
NOTES D'ÉTUDES

ET DE RECHERCHE

**MODÈLE À ANTICIPATIONS RATIONNELLES
DE LA CONJONCTURE SIMULÉE :
MARCOS**

Pascal Jacquinot et Ferhat Mihoubi

Novembre 2000

NER # 78



**MODÈLE À ANTICIPATIONS RATIONNELLES
DE LA CONJONCTURE SIMULÉE :
MARCOS**

Pascal Jacquinot et Ferhat Mihoubi

Novembre 2000

NER # 78

Les Notes d'Études et de Recherche reflètent les idées personnelles de leurs auteurs et n'expriment pas nécessairement la position de la Banque de France.

This document is available on the Banque de France Website « www.banque-france.fr ».

Modèle à Anticipations Rationnelles de la COnjoncture Simulée : MARCOS

Pascal JACQUINOT¹

Ferhat MIHOUBI²

Novembre 2000

Résumé

MARCOS est un modèle étalonné de l'économie française en présence d'anticipations rationnelles. Son principal objectif est la réalisation d'exercices de simulation sur un horizon de moyen long terme. Il a été construit en adoptant l'hypothèse d'un petit pays où les marchés des biens et du travail sont dans un contexte de concurrence monopolistique, les salaires sont négociés suivant un modèle de droit à gérer l'emploi et la consommation des ménages non contraints par les liquidités résulte d'un comportement d'optimisation intertemporelle prenant en considération l'hypothèse de cycle de vie. Plusieurs simulations de chocs de politique économique et d'environnement international sont réalisées afin d'évaluer les propriétés dynamiques de MARCOS.

Abstract

MARCOS is a calibrated rational expectation model of the French economy. It is devoted to medium-long run simulations. It has been built under the assumption of a small country with monopolistic competition on goods and labour markets. Wages bargaining is described with the right to manage model and the consumption of liquidity unconstrained households is deduced from an intertemporal optimising framework under life cycle hypothesis. MARCOS's dynamic properties are illustrated using a set of policy and international simulations.

JEL E17 ; C53

¹Banque de France Centre de Recherche

²EPEE Université d'Evry Val-d'Essonne et Banque de France Centre de Recherche

1. INTRODUCTION	3
2. SPÉCIFICATION DU MODÈLE	5
2.1 CONSOMMATION	5
2.1.1 <i>Ménages classiques</i>	5
2.1.2 <i>Ménages keynésiens</i>	11
2.1.3 <i>Consommation totale des ménages</i>	11
2.2 DEMANDE DE FACTEURS	12
2.3 FORMATION DES SALAIRES ET TAUX DE CHÔMAGE D'ÉQUILIBRE	15
2.4 ÉTAT	17
2.5 COMMERCE EXTÉRIEUR.....	18
2.6 INFLATION ET RIGIDITÉS NOMINALES	19
2.6 TAUX D'INTÉRÊT ET TAUX DE CHANGE	20
3. ETALONNAGE DU MODÈLE ET COMPTE CENTRAL À L'ÉTAT STATIONNAIRE	22
4. VARIANTES.....	27
4.1 UNE RÉDUCTION DE 2 POINTS DU TAUX DE L'IRPP PENDANT CINQ ANS SUIVIE D'UN ACCROISSEMENT PERMANENT DE 10 POINTS DE LA CIBLE DE DETTE PUBLIQUE.....	27
4.2 UNE AUGMENTATION PERMANENTE DE 1 POINT DU TAUX D'INTÉRÊT MONDIAL RÉEL DE COURT TERME	35
4.3 UNE AUGMENTATION NON ANTICIPÉE DE 1 POINT DE LA CIBLE D'INFLATION	41
4.4 UNE AUGMENTATION ANTICIPÉE DE 1 POINT DE LA CIBLE D'INFLATION	44
4.5 UNE AUGMENTATION DE 2 POINTS DU TAUX DE TVA SUR LES BIENS DE CONSOMMATION	47
4.6 UNE AUGMENTATION DE 1% DE LA PRODUCTIVITÉ GLOBAL DES FACTEURS	50
4.7 UNE AUGMENTATION DE 5 POINTS DU TAUX DE REMPLACEMENT	54
CONCLUSION.....	57
BIBLIOGRAPHIE	58
ANNEXE 1 : MODÈLE DYNAMIQUE.....	59
ANNEXE 2 : LONG TERME DU MODÈLE	63
ANNEXE 3 : DISCRÉTISATION DU MODÈLE DE BLANCHARD	67

1. Introduction

MARCOS (Modèle à Anticipations Rationnelles de la Conjoncture Simulée) est un modèle annuel d'évaluation de politiques économiques. Il est étalonné sur données françaises des années 80 et 90.

En élaborant MARCOS nous nous sommes fixés trois grands objectifs : intégrer les critiques adressées aux modèles macro-économétriques traditionnels d'inspiration néo-keynésienne ; incorporer les apports récents de la macro-économie ; disposer d'un outils d'analyse de politiques économiques « intellectuellement » maîtrisable. MARCOS reste de taille raisonnable (moins de 80 équations) tout en ayant un cadre comptable cohérent.

Dans une perspective d'analyse des politiques économiques à moyen-long terme, les modèles traditionnels font l'objet de trois grands groupes de critiques, auxquelles MARCOS tente de répondre.

- Les modèles traditionnels sont fréquemment construits par blocs, traités de façon indépendante. Si tel est le cas, lors de leurs élaborations seules les propriétés d'une équation ou d'un bloc d'équations sont examinées (démarche *bottom up*) négligeant par la même occasion la cohérence globale du modèle. Ces modèles souffrent, de ce fait, d'une absence de long terme ou tout du moins d'une mauvaise spécification de ce dernier. De plus, l'interprétation de leurs paramètres est souvent délicate puisqu'ils ne sont pas toujours issus d'une dérivation explicite de comportements d'optimisation.
- La modélisation des comportements d'offre est en général inexistante ou sommaire. Or, à l'évidence, les variables d'offre semblent contribuer pour une part substantielle aux évolutions de l'emploi, des salaires et de toutes les variables en découlant. En pratique, les salaires sont souvent modélisés avec une courbe de Phillips, l'emploi ne dépend que d'un simple effet accélérateur et les prix sont déterminés par un taux de marge constant sur les coûts unitaires de production. Les relations flux-stock sont souvent négligées ; or les dettes jouent un rôle majeur dans les canaux de transmission des chocs.
- Le traitement des anticipations est pour le moins frustré voire inexistant : bien souvent elles se limitent à un simple lissage sur les valeurs passées. Or à court-terme les anticipations sont primordiales pour analyser l'effet des politiques macro-économiques ; en particulier, les processus d'apprentissage, les effets d'annonce ne sont pas considérés.

MARCOS a été construit en adoptant une démarche opposée à celle des modèles d'inspiration néo-keynésienne. Ainsi, la cohérence globale du modèle a été privilégiée en adoptant une démarche *top down* (de la structure d'ensemble aux équations). En outre, MARCOS dispose d'un sentier de croissance équilibré explicitement dérivé du modèle dynamique de court terme. Les équations de MARCOS dépendent pour l'essentiel de paramètres structurels, invariants aux chocs de politique économique et déduits de façon explicite des comportements d'optimisation des différents agents : ménages, entreprises, syndicats. MARCOS dispose ainsi d'un bloc d'offre homogène et d'une formation des salaires résultant d'un processus de négociation.

Les anticipations, tournées vers le futur, sont cohérentes avec les trajectoires engendrées par le modèle. Elles interviennent tant dans la sphère réelle (consommation, investissement, fonction de réaction des autorités budgétaires) ; que nominale (courbe de Phillips, fonction de réaction des autorités monétaires, relation de Fisher, parité des taux d'intérêt non couverte).

MARCOS se situe donc dans la lignée de modèles tels que celui de Laffargue [1995], QPM (Black *et alii* [1994], Coletti *et alii* [1996]), QUEST II (Roeger et in't Veld [1997]), FPS (Black *et alii* [1997]), et MULTIMOD Mark III (Laxton *et alii* [1998]). MARCOS se distingue des modèles précédents par la présence simultanée d'un contexte de concurrence monopolistique, de négociations salariales et de la prise en compte explicite de l'hypothèse de cycle de vie (profil par âge de la consommation).

Le modèle décrit le comportement de cinq agents : les ménages, les entreprises, les administrations publiques, le reste du monde et les syndicats. La consommation intègre à la fois la consommation *stricto sensu* des ménages et leur investissement logement. Afin de limiter les phénomènes d'équivalence ricardienne, deux types de ménages sont considérés suivant qu'ils subissent ou non une contrainte de liquidité. Les ménages classiques (non contraints) détiennent des titres publics ainsi que les entreprises et déterminent leur niveau de consommation en maximisant leur utilité intertemporelle. Le revenu est déterminé à l'aide des salaires réels déduits d'un modèle de négociation de type droit à gérer l'emploi. L'emploi sujet à des coûts d'ajustement est de ce fait déterminé par la seule demande de travail compte tenu du salaire négocié. Cette modélisation des négociations salariales permet, en outre, de dériver un taux de chômage d'équilibre, compatible avec les objectifs des représentants des salariés et des employeurs.

Dans une démarche d'optimisation intertemporelle du profit, la fonction de demande de travail n'est pas discernable de l'équation de prix de valeur ajoutée. Ce dernier est alors déterminé comme le prix implicite du PIB. Pour rendre compte à la fois des rigidités nominales et de l'incidence des tensions sur la formation des prix, le prix de demande est modélisé à l'aide d'une courbe de Phillips intégrant des anticipations cohérentes avec le modèle. Le bloc nominal permet de modéliser sept prix : le prix de demande, le prix de valeur ajoutée, le prix de la consommation, le prix de l'investissement, le prix des dépenses publiques, et les prix du commerce extérieur.

L'investissement est déduit de la maximisation du profit en présence de coûts d'ajustement sur le capital et dépend alors du « q » de Tobin³. Le commerce extérieur est spécifié de façon traditionnelle en faisant dépendre les exportations et les importations respectivement de la demande mondiale et de la demande intérieure ainsi que des indices de compétitivité prix.

Quatre types d'impôts sont considérés : l'impôt sur les sociétés, la taxe sur la valeur ajoutée, la contribution sociale généralisée (CSG) et l'impôt sur le revenu des personnes physiques. Ce dernier, endogène, est ajusté par l'Etat pour assurer l'adéquation de la dette publique à son niveau désiré. A court terme, l'Etat garantit en dernier ressort l'équilibre des comptes sociaux, limités dans le modèle aux seules prestations chômage.

Quatre taux d'intérêt interviennent dans MARCOS : le taux court (à un an), le taux long (à dix ans), le taux court mondial et le taux d'intérêt composite associé à la dette publique. L'articulation entre le taux court et le taux long est assuré par une courbe de taux avec une

³Sous l'hypothèse d'une parfaite information sur les marchés boursiers.

prime de terme constante. Les autorités monétaires ajustent le taux court en fonction d'un objectif d'inflation et de l'*output gap*. Ces trois taux ont une triple influence sur la sphère réelle. D'une part, ils agissent directement sur la consommation, *via* les effets richesse et les effets de substitution dans l'arbitrage entre consommation et épargne des ménages classiques, et sur l'investissement, *via* le stock de capital optimal dont la productivité de long terme est égale au taux d'intérêt réel. D'autre part, ils influent directement sur le montant des dettes publique et extérieure et donc sur la richesse des ménages. Enfin, ils permettent de déterminer le taux de change à l'aide d'une relation de parité des taux d'intérêt non couverte et donc agissent sur la compétitivité prix du commerce extérieur et le solde de la balance commerciale.

Le modèle est étalonné à partir des données annuelles de la comptabilité nationale, en retenant 1985-1997 comme période de référence. A l'équilibre stationnaire, le modèle reproduit les valeurs moyennes sur la période 1985-1997 des taux de croissances et des grandeurs relatives de l'économie. Les variables en niveau sont, quant à elles, fixées à leurs valeurs en 1997.

La première partie expose le cadre théorique et présente la dérivation des principales équations de MARCOS. La deuxième partie décrit l'étalonnage du modèle et les variantes sont présentées dans la dernière partie.

2. Spécification du modèle

2.1 Consommation

Afin de rendre moins extrêmes les phénomènes d'équivalence ricardienne deux solutions sont retenues. D'une part, deux catégories de ménages sont considérées : les « ménages keynesiens », subissant une contrainte de liquidité, dont le revenu est totalement consommé et qui ne disposent par conséquent pas de patrimoine financier et les « ménages classiques » qui ne subissent pas de contrainte de liquidité et qui disposent d'un patrimoine financier. D'autre part, les ménages classiques ont une durée de vie finie.

2.1.1 Ménages classiques

La fonction d'utilité

Chaque individu (ou ménage) ne connaît pas avec certitude sa durée de vie et a, à chaque période, une probabilité p de mourir⁴. A la date t , la probabilité de survie d'un individu né à la période s (avec bien entendu $s \leq t$) est donc égale à $(1 - p)^{t-s}$. L'utilité espérée des flux de consommation future d'un ménage à la date t est alors de la forme :

$$E(U_t) = \sum_{s=t}^{\infty} \frac{(1-p)^{t-s}}{(1+\theta)^{t-s}} u(C_{s,t})$$

⁴ Il ne s'agit pas nécessairement d'une mort physique, mais dans le cas d'une dynastie, de l'absence de descendants ou de legs pour les générations futures.

avec $u(C_{s,t})$ l'utilité instantanée issue de la consommation d'une quantité $C_{s,t}$ à la date t pour un individu né à la date s et avec θ le taux de préférence pour le présent. En retenant une fonction d'utilité à aversion relative pour le risque constante (CRRA), nous parvenons à une utilité espérée :

$$E(U_t) = \sum_{t=s}^{\infty} \frac{(1-p)^{t-s}}{(1+\theta)^{t-s}} \frac{(C_{s,t})^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$

γ représente le paramètre mesurant l'aversion pour le risque des ménages ($\gamma > 0$, $\gamma \neq 1$) ; son inverse s'interprétant comme l'élasticité de substitution intertemporelle de la consommation.

Dans la mesure où chaque individu ne connaît pas par avance sa date de décès, un système d'assurance permet d'éviter les défauts de paiement des ménages débiteurs. La prime d'assurance est fixée à un taux $prime$. De la sorte, si un individu emprunte un montant a il verse des annuités d'un montant $(\bar{r} + prime)a$. S'il décède avant le remboursement intégral de la somme empruntée l'assurance couvre le solde dû. A l'opposé, si un individu épargne une somme a , il perçoit à chaque période $(\bar{r} + prime)a$, mais en cas de décès son patrimoine est versé à l'assureur. Il convient de remarquer que le système d'assurance doit être de type mutualiste ou encore, s'il s'agit d'assurance privée, que le marché de l'assurance doit être parfait. En outre, l'assurance est sans coût.

En notant $RS_{s,t}^1$ les revenus du travail (les salaires plus les prestations chômage, nets des impôts) et $PAF_{s,t}$ le patrimoine financier, en termes réels, à la date t d'un individu né à la date s , la contrainte budgétaire intertemporelle est de la forme :

$$PAF_{s,t+1} pc_{t+1} - PAF_{s,t} pc_t = (\bar{r}_t + prime_t) PAF_{s,t} pc_t + RS_{s,t}^1 pc_t - C_{s,t} pc_t$$

avec pc_t : le déflateur de la consommation ; $prime_t$: la prime d'assurance exprimée en fraction de la richesse du ménage.

La prime d'assurance doit correspondre à un transfert des fonds collectés par le système d'assurance entre consommateurs. Pour simplifier la présentation supposons que l'ensemble des ménages disposent d'un patrimoine positif. Pour une population de grande taille, le système d'assurance collecte avec certitude une fraction p du patrimoine des ménages (soit la fraction des ménages disparaissant). Puisque le système d'assurance fonctionne sans coût, et que le marché de l'assurance est parfait, le système d'assurance doit donc à la période suivante redistribuer ce prélèvement à l'ensemble des ménages encore en vie (une fraction $1-p$), soit $(1-p)prime_t = (1+\bar{r}_t)p$. La prime reçue par chaque ménage encore vivant s'élève

alors à $prime_t = \frac{p(1+\bar{r}_t)}{1-p}$. La contrainte budgétaire devient alors :

$$PAF_{s,t+1} pc_{t+1} - PAF_{s,t} pc_t = \left(\frac{\bar{r}_t + p}{1-p} \right) PAF_{s,t} pc_t + RS_{s,t}^1 pc_t - C_{s,t} pc_t$$

conduisant à :

$$C_{s,t} = \left(\frac{1+\bar{r}_t}{(1-p)(1+\pi_{t+1})} PAF_{s,t} - PAF_{s,t+1} + RS_{s,t}^1 \right)$$

où π_t est le taux d'inflation $\left(\pi_t = \frac{pc_t}{pc_{t-1}} - 1 \right)$.

