilisés par la communauté scientifique dans le cadre de la « Luxembourg Microdata Platform on Labour and Social Protection »[32].

Depuis 2011, l'IGSS produit chaque année des données pour le module SESPROS d'Eurostat (Système européen de statistiques intégrées de la protection sociale) sur les prestations nettes de protection sociale en recourant à SPAFIL et en construisant les taux d'imposition moyens détaillés[33] pour une prestation. Les « taux de cotisation moyens détaillés » pour une prestation

[31] Le REVIS est un dispositif luxembourgeois de solidarité sociale destiné à garantir des moyens d'existence minimum à toute personne ou ménage dont les ressources sont insuffisantes.
[32] Dans le cadre de leurs missions respectives, le Ministère de la Santé et de la Sécurité sociale et le ministère du Travail se sont associés pour créer une plateforme d'accès aux microdonnées administratives appelée la «Luxembourg Microdata Platform on Labour and Social Protection ». La LMDP poursuit deux objectifs : (a) faciliter l'accès aux données individuelles administratives pseudonymisées, afin de renforcer l'utilisation statistique des données administratives et développer la recherche et l'étude sur le marché du travail et la protection sociale ; (b) garantir le respect de la vie privée des personnes, en conformité avec le règlement général européen sur la protection des données à caractère personnel (RGPD).
[33] Le « taux d'imposition moyen détaillé » (AITR en Anglais) pour une prestation sociale (ou un regroupement de prestations) correspond à la somme des impôts payés sur cette prestation divisée par le revenu total en provenant (c'est-à-dire les avantages bruts reçus). Le « taux de cotisation sociale moyen détaillé » (AISCR en Anglais) se calcule à partir de la somme des cotisations sociales payées sur cette prestation, divisée par le revenu total en provenant.

(ou un ensemble de prestations), appliqués aux prestations brutes soumises aux cotisations sociales et/ou à l'impôt sur le revenu des personnes physiques, permettent d'estimer les prestations nettes.

6. Analyse comparative des données

L'année 2024 constitue l'année de référence pour la comparaison des deux modèles. Un prérequis pour pouvoir les combiner consiste à analyser et à comparer les grandeurs statistiques en question afin d'orienter certains choix méthodologiques comme le fait d'aligner ou non les résultats de simulation des deux modèles pour l'année 2024 ou encore d'opter pour un raisonnement en déviation relative plutôt qu'absolue.

D'emblée, il importe de souligner que les définitions des grandeurs ne sont pas toujours comparables entre Modux et SPAFIL. Modux recourt davantage aux définitions présentes dans la comptabilité nationale alors que SPAFIL se réfère généralement à celles du manuel SESPROS et des règlements européens qui encadrent les statistiques sur les revenus et les conditions de vie. Par exemple, le montant du revenu disponible de la population résidente de SPAFIL ne représente que 66.7% de celui de Modux (cf. tableau 1). Cet écart s'explique en grande partie par le fait que le concept de revenu disponible diffère d'un modèle à l'autre comme souligné dans Törmälehto V.-M. et al. (2019), et comme on peut le cerner sur base de ce tableau.

Le contour et la définition des prestations sociales en espèces diffèrent ainsi dans les deux modèles. Modux inclut par exemple les prestations maladie en nature des frontaliers dans les prestations en espèces (convention comptable). Les prestations sociales en espèces qui relèvent des pensions dans Modux incluent les pensions du régime général et les pensions de la Caisse de pension des fonctionnaires et employés communaux (CPFEC) alors que seules les pensions du régime général sont présentes dans cette catégorie dans SPAFIL. Les pensions de la CPFEC ne sont pas absentes de SPAFIL mais sont classées dans une autre catégorie. Concernant les impôts directs payés par les ménages, Modux inclut également les impôts sur les revenu du capital dans les impôts directs payés par les ménages contrairement à SPAFIL qui simule uniquement les impôts sur le revenu des personnes physiques.

Le champ de la population est également différent entre Modux et SPAFIL. Côté résidents, Modux cible la population au 31.12.2024 alors que SPAFIL cible l'ensemble des personnes affiliées à l'assurance maladie-maternité du système de sécurité sociale luxembourgeois pendant au moins un mois au cours de l'année civile 2024. En matière d'emploi, Modux inclut également les travailleurs qui sont affiliés à une assurance maladie-maternité propre (essentiellement des fonctionnaires internationaux) alors que SPAFIL, comme précisé supra, n'inclut que les personnes (résidents comme frontaliers, avec les membres de famille associés) affilés à l'assurance maladie-maternité du système de sécurité sociale luxembourgeois.

Partant, le choix méthodologique retenu est celui de ne pas aligner SPAFIL sur Modux (ou vice-versa) pour l'année de base 2024. Se pose ensuite la question du prolongement des données de SPAFIL, vu sa nature statique. Modux opère habituellement sur un rayon de 5 ans, c'est-à-dire l'horizon de projection habituel à moyen terme. Si l'on veut comparer les résultats des deux

modèles sur un certain laps de temps, il convient de prolonger les données de SPAFIL sur un horizon similaire.

Dans la pratique, les taux de croissance annuels des principales variables communes aux deux modèles (population en emploi - ventilée selon le lieu de résidence, et, le cas échéant, selon le secteur institutionnel - population résidente hors de l'emploi, masse salariale, prestations sociales par exemple) sortant de Modux pour la période 2024-2029 sont appliqués à SPAFIL à partir de l'année de base 2024, afin d'obtenir un scénario de référence SPAFIL pour chacune de ces années. Ces techniques sont communément appelées « reweighting » et « uprating » (voir aussi partie 4).

Tableau 1: Comparaison des données statistiques sous-jacentes aux deux modèles (2024)

Séries statistiques concernées	**Modux**	**SPAFIL**	**SPAFIL/ Modux**
	Montants (mio EUR)		*%*
Masse salariale	43 153	40 060	*92.8*
Cotisations sociales effectives	9 339	9 150	*98.0*
Prestations sociales en espèces, pensions	7 409	6 873	*92.8*
Prestations sociales en espèces, famille	1 769	1 446	*81.7*
Prestations sociales en espèces, maladie	1 071	324	*30.3*
Prest. soc. en espèces, fonds pour l'emploi	795	626	*78.7*
Prest. soc. en espèces, autres	2 882	1 910	*66.3*
Prest. soc. en espèces, total	**13 926**	**11 179**	***80.3***
Total des impôts directs payés par les ménages	9 728	7 639	*78.5*
Total des cots. soc. payées par les ménages	5 303	5 034	*94.9*
Revenu disponible des ménages résidents	32 642	21 774	*66.7*
	Effectifs (nombre de personnes)		
Emploi total ou intérieur	516 026	521 818	*101.1*
Travailleurs frontaliers	235 134	241 404	*102.7*
Emploi des résidents*	280 892	280 414	*99.8*
Fonctionnaires internationaux	14 047	0	*.*
Emploi S11 (sociétés non financières)	382 278	384 165	*100.5*
Emploi S12 (sociétés financières)	54 967	58 763	*106.9*

Source: STATEC, IGSS

* Hors fonctionnaires internationaux

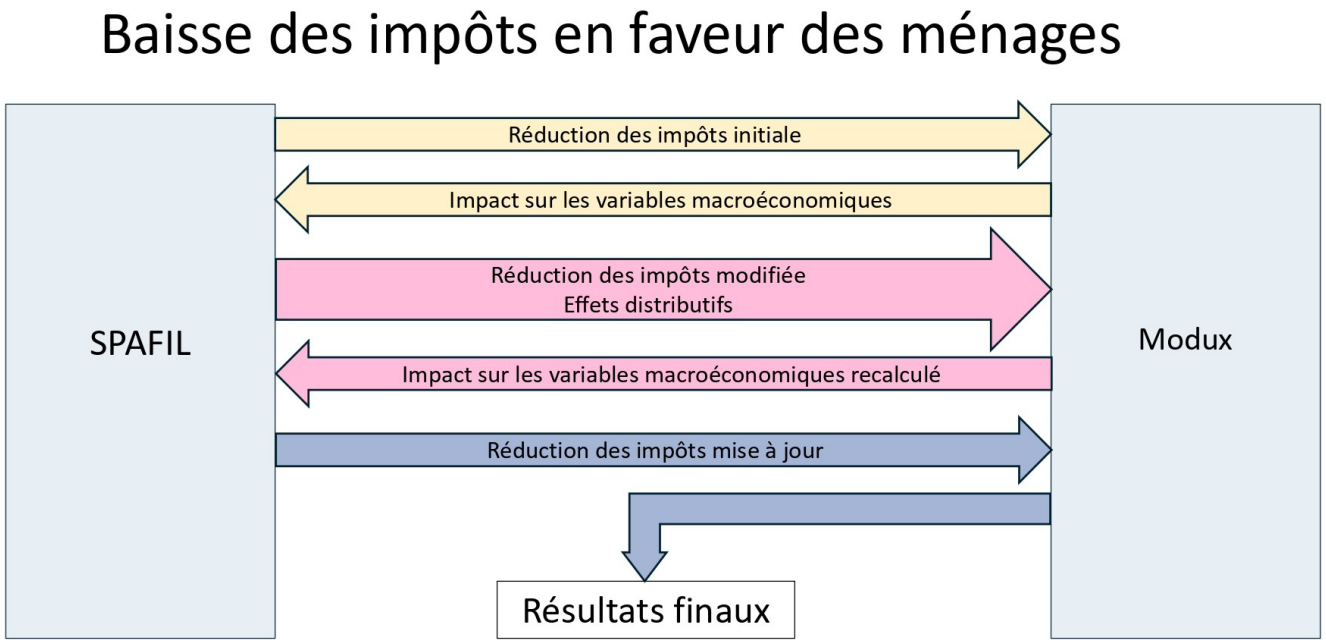
7. Les chocs simulés

Le couplage entre SPAFIL et Modux a été exploré sur base de 2 chocs fictifs, qui permettent d'illustrer les différents mécanismes ainsi que les variables d'ajustement.

