# Un modèle stock-flux cohérent de l'économie française avec dommages climatiques, défaut souverain endogène et filet monétaire : Gemmes-France

Gaël Giraud[a,b,*]

[a] *Chaire Énergie et Prospérité, Paris, France*
[b] *CNRS, LIED (UMR 8236), Université Paris Cité, Paris, France*

**Abstract**

Ce papier documente Gemmes-France, le modèle stock-flux cohérent de l'économie française utilisé dans une série de travaux sur la consolidation budgétaire, la protection sociale et la transition écologique à l'horizon 2027–2040. Le modèle comprend six secteurs institutionnels dont les bilans sont tirés des comptes financiers de l'insee, onze branches de production agrégées à partir de la nomenclature A38 au moyen du tableau entrées-sorties de 2024, ainsi qu'un bouclage par la demande dans lequel les contraintes d'offre induisent un rationnement endogène. La bce y est supposée implémenter une règle de Taylor classique. Son cœur comportemental est d'inspiration post-keynésienne, formé d'une relation de Phillips de court terme et d'une fonction d'accumulation augmentée d'un accélérateur, que ferment une tarification par marge sur les coûts salariaux unitaires et sur les consommations intermédiaires importées ainsi qu'une productivité à la Kaldor–Verdoorn. Les relations de salaire, de part salariale, d'emploi, de productivité, de commerce extérieur et de prime souveraine sont estimées sur données annuelles françaises (1978–2024) ou sur un panel de la zone euro. Trois traits sont rares dans les modèles de politique budgétaire : 1) une règle de défaut souverain endogène dont le critère est la part des recettes publiques absorbée par les intérêts, et qui est calibrée sur les épisodes de la zone euro de 2010–2012. 2) Deux fonctions de dommages climatiques et deux lectures de l'effet de l'IA sur la productivité, qui se croisent en quatre mondes. 3) Une règle de protection conditionnelle inspirée de l'instrument de protection de la transmission (tpi) de la bce. Le papier présente les équations bloc par bloc, l'ordre de résolution du pas annuel, les estimations et leurs sources, ainsi que la validation des multiplicateurs budgétaires émergents du modèle face aux modèles FR-BDF et Mésange.

*Keywords:* modèle stock-flux cohérent, macroéconomie post-keynésienne, France, défaut souverain, dommages climatiques, multiplicateur budgétaire, tpi

∗. Auteur correspondant

*JEL:* E12, E17, E62, H63, Q54, C63

## 1. Introduction

Une politique budgétaire agit d'abord sur la demande, puis, par la production et l'emploi, sur l'investissement et donc sur les capacités de production futures, sur les recettes fiscales, sur les prix, sur les conditions auxquelles l'État se finance et, à terme, sur les moyens dont l'économie dispose pour s'adapter aux dommages climatiques. Ces mécanismes interagissent et peuvent retourner le résultat d'une consolidation budgétaire, par exemple lorsque le ralentissement de la croissance nominale qu'elle provoque élève le ratio de dette qu'elle devait abaisser. Pour juger les politiques budgétaires françaises, il faut donc un modèle qui représente ensemble la production, les bilans financiers des secteurs, la dette publique et son financement, ainsi que le climat, et Gemmes-France a été construit dans ce but.

Gemmes-France appartient à la famille des modèles Gemmes (General Monetary and Multisectoral Macrodynamics for the Ecological Shift) développés à l'Agence française de développement et à la Chaire Énergie et Prospérité depuis 2016, dont le noyau commun est une dynamique de Goodwin–Keen [31] de l'accumulation, de la répartition et de la dette privée [3, 36, 32, 29] insérée dans une comptabilité stock-flux cohérente [30, 39]. Ce modèle français s'écarte des précédents sur trois points. Il est d'abord construit sur les comptes nationaux d'un seul pays (l'insee 2025), avec un cœur productif désagrégé et les bilans sectoriels des comptes financiers. Ses relations de comportement sont ensuite estimées sur données françaises plutôt qu'empruntées à la littérature, et la plupart de leurs constantes sont dérivées de l'année d'ancrage (2025) au lieu d'être estimées, de sorte que le modèle reproduit exactement l'économie observée de 2025 quel que soit le scénario mis en œuvre. Il comporte enfin un bloc souverain, composé d'un taux effectif sur l'encours de dette publique avec une structure par maturité, d'une règle de Taylor de la zone euro, d'une prime estimée, d'une règle de défaut endogène et d'un filet monétaire conditionnel du type tpi, dont les modèles climat-économie n'avaient pas besoin mais qu'exigent les débats budgétaires hexagonaux de la fin 2027.

Le modèle a été construit pour répondre à des questions de politique publique auxquelles les estimations empiriques seules ne peuvent pas répondre, à savoir si, dans la configuration française de 2027–2040, une consolidation budgétaire fondée sur la dépense abaisse le ratio de dette publique au pib, et si une extension de la protection sociale financée par l'impôt peut être soutenue. Les papiers compagnons [27, 28] en présentent les résultats. Le présent papier documente l'instrument, c'est-à-dire ce qu'il contient, ce qui est estimé et ce qui est supposé, la manière dont le pas annuel est résolu, la façon dont le modèle est validé et ses limites intrinsèques. Il est écrit pour qu'un

lecteur puisse juger chaque résultat des papiers compagnons à l'aune du mécanisme qui le produit, et pour que les simulations puissent être reproduites et leurs paramètres modifiés.

### *1.1. Lien avec la littérature*

Le modèle GEMMES s'inscrit dans une littérature qui a crû rapidement au cours de la dernière décennie. Parmi les modèles écologiques stock-flux cohérents, DEFINE [22, 23] intègre un module climatique, un système financier et une empreinte écologique dans un cadre SFC mondial, tandis que le modèle de la Banque d'Angleterre de Burgess et al. [19] et le modèle italien de Zezza and Zezza [43] montrent ce qu'un modèle SFC national construit sur les comptes nationaux peut apporter à la décision publique, et que Jackson and Victor [34] ainsi que la littérature de la post-croissance mobilisent la même comptabilité pour étudier des trajectoires de faible croissance. Au sein de la famille GEMMES, Bovari et al. [15] ont couplé la dynamique de Goodwin–Keen à un module climatique et à la dette privée, Bovari et al. [16] ont évalué la probabilité de rester sous le seuil de 2°C de réchauffement compte tenu de la dynamique de la dette, et Bovari et al. [17] ont étudié les effets financiers et macroéconomiques de la tarification du carbone et des subventions publiques, Bastidas et al. [10] ont étudié la stabilité d'une extension du modèle de Keen dotée d'une technologie CES et d'une composante spéculative, tandis que Bailly et al. [7] ont proposé la première estimation empirique d'un modèle de Goodwin–Keen avec dette, sur données américaines. Les applications au Brésil, au Vietnam et à la Côte d'Ivoire ont ajouté la contrainte extérieure. GEMMES-France y ajoute le bloc souverain et le cœur comportemental estimé, et il emprunte à la littérature empirique sur la consolidation [12, 25] la raison d'être d'un bouclage par la demande avec hystérèse [13, 8], car sans le canal de Kaldor–Verdoorn une récession n'a aucune conséquence de long terme et une consolidation n'a, par construction, aucun effet durable sur la production.

Trois principes transversaux organisent la construction de ce modèle. Le premier est la *cohérence stock-flux*, selon laquelle la capacité de financement de chaque secteur entre dans sa position financière nette, la somme des capacités de financement des secteurs est nulle à chaque date, l'inflation réévalue les créances nominales par un transfert à somme nulle entre créanciers et débiteurs, et une décote souveraine est enregistrée comme un autre changement de volume, de sorte que rien n'est créé ni détruit hors des comptes. Ces identités comptables sont vérifiées à chaque pas de chaque simulation. Le deuxième principe est l'*ancrage*, qui veut que la constante de chaque équation de comportement soit dérivée pour que l'équation reproduise exactement, en 2025, la valeur observée dans les comptes nationaux, à trois exceptions près, que nomme la table A.1. Un changement de pente modifie donc la manière dont l'économie réagit, jamais son point de départ. Le troisième principe est qu'*aucun taux de chômage "naturel" ou d'équilibre n'entre dans le modèle*, puisque le taux de chômage est le résidu de l'emploi et de la population active, tandis que la relation de Phillips de court terme est écrite en taux d'emploi (sans taux naturel) versus croissance des salaires nominaux.

*1.2. Comparaison avec* Eurogreen

Le modèle le plus proche de Gemmes-France dans le débat budgétaire français est Eurogreen [24], un modèle de dynamique des systèmes calibré sur l'économie française, dans la version qu'utilise le collectif Ecohésion pour son budget alternatif de 2027 [26]. Les deux modèles partagent la même approche, puisqu'ils sont stock-flux cohérents et pilotés par la demande, qu'ils ne contiennent aucun taux de chômage d'équilibre, que leur multiplicateur émerge des simulations et qu'ils présentent l'incertitude par des bandes plutôt que par des probabilités. Ils se distinguent par leurs blocs. Le premier écart tient à la structure productive, car Eurogreen calcule la production dans un tableau entrées-sorties à dix secteurs, dont deux secteurs énergétiques, alors que Gemmes-France calcule la demande au niveau agrégé et ne la répartit qu'ensuite entre ses onze branches, pour en tirer les importations et les contraintes de capacité. Le deuxième tient aux ménages, qu'Eurogreen répartit en treize groupes (trois niveaux de qualification croisés avec quatre statuts, et les détenteurs du capital) qui entrent dans le calcul de la demande, alors que Gemmes-France les répartit en dix déciles de revenu, dans un module qui ne rétroagit pas sur la trajectoire macroéconomique (section 10). Le troisième tient à la productivité, qui découle chez Eurogreen d'une innovation endogène et stochastique, chaque secteur tirant chaque année une technologie avec une probabilité liée au coût du travail, et chez Gemmes-France d'une relation de Kaldor–Verdoorn à laquelle s'ajoutent deux lectures de l'effet de l'intelligence artificielle. Le quatrième tient au climat, qu'Eurogreen représente par l'énergie, les émissions, la taxe carbone et l'ajustement carbone aux frontières, sans dommages climatiques, alors que Gemmes-France représente les émissions, deux fonctions de dommages et l'adaptation, sans taxe carbone ni ajustement aux frontières. Le cinquième tient à l'extérieur, qu'Eurogreen décrit par une balance commerciale par secteur, sans partenaires explicites ni compétitivité-prix, alors que Gemmes-France fait dépendre les échanges du prix relatif face à des partenaires dont l'inflation est celle de la politique inchangée, dans une zone dont la bce fixe le taux. Le sixième tient aux finances publiques, qui comportent dans les deux modèles le déficit et la dette, et auxquelles Gemmes-France ajoute un bloc souverain, avec la prime liée à la dette, la règle de défaut, la zone d'alerte, la protection conditionnelle et la dette de l'acoss. Le dernier tient à l'incertitude, qu'Eurogreen mesure par les quantiles de son innovation stochastique dans un seul monde, alors que Gemmes-France, dont le système dynamique non-linéaire sous-jacent est déterministe, la mesure par l'étendue de ses résultats sur quatre mondes, deux élasticités des exportations, deux régimes de la règle de défaut et sept situations de choc. Les comparaisons de scénarios entre les deux modèles sont discutées dans les papiers compagnons.

La suite du papier est organisée de la manière suivante. La section 2 présente l'architecture, suit une politique de consolidation à travers le modèle (section 2.1) et décrit le pas annuel. Les blocs sont ensuite présentés en trois niveaux. Le cœur macroéconomique, formé de la production,

de la demande, du travail, de la répartition et des prix, occupe les sections 3 à 6. Les mécanismes financiers, c'est-à-dire les finances publiques, le bloc souverain, les bilans et le crédit, occupent les sections 7 et 8. Les extensions, à savoir le climat, l'adaptation, l'intelligence artificielle et la répartition par déciles, occupent les sections 9 et 10. La section 11 expose l'estimation et la calibration. La section 12 rend compte de la validation, c'est-à-dire des multiplicateurs émergents face aux modèles français de référence, des propriétés structurelles et des sensibilités, le backtest de 2026 étant reporté à l'annexe Annexe B. La section 13 décrit la grammaire des scénarios et les chocs, et la section 14 énonce les limites du modèle et conclut. L'annexe Annexe A donne les estimations et les constantes d'ancrage.

## 2. Architecture

La figure 1 donne un premier aperçu de la construction du modèle.

### *2.1. Un exemple : la consolidation budgétaire*

Avant d'entrer dans les équations, il est utile de suivre une politique à travers la figure 1. Prenons le plan de consolidation que simule le papier compagnon [27], qui retire à terme 5,0 points de PIB à la consommation publique et aux transferts, par étapes sur dix ans à partir de 2028, sans hausse d'impôt, et comparons-le à la politique inchangée dans la cellule BK-ACEMOGLU avec $\varepsilon_x = 0{,}6$, sans choc et sans règle de défaut. La chaîne causale est la suivante.

1. *La demande et la production.* La dépense publique est une demande adressée aux branches (flèche « dépense, investissement » de la figure). Lorsqu'elle baisse, la production suit, si bien que le PIB réel est inférieur de 1,6 % à celui de la politique inchangée en 2030 et de 4,4 % en 2037, au plus bas (sections 4 et 2.4).
2. *L'emploi.* Moins de production, c'est moins d'emploi (flèche « emploi »), et le chômage atteint 10,0 % en 2030 au lieu de 8,7 % (section 3.3).
3. *Les salaires, les prix et la productivité.* Le chômage freine la croissance des salaires nominaux, donc celle des prix (sections 5.1 et 6.1), tandis que la croissance plus faible ralentit la productivité par l'effet Kaldor–Verdoorn (section 5.3) et l'investissement privé par l'accélérateur (section 4.2), si bien que la perte de production devient durable.
4. *Les recettes.* La production et les prix progressant moins vite, le PIB nominal de 2030 est inférieur de 2,6 % à celui de la politique inchangée, et les recettes publiques sont de 1 711 Md € au lieu de 1 752 Md € (section 7). Le solde primaire s'améliore, mais la baisse des recettes en reprend une partie.




FIGURE 1 – Architecture de GEMMES-France : forçages exogènes, économie réelle, agents, monnaie et finance.

5. *Le ratio de dette.* La dette est plus faible que sous la politique inchangée, mais le PIB nominal l'est davantage, et le ratio est plus élevé sous la consolidation dès la première année, à 130,6 % du PIB en 2030 contre 129,2 % (équation (16)).
6. *Les conditions de financement.* La croissance nominale plus faible fait passer le taux apparent de la dette au-dessus de la croissance nominale dès 2029, si bien que la consolidation perd la protection conditionnelle (section 7.5) à partir de 2030, alors que la politique inchangée la garde jusqu'en 2034. Le taux des émissions nouvelles est alors de 5,7 % en 2030 au lieu de 4,1 %, et la charge d'intérêts de 2033 atteint 205 Md € au lieu de 178 Md € (section 7.3).

La politique inchangée perd à son tour la protection en 2035, lorsque le taux apparent de sa dette dépasse lui aussi la croissance nominale. Les deux trajectoires empruntent alors à des taux voisins, et l'excédent primaire de la consolidation finit par l'emporter. Son ratio de dette passe sous celui de la politique inchangée en 2038 et finit à 161,0 % du PIB en 2040 contre 167,0 %, au prix d'un PIB réel inférieur de 3,6 % et d'un chômage de 13,1 % au lieu de 9,1 %. Dans les huit cellules de la grille, la consolidation élève le ratio de dette pendant au moins huit ans à partir de 2028, et elle ne l'abaisse en 2040 que dans les quatre cellules où $\varepsilon_x = 0{,}6$, parce que des exportations plus élastiques au prix remplacent une partie de la demande intérieure perdue (section 4.4). C'est pourquoi les papiers compagnons publient l'étendue de la grille plutôt qu'un chiffre unique.

### *2.2. Secteurs institutionnels et branches*

Le modèle s'organise autour de six secteurs institutionnels, à savoir les ménages (S.14, y compris les institutions sans but lucratif au service des ménages), les sociétés non financières (S.11), les sociétés financières (S.12, scindées entre banques et banque centrale), les administrations publiques (S.13) et le reste du monde (S.2). Leurs flux de l'année d'ancrage sont ceux des comptes nationaux 2025 de l'INSEE (base 2020, comptes trimestriels annualisés et réconciliés avec les comptes annuels), et leurs encours d'ouverture sont ceux de fin 2025, accumulés à partir des bilans de fin 2024 à réévaluation nulle.

Onze branches de production sont agrégées à partir de la nomenclature A38 au moyen du tableau entrées-sorties symétrique : l'agriculture, l'agroécologie (une branche de transition, nulle en 2025), l'énergie carbonée, l'énergie bas-carbone, l'industrie lourde, l'industrie manufacturière, la construction, les transports, les services marchands, le soin marchand et la branche non marchande de la santé, de l'éducation et de l'administration.

Le PIB se calcule au moyen de deux conventions. Le PIB *monétaire* du modèle (€2 756,7 Md en 2025) exclut les loyers imputés et les autres éléments non monétaires du périmètre (€234,4 Md, pour l'essentiel les services de logement des propriétaires occupants), parce qu'aucun flux monétaire ne leur correspond et que les comptes stock-flux sont écrits sur des flux monétaires, alors que le PIB

*de comptabilité nationale* (€2 991,1 Md) les réintègre. Tous les ratios de dette présentés dans les papiers compagnons sont au périmètre de la comptabilité nationale, celui sur lequel sont définies les valeurs de référence de Maastricht et le ratio français publié, et le modèle calcule les deux à chaque pas. Sauf mention contraire, « un point de PIB » dans la définition d'un choc, d'un programme ou d'un multiplicateur désigne un pour cent du PIB monétaire de l'année considérée, qui est le périmètre sur lequel sont écrits tous les scénarios.

Trois dates jouent un rôle spécifique. L'*année d'ancrage* est 2025, dernière année de comptes nationaux complets, à laquelle chaque constante est dérivée et chaque encours est lu (dette publique de €3 460,5 Md, soit 115,7% du PIB, à fin 2025, et chômage de 7,7% en moyenne sur 2025). L'*année de référence* est 2026, dernière année avant le choix de politique, à laquelle les conditions de financement (taux d'émission, prime) sont fixées et à partir de laquelle la prime liée à la dette est mesurée. L'*année de divergence* est 2028, premier budget voté après l'élection d'avril 2027, à partir de laquelle les scénarios diffèrent. Les années 2026–2027 sont simulées à politique inchangée depuis l'année d'ancrage, alors que 2025 n'est pas simulée.