La maximisation de l'utilité intertemporelle sous contrainte budgétaire, conduit à l'équation d'évolution de la consommation :

$$\frac{C_{s,t+1}}{C_{s,t}} = \left(\frac{1 + \bar{r}_t}{(1 + \theta)(1 + \pi_{t+1})} \right)^{1/\gamma} \quad (1.)$$

$W_{s,t}$ correspond à la valeur actualisée de la richesse totale (humaine et patrimoniale), déflatée par le prix à la consommation, à la date t du ménage né à la période s . Celle-ci doit coïncider avec la somme actualisée de l'ensemble des flux de consommation futurs du ménage, soit :

$$pc_t W_{s,t} = \sum_{k=t}^{\infty} \frac{(1-p)^{k-t}}{\prod_{i=t}^{k-1} (1 + \bar{r}_i)} pc_k C_{s,k}$$

De façon équivalente la valeur actualisée⁵ à la période suivante est :

$$pc_{t+1} W_{s,t+1} = \sum_{k=t+1}^{\infty} \frac{(1-p)^{k-t-1}}{\prod_{i=t+1}^{k-1} (1 + \bar{r}_i)} pc_k C_{s,k}$$

En différenciant, on en déduit facilement l'équation d'évolution de la richesse totale :

$$pc_t W_{s,t} = \frac{1-p}{1 + \bar{r}_t} pc_{t+1} W_{s,t+1} + pc_t C_{s,t} \quad (2.)$$

Le niveau de la consommation peut être obtenu à partir de la richesse totale et de la propension à consommer la richesse totale (α_t):

$$pc_t C_{s,t} = \alpha_t pc_t W_{s,t} \quad (3.)$$

Compte tenu des équations d'évolutions respectives de la richesse totale et de la consommation (équations (1) et (2)), soit

$$C_{s,t+1} = \phi_t C_{s,t}$$

avec $\phi_t = \left(\frac{1 + \bar{r}_t}{(1 + \theta)(1 + \pi_{t+1})} \right)^{1/\gamma}$, la relation (3) entre consommation et richesse totale peut s'écrire :

$$pc_{t+1} C_{s,t+1} = \phi_t \frac{pc_{t+1}}{pc_t} \left(\frac{pc_t W_{s,t}}{pc_{t+1} W_{s,t+1}} - \frac{1-p}{1 + \bar{r}_t} \right) pc_{t+1} W_{s,t+1}$$

La propension marginale à consommer la richesse totale est donc de la forme :

$$\alpha_{t+1} = \phi_t \frac{pc_{t+1}}{pc_t} \left(\frac{pc_t W_{s,t}}{pc_{t+1} W_{s,t+1}} - \frac{1-p}{1 + \bar{r}_t} \right)$$

ou, en développant, de façon équivalente :

$$\alpha_{t+1}^{-1} \phi_t \frac{W_{s,t}}{W_{s,t+1}} = 1 + \alpha_{t+1}^{-1} \phi_t \frac{pc_{t+1}}{pc_t} \frac{1-p}{1 + \bar{r}_t}$$

⁵ Nous retrouvons la condition d'absence de jeux Ponzi : $\frac{(1+g)(1-p)}{1+r} < 1$ avec g le taux de croissance de l'économie. Sous cette hypothèse et le long d'un sentier de croissance équilibré à taux constant,

$$W_{s,t} = C_{s,t} \sum_{k=t+1}^{\infty} \left[\frac{(1+g)(1-p)}{1+r} \right]^{k-t-1} \text{ n'explose pas.}$$

Comme $\phi_t = \frac{C_{s,t+1}}{C_{s,t}}$ et sachant que (3) est encore de la forme :

$$C_{s,t} = \alpha_t W_{s,t}.$$

on parvient à l'équation d'évolution de la pension marginale à consommer la richesse totale suivante :

$$\alpha_t^{-1} = 1 + \alpha_{t+1}^{-1} \phi_t \frac{p c_{t+1}}{p c_t} \frac{1-p}{1+\bar{r}_t}$$

soit encore :

$$\alpha_t^{-1} = 1 + \alpha_{t+1}^{-1} \left(\frac{1 + \pi_{t+1}}{1 + \bar{r}_t} \right)^{1-1/\gamma} (1 + \theta)^{-1/\gamma} (1 - p)$$

La consommation agrégée

Si β est le taux de natalité, l'évolution de la population (N_t) est la suivante :

$$N_t = (1-p)N_{t-1} + \beta(1-p)N_{t-1}$$

La population actuelle correspond à la somme de la population de la période précédente encore en vie ($(1-p)N_{t-1}$) et des individus nés dans la période ($\beta(1-p)N_{t-1}$). Il s'en suit que :

$$1+n = (1+\beta)(1-p) \quad (4.)$$

avec n le taux de croissance de la population, supposé constant. Par ailleurs si $\beta > p$, la population croît à un taux non nul. Il est supposé une absence de mortalité infantile durant la première période : les βN_{t-1} naissances de la première période survivent donc au-delà de la première période avec la probabilité $(1-p)$ ($(1-p)^2$ au-delà de la deuxième périodes, ...). Par convention, les agents travaillent dès leur première période de vie.

La proportion d'individus ayant survie durant les s périodes s'écrit alors :

$$f(s) = \beta(1-p)^{s-1}$$

La consommation totale des ménages classiques (C_t^1) s'obtient en agrégeant les consommations de chaque cohorte :

$$C_t^1 = \sum_{s=-\infty}^t C_{s,t} = \alpha_t W_t$$

avec

$$W_t = \sum_{j=-\infty}^t W_{s,t}.$$

Il ne reste plus, pour déterminer la consommation agrégée des ménages classiques, qu'à déterminer les différentes composantes de la richesse (humaine et financière) de ces derniers.

La richesse humaine

Le revenu d'un individu fluctue au cours de sa vie. Mais contrairement à Blanchard [1985] qui considère que le revenu décroît avec l'âge, nous supposons, comme dans la version de base du modèle de cycle de vie, que le revenu des agents enregistre trois grandes inflexions :

une première phase de faible revenu, mais croissant à un rythme soutenu, une seconde phase où le revenu est plus élevé mais croît à un rythme plus faible et une troisième phase où le revenu décroît.

Le revenu individuel, en suivant la formulation retenue par Faruqee *et alii* [1997], est alors de la forme :

$$RS_{s,t}^1 = \sum_{k=1}^3 a_k (1 + \alpha_k)^{s-t} \frac{RS_t^1}{N_t} \quad (5.)$$

Afin d'obtenir une évolution du revenu en forme de cloche, les paramètres a_k et α_k doivent satisfaire aux contraintes suivantes : $\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 > 0$, $\alpha_3 < 0$ et $a_1 > 0$, $a_2 < 0$, $a_3 < 0$. Ainsi le revenu augmente durant les deux premières périodes de vie et diminue durant la dernière. Chaque cohorte s détient une fraction a du revenu global qui décroît avec l'âge. Reste à déterminer la contrainte sur les valeurs des a_k et α_k les rendant compatibles avec l'évolution de la population.

Soit le revenu agrégé sur l'ensemble des cohortes :

$$RS_t^1 = \sum_{s=-\infty}^{t-1} \beta (1-p)^{t-1-s} (1+n)^{s-t} N_t RS_{s,t}^1$$

compte tenu de l'équation (5)

$$RS_t^1 = \sum_{s=-\infty}^{t-1} \sum_{k=1}^3 a_k (1 + \alpha_k)^{s-t} \beta (1+n)^{s-t} (1-p)^{t-s-1} RS_t^1$$

soit en substituant n par son expression, d'après l'équation (4),

$$RS_t^1 = \sum_{s=-\infty}^{t-1} \sum_{k=1}^3 a_k (1 + \alpha_k)^{s-t} \beta (1 + \beta)^{s-t} (1-p)^{-1} RS_t^1$$

soit encore :

$$1 = \frac{\beta}{1-p} \sum_{k=1}^3 \sum_{s=0}^{\infty} \frac{a_k}{(1 + \alpha_k)(1 + \beta)} (1 + \alpha_k)^{-s} (1 + \beta)^{-s}$$

on a donc :

$$1 = \frac{\beta}{1-p} \sum_{k=1}^3 \frac{a_k}{(1 + \alpha_k)(1 + \beta) - 1} \quad (6.)$$

Il est alors possible de déterminer le capital humain.

La richesse humaine d'une cohorte s s'écrit :

$$H_{s,t} = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(1-p)^i}{\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})} RS_{s,t+i}^1 = \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{k=1}^3 a_k \frac{(1-p)^i}{\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})} (1 + \alpha_k)^{s-t-i} \frac{RS_{t+i}^1}{N_{t+i}}$$

soit la somme actualisée de l'ensemble des revenus du travail futurs. Suivant le même principe, la richesse humaine agrégée ($t \geq s$) est alors :

$$\begin{aligned} H_t &= \sum_{s=-\infty}^{t-1} \beta (1-p)^{t-s-1} (1+n)^{s-t} N_t H_{s,t} \\ &= \sum_{s=-\infty}^{t-1} \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{k=1}^3 a_k \frac{(1-p)^i}{\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})} (1 + \alpha_k)^{s-t-i} \beta (1+n)^{s-t-i} (1-p)^{t-s-1} RS_{t+i}^1 \end{aligned}$$

et donc :

$$H_t = \sum_{s=-\infty}^{t-1} \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{k=1}^3 a_k \frac{(1-p)^i}{\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})} (1+\alpha_k)^{s-t-i} \beta (1+\beta)^{s-t-i} (1-p)^{-1-i} RS_{t+i}^1$$

$$H_t = \frac{\beta}{1-p} \sum_{k=1}^3 \frac{a_k}{(1+\alpha_k)(1+\beta)} \sum_{s=0}^{\infty} (1+\alpha_k)^{-s} (1+\beta)^{-s} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{\left(\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})\right) (1+\alpha_k)^i (1+\beta)^i} RS_{t+i}^1$$

$$H_t = \frac{\beta}{1-p} \sum_{k=1}^3 \frac{a_k}{(1+\beta)(1+\alpha_k) - 1} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{\left(\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})\right) (1+\alpha_k)^i (1+\beta)^i} RS_{t+i}^1$$

En tenant compte de la contrainte (6) sur les paramètres et en posant :

$$\lambda_k = \frac{\beta a_k}{(1-p)[(1+\beta)(1+\alpha_k) - 1]}$$

on parvient à une richesse humaine totale :

$$H_t = \sum_{k=1}^3 \lambda_k \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{\left(\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})\right) (1+\alpha_k)^i (1+\beta)^i} RS_{t+i}^1$$

et donc, sachant que $\sum_{k=1}^3 \lambda_k = 1$:

$$H_t = \lambda_1 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(1-p)^i}{\left(\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})\right) (1+\alpha_1)^i (1+n)^i} RS_{t+i}^1 + \lambda_2 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(1-p)^i}{\left(\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})\right) (1+n)^i} RS_{t+i}^1$$

$$+ (1-\lambda_1 - \lambda_2) \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(1-p)^i}{\left(\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})\right) (1+\alpha_3)^i (1+n)^i} RS_{t+i}^1$$

Décalée d'une période, la relation est de la forme :

$$H_{t+1} = \lambda_1 \frac{(1+r_t)(1+\alpha_1)(1+n)}{1-p} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(1-p)^i}{\left(\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})\right) (1+\alpha_1)^i (1+n)^i} RS_{t+i}^1$$

$$+ \lambda_2 \frac{(1+r_t)(1+\alpha_2)(1+n)}{1-p} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(1-p)^i}{\left(\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})\right) (1+\alpha_2)^i (1+n)^i} RS_{t+i}^1$$

$$+ (1-\lambda_1 - \lambda_2) \frac{(1+r_t)(1+\alpha_3)(1+n)}{1-p} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(1-p)^i}{\left(\prod_{\tau=0}^{i-1} (1+r_{t+\tau})\right) (1+\alpha_3)^i (1+n)^i} RS_{t+i}^1$$

Ces deux relations se simplifient en remarquant que la richesse humaine totale peut être décomposée suivant les trois phases du cycle de vie :

$$H_t = \lambda_1 H_t^{(1)} + \lambda_2 H_t^{(2)} + (1-\lambda_1 - \lambda_2) H_t^{(3)}$$

et

$$H_{t+1} = \lambda_1 H_{t+1}^{(1)} + \lambda_2 H_{t+1}^{(2)} + (1-\lambda_1 - \lambda_2) H_{t+1}^{(3)}$$

où $H_t^{(k)}$, $k = 1, 2, 3$, représentent le capital humain pour les trois périodes de la vie des agents. D'où finalement les équations d'évolution de $H_t^{(k)}$:

$$H_t^{(k)} = \frac{1-p}{(1+r_t)(1+\alpha_k)(1+n)} H_{t+1}^{(k)} + RS_t^1 \quad (7.)$$

RS_t^1 représente les revenus du travail (y compris les allocations chômage, après impôts) . En faisant l'hypothèse qu'une fraction $1-\iota$ des ménages est de type classique, et que la part des ménages classiques au chômage est identique à celle des ménages keynésiens, on obtient :

$$pc_t RS_t^1 = (1-\iota)(1-\tau_{R,t})(1-\tau_{CSG,t})p_t \left[(1-\tau_{w,t}^s)w_t L_t + RR_t (\bar{L}_t - L_t) \right]$$

avec w_t le salaire brut réel moyen par tête (le salaire nominal rapporté au prix de la valeur ajoutée, p_t), $\tau_{w,t}^s$ le taux de cotisation salarié, L_t l'emploi, \bar{L}_t la population active, RR_t les revenus de remplacement en termes réels, $\tau_{CSG,t}$ le taux de cotisation sociale généralisée et $\tau_{R,t}$ le taux de l'impôt sur les revenus des personnes physiques.

Outre cette composante humaine, la richesse des ménages classiques comprend également des placements en actions, soit encore la valeur boursière des entreprises V_t , supposées être entièrement détenues par les ménages classiques ; mais aussi des obligations $pc_t A_t$, en termes nominaux, contrepartie des dettes publique B_t et extérieure \tilde{D}_t en monnaie domestique ($\bar{e}_t \tilde{D}_t = D_t$ en devises). Remarquons, que la richesse humaine et les actions ne constituent pas des variables de contrôle pour les ménages. Ils offrent de manière inélastique leur travail au salaire en vigueur et sont propriétaires de toutes les entreprises. Par conséquent, les ménages ajustent leur stock de richesse totale en achetant ou en vendant des obligations au reste du monde (les non-résidents soldent le marché obligataire). Dans la mesure où la dette publique peut être détenue pour partie par les ménages et pour une autre par le reste du monde, nous parvenons à l'identité suivante :

$$pc_t A_t = B_t - \tilde{D}_t$$

Le patrimoine financier des ménages se définit donc comme :

$$pc_t PAF_t = pc_t A_t + pc_t V_t$$

La richesse totale, somme de ces trois composantes (humaine, actions et obligations), s'écrit :

$$pc_t W_t = pc_t PAF_t + pc_t H_t = pc_t A_t + pc_t V_t + pc_t H_t$$

2.1.2 Ménages keynésiens

Les ménages keynésiens consomment l'ensemble de leur revenu et par conséquent n'épargnent pas et ne disposent pas de patrimoine. Puisqu'il est supposé qu'une fraction ι des ménages appartient à cette catégorie et que leurs salaires sont identiques à ceux des ménages classiques, la consommation des ménages (C_t^2) keynésiens se détermine comme suit :

$$pc_t C_t^2 = pc_t RS_t^2 = \iota(1-\tau_R)(1-\tau_{CSG,t})p_t \left[(1-\tau_{w,t}^s)w_t L_t + RR_t (\bar{L}_t - L_t) \right]$$

avec RS_t^2 les revenus du travail (comprenant les salaires et les prestations chômage nets des impôts) des ménages keynésiens.

2.1.3 Consommation totale des ménages

La consommation totale des ménages est alors :

$$C_t = C_t^1 + C_t^2$$

et l'épargne correspond à l'épargne des ménages classiques :

$$S_t = R_t^1 - C_t^1$$

avec R_t^1 le revenu disponible des ménages classiques, soit encore la somme des revenus du travail et des revenus patrimoniaux ($RPAT_t$). Ces derniers, nets des impôts, se composent des profits versés par les entreprises (Π_t) et des revenus liés aux placements financiers, soit encore :

$$p_{C_t} RPAT_t = (1 - \tau_{R,t}) (1 - \tau_{CSG,t}) (r_t p_{C_t} A_t + \Pi_t)$$

$$R_t^1 = RS_t^1 + RPAT_t$$

2.2 Demande de facteurs

Les entreprises évoluent dans un contexte de concurrence monopolistique. Les f entreprises présentes dans l'économie sont identiques et produisent chacune avec des rendements d'échelle constants suivant une technologie de type CES. La production de l'entreprise i est alors de la forme⁶ :

$$Y_{i,t} = \left[\alpha_L (\gamma_{L,t} \cdot L_{i,t})^{-\rho} + \alpha_k (K_{i,t-1})^{-\rho} \right]^{-1/\rho}$$

avec $L_{i,t}$ le travail, $K_{i,t}$ le capital, $Y_{i,t}$ la valeur ajoutée et $\gamma_{L,t}$ le progrès technique agissant sur le travail. Le stock de capital est prédéterminé dans la fonction de production, excluant de fait toute substitution *ex ante* entre travail et capital. Cette spécification a le mérite d'éviter des « sauts » peu réalistes sur le stock de capital lors des exercices de simulation.

Le PIB potentiel se déduit de la fonction de production pour un niveau de l'emploi à l'état stationnaire :

$$\bar{Y}_t = \left[\alpha_k (K_{t-1})^{-\rho} + \alpha_L (\gamma_{L,t} (1 - u_t^*) \bar{L}_t)^{-\rho} \right]^{1/\rho}$$

et où u_t^* représente le taux de chômage d'équilibre.

La demande adressée à l'entreprise i est, de façon traditionnelle, de la forme :

$$\frac{f \cdot Y_{i,t}}{Y_t} = \left(\frac{p_{i,t}}{p_t} \right)^{-\eta}$$

avec η l'élasticité prix de la demande et Y_t le volume total de la demande adressée aux f entreprises, p_t le prix moyen de la valeur ajoutée et $p_{i,t}$ le prix de la valeur ajoutée de l'entreprise i .