7.1 Baisse fictive des impôts sur les revenus des ménages

Synthèse

Le choc est initié dans SPAFIL, en réduisant de façon permanente les impôts sur les revenus des ménages de 1 point de pourcent du PIB (soit un peu moins d'1 mia EUR par an) à partir de 2025[34]. A cette fin, le choc est mis en œuvre en augmentant linéairement les tranches d'imposition en vigueur en 2024 de 13.3%. La trajectoire de la baisse d'impôt générée par SPAFIL est exportée vers Modux où les résultats en termes d'impact sur les impôts sont contraints de suivre cette trajectoire.



Variables échangées: emploi resident et frontalier, population, masse salariale, pensions, allocations d'enfants, indemnités de chômage, autres prestations

[34] Le choc a été initié en 2025 dans les deux modèles et prolongé jusqu'en 2029. Dans les graphiques toutefois, ces références aux années respectives ont été enlevées.

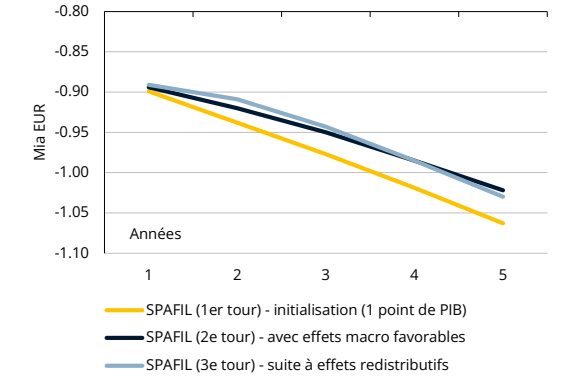
Modux génère alors une boucle de rétroaction macroéconomique favorable : la baisse des impôts stimule l'activité économique (tirée par la demande intérieure), et l'emploi réagit comme habituellement avec retard à cette accélération de l'activité (graphique 2). Les gains de productivité qui en résultent et qui dynamisent les salaires et par là aussi les prix, font en sorte que l'impact sur la masse salariale dépasse celui sur l'emploi, du moins à court terme. Par ailleurs, le chômage diminue, mais modérément, car une part importante des emplois créés va aux frontaliers, et le solde public se détériore.

Ces données sont ensuite réinjectées dans SPAFIL[35] qui génère une nouvelle trajectoire pour les impôts avec cette fois-ci une baisse plus modérée de l'impôt. Lors des simulations finales, Modux prend en compte les effets distributifs générés par SPAFIL, lesquels permettent d'interroger les limites de la modélisation de la consommation, de l'épargne et de l'impôt (dans Modux) et de procéder à des ajustements.

Résultats détaillés, 1ère itération

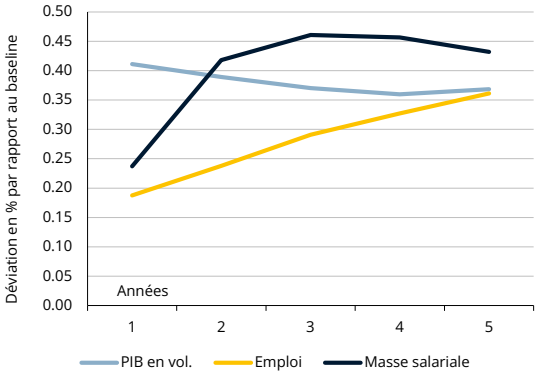
Le choc est initié dans SPAFIL, le modèle de microsimulation, ce qui permet de modéliser le choc avec une précision sensiblement plus élevée que dans Modux. En effet, Modux n'est constitué que d'un ménage représentatif doté d'un taux d'imposition moyen alors que SPAFIL s'approche de la réalité statistique observée, en raison de sa granularité fine (quasiment tous les ménages imposés y sont représentés), de la reconstitution des foyers fiscaux, ainsi que de la réplication au plus près du système d'imposition des personnes physiques. Les limites de SPAFIL résident dans l'absence de certains revenus soumis à l'impôt sur le revenu des personnes physiques (loyers ou revenus de capitaux).

Graphique 1: Impact sur les impôts payés par les ménages



Sources: IGSS, STATEC

Graphique 2: Impact macroéconomique final



Sources: IGSS, STATEC

[35] SPAFIL est alimenté par la trajectoire de l'emploi, des salaires, etc., issue de la première simulation Modux (1er tour). Grâce à des techniques de repondération et de réajustement, les résultats de SPAFIL sont adaptés aux résultats dynamiques de Modux. Ceci génère une baisse d'impôts moins marquée.

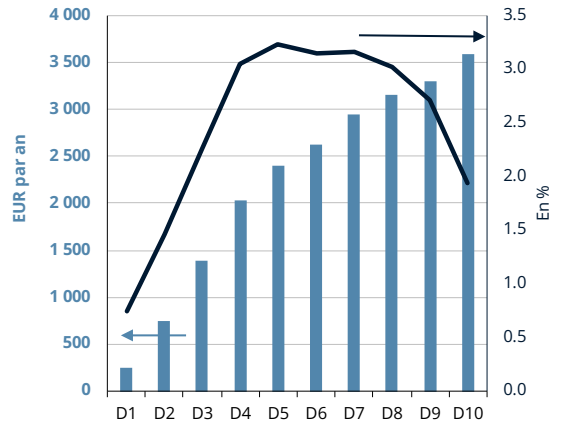
La baisse des impôts est calibrée ex ante sur un montant équivalent à 1 pourcent du PIB nominal, afin de pouvoir plus facilement établir le lien avec la théorie keynésienne et les multiplicateurs associés. La décision a été prise d'implémenter la baisse des impôts en augmentant linéairement toutes les tranches d'impôts en vigueur en 2024 de 13.3%. Il en résulte des gains d'impôts en valeur absolue assez faibles pour les revenus modestes mais beaucoup plus élevés pour les revenus élevés (cf. graphique 3). Une alternative à cette manière de réduire les impôts d'un montant équivalent à 1 pourcent du PIB nominal est discutée dans une section dédiée.

La baisse des impôts générée dans SPAFIL, qui est ensuite exportée lors de la première itération dans Modux, produit les réactions macroéconomiques suivantes :

- hausse de l'activité et de l'emploi, baisse du chômage ;
- (légère) hausse des prix et des salaires, en raison du bouclage (jouant via l'écart de production et le chômage) ;
- déchet fiscal moindre dans Modux, en raison des effets de bouclage favorables.

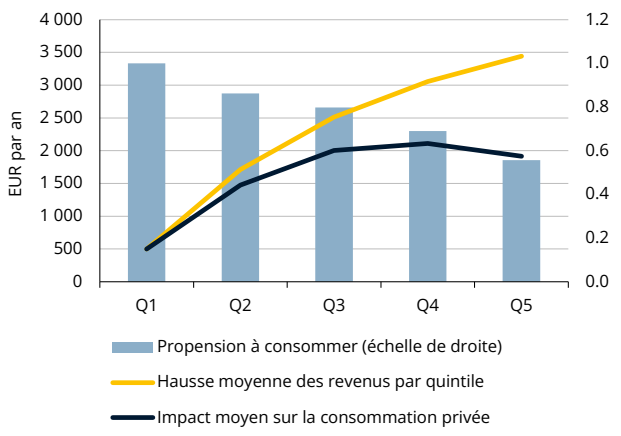
L'apport principal de Modux, lors de cette première itération, réside dans sa capacité à quantifier les effets favorables de l'expansion de l'activité sur les impôts des ménages. Ces effets se traduisent non pas par une réduction du coût fiscal ex ante de la réforme, mais par le fait que la hausse de l'activité génère une extension de la base imposable (via l'emploi surtout, et accessoirement les salaires).

Graphique 3: Impact sur le revenu disponible suite à la hausse linéaire des barèmes de 13.3%, 2025 (déciles)



Sources: IGSS, STATEC

Graphique 4: Propensions à consommer et impact sur la consommation dans SPAFIL (quintiles)



Sources: IGSS, STATEC

2e itération : *prise en compte des effets distributifs*

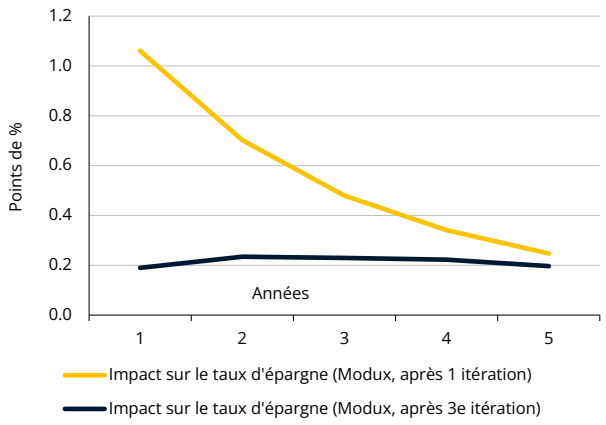
Pour Modux, l'avantage principal tiré du couplage avec SPAFIL est de pouvoir ajouter une dimension distributive, générée par ce dernier. Deux types d'effets sont pris en compte :

- l'impact de la baisse des impôts à travers la distribution du revenu disponible ;
- la répartition de la baisse des impôts entre frontaliers et résidents.