### *2.3. La matrice de comptabilité sociale*

La table 1 est la matrice des flux de transactions du modèle, dans la convention de Godley and Lavoie [30]. Chaque ligne y est une opération dont la somme sur les secteurs est nulle, puisque tout paiement est reçu par quelqu'un, et chaque colonne y est un secteur dont la somme est nulle, puisque les opérations courantes et en capital de chaque secteur sont financées par la variation de sa position financière. La table 2 est la matrice de bilans correspondante. Les comptes du modèle sont ces deux matrices, au périmètre du TEE et des comptes financiers de l'INSEE, désagrégées par branche pour la production et par détenteur pour la dette publique, et les deux contrats que vérifie chaque pas sont les deux conditions de somme nulle. Les sociétés non financières sont scindées, comme d'habitude, entre un compte courant et un compte de capital, de sorte que le profit non distribué apparaît comme la source du financement de leur investissement, alors que les banques gardent une seule colonne, leur profit non distribué étant la différence entre les recettes et les paiements qui y figurent. La table 3 donne les principales entrées à l'année d'ancrage.

### *2.4. Bouclage*

La loi de Say n'est pas postulée. Ce sont donc les anticipations des entreprises sur leurs carnets de commandes qui motivent la production et l'investissement. Autrement dit, la production est tirée par la demande. La consommation, l'investissement, les exportations, la dépense publique et la variation des stocks désirés sont calculés d'abord, puis la production est fixée de manière à les satisfaire, à moins que l'une des deux contraintes d'offre ne rationne cette dernière, à savoir la capacité des branches, compte tenu de leurs stocks de capital et de la structure entrées-sorties, ou

| | Ménages | SNF courant | SNF capital | Banques | Banque centrale | APU | Reste du monde | Σ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Consommation | $-C$ | $+C$ | | | | | | 0 |
| Consommation publique | | $+G$ | | | | $-G$ | | 0 |
| Investissement, entreprises | | $+I_f$ | $-I_f$ | | | | | 0 |
| Investissement, logement | $-I_h$ | $+I_h$ | | | | | | 0 |
| Investissement, APU | | $+I_g$ | | | | $-I_g$ | | 0 |
| Variation des stocks | | $+\Delta INV$ | $-\Delta INV$ | | | | | 0 |
| Exportations | | $+X$ | | | | | $-X$ | 0 |
| Importations | | $-M$ | | | | | $+M$ | 0 |
| Salaires, secteur marchand | $+W_f$ | $-W_f$ | | | | | | 0 |
| Salaires, secteur public | $+W_g$ | | | | | $-W_g$ | | 0 |
| Cotisations employeurs | | $-SC_f$ | | | | $+SC$ | | 0 |
| Impôts sur les produits et la production | | $-T_{prod}$ | | | | $+T_{prod}$ | | 0 |
| Subventions | | $+Sub$ | | | | $-Sub$ | | 0 |
| Impôt sur le revenu, cotisations (ménages) | $-T_h$ | | | | | $+T_h$ | | 0 |
| Impôt sur les sociétés | | $-T_f$ | | $-T_b$ | | $+T_f + T_b$ | | 0 |
| Taxe ABC | $-T_h^A$ | $-T_f^A$ | | $-T_b^A$ | | $+T^A$ | $-T_x^A$ | 0 |
| Transferts monétaires | $+Tr$ | | | | | $-Tr$ | | 0 |
| Intérêts de la dette publique | $+i_h B$ | | | $+i_b B$ | $+i_{cb} B$ | $-iB$ | $+i_x B$ | 0 |
| Intérêts des crédits | $-r_L L_h$ | $-r_L L_f$ | | $+r_L L$ | | | | 0 |
| Intérêts des dépôts | $+r_D D_h$ | $+r_D D_f$ | | $-r_D D$ | | | | 0 |
| Intérêts des réserves, refinancement | | | | $+rR - r_{cb}RF$ | $-rR + r_{cb}RF$ | | | 0 |
| Dividendes, entreprises | $+Div_f$ | $-Div_f$ | | | | | $\pm Div_x$ | 0 |
| Dividendes, banques | $+Div_b$ | | | $-Div_b$ | | | | 0 |
| Seigneuriage | | | | | $-S_{cb}$ | $+S_{cb}$ | | 0 |
| Revenus extérieurs nets, envois de fonds | $\pm$ | $\pm$ | | | | | $\mp NY$ | 0 |
| Profit non distribué | | $-\Pi_f^u$ | $+\Pi_f^u$ | | | | | 0 |
| Capacité de financement (B.9) | $S_h$ | 0 | $-(I_f - \Pi_f^u)$ | $S_b$ | $S_{cb}$ | $S_g$ | $S_x$ | 0 |
| Δ Dépôts | $-\Delta D_h$ | | $-\Delta D_f$ | $+\Delta D$ | | | | 0 |
| Δ Crédits | $+\Delta L_h$ | | $+\Delta L_f$ | $-\Delta L$ | | | | 0 |
| Δ Titres publics | $-\Delta B_h$ | | | $-\Delta B_b$ | $-\Delta B_{cb}$ | $+\Delta B$ | $-\Delta B_x$ | 0 |
| Δ Réserves, refinancement | | | | $-\Delta R + \Delta RF$ | $+\Delta R - \Delta RF$ | | | 0 |
| Δ Actions | $-\Delta E_h$ | | $+\Delta E_f$ | $+\Delta E_b$ | | | $-\Delta E_x$ | 0 |
| Δ Actifs extérieurs nets | | | | | | | $\mp \Delta NIIP$ | 0 |
| Σ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

TABLE 1 – Matrice des flux de transactions de GEMMES-France. Les signes plus sont des recettes, les signes moins des paiements. $B$ est la dette publique détenue par les ménages, les banques, la banque centrale et le reste du monde, $i_k B$ les intérêts versés au détenteur $k$, $S_{cb}$ le seigneuriage reversé et $T^A$ la taxe ABC sur ses quatre classes d'incidence (ménages, entreprises, banques, reste du monde). L'emploi public est inclus dans $G$, dont $W_g$ est la composante salariale. Une décote souveraine, quand elle survient, est un autre changement de volume (K.5) et non une opération, si bien qu'elle réduit $B$ et les avoirs obligataires des détenteurs privés du même montant, en dehors de cette matrice.

| | Ménages | SNF | Banques | Banque centrale | APU | Reste du monde | Σ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Capital fixe | $+K_h$ | $+K_f$ | | | $+K_g + K^A$ | | $+K$ |
| Stocks | | $+INV$ | | | | | $+INV$ |
| Dépôts | $+D_h$ | $+D_f$ | $-D$ | | | | 0 |
| Crédits | $-L_h$ | $-L_f$ | $+L$ | | | | 0 |
| Titres publics | $+B_h$ | | $+B_b$ | $+B_{cb}$ | $-B$ | $+B_x$ | 0 |
| Réserves | | | $+R$ | $-R$ | | | 0 |
| Refinancement | | | $-RF$ | $+RF$ | | | 0 |
| Actions | $+E_h$ | $-E_f$ | $-E_b$ | | | $+E_x$ | 0 |
| Actifs extérieurs nets | | | | | | $-NIIP$ | $-NIIP$ |
| Valeur nette | $NW_h$ | $NW_f$ | $NW_b$ | $NW_{cb}$ | $NW_g$ | $NW_x$ | $K + INV - NIIP$ |

TABLE 2 – Matrice de bilans de GEMMES-France. $K^A$ est le stock d'adaptation, $B_{cb}$ les avoirs de l'Eurosystème (au plus 30% de $B$) et $NIIP$ la position extérieure nette de la France (un passif du reste du monde lorsqu'elle est positive). La réévaluation par l'inflation redistribue à somme nulle entre les lignes nominales, et les actions sont réévaluées à leur rendement nominal.

| Poste, 2025 (€ Md) | Comptes nationaux | Périmètre du modèle | Source |
|---|---|---|---|
| PIB | 2 991,1 | 2 756,7 | CNA 2025, modèle : éléments non monétaires exclus |
| Valeur ajoutée brute | 2 666,6 | — | CNA 2025 |
| Impôts nets des subventions sur les produits (D.21 − D.31) | 324,5 | 324,5 | CNA 2025 |
| Rémunération des salariés (D.1) | 1 536,2 | 1 536,2 | CNA 2025, dont S.13 : 370,0 |
| Excédent brut d'exploitation, S.11 (B.2g) | 497,5 | 470,5 (Π, net des intérêts) | CNA 2025 |
| Consommation finale, ménages (P.3, S.14) | 1 545,9 | 1 311,6 | CNA 2025, modèle : loyers imputés exclus |
| Consommation finale, ISBLSM (P.3, S.15) | 69,5 | 69,5 | CNA 2025 |
| Consommation finale, APU (P.3, S.13) | 719,6 | 719,6 | CNA 2025, 26,1% du PIB monétaire |
| FBCF, S.11 (P.51g) | 348,2 | 348,2 | CNA 2025, $\kappa_0 = 0{,}1123$ |
| FBCF, S.14 (logement) | 149,7 | 154,0 | CNA 2025, modèle : autres postes des ménages ajoutés |
| FBCF, S.13 | 132,2 | 132,2 | CNA 2025 |
| Exportations (P.6) | 1 009,4 | 1 009,4 | CNA 2025, 36,6% du PIB monétaire |
| Importations (P.7) | 1 023,8 | 1 023,8 | CNA 2025, 37,1% du PIB monétaire |
| Prestations sociales en espèces (D.62, S.13) | 580,9 | 580,9 | CNA 2025, 21,1% du PIB monétaire |
| Intérêts versés, S.13 (D.41) | 63,0 | 63,0 | CNA 2025 |
| Capacité de financement, S.13 (B.9) | −152,5 | −152,5 | CNA 2025 |
| Stock de capital net, S.11 (AN.11, ouverture) | 3 100,9 | 3 100,9 | INSEE, $\delta_K = 0{,}0966$ |
| Dette publique (Maastricht, fin 2025) | 3 460,5 | 3 460,5 | INSEE, 115,7% du PIB |
| Position extérieure nette (fin 2025) | −888,4 | −888,4 | Banque de France, -29,7% du PIB |

TABLE 3 – L'année d'ancrage 2025 : principales entrées de la matrice de comptabilité sociale au périmètre de la comptabilité nationale (INSEE, comptes nationaux annuels 2025, base 2020, tels que déposés dans le dépôt) et au périmètre monétaire du modèle (l'objet d'ancrage du moteur, lu dans la simulation). Entrées en € Md.

la population active nette de l'emploi public, compte tenu de la productivité du travail (endogène). Lorsqu'une contrainte est saturée, le manque est rationné dans cet ordre : stocks, importations, investissement, consommation, dépense publique. Le modèle n'impose ni plafond de croissance, ni plafond d'emploi public, ni indice de capacité administrative, ni multiplicateur budgétaire, car le multiplicateur présenté à la section 12 est la réponse *émergente* de la production simulée à une variation durable de la dépense publique : il émerge des propensions à consommer, des contenus en importations, de l'accélérateur, des relations de Phillips et de part salariale ainsi que de la rétroaction de Kaldor–Verdoorn [1].

La monnaie est endogène : les banques prêtent ce que demandent les entreprises et les ménages à un taux qui suit le taux directeur avec un écart, sous un plafond de croissance de l'encours de crédit (6% par an, valeur posée et non estimée) qui rationne l'investissement en cas de crise, tandis que la banque centrale fixe le taux directeur par une règle de Taylor de la zone euro et achète des titres publics sur le marché secondaire dans les conditions de la section 7.5. Le reste du monde achète l'émission nette du Trésor tant que la zone d'alerte de la règle de défaut n'a pas été atteinte.

### *2.5. L'état et le pas annuel*

Le modèle est une application déterministe [2] $x_{t+1} = F(x_t)$ de fréquence annuelle, dont l'état $x_t$ réunit les encours (capital privé et public, stock d'adaptation, stocks de capital de substitution

1. En ce sens, notre modèle appartient au registre scientifique de la *complexité* : il repose sur une dynamique hors-équilibre non-linéaire et certaines de ses propriétés sont émergentes et impossibles à déduire de ses caractéristiques micro-économiques.

2. Nous pourrions ajouter un terme stochastique à certains paramètres pour tenir compte de l'incertitude qui pèse sur leur évolution — e.g., la productivité du travail— mais, comme on le verra, nous avons préféré raisonner avec différents « mondes », correspondant à des hypothèses identifiables et discutables sur le climat, l'IA et les exportations. Ajouter du « bruit »sur d'autres variables aurait contribué à rendre difficilement lisibles certains résultats.

aux énergies fossiles par filière, dette publique par détenteur, positions financières des six secteurs), les variables retardées que lisent les équations de comportement (profit, croissance réelle, part salariale, taux effectif sur la dette, taux de marge, prix relatif), les trajectoires exogènes (anomalie de température mondiale, population active, inflation des partenaires et demande mondiale) et trois indicateurs *absorbants*, qui restent vrais une fois qu'ils le sont devenus, à savoir l'arrêt brutal des financements, le défaut souverain et un indicateur de soutenabilité (section 7.4). Le champ de vecteurs $F$ est la composition de soixante-dix fonctions convoquées dans un ordre fixe, avec des bornes, des minima et des changements de régime, si bien qu'il est continu par morceaux. Le pas calcule successivement les taux et les prix extérieurs, la demande, l'offre et l'emploi, la répartition et les prix, les finances publiques, les bilans, puis les encours de l'année suivante.

Les cinq premières étapes sont simultanées dans l'économie mais séquentielles dans le calcul, car le pas lit des valeurs retardées là où la simultanéité serait requise, ce qui est le choix classique des modèles SFC discrets et ce qui rend $F$ explicite et le système triangulaire, c'est-à-dire tel que chaque bloc ne lit que des grandeurs déjà calculées dans le pas ou retardées, si bien que le pas se résout par substitutions successives, sans système d'équations simultanées. L'horloge est précisée dans chaque bloc ci-dessous, parce qu'elle décide des variables qui sont prédéterminées. La production, et donc le chômage, sont ainsi calculés sur l'état retardé avant la part salariale, laquelle ne rétroagit sur la production que par le prix de l'année suivante, et la croissance de la productivité produite l'année $t$ s'applique à la productivité de $t + 1$.

## 3. Production et emploi

### *3.1. Production par branche et structure entrées-sorties*

La demande finale par produit —c'est-à-dire la consommation, l'investissement, la consommation publique, les exportations et la variation des stocks— est répartie entre les onze branches selon les parts de demande du tableau entrées-sorties de 2024, et la production brute par branche découle de l'inverse de Leontief des coefficients techniques domestiques, la part importée de chaque consommation intermédiaire étant traitée comme une importation. La valeur ajoutée par branche est la production brute diminuée des consommations intermédiaires, et la valeur ajoutée agrégée aux prix de base, augmentée des impôts nets des subventions sur les produits (12,2% de la valeur ajoutée à l'année d'ancrage), donne le PIB. La branche non marchande produit ce que l'État y dépense, au coût des facteurs, alors que les branches marchandes produisent ce que permet le croisement de la demande et des capacités de production.

La variation des stocks a deux composantes, sans motif de précaution ni cible de stocks rapportée aux ventes. La première est structurelle, puisque le stock suit le capital fixe des sociétés non

financières au ratio de l'année d'ancrage, ce ratio étant stationnaire dans les comptes de l'INSEE (tableau 8.202, 1985–2025, moyenne de 0,186). La seconde est transitoire, car l'écart observé à l'année d'ancrage, qui est le dénouement du restockage de 2022, s'éteint au rythme de 0,865 par an, soit une demi-vie de 4,8 ans, estimée sur la même série. Les stocks servent en outre de premier tampon lorsque la demande excède la production possible (section 2.4), et ils ne peuvent devenir négatifs.

### *3.2. Capacités et plafond de main-d'œuvre*

Chaque branche $s$ dispose d'un stock de capital $K_s$ et d'un coefficient de capital $\nu_s = K_{s,0}/VA_{s,0}$, c'est-à-dire du nombre d'euros de capital installé par euro de valeur ajoutée, lus l'un et l'autre à l'année d'ancrage. Le taux d'utilisation des capacités y est le même dans toutes les branches, celui de l'enquête de conjoncture de l'INSEE dans l'industrie ($u_{K,0}$, ci-dessous), et une branche peut le pousser jusqu'au maximum historique $\bar{u}_K$, si bien que sa capacité est $Y_s^{\max} = (\bar{u}_K/u_{K,0})\,K_s/\nu_s$. La capacité agrégée est le niveau de production auquel la première branche atteint sa capacité compte tenu de la composition de la demande, $Y^{\max} = Y^{\text{target}} \cdot \min_s(Y_s^{\max}/Y_s^{\text{target}})$, ce qui identifie la branche contraignante (la construction sous un programme de transition, l'énergie lors d'un choc pétrolier). La seconde contrainte est le travail, car avec une productivité par tête, $a$, et une population active, $N$, nette de l'emploi public, $L^g$, la production marchande ne peut dépasser $a\,(N - L^g)$. Le stock de capital privé s'accumule selon l'équation usuelle $K_{t+1} = (1-\delta_K)K_t + I_t$, avec $\delta_K = 0{,}0966$, rapport de la consommation de capital fixe de 2025 au stock net d'ouverture (P.51c sur AN.11, INSEE), et le stock de capital public fait de même, avec $\delta_g = 0{,}0636$ (consommation de capital fixe rapportée au stock des administrations publiques, bilans de l'INSEE, moyenne 2015–2024). L'utilisation des capacités est elle-même une variable d'état, puisque le taux d'utilisation est lu dans l'enquête de conjoncture de l'INSEE dans l'industrie (série 001586737) à l'année d'ancrage ($u_{K,0} = 0{,}804$, avec un maximum $\bar{u}_K = 0{,}873$ sur 1977–2025), et qu'une sous-utilisation prolongée met du capital au rebut selon une loi estimée sur le profil grec, dix points de sous-utilisation pendant six ans détruisant dix pour cent du stock de capital.