Le profit de l'entreprise i se définit comme :

$$\Pi_{i,t} = \left[1 - \tau_{IS,t} \right] p_{i,t} Y_{i,t} - \bar{w}_{i,t} (1 + \tau_{w,t}^e) (L_{i,t} + AJL_{i,t}) - p_{i,t} I_{i,t} (1 + AJK_{i,t})$$

où $\bar{w}_{i,t}$ est le salaire brut nominal, $\tau_{w,t}^e$ le taux de cotisation employeur, $I_{i,t}$ l'investissement avec $I_{i,t} = K_{i,t} - (1 - \delta) K_{i,t-1}$, $p_{i,t}$ le déflateur de l'investissement, $AJK_{i,t}$ la fonction de coût d'ajustement du capital et $AJL_{i,t}$ la fonction de coût d'ajustement de l'emploi. La fonction de

⁶ Il faut une période pour que les nouveaux investissements soient productifs.

coût d'ajustement du capital est supposée quadratique avec un minimum qui coïncide avec un taux d'accumulation compatible avec une croissance équilibrée au taux g et un taux de déclassement δ constant.

$$AJK_{i,t} = \frac{\mu_K}{2} \left[\frac{I_{i,t}}{K_{i,t-1}} - (\delta + g) \right]^2 \frac{K_{i,t-1}}{I_{i,t}}$$

Suivant le même principe la fonction d'ajustement de l'emploi est quadratique avec un minimum coïncidant avec un niveau d'emploi croissant au taux n .

$$AJL_{i,t} = \frac{\mu_L}{2} \left[\frac{L_{i,t}}{L_{i,t-1}} - (1+n) \right]^2 L_{i,t}$$

L'entreprise maximise son profit intertemporel sous des contraintes techniques (fonction de production, équation d'évolution du capital et coût d'ajustement) et de la contrainte de la demande qui lui est adressée :

$$\left\{ \begin{array}{l} \underset{L_t, K_t, I_t}{Max} \sum_{t=0}^{\infty} \frac{\Pi_{i,t}}{\prod_{j=0}^{t-1} (1 + \bar{r}_j)} = \underset{L_t, K_t, I_t}{Max} \sum_{t=0}^{\infty} \frac{(1 - \tau_{IS,t})}{\vartheta_t} [p_{i,t} Y_{i,t} - \bar{\omega}_{i,t} (1 + \tau_{w,t}^e) (L_{i,t} + AJL_{i,t}) - p_{i,t} I_{i,t} (1 + AJK_{i,t})] \\ Y_{i,t} = [\alpha_L (\gamma_{L,t} \cdot L_{i,t})^{-\rho} + \alpha_K (K_{i,t-1})^{-\rho}]^{-1/\rho} \\ p_{i,t} = p_t \left(\frac{f \cdot Y_{i,t}}{Y_t} \right)^{-1/\eta} \\ K_{i,t} = I_{i,t} + (1 - \delta) K_{i,t-1} \\ AJK_{i,t} = \frac{\mu_K}{2} \left[\frac{I_{i,t}}{K_{i,t-1}} - (\delta + g) \right]^2 \frac{K_{i,t-1}}{I_{i,t}} \\ AJL_{i,t} = \frac{\mu_L}{2} \left[\frac{L_{i,t}}{L_{i,t-1}} - (1+n) \right]^2 L_{i,t} \end{array} \right.$$

Le lagrangien associé au programme précédent est de la forme :

$$\Lambda_t = \frac{(1 - \tau_{IS,t})}{\vartheta_t} \left\{ p_{i,t} \left(\frac{f \cdot Y_{i,t}}{Y_t} \right)^{-1/\eta} Y_{i,t} - \bar{\omega}_{i,t} (1 + \tau_{w,t}^e) L_{i,t} - \bar{\omega}_{i,t} (1 + \tau_{w,t}^e) \frac{\mu_L}{2} \left[\frac{L_{i,t}}{L_{i,t-1}} - (1+n) \right]^2 L_{i,t} \right. \\ \left. - p_{i,t} I_{i,t} - p_{i,t} \frac{\mu_K}{2} \left[\frac{I_{i,t}}{K_{i,t-1}} - (\delta + g) \right]^2 K_{i,t-1} + q_{i,t} (p_{i,t} I_{i,t} - p_{i,t} K_{i,t} + (1 - \delta) p_{i,t} K_{i,t-1}) \right\}$$

avec $q_{i,t}$ le multiplicateur associé à la contrainte $I_{i,t} = K_{i,t} - (1 - \delta) K_{i,t-1}$

Les conditions du premier ordre s'écrivent :

$$\frac{\partial \Lambda_t}{\partial K_{i,t}} = \left[p_{i,t+1} \frac{\eta - 1}{\eta} F'_{K_{i,t}} - p_{i,t+1} \frac{\mu_K}{2} \left\{ - \left(\frac{K_{i,t+1}}{K_{i,t}} \right)^2 + (1 + g)^2 \right\} + p_{i,t+1} (1 - \delta) \right] \\ - (1 + \bar{r}_t) \frac{1 - \tau_{IS,t}}{1 - \tau_{IS,t+1}} \left[p_{i,t} \left\{ 1 + \mu_K \left(\left(\frac{K_{i,t}}{K_{i,t-1}} \right) - (1 + g) \right) \right\} \right] = 0 \quad (8.)$$

$$\frac{\partial \Lambda_t}{\partial I_{i,t}} = -p_{i,t} \mu_K \left(\frac{I_{i,t}}{K_{i,t-1}} - (\delta + g) \right) - p_{i,t} + q_{i,t} p_{i,t} = 0 \quad (9.)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Lambda_t}{\partial L_{i,t}} &= (1 + \bar{r}_t) \frac{1 - \tau_{IS,t}}{1 - \tau_{IS,t+1}} \\ &\left[\frac{\eta - 1}{\eta} F'_{L_{i,t}} - w_{i,t} (1 + \tau_{w,t}^e) \left(1 + \frac{\mu_L}{2} \left\{ \frac{L_{i,t}}{L_{i,t-1}} - (1+n) \right\}^2 + \mu_L \left\{ \frac{L_{i,t}}{L_{i,t-1}} - (1+n) \right\} \frac{L_{i,t}}{L_{i,t-1}} \right) \right] \\ &+ w_{i,t+1} (1 + \tau_{w,t+1}^e) \frac{p_{i,t+1}}{p_{i,t}} \mu_L \left(\frac{L_{i,t+1}}{L_{i,t}} \right)^2 \left\{ \frac{L_{i,t+1}}{L_{i,t}} - (1+n) \right\} = 0 \end{aligned} \quad (10.)$$

Les productivités marginales du capital et du travail sont respectivement :

$$F'_{K_{i,t}} = \alpha_K \left(\frac{Y_{i,t}}{K_{i,t-1}} \right)^{\rho+1} \quad \text{et} \quad F'_{L_{i,t}} = \alpha_L \cdot \gamma_{L,t} \left(\frac{Y_{i,t}}{L_{i,t} \gamma_{L,t}} \right)^{\rho+1}.$$

A l'équilibre symétrique, où $\bar{\omega}_{i,t} = \bar{\omega}_t$ et $p_{i,t} = p_t$, l'équation d'évolution de l'emploi se déduit de (10) :

$$\begin{aligned} (1 + \bar{r}_t) \frac{1 - \tau_{IS,t}}{1 - \tau_{IS,t+1}} \left[\frac{\eta - 1}{\eta} F'_{L_t} - w_t (1 + \tau_{w,t}^e) \left(1 + \frac{\mu_L}{2} \left\{ \frac{L_t}{L_{t-1}} - (1+n) \right\}^2 + \mu_L \left\{ \frac{L_t}{L_{t-1}} - (1+n) \right\} \frac{L_t}{L_{t-1}} \right) \right] \\ + w_{t+1} (1 + \tau_{w,t+1}^e) \frac{p_{t+1}}{p_t} \mu_L \left(\frac{L_{t+1}}{L_t} \right)^2 \left\{ \frac{L_{t+1}}{L_t} - (1+n) \right\} = 0 \end{aligned} \quad (11.)$$

A long terme, l'emploi est déterminé, de façon traditionnelle, par l'égalisation de son coût réel avec sa productivité marginale :

$$w_t (1 + \tau_{w,t}^e) = \frac{\eta - 1}{\eta} F'_{L_t} = \frac{\eta - 1}{\eta} \alpha_L \cdot \gamma_{L,t} \left(\frac{Y_t}{L_t \gamma_{L,t}} \right)^{\rho+1}$$

q_t est le multiplicateur associé à la dynamique d'accumulation du capital, il correspond aussi au « q » de Tobin. A l'équilibre symétrique nous pouvons déterminer le niveau du « q » de Tobin ainsi que son évolution. Ainsi, le niveau du « q » de Tobin s'obtient à partir de la deuxième condition du premier ordre (équation (9)) :

$$q_t - 1 = \mu_K \left[\frac{I_t}{K_{t-1}} - (\delta + g) \right]$$

A partir de la première condition du premier ordre (équation (8)), on en déduit aisément l'équation d'évolution du « q » de Tobin :

$$q_t = \frac{1 - \tau_{IS,t+1}}{(1 + r_t)(1 - \tau_{IS,t})} \left[\frac{p_t}{p_{i,t}} F'_{K_t} \frac{\eta - 1}{\eta} + \left\{ \frac{(q_{t+1} - 1)^2}{2\mu_K} + (1 + g)(q_{t+1} - 1) \right\} + (1 - \delta) \right]$$

avec

$$F'_{K_t} = \alpha_K \left(\frac{Y_t}{K_{t-1}} \right)^{\rho+1}$$

2.3 Formation des salaires et taux de chômage d'équilibre

Les salaires sont négociés suivant le modèle de droit à gérer l'emploi. Dans un premier temps, les employeurs et les représentants des salariés négocient le salaire. Pour le salaire ainsi négocié, les employeurs fixent de façon unilatérale le niveau de l'emploi.

En supposant que l'entreprise i ne produise pas en l'absence d'accord salarial, les négociations sont représentées par le critère de Nash généralisé suivant :

$$\underset{\bar{\omega}_{i,t}}{\text{Max}} \Omega = \underset{\bar{\omega}_{i,t}}{\text{Max}} \left[\Pi_i \left(\frac{\bar{\omega}_{i,t}}{p_{i,t}} (1 + \tau_{w,t}^e) \right) \right]^{1-\beta} \left[V_i \left(\frac{\bar{\omega}_{i,t}}{pc_t} (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}) \right) - V^0 \right]^\beta$$

avec $\bar{\omega}_{i,t}$: le salaire brut nominal, $w_{i,t} = \frac{\bar{\omega}_{i,t}}{p_t}$ le salaire brut réel et $\omega_{i,t} = \frac{\bar{\omega}_{i,t}}{pc_t}$ le pouvoir

d'achat du salaire brut ; V_i : l'espérance de gains du syndicat à l'issue des négociations ; V^0 : l'espérance de gains du syndicat en cas d'échec des négociations ; Π_i : le profit de long terme de l'entreprise i à l'issue des négociations ; β : le pouvoir de négociation du syndicat. Si les négociations aboutissent à un accord, l'espérance de gains du syndicat est de la forme :

$$V_i \left(\frac{\bar{\omega}_{i,t}}{pc_t} (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}) \right) = L_{i,t} v \left(\frac{\bar{\omega}_{i,t}}{pc_t} (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}) \right) + (\bar{L}_{i,t} - L_{i,t}) \check{v} \left(\frac{p_t RR_t}{pc_t} \right)$$

alors qu'en cas d'échec des négociations :

$$V^0 = \bar{L}_i \cdot \check{v} \left(\frac{p_t RR_t}{pc_t} \right)$$

avec : RR_t : les revenus alternatifs en termes réels (par rapport au prix de la valeur ajoutée) du salarié si ce dernier n'est pas employé par l'entreprise i et \bar{L}_i : l'ensemble des travailleurs sur le bassin d'emploi de l'entreprise i .

Le critère de Nash généralisé peut alors se réécrire sous la forme :

$$\underset{\bar{\omega}_{i,t}}{\text{Max}} \Omega = \underset{\bar{\omega}_{i,t}}{\text{Max}} \left[\Pi_i \left(\frac{\bar{\omega}_{i,t}}{p_{i,t}} (1 + \tau_{w,t}^e) \right) \right]^{1-\beta} \left[L_{i,t} \left(v \left(\frac{\bar{\omega}_{i,t}}{pc_t} (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}) \right) - \check{v} \left(\frac{p_t RR_t}{pc_t} \right) \right) \right]^\beta$$

La solution du critère de Nash généralisé vérifie l'équation :

$$(1 - \beta) \frac{1}{\Pi_{i,t}} \frac{\partial \Pi_{i,t}}{\partial \bar{\omega}_{i,t}} + \beta \left[L_{i,t} \left(v \left(\omega_{i,t} (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}) \right) - \check{v} \left(\frac{p_t RR_t}{pc_t} \right) \right) \right]^{-1} \left[\frac{\partial L_{i,t}}{\partial \bar{\omega}_{i,t}} \left(v \left(\omega_{i,t} (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}) \right) - \check{v} \left(\frac{p_t RR_t}{pc_t} \right) \right) + L_{i,t} \frac{\partial v \left(\omega_{i,t} (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}) \right)}{\partial \bar{\omega}_{i,t}} \right] = 0$$

soit encore, en multipliant par $\bar{\omega}_{i,t}$:

$$\bar{\omega}_{i,t} \frac{\partial v \left(\omega_{i,t} (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}) \right)}{\partial \bar{\omega}_{i,t}} + \left(\frac{(1 - \beta)}{\beta} \eta_{\pi,w} + \eta_{L,w} \right) \left(v \left(\omega_{i,t} (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}) \right) - \check{v} \left(\frac{p_t RR_t}{pc_t} \right) \right) = 0$$

avec l'élasticité du profit au salaire

$$\eta_{\Pi,w} = (1-\eta) \left[1 - \alpha_K \left(\frac{Y_{i,t}}{K_{i,t-1}} \right)^\rho \right] - \frac{\rho}{1+\rho} \alpha_K \left(\frac{Y_{i,t}}{K_{i,t-1}} \right)^\rho \frac{p_t (w_{i,t} (1 + \tau_{w,t}^e) L_{i,t} + (r_t + \delta) K_{i,t})}{\Pi_{i,t}}$$

$$+ \frac{\rho}{1+\rho} \frac{p_t (r_t + \delta) K_{i,t}}{\Pi_{i,t}}$$

L'élasticité de la demande de travail au salaire est de la forme

$$\eta_{L,w} = \eta \left[\alpha_K \left(\frac{Y_{i,t}}{K_{i,t-1}} \right)^\rho \left(1 - \frac{1}{\eta(1+\rho)} \right) - 1 \right]$$

Les revenus alternatifs $\left(\frac{p_t RR_t}{pc_t} \right)$ correspondent aux revenus espérés si un salarié n'est pas employé par l'entreprise i . Sa situation dépend alors de sa probabilité de retrouver un emploi, c'est-à-dire du taux de chômage (u). Soit il retrouve un emploi dans une autre entreprise, avec une probabilité $(1-u)$, et obtient un salaire brut dont le pouvoir d'achat s'élève à ω_t ; soit il ne retrouve aucun emploi, avec une probabilité u , et il perçoit alors des indemnités chômage. Ces dernières comprennent une partie croissant au rythme du progrès technique portant sur le travail ($\gamma_{L,t} R_0$) (cette composante mesure, par exemple, le RMI) et une autre indexée sur les salaires nets ($TR \omega_t (1 - \tau_{w,t}^s)$) (correspondant aux prestations chômage versées par l'UNEDIC) :

$$\frac{p_t RR_t}{pc_t} = TR \omega_t (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}^s) + \frac{p_t R_0}{pc_t} \gamma_{L,t}$$

D'où :

$$\bar{v} \left(\frac{p_t RR_t}{pc_t} \right) = (1-u) v \left(\omega_t (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}^s) \right) + u v \left(TR \omega_t (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}^s) + \frac{p_t R_0}{pc_t} \gamma_{L,t} \right)$$

Dans le cas où la fonction d'utilité du syndicat est à aversion relative constante pour le risque, nous obtenons :

$$v(\omega_t) = \frac{1}{1-\gamma_w} (\omega_t)^{1-\gamma_w}$$

et

$$v \left(TR \omega_t (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}^s) + \frac{p_t R_0}{pc_t} \gamma_{L,t} \right) = \frac{1}{1-\gamma_w} \left(TR \omega_t (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}^s) + \frac{p_t R_0}{pc_t} \gamma_{L,t} \right)^{1-\gamma_w}$$

avec γ_w l'aversion pour le risque du syndicat ($\gamma_w > 0, \gamma_w \neq 1$).

Equilibre symétrique

A l'équilibre symétrique, toutes les entreprises étant identiques et donc $w_{i,t} = w_t$ et $\omega_{i,t} = \omega_t$, l'équation de salaire devient :

$$\omega_t (1 - \tau_{w,t}^s)(1 - \tau_{CSG,t}) \frac{\partial v(\omega_t (1 - \tau_{w,t}^s)(1 - \tau_{CSG,t}))}{\partial \bar{\omega}_t} + \left(\frac{1 - \beta}{\beta} \eta_{\Pi,w} + \eta_{L,w} \right) \left(uv(\omega_t (1 - \tau_{w,t}^s)(1 - \tau_{CSG,t})) - uv(\text{TR} \omega_t (1 - \tau_{w,t}^s)(1 - \tau_{CSG,t}) + \frac{p_t R_0}{pc_t} \gamma_{L,t}) \right) = 0$$

Soit encore le salaire réel (au prix de la valeur ajoutée) :

$$\boxed{w_t (1 - \tau_{w,t}^s)(1 - \tau_{CSG,t}) = \left[\frac{1 - \gamma_w}{u\kappa} \frac{1}{\left(\frac{1 - \beta}{\beta} \eta_{\Pi,w} + \eta_{L,w} \right)} + 1 \right]^{\frac{1}{\gamma_w - 1}} [\text{TR} w_t + \gamma_{L,t} R_0]} \quad (12.)$$

avec

$$\eta_{\Pi,w} = (1 - \eta) \left[1 - \alpha_K \left(\frac{Y_t}{K_{t-1}} \right)^\rho \right] - \frac{\rho}{1 + \rho} \alpha_K \left(\frac{Y_t}{K_{t-1}} \right)^\rho \frac{p_t (w_t L_t + (r_t + \delta) K_t)}{\Pi_t} + \frac{\rho}{1 + \rho} \frac{p_t (r_t + \delta) K_t}{\Pi_t}$$

$$\eta_{L,w} = \eta \left[\alpha_K \left(\frac{Y_t}{K_{t-1}} \right)^\rho \left(1 - \frac{1}{\eta(1 + \rho)} \right) - 1 \right]$$

Le chômage d'équilibre se déduit aisément de l'équation de salaire (12.) en remplaçant le salaire par le salaire réalisable déduit de l'équation de demande de travail de long terme :

$$u^* = \frac{1 - \gamma_w}{\kappa} \left\{ \left[\frac{(\eta - 1) \alpha_L (1 - \tau_w^s)(1 - \tau_{CSG,t})}{(\eta - 1) \alpha_L \text{TR} + \eta(1 + \tau_{w,t}^e) R_0 \left(\frac{Y_t}{L_t \gamma_{L,t}} \right)^{-(\rho+1)}} \right]^{\gamma_w - 1} - 1 \left[\frac{1 - \beta}{\beta} \eta_{\Pi,w} + \eta_{L,w} \right] \right\}^{-1}$$

Ce dernier dépend seulement de variables réelles telles que la technologie (paramètres de la fonction de production), des revenus de remplacement, des taux de cotisation sociale, ou encore les conditions des négociations salariales (l'aversion pour le risque du syndicat, son pouvoir de négociation, indemnités chômage,...). A cet égard, le pouvoir de négociation des syndicats (β) ainsi que les revenus de remplacement pèsent positivement sur le niveau du chômage d'équilibre.