SPAFIL génère des résultats désagrégés sur les effets du choc fiscal sur le revenu disponible des ménages classés par déciles de revenus équivalent-adulte (graphique 3). En combinant ces effets avec des données exogènes sur les propensions à consommer par quintiles[36] (graphique 4), un impact sur la consommation peut être calculé. Ce dernier est alors comparé aux résultats produits par Modux en matière de consommation et d'épargne pour chaque année simulée.

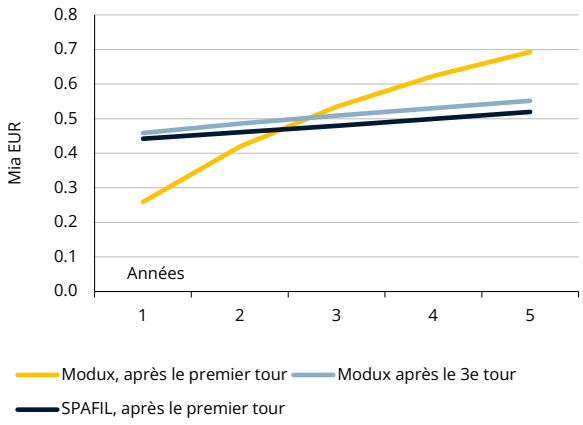
Modux génère une forte hausse du taux d'épargne au 1er tour (graphique 5) qui n'est pas confirmée par les données agrégées générées par SPAFIL. Sur les deux premières années simulées, la déviation entre le scénario et le baseline de la consommation (en valeur) est bien plus importante[37] dans SPAFIL que dans Modux (graphique 6).

Graphique 5: Impact sur le taux d'épargne



Sources: IGSS, STATEC

Graphique 6: Correction de la consommation



Sources: IGSS, STATEC

[36] Les données sur les propensions moyennes à consommer, établies par Eurostat ("Aggregate propensity to consume by income quintile - experimental statistics": https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/icw_sr_10/default/table?lang=en) ne sont disponibles qu'en quintiles. Les résultats de SPAFIL sont donc agrégés à ce niveau. Pour les besoins de notre travail, nous avons limité la propension du quintile inférieur à 1 (qui était sinon de 1.12 dans les données publiées).

[37] 200 Mio EUR sur la première année simulée, encore 50 Mio EUR sur la deuxième.

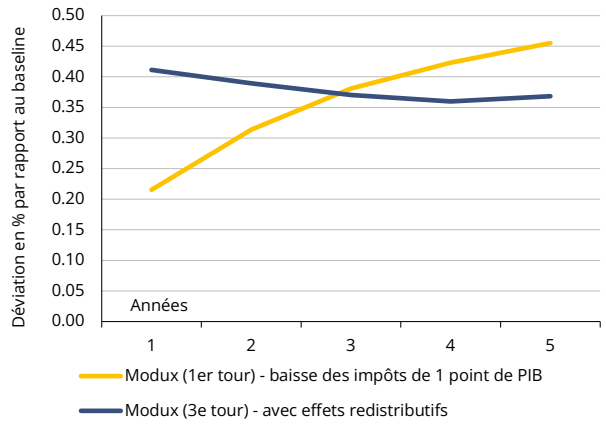
La raison tient au fait que l'épargne estimée dans Modux résulte de la confrontation entre le revenu et la consommation, cette dernière étant déterminée par une fonction de consommation. Revêtant une forme « à correction d'erreur », cette fonction comporte des variables explicatives qui diffèrent partiellement entre le court terme et le long terme. Plus spécifiquement, la propension à consommer à court terme dans Modux est significativement inférieure à 1, de sorte qu'après 1 année, sur une hausse de 100 EUR, seulement 50 finissent par être injectés via la consommation dans le circuit économique. Ainsi, dans Modux, l'épargne revêt davantage une dimension comportementale que dans SPAFIL.

Deux arguments plaident plus particulièrement pour un rapprochement de la variation du taux d'épargne de Modux à celui de SPAFIL :

- la fonction de consommation dans Modux est à fréquence annuelle avec une convergence vers l'équilibre de long terme assez lente ; il est plausible que l'injection de revenu arrive plus vite à dynamiser la consommation que ce qui est avancé par le modèle ;
- il est aussi fort probable que les ménages admettent la hausse du revenu comme étant permanente, de sorte à ce qu'ils seraient moins enclins à thésauriser une aussi grande partie du revenu additionnel (50% sur la première année).

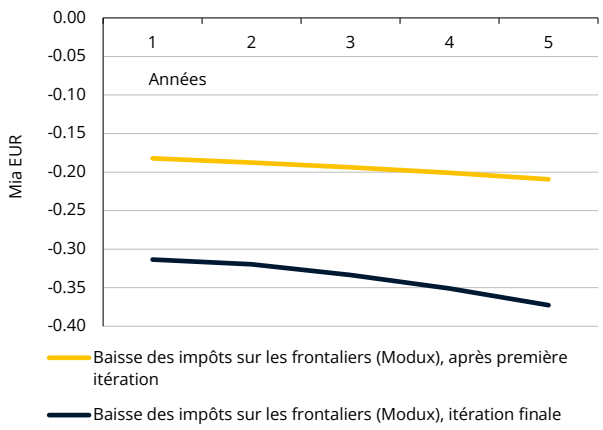
D'autre part, et c'est un argument en contresens, il ne faut pas oublier que les ménages les plus fortunés, c.-à-d. ceux qui bénéficieraient le plus de la réduction des impôts, ont effectivement une propension à consommer deux fois moins élevée que les ménages aux revenus faibles.

Graphique 7: Modification du multiplicateur keynésien



Sources: IGSS, STATEC

Graphique 8: Impôts payés par les frontaliers



Sources: IGSS, STATEC

Quel que soit l'argument dominant, dans le cadre de ces travaux, le taux d'épargne de SPAFIL a été imposé à Modux, avec pour conséquence une augmentation de la consommation et une amélioration du résultat macroéconomique à court terme. Partant, le multiplicateur keynésien, qui peut directement être dérivé de la trajectoire du PIB en volume (le choc initial a été calibré sur 1 point de PIB), change assez substantiellement : d'une hausse graduelle (0.2 à 0.45) il devient légèrement régressif, en passant de 0.4 sur la première année à 0.35 après 5 années (graphique 7).

Une autre dimension d'ajustement concerne la répartition de la baisse des impôts entre résidents et frontaliers. Force est de constater que Modux attribue, avec environ -200 Mio EUR lors des premiers tours (soit une baisse d'un peu moins de 10%), une part plus faible de la baisse des impôts aux frontaliers que SPAFIL (-300 à -350 Mio EUR). Modux représente les impôts de façon agrégée (pas de distinction selon la résidence), avant d'attribuer une part aux frontaliers respectivement aux résidents. SPAFIL en revanche, avec sa modélisation plus détaillée des impôts, devrait mieux capter l'impact de la baisse simulée de l'imposition selon les ménages (et donc implicitement sur les parts attribuées aux frontaliers et aux résidents). Les résultats de Modux ont donc été corrigés (baisse des impôts plus forte pour les frontaliers, passant à environ -15%) en suivant la contrainte imposée par SPAFIL (graphique 8). Il en résulte un impact macroéconomique légèrement moins favorable en raison d'un impact du choc fiscal sur le revenu disponible des résidents moins favorable.

Choix de l'impulsion (hausse linaire des tranches vs baisse forfaitaire des impôts)

La baisse des impôts retenue a été implémentée via une hausse linéaire des tranches d'imposition de 13.3%. Une spécification alternative du choc aurait pu consister en une réduction des impôts d'un montant forfaitaire absolu, identique pour les différents contribuables. Le graphique 3 illustre l'impact de la hausse linéaire des tranches d'imposition de 13.3% sur le revenu disponible moyen en 2025. Cet impact est jusqu'à 5 fois moins important dans les déciles inférieurs que dans les déciles supérieurs. Le graphique 9 en revanche montre l'autre cas extrême, à savoir la baisse uniforme (réduction forfaitaire) des impôts à travers les catégories de revenus.

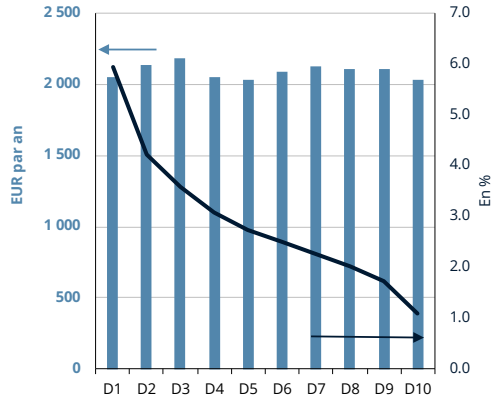
Toutefois, en agrégant les effets à travers les quintiles dans les deux cas (graphique 10), il apparaît que du point de vue macroéconomique, les différences (sur la consommation calculée dans SPAFIL, sur base des propensions moyennes retenues) sont quasiment gommées :

- dans le cas d'une hausse linéaire des tranches d'imposition de 13.3%, l'impact des gains de revenus élevés pour les ménages aisés est amoindri par les propensions à consommer moyennes proches de 0.5 ;

- dans le cas d'une réduction forfaitaire, les gains de revenus élevés pour les ménages à revenus faibles ont un impact substantiel au niveau macroéconomique.