### *3.3. Emploi et chômage*

L'emploi marchand désiré est la production rapportée à la productivité, $L^{\text{voulu}} = Y^m/a$, et s'il excède la population active disponible, l'offre est rationnée à $a\,(N - L^g)$. L'emploi total est la somme de l'emploi marchand, de l'emploi public et de l'emploi garanti (s'il y en a), de sorte que le taux de chômage est la variable résiduelle

$$U_t := 1 - \frac{L_t^m + L_t^g + L_t^{\text{GE}}}{N_t}, \tag{1}$$

de sorte que l'identité $L^m + L^g + L^{\mathrm{GE}} \equiv (1-U)N$ est vérifiée à chaque pas. Pour tenir compte des problèmes de *matching* et de viscosité du marché de l'emploi, l'ajustement de l'emploi marchand à la production n'est pas instantané : il suit une relation à correction d'erreur estimée sur données annuelles françaises 1978–2024,

$$\Delta \ln L_t = \alpha\, \Delta \ln L_{t-1} + \beta \left( \Delta \ln Y_t - g_t^{\star} \right) + \gamma\, z_{t-1}, \qquad z_{t-1} = \ln \frac{Y_{t-1}/L_{t-1}}{a_{t-1}^{\mathrm{trend}}}, \tag{2}$$

avec $\alpha = 0{,}365$ ($t = 5{,}8$), $\beta = 0{,}581$ ($t = 11{,}0$), $\gamma = 0{,}215$ ($t = 3{,}6$), $R^2 = 0{,}883$ et un Durbin–Watson de 1,79 (séries INSEE 011794121 et 011794480, avec indicatrices Covid, tandis que sans elles on obtient $\gamma = 0{,}120$, $t = 1{,}5$). La relation est écrite en écart à l'état de référence, de sorte que lorsque la production croît au rythme tendanciel de la productivité et que la productivité est sur sa tendance, et que l'emploi n'a pas varié l'année précédente, l'emploi ne varie pas. La régression estimée comporte une constante, mais le modèle ne l'utilise pas, car c'est l'écriture en écart à cet état de référence qui en tient lieu, si bien que l'équation ne peut pas faire dériver l'emploi d'elle-même. La productivité apparente $Y/L$ est ainsi une propriété émergente [3], avec la rétention de main-d'œuvre en récession et le cycle de productivité qui en découlent, plutôt qu'une hypothèse imposée. Le $\beta$ annuel de 0,58 vaut le double du coefficient trimestriel de l'équation d'emploi de l'INSEE (0,28, 4), parce qu'il cumule les ajustements de plusieurs trimestres au sein de l'année. L'élasticité de long terme de l'emploi à la production est imposée à un, alors que les données préfèrent une valeur inférieure à un (0,34, écart-type 0,28) qui est mal identifiée en raison de la colinéarité entre tendance et niveaux, et l'effet Verdoorn de long terme est placé à la place dans la tendance de la productivité (section 5.3), où il est mieux identifié. La population active suit la projection de l'INSEE de 2023 (variante centrale), appliquée en ratio au niveau observé de l'année d'ancrage, tandis que la population suit le scénario central de l'INSEE 2021–2070.

## 4. Demande

### *4.1. Consommation*

La consommation des ménages distingue le revenu disponible du travail (salaires, prestations sociales et pensions) du revenu disponible du capital (dividendes, intérêts, revenu mixte), avec une propension à consommer plus élevée pour le premier, à laquelle s'ajoute un effet de richesse sur le patrimoine financier net des ménages :

3. Cf. la note 1 *supra*.

$$C_t^\star = c_1\, Yd_t^L + c_2\, Yd_t^K + c_v\, NW_{t-1}, \qquad C_t = (1-\mu)\, C_t^\star + \mu\, C_{t-1},$$
$$c_1/c_2 = 3, \quad c_v = 0{,}022, \quad \mu = 0{,}60. \tag{3}$$

La propension agrégée $c_y = 0{,}63$ reproduit la consommation monétaire de 2025 (P.3 des ménages, hors loyers imputés) compte tenu du revenu disponible observé, et le ratio $c_1/c_2$ est le seul objet que la littérature identifie (Kalecki–Kaldor, entre deux et quatre), si bien que $c_1$ et $c_2$ sont *dérivés* de $c_y$, du ratio et de la part des revenus du travail dans le revenu disponible à l'année d'ancrage (0,824), de façon que $C$ à l'année d'ancrage soit inchangée quel que soit le ratio et que seule soit introduite la sensibilité de la consommation à la répartition. L'effet de richesse $c_v = 0{,}022$ est la propension marginale du modèle français à correction d'erreur de Chauvin and Muellbauer [21] sur le patrimoine financier net, dont la plus grande partie est illiquide, et la sensibilité $\{0{,}013; 0{,}022; 0{,}040; 0{,}060\}$ est publiée. La consommation s'ajuste partiellement à son niveau désiré, avec $\mu = 0{,}60$, si bien qu'un choc transitoire de revenu est absorbé à 40% la première année ($\hat{\mu} = 0{,}60$, intervalle à 95% $[0{,}36; 0{,}84]$, selon une spécification fixée avant que les données ne soient vues). C'est le canal kaleckien par lequel une baisse de la part salariale abaisse la demande, alors qu'une propension unique sur le revenu disponible total rendrait la consommation insensible à la répartition par construction, ce qui compte pour les scénarios de consolidation. La consommation est ventilée par produit selon le vecteur de consommation des ménages du tableau entrées-sorties, et c'est son contenu en importations (0,27 à la marge, contenu direct et indirect de la consommation des ménages dans le tableau entrées-sorties de l'INSEE, contre 0,32 pour l'investissement et 0,11 pour la consommation publique) qui « fuit »à l'étranger.

### *4.2. Investissement*

L'investissement des sociétés non financières est décrit par le taux d'accumulation $\kappa := I/K$, c'est-à-dire l'investissement rapporté au stock de capital. Ce taux dépend du taux de profit de l'année précédente, auquel s'ajoutent un accélérateur et trois termes de tension :

$$\kappa_t = \alpha_\kappa + \beta_\kappa \frac{\Pi_{t-1}}{K_{t-1}} + \gamma_{\text{acc}}\, g^Y_{t-1} + \beta_\ell\, \Delta\ell^f_{t-1} + \gamma_u\, (u_{K,t-1} - u_{K,0}) + \beta_{dp}\, \Delta d^p_{t-1}, \qquad \kappa_t \geq \underline{\kappa}. \tag{4}$$

$\Pi$ est le profit des sociétés non financières net des intérêts, soit l'excédent brut d'exploitation diminué des intérêts nets versés (€470,5 Md à l'année d'ancrage, soit €497,5 Md d'excédent brut d'exploitation diminués de €27,1 Md d'intérêts nets). Le coefficient $g^Y$ est la croissance réelle de la production : c'est le terme d'accélérateur, qui rend compte du fait, très simple, que les entreprises investissent davantage quand leurs débouchés croissent. Les trois termes de tension sont l'écart du ratio d'endettement des entreprises à sa valeur de l'année d'ancrage ($\Delta\ell^f$), l'écart du taux d'utilisation des capacités à sa valeur de 2025 ($u_{K,t-1} - u_{K,0}$, les entreprises investissant moins quand leurs

capacités tournent au ralenti) et la hausse de la dette des entreprises rapportée à leur profit au-delà de sa valeur de départ ($\Delta d^{p}$, qui ne joue que dans ce sens, puisqu'un désendettement par l'inflation ne doit pas doper l'investissement). Ces trois termes sont nuls en 2025 par construction. Enfin, $\underline{\kappa}$ est un plancher, nul dans la configuration de référence, qui empêche seulement l'investissement brut de devenir négatif.

*La constante.* Conformément au principe d'ancrage, la constante $\alpha_\kappa$ est dérivée,

$$\alpha_\kappa = \kappa_0 - \beta_\kappa \frac{\Pi_0}{K_0} - \gamma_{\text{acc}}\, g^{\text{ref}}, \tag{5}$$

de façon que l'équation reproduise exactement le taux d'accumulation observé en 2025, $\kappa_0 = 0{,}1123$, c'est-à-dire les €348 Md de formation brute de capital fixe des sociétés non financières (P.51g de S.11) rapportés à leur stock de capital net d'ouverture (€3 101 Md, AN.11). Cette propriété vaut quelles que soient les valeurs données à $\beta_\kappa$ et à $\gamma_{\text{acc}}$. La croissance de référence $g^{\text{ref}}$ est la croissance réelle observée en 2025 (0,94%), c'est-à-dire celle que l'investissement de 2025 incorpore, et aux valeurs de référence ($\beta_\kappa = 0{,}12$, $\gamma_{\text{acc}} = 0{,}127$) on obtient $\alpha_\kappa = 0{,}0929$.

*La sensibilité au profit.* Le coefficient $\beta_\kappa$, qui dit de combien l'investissement réagit au taux de profit, est un paramètre notoirement difficile à identifier : trois sources donnent des valeurs très différentes : environ 0,5 dans la littérature microéconométrique [14], entre 0,20 et 0,31 dans une régression macroéconomique sur données françaises sur 1990–2024, et une valeur négative ($-0{,}15$) sur 1978–2024, parce qu'après 1983 les entreprises françaises ont rétabli leurs marges sans pour autant investir davantage.

Le modèle s'appuie sur une quatrième estimation, plus directe, à savoir la réponse de l'investissement des sociétés non financières à leur taux de marge, qui est d'environ 0,55% d'investissement en plus par point de taux de marge. Cette réponse est significative sur 2003–2024 comme sur 2010–2024, mais elle devient fragile si l'on retire les années de la pandémie. Traduite dans l'équation (4), elle donne $\beta_\kappa = 0{,}12$, dans une fourchette de 0,10 à 0,13, et les valeurs 0, 0,12 et 0,50 sont proposées en sensibilité.

*L'accélérateur.* À l'inverse du profit, l'accélérateur est le canal le mieux établi par les données. L'élasticité estimée de l'investissement à la croissance, $\partial \ln I / \partial g \approx 1{,}16$, se traduit dans l'équation par $\gamma_{\text{acc}} = \hat{\phi}\, \kappa_0 = 0{,}127$, dans une fourchette de 0,11 à 0,25, la croissance qui entre dans l'accélérateur étant bornée à $\pm 15\%$ pour qu'une année exceptionnelle ne fasse pas exploser l'investissement.

Comme la constante est dérivée, changer $\beta_\kappa$ modifie la manière dont l'investissement réagit au profit, mais jamais le niveau d'investissement de départ, qui reste dans tous les cas celui des comptes nationaux de 2025. Il en va de même de l'accélérateur, dont la contribution en 2025, $\gamma_{\text{acc}}\, g^{\text{ref}}$, est elle

aussi retranchée dans la constante, si bien que l'on peut faire varier les deux coefficients ensemble sans que l'investissement de 2025 cesse d'être celui des comptes nationaux. Les trajectoires, en revanche, dépendent de $\beta_\kappa$. Par rapport à $\beta_\kappa = 0{,}12$, le ratio de dette de 2040 baisse de 4,1 à 7,7 points de PIB avec $\beta_\kappa = 0$ et augmente de 9,5 à 20,2 points avec $\beta_\kappa = 0{,}50$, dans le même sens pour les trois politiques des papiers compagnons et dans les huit cellules, si bien que les niveaux de 2040 sont sensibles à ce paramètre mal identifié et que les comparaisons entre politiques le sont moins.

*Les autres termes et les contraintes.* Le terme de levier, $\beta_\ell$, prend la valeur estimée par le FMI ($-0{,}045$, 20), de sorte que le canal du crédit est ouvert dans la configuration de référence : un endettement des entreprises plus élevé que celui de l'année d'ancrage freine leur investissement. En revanche, les coefficients $\gamma_u$ et $\beta_{dp}$ sont nuls dans la configuration de référence, pour deux raisons différentes. Le premier a bien été estimé sur le taux d'utilisation des capacités de l'enquête de conjoncture de l'INSEE dans l'industrie (1977–2025), mais la valeur obtenue (0,13) est un majorant, car la régression ne contrôle pas le profit, qui varie avec l'utilisation, et elle cesse d'être significative dans la forme dynamique que préfèrent les critères d'information. Le second n'a pas encore été estimé, parce qu'il ne peut pas l'être isolément. Le ratio de la dette au profit et le ratio d'endettement que lit $\beta_\ell$ mesurent en effet la même tension financière et évoluent ensemble, si bien qu'une estimation séparée de l'un attribuerait à ce seul terme l'effet des deux, et cette estimation conjointe reste à faire. L'investissement est par ailleurs limité par le plafond de croissance du crédit de la section 8 et par la séquence de rationnement de la section 2.4. Les deux autres investissements ne relèvent pas de cette équation. Celui des ménages en logement (P.51g de S.14, €154 Md à l'année d'ancrage au périmètre du modèle) suit la population, et celui de l'État (P.51g de S.13, €132 Md à l'année d'ancrage, soit 4,8% du PIB monétaire) est fixé par le scénario, qui lui ajoute le cas échéant ses investissements d'adaptation et de transition.

### *4.3. Dépense publique et transferts*

La consommation publique (P.3 de S.13, 26,1% du PIB monétaire à l'année d'ancrage, dont 13,4% de salaires publics) et l'investissement public sont fixés par le scénario en volume par habitant, de sorte qu'à politique inchangée ils suivent la population et les prix. La règle budgétaire française estimée (1981–2024, sans réaction du solde primaire à la dette, $\beta_b \approx 0$, avec une consolidation retardée après les récessions, $\gamma_U > 0$) est portée par le moteur mais désactivée dans le BAU de référence (qui est une politique véritablement inchangée) et activée dans le scénario de consolidation. L'emploi public suit la consommation publique réelle par tête au salaire public ($s_w = 0{,}51$, part salariale de la consommation publique dans les comptes), et le capital public élève la productivité privée par un canal d'Aschauer [6] estimé sur 1960–2024 ($\chi_a = 0{,}148$, somme d'un profil de retards d'Almon, intervalle à 95% $[0{,}015; 0{,}283]$). Les transferts monétaires (21,1% du PIB monétaire) sont gouvernés

par un régime d'indexation qui dépend du scénario de politique publique considéré. Ils comprennent en outre un stabilisateur automatique, puisque l'indemnisation du chômage suit le nombre de chômeurs. Chaque chômeur au-delà du taux de chômage de référence (7,4%, BIT 2024) reçoit 32% du salaire moyen de l'année précédente, ce qui est le rapport de la dépense d'indemnisation de 2024, environ €45 Md, aux 2,25 millions de chômeurs (Unédic, Dares), et l'indemnisation baisse symétriquement quand le chômage passe sous ce niveau. Ils peuvent être constants en termes réels (loi française depuis 1993 pour les pensions et les minima sociaux), proportionnels au salaire moyen, ou bien égaux à une part constante du PIB, auquel cas les pensions suivent la projection du nombre de retraités du Conseil d'orientation des retraites et le reste est calculé par tête. L'emploi public suit la consommation publique au salaire public. Les programmes propres au scénario, à savoir la sécurité sociale universelle, les investissements de transition, la garantie d'emploi et la taxe ABC, s'ajoutent à ces références selon la ventilation décrite à la section 13.

*4.4. Commerce extérieur*

Le commerce extérieur suit une spécification d'Armington [5], dans laquelle biens domestiques et étrangers sont des substituts imparfaits et les parts de marché répondent au prix relatif $q$ (rapport du déflateur de la valeur ajoutée français à celui des partenaires, cumulé à partir de l'écart d'inflation) avec des élasticités finies. Les exportations dépendent de la demande mondiale $W$ et du prix relatif,

$$X_t = s^x(q_t)\,\frac{X_0}{\alpha}\,W_t^{\nu_w}, \qquad s^x(q) \propto q^{-\varepsilon_x}, \tag{6}$$

la demande mondiale croissant de 1,5% par an en volume avec une élasticité-revenu des exportations $\nu_w = 0{,}797$ (écart-type 0,037). Les importations sont la somme de la part importée de l'absorption domestique, $A$, et du contenu en importations des exportations,

$$M_t = s^m(q_t)\,A^{\mathrm{ref}}\Big(\frac{A_t}{A^{\mathrm{ref}}}\Big)^{\kappa_m} + \mu_X X_t, \qquad s^m(q) \propto q^{+\varepsilon_m}, \tag{7}$$

avec $\mu_X = 0{,}26$, contenu en importations des exportations françaises dans les tables TiVA de l'OCDE, la décomposition à l'année d'ancrage $M_0^{\mathrm{dom}} = M_0 - \mu_X X_0$ pour que les importations ne soient comptées qu'une fois, et une élasticité-revenu des importations qui diffère entre expansions et contractions, à savoir $\kappa_m = 2{,}47$ en expansion (estimée sur la France 1999–2024, écart-type 0,106) et 1,25 en contraction, estimée sur les quatre contractions de la zone euro de 2007–2015 (Grèce, Portugal, Espagne, Irlande, fourchette à 66% $[0{,}88; 1{,}62]$), parce que les importations baissent moins que proportionnellement lorsque l'absorption se contracte. À la marge, un écart de la demande privée à sa trajectoire est importé au contenu entrées-sorties de l'INSEE (0,27 pour la consommation privée, 0,32 pour l'investissement), la tendance de la part importée restant celle qui est estimée, et la section 12.1 explique pourquoi le contenu marginal est lu dans le tableau entrées-sorties

plutôt que dans la loi estimée. Les élasticités-prix sont estimées dans la forme fonctionnelle propre au moteur sur 1999–2024 ($n = 26$). On obtient $\varepsilon_m = 0{,}5723$ pour les importations (écart-type 0,40, les importations françaises, faites d'énergie et de biens intermédiaires, étant inélastiques au prix) et, pour les exportations, $\varepsilon_x = 0{,}0295$ (écart-type 0,34, car l'élasticité-prix des exportations n'est pas identifiée sur ces données). Cette dernière valeur est la référence. Une valeur posée de 0,6 est conservée dans tous les papiers compagnons comme seconde cellule, parce que le signe de certains résultats comparatifs dépend de la part d'une demande intérieure perdue que remplacent les exportations, et qu'un lecteur qui juge invraisemblablement faible l'élasticité estimée doit pouvoir voir ce que produit une élasticité conventionnelle.

La somme $\varepsilon_x + \varepsilon_m = 0{,}60$ est inférieure à un, si bien que la condition de Marshall–Lerner n'est pas satisfaite par les élasticités estimées, ce qui est l'état empirique d'un pays dont le commerce est dominé par des flux internes à la zone euro à taux de change fixe. Le prix relatif évolue selon $q_{t+1} = q_t(1 + \pi_t)/(1 + \pi_t^{\text{part}})$, où $\pi^{\text{part}}$ est l'inflation des partenaires, calée sur la trajectoire de la France à politique inchangée (section 6.2). Aucune rétroaction de la compétitivité sur les salaires n'est incluse, car le coefficient du prix relatif dans l'équation de salaire, testé sur données françaises, est nul, de même que la rétroaction des partenaires.