2.4 Etat

L'Etat lève des impôts qui portent sur le revenu ($\tau_{R,t}$), sur le bénéfice des sociétés ($\tau_{IS,t}$), de la TVA sur la consommation finale des ménages et l'investissement (respectivement $\tau_{TVA,t}^C$ et

$\tau_{TVA,t}^I$), la CSG ainsi que diverses autres taxes, supposées exogènes ($TAXE_t^{exo}$). Le montant des taxes est :

$$TAXE_t = \tau_{R,t} \left(1 - \tau_{CSG,t}\right) \left[\left(1 - \tau_{w,t}^s\right) \bar{w}_t L_t + p_t RR_t (\bar{L}_t - L_t) + r_t p c_t A_t + \Pi_t \right] + \tau_{TVA,t}^C p d_t C_t + \tau_{TVA,t}^I p d_t I_t + \frac{\tau_{IS,t}}{1 - \tau_{IS,t}} \Pi_t + TAXE_t^{exo}$$

et il effectue des dépenses. Afin de ménager les possibilités de variante, deux cas sont envisagés : les dépenses publiques en termes réels sont exogènes ($G_t = G_t^{exo}$) ; les dépenses publiques en termes réels sont endogènes et assurent l'équilibre des comptes publics ($G_t = TAXE_t$). Finalement l'équation de dépenses publiques est de la forme :

$$G_t = \lambda^G TAXE_t + (1 - \lambda^G) G_t^{exo}$$

avec λ^G une variable indicatrice valant 1 lorsque les comptes publics sont équilibrés et 0 si les dépenses publiques sont exogènes.

L'Etat a, à long terme, un objectif de ratio de dette sur PNB (\bar{TB}) et détermine un taux d'IRPP compatible avec cet objectif grâce à sa fonction de réaction qui s'écrit :

$$\tau_{r,t} = \sum_{i=-2}^2 \frac{\tau_{r,t+i}}{5} + c_{\tau_r} \left(\frac{B_{t+1}}{PNB_{t+1}} - \bar{TB} \right)$$

En outre, $PNB_t = PIB_t - r_t \frac{D_{t-1}}{\bar{e}_{t-1}}$.

Enfin, l'Etat est supposé garantir l'équilibre des comptes sociaux à court-moyen terme⁷. Le déficit public correspond à l'écart entre les dépenses publiques et les impôts augmenté de l'éventuel déficit des comptes sociaux :

$$DEF_t = G_t - TAXE_t + p_t RR_t (\bar{L}_t - L_t) - \tau_{w,t}^e p_t w_t L_t - \tau_{w,t}^s p_t w_t L_t - \tau_{CSG,t} \left[\left(1 - \tau_{w,t}^s\right) \bar{w}_t L_t + p_t RR_t (\bar{L}_t - L_t) + r_t p c_t A_t + \Pi_t \right]$$

avec : DEF_t : le déficit public ; $\tau_{w,t}^e$: le taux de cotisation social employeur et $\tau_{w,t}^s$: le taux de cotisation social salarié.

La dette publique s'obtient alors aisément en cumulant les déficits publics :

$$B_t = (1 + \bar{r}_t^{-G}) B_{t-1} + DEF_t$$

avec : B_t , la dette publique et \bar{r}_t^{-G} , un taux d'intérêt nominal composite, combinaison du taux court nominal et du taux long nominal à 10 ans :

$$\bar{r}_t^{-G} = \lambda^{r^G} \bar{R}_{10,t} + (1 - \lambda^{r^G}) \bar{r}_t$$

2.5 Commerce extérieur

⁷ A court terme, les déficits des comptes sociaux se retrouvent dans le déficit public. A long terme, le taux de cotisations sociales employeurs s'ajuste de façon à garantir l'équilibre des comptes sociaux.

De façon traditionnelle, les équations du commerce extérieur font dépendre les exportations de la demande mondiale et de la compétitivité prix à l'exportation et les importations de la demande intérieure et de la compétitivité prix à l'importation. La dynamique des exportations et des importations est spécifiée sous forme d'un modèle à correction d'erreur :

$$\Delta \ln(X_t) = \Delta \ln(DM_t) - a_{x,0} \Delta \ln\left(\frac{px_t}{p_t^*}\right) - a_{x,1} \left[\ln\left(\frac{X_{t-1}}{DM_{t-1}}\right) + \eta_x \ln\left(\frac{px_t}{p_t^*}\right) \right]$$

$$\Delta \ln(M_t) = \Delta \ln(ABS_t) + a_{m,0} \Delta \ln\left(\frac{pm_t}{p_t}\right) - a_{m,1} \left[\ln\left(\frac{M_{t-1}}{ABS_{t-1}}\right) - \eta_m \ln\left(\frac{pm_t}{p_t}\right) \right]$$

avec : X_t : les exportations en volume ; DM_t : la demande mondiale adressée aux entreprises nationales exprimée en termes réels ; px_t : le prix à l'exportation ; p_t^* : le prix étranger exprimé en devise nationale ; M_t : les importations en volume ; ABS_t : l'absorption en termes réels et pm_t : le prix à l'importation. η_x et η_m représentent respectivement l'élasticité prix des exportations et des importations ; $a_{0,x}$, $a_{1,x}$, $a_{0,m}$ et $a_{1,m}$ sont des coefficients.

Le solde de la balance commerciale exprimé en devise s'écrit :

$$DEF_t^{BC} = (M_t pm_t - X_t px_t) e_t$$

La dette extérieure s'obtient par simple cumul du solde commercial extérieur auquel est appliqué un taux d'intérêt mondial (\bar{r}_t^*) :

$$D_{t+1} = (1 + \bar{r}_{t+1}^*) D_t + DEF_{t+1}^{BC}$$

Dans la mesure où la dette publique est détenue pour partie par les ménages et pour une autre partie par le reste du monde, nous parvenons à l'identité suivante :

$$B_t = pc_t A_t + \frac{D_t}{e_t}$$

2.6 Inflation et rigidités nominales

De manière classique, les prix à l'importation (pm_t) comme à l'exportation (px_t) sont une combinaison des prix de valeur ajoutée (p_t) et des prix étrangers en monnaie nationale (p_t^*) :

$$pm_t = p_t^{\mu_0} (p_t^*)^{1-\mu_0}$$

$$px_t = p_t^{\lambda_0} (p_t^*)^{1-\lambda_0}$$

Bien évidemment, les prix étrangers exprimés en devise nationale correspondent à :

$$p_t^* = \frac{p_t^{**}}{\bar{e}_t}$$

avec p_t^{**} les prix étrangers exprimés en devise étrangère et \bar{e}_t le taux de change côté au certain.

Les différents prix de la demande, de la consommation (pc_t), de l'investissement privé (pi_t), de l'investissement public (pg_t), se définissent par rapport à un prix de ressources hors TVA (pd_t) auquel est appliqué un taux de TVA spécifique ($\tau_{TVA,t}^C$ pour le premier et $\tau_{TVA,t}^I$ pour le second) :

$$\begin{aligned} pc_t &= (1 + \tau_{TVA,t}^C) pd_t \\ pi_t &= (1 + \tau_{TVA,t}^I) pd_t \\ pg_t &= pd_t \end{aligned}$$

Un taux de TVA ($\tau_{TVA,t}^Y$) apparent global s'en déduit :

$$\tau_{TVA,t}^Y p_t Y_t = pd_t (\tau_{TVA,t}^C C_t + \tau_{TVA,t}^I I_t) \quad (13.)$$

Bien évidemment le PIB en valeur satisfait :

$$PIB_t = C_t pc_t + I_t pi_t + G_t pg_t + X_t px_t - M_t pm_t$$

Courbe de Phillips

La courbe de Phillips relie l'inflation (π_t) à l'écart du chômage à son niveau d'équilibre⁸ ($u_t - u_t^*$) et admet un arbitrage à court terme entre inflation et chômage, en raison de rigidités nominales.

$$\pi_t = \zeta \pi_{t-1} + (1 - \zeta) \pi_t^a + \psi (u_t - u_t^*)$$

où $\psi < 0$. L'inflation courante dépend de l'inflation passée (π_{t-1}) et de l'inflation anticipée pour la période suivante ($\pi_t^a = E_t(\pi_{t+1})$). Les anticipations d'inflation (π_t^a) peuvent être soit autorégressives soit cohérentes avec le modèle, le paramètre ζ_a indiquant le partage entre les anticipations naïves et celles compatibles avec les prévisions du modèle.

$$\pi_t^a = \zeta_a \pi_{t+1} + (1 - \zeta_a) \pi_t$$

avec $0 \leq \zeta_a \leq 1$. Le cas où l'inflation est exclusivement déterminée par des anticipations entièrement tournées vers le futur (c'est-à-dire avec $\zeta = 0$ et $\zeta_a = 1$) est exclu sinon la politique monétaire se limiterait à l'annonce d'une cible d'inflation à laquelle s'ajusterait immédiatement les anticipations des agents.

A long terme la courbe de Phillips est verticale : il n'est plus possible de réduire le niveau du chômage par une augmentation de l'inflation ; le chômage est alors à son niveau d'équilibre et déterminé exclusivement par des facteurs réels tandis que l'inflation est déterminée par la sphère nominale.

2.6 Taux d'intérêt et taux de change

Quatre taux d'intérêt sont considérés dans MARCOS ; trois taux élémentaires : le taux court contrôlé par les autorités monétaires, le taux long sur les titres nationaux à 10 ans et un taux d'intérêt court étranger exogène ; et un taux composite, associé à la dette publique, combinaison des taux à court et long terme.

⁸ Le taux de chômage d'équilibre correspond au taux de chômage à l'état stationnaire.

A l'équilibre, les taux d'intérêt réels sont commandés par le seul taux d'intérêt mondial, exogène. Les taux d'intérêt nominaux sont calculés par une relation de Fisher, à partir de l'inflation d'équilibre *ex ante* donnée par le modèle.

Fonction de réaction

La fonction de réaction est du type proposée par Taylor [1993]. Les autorités monétaires modifient le taux d'intérêt nominal de court terme (\bar{r}_t) en réaction à des chocs sur l'inflation et sur l'*output gap* :

$$\bar{r}_t = \bar{r}_t^* + \mu(\pi_{t+1} - \pi_{t+1}^*) + \tau \left(\frac{Y_t}{\bar{Y}_t} - 1 \right)$$

où (π_t^*) représente la cible d'inflation et (\bar{r}_t^*) le taux d'intérêt nominal étranger (d'équilibre).

$\left(\frac{Y_t}{\bar{Y}_t} - 1 \right)$ représente l'*output gap*.

Taux d'intérêt à long terme

La structure par terme des taux d'intérêt relie le taux d'intérêt à long terme à un taux d'intérêt à court terme avec une prime de terme exogène. Ainsi le rendement du titre long à 10 ans ($\bar{R}_{10,t}$) est une moyenne des rendements actuels et futurs du titre court (\bar{r}_{t+i}) majorée de la prime de terme (*PT*) constante et positive.

$$1 + \bar{R}_{10,t} = \left[\prod_{i=0}^9 (1 + \bar{r}_{t+i}) \right]^{1/10} (1 + PT)$$

Taux de change

L'équation de taux de change, exprimée en termes réels, décrit une parité de taux d'intérêt non couverte :

$$\frac{e_{t+1}}{e_t} = \frac{1 + \bar{r}_t^*}{1 + \bar{r}_t}$$

3. Etalonnage du modèle et compte central à l'état stationnaire

Le modèle est étalonné (voir tableaux 1, 2 et 3) sur données françaises issues des comptes nationaux annuels. Les équations de long terme du modèle sont présentées en Annexe 2.

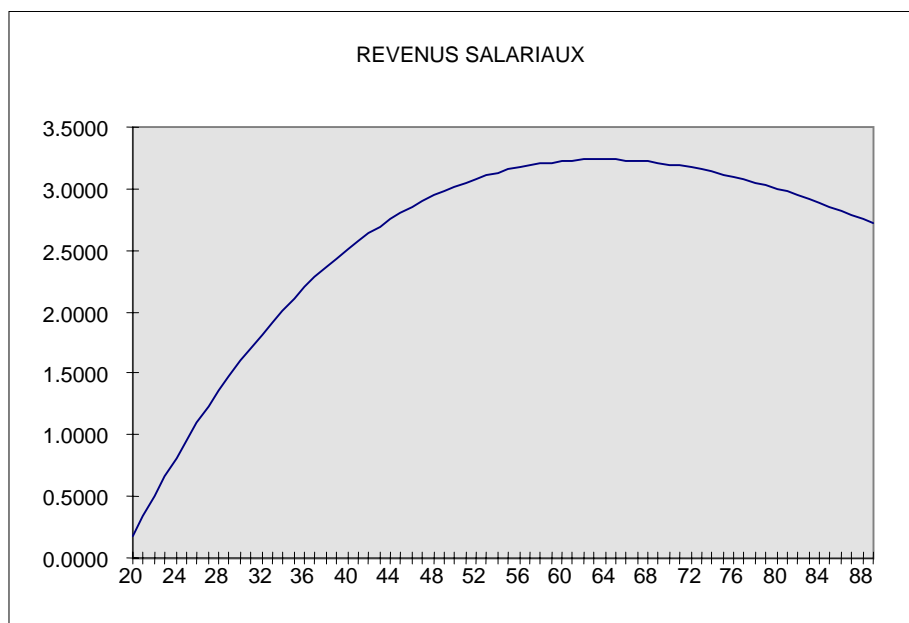
Afin d'étalonner le modèle, nous avons fait l'hypothèse que l'économie se situait autour de son état stationnaire sur la période 1985-1997⁹. Par conséquent, les principales variables caractérisant la trajectoire de croissance équilibrée à taux constant sont, lorsqu'elles sont observables (g, n, π, r), affectées de leurs valeurs moyennes observées sur la période 1985-1997. Certains paramètres plus difficiles à mesurer sont soit endogénéisés lors de l'étalonnage du modèle (θ, ρ, γ_0), soit fixés à des valeurs paraissant *a priori* raisonnables. Ainsi, le paramètre p (la probabilité de mort) est fixé à 0,02 de façon à obtenir une espérance de vie adulte égale à 50 ans et le paramètre δ (le taux de déclassement) est fixé à 6% l'an de façon à obtenir une durée de vie du capital de 17 ans soit une valeur certes supérieure à la valeur de 12 ans communément admise pour le capital total (Cette [1994]) mais compatible avec le coefficient du capital et le taux d'intérêt observé. Le pouvoir de négociation des représentants des salariés β est fixé à 0,5 de sorte que le gain dégagé par l'appariement d'un poste vacant et d'un chômeur soit uniformément réparti entre salarié et employeur. L'élasticité prix de la demande de biens (η) est fixée à 11 de façon à obtenir un taux de marge d'environ 10%. Le coefficient μ_k mesurant l'ampleur des coûts d'ajustement du capital, est pour sa part fixée à 6. Les estimations des coûts d'ajustement sur données de panel sont assez peu robustes - les valeurs obtenues pour μ_k sont fréquemment nulles voire négatives - et les estimations sur données agrégées fournissent des résultats assez contrastés. Bloch et Coeuré [1995] obtiennent, sur la période 1970-1994, des valeurs comprises entre 9 et 30 alors que Roeger et in't Velt [1997] dans une perspective internationale, sur la période 1974-1995, parviennent à des résultats relativement proches pour les différents pays européens et, sur données françaises, estiment μ_k à 5,99. Nous avons pris le parti de retenir cette dernière valeur.

Les paramètres des équations du commerce extérieur, des équations de prix du commerce extérieur et de la courbe de Phillips (uniquement pour l'effet Phillips) ont été fixés en retenant des valeurs communément admises dans les évaluations empiriques (Banque de France *et alii* [1998]). Il convient de remarquer que dans la courbe de Phillips, l'inflation courante est pour moitié indexée à l'inflation passée et pour l'autre moitié à l'inflation anticipée ($\zeta=0,5$).

Afin de déterminer la trajectoire des revenus salariaux durant l'âge adulte, les valeurs reportées dans le tableau 3 sont affectées aux coefficients $a_1, a_2, \alpha_1, \alpha_2$ et α_3 de sorte que le profil en cloche des revenus salariaux soit satisfait (graphique 1).

Graphique 1 : profil des revenus salariaux suivant l'âge.

⁹ Le choix de la période d'étalonnage répond à un double souci : retenir la période la plus longue possible, tout en évitant des ruptures par trop importantes.