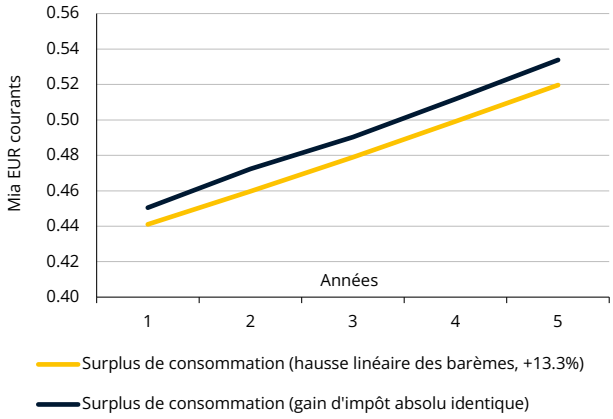
La décision a été prise de retenir pour les besoins de ce travail le cas de la hausse linéaire de 13.3% des tranches d'impôts. Comme il existe une infinité de possibilités de faire baisser (ou augmenter) les impôts sur les revenus des ménages, il convient d'examiner au cas par cas la transposition des impacts distributifs au niveau macroéconomique, surtout en cas de simulation de mesures de politique fiscale réellement destinées à être mises en place.

Graphique 9: Revenu disponible par déciles (baisse uniforme des impôts, 2025)



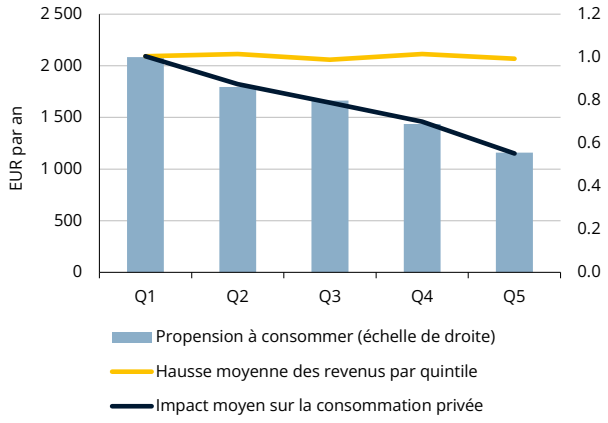
Sources: IGSS, STATEC

Graphique10: Consommation privée dans SPAFIL



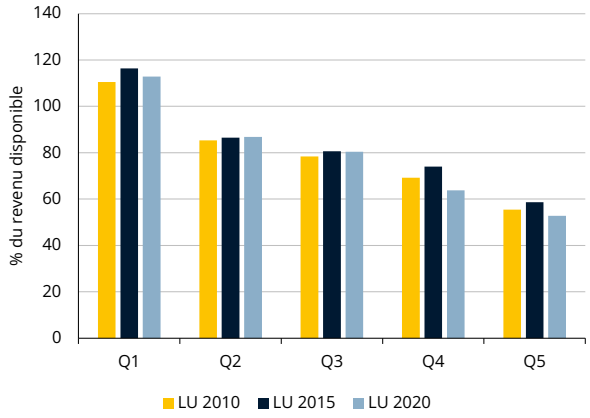
Sources: IGSS, STATEC

Graphique 11: Baisse uniforme des impôts



Sources: IGSS, STATEC

Graphique 12: propensions à consommer



Source: Eurostat (moyennes des trois années utilisées pour les calculs)

7.2 Baisse fictive de l'activité du secteur financier

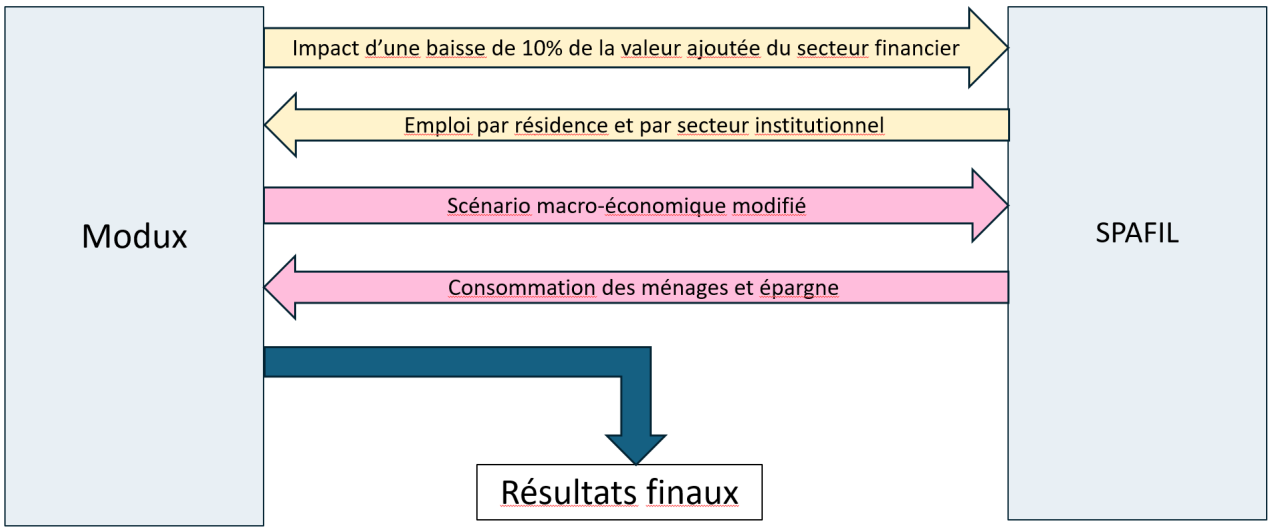
Synthèse

Le choc simulé traduit une baisse de 10 points de pourcentage de la valeur ajoutée brute exprimée en volume du secteur financier entre 2025 et 2029, et ce, par paliers annuels de 2 points. Cette simulation tire avantage de la granularité de SPAFIL, qui permet de distinguer entre travailleurs résidents et frontaliers au sein des secteurs institutionnels (marchand non-financier, marchand financier, non-marchand), information absente dans Modux. Une première itération corrective est ainsi effectuée entre Modux et SPAFIL afin d'ajuster la distribution des pertes d'emplois entre les travailleurs résidents et frontaliers. La dernière itération vise à redresser la consommation privée qui, initialement, baisse davantage dans Modux que dans SPAFIL.

Le principal résultat qui émane des itérations entre Modux et SPAFIL concerne le taux de chômage dont la hausse est sensiblement amplifiée. En revanche, l'impact des itérations sur le PIB ou l'emploi reste modéré, passant essentiellement à travers les prix et les salaires dont la baisse plus forte allège le coût du travail et amortit ainsi le choc négatif sur l'emploi.

Il convient de préciser d'emblée que ce choc se distingue fondamentalement de celui simulé sur les impôts du fait que dans ce dernier, l'impulsion de départ s'est vue modifiée (la baisse des impôts a été atténuée du fait des effets multiplicateur positifs générés par Modux). Lors de ce choc-ci, l'impulsion initiale, qui a été générée par Modux, ne change pas. Il y a bien certaines grandeurs qui sont affectées par les itérations entre Modux et SPAFIL, comme par exemple la consommation privée ou l'emploi. Mais leur modification n'influe pas sur le calibrage initial, ce qui explique la quasi-stabilité notamment du PIB et de l'emploi total à travers les différentes simulations.

Baisse de l'activité dans le secteur financier



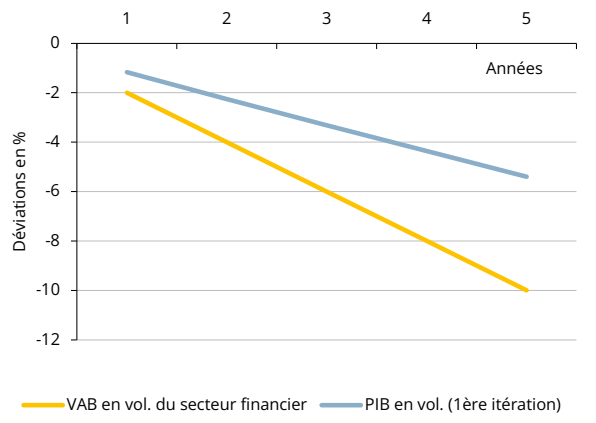
Variables échangées: emploi resident et frontalier (total, par secteur institutionnel), population, masse salariale, pensions, allocations d'enfants, indemnités de chômage, autres prestations

Résultats détaillés : 1ère itération

Le choc dans le secteur financier est initié dans Modux, puisqu'il s'agit d'un choc de nature macroéconomique. Il est défini par une baisse de 10% de la valeur ajoutée brute (VAB), exprimée en volume, de ce secteur, entre 2025 et 2029, et ce de façon incrémentale avec une baisse annuelle de la VAB de 2% par an (graphique 13). Par rapport au scénario de référence, cette baisse se traduit dans Modux par un recul à l'horizon 2029 des principaux agrégats macroéconomiques à l'exception des prestations de chômage qui augmentent de 13.1%. Le PIB en volume ainsi que la masse salariale agrégée subissent tous les deux un impact négatif de 5.5%. Le revenu disponible brut réel recule quant à lui de 0.5%, autant que la consommation privée réelle. Cette dernière « bénéficie » du fait qu'au cours de la première itération, une grande partie du choc affectant le marché du travail est répercutée sur les travailleurs frontaliers, tandis qu'une légère hausse du taux d'épargne joue en sens contraire. Les itérations successives viseront à faire concorder les résultats générés par la microsimulation et par Modux.