*4.5. La transition : substitution des importations fossiles*

Les programmes de transition écologique des papiers compagnons investissent dans des stocks de capital de substitution par filière d'usage, à savoir le chauffage (rénovation), le transport routier, l'aviation, l'industrie, l'agriculture et l'électricité, et chaque stock réduit la facture d'importations fossiles de sa filière le long d'une courbe saturante bornée par un plafond physique. La part des importations de la filière qui est évitée vaut $\theta_c\,(1-e^{-K_c^{\text{sub}}/\lambda_c})$ jusqu'au plafond, $\theta$ étant le contenu en importations de la facture fossile de la filière (énergie 0,22, rénovation 0,34, transport 0,28, autres 0,065), avec des taux de dépréciation de 2–3% par an. Le contenu agrégé en importations de la demande baisse en conséquence, $m_t = 1 - \Delta M_t/M_0$, et le modèle enregistre, filière par filière, ce qui est physiquement possible plutôt qu'une exponentielle. Les émissions suivent la facture fossile. Le capital de substitution fait partie du stock de capital et de la demande des branches de la construction et de l'industrie, et c'est là que peut se faire sentir la contrainte de capacité de la section 3 lors d'une transition rapide.

## 5. Salaires et inégalités

### *5.1. La relation de salaire*

La croissance du salaire nominal suit une relation de Phillips de court terme en taux d'emploi $\lambda = 1 - U$, estimée sur données annuelles françaises (SMNA, INSEE) :

$$\Delta \ln w_t = c + \beta_\lambda \, \lambda_t + \theta_\pi \, \pi_{t-1} + \alpha_a \, g_t^a, \tag{8}$$

avec le déflateur de la consommation comme variable d'indexation. La relation a d'abord été estimée sur l'échantillon complet 1981–2024 (SMNA, INSEE, avec indicatrices Covid, $n = 44$), ce qui donne $\hat{c} = -0{,}2580$, $\hat{\beta}_\lambda = 0{,}2962$, $\hat{\theta}_\pi = 0{,}8381$ et $R^2 = 0{,}941$. Un test de stabilité ciblé sur $\theta_\pi$ rejette la constance du coefficient d'indexation à toutes les dates de rupture (la baisse de l'indexation est achevée au milieu des années 1990, lorsque les accords d'indexation sont arrivés à échéance), et la configuration de référence utilise donc le *régime moderne*, estimé sur 1995–2024 ($n = 28$), avec $c = -0{,}3211$, $\beta_\lambda = 0{,}3717$ et $\theta_\pi = 0{,}4645$ (intervalle $\pm 0{,}138$). Les salaires sont ainsi indexés à environ 46% sur l'inflation passée des prix à la consommation, soit moins de la moitié de la valeur de 84% de l'échantillon complet, laquelle est conservée comme sensibilité obligatoire, de même que la rupture de 1984 (0,730). La relation ne comporte en pratique aucun terme de productivité ($\alpha_a = 0$), car sur ces données $g^a$ n'est pas identifiable séparément de la constante, qui l'absorbe, et la stationnarité de la part salariale est produite par la loi de répartition du §5.2 et par le bloc des prix du §6. La constante utilisée est la constante estimée, et aucune constante dérivée ne la remplace, comme l'indique la table A.1.

La relation ne comporte ni taux « naturel »de chômage , ni coude, ni niveau de chômage de référence (e.g., NAIRU) : ses primitives sont $(c, \beta_\lambda)$, et le taux d'emploi auquel la croissance du salaire nominal nette de l'indexation serait nulle, $\lambda^\star = -c/\beta_\lambda = 0{,}864$, c'est-à-dire un taux de chômage de 13,6%, est une simple conséquence de la relation, jamais utilisée comme cible de politique ni comme déterminant des capacités. Ce taux se situe hors de l'échantillon, ce qui rappelle qu'une relation linéaire estimée sur $U \in [6{,}6; 10{,}6]\%$ a son zéro hors de son support, sans rien prédire de l'endroit où la croissance des salaires s'arrête, raison pour laquelle les prolongements ci-dessous sont explicités. Deux réserves s'imposent. La première tient à la rigidité nominale à la baisse, puisque la croissance réalisée vaut $0{,}95 \max(g,0) + 0{,}05\, g$, ce qui revient à un plancher quasi complet à zéro sur les baisses de salaire nominal. La seconde tient au support, car le chômage se situe entre 6,6% et 10,6% sur la période d'estimation et la relation extrapole hors de cet intervalle. Sous le support, un prolongement convexe, exactement inactif sur le support, fait qu'une économie poussée vers un chômage très bas rencontre une réponse salariale qui s'accélère, et il doit être interprété comme une règle d'extrapolation plutôt que comme une estimation. Au-dessus du support, une règle d'hystérèse,

rejetée sur le domaine observé, est publiée comme sensibilité.

*5.2. La part salariale*

La part salariale $\omega = W/(pY)$ est une variable d'état du modèle, dotée de sa propre loi de mouvement estimée par MCO sur 1982–2024 (INSEE 7.101 et chômage au sens du BIT, $n = 43$, $R^2 = 0{,}30$) :

$$\Delta \ln \omega_t = c_\omega + \rho \, \ln \omega_{t-1} + \beta_U \, U_t + \gamma_{\Delta U} \, (U_t - U_{t-1}), \tag{9}$$

avec $\rho = -0{,}207$ ($t = -3{,}8$), terme de correction d'erreur dont la demi-vie est d'environ trois ans, puis $\gamma_{\Delta U} = +0{,}933$ ($t = 2{,}6$), une hausse du chômage élevant la part salariale à court terme par la rétention de main-d'œuvre, et enfin $\beta_U = -0{,}237$ ($t = -1{,}2$), qui donne le signe de Goodwin à long terme sans être significatif. Ajouter l'inflation à la régression laisse le $R^2$ inchangé ($t = -0{,}25$), car le canal des prix n'est pas un déterminant de la part salariale sur ces données, et c'est pourquoi le bloc des prix réalise la part salariale au lieu de la laisser dériver (section 6). La relation de long terme $\ln \omega^\star = -(c_\omega + \beta_U U)/\rho$, avec la constante estimée $c_\omega = -0{,}0664$ utilisée telle quelle, donne $\omega^\star = 66{,}7\%$ pour $U = 7{,}4\%$ et $61{,}2\%$ pour $U = 15\%$, si bien que le signe est celui de Goodwin alors que l'amplitude n'est pas précisément identifiée, et la matrice de covariance est conservée pour les sensibilités.

*5.3. Productivité du travail : Kaldor–Verdoorn*

La productivité par tête, qui obéit à la loi de Verdoorn [42] et de Kaldor [35], est endogène : elle croît à un taux de référence corrigé de l'écart de la croissance réalisée à sa référence :

$$g^a_{t+1} = g^{a,0} + \beta^{\pm}_V \left( g^Y_t - \bar{g}_t \right), \qquad \bar{g}_t = \frac{1}{4} \sum_{s=1}^{4} g^Y_{t-s}, \tag{10}$$

avec deux pentes, $\beta^+_V = 0{,}594$ au-dessus de la référence et $\beta^-_V = 0{,}661$ en dessous, et une référence $\bar{g}_t$ qui est la moyenne mobile de la croissance réalisée sur les 4 dernières années plutôt qu'un nombre fixe. La pente $\beta^+_V$ est estimée sur données annuelles françaises 1950–2024 (productivité par tête, SMNA). Les différences annuelles mesurent le cycle de productivité plutôt que la loi de Kaldor, alors que les moyennes décennales sans recouvrement, qui l'éliminent, donnent 0,594 ($t = 5{,}0$) avec une tendance qui n'est plus significative. La pente $\beta^-_V$ est celle de la contraction grecque de 2008–2015 rapportée à sa tendance de 1996–2007, de sorte qu'une contraction durable fait perdre plus de productivité qu'une expansion n'en fait gagner. Le niveau de la relation est celui qui est estimé, à savoir $g^{a,0} = \hat{\alpha} = 0{,}34\%$ par an, constante de la régression de la croissance de la productivité sur l'écart de la croissance de la production à sa moyenne d'échantillon (1,07%), et non la moyenne historique brute de la croissance de la productivité (0,94%), qui contient déjà les effets Verdoorn et

Aschauer et les compterait deux fois. La relation est écrite en écart, si bien qu'aucun paramètre de pente ne déplace le niveau de référence, et elle n'est pas bornée, car si la croissance s'effondre, les gains de productivité deviennent négatifs, ce qui est le contenu même de la loi de Kaldor et n'est pas plafonné. C'est le canal d'hystérèse du modèle, par lequel une récession abaisse la tendance de la productivité elle-même, et avec elle les capacités, la compétitivité et le profit, de sorte que la perte de production qu'entraîne une consolidation dépasse ce qu'en dit le multiplicateur de ses premières années. Deux lectures de l'effet de l'intelligence artificielle sur la productivité s'ajoutent à $g^{a,0}$ (section 9.3).

## 6. Dynamique des prix

### *6.1. Coût unitaire et taux de marge*

Le prix de la production brute est une marge appliquée au coût unitaire, lequel combine la masse salariale et les consommations intermédiaires importées valorisées à leur prix d'importation :

$$UC_t = \frac{w_t L_t + p_t^m M_t^i}{Q_t}, \qquad p_t^q = (1+\mu_t)\, UC_t, \tag{11}$$

où $Q$ est la production brute et $M^i$ les consommations intermédiaires importées, qui représentent 63,92% des importations, part lue directement dans les tableaux entrées-sorties symétriques des importations, 2019–2023, si bien que les intrants importés pèsent 0,27 du coût unitaire en 2026. Le modèle ne contient pas d'équation de comportement propre à la marge. Le taux de marge cible $\mu^\star$ est *dérivé* de la relation de Phillips et de la loi de répartition, puisque c'est le taux qui, compte tenu du salaire nominal que donne la relation de Phillips, fait coïncider la part salariale réalisée avec celle que prédit la loi (9), de sorte que le prix de la valeur ajoutée est le coût salarial unitaire divisé par cette part salariale, $p^{VA\star} = CSU/\omega^\star$. La part salariale n'est donc pas égale à $1/(1+\mu^\star)$, l'écart venant des intrants importés, qui entrent dans le coût unitaire de la production brute mais non dans la valeur ajoutée. Le taux de marge effectif converge vers la cible à la vitesse $\varphi$,

$$\ln(1+\mu_t) = (1-\varphi)\ln(1+\mu_{t-1}) + \varphi \ln(1+\mu_t^\star), \tag{12}$$

où $1-\varphi$ est la fraction d'un choc de coût que les entreprises absorbent dans leurs marges au lieu de la répercuter sur les prix, avec $\varphi = 1$ dans la configuration de référence (répercussion complète) et $\varphi = 0{,}5$ comme sensibilité obligatoire. Le déflateur de la valeur ajoutée, le déflateur de la consommation (avec son contenu en importations, 0,2762, direct et indirect, par l'inverse de Leontief) et le déflateur de l'investissement découlent du prix de la production brute et du prix d'importation, tandis que le déflateur du PIB est leur agrégat de Stone, et l'identité entre le

déflateur, le PIB nominal et le PIB réel est vérifiée par machine. L'inflation a ainsi une origine de coût, par les salaires au travers de la relation de Phillips et par les importations au travers de l'inflation des partenaires et du prix relatif, ainsi qu'une origine de demande par le taux d'emploi, de sorte qu'aucun écart de production n'entre dans l'équation de prix, pas plus qu'un NAIRU.

*L'ancre nominale.* Puisque le taux de marge est choisi pour réaliser la part salariale que prédit (9), le niveau des prix est le résidu qui réconcilie la relation de salaire et la loi de répartition, et un lecteur peut se demander ce qui détermine l'inflation. Deux éléments le font. Le premier est la composante importée du coût unitaire, car avec une part $s_m$ d'intrants importés dans le coût unitaire (0,27 du coût unitaire et 0,28 du panier de consommation) valorisés à l'inflation des partenaires, le taux d'inflation stationnaire du bloc domestique est le point fixe de $\pi = (1-s_m)\,[c+\beta_\lambda\lambda+\theta_\pi\pi]+s_m\,\pi^{\text{ext}}$ le long d'une trajectoire où les salaires croissent avec la productivité, c'est-à-dire

$$\pi^\star = \frac{(1-s_m)(c+\beta_\lambda\lambda)+s_m\,\pi^{\text{ext}}}{1-\theta_\pi\,(1-s_m)}, \tag{13}$$

dont le multiplicateur sur une poussée salariale, $1/(1-\theta_\pi(1-s_m))$, vaut environ 1,5 pour $s_m$ égal à 0,27 comme à 0,28, et non le $1/(1-\theta_\pi)\approx 1{,}9$ d'une économie fermée. Ce raisonnement vaut pour les écarts qu'une politique crée par rapport à la politique inchangée, puisque les partenaires gardent alors l'inflation de la politique inchangée (section 6.2), et pour ces écarts le prix d'importation est l'ancre que n'est pas la banque centrale, puisque la France pèse un cinquième de la zone à laquelle réagit la règle de Taylor. Le niveau de l'inflation sous BAU lui-même relève d'un autre raisonnement. Sous BAU, en effet, $\pi^{\text{ext}}$ est par construction l'inflation française, et en posant $\pi^{\text{ext}}=\pi^\star$ dans (13) on retrouve $\pi^\star=(c+\beta_\lambda\lambda)/(1-\theta_\pi)$, le multiplicateur de l'économie fermée, tandis que la zone s'inflate alors comme la France, de sorte que la règle de Taylor y répond avec son coefficient entier $\varphi_\pi$ et non avec $0{,}2\,\varphi_\pi$. L'inflation de BAU est donc ancrée par la relation de salaire elle-même, c'est-à-dire par sa constante et par le taux d'emploi, ainsi que par la banque centrale, et le prix d'importation ne lui apporte aucune ancre extérieure. Le second élément est le taux d'emploi lui-même, car une poussée salariale propre à une politique élève le prix relatif, réduit les exportations nettes et la production, et abaisse $\lambda$, ce qui constitue la boucle stabilisatrice de l'économie ouverte, tandis que la rigidité nominale à la baisse borne l'autre côté. Les papiers compagnons présentent la trajectoire d'inflation de chaque scénario, et la table 5 la donne pour la cellule de référence à politique inchangée, de sorte que le lecteur peut vérifier que le mécanisme ne dérive pas sur l'horizon. Là où il dérive, sous les grands programmes de dépense permanente au plein emploi, l'inflation qui en résulte est d'origine de demande par $\lambda$, non un artefact de l'indexation.

*6.2. Inflation des partenaires et taux de change*

L'inflation des partenaires est posée égale, dans chaque cellule et sous chaque situation de choc, à l'inflation française de la trajectoire à politique inchangée, sans règle de défaut, au moyen d'un point fixe. On simule la politique inchangée, on donne aux partenaires l'inflation qu'elle produit, et l'on recommence jusqu'à ce que les deux trajectoires coïncident, à $10^{-13}$ près, ce qui demande une douzaine d'itérations. Le prix relatif $q$ reste donc à sa valeur d'ancrage sous BAU par construction. Toutes les autres politiques sont simulées avec ces mêmes partenaires, si bien que tout écart entre l'inflation française d'une politique et celle de la politique inchangée passe entièrement dans le prix relatif. Les prix d'importation en euros suivent cette inflation des partenaires, ainsi que le prix de l'énergie lors du choc pétrolier de la section 13. La même trajectoire, prise sur les prix à la consommation et lue avec un an de retard, comme l'inflation française que lit la règle, sert d'inflation de la zone hors France dans la règle de Taylor, où la France pèse 20% (section 7.3).

Ce choix revient à supposer que les partenaires de la France, dans la zone euro comme hors de celle-ci, connaissent une inflation semblable à celle de la France à politique inchangée. Il neutralise la compétitivité prix sous BAU et ne laisse jouer que les écarts que crée chaque politique, ce qui est précisément ce que les papiers compagnons comparent. Une inflation des partenaires fixée à 2% par an, qui est la valeur par défaut du code, ferait au contraire dériver le prix relatif sous BAU dès que l'inflation française s'écarte de 2%, puisqu'un point d'écart d'inflation cumulé sur quatorze ans représente 15% de prix relatif, et elle attribuerait ainsi à l'inaction un gain ou une perte de compétitivité sans rapport avec la politique étudiée.

## 7. Finances publiques

*7.1. Recettes et solde primaire*

Les recettes sont calculées sur leurs assiettes aux taux moyens de l'année d'ancrage. Il s'agit des cotisations sociales sur la masse salariale (D.61, 30,5% des rémunérations versées à l'année d'ancrage, dont 68,3% de cotisations employeurs D.611 et 31,7% de cotisations salariés D.613), des impôts courants sur le revenu et le patrimoine D.5 sur leur assiette (13,7%), de l'impôt sur les sociétés sur l'excédent d'exploitation des sociétés (17,1%), des impôts nets des subventions sur les produits (11,8% de la valeur ajoutée), des autres impôts sur la production nets des autres subventions (3,2% de la valeur ajoutée) ainsi que de l'excédent d'exploitation et des revenus de la propriété propres aux administrations. La masse salariale est la rémunération versée par les producteurs résidents, nette des cotisations imputées (€1 462,4 Md en 2025). Chaque ligne est lue dans les comptes de 2025, les autres transferts étant tenus en part de la valeur ajoutée nominale, et les taux du circuit sont *dérivés* à l'année d'ancrage. Les quatre soldes sectoriels B.9 de 2025 sont reproduits exactement, le petit reste non réconcilié de chaque secteur étant publié et tenu constant

en part de la valeur ajoutée. Les prélèvements obligatoires ainsi dérivés représentent 43,9% du PIB en 2025 (43,6% dans les comptes de l'INSEE).

La dépense primaire comprend la consommation publique, l'investissement public, les transferts monétaires, les subventions et les autres transferts courants et en capital des comptes. Le solde primaire est la différence entre les recettes et la dépense primaire, la capacité de financement totale des administrations en retranche la charge d'intérêts, et l'une comme l'autre sont au périmètre de l'INSEE dans les tableaux publiés.