Il convient de noter que la consommation dans MARCOS est en fait l'agrégation de la consommation et de l'investissement logement des ménages¹⁰. Le partage entre ménages classiques et keynesiens (ι) est endogénéisé lors de l'étalonnage et sa valeur est donc déduite de la simulation du modèle compte tenu des contraintes sur la richesse et la consommation des ménages.

Lors de l'étalonnage du modèle les variables en niveau (Y_t , la valeur ajoutée en termes réels, PIB_t , le PIB nominal, \bar{L}_t , la population active) sont fixées à leurs valeurs de 1997 dans les comptes nationaux. Les variables en taux (les ratios des postes de la demande publique à la valeur ajoutée, de la dette au PNB et les taux de prélèvement fiscaux) sont quant à elles posées à leurs valeurs moyennes sur la période 1985-1997. A l'équilibre stationnaire le taux de chômage (qui ne tient compte que des chômeurs indemnisés) coïncide avec sa valeur d'équilibre fixée à 9%.

Les paramètres de la fonction de réaction des autorités monétaires ont été fixés en reprenant des valeurs quelques peu différentes de celles proposées par Taylor [1993] : le paramètre lié à l'inflation μ est fixé à 1,5 et le paramètre lié à l'*output gap* τ est pour sa part mis à 0,5. De la sorte, les autorités monétaires sont plus agressives sur l'inflation et moins sur l'activité.

A l'aide de cet étalonnage, le compte central du modèle fournit des valeurs assez proches de celles observées. Ainsi, le taux d'épargne financier¹¹ s'établit à 6,4% (alors que sur la période 1985-1997 il est de 6%), le coefficient du capital (1,85 dans le compte central) est inférieur à celui constaté (2,08) et la part des salaires dans la valeur ajoutée est légèrement supérieure à celle observée (65% pour le compte central contre 63,8% ou 50% observé suivant que l'on intègre ou non l'excédent brut d'exploitation des entrepreneurs individuels aux salaires et 62,5% si l'on considère que les revenus des entrepreneurs individuels sont identiques au salaire moyen).

¹⁰ En toute rigueur le patrimoine logement des ménages devrait être traité comme une composante de leur richesse et l'investissement logement ne devrait donc pas être agrégé à la consommation. Toutefois, nous n'avons pas retenu cette configuration pour ne pas compliquer inutilement le modèle.

¹¹ Rappelons que l'épargne financière est obtenue par différence entre le revenu disponible des ménages et leur consommation plus leur investissement logement.

Tableau 1 : Compte central de MARCOS variables exogènes lors de l'étalonnage

Variabes	valeurs observées	valeurs simulées	commentaires
Y_t valeur ajoutée réelle	3540	3540	exogène lors de l'étalonnage et fixé à sa valeur de 1997
PIB_t PIB en valeur	8130	8130	
\bar{L}_t Population active	25713	25713	
$C_t pc_t / PIB_t$ consommation et investissement logement des ménages sur PIB	65%	65%	exogène lors de l'étalonnage et fixé à sa valeur moyenne sur la période 1985-1997
$G_t^{exo} pg_t / PIB_t$ Dépenses publiques sur PIB	19,8%	19,8%	
$X_t px_t / PIB_t$ Exportations sur valeur PIB	22.4%	22.4%	
$M_t pm_t / PIB_t$ Importations sur PIB	22%	22%	
B_t / PNB_t Dettes publiques sur PNB	--	60%	
r_t Taux d'intérêt réel de court terme	5%	5%	
α_t Propension à consommer le patrimoine	--	5%	
r_t^* Taux d'intérêt réel étranger	5%	5%	exogène lors de l'étalonnage et fixé à sa valeur moyenne sur la période 1985-1997
τ_R Taux de l'IRPP	8%	8%	
u_t^* Taux de chômage d'équilibre	--	9%	
λ^G La part de la dette publique financé par obligation	60%	60%	

Tableau 2 : Variables endogènes lors de l'étalonnage de MARCOS

variables	valeurs observées	valeurs simulées
γ_0 Facteur d'échelle du progrès technique portant sur le travail	--	0,121
$TAXE_t^{exo} / PIB_t$ Autres taxes sur PIB	--	3,68%
DM_t / Y_t Demande mondiale sur valeur ajoutée	--	26,4%
$a_{M,2}$ Constante de l'équation d'importations	--	0,194
θ Taux de préférence pour le présent	--	1,89%
ρ Paramètre de la fonction de production CES	--	0,37
$R_{0,t}$ Fraction des revenus de remplacement indexés sur le progrès technique portant sur le travail	--	11,8%
l Part des ménages keynésiens	--	74,4%
$S_t / (R_t^1 + R_t^2)$ Taux d'épargne	6%	6,4%
K_t / Y_t Coefficient du capital	2,08	1,85
$(w_t L_t) / Y_t$ Part des salaires dans la valeur ajoutée	62,5 %	67%
H_t / W_t part de la richesse humaine dans la richesse totale	--	46,3%
A_t / W_t part des obligations détenus par les ménages dans la richesse totale	--	10,6%

Tableau 3 : les paramètres fixés *a priori*

Paramètres	Valeurs	Paramètres	Valeurs
g Taux de croissance du PIB	2,1%	λ_w Degré de prise en compte des cotisations sociales comme élément de revenu	0
n Taux de croissance de l'emploi	0,5%	κ Rapport entre la probabilité de retrouver un emploi et le taux de chômage	1
p Probabilité de mort	2%	ψ Effet Phillips	-0,2
β_H Taux de natalité	2,55%	ζ Degré d'indexation sur les anticipations d'inflation	0,5
π_t Taux d'inflation	2,5%	η_X Elasticité prix des exportations	0,5
δ Taux de déclassement	6%	η_M Elasticité prix des importations	0,6
η Elasticité prix de la demande de biens	11	c_{τ_R} Terme de rappel sur la dette	0,02
α_L Coefficient technique dans la CES	0,7	$\tau_{TVA,t}^C$ Taux de TVA sur les biens de consommation	11%
α_K Coefficient technique dans la CES	0,3	$\tau_{TVA,t}^I$ Taux de TVA sur les biens d'équipement professionnels	10%
μ_K Paramètre mesurant les coût d'ajustement sur le capital	6	$\tau_{IS,t}$ Taux de l'IS	30%
$\gamma_{L,t}$ Progrès technique portant sur le travail	$(1 + 0,01592)^t$	μ Réaction des autorités monétaires à l'inflation	1,5
γ Aversion au risque	1,7	τ Réaction des autorités monétaires à l'output gap	0,5
γ_w Aversion au risque des salariés	2	PT Prime de terme	0,5pt
β Pouvoir de négociation des salariés	0,5	λ_0 Poids du prix de valeur ajoutée dans le prix d'exportation	0,9
μ_L Paramètre mesurant les coût d'ajustement sur l'emploi	6	μ_0 Poids du prix de valeur ajoutée dans le prix d'importation	0,8
TR_t Degré d'indexation des revenus de remplacement aux salaires	40%	$a_{X,1}$ Terme de rappel dans l'équation d'exportation	0,3
λ_G Dépenses publiques exogènes ($\lambda_G=0$) ou endogènes ($\lambda_G=1$)	0	$a_{M,1}$ Terme de rappel dans l'équation d'importation	0,2
a_1 Coefficient de la richesse humaine	40	a_2 Coefficient de la richesse humaine	-30

Tableau 3 suite : les paramètres fixés *a priori*

a_3 Coefficient de la richesse humaine	-11,02	α_1 Coefficient de la richesse humaine	0,5%
α_2 Coefficient de la richesse humaine	1,4%	α_3 Coefficient de la richesse humaine	-0,5%

4. Variantes

4.1 Une réduction de 2 points du taux de l'IRPP pendant cinq ans suivie d'un accroissement permanent de 10 points de la cible de dette publique.

Dans cette variante la fonction de réaction de l'Etat est temporairement « débranchée » de manière à maintenir un taux d'IRPP constant et inférieur de 2 points à sa valeur à l'état stationnaire et laisser fluctuer le ratio dette publique sur PIB durant les cinq premières années. A partir de la sixième année et jusqu'à la fin de la simulation, la fonction de réaction de l'Etat est « rebranchée » et donc le taux de l'IRPP est à nouveau endogène avec une cible de dette sur PIB supérieure de 10 points à sa valeur dans le compte central.

Cette variante a un double intérêt. D'une part, elle permet de mettre en évidence les mécanismes d'ajustement à l'œuvre dans le modèle à la suite d'un choc fiscal et d'autre part, elle permet de comparer nos résultats avec ceux obtenus avec MULTIMOD.

A long terme, l'accroissement de 10 points du ratio dette publique sur PIB nécessite une augmentation d'environ un demi point du taux d'IRPP pour couvrir le niveau plus élevé de la charge de la dette (graphique 2). Cette augmentation du taux d'IRPP provoque une réduction quasi équivalente de la consommation des ménages. Cette augmentation de la dette publique ne conduit pas un effet d'équivalence ricardienne pour deux raisons. D'une part, les ménages ont un horizon de vie fini contrairement à l'Etat. De ce fait, les ménages classiques n'achètent pas l'ensemble des titres émis par l'Etat et n'augmentent pas leur épargne à due concurrence à long terme, puisqu'ils anticipent un remboursement de la dette publique *via* un accroissement de l'IRPP qui a une probabilité non nulle d'être réalisé à une date ultérieure à leur mort. D'autre part, une fraction des ménages est sujette à une contrainte de liquidité et ne peut pas accroître son épargne. L'épargne des ménages n'augmentant pas suffisamment pour financer l'accroissement de la dette publique, cette dernière est financée presque exclusivement par l'extérieur. En d'autres termes, l'accroissement de la dette publique s'accompagne d'une augmentation quasi proportionnelle de la dette extérieure. L'équilibre de la balance des paiements est alors obtenu, dans la mesure où la parité des taux d'intérêt non couverte est satisfaite, par une dégradation du taux de change réel et donc par une amélioration de la balance commerciale (les sorties de capitaux nécessaires au remboursement de la dette extérieure sont contrebalancées par un excédent de la balance commerciale).

A très brève échéance, la réduction du taux de l'IRPP provoque un accroissement du revenu disponible des ménages et, dans la mesure où l'hypothèse d'équivalence ricardienne n'est pas satisfaite, un accroissement quasi proportionnel de la consommation des ménages ainsi que, de façon générale, un regain d'activité. Toutefois, l'accroissement de la dette publique

entraîne une hausse du taux d'intérêt pour équilibrer le marché des titres et induit donc un phénomène d'éviction. L'investissement privé enregistre une baisse marquée de près de 4%. De la même façon l'augmentation du taux d'intérêt court induit, du fait de la parité des taux d'intérêt non couvert, une appréciation du change réel¹² et donc une réduction des exportations et un accroissement des importations déjà dopées par le surcroît de demande intérieure. A moyen terme, l'accroissement du taux de l'IRPP ralentit puis réduit la consommation et l'activité et ramène l'économie sur sa trajectoire de long terme.

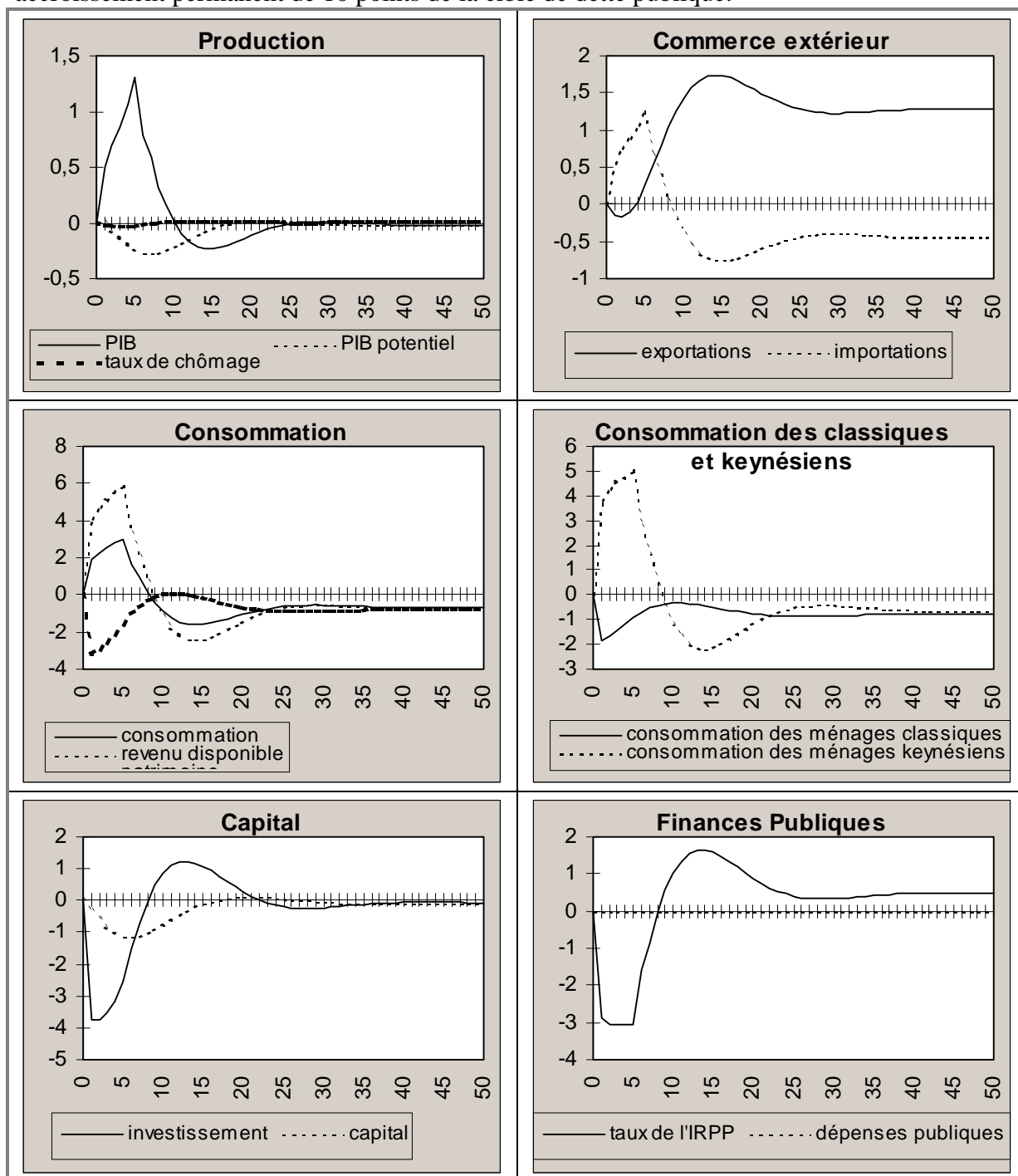
Globalement, les résultats sont proches de ceux obtenus avec le bloc France de MULTIMOD sur une variante analogue (graphique 3). Les effets sont à court terme expansifs et à long terme récessifs. Toutefois, il convient de noter qu'à court terme la fonction de réaction de MULTIMOD diffère sensiblement de celle de MARCOS. Les autorités monétaires ont un unique objectif de change vis-à-vis du DM dans MULTIMOD, alors que dans MARCOS, la banque centrale a un objectif d'inflation et un objectif d'*output gap*. Ces différences expliquent l'atonie du taux de change et du taux d'intérêt dans MULTIMOD. Toutefois, l'introduction d'une nouvelle fonction de réaction dans MULTIMOD identique à celle présente dans MARCOS ne modifie que légèrement les résultats à long terme (graphique 4).

Il convient aussi de remarquer que MARCOS décrit un comportement moins inflationniste que celui décrit par MULTIMOD. Ce résultat provient essentiellement de l'effet Phillips plus faible dans MARCOS que dans MULTIMOD.