Au Luxembourg, la part du secteur financier dans la VAB totale atteint environ 25%. Il est généralement admis qu'une large part de l'économie dépend indirectement de ce secteur moteur par excellence (services aux entreprises, services aux personnes). Il n'est dès lors pas étonnant que la VAB en volume des autres branches marchandes baisserait également, moitié moins toutefois que celle du secteur financier (-5% après 5 ans).

Graphique 13: Baisse de l'activité du secteur financier



Source: IGSS, STATEC

Graphique14: Impact total sur l'emploi

Source: IGSS, STATEC

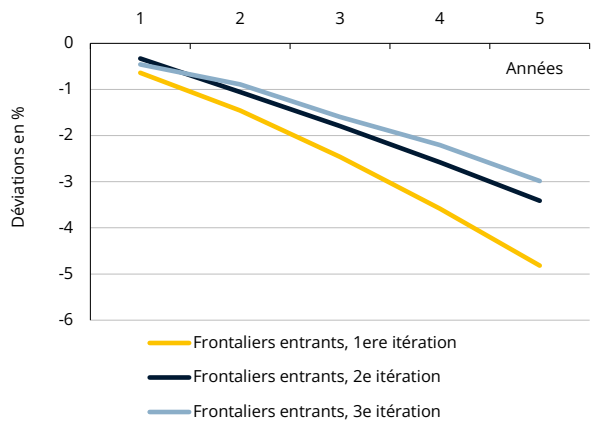
Ainsi, dans Modux, l'emploi total s'écarte de 2.8% du scénario de référence, avec une baisse plus forte chez les travailleurs frontaliers (4.8%) que chez les résidents (1.1%). De ce fait le chômage n'accuse qu'une légère hausse (+0.5 point de pourcentage après 5 ans). Le recul de l'emploi atteint 3.5% dans le secteur marchand financier et dans le marchand non-financier, mais il est absent dans le secteur non marchand[38].

Modux ne permet pas de répartir, au niveau de ces trois secteurs, les pertes d'emplois entre travailleurs résidents respectivement frontaliers. En effet, Modux projette le nombre total de frontaliers à l'aide d'une équation estimée depuis les années 1980. Les paramètres estimés de cette dernière reflètent une situation au cours de laquelle le nombre de travailleurs frontaliers augmentait beaucoup plus rapidement que le nombre de travailleurs résidents avec une élasticité de court terme dans cette équation à correction d'erreur supérieure à 1[39]. Donc, dans Modux, pour 100 emplois en moins par rapport au scénario de référence, environ 75 le sont du côté des frontaliers. Or, les observations récentes indiquent que la progression de l'emploi chez les résidents et chez les frontaliers tendrait à être plus équilibrée[40]. Par conséquent, il est peu réaliste que les frontaliers encaissent majoritairement le choc dans le secteur financier (ou tout autre choc de nature similaire).

Conséquence de ce déséquilibre, le taux de chômage, mesuré uniquement sur la population résidente, affiche une hausse assez contenue lors de la première itération (cf. graphique 16).

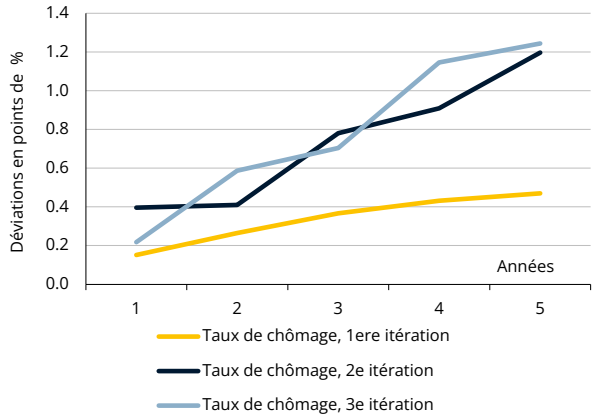
[38] Mis à part des effets de bouclage mineurs, les activités non marchandes (secteur public) ne sont pas affectées ce qui tient au fait que le choc a été simulé à politique budgétaire constante.
[39] Une élasticité traditionnelle représente toujours une moyenne sur la période d'estimation.
[40] Sur les nouveaux emplois créés en net, la proportion est d'environ 60-40 à la faveur des frontaliers alors que dans les stocks d'emplois des deux secteurs marchands financier et non-financier, la répartition est d'environ 50 : 50.

Graphique 15 : Impact sur l'emploi frontalier



Source: IGSS, STATEC

Graphique 16: Impact sur le taux de chômage



Source: IGSS, STATEC

2e itération

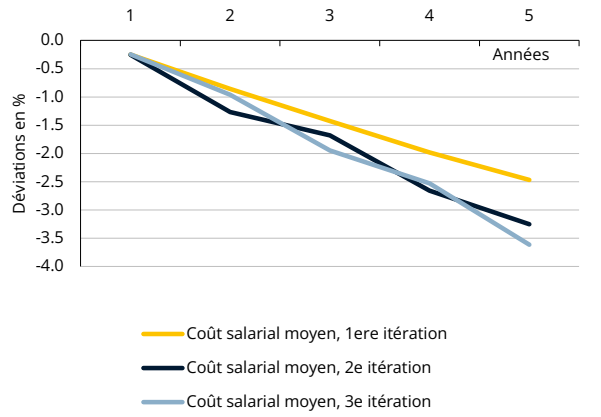
Dans la prochaine étape, SPAFIL est mobilisé pour ajuster la répartition des pertes d'emplois par secteurs entre travailleurs résidents et frontaliers induites par ce choc au sein des trois grands secteurs institutionnels. Modux profite ainsi de SPAFIL qui offre davantage de plasticité pour calibrer l'évolution de l'emploi à court et moyen termes selon, à la fois, le lieu de résidence des travailleurs et le secteur institutionnel. D'un point de vue pratique, les étapes suivantes sont opérées :

- Dans un premier temps, l'impact sur l'emploi total, ventilé selon le secteur institutionnel à la suite de la baisse du secteur financier générée par Modux, est exporté vers SPAFIL ;
- Dans un deuxième temps, l'impact sur l'emploi généré par SPAFIL à l'aide des techniques de repondération et d'inflation (« reweighting et uprating ») a été calibré de façon à ce que les pertes d'emplois par résidence des travailleurs au sein des différents secteurs institutionnels soient en accord avec les parts respectives des travailleurs résidents et frontaliers dans les totaux avant le choc[41];
- Ces résultats issus de SPAFIL sont ensuite réacheminés dans Modux, avec pour effet une baisse de l'emploi résident, une hausse du taux de chômage et une trajectoire des prix/salaires qui s'infléchit quelque peu vers le bas.

La part des emplois détruits (flux) dans le chef des frontaliers baisse ainsi de 5 points par rapport à la 1ère itération. Elle baisserait encore plus en enlevant le secteur public (où elle est invariante car peu de travailleurs frontaliers y sont occupés).

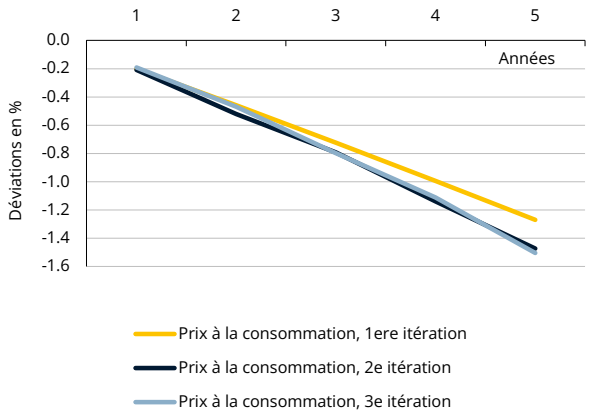
[41] En pratique, cela s'est traduit par un ratio d'environ 50:50 qui correspond aux parts récentes respectives (stocks) des travailleurs résidents et non résidents dans les deux secteurs marchands.

Graphique 17: Impact sur le coût salarial moyen



Source: IGSS, STATEC

Graphique 18: Impact sur les prix à la consommation



Source: IGSS, STATEC

3e itération

Suite à cette 2ème itération, nombre de variables macroéconomiques ont changé dans Modux, dont en premier lieu l'emploi (répartition résidents/frontaliers) et les salaires. On opère alors une troisième itération, portant sur la consommation et l'épargne des ménages résidents.