### *7.2. La dette publique et sa charge d'intérêts*

La dette suit l'identité

$$B_t = B_{t-1} + r_t^{\text{app}} B_{t-1} - PB_t, \tag{14}$$

où le taux apparent sur l'encours est une moyenne mobile du taux de marché à l'émission sur la maturité de la dette,

$$r_t^{\text{eff}} = (1-\mu)\, r_{t-1}^{\text{eff}} + \mu\, r_t^{\text{market}}, \qquad \mu = 1/8, \tag{15}$$

la maturité moyenne de huit ans correspondant à la structure publiée par l'Agence France Trésor, de sorte qu'une hausse du taux d'émission atteint l'encours avec un retard moyen de huit ans, ce qui explique que le régime des papiers compagnons bascule tard et brutalement. La dette à court terme de l'agence centrale des organismes de sécurité sociale (ACOSS) est portée à part, à un taux du marché monétaire. La dette est détenue par cinq classes de détenteurs, à savoir le reste du monde (54,7%), l'Eurosystème (18,0%), les banques (13,1%), les institutions financières non bancaires (13,1%) et les ménages (1,1%), selon les parts de l'année d'ancrage, et la charge d'intérêts est ventilée en conséquence, si bien que la part qui part à l'étranger entre dans le compte courant et dans la position extérieure, tandis que la part de l'Eurosystème revient au Trésor sous forme de seigneuriage net de la rémunération des réserves. La forme en ratio de l'identité,

$$\Delta b_t = \frac{b_{t-1}\,(r_t^{\text{app}} - g_t)}{1+g_t} - pb_t, \tag{16}$$

où $g$ est la croissance nominale, est publiée à chaque pas avec ses deux termes, son résidu est inférieur à $10^{-9}$ chaque année sans décote, et les papiers compagnons décomposent plus avant le terme boule de neige en intérêts, croissance réelle et inflation.

### *7.3. Politique monétaire et taux souverain*

Le taux d'intérêt directeur suit une règle de Taylor de la zone euro,

$$i_t^{\text{cible}} = r^\star + \varphi_\pi\,(\pi_t^{\text{zone}} - \pi^{\text{cible}}) + \varphi_y\,\text{gap}_t^{\text{zone}}, \qquad r^\star = 0{,}81\% + \Delta_r,\ \varphi_\pi = 1{,}99,\ \varphi_y = 0, \tag{17}$$

avec un plancher à $-0{,}5\%$, un plafond à 15% et un lissage du taux réalisé vers la cible ($\rho = 0{,}8$). Les coefficients sont *estimés* sur le taux de la facilité de dépôt de la BCE 1999–2026, dans une règle sans écart de production, ce qui donne $\varphi_\pi = 1{,}99$ (intervalle $[1{,}39; 2{,}59]$) et $r^\star = 0{,}81\%$, la réponse à l'écart de production n'étant pas identifiée dans les données et l'écart ne figurant pas dans le mandat. $\Delta_r$ est un recalage de la constante, propre à chaque lecture de l'IA, tel que le taux directeur de 2026 soit égal à la moyenne observée en 2026 du taux de la facilité de dépôt ($r^\star + \Delta_r = 2{,}66\%$ sous AGHION et 2,49% sous ACEMOGLU [4]). Les valeurs manuelles $(0{,}5\%, 1{,}5, 0{,}5)$ sont conservées comme sensibilité. L'inflation de la zone est $\pi^{\text{zone}} = 0{,}2\,\pi^{\text{FR}} + 0{,}8\,\pi^{\text{ext}}$, où les deux inflations sont celles des prix à la consommation de l'année précédente et où $\pi^{\text{ext}}$ est l'inflation française à politique inchangée de la même cellule (section 6.2), l'écart de production n'intervenant pas puisque $\varphi_y = 0$. La banque centrale réagit donc à l'inflation observée sur la zone euro, où la France pèse un cinquième, et non à la seule inflation française. La dérivée du taux directeur cible par rapport à un écart d'inflation française à la politique inchangée vaut par conséquent $0{,}2\,\varphi_\pi = 0{,}40$, et le taux réalisé n'en reçoit que le cinquième la première année du fait du lissage, ce qui explique que la rétroaction monétaire sur un tel écart soit faible et que le prix d'importation soit l'ancre nominale effective de ces écarts (section 6.1).

Le taux de marché français à l'émission ajoute à une ancre une prime linéaire en l'écart du ratio de dette à sa valeur de 2026, avec une pente de 3,56 points de base par point de PIB estimée sur un panel de la zone euro (EL, ES, FR, IE, IT, PT, 1999–2023, $n = 150$, effets fixes à deux dimensions, $t = 1{,}85$, fourchette à 66% $[1{,}7; 5{,}4]$), sans seuil ni plafond. L'ancre est le taux auquel le Trésor emprunte l'année de référence. L'OAT à dix ans a franchi 5% le 21 octobre 2026, avec un Bund à 3,43% et un écart France–Allemagne d'environ 157 points de base, et l'ancre de la configuration de référence est de 5,00%. Une prime extérieure, linéaire et sans seuil, mesure enfin le prix de la dégradation de la position extérieure, à raison de 0,49 point de base par point de PIB de passif extérieur net accumulé depuis l'année d'ancrage (panel de la zone euro 1999–2024, $t = 1{,}44$, estimation fragile), les crises de la zone euro ayant été lues dans la position extérieure plutôt que dans la dette publique [27]. Distincte du spread souverain, qui est la prime liée à la dette, elle s'ajoute au taux des crédits bancaires avec un poids de 0,30, valeur centrale posée (intervalle $[0{,}15; 0{,}50]$) pour la part du financement de marché extérieur dans le passif des banques, alors que son poids dans le taux d'émission est nul dans la configuration de référence, si bien qu'elle agit sur l'investissement privé et laisse inchangée la charge de la dette.

4. AGHION et ACEMOGLU désignent les deux lectures de l'effet de l'intelligence artificielle sur la productivité, présentées à la section 9.3. La lecture AGHION, d'après Aghion and Bunel [2], retient un gain cumulé de niveau de la productivité de 6,8% sur 2025–2050 sans déplacement de la part salariale, alors que la lecture ACEMOGLU, d'après Acemoglu [1], retient un gain de 0,7% avec une perte de deux points de part salariale. Le recalage $\Delta_r$ diffère d'une lecture à l'autre parce que la règle n'y lit pas la même inflation en 2026.

Deux conséquences méritent d'être soulignées. En premier lieu, l'ancre de 5% contient déjà l'écart propre à la France d'octobre 2026, si bien que la prime liée à la dette et la prime de rupture sont des *incréments* mesurés à partir de l'année de référence, et non une seconde valorisation de l'écart de 2026. La prime liée à la dette est en effet nulle en $b = b_{2026}$ par construction et la prime de rupture n'existe que dans la zone d'alerte, tandis que la prime extérieure, nulle elle aussi à la position de l'année d'ancrage, n'entre pas dans ce taux. Ce que le modèle ajoute aux 5% est ce qu'ajouterait une détérioration supplémentaire, à la pente du panel, alors que ce qu'il ne sait pas faire est de dire si les 157 points d'octobre 2026 étaient eux-mêmes « justifiés », et c'est la sensibilité à l'ancre (section 12.4) qui traite cette question. En second lieu, avec une maturité moyenne de huit ans, le taux apparent sur l'encours converge vers l'ancre au cours de l'horizon à partir de 2,41% en 2027 (intérêts versés rapportés à l'encours d'ouverture), et au périmètre de recettes du modèle le ratio des intérêts aux recettes $\sigma$ atteint alors le seuil d'alerte de la section 7.4 au début des années 2030 sous la plupart des choix budgétaires. À 5%, la dynamique souveraine des papiers compagnons est donc pour une large part la dynamique de l'ancre, et c'est pourquoi l'ancre est la première sensibilité présentée, là-bas comme ici. Le taux des crédits bancaires est le taux directeur augmenté de 2,2 points et de la part de la prime extérieure vue plus haut, et la transmission du taux directeur à l'encours de crédits et au souverain est estimée. Une fraction 0,76 d'un mouvement du taux directeur passe rapidement au taux des nouveaux crédits, et 0,79 au taux souverain au rythme de 0,22 par an, alors que l'encours de crédits aux entreprises n'est renégocié qu'au rythme de 0,30 par an (22% de crédits à taux variable et environ 8% de renouvellement, d'après la Banque de France), la dette publique gardant pour sa part l'inertie de sa maturité moyenne de huit ans.

### *7.4. La règle de défaut souverain*

Le critère de la règle est $\sigma_t$, la part des recettes des administrations publiques absorbée par les intérêts, et non le ratio dette/PIB (qui mélange un stock sur plus de 8 ans et un flux annuel). En 2010–2012, en effet, les quatre pays de la zone euro qui ont perdu l'accès au marché avaient des ratios de dette allant de 56% (Espagne) à 120% (Italie), alors que leurs $\sigma$ se regroupaient entre 8,02% et 10,15% [27]. Deux seuils sont lus dans Eurostat, à savoir $\overline{\sigma}_1 = 9{,}37\%$, médiane des quatre pertes d'accès au marché (Portugal 2011, Irlande 2010, Italie 2011, Espagne 2012), et $\overline{\sigma}_2 = 17{,}20\%$, valeur de la Grèce en 2011, l'année précédant sa restructuration. Chaque seuil doit être dépassé deux années consécutives, et chaque état est absorbant, c'est-à-dire qu'une fois déclenché il le reste jusqu'à la fin de la simulation, même si $\sigma$ redescend ensuite sous le seuil, de sorte que la zone d'alerte ne se referme pas et que la restructuration n'a lieu qu'une fois. Au-delà de $\overline{\sigma}_1$ s'applique la *zone d'alerte* (arrêt brutal des financements), par trois canaux. Les achats nets de dette nouvelle par l'étranger tombent d'abord à zéro, si bien que la part étrangère de l'encours se fige en niveau et décline en proportion, et que l'émission nette est placée auprès des détenteurs privés domestiques

(banques, institutions financières non bancaires, ménages) au prorata de leurs parts, ce qui est la lecture, dans le registre, d'un rapatriement absorbé par TARGET2. Une prime de rupture de 300 points de base (l'ordre de grandeur de l'Italie et de l'Espagne en 2011–2012) s'ajoute ensuite au taux d'émission, pondérée par un moins la fraction du retrait qu'absorbe l'Eurosystème, paramètre fixé à 0,5 dans la configuration de référence, de sorte que la prime effectivement payée est de 150 points de base, et sa sensibilité $\{0; 0{,}5; 1\}$ est obligatoire parce que, pour un membre de la zone euro, l'arrêt brutal est moins mécanique que pour une économie émergente. Enfin, les intérêts versés à l'étranger suivent la détention étrangère figée plutôt que la part conventionnelle, les résidents recevant la différence. Ce que la zone d'alerte *ne fait pas* doit être dit. L'absorption domestique de l'émission nette n'agit pas sur le plafond de crédit de la section 8, si bien qu'il n'y a dans le modèle aucune éviction du crédit privé par le souverain, puisque la rupture est un effet de prix sur le souverain et un effet de revenu sur ses détenteurs, non un effet de quantité sur l'investissement privé. C'est une limite, qui rend la zone d'alerte plus « douce » que les épisodes historiques sur lesquels elle est calibrée.

Au-delà de $\overline{\sigma}_2$ une *restructuration* intervient, une seule fois par simulation, sous la forme d'une décote $h = 0{,}52$, qui est la perte en valeur faciale du PSI grec de 2012, appliquée à la dette détenue par le secteur privé, les avoirs de l'Eurosystème en étant exemptés comme en 2012. Elle est enregistrée comme un autre changement de volume, pour que la somme des capacités de financement reste nulle et que la dette baisse de ce que perdent les créanciers, après quoi les pertes sont réparties entre les détenteurs selon leurs parts, et la perte des banques se répercute sur leurs fonds propres et sur le plafond de crédit. Un troisième indicateur absorbant, l'indicateur de soutenabilité, que le code nomme « boule de neige », passe à vrai lorsque $r > g$ deux années de suite ou lorsque les intérêts dépassent 12% des recettes publiques, et il reste vrai ensuite même si $r$ redevient inférieur à $g$, ce qui le distingue de l'écart $r - g$ lui-même, qui peut changer de signe d'une année à l'autre. Il déclenche une règle d'ajustement budgétaire (activation de cotisations, puis réduction de la consommation publique et des transferts jusqu'à fermer le solde courant, l'investissement public n'étant jamais touché), que le code présente comme une hypothèse de conception de programmes et non comme une description du comportement budgétaire français. Cette règle ne s'applique qu'aux scénarios qui la votent, et aucun des scénarios des papiers compagnons ne le fait, si bien qu'elle est inerte dans tous les résultats publiés. Pour mémoire, le $\sigma$ français observé pour 2025 est de 4,27% (Eurostat, intérêts dus rapportés aux recettes totales), mais le périmètre de recettes du modèle est plus étroit, si bien que son $\sigma$ vaut 4,6% en 2026 avec l'ancre de 5%. La règle est un régime de tension en forme réduite, calibré sur cinq épisodes, et non un modèle empirique de probabilité de défaut.

*7.5. Une règle de protection conditionnelle*

Le modèle traite l'instrument de protection de la transmission de la BCE (*Transmission Protection Instrument*, TPI), créé en juillet 2022, comme une règle plutôt que comme une décision discrétionnaire. Il modélise ce que l'instrument fait au financement du souverain lorsqu'il est actif, ainsi qu'une règle disant quand il l'est. Lorsqu'il est actif, l'ancre de l'émission nouvelle est remplacée par le rendement allemand à dix ans du 21 octobre 2026 (3,43%) augmenté de l'écart France–Allemagne moyen de 2015–2019 (0,39 point), soit 3,82%, la prime liée à la dette est figée à sa valeur de 2026, la prime de la zone d'alerte et la prime de boucle fatale, par laquelle le marché fait payer à l'État le sauvetage de ses banques, sont mises à zéro, et la part française (5,5%, excès de la hausse du dix ans français sur celle du dix ans allemand entre décembre 2021 et octobre 2022) de tout choc commun sur la prime obligataire est retirée. L'Eurosystème achète l'émission nette au pair, la conserve, réinvestit les titres arrivant à échéance et reverse le seigneuriage (le coupon diminué du taux directeur sur les réserves), tandis que ses avoirs, exemptés de toute décote, sont plafonnés à 30% de l'encours, que rien n'est jamais revendu et que l'encours existant n'est pas racheté.

La règle d'activation se lit sur les comptes de la dernière année close, à partir de 2028 au plus tôt. Elle exige (i) que le déficit primaire ne dépasse pas l'investissement public, ce qui revient à un solde courant primaire, l'État n'empruntant que pour investir et pour payer les intérêts de sa dette héritée, et (ii) que le taux apparent sur la dette ne dépasse pas la croissance nominale. Une première activation requiert les deux conditions, et une fois accordée, la protection n'est pas retirée au seul motif que $r > g$ pendant qu'un choc est en cours, alors qu'en dehors d'un choc elle est retirée dès que l'une des conditions fait défaut et retrouvée quand les deux sont de nouveau remplies. La règle de défaut de la section 7.4 reste en vigueur, si bien que protection et défaut peuvent coexister, ce qui est une faiblesse de la règle. Le papier compagnon [27] discute les propriétés de la règle et les politiques publiques qu'elle récompense, alors que le présent papier la traite comme un contrefactuel institutionnel, plus souple que la lettre du TPI et du cadre budgétaire européen, et non comme une prévision du comportement de la BCE.

Une année protégée, le taux d'émission est de 3,82% au lieu de 5,00% et les incréments ci-dessus sont figés ou retirés, si bien qu'une comparaison « avec et sans protection » est, pour sa plus grande part, une comparaison entre une émission nouvelle à 3,82% et une émission à 5,00% sur les années protégées, les achats et le seigneuriage de l'Eurosystème n'ajoutant qu'un terme de second ordre. La taille de l'effet est celle de cet écart multipliée par les années de protection.

## 8. Bilans et crédit

Le bloc des bilans est comptable. La capacité de financement (B.9) de chaque secteur, calculée à partir de ses revenus et de ses dépenses, entre dans sa position financière nette, et la somme des capacités de financement des six secteurs est nulle à chaque date, à une tolérance de $10^{-9}$ près (faute de quoi le contrat arrête la simulation). Les créances nominales sont réévaluées par l'inflation au moyen d'un transfert à somme nulle, car la perte réelle attendue sur l'exposition nominale nette du pays, $\exposition\,(1/(1+\pi)-1)$, est égale à la somme des gains et des pertes des secteurs, ce qui est vérifié à chaque pas, et la position extérieure supporte le reste. Les actions détenues par les ménages sont réévaluées à un rendement nominal, et la réévaluation entre dans l'effet de richesse de (3) par le patrimoine net des ménages. L'endettement des entreprises est le résidu de l'investissement et du profit non distribué, sous le plafond de croissance de l'encours de crédit (6% par an), si bien que ce qui ne peut être emprunté n'est pas investi et que le rationnement est enregistré. Les banques détiennent des titres publics, des crédits et des réserves, et leurs fonds propres (€434 Md à l'année d'ancrage pour €2 777 Md d'actifs pondérés par les risques, ACPR) suivent le profit non distribué ainsi que les pertes sur les crédits (les créances douteuses augmentant avec le chômage de 0,00188 par point et par an, taux estimé sur l'épisode grec) et sur la dette souveraine en cas de restructuration, de sorte que lorsque le ratio de fonds propres passe sous sa cible (10,5%), l'État recapitalise selon la loi de crise bancaire des chocs, et c'est de là que naît la boucle fatale de la section 7.3.

L'effet Pigou–Fisher sur la demande, qui tient à ce que créanciers et débiteurs ont des propensions différentes sur les gains de réévaluation, n'est actif que lors du choc de krach financier. La position extérieure accumule le compte courant, $NIIP_{t+1} = NIIP_t - S^{\mathrm{ex}}_t$, à partir de la valeur de la Banque de France de fin 2025 (€-888,4 Md, soit $-29{,}7\%$ du PIB), et les revenus extérieurs nets sont écrits en écart à leur valeur de l'année d'ancrage, de sorte que l'écart de rendement observé de la position française est préservé. La charge sur la position accumulée depuis l'année d'ancrage est mise à zéro dans la configuration de référence.

## 9. Climat et intelligence artificielle

Le climat et l'intelligence artificielle entrent dans le modèle pour une même raison. D'ici 2040, l'un et l'autre déplacent le niveau de la productivité et de la production, donc la croissance nominale, qui est à la fois le dénominateur du ratio de dette et le terme $g$ de l'écart $r - g$ que lit la règle de protection (section 7.5). L'ampleur de ces deux effets est disputée, et le modèle retient deux lectures de chacun plutôt qu'une valeur centrale, dont les croisements forment les quatre mondes sur lesquels chaque scénario est simulé. L'adaptation est la réponse de politique publique aux dommages, sous la forme d'un stock de capital public que les scénarios peuvent financer.