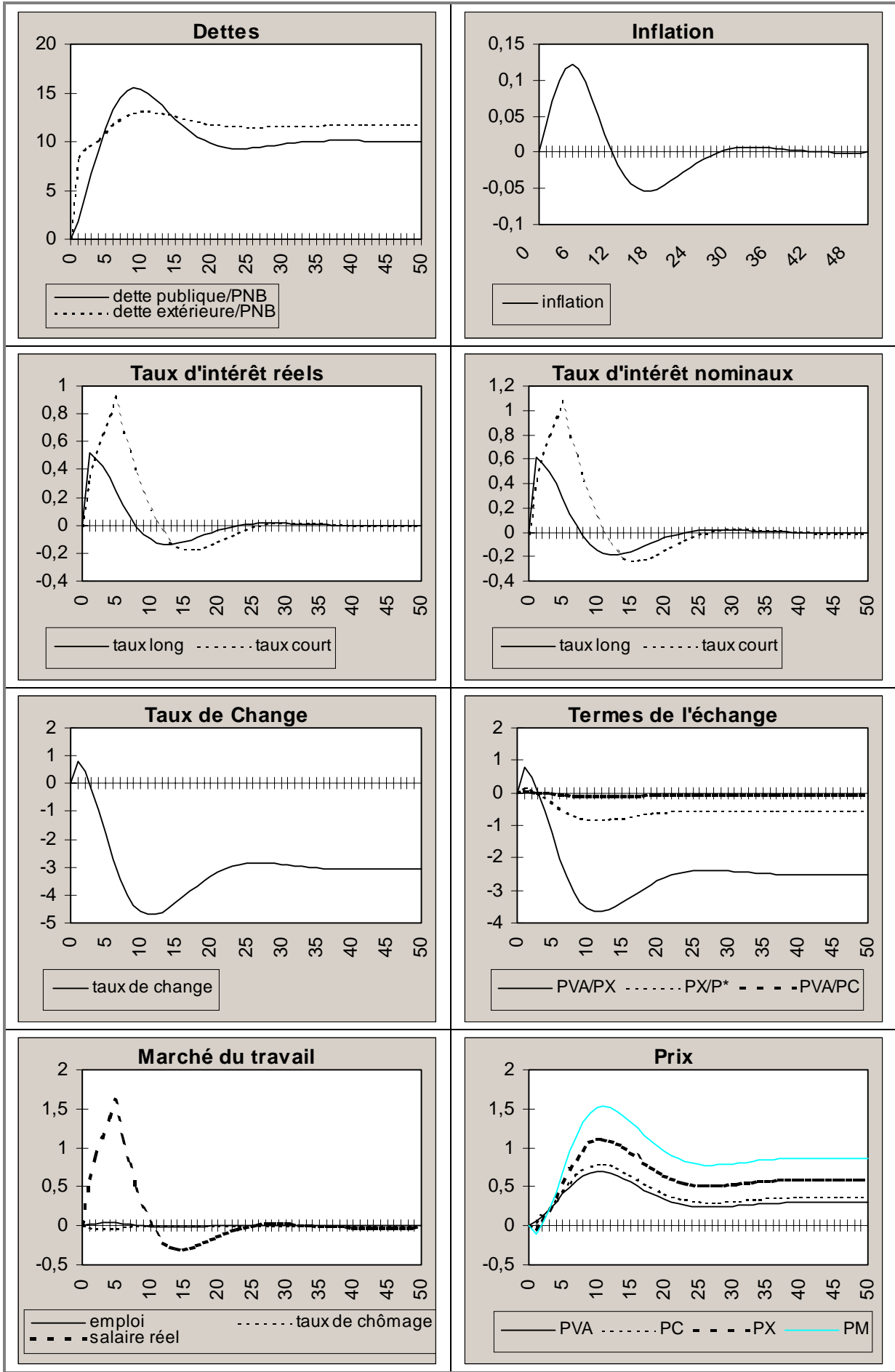
Enfin, l'impact à moyen-long terme sur le commerce extérieur avec MULTIMOD diffère sensiblement de celui obtenu avec MARCOS. Dans MARCOS, les exportations et importations se stabilisent au bout d'une trentaine d'années avec respectivement un accroissement d'environ 1,5% et une réduction d'approximativement -0,7%. En revanche, dans MULTIMOD, après 70 ans les importations et les exportations ne se sont toujours pas stabilisées et l'accroissement des exportations est plus modéré (0,5% approximativement) et la réduction des importations est plus marquée (environ -1%). Le même constat peut être fait s'agissant de la dette extérieure. Cette convergence lente tient à la non vérification sur le bloc France de MULTIMOD des conditions de Blanchard et Kahn [1980] (le nombre de valeurs propres supérieures à un excède le nombre de variables avancées : il n'y a pas unicité de la solution en anticipation rationnelle).

¹²Le taux de change comme le niveau des prix et les taux d'intérêt, dont les valeurs futures interviennent dans le modèle, assurent à la suite d'un choc le passage immédiat vers le sentier selle de retour vers l'équilibre stationnaire. Ceci explique donc les sauts instantanés de ces variables.

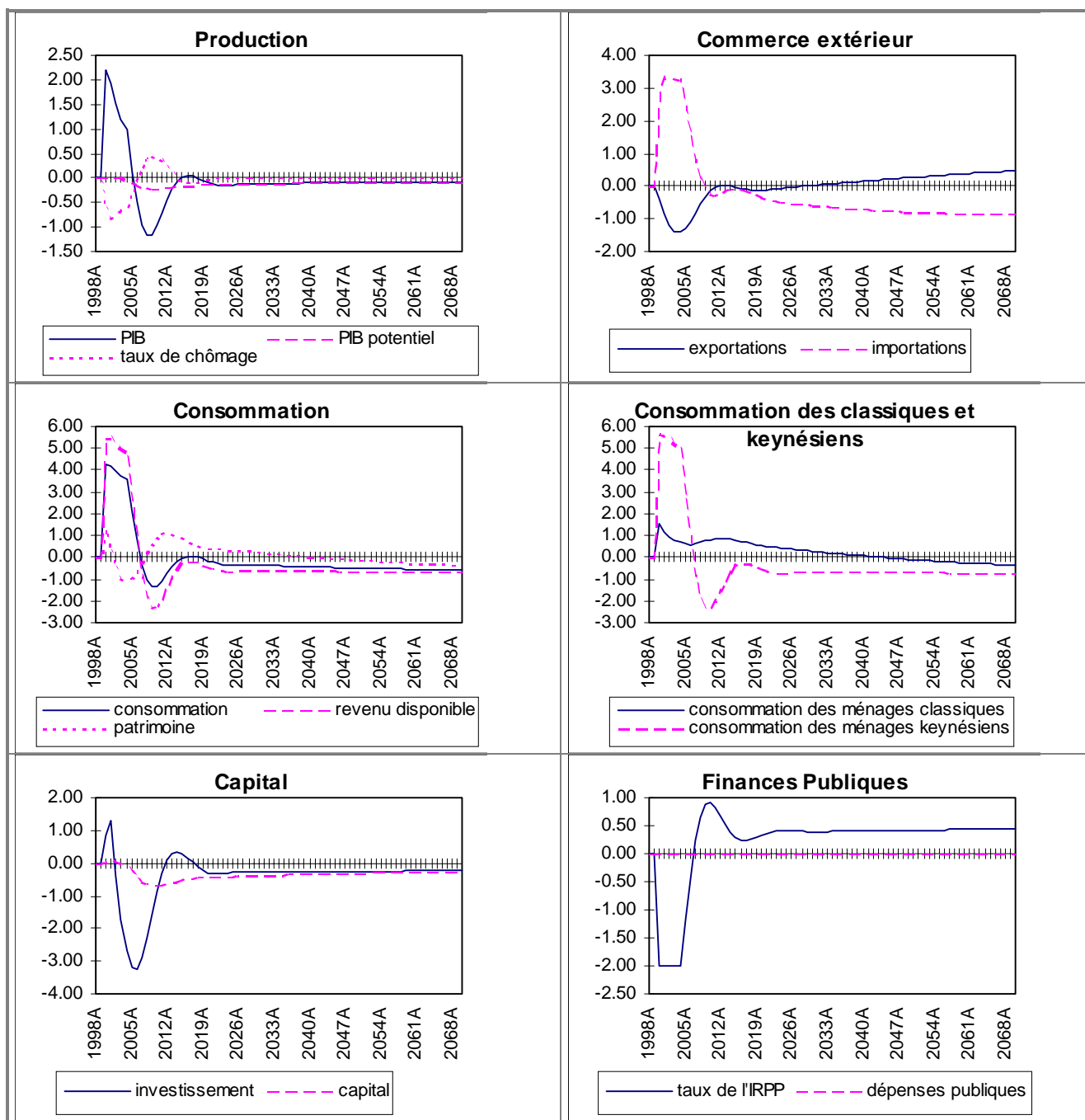
Graphique 2 : variante réduction de 2 points du taux de l'IRPP pendant cinq ans suivi d'un accroissement permanent de 10 points de la cible de dette publique.¹³

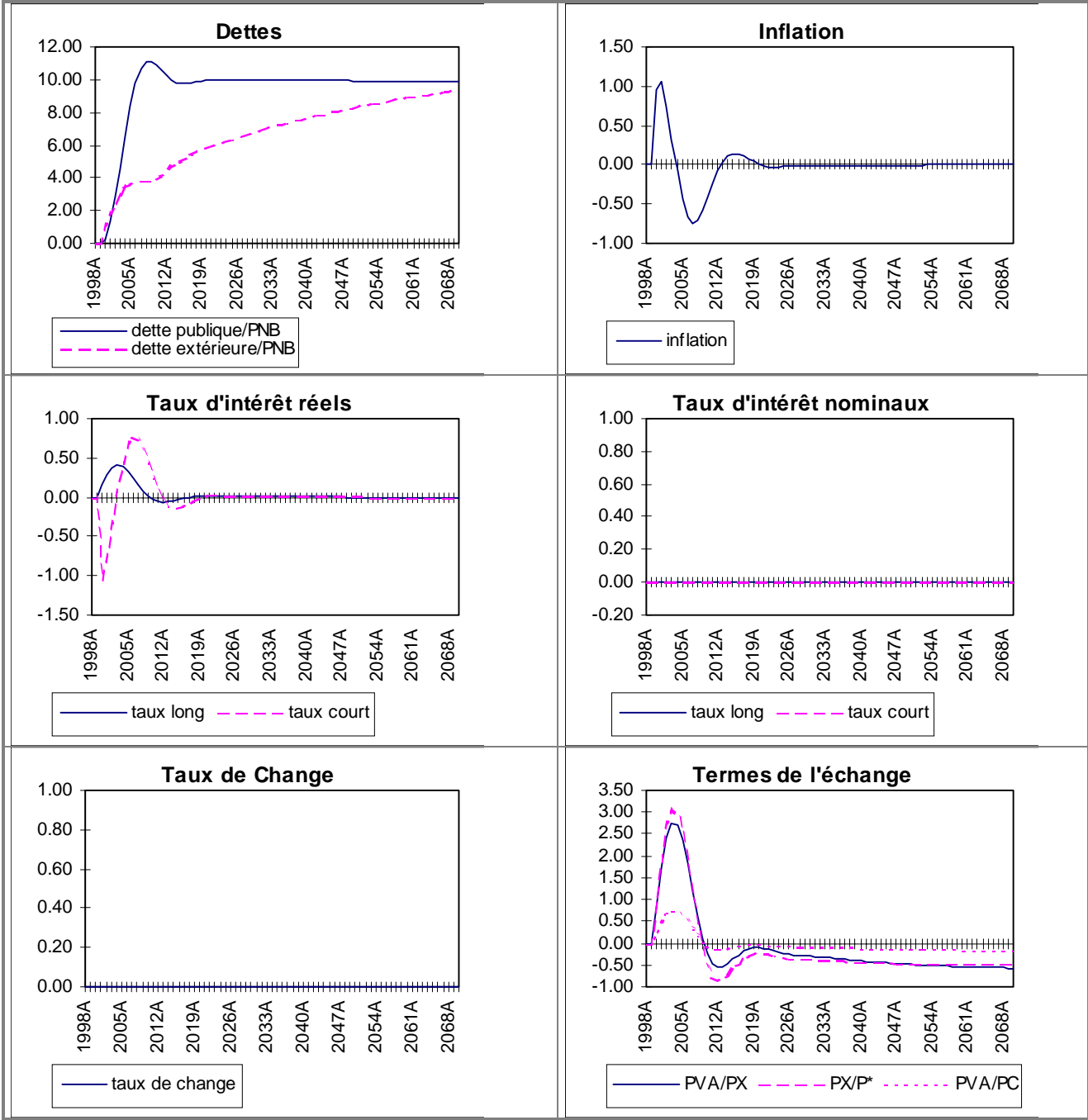


¹³ Pour ces résultats et les suivants l'ensemble des grandeurs réelles sont présentées en écart (en pourcentage) au compte central et les taux sont représentés en écart de points au compte central.

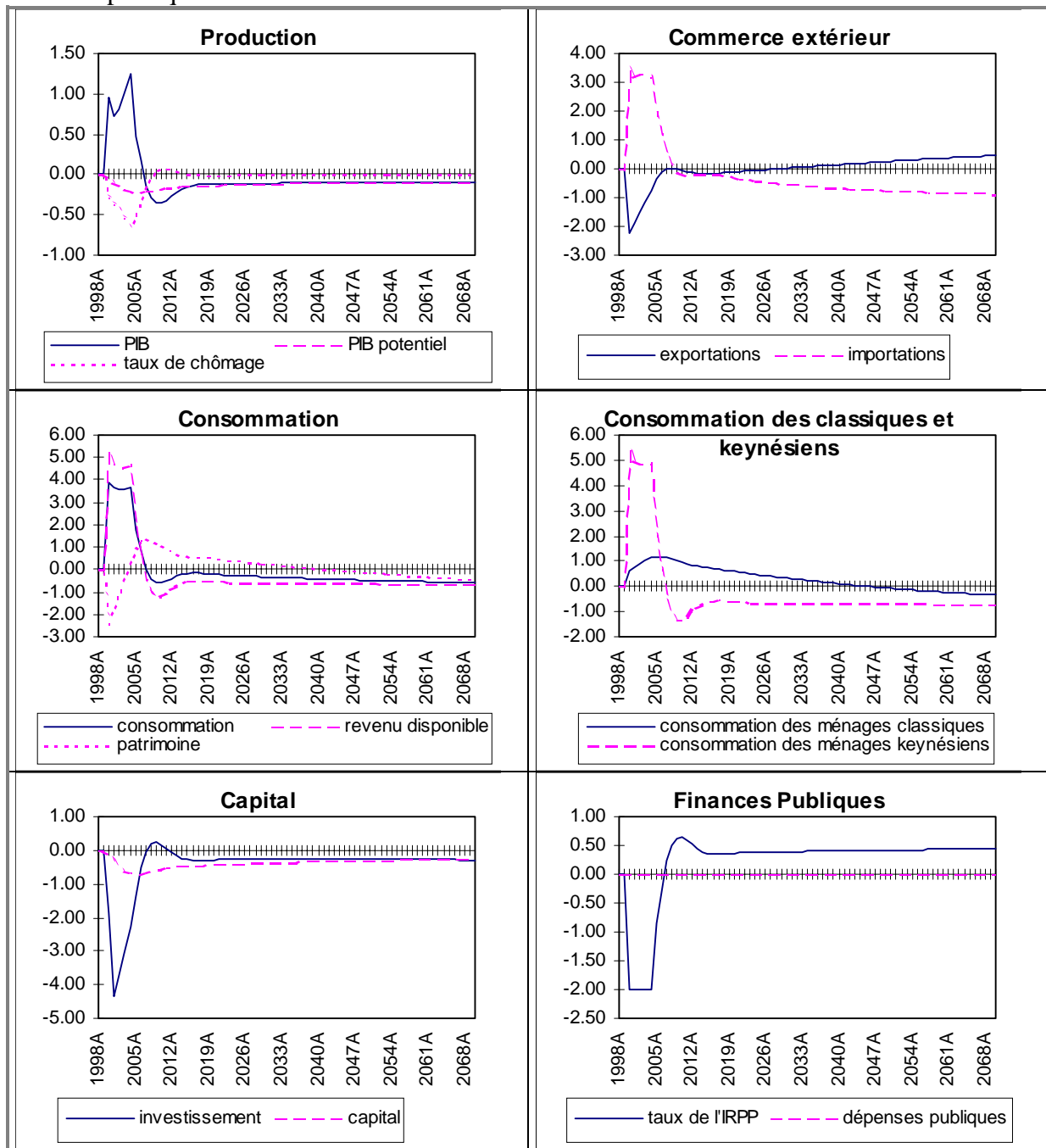


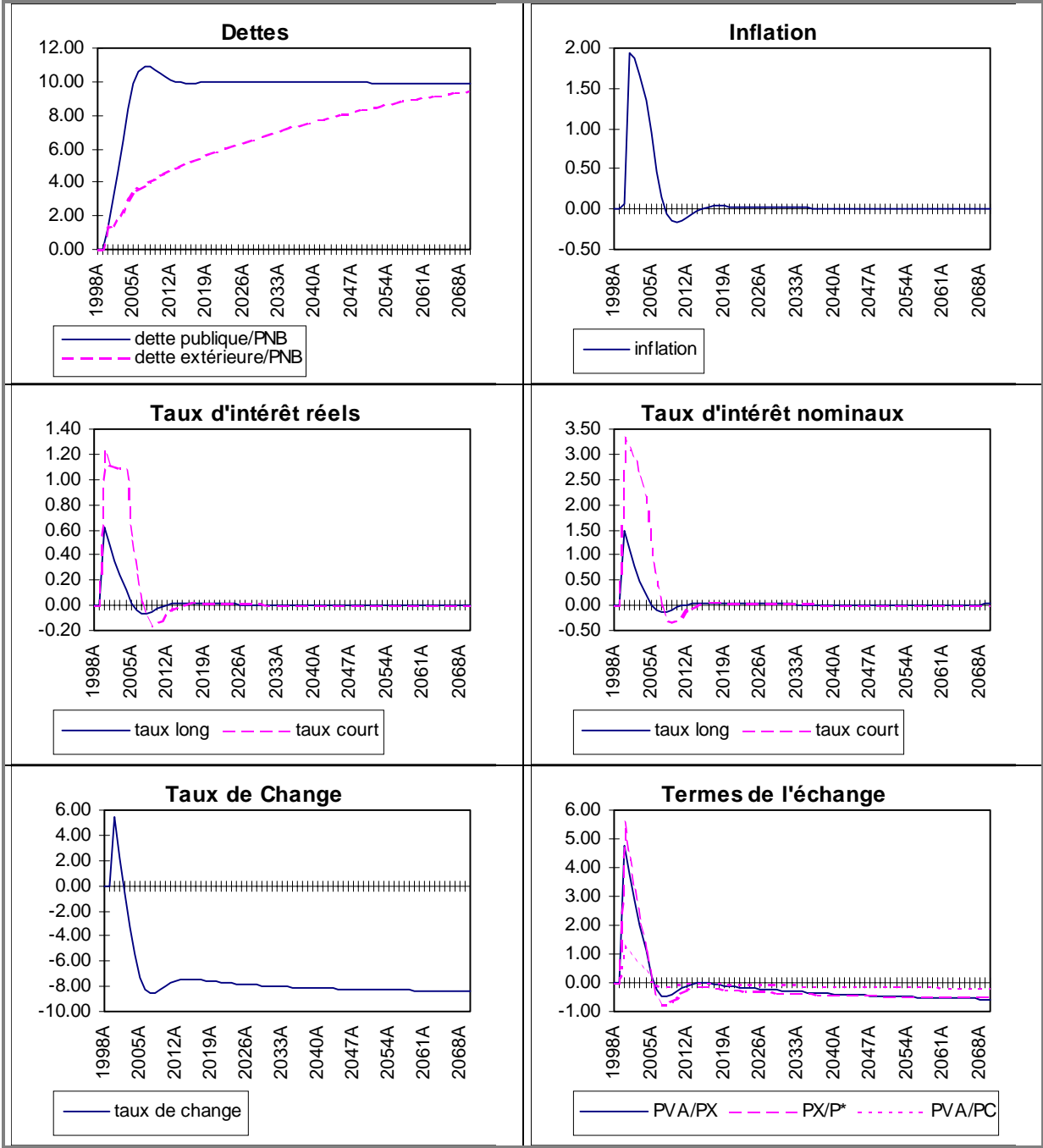
Graphique 3 : variante MULTIMOD réduction de 2 points du taux de l'IRPP pendant cinq ans suivi d'un accroissement permanent de 10 points de la cible de dette publique.