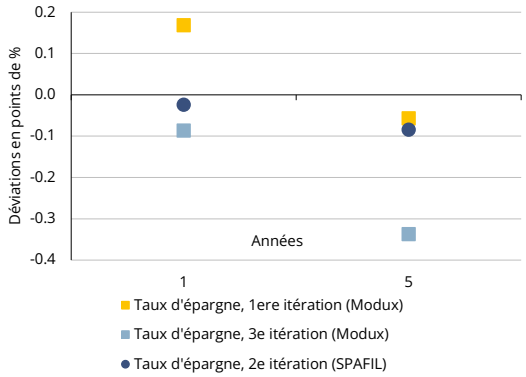
Dans SPAFIL, la consommation est estimée en partant du revenu disponible moyen mesuré au sein de chaque quintile de revenu disponible équivalent adulte, auquel est associé une propension moyenne à consommer exogène, estimée à partir de données d'enquêtes[42] et qui varie en fonction du quintile. Cette propension atteint 100% pour le premier quintile (ménages disposant des revenus les plus bas) pour décroitre progressivement et atteindre 56% pour le cinquième quintile (ménages disposant des revenus les plus hauts). Le niveau de consommation par quintile obtenu dans SPAFIL est ensuite agrégé année par année pour pouvoir être comparé à Modux. Dans les deux cas, l'épargne diminue à moyen terme (graphique 19) ce qui s'explique par la baisse du revenu disponible (choc macroéconomique négatif).

Les taux d'épargne reflètent l'impact sur la consommation des ménages. Un taux d'épargne qui baisse signifie, ceteris paribus, une consommation privée plus dynamique ou en moindre baisse. Dans Modux, l'épargne n'est pas modélisée directement, mais elle est déduite, comme dans SPAFIL d'ailleurs, de la confrontation entre revenu disponible et consommation. La consommation est modélisée à travers un mécanisme à correction d'erreur qui distingue les facteurs de court terme et de long terme[43].

[42] Enquête sur le budget des ménages et enquête EU-SILC (Enquête européenne sur les revenus, les conditions de vie et la pauvreté). Les données sur les propensions ont été compilées et publiées par Eurostat, cf. note de bas de page no. 35 p. 28.

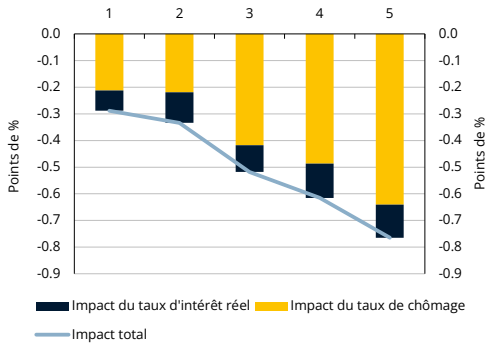
[43] La partie court terme est plus riche que la partie long terme. Dans les deux, le revenu disponible est le principal déterminant. Le court terme comprend en plus le taux de chômage et les taux d'intérêt réels.

Graphique 19: Taux d'épargne



Sources: IGSS, STATEC

Graphique 20: Facteurs de court terme influençant la consommation (et l'épargne) *



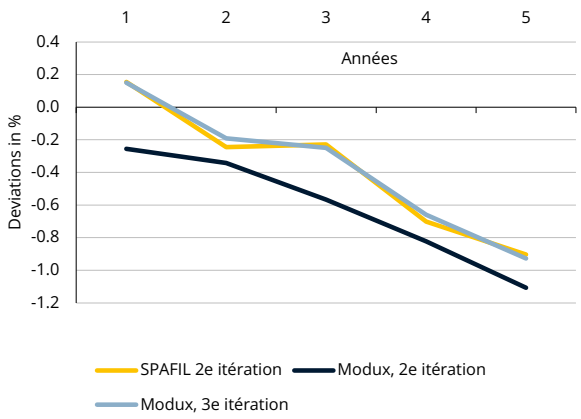
Sources: IGSS, STATEC

* Une baisse de la consommation entraîne mécaniquement une hausse de l'épargne.

Toutefois, dans Modux, le taux d'épargne augmente à court terme. Cette hausse résulte de facteurs qui tirent la consommation privée vers le bas : il s'agit des taux d'intérêts réels et du taux de chômage (qui augmentent tous les deux à la suite du choc et qui ne figurent que dans la partie court terme de l'ECM). A noter que l'impact représenté au graphique 20 correspond à ces effets de court terme. Dans l'ECM complet, progressivement, les facteurs de long terme prennent le dessus (en termes de variation totale de la consommation privée suite au choc) ce qui fait que, de façon concordante avec SPAFIL, le taux d'épargne baisse également dans Modux vers la fin de l'horizon de simulation.

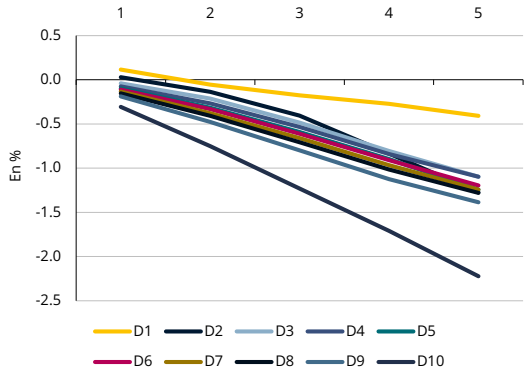
Ainsi, la décision qu'il convient de prendre est celle d'ajuster (ou non) Modux sur la microsimulation en matière de consommation et d'épargne. Par analogie avec la première simulation (baisse des impôts), sachant que SPAFIL a une bien meilleure représentation des résultats par catégories de revenus, et du fait que le choc a des effets particuliers sur les hauts revenus que Modux ne saurait capter, il a été décidé de rejeter la hausse temporaire du taux d'épargne dans Modux, afin d'y aligner la consommation aux résultats de SPAFIL. La motivation économique avancée est celle que le choc affecte en premier lieu les hauts revenus, et que ceux-ci, du fait de leur taux d'épargne élevé, auraient la capacité de baisser temporairement l'épargne, afin de préserver leur niveau de consommation. Cet ajustement engendrera des effets macroéconomiques marginalement plus favorables (ou moins défavorables) par une consommation moins entamée.

Graphique 21: Impact sur la consommation réelle des ménages



Sources: IGSS, STATEC

Graphique 22: Impact sur la distribution des salaires *



Sources: IGSS, STATEC

* Ecart entre les résultats après la première itération (dans SPAFIL) et le scénario de base

La consommation réelle des ménages baisse ainsi tout de même lors des 3 itérations dans Modux (graphique 21) mais les résultats finaux, après la 3e itération, sont les moins défavorables. Pour rappel, le passage entre la 1ère et la 2e itération reflète la baisse additionnelle de l'emploi résident. Plus généralement, il convient de retenir que l'ajustement des résultats entre Modux et SPAFIL permet de retenir une faible baisse de la consommation privée, ce qui est notamment lié au fait que via les frontaliers, une grande partie de la baisse de revenus est exportée. Ainsi, en dépit d'un choc macroéconomique sur l'activité (PIB en volume) d'envergure, la consommation des ménages résidents n'accuse qu'un retrait modéré (rapport de 1 :10 en fin de période).

Analyse des effets distributifs sur les revenus

A la suite de la simulation du choc dans Modux et des itérations avec SPAFIL, ce dernier génère, sur base de la trajectoire actualisée des salaires, les impôts (le taux d'imposition moyen baisse à la marge si les salaires baissent) ainsi que les cotisations sociales. Les transferts et prestations de SPAFIL ont d'ailleurs été calibrés sur ceux de Modux qui reflètent la baisse des prix et des volumes (populations bénéficiaires). Ainsi sont obtenus les résultats sur le revenu disponible par niveau de vie.

Les revenus disponibles du décile supérieur (scénario de base : 180 000 EUR par an) sont les plus affectés par le choc d'activité négatif. Les ménages classés dans cette catégorie perdraient 4 500 EUR par an (soit 2.2%, graphique 22) ou 375 EUR par mois. Finalement, la baisse plus forte des hauts salaires entraîne une distribution légèrement plus équitable, avec le ratio S80/S20 passant de 3.53 à 3.49.

8. Conclusions et perspectives

Cette étude avait pour objectif d'explorer la faisabilité et l'intérêt analytique d'un couplage entre le modèle de microsimulation SPAFIL de l'IGSS et le modèle macro-économétrique Modux du STATEC. À travers deux simulations fictives, une baisse de l'imposition des ménages et un choc négatif affectant le secteur financier, les travaux ont montré qu'un dialogue itératif entre les deux modèles est techniquement réalisable malgré les différences importantes de concepts statistiques, de sources de données et d'architecture théorique. En appliquant la méthode développée, qui peut sans doute être améliorée, il sera possible dans le futur d'optimiser l'évaluation des mesures politiques, budgétaires, fiscales et sociales.

Le principal enseignement est que les deux approches apparaissent largement complémentaires. D'un côté, SPAFIL apporte à Modux une représentation détaillée de l'hétérogénéité des ménages, permettant d'identifier les effets distributifs des réformes et des chocs économiques. De l'autre, Modux fournit à SPAFIL un cadre cohérent pour tenir compte des effets de rétroaction macroéconomiques sur l'emploi, les prix, les salaires, les revenus et les finances publiques. Les simulations réalisées montrent que cette interaction ne se limite pas à enrichir la description des résultats : elle peut également modifier les conclusions quantitatives elles-mêmes.

C'est particulièrement le cas dans la simulation de baisse des impôts sur les revenus des ménages. Les résultats obtenus suggèrent que la prise en compte des effets distributifs peut influencer sensiblement l'évolution de la consommation privée et, par conséquent, l'estimation du multiplicateur keynésien. De même, dans le scénario de baisse de l'activité du secteur financier, la meilleure prise en compte de la répartition des ajustements entre travailleurs résidents et frontaliers modifie de façon significative l'évolution du chômage et des revenus des ménages résidents. Ces résultats soulignent que la structure de la population concernée par une mesure ou un choc constitue parfois un déterminant aussi important que son ampleur agrégée.