*9.1. Deux lectures des dommages climatiques*

Les dommages climatiques sont un coin $\Omega_t \in (0,1]$ sur la production, normalisé à un à l'année d'ancrage 2025 (les comptes sur lesquels le modèle est ancré contiennent déjà les dommages que la France a subis, si bien qu'un coin mesuré à partir de 2020 les compterait deux fois), et calculé à partir de l'anomalie de température mondiale sur une trajectoire unique commune à tous les scénarios, à savoir +1,2°C en 2020, +1,5°C en 2030 et +1,7°C en 2040, qui est la trajectoire « politiques actuelles » du NGFS à la médiane de MAGICC, parce qu'aucun des scénarios n'est un scénario de décarbonation du monde et que les programmes de transition français ne font pas bouger la température mondiale. Deux fonctions de dommages sont retenues. La lecture de Bilal and Känzig [11] (BK) est une réponse impulsionnelle du *niveau* de la production à un choc de +1°C de température mondiale qui se déploie sur environ six ans, de sorte que les dommages sont une convolution de toute l'histoire du réchauffement,

$$D_t^{\mathrm{BK}} = \sum_{s \le t} \theta(t-s)\,\Delta T_s, \qquad \theta(h) = \theta_\infty\,(1 - e^{-h/\tau}), \tag{18}$$

avec $\theta_\infty$ et $\tau$ lus dans les estimations des auteurs de 2026 (la calibration de long terme pour la référence, celle de moyen terme comme sensibilité), si bien que le réchauffement de 2030 pèse encore en 2040, et ce sont les premiers dommages non instantanés du modèle. La lecture de Kotz et al. [38] (KLW) est une fonction du *taux de croissance* de la température locale, de sa variabilité, des précipitations et des extrêmes, avec les coefficients français des estimations régionales des auteurs et un facteur d'échelle France-monde de 0,731 qui reproduit les $-11\%$ de production française en 2050 publiés par la Banque de France, et son effet cumulé en 2040 est plus faible que celui de BK. Les deux lectures sont prises à la médiane des distributions des auteurs, avec les 5e et 95e centiles (0,6 et 1,5 fois la médiane) comme sensibilités. Le coin entre dans la capacité des branches et dans la production du pas, où il abaisse la croissance et donc, par (10), la tendance de la productivité, ainsi que, par les assiettes de recettes, les finances publiques, indépendamment de tout choix budgétaire.

*9.2. Adaptation*

L'adaptation est un stock de capital public $K^A$, accumulé à partir de l'investissement d'adaptation du scénario à un taux de dépréciation lu dans les données de l'OCDE pour la branche concernée, qui évite une fraction des dommages croissante avec $K^A/Y$ et saturante :

$$r_t = \frac{\theta\, c_t}{1 + c_t}, \qquad c_t = \alpha_A \Big(\frac{K_t^A}{Y_t}\Big)^{\phi}, \qquad \Omega_t^{\mathrm{adapt}} = \min\big(1 - (1-\Omega_t)(1-r_t), 1\big). \tag{19}$$

La saturation $\theta$ est la part maximale des dommages que l'adaptation peut éviter, si bien que l'adaptation réduit les dommages ou les laisse inchangés, sans jamais créer de production. Les

chocs aigus (une canicule comme perte de capacité, une inondation comme destruction ponctuelle de capital privé et public, une sécheresse comme saut des prix d'importation) relèvent d'une loi distincte, utilisée dans les situations de choc de la section 13, avec une reconstruction du capital public sur un nombre d'années fixé à l'avance.

*9.3. Deux lectures de l'intelligence artificielle*

L'effet de l'intelligence artificielle sur la productivité s'ajoute à la croissance de référence de la productivité $g^{a,0}$ de (10) selon deux lectures fondées sur les tâches. Aghion and Bunel [2] donnent un gain cumulé de *niveau* de la productivité de 6,8% sans déplacement de la part salariale, alors que Acemoglu [1] donne 0,7% avec une perte de deux points de part salariale, réalisée par les salaires. Les deux gains sont étalés sur 2025–2050 selon un profil en cloche, le gain annuel étant l'incrément d'une diffusion logistique (inflexion en 2034, pente 0,35) normalisée pour que la somme des gains soit exactement le chiffre cumulé, de sorte que la croissance revient à sa tendance une fois la diffusion achevée tandis que le niveau conserve le gain. Les partenaires reçoivent la même désinflation, puisque leur inflation est celle de la politique inchangée de la même cellule (section 6.2), si bien que la diffusion de l'IA ne crée par elle-même aucun gain de compétitivité. Croisées avec les deux fonctions de dommages, ces lectures donnent les quatre mondes, BK-AGHION, BK-ACEMOGLU, KLW-AGHION et KLW-ACEMOGLU, dans lesquels chaque scénario des papiers compagnons est simulé, et dont on présente l'étendue min–max plutôt qu'une moyenne pondérée par des probabilités, dans la tradition méthodologique de Meadows et al. [41], car aucune probabilité ne peut être attribuée à ces alternatives et une moyenne pondérée véhiculerait une fausse espérance. Le lecteur doit savoir de quoi l'enveloppe est faite. À l'horizon 2040, la lecture de l'IA déplace le niveau de la productivité d'environ 5,4 pour cent entre AGHION et ACEMOGLU (6,1% contre 0,6% du gain cumulé réalisé en 2040), auxquels s'ajoutent deux points de part salariale, alors que la lecture climatique, pour +0,5°C de réchauffement supplémentaire sur 2020–2040, déplace la production de quelques pour cent au plus entre BK et KLW. Sur cet horizon, l'enveloppe des quatre mondes est donc d'abord une enveloppe sur l'effet de l'intelligence artificielle sur la productivité, et seulement ensuite une enveloppe sur les dommages climatiques, et c'est pourquoi les papiers compagnons présentent les deux axes séparément (l'écart AGHION–ACEMOGLU à fonction de dommages fixée et l'écart BK–KLW à lecture de l'IA fixée), afin que l'enveloppe ne soit pas lue comme une incertitude climatique. L'axe climatique s'élargit après 2040, ce qui est l'une des raisons pour lesquelles l'horizon s'arrête là.

## 10. La répartition entre ménages et la pauvreté

La répartition du revenu disponible des ménages par décile est un post-traitement de la trajectoire macroéconomique qui ne rétroagit pas sur cette dernière. Chaque année, les revenus agrégés du

travail et du capital, les transferts et les impôts des comptes macroéconomiques sont répartis entre dix déciles selon la structure, à l'année d'ancrage, de l'enquête de l'INSEE sur les revenus fiscaux et sociaux (ERFS) et de la World Inequality Database pour la France. Les revenus du travail y suivent l'emploi par décile (le chômage frappant plus que proportionnellement les déciles inférieurs, avec les élasticités des séries de l'INSEE sur le chômage par décile), les transferts suivent le régime d'indexation du scénario et l'incidence de ses programmes (la sécurité sociale universelle en services et en espèces, la taxe ABC par décile de patrimoine), et les revenus du capital suivent la part de chaque décile dans le patrimoine financier. Trois indicateurs sont présentés, à savoir le coefficient de Gini du revenu disponible par unité de consommation, le taux de pauvreté ancré (la part des individus sous 60% du revenu équivalent médian de 2026, tenu fixe en termes réels, de sorte que la pauvreté mesure une baisse du niveau de vie et non une variation de la médiane) et le taux de pauvreté relative à 60% de la médiane courante. Le taux ancré est celui qu'utilisent les papiers compagnons, parce qu'une récession qui abaisse la médiane fait baisser le taux relatif pour une mauvaise raison. L'incidence de la taxe ABC et celle des services de la sécurité sociale universelle sont figées à leurs valeurs de conception dans les sensibilités, de sorte qu'un changement d'un paramètre macroéconomique ne déplace pas les hypothèses de répartition.

## 11. Calibration et estimation

### *11.1. Le principe d'ancrage*

Chaque équation de comportement du modèle a une constante, que l'on dérive pour que l'équation reproduise exactement, en 2025, la valeur observée dans les comptes nationaux, à trois exceptions près, que nomme la table A.1 de l'annexe Annexe A. La constante de la fonction d'accumulation reproduit ainsi l'investissement observé compte tenu du profit et de la croissance observés, les propensions à consommer reproduisent la consommation observée compte tenu du revenu disponible et du patrimoine observés, le taux de marge reproduit le niveau des prix et la part salariale observés, les constantes d'exportation et d'importation reproduisent les flux commerciaux observés au prix relatif observé, et la relation d'emploi est écrite en écart à l'état de l'année d'ancrage, de sorte que sa constante disparaît. Les trois exceptions sont la relation de salaire et la loi de part salariale, qui utilisent leurs constantes estimées, et la relation de productivité, dont la constante estimée fixe le niveau de référence. La propriété est vérifiée par un contrat pour chaque bloc, puisque, quelle que soit la valeur admissible donnée à chaque paramètre de pente, le pas de l'année d'ancrage restitue les comptes de 2025. Elle a pour conséquence que tous les scénarios et toutes les sensibilités partent de la même économie observée, et qu'un paramètre de pente change la façon dont l'économie réagit, jamais son point de départ, si bien qu'une comparaison entre deux valeurs de $\beta_\kappa$, par exemple, est une comparaison de réponses et non de niveaux initiaux. Sans ce principe, une grille sur $\beta_\kappa$ à

constante fixée déplacerait l'investissement initial de 38% et produirait sur ce paramètre un « effet de bord » apparent, qui ne serait qu'un artefact de niveau.

### *11.2. Relations estimées*

La table A.2, à l'annexe Annexe A, recense les relations de comportement estimées sur données françaises, avec leur échantillon, leurs estimations et les réserves qui les accompagnent. Les fichiers d'estimation (séries, scripts, matrices de covariance) se trouvent dans le dépôt, et le modèle y lit les coefficients au moment de l'exécution au lieu de les porter dans le code, de sorte qu'une réestimation change le modèle sans qu'on y touche.

### *11.3. Les paramètres et leurs sources*

Les paramètres du modèle sont classés dans le code selon leur provenance. Les paramètres de classe A sont lus dans un fichier de données nommé (un tableau des comptes nationaux, une projection de l'INSEE, un résultat d'estimation), ceux de classe B portent leur source dans le commentaire attenant à leur définition, ceux de classe C sont documentés dans un fichier nommé du corpus, et ceux de classe D sont des interrupteurs au repos (zéro ou rien), qui n'appellent aucune source. Sur les 164 paramètres numériques, entre 46 et 65 ne portent pas encore de source citable, et ils sont nommés un par un dans le dépôt. Toutes les autres valeurs numériques sont lues dans le code par machine et comparées à leur source, si bien qu'aucune n'est écrite à la main dans les documents, et un contrat arrête la publication si une valeur diffère. La lecture par machine exclut toute recopie, sans garantir pour autant que le champ lu soit celui de la configuration simulée, et c'est pourquoi les constantes dérivées, comme celle de l'investissement, sont recalculées à partir des paramètres en vigueur dans les simulations publiées. La table A.3, à la même annexe, donne les paramètres qui comptent le plus pour les résultats des papiers compagnons.

## 12. Validations

Le modèle est d'abord validé par ses identités. À chaque pas, des contrats vérifient que la somme des capacités de financement des secteurs est nulle, que les identités de l'emploi, de la dette et du déflateur sont bouclées et que l'équilibre entrées-sorties tient produit par produit, toute violation arrêtant la simulation, si bien qu'aucune trajectoire publiée ne porte de résidu comptable. Le pas de 2025 reproduit en outre les comptes de 2025 pour toute valeur admissible des pentes (section 11.1).

### *12.1. Multiplicateurs budgétaires émergents*

Les multiplicateurs du modèle émergent de ses équations, et ils sont sa première validation comportementale. On les mesure en appliquant à la trajectoire BAU de chaque cellule les mêmes chocs

durables que les modèles français de référence, à savoir une baisse permanente de la consommation publique d'un point de PIB à partir de 2030 et une hausse permanente des impôts directs des ménages de même ampleur, puis en lisant l'écart du PIB réel à la trajectoire de référence de la même cellule, sous la règle de défaut et sans choc. La table 4 les compare à ceux de Mésange [9, 33], de FR-BDF [40] et au barème de l'OFCE dépendant du cycle.

| Instrument, horizon | Gemmes-France | Mésange | FR-BDF | OFCE |
|---|---|---|---|---|
| Consommation publique, année 1 | 0,85–0,86 | 0,78 | 0,97 | 0,6–1,5 |
| Consommation publique, année 2 | 0,82–0,96 | 1,06 | 1,02 | — |
| Consommation publique, année 4 | 0,67–0,86 | 1,03 (an 3) | — | — |
| Consommation publique, année 8 | 0,40–0,87 | — | — | — |
| Impôts directs des ménages, année 1 | 0,24 | 0,41 | 0,09 | 0,6–1,5 |
| Impôts directs des ménages, année 2 | 0,45–0,46 | 0,83 | 0,23 | — |
| Impôts directs des ménages, année 4 | 0,67–0,73 | 0,88 (an 3) | 0,40 | — |
| Impôts directs des ménages, année 8 | 0,84–1,01 | — | — | — |
| Rapport dépense / impôt, année 1 | 3,5–3,7 | 1,9 | 11 | 1 |
| Cotisations employeurs, tout sur les prix, années 1 / 4 / 8 | 0,13 / 0,37–0,38 / 0,48–0,58 | — | — | — |
| Cotisations employeurs, 12% sur les salaires, années 1 / 4 / 8 | 0,13 / 0,29–0,35 / 0,33–0,50 | — | — | — |
| Cotisations employeurs, 45% sur les salaires, années 1 / 4 / 8 | 0,13 / 0,09–0,26 / −0,17 à 0,33 | — | — | — |

Table 4 – Multiplicateurs émergents de Gemmes-France (étendue sur les huit cellules à la référence des papiers compagnons, pour une baisse durable de la consommation publique et une hausse durable des impôts directs des ménages d'un point de PIB à partir de 2030, lus l'année $k$ comme l'écart du PIB réel en $2029 + k$), comparés aux modèles français de référence. Mésange : choc durable d'un point de PIB, d'après Haut Conseil des finances publiques [33]. FR-BDF : consommation publique et impôts directs (ménages et entreprises confondus), Lemoine et al. [40]. OFCE : « mesures de demande », d'un écart de production nul à quatre points en dessous. Cotisations employeurs : baisse durable d'un point de PIB à partir de 2030, financée par la dette, dont 12% ou 45% sont répercutés sur les salaires au bout de 5 ans et le reste sur les prix [18], le multiplicateur étant la variation du PIB réel rapportée à la baisse réelle de l'année. L'année 8 (2037) est la dernière lisible avant que la trajectoire de référence de la première cellule n'atteigne la règle de défaut (2038).

Trois lectures s'en dégagent. Le multiplicateur de dépense du modèle se situe entre ceux des deux modèles administratifs au cours des deux premières années, et il décroît sur l'horizon dans sept cellules sur huit ($\eta_8 = m_8/m_1$ compris entre 0,46 et 1,03), à mesure que la fuite par les importations, la réponse des prix et le taux directeur font leur œuvre. Le multiplicateur fiscal est plus faible que le multiplicateur de dépense dans les trois modèles au cours des deux premières années, avec un rapport d'environ 3,6 la première année dans chaque cellule du modèle, contre 1,9 dans Mésange. La hiérarchie se resserre ensuite. Au bout de quatre ans, le rapport va, cellule par cellule, de 0,94 à 1,25, l'impôt ayant déjà rejoint la dépense dans les quatre cellules où l'élasticité des exportations vaut 0,6, et au bout de huit ans la hiérarchie s'inverse dans les huit cellules, le rapport allant de 0,40 à 0,94. Comme c'est cette hiérarchie qui décide des résultats comparatifs des papiers compagnons, l'horizon auquel on lit la comparaison entre consolidation par la dépense et hausse d'impôt compte autant que le niveau des multiplicateurs. Une baisse durable des cotisations employeurs, l'alternative du côté de l'offre, a un multiplicateur de 0,13 la première année quelle que soit son incidence, puis, au bout de quatre ans, de 0,37–0,38 si elle va entièrement aux prix,

de 0,29–0,35 si 12% en atteignent les salaires et de 0,09–0,26 si 45% les atteignent, de sorte qu'elle reste sous le multiplicateur de dépense dans chaque cellule la première et la quatrième année, et que plus elle est répercutée sur les salaires, moins elle ajoute à la production.

Enfin, le contenu marginal en importations est le choix dont dépend le plus la comparaison entre consolidation et fiscalité. Il est lu dans les contenus entrées-sorties de l'INSEE, alors que la loi d'importation estimée sans tendance ferait fuir à l'étranger 0,84 de chaque euro de consommation perdue et donnerait un multiplicateur fiscal de 0,05 la première année et de 0,10 au bout de quatre ans, en dessous même de FR-BDF. Les papiers compagnons publient leurs résultats sous la loi entrées-sorties, tandis que les résultats sous la loi d'importation estimée sont produits par les mêmes scripts sous la forme d'une variante disponible dans le dépôt, afin que le lecteur puisse voir ce qui dépend de ce choix. Ces multiplicateurs sont mesurés avec la même politique monétaire que les scénarios, c'est-à-dire avec la règle de Taylor de la zone, qui ne voit qu'un cinquième d'un écart d'inflation français, et avec la règle de protection, dont les années peuvent changer avec le choc, si bien que la réaction monétaire qu'ils contiennent est faible, comme dans les scénarios.

### *12.2. La trajectoire de référence à politique inchangée*

Avant toute comparaison entre scénarios, le lecteur a besoin de la trajectoire du modèle à politique inchangée dans la cellule de référence (BK-AGHION, $\varepsilon_x = 0{,}0295$, sans choc, sans règle de défaut), afin de pouvoir juger les mécanismes des sections 3 à 9 sur ce qu'ils produisent. La table 5 la donne.

| | 2026 | 2028 | 2030 | 2034 | 2038 | 2040 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Croissance du PIB réel (%) | -0,4 | -0,1 | -0,1 | 0,1 | 0,0 | -0,1 |
| Inflation du déflateur du PIB (%) | 2,1 | 3,2 | 3,0 | 1,7 | 1,2 | 1,2 |
| Taux de chômage (%) | 8,0 | 8,6 | 9,1 | 10,8 | 12,4 | 12,6 |
| Part salariale $\omega$ (%) | 65,9 | 66,2 | 66,2 | 66,1 | 65,0 | 64,3 |
| Prix relatif $q$ (2025 = 1) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Compte courant (% du PIB) | -0,4 | -0,5 | -0,2 | -1,8 | -4,4 | -5,7 |
| Solde primaire (% du PIB) | -3,2 | -3,3 | -3,3 | -2,6 | -1,6 | -1,2 |
| Solde total (% du PIB) | -6,0 | -7,0 | -7,5 | -9,4 | -12,1 | -13,9 |
| Taux apparent sur la dette (%) | 2,03 | 2,59 | 2,94 | 4,24 | 5,55 | 6,11 |
| Croissance nominale (%) | 1,6 | 3,1 | 2,9 | 1,7 | 1,2 | 1,2 |
| Ratio de dette (% du PIB, comptabilité nationale) | 119,3 | 124,8 | 130,9 | 151,4 | 183,3 | 203,8 |
| $\sigma$ (intérêts / recettes, %) | 4,6 | 6,1 | 7,2 | 11,9 | 18,5 | 22,4 |
| Protection (règle à deux conditions) | — | 2028–2031 (quatre ans) | | | | |

TABLE 5 – Politique inchangée, cellule de référence (BK-AGHION, élasticité des exportations estimée, sans choc, sans règle de défaut), lue dans la simulation. La croissance réelle de 2026 est mesurée à partir des comptes de 2025, le taux apparent est le rapport des intérêts versés à l'encours d'ouverture, et le prix relatif est constant par construction à politique inchangée (point fixe des partenaires). Sur les huit cellules, le ratio de dette de 2040 à politique inchangée va de 150 à 206% du PIB et la protection dure de 3 à 8 ans.