Graphique 4 : variante MULTIMOD (fonction de réaction modifiée) réduction de 2 points du taux de l'IRPP pendant cinq ans suivi d'un accroissement permanent de 10 points de la cible de dette publique.





4.2 Une augmentation permanente de 1 point du taux d'intérêt mondial réel de court terme

Cette variante permet d'examiner les principales différences entre MARCOS et MULTIMOD à la suite d'un choc sur le taux d'intérêt mondial.

S'agissant de MARCOS (graphique 5), les effets à long terme, ne sont pas surprenants. L'accroissement du taux d'intérêt court mondial provoque une élévation à due proportion du taux court et du taux long domestique. L'ajustement de la productivité du capital à son nouveau niveau s'opère par une réduction de 8% du stock de capital à long terme ($\Delta f'(k) / f'(k) = \Delta r / (r + \delta) = 9\%$ sachant que $\rho = 0,37$ on obtient $\Delta K / K = 8\%$ ¹⁴). Cette réduction du stock de capital provoque une réduction de plus de 2% de la production et de la consommation. Ce dernier effet résulte d'une réduction de 4% de la consommation des ménages keynésiens (due à la baisse de 3% de la masse salariale et à l'augmentation de 1% de l'IRPP¹⁵) et d'une hausse de 0,3% de la consommation des ménages classiques (résultant de l'augmentation des revenus patrimoniaux à la suite de la hausse du taux d'intérêt). L'augmentation du taux d'intérêt mondial de 1% provoque aussi un accroissement de la charge de la dette extérieure et donc une dégradation de la balance des capitaux. L'équilibre de la balance des paiements s'opère par une amélioration du solde commercial. Toutefois, la dégradation de la compétitivité prix à l'exportation provoque une baisse des exportations de 0,2%. Ce n'est qu'au prix d'une baisse de plus de 2% des importations que la balance des paiements est équilibrée.

Les effets récessifs se manifestent à très brève échéance. A court terme (une à deux périodes), le taux d'intérêt de court terme augmente de plus de 0,6 point, le PIB ainsi que la consommation sont alors réduits de plus de 1,5%. Cette baisse de la consommation provient d'une réduction de près de 3,5%¹⁶ de la consommation des ménages subissant une contrainte de liquidité. La hausse d'environ 1% de la consommation des ménages non contraints (l'effet revenu domine dans ce cas l'effet substitution et la propension à consommer le patrimoine s'accroît d'environ 0,4 point) n'est pas suffisante pour compenser la baisse de la consommation des ménages keynésiens. Par ailleurs, l'accroissement instantané et mécanique de la charge de la dette extérieure implique pour maintenir équilibrée la balance des paiements un excédant de la balance commerciale. Cet excédent est obtenu par une amélioration de la compétitivité prix qui passe par une dégradation du taux de change à très court terme de plus de 2,5%. La transition vers la nouvelle trajectoire de long terme est réalisée relativement rapidement, dans la mesure où la moitié du choc de taux d'intérêt sur le PIB est absorbée au bout de deux années.

Une variante identique sur MULTIMOD fournit des résultats contrastés (graphique 6). A long terme, l'impact sur le capital est analogue à celui fourni par MARCOS (-8% approximativement). Toutefois le taux de chômage contrairement à MARCOS n'enregistre

¹⁴ Posons $k = K / L$. Sachant que $\Delta f'(k) / f'(k) = (\rho + 1) \Delta k / (\Delta r \cdot k)$ on en déduit que $\Delta k / k = 9\% / (1 + \rho) \approx 7\%$ et donc compte tenu que $\Delta L / L \approx -1\%$ on obtient $\Delta K / K \approx 8\%$.

¹⁵ Afin de financer l'accroissement de la charge de la dette.

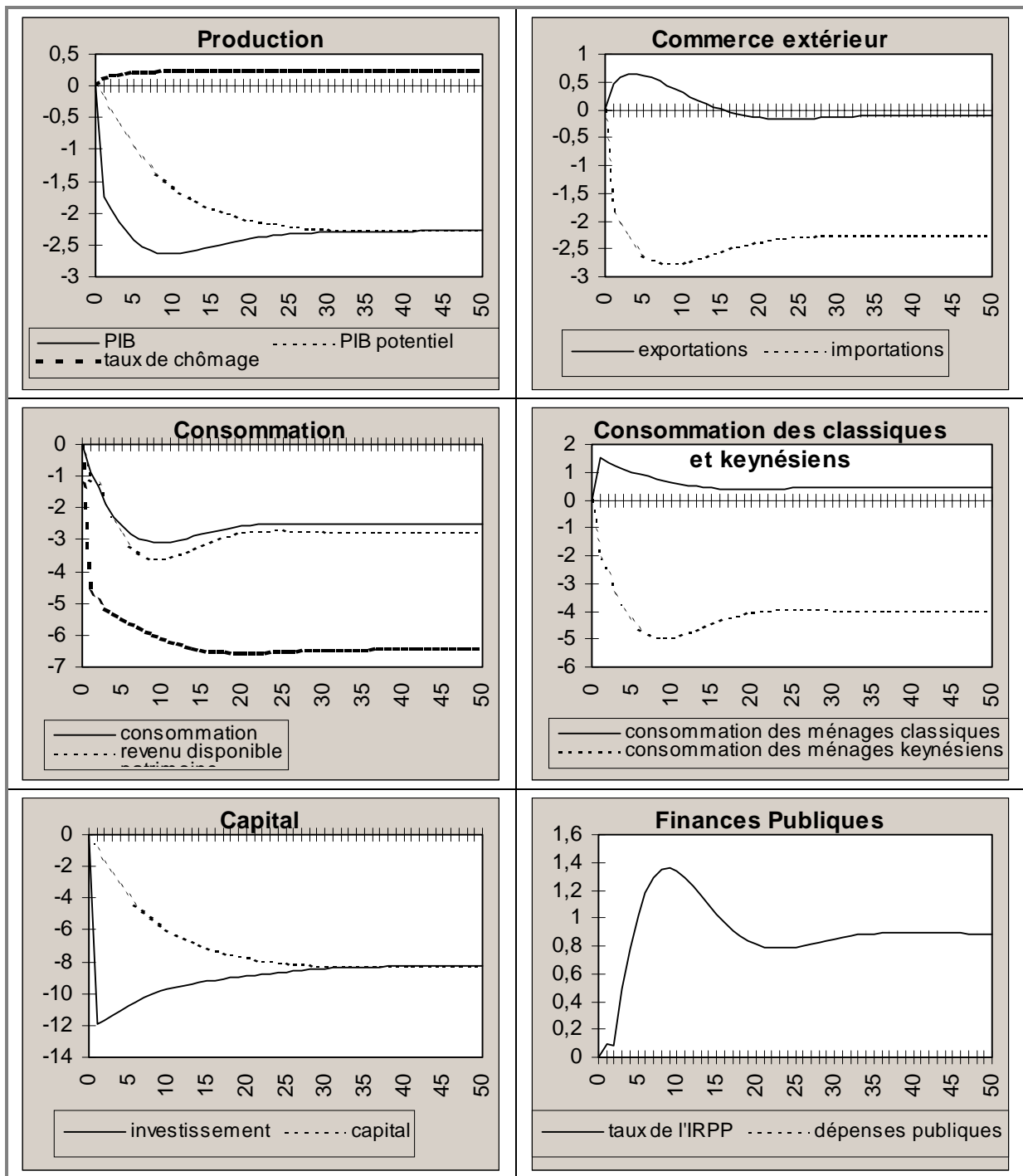
¹⁶ La baisse de la consommation des ménages keynésiens excède à brève échéance largement la baisse du PIB (-3,5% pour le premier contre -1,5% pour le second) pour deux raisons. D'une part, les revenus du travail subissent une réduction due à la baisse de 1,5% du PIB. D'autre part, le partage de la valeur ajoutée enregistre une modification en défaveur du travail (environ -2%) dans la mesure où la productivité marginale du travail est déformée à la suite de l'augmentation des taux d'intérêt.

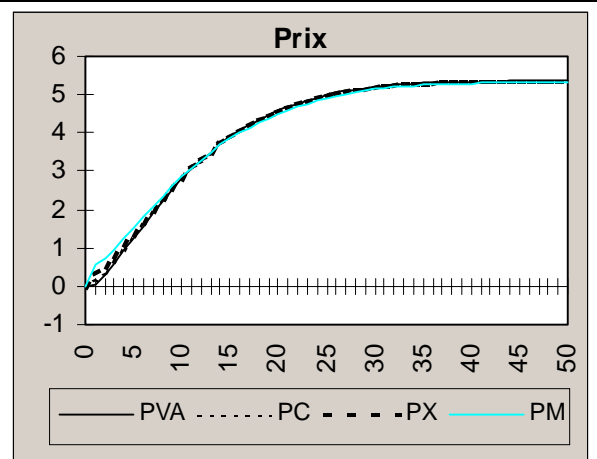
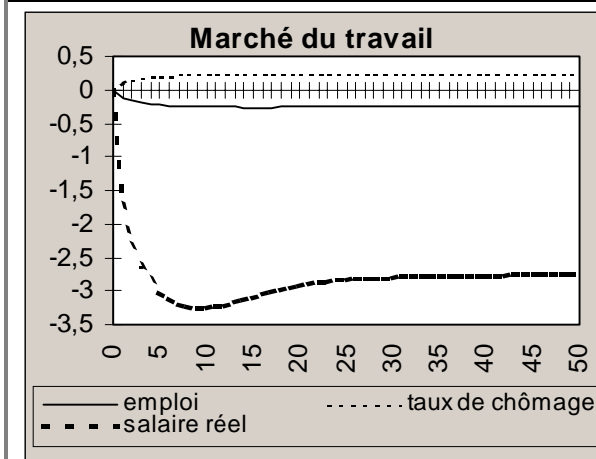
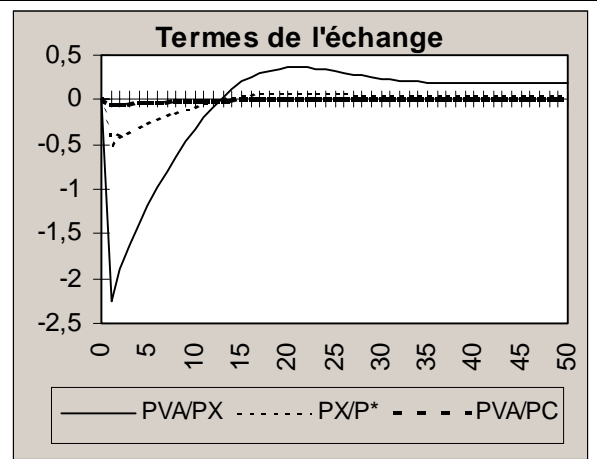
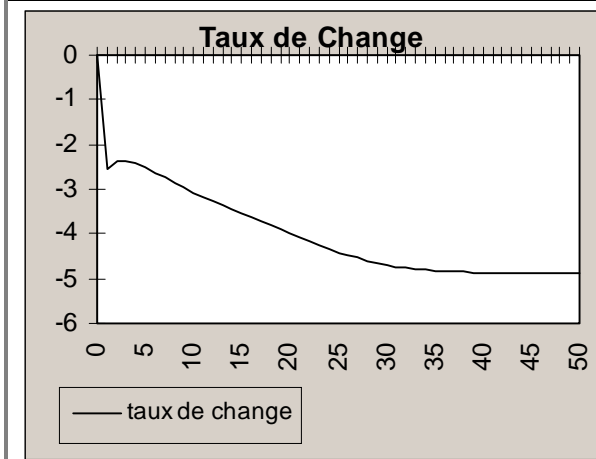
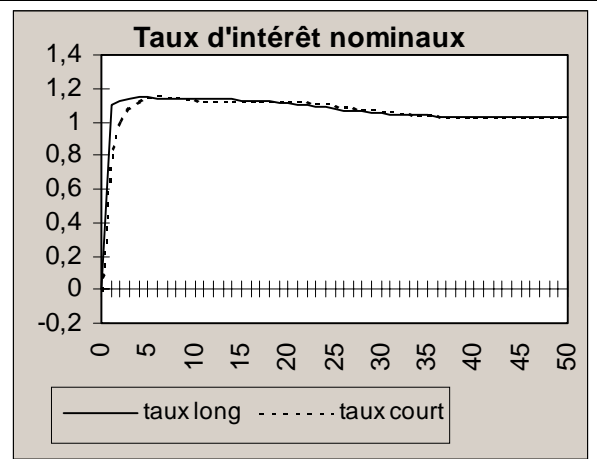
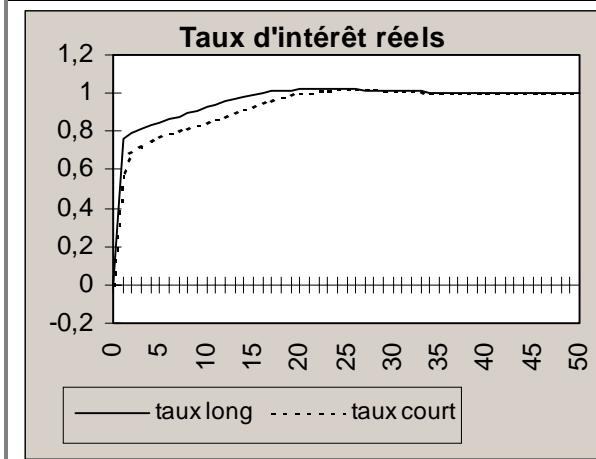
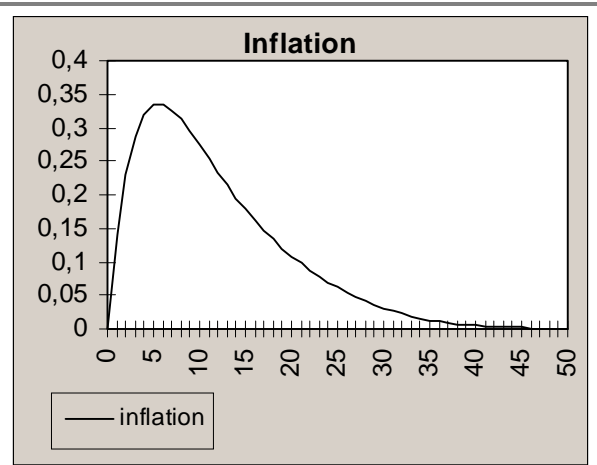
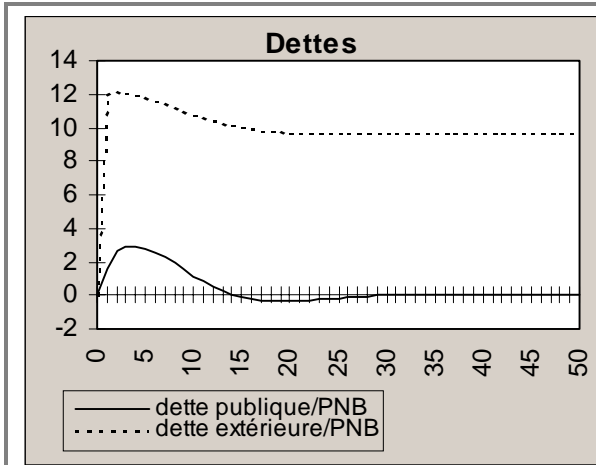
pas de progression. Ce résultat n'est pas surprenant dans la mesure où dans MULTIMOD le taux de chômage d'équilibre est exogène et que seules les inflexions de court terme du chômage sont modélisées en fonction de l'*output gap* (ce dernier étant nul à long terme). Sur longue période, la réduction de la consommation est relativement faible puisqu'elle n'excède pas 0,3%. Ce résultat provient d'une réduction modérée de la consommation des ménages keynésiens (-3%) proche de celle obtenue avec MARCOS et d'une augmentation sensible de la consommation des ménages classiques (+5% environ), provenant d'un effet revenu plus important que dans MARCOS.

L'effet Phillips plus élevé dans MULTIMOD induit un taux d'inflation plus élevé que dans MARCOS. Dans la mesure où le taux de change demeure inchangé, la compétitivité prix à l'exportation enregistre une dégradation quasi continue, ce qui détériore le solde commercial et accroît à long terme la dette extérieure de façon quasi continue.