L'exercice met également en évidence plusieurs spécificités du Luxembourg qui renforcent l'intérêt d'une approche micro-macro intégrée. Le poids du secteur financier dans l'économie, l'importance des travailleurs frontaliers et la disponibilité de données administratives quasi exhaustives conduisent à des mécanismes de transmission qui seraient difficilement appréhendés par un modèle purement macroéconomique ou purement distributif.

Certaines limites doivent néanmoins être soulignées. Les deux modèles reposent sur des cadres statistiques qui ne sont pas totalement harmonisés, ce qui conduit à raisonner essentiellement en écarts par rapport à un scénario de référence. Par ailleurs, SPAFIL demeure un modèle statique qui ne représente guère les ajustements comportementaux des ménages ou de l'offre de travail. Enfin, aucun des deux modèles ne comporte actuellement une modélisation détaillée de la structure désagrégée de consommation des ménages.

Une limite supplémentaire concerne l'arbitrage effectué lors du processus de couplage en matière de consommation et d'épargne. Les divergences observées entre les résultats de SPAFIL et ceux de Modux ont conduit à privilégier, dans les simulations présentées, les trajectoires de consommation déduites de la microsimulation. Si ce choix se justifie par la richesse distributive de SPAFIL, il demeure en partie discrétionnaire. En effet, SPAFIL repose sur des propensions à consommer exogènes tandis que Modux intègre une fonction de consommation économétriquement estimée contenant plusieurs mécanismes comportementaux. Les résultats relatifs à la consommation, à l'épargne et au multiplicateur budgétaire doivent donc être interprétés avec prudence. Plus généralement, cette question illustre qu'un couplage micro-macro ne soulève pas uniquement des défis techniques, mais implique également des arbitrages économiques susceptibles d'influencer les résultats.

Les perspectives d'amélioration et de recherche ultérieures sont nombreuses. Elles concernent notamment l'automatisation, du point de vue de l'informatique, des échanges entre les deux modèles, l'élargissement des variables faisant l'objet d'itérations, ainsi que l'intégration plus complète des données de consommation issues de l'Enquête sur les budgets des ménages. Une autre piste prometteuse consiste à formaliser davantage les mécanismes de convergence entre résultats micro- et macroéconomiques afin de réduire la part de jugement nécessaire lors des simulations. Plus généralement, ce travail constitue une première étape vers un cadre davantage intégré d'évaluation des politiques publiques au Luxembourg, permettant de concilier cohérence macroéconomique et analyse distributive fine. Dans un contexte où les enjeux d'efficacité économique et d'équité occupent une place croissante dans le débat public, de tels outils apparaissent particulièrement prometteurs.

9. Références

Adam F. (2007) : “Cahier de variantes Modux”, Cahier économique du STATEC no. 104

Adam F. (2009) : “Modeling aggregate migration and cross-border worker flows”, Economie et Statistiques no. 35 (STATEC)

Adam F. (2013) : “Modélisation des dépenses publiques : description des variables et estimation économétrique”, Economie et Statistiques no. 63 (STATEC)

Adam F., C. Glocker (2018) : “A simple financial accelerator in a standard macro-econometric model”, Economie et Statistiques no. 101 (STATEC)

Alexandri E., F. Figari, E. Longo, C.-M. Suta (2024) : “A micro-macro approach for the evaluation of fiscal policies : The case of the Italian tax-benefit reform”, Economic Modelling 135 (2024)

Beņkovskis K., L. Fadejeva, A. Pluta, A. Zasova (2024) : “Keeping the Best of Two Worlds : Linking CGE and Microsimulation Models for Policy Analys”, International Journal of Microsimulation 2024; 17(1); 122–144

Liégeois P., Berger F., Islam N., Wagener R. (2011) : "Cross-validating administrative and survey datasets through microsimulation," International Journal of Microsimulation, 4(1), 54–71

Clauss, M., S. Schubert (2009) : "The ZEW Combined Microsimulation-CGE Model : Innovative Tool for Applied Policy Analysis." ZEW Discussion Paper No. 09-062

Connolly K., D. Eiser, A. Kumar, P. G. McGregor, G. Roy (2024) : “ A micro-macro-economic modelling approach to major welfare system reforms : The case of a Universal Basic Income for Scotland”, Structural Change and Economic Dynamics 68 (2024) 259–268

Colombo, G. (2010) : "Linking CGE and microsimulation models : A comparison of different approaches", International Journal of Microsimulation, 3(1), 72–91

Dekkers G. et al. (2022) : “How Do Gendered Labour Market Trends and the Pay Gap Translate into the Projected Gender Pension Gap? A Comparative Analysis of Five Countries with Low, Middle and High GPGs”, Social Sciences 11 : 304

Fehr D., G. Schmartz et P. Greisen (2026) : „Developing a Personal Income Tax Micro Simulator for Luxembourg’s Tax Reforms”, contribution à la conférence EcoMod 2026 non publiéeFranz W., N. Guertzgen, S. Schubert, M. Clauss (2007) : “ Reformen im Niedriglohnsektor – eine integrierte CGE-Mikrosimulationsstudie der Arbeitsangebots- und Beschäftigungseffekte ”, ZEW Discussion Paper No. 07-085

Glocker, C. (2016) : “Introducing a financial accelerator in Modux”, Économie et statistiques N° 87 (STATEC)

Guarda P. (2005): “The Luxembourg block of the multi-country model”, in: Fagan & Morgan (ed.), “Econometric Models of the Euro-area Central Banks”, chapter 13, Edward Elgar Publishing.

Haas T. et C. Schmit (2019) : “Gratuité du transport public et hausse des accises : impact sur les dépenses des ménages”, Regards du STATEC no. 17, 08/2019

Haas T., J. Schaul et C. Schmit (2020) : “Évaluation de l’impact de la taxe CO_2”, Analyses du STATEC 8-20, Novembre 2020

Liégeois P. (2025) : “Dealing with Residents and Cross-borders in a Tax-benefit Model for Luxembourg”, International Journal of Microsimulation 2025; 18(2); 94–123

Marcellino M. (2018): “An evaluation of the short-term forecasting properties of Modux”, Économie et statistiques N° 99/2018 (STATEC)

Schmit C. (2021) : “Peut-on relier les impôts sur les sociétés au fait économique générateur ? ”, Analyses du STATEC, no. 4/2021

STATEC (2022a) : “Impact de la hausse des prix et des mesures de soutien sur le pouvoir d’achat des ménages”, Note de Conjoncture du STATEC no. 1-2022

STATEC (2022b) : “Gains et pertes de pouvoir d’achat des ménages dans le contexte de la crise énergétique”, Note de Conjoncture du STATEC no. 2-2022

STATEC (2022c) : “Qualité de prévision des prélèvements publics”, Note de Conjoncture du STATEC no. 1-2022

STATEC (2024) : “Évolution du pouvoir d’achat et du taux d’épargne par niveau de vie”, Note de Conjoncture du STATEC no. 2-2024

Sutherland H. et F. Figari (2013) : "EUROMOD: the European Union tax-benefit microsimulation model”, International Journal of Microsimulation, vol. 1(6), pages 4-26.

Törmälehto V.-M. et al. (2019) : “Reconciliation of EU Statistics on Income and Living Conditions (EU-SILC) Data and National Accounts”, 2019 edition

Tableau: Résumé des simulations et du transfert de données entre les modèles: réduction des impôts en faveur des ménages