*12.3. Propriétés structurelles*

Reproduire la période 2010–2025 exigerait de réancrer le modèle chaque année, puisque ses relations de comportement sont estimées sur des échantillons qui la couvrent alors que ses encours sont ancrés à sa fin, et le modèle n'est pas destiné à cet exercice. Les propriétés vérifiées dans l'échantillon sont structurelles. La part salariale reste dans son intervalle historique (0,55–0,68) dans tous les scénarios et dans tous les mondes, et la corrélation entre la part salariale et le chômage a le signe de Goodwin. Deux propriétés de la trajectoire de référence sont en revanche à lire avec la table 5. Le taux de chômage sort à politique inchangée du support de la relation de salaire, qui s'arrête à 10,6%, à partir de 2034 (10,8% cette année-là et 12,6% en 2040 dans la cellule de référence), si bien que les règles d'extrapolation de la section 14 y jouent un rôle à la fin de l'horizon, et le compte courant dérive à politique inchangée ($-0{,}4\%$ du PIB en 2026 et $-5{,}7\%$ en 2040 dans la cellule de référence) dans une configuration où la croissance réelle est proche de zéro sur tout l'horizon. Aucune de ces deux propriétés ne vaut vérification.

*12.4. Sensibilités*

La première sensibilité porte sur l'ancre d'émission, parce qu'à 5% la dynamique souveraine est pour une large part la dynamique de l'ancre (section 7.3). La table 6 présente, pour la cellule de référence à politique inchangée et sous la consolidation du papier compagnon, le ratio de dette de 2040 sans la règle de défaut, l'année où s'ouvre la zone d'alerte de la règle de défaut et les années de protection, pour des ancres de 3,35% (la moyenne de 2025), 4% et 5%, le point fixe des partenaires étant recalculé pour chaque ancre.

| Ancre | BAU | | | DISCIPLINE | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dette 2040 | $\sigma \geq \overline{\sigma}_1$ | Protection | Dette 2040 | $\sigma \geq \overline{\sigma}_1$ | Protection |
| 3,35% | 192,2 | 2036 | 2028–2031 (4) | 192,1 | 2036 | 2028–2029 (2) |
| 4,00% | 196,6 | 2036 | 2028–2031 (4) | 199,7 | 2035 | 2028 (1) |
| 5,00% | 203,8 | 2035 | 2028–2031 (4) | 211,0 | 2034 | 2028 (1) |

TABLE 6 – Sensibilité à l'ancre d'émission, cellule de référence, sans choc, sans la règle de défaut (ratio de dette en 2040, en pour cent du PIB) et avec elle (première année de la zone d'alerte). La protection est donnée en années de la règle à deux conditions (nombre d'années entre parenthèses). À 3,35%, le ratio de 2040 à politique inchangée est inférieur de 11,6 points à ce qu'il est à 5%, la consolidation finit au niveau de l'inaction (0,1 point en dessous) et la protection de l'inaction dure aussi longtemps qu'à 5%.

Les résultats des papiers compagnons sont présentés sous forme d'enveloppes min–max sur les configurations plutôt que d'estimations centrales assorties d'intervalles de confiance. Les quatre mondes, les deux élasticités-prix des exportations, les deux régimes de la règle de défaut et les sept situations de choc donnent en effet 112 configurations par scénario, et l'enveloppe est une enveloppe de scénarios sous incertitude structurelle, non un énoncé probabiliste. Au sein d'une configuration,

les paramètres dont l'identification est faible font l'objet d'une sensibilité prévue dans le code, à simuler sur demande, qui ne fait pas partie de l'enveloppe publiée. Il s'agit de $\beta_\kappa$ sur $\{0; 0{,}12; 0{,}5\}$, la seule que l'on ait simulée pour la présente version (section 4.2), du lissage de la consommation sur $\{0; 0{,}30; 0{,}60\}$, de l'effet de richesse sur $\{0{,}013; 0{,}022; 0{,}040; 0{,}060\}$, de la répercussion $\varphi$ sur $\{0{,}5; 1\}$, de la part importée d'une pénurie d'offre sur $\{0; 0{,}29; 0{,}60\}$, de l'hystérèse de la relation de salaire hors de son support sur $\{0; 0{,}05; 0{,}15\}$, de l'absorption d'un arrêt brutal par l'Eurosystème sur $\{0; 0{,}5; 1\}$, de la fonction de dommages à ses 5e et 95e centiles et de la règle de Taylor manuelle. La grille de configurations tient lieu de Monte Carlo sur les matrices de covariance des relations estimées, parce que ces covariances ne couvrent pas les alternatives structurelles qui dominent l'incertitude.

## 13. Scénarios et chocs

Un scénario est un vecteur de votes lus par le pas. Il comprend la croissance de la consommation et de l'investissement publics en volume par habitant, le régime d'indexation des transferts, les instruments fiscaux (les taux sur les assiettes existantes et la taxe ABC sur les grands patrimoines, avec ses planchers et son plafond), les programmes (la sécurité sociale universelle en services et en espèces, les investissements de transition par filière, l'effort d'adaptation, la garantie d'emploi), le régime de la règle de défaut et celui de la règle de protection, ainsi que la situation de choc. Chaque programme est ventilé dans les comptes selon son contenu, un programme de services allant dans la consommation publique et dans l'emploi de la branche qui le produit, un programme monétaire dans les transferts, et un programme d'investissement dans la demande des branches productrices et dans le stock correspondant, de sorte que rien n'entre dans la demande sans entrer dans un bilan. La grammaire est la même pour tous les scénarios, les papiers compagnons définissent les leurs dans ces termes, et le BAU du présent papier tient chaque vote à sa valeur de 2026.

Sept situations de choc sont simulées pour chaque scénario. La première est l'absence de choc. La deuxième est un krach financier en 2031, selon trois variantes d'exposition bancaire (sans canal bancaire, exposition faible, exposition forte), le krach abaissant la valeur des actions, élevant les créances douteuses et déclenchant la loi de crise bancaire. La troisième est un choc durable sur le prix du pétrole, lu au travers du prix d'importation et de la règle de Taylor de la zone. La quatrième est un choc climatique aigu en 2032, sous la forme d'un événement extrême à son amplitude haute, qui détruit une fraction du capital privé et se répète trois années de suite, et la dernière est la situation cumulée qui ajoute à ce choc la destruction de capital public, que l'État reconstruit dans l'année. Chaque choc est une loi datée dotée de son propre contrat (inactivité exacte au bit près lorsque son amplitude est nulle), si bien que l'effet d'un choc est attribuable.

Chaque scénario est simulé sur 2026–2040 à fréquence annuelle à partir des comptes de l'INSEE

de 2025, les années 2026–2027 étant simulées à politique inchangée, et la divergence des politiques commence en 2028, premier budget voté après l'élection d'avril 2027. L'horizon s'arrête en 2040 parce qu'au-delà les trajectoires de la température, de la démographie et de la technologie divergent trop pour qu'un chiffre garde une signification, et parce que les règles d'extrapolation de la relation de salaire hors de son support feraient alors l'essentiel du travail. Le modèle est déterministe, et chaque nombre publié est lu dans un dépôt JSON écrit par la simulation, sans jamais être recopié. Le code (Python, bibliothèque standard, NumPy et Matplotlib uniquement), les fichiers de calibration et les scripts d'estimation sont disponibles auprès de l'auteur sur demande.

## 14. Limitations et conclusion

Six limitations du modèle doivent être gardées à l'esprit.

1) Les équations de la dynamique sous-jacente étant non linéaires (comme dans n'importe quelle modélisation scientifique qui tient compte de la complexité de son objet), elles sont sensibles, sur un horizon de quinze ans, à la calibration des pentes de comportement agrégé, si bien que les chiffres de 2040 doivent être considérés comme des ordres de grandeur et non des prévisions. Ce modèle est construit pour établir les différences entre différents scénarios politiques simulés à partir de la même économie et non pour prédire l'avenir.

2) Les relations estimées supposent une stabilité des comportements agrégés sur leurs échantillons (1978–2024 pour l'emploi, 1995–2024 pour la relation de salaire). C'est un problème épistémologique classique, souvent associé à la critique de Lucas, dont la portée empirique est discutée [37]. Qui plus est, elles extrapolent hors du support du chômage sur lequel elles ont été estimées. Cette critique est plus sérieuse mais inévitable : nous ne pouvons pas imposer *a priori* que le chômage français, dans les quatorze années à venir, se maintienne dans les bornes où il était cantonné depuis vingt ans. Tant à la hausse qu'à la baisse. Il faut donc bien prolonger nos estimations sur les plages où nous ne disposons pas d'expérience empirique antérieure. C'est une leçon simple : on ne peut pas postuler que l'avenir sera la répétition du passé.

3) Le bloc souverain est un régime de tension en forme réduite calibré sur cinq épisodes, accompagné d'une règle de protection monétaire contrefactuelle. À ma connaissance, c'est le premier modèle macro-économique de la France à explorer sérieusement la possibilité d'un défaut souverain. Toutefois, ce n'est pas un modèle d'estimation probabiliste du défaut souverain français et encore moins une prévision de la politique monétaire qui sera menée par la BCE. Nous avons adopté les hypothèses qui, en l'état, nous paraissent illustrer le comportement le plus vraisemblable des marchés obligataires et de Francfort en cas d'aggravation de la crise de la dette publique française.

4) Le bloc de l'économie ouverte n'a pas d'autre régime de change que le taux fixe intra-zone euro. S'il ne postule pas de rétroaction de la compétitivité sur les salaires, c'est que ce canal ne

s'observe pas sur les données françaises des vingt dernières années. Le passif extérieur accumulé depuis 2025 n'entraîne pas de revenus supplémentaires versés au reste du monde dans la configuration de référence, en dehors des intérêts de la dette publique détenue par des non-résidents, et le monde y croît à un rythme constant avec des partenaires dont l'inflation est celle de la France à politique inchangée et qui ne réagissent pas à la politique française : il est évidemment impossible d'anticiper comment l'Allemagne, l'Italie, l'Espagne... réagiraient aux différents scénarios politiques que nous envisageons dans les papiers compagnons de celui-ci.

5) Le modèle ne contient pas encore de taxe carbone ni ajustement carbone aux frontières. Les émissions ne baissent, ici, que par les investissements de substitution induits par les scénarios de politique publique, ou par la baisse de l'activité, mais pas par un signal-prix. L'introduction d'une taxe carbone est en cours.

Certains chocs systémiques —une hausse brutale des taux américains, une fragmentation de l'Union européenne, une guerre commerciale prolongée entre la Chine et les États-Unis, une escalade de la guerre en Ukraine— ne sont pas pris en compte.

6) Enfin, la répartition des revenus au sein des ménages ne rétroagit pas sur la trajectoire macroéconomique car une modification des inégalités ne déplace pas la propension agrégée à épargner/consommer, ce qui sous-estime le canal kaleckien au niveau des déciles du bas de l'échelle. Autrement dit, nous sous-estimons sans doute un petit peu le multiplicateur induit par une réduction des inégalités.

Pour conclure, Gemmes-France réunit trois traits rares dans les modèles de politique budgétaire : un bloc souverain qui rend le défaut, la protection de la banque centrale et l'écart entre taux d'intérêt et croissance endogènes au choix budgétaire, un ancrage de chaque constante sur l'économie observée de 2025, et des comportements estimés sur données françaises. L'exemple de la section 2.1 en montre la portée, puisque dans les huit cellules de la grille une consolidation fondée sur la dépense élève pendant au moins huit ans le ratio de dette qu'elle est censée abaisser selon la vulgate du débat public français.

**Références**


[1] Daron Acemoglu. The simple macroeconomics of AI. *Economic Policy*, 40(121) :13–58, 2025. doi : 10.1093/epolic/eiae042. NBER Working Paper 32487, 2024.

[2] Philippe Aghion and Simon Bunel. AI and growth : Where do we stand ? Note, Collège de France, Banque de France, June 2024.

[3] George A. Akerlof and Joseph E. Stiglitz. Capital, wages and structural unemployment. *The Economic Journal*, 79(314) :269–281, 1969.

[4] Julie Argouarc'h and Étienne Debauche. Comment expliquer les évolutions de l'emploi depuis le début de la crise ? In *Note de conjoncture, décembre 2010*. Insee, Paris, 2010.

[5] Paul S. Armington. A theory of demand for products distinguished by place of production. *IMF Staff Papers*, 16(1) :159–178, 1969.

[6] David Alan Aschauer. Is public expenditure productive ? *Journal of Monetary Economics*, 23 (2) :177–200, 1989.

[7] Hugo Bailly, Frédéric Mortier, and Gaël Giraud. Empirical analysis of a debt-augmented Goodwin model for the United States. *Structural Change and Economic Dynamics*, 70 :619–633, 2024. doi : 10.1016/j.strueco.2024.05.020.

[8] Laurence Ball. Long-term damage from the Great Recession in OECD countries. *European Journal of Economics and Economic Policies : Intervention*, 11(2) :149–160, 2014. doi : 10.4337/ejeep.2014.02.02.

[9] José Bardaji, Benoît Campagne, Marie-Baïanne Khder, Quentin Lafféter, Olivier Simon, Anne-Sophie Dufernez, Claire Elezaar, Pierre Leblanc, Emmanuelle Masson, and Harry Partouche. Le modèle macroéconométrique Mésange : réestimation et nouveautés. Document de travail G2017/04, Insee et Direction générale du Trésor, 2017.

[10] Daniel Bastidas, Adrien Fabre, and Florent Mc Isaac. Minskyan classical growth cycles : stability analysis of a stock-flow consistent macrodynamic model. *Mathematics and Financial Economics*, 13(3) :359–391, 2019. doi : 10.1007/s11579-018-0231-6.

[11] Adrien Bilal and Diego R. Känzig. The macroeconomic impact of climate change : Global versus local temperature. *The Quarterly Journal of Economics*, 141(2) :889–944, 2026. NBER Working Paper 32450, 2024.

[12] Olivier J. Blanchard and Daniel Leigh. Growth forecast errors and fiscal multipliers. *American Economic Review*, 103(3) :117–120, 2013.

[13] Olivier J. Blanchard and Lawrence H. Summers. Hysteresis and the European unemployment problem. In Stanley Fischer, editor, *NBER Macroeconomics Annual 1986*, volume 1, pages 15–78. MIT Press, Cambridge, MA, 1986.

[14] Stephen Bond and John Van Reenen. Microeconometric models of investment and employment. In James J. Heckman and Edward E. Leamer, editors, *Handbook of Econometrics*, volume 6A, chapter 65, pages 4417–4498. Elsevier/North-Holland, Amsterdam, 2007. doi : 10.1016/S1573-4412(07)06065-5.

[15] Emmanuel Bovari, Gaël Giraud, and Florent Mc Isaac. Coping with collapse : A stock-flow consistent monetary macrodynamics of global warming. *Ecological Economics*, 147 :383–398, 2018.

[16] Emmanuel Bovari, Oskar Lecuyer, and Florent Mc Isaac. Debt and damages : What are the chances of staying under the 2°C warming threshold ? *International Economics*, 155 :92–108, 2018. doi : 10.1016/j.inteco.2018.02.002.

[17] Emmanuel Bovari, Gaël Giraud, and Florent Mc Isaac. Financial impacts of climate change mitigation policies and their macroeconomic implications : a stock-flow consistent approach. *Climate Policy*, 20(2) :179–198, 2020. doi : 10.1080/14693062.2019.1698406.

[18] Antoine Bozio, Thomas Breda, and Julien Grenet. Incidence of social security contributions : Evidence from France. Working paper, Paris School of Economics and Institut des politiques publiques, March 2017.

[19] Stephen Burgess, Oliver Burrows, Antoine Godin, Stephen Kinsella, and Stephen Millard. A dynamic model of financial balances for the United Kingdom. Staff Working Paper 614, Bank of England, London, 2016.

[20] Serhan Cevik and Fedor Miryugin. Leverage shocks : Firm-level evidence on debt overhang and investment. IMF Working Paper WP/20/287, International Monetary Fund, Washington, DC, 2020.

[21] Valérie Chauvin and John Muellbauer. Consumption, household portfolios and the housing market in France. *Economie et Statistique / Economics and Statistics*, (500-501-502) :157–178, 2018. doi : 10.24187/ecostat.2018.500t.1950.

[22] Yannis Dafermos, Maria Nikolaidi, and Giorgos Galanis. A stock-flow-fund ecological macroeconomic model. *Ecological Economics*, 131 :191–207, 2017. doi : 10.1016/j.ecolecon.2016.08.013.

[23] Yannis Dafermos, Maria Nikolaidi, and Giorgos Galanis. Climate change, financial stability and monetary policy. *Ecological Economics*, 152 :219–234, 2018. doi : 10.1016/j.ecolecon.2018.05.011.

[24] Simone D'Alessandro, André Cieplinski, Tiziano Distefano, and Kristofer Dittmer. Feasible alternatives to green growth. *Nature Sustainability*, 3(4) :329–335, 2020. doi : 10.1038/s41893-020-0484-y.

[25] J. Bradford DeLong and Lawrence H. Summers. Fiscal policy in a depressed economy. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2012(1) :233–297, 2012.

[26] Ecohésion. Face aux crises, un autre budget est possible pour 2027. Technical report, Ecohésion France, Paris, 2026. URL `https://www.ecohesion.it/fr/ecohesion-france/nos-publications`.

[27] Gaël Giraud. Two paradoxes of fiscal consolidation : A stock-flow consistent analysis of france 2027–2040. Working Paper (companion) 2026-XX, LIED, 2026.

[28] Gaël Giraud. Extension of social protection, the ecological transition and sovereign risk in France, 2027–2040. Working Paper (companion) 2026-XX, LIED, 2026.

[29] Gaël Giraud and Matheus R. Grasselli. Household debt : The missing link between inequality and secular stagnation. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 183 :901–927, 2021. doi : 10.1016/j.jebo.2019.03.002. First published online March 2019.

[30] Wynne Godley and Marc Lavoie. *Monetary Economics : An Integrated Approach to Credit, Money, Income, Production and Wealth.* Palgrave Macmillan, Basingstoke, 2007.

[31] Richard M. Goodwin. A growth cycle. In C. H. Feinstein, editor, *Socialism, Capitalism and Economic Growth*, pages 54–58. Cambridge University Press, London, 1967.

[32] Matheus R. Grasselli and B. Costa Lima. An analysis of the Keen model for credit expansion, asset price bubbles and financial fragility. *Mathematics and Financial Economics*, 6(3) :191–210, 2012.

[33] Haut Conseil des finances publiques. Avis relatif au projet de loi de finances pour 2026. Avis, Haut Conseil des finances publiques, Paris, octobre 2025.

[34] Tim Jackson and Peter A. Victor. Does credit create a 'growth imperative' ? A quasi-stationary economy with interest-bearing debt. *Ecological Economics*, 120 :32–48, 2015. doi : 10.1016/j.ecolecon.2015.09.009.

[35] Nicholas Kaldor. *Causes of the Slow Rate of Economic Growth of the United Kingdom.* Cambridge University Press, Cambridge, 1966.

[36] Steve Keen. Finance and economic breakdown : modeling Minsky's "financial instability hypothesis". *Journal of Post Keynesian Economics*, 17(4) :607–635, 1995.

[37] Steve Keen. *L'imposture économique.* Les Éditions de l'Atelier – Les Éditions ouvrières, Ivry-sur-Seine, 2014. Préface et direction scientifique de Gaël Giraud, traduit de l'anglais par Aurélien Goutsmedt. Traduction de *Debunking Economics.*

[38] Maximilian Kotz, Anders Levermann, and Leonie Wenz. The economic commitment of climate change. *Nature*, 628 :551–557, 2024. doi : 10.1038/s41586-024-07219-0. Retracted on 3 December 2025, doi :10.1038/s41586-025-09726-0.

[39] Marc Lavoie. *Post-Keynesian Economics : New Foundations.* Edward Elgar, Cheltenham, 2014.

[40] Matthieu Lemoine, Harri Turunen, Mohammed Chahad, Antoine Lepetit, Anastasia Zhutova, Pierre Aldama, Pierrick Clerc, and Jean-Pierre Laffargue. The FR-BDF model and an assessment of monetary policy transmission in France. Working Paper 736, Banque de France, 2019.

[41] Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jørgen Randers, and William W. Behrens III. *The Limits to Growth.* Universe Books, New York, 1972.

[42] Petrus Johannes Verdoorn. Fattori che regolano lo sviluppo della produttività del lavoro. *L'Industria*, 1 :3–10, 1949.

[43] Francesco Zezza and Gennaro Zezza. A stock-flow consistent quarterly model of the Italian economy. Working Paper 958, Levy Economics Institute of Bard College, Annandale-on-Hudson, NY, 2020.

## Annexe A. Relations estimées et paramètres

*Constantes estimées et constantes dérivées.* Le principe impose un choix lorsqu'une relation est estimée avec une constante : ou bien la constante dérivée remplace la constante estimée, et l'écart entre les deux est alors un test de spécification — un grand écart signifiant que la relation, lue à l'année d'ancrage, s'éloigne de sa moyenne d'échantillon— ou bien la constante estimée est utilisée telle quelle, et l'année d'ancrage n'est alors pas reproduite par construction pour cette relation, à laquelle le principe ne s'applique pas. La table A.1 indique, relation par relation, lequel des deux cas est pertinent dans la configuration de référence.

*Relations estimées.*

## Annexe B. Backtest 2026

Le modèle est ancré sur les comptes de 2025 et simulé à partir de 2026 à politique inchangée, de sorte que 2026 constitue un test hors échantillon d'un an, confronté aux comptes trimestriels de 2026 (trois trimestres publiés au moment de la rédaction), alors que 2025 n'est pas simulée, puisque

| Relation | Constante estimée | Constante dérivée (année d'ancrage) | Écart |
|---|---|---|---|
| Relation de salaire (8) | $\hat{c} = -0{,}3211$ (1995–2024) | aucune : la constante estimée est utilisée | — |
| Part salariale (9) | $\hat{c}_\omega = -0{,}0664$ | aucune : la constante estimée est utilisée | — |
| Emploi (2) | $\hat{c}_L = -0{,}869$ (avec tendances) | en écart (aucune stockée) | — |
| Productivité (10) | $\hat{\alpha} = 0{,}00336$ | $g^{a,0} = \hat{\alpha}$ (niveau « estimé ») | 0 |
| Exportations (6) | — | $X_0/\alpha$ en $q = 1$, $X_0 = 1\,009{,}4$ | — |
| Importations (7) | — | $M_0 - \mu_X X_0 = 761{,}4$ | — |
| Investissement (4) | — | $\alpha_\kappa = \kappa_0 - \beta_\kappa \Pi_0/K_0 - \gamma_{\text{acc}} g^{\text{ref}} = 0{,}0929$ | — |

TABLE A.1 – Constantes estimées et constantes dérivées, telles qu'elles se lisent dans la configuration de référence. Les relations de salaire et de part salariale utilisent leurs constantes estimées, la relation d'emploi est écrite en écart et n'en stocke aucune, la relation de productivité utilise la constante estimée comme niveau, et les constantes du commerce extérieur et de l'investissement sont dérivées à l'année d'ancrage (€ Md pour $X_0$ et $M_0 - \mu_X X_0$). Le résidu des relations estimées à l'année d'ancrage n'est pas calculé par le moteur et n'est pas présenté ici.

ses flux sont l'ancrage. Deux choses doivent être dites sur ce que signifie « politique inchangée » en 2026. La loi de finances pour 2026 n'est pas dans la trajectoire de référence, car le BAU du modèle tient la consommation et l'investissement publics en volume par habitant et la fiscalité aux taux de l'année d'ancrage, si bien que les mesures discrétionnaires du budget 2026 sont un écart entre la trajectoire observée et celle du modèle, imputable au budget voté. Quant aux conditions de financement de 2026, c'est-à-dire la montée de l'OAT à 5%, elles sont lues l'année de référence au travers de l'ancre et non simulées, de sorte que le backtest éprouve les blocs réels et comptables, mais non le bloc souverain, dont les entrées sont observées. La table B.4 le présente.

| Relation | Spécification | Estimations | Échantillon et réserves |
|---|---|---|---|
| Salaire (Phillips) | $\Delta \ln w = c + \beta_\lambda \lambda + \theta_\pi \pi_{-1}$ | $c = -0{,}321$, $\beta_\lambda = 0{,}372$, $\theta_\pi = 0{,}465$ | SMNA, régime moderne 1995–2024, échantillon complet 1981–2024 ($\theta_\pi = 0{,}838$) en sensibilité, support $U \in [6{,}6; 10{,}6]\%$ |
| Part salariale | $\Delta \ln \omega = c + \rho \ln \omega_{-1} + \beta_U U + \gamma_{\Delta U} \Delta U$ | $\rho = -0{,}207$, $\gamma_{\Delta U} = 0{,}933$, $\beta_U = -0{,}237$ (n.s.) | INSEE 7.101, BIT, 1982–2024, $n = 43$, canal des prix rejeté |
| Emploi (MCE) | $\Delta \ln L = \alpha \Delta \ln L_{-1} + \beta(\Delta \ln Y - g^\star) + \gamma z_{-1}$ | $\alpha = 0{,}365$, $\beta = 0{,}581$, $\gamma = 0{,}215$, $R^2 = 0{,}883$ | INSEE 1978–2024, $n = 47$, $\gamma$ identifié avec indicatrices Covid, élasticité de LT imposée à 1 |
| Productivité (Verdoorn) | $g^a = \hat{\alpha} + \beta_V^{\pm}(g^Y - \bar{g})$ | $\beta_V^+ = 0{,}594$, $\beta_V^- = 0{,}661$, $\hat{\alpha} = 0{,}34\%$ | SMNA 1950–2024, moyennes décennales, $\beta^-$ tiré de la contraction grecque, référence mobile (4 ans) |
| Investissement (profit, accélérateur) | $\kappa = \alpha_\kappa + \beta_\kappa \Pi/K + \gamma_{\text{acc}} g^Y + \beta_\ell \Delta \ell$ | $\beta_\kappa = 0{,}12$, $\gamma_{\text{acc}} = 0{,}127$, $\beta_\ell = -0{,}045$ | $\beta_\kappa$ réancré sur la réponse estimée au taux de marge (fourchette 0,10–0,13), $\gamma_{\text{acc}}$ tiré de $\hat{\phi} \approx 1{,}16$, sensibilité $\{0; 0{,}12; 0{,}5\}$ simulée (section 4.2), termes d'utilisation $\gamma_u$ et d'endettement $\beta_{dp}$ nuls en référence |
| Exportations | $X = s^x(q)\,(X_0/\alpha) W^{\nu_w}$ | $\varepsilon_x = 0{,}0295$ (é.-t. 0,34), $\nu_w = 0{,}797$ (é.-t. 0,037) | 1999–2024, $n = 26$, forme propre au moteur, $\varepsilon_x$ non identifiée, 0,6 en seconde cellule |
| Importations | $M = s^m(q) A^{\text{ref}} (A/A^{\text{ref}})^{\kappa_m} + \mu_X X$ | $\varepsilon_m = 0{,}572$ (é.-t. 0,40), $\kappa_m = 2{,}47$ / 1,25 | 1999–2024, $\kappa_m$ en contraction sur EL, PT, ES, IE 2007–2015, contenu marginal 0,27 (TES de l'INSEE) |
| Prime souveraine | linéaire en $b - b_{2026}$ | 3,56 pb par point de PIB ($t = 1{,}85$) | panel de la zone euro 1999–2023, $n = 150$, effets fixes à deux dimensions |
| Prime extérieure | linéaire en $-(NIIP/Y)$ depuis $t_0$ | 0,49 pb par point de PIB ($t = 1{,}44$) | panel de la zone euro 1999–2024, fragile, s'ajoute au taux des crédits (poids 0,30), non au taux souverain |
| Taux directeur (Taylor) | $i = r^\star + \varphi_\pi(\pi^{\text{zone}} - \pi^{\text{cible}})$, lissage $\rho$ | $\varphi_\pi = 1{,}99$, $\varphi_y = 0$, $r^\star = 0{,}81\% + \Delta_r$, $\rho = 0{,}8$ | taux de la facilité de dépôt de la BCE 1999–2026, règle sans écart de production, $\pi^{\text{ext}}$ de la politique inchangée, $(0{,}5\%, 1{,}5, 0{,}5)$ en sensibilité |
| Lissage de la consommation | $C = (1-\mu)C^\star + \mu C_{-1}$ | $\mu = 0{,}60$ | intervalle à 95% $[0{,}36; 0{,}84]$, sensibilité $\{0; 0{,}30; 0{,}60\}$ |
| Capital public (Aschauer) | $\chi_a = \sum_h \chi_h$, retards d'Almon | $\chi_a = 0{,}148$ | 1960–2024, productivité par tête, intervalle à 95% $[0{,}015; 0{,}283]$ |
| Compétitivité dans les salaires | $\gamma_c \ln q$ dans (8) | $\gamma_c \simeq 0$ | données françaises, canal laissé fermé en tant que résultat |

TABLE A.2 – Relations de comportement estimées sur données françaises ou de la zone euro. n.s. : non significatif. Les coefficients sont lus dans les fichiers d'estimation au moment de l'exécution.

| Paramètre | Valeur | Source |
|---|---|---|
| Ratio $c_1/c_2$ | 3 | Kalecki–Kaldor, de 2 à 4 |
| Effet de richesse $c_v$ | 0,022 | Chauvin and Muellbauer [21], patrimoine financier net, sensibilité $\{0{,}013; 0{,}022; 0{,}040; 0{,}060\}$ |
| Lissage de la consommation $\mu$ | 0,60 | estimé, sensibilité $\{0; 0{,}30; 0{,}60\}$ |
| Taux d'accumulation $\kappa_0$ | 0,1123 | P.51g(S.11) 2025 / AN.11 net, ouverture |
| Dépréciation $\delta_K$, $\delta_g$ | 0,0966, 0,0636 | P.51c 2025 / AN.11 net, et bilans de S.13 de l'INSEE, 2015–2024 |
| Sensibilité au profit $\beta_\kappa$, accélérateur $\gamma_{\text{acc}}$ | 0,12, 0,127 | réponse estimée au taux de marge (fourchette 0,10–0,13), $\hat{\phi}\,\kappa_0$, sensibilité $\{0; 0{,}12; 0{,}5\}$ simulée |
| Part de la consommation publique | 0,261 | P.3(S.13) / PIB monétaire, 2025 |
| Part des salaires publics | 0,134 | D.1(S.13) / PIB monétaire, 2025, avec $s_w = 0{,}51$ |
| Part des transferts monétaires | 0,211 | D.62 / PIB monétaire, 2025, taux de remplacement 0,32 |
| Investissement public | €132,2 Md | P.51g(S.13), 2025 (4,8% du PIB monétaire) |
| Élasticité d'Aschauer $\chi_a$ | 0,148 | estimée sur 1960–2024, retards d'Almon |
| Cotisations sociales / D.1, taux d'impôt sur le revenu, taux d'impôt sur les sociétés | 0,305, 0,137, 0,171 | comptes 2025, dérivés à l'année d'ancrage |
| Contenu en importations des exportations $\mu_X$ | 0,26 | TiVA de l'OCDE |
| Contenus marginaux en importations (consommation, investissement, public) | 0,27, 0,32, 0,11 | contenus entrées-sorties de l'INSEE |
| Élasticité-prix des importations $\varepsilon_m$ | 0,572 | estimée sur 1999–2024 |
| Élasticité-prix des exportations $\varepsilon_x$ | 0,0295 / 0,6 | estimée (non identifiée) / valeur haute posée |
| Élasticités-revenu $\nu_w$, $\kappa_m^+$, $\kappa_m^-$ | 0,797, 2,47, 1,25 | estimées sur 1999–2024, contractions EL, PT, ES, IE |
| Croissance de la demande mondiale | 1,5% | convention |
| Inflation des partenaires | celle du BAU | inflation française à politique inchangée de la même cellule, par point fixe (2% est la valeur par défaut du code, inactive) |
| Règle de Taylor $(r^\star, \varphi_\pi, \varphi_y, \rho)$ | $(0{,}81\% + \Delta_r, 1{,}99, 0, 0{,}8)$ | estimée sur le taux de la facilité de dépôt 1999–2026, poids français 0,2 |
| Maturité de la dette | 8 ans | Agence France Trésor |
| Ancre d'émission | 5,00% | OAT à 10 ans, 21 octobre 2026 |
| Pente de la prime | 3,56 pb/pt | panel de la zone euro 1999–2023 |
| Prime extérieure, poids sur le taux des crédits | 0,49 pb/pt, 0,30 | panel de la zone euro 1999–2024 (fragile), poids posé (intervalle $[0{,}15; 0{,}50]$), poids nul sur le taux souverain |
| Taux du TPI | 3,82% | Bund à 10 ans 3,43% + écart 2015–19 0,39 |
| Part de l'Eurosystème dans l'encours, et son plafond | 18%, 30% | comptes 2025, conception |
| $\overline{\sigma}_1$, $\overline{\sigma}_2$ | 9,37%, 17,20% | Eurostat, épisodes de 2010–2012 |
| Décote $h$, et persistance | 0,52, 2 ans | PSI grec de 2012, schéma de la zone euro |
| Prime de rupture, absorption par l'Eurosystème | 300 pb, 0,5 | Italie et Espagne 2011–12, sensibilité $\{0; 0{,}5; 1\}$ |
| Plafond de croissance du crédit | 6% par an | valeur posée, non sourcée |
| Cible de fonds propres bancaires | 10,5% | CRR/CRD, ancrage ACPR des fonds propres et des actifs pondérés |
| Trajectoire de température | 1,2/1,5/1,7°C | politiques actuelles du NGFS, médiane de MAGICC |
| Facteur d'échelle France de KLW | 0,731 | reproduit les −11% de la Banque de France (2050) |
| IA, AGHION / ACEMOGLU | +6,8% / +0,7% cumulés, 2025–2050 | Aghion and Bunel [2], Acemoglu [1] |
| Niveau et pentes de la productivité | $\hat{\alpha} = 0{,}34\%$, $\beta^+ = 0{,}594$, $\beta^- = 0{,}661$ | SMNA 1950–2024, contraction grecque |

TABLE A.3 – Principaux paramètres de la configuration de référence et leurs sources. La table complète, avec la classe de provenance et le motif d'acceptation de chaque source, se trouve dans le dépôt (`PARAMETRES_ET_SOURCES.md`).

| 2026 | Modèle | Observé | Observation |
|---|---|---|---|
| Croissance du PIB réel (%) | −0,4 | 0,2 | acquis au T3, première estimation (INSEE, 30 oct. 2026), 2025 : 0,9 |
| Taux de chômage (%) | 8,0 | 8,3 | T2 2026 (INSEE, 7 août 2026), T1 : 8,1 |
| Inflation, déflateur du PIB (%) | 2,1 | — | non relevée (comptes détaillés du T3 attendus le 27 nov. 2026) |
| Consommation des ménages, volume (%) | 0,1 | 0,3 | acquis au T3 |
| FBCF, S.11, volume (%) | 0,0 | −0,3 | acquis au T3, sociétés non financières |
| Capacité de financement, S.13 (% du PIB) | −6,0 | — | non observée avant mars 2027 |
| Ratio de dette (% du PIB) | 119,3 | 119,0 | fin du T2 2026 (INSEE, 29 sept. 2026), T1 : 117,5 |
| Compte courant (% du PIB) | −0,4 | −0,2 | douze mois à juin 2026 (Banque de France), rapporté au PIB de 2025 |

TABLE B.4 – Backtest à politique inchangée, 2026 : la cellule de référence du modèle face aux observations disponibles au 6 novembre 2026, chacune avec sa source dans le dépôt. L'année du modèle est une année civile, les chiffres de croissance observés sont des acquis au troisième trimestre, et ceux du chômage et de la dette des niveaux de fin de trimestre.