	Modèle	No. simulation	Descriptif simulation	Data input	Data export	Explications
Première itération	SPAFIL (sim1)	1	• Diminuer les impôts des ménages de 1% du PIB (augmentation linéaire des tranches d'imposition)		Retombées sur les impôts	Dans un premier tour, dans le cadre de SPAFIL, les impôts sur les salaires des ménages sont réduits de 1 point de pourcentage du PIB en 2025 et ce scénario est prolongé jusqu'en 2029. Le choc est mis en œuvre en augmentant linéairement les tranches d'imposition de 13,3 %.
	Modux (sc1)	2	• Diminuer les impôts des ménages de 1% du PIB (choc importé de SPAFIL)	Retombées sur les impôts	Emploi des résidents et des travailleurs frontaliers, population, masse salariale, pensions, allocations familiales, allocations chômage, autres prestations	La trajectoire de la baisse d'impôt générée par SPAFIL est exportée vers Modux, et les résultats de Modux en termes d'impact fiscal sont contraints de suivre cette trajectoire. Modux génère alors une boucle de rétroaction macroéconomique favorable : la baisse des impôts stimule l'activité économique. Ces données sont ensuite réinjectées dans SPAFIL.
	SPAFIL (sim3)	3	• Diminuer les impôts des ménages de 1% du PIB • Inclure les effets macroéconomiques favorables	Emploi des résidents et des travailleurs frontaliers, population, masse salariale, pensions, allocations familiales, allocations chômage, autres prestations	[Effets redistributifs] Retombées sur les impôts	SPAFIL est alimenté par la trajectoire de l'emploi, des salaires, etc., issue de la première simulation Modux (sim. n° 2). Grâce à des techniques de pondération et de réajustement, les résultats de SPAFIL sont adaptés aux résultats dynamiques (multiplicateurs) de Modux. Ceci génère une baisse d'impôts modifiée et moins marquée. Lors de la deuxième simulation, nous nous intéressons également aux effets distributifs de cette baisse d'impôts : par type de résidence des travailleurs et par déciles de revenus. Ces résultats sont réinjectés dans Modux, mais ultérieurement (sim. n° 5).
	Modux (Sc2)	4	• Diminuer les impôts des ménages de 1% du PIB • Ajouter les effets dynamiques favorables sur les impôts découlant de SPAFIL (atténuation des retombées sur les impôts)	Retombées sur les impôts	Emploi des résidents et des travailleurs frontaliers, population, masse salariale, pensions, allocations familiales, allocations chômage, autres prestations	Cette simulation ne modifie pas significativement les résultats macroéconomiques. Elle permet toutefois d'affiner à la fois l'effet sur les impôts (la réduction d'impôt génère une activité économique supplémentaire qui génère de nouvelles recettes fiscales, ce qui atténue le coût de la mesure fiscale) et sur la macroéconomie (de légères différences aboutissent à un résultat macroéconomique légèrement meilleur).
Deuxième itération	Modux (Sc3)	5	• Diminuer les impôts des ménages de 1% du PIB (corrigés suite aux effets macroéconomiques favorables) • Diminuer le taux d'épargne • Ajuster la part de la réduction d'impôt revenant aux travailleurs résidents resp. non résidents en fonction des données SPAFIL	Effets redistributifs	Emploi des résidents et des travailleurs frontaliers, population, masse salariale, pensions, allocations familiales, allocations chômage, autres prestations	SPAFIL génère des effets redistributifs sur le revenu des ménages par classes de revenus (quintiles, déciles). La combinaison de ces effets avec des données sur les propensions à consommer permet de corriger l'impact sur la consommation dans Modux. Alors que Modux génère une forte hausse du taux d'épargne (simulation 4), celle-ci n'est pas justifiée par les données par classes de revenus. Le taux d'épargne augmente donc moins (par rapport au scénario de référence), ce qui améliore le résultat macroéconomique. Par ailleurs, les résultats de Modux sont corrigés de manière à attribuer une part plus importante de la réduction d'impôt aux travailleurs frontaliers, ce qui, marginalement, détériore le résultat macroéconomique.
	SPAFIL	6	• Diminuer les impôts des ménages de 1% du PIB • Améliorer les effets dynamiques favorables	Emploi des résidents et des travailleurs frontaliers, population, masse salariale, pensions, allocations familiales, allocations chômage, autres prestations	Baisse des impôts 2025-2029	L'itération précédente dans Modux a amélioré les effets macroéconomiques positifs, notamment à court terme (grâce à une part plus importante de la réduction d'impôt revenant aux travailleurs résidents et à un impact plus rapide sur la consommation du fait d'un taux d'épargne plus faible importé de SPAFIL). Il en résulte des effets macroéconomiques de second tour plus marqués et un impact fiscal moindre. Ce résultat est réintégré à Modux.
	Modux (Sc4)	7	• Diminuer les impôts des ménages de 1% du PIB (inclure les effets macroéconomiques favorables de 3e tour) • Diminuer le taux d'épargne • Ajuster la part de la réduction d'impôt revenant aux travailleurs résidents resp. non résidents en fonction des données SPAFIL	Baisse des impôts 2025-2029		Il s'agit de la dernière itération ; nous n'en effectuerons aucune autre avant convergence. Lors de cette itération, l'impact fiscal sera encore légèrement moindre, ce qui devrait rendre les effets macroéconomiques un peu plus favorables. Nous conserverons tous les ajustements précédents, à savoir la baisse du taux d'épargne et l'adoption de la part de l'impact fiscal revenant aux résidents et aux contribuables (via SPAFIL).

Sources: STATEC, IGSS

Table: Résumé des simulations et du transfert de données entre les modèles: choc sur le secteur financier

	Modèle	No. sim.	Descriptif simulation	Data input	Data export	Explications
Première itération	Modux (sc1)	1	• Baisse de l'activité du secteur financier de 10% par paliers de 2 points de %		Emploi total et par secteurs, population, masse salariale, pensions, allocations familiales, allocations chômage, autres prestations	Modux est exécuté avec un choc négatif sur la valeur ajoutée réelle du secteur financier; celle-ci diminue progressivement sur 5 ans de 2 points supplémentaires chaque année ; la baisse totale en 2029 par rapport à la référence est de 10 %. Les trajectoires d'emploi font l'objet d'une attention particulière. Il y a des effets de premier tour (baisse de l'activité et de l'emploi dans le secteur financier) et des effets de second tour (baisse de l'activité dans d'autres secteurs, entraînant une diminution de l'emploi et une augmentation du chômage).
	SPAFIL (sim1)	2	• SPAFIL est calibré sur la trajectoire macro-économique de Modux	Emploi total et par secteurs, population, masse salariale, pensions, allocations familiales, allocations chômage, autres prestations	Emploi frontalier total	Le couplage fonctionne comme auparavant ; une sélection de variables SPAFIL est calibrée en déviation sur l'output Modux; par différence avec le choc de réduction fiscale, l'emploi dans SPAFIL est également calibré par secteur et SPAFIL est utilisé pour ajuster le ratio des pertes d'emploi entre les résidents et les travailleurs frontaliers avec un ratio approximatif de 50:50 dans les deux secteurs marchands (financier et non financier). Cela signifie que, tandis que la perte totale d'emploi correspond à Modux, la part de la réduction respectivement pour les résidents et les travailleurs frontaliers provient de SPAFIL.
Deuxième itération	Modux (sc2)	3	• Baisse de l'activité du secteur financier de 10 % • Fixer la part des frontaliers et résidents dans les pertes d'emplois à 50% chacun	Emploi frontalier total	Emploi total et par secteurs, population, masse salariale, pensions, allocations familiales, allocations chômage, autres prestations	La série agrégée des frontaliers de Modux est calibrée sur le résultat de SPAFIL basé sur une répartition sectorielle de 50:50 des pertes d'emploi entre résidents et non-résidents. Cela change (légèrement) le scénario macroéconomique qui est ensuite réexporté vers SPAFIL.
	SPAFIL (sim2)	4	• SPAFIL est calibré sur la nouvelle trajectoire macro-économique de Modux	Emploi total et par secteurs, population, masse salariale, pensions, allocations familiales, allocations chômage, autres prestations	Consommation privée, taux d'épargne	Deuxième tour en SPAFIL parce que la macro a changé (surtout des salaires et un emploi résident plus bas entre sc1 et sc2). Maintien du calibrage des pertes d'emplois entre résidents et frontaliers à 50:50.
Troisième itération	Modux (sc3)	5	• Baisse de l'activité du secteur financier de 10 % • Fixer la part des frontaliers et résidents dans les pertes d'emplois à 50 % chacun • Adapter trajectoire de l'épargne et de la consommation privée à Modux	Consommation privée, taux d'épargne		Lors du dernier tour dans Modux, les écarts des variables suivantes sont comparés à SPAFIL: consommation des ménages, impôts et revenu disponible. Alors que dans Modux le taux d'épargne augmente temporairement, la baisse des revenus déclenche une diminution de l'épargne avec des propensions à consommer constantes dans SPAFIL. Ainsi, la sortie de Modux en termes de consommation des ménages est alignée sur SPAFIL (rendue moins négative) et les taux d'épargne évoluent désormais de façon concordante. Les autres variables sont plus ou moins alignées entre les deux modèles et ne subissent pas d'alignement additionnel.

Sources: STATEC, IGSS

Précisions sur les grandeurs échangées entre modèles

Les grandeurs échangées entre les deux modèles sont traitées de la façon suivante :

- pour l'exportation des effets **macro vers la micro**, ce sont,
    - d'une part, les variations annuelles observées dans Modux …
        - de la population en emploi (ventilée selon le lieu de résidence (résidents/frontaliers) et, le cas échéant, selon le secteur institutionnel) ;
        - du reste de la population résidente (ventilée selon le type de bénéficiaires de prestations sociales (pensions/allocations familiales/autres y compris sans prestations ni emploi) et,
        - des enfants frontaliers bénéficiaires des allocations familiales luxembourgeoises

      …qui ont été retenues pour attribuer des poids reflétant ces variations annuelles aux différents individus de SPAFIL en fonction du groupe de la population auquel ils appartiennent (technique du reweighting) ;
    - d'autre part, les variations annuelles observées dans Modux de la masse salariale (ventilée, le cas échéant, selon le secteur institutionnel), des pensions, des prestations familiales, des indemnités de maladie, des indemnités de chômage et, des autres prestations sociales

      …qui ont été retenues pour attribuer des facteurs d'inflation[44] reflétant ces variations annuelles aux différents types de revenus de SPAFIL (technique de l'uprating) ;
- pour l'exportation des effets **micro vers la macro**, ce sont les variations par rapport au baseline observées dans SPAFIL…
    - du montant agrégé des impôts sur le revenu des personnes physiques (ventilé selon le lieu de résidence résidents/non-résidents) :
    - du montant agrégé du revenu disponible (ventilé selon le lieu de résidence (résidents/non-résidents), de l'ensemble de la population en emploi (ventilée selon le lieu de résidence et, le cas échéant, selon le secteur institutionnel) et, du montant agrégé du revenu disponible de la population résidente ventilée par décile de revenu équivalent-adulte

  …qui ont été retenues pour alimenter Modux lors de l'itération de SPAFIL vers Modux.

[44] Ces facteurs d'inflation ont été déterminés en tenant compte des poids attribués dans la technique du « reweighting ».