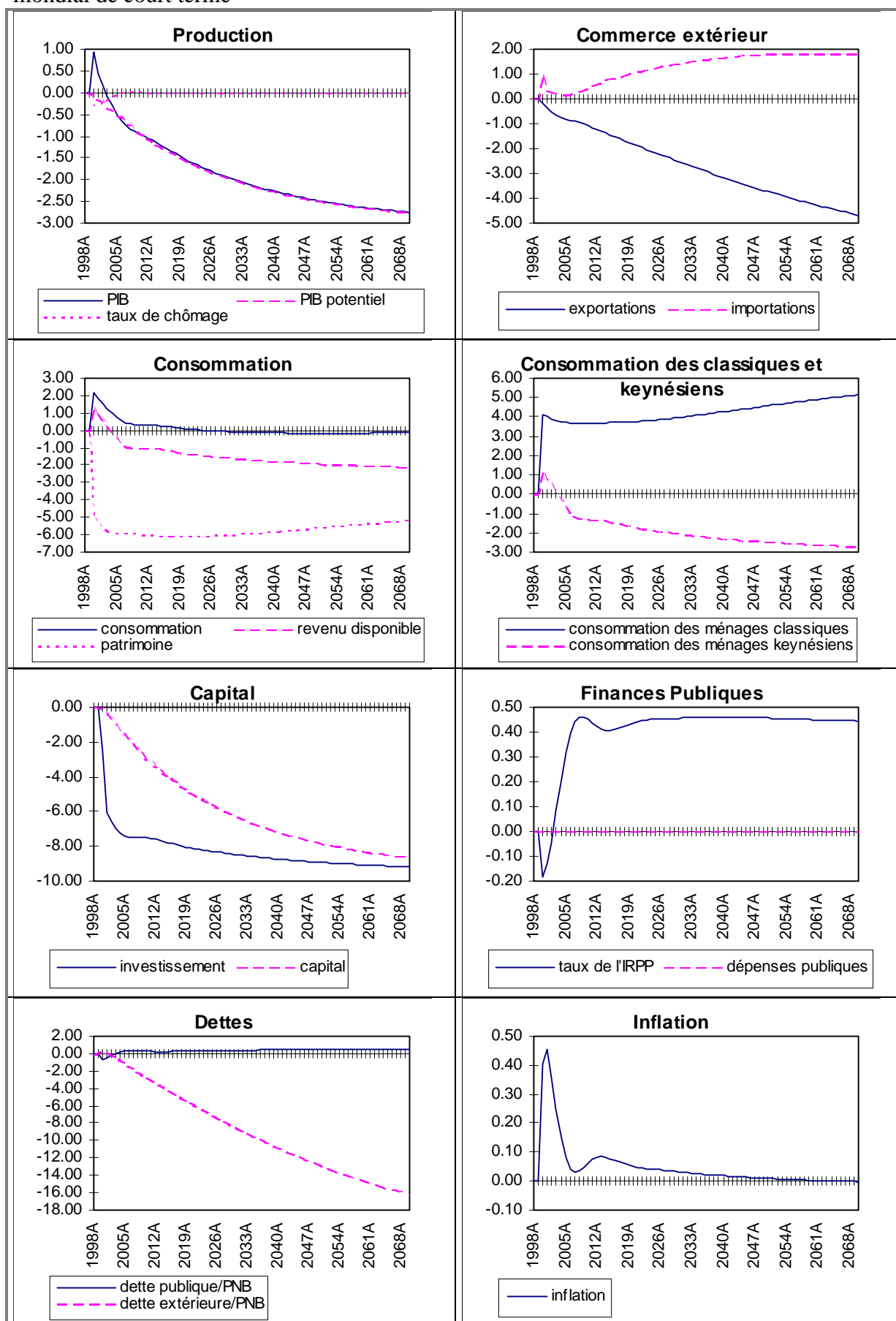
A court terme, l'accroissement du taux d'intérêt mondial engendre une expansion du fait de la progression de la consommation des ménages classiques (l'effet revenu induit par l'augmentation des taux d'intérêt domine fortement l'effet substitution). Cependant, au bout de cinq années les effets récessifs se manifestent, en raison de la dégradation du solde commercial.

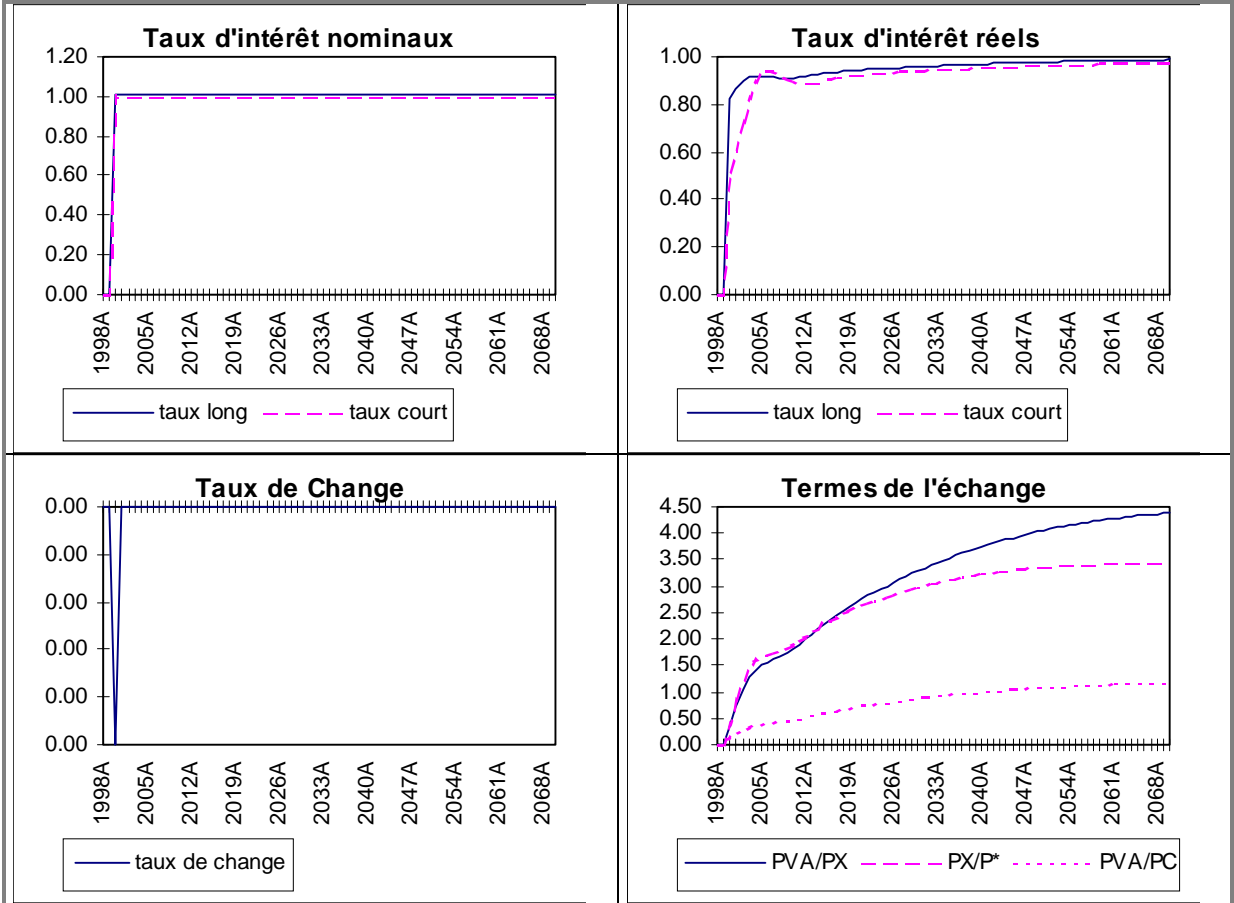
Graphique 5 : variante augmentation permanente de 1 point du taux d'intérêt mondial de court terme





Graphique 6 : variante MULTIMOD augmentation permanente de 1 point du taux d'intérêt mondial de court terme



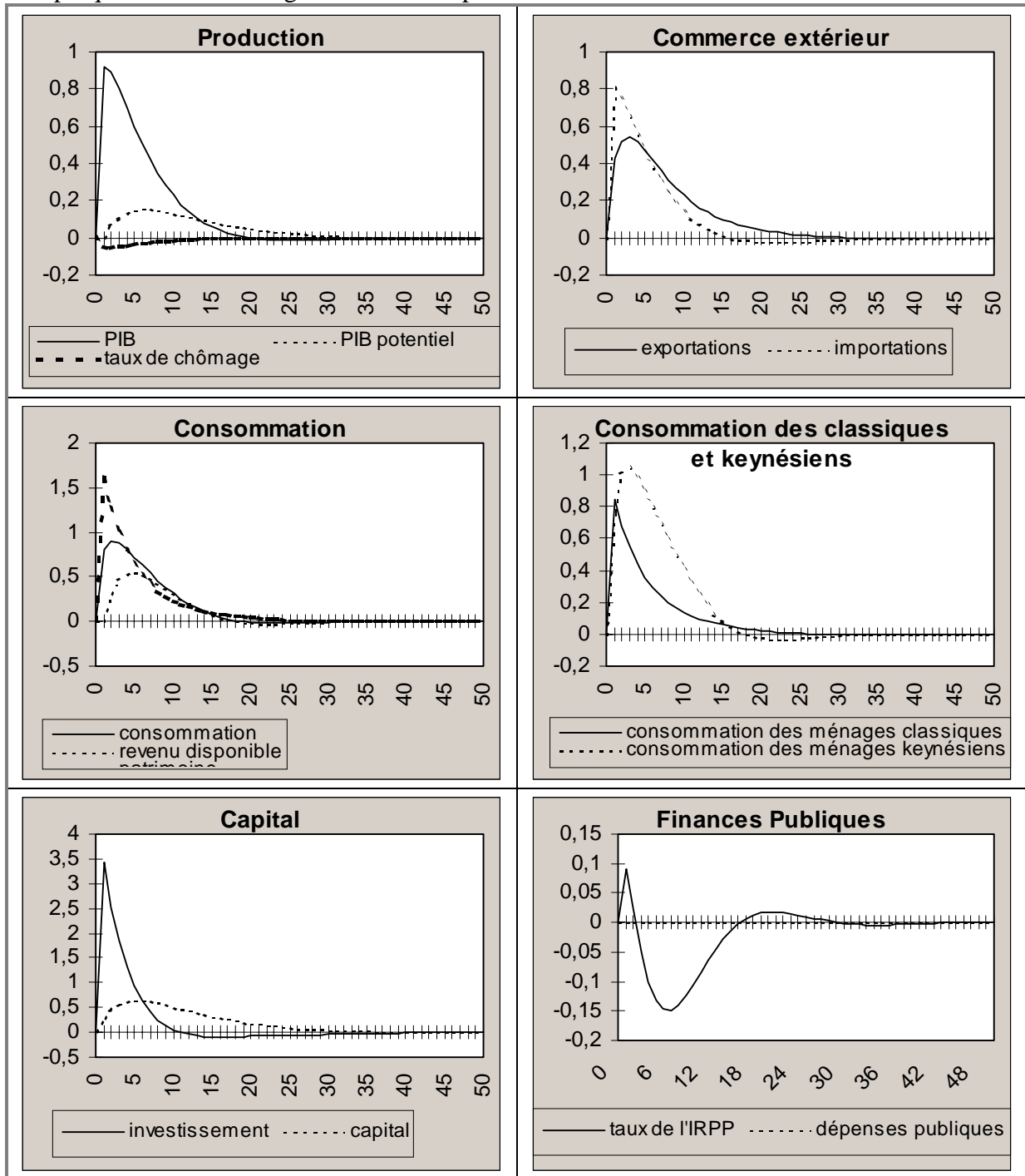


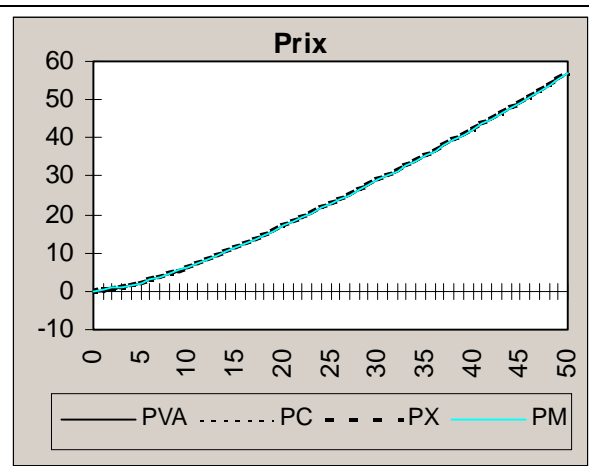
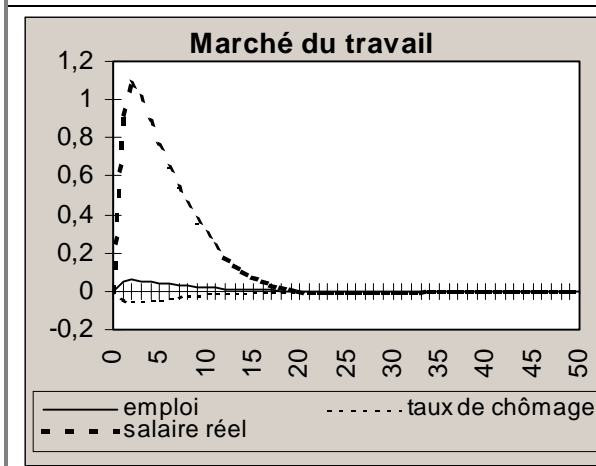
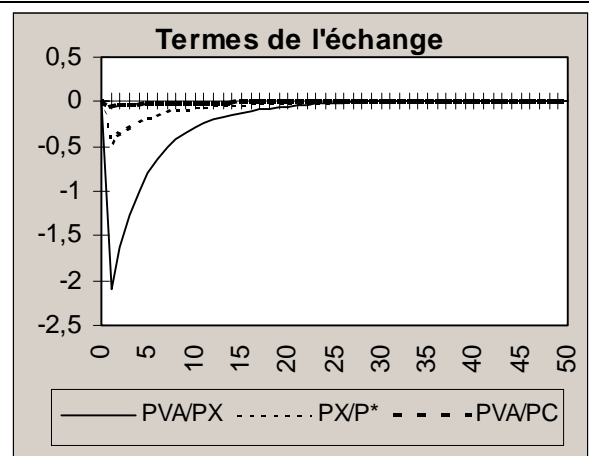
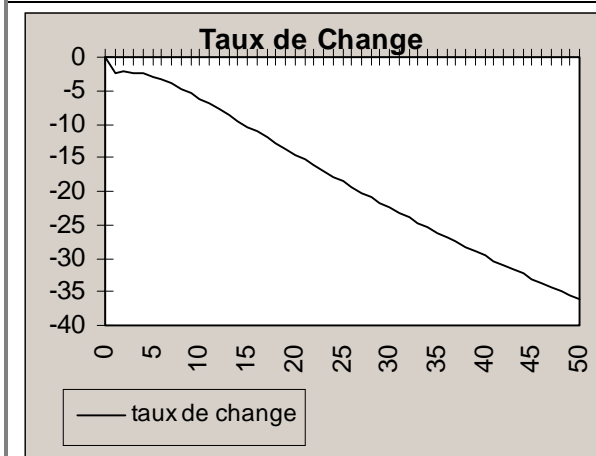
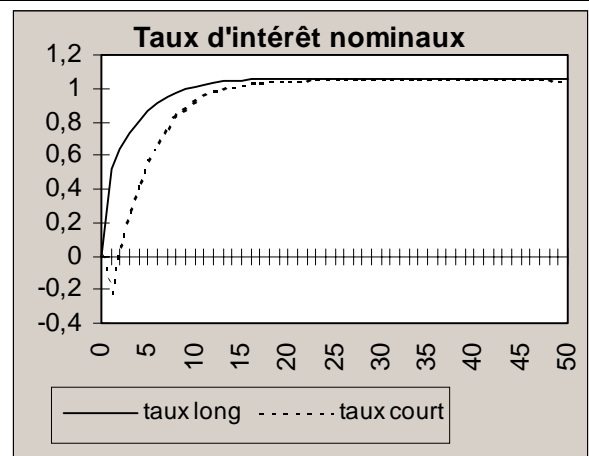
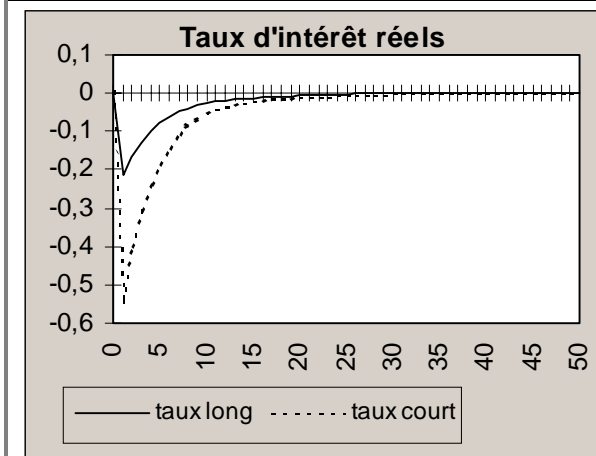
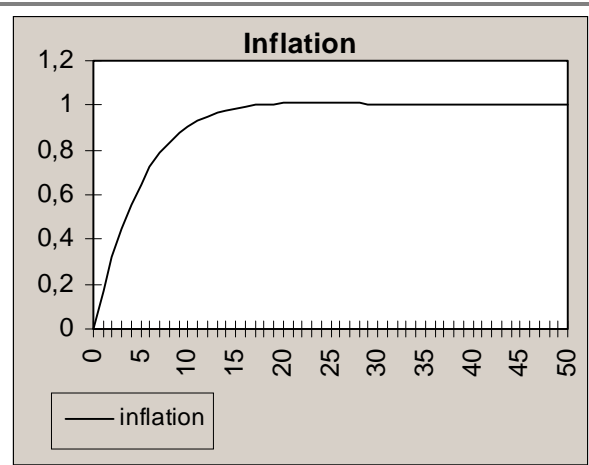
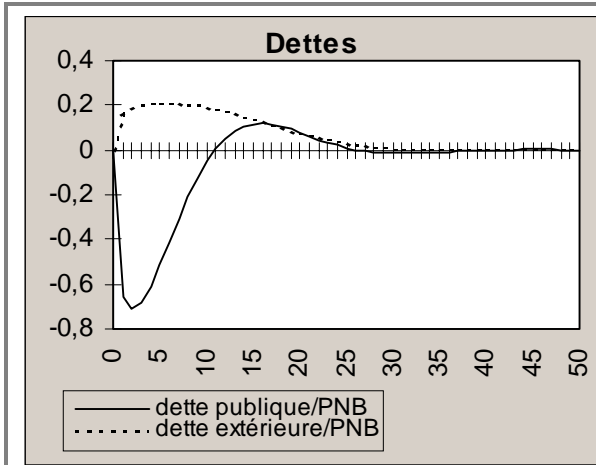
4.3 Une augmentation non anticipée de 1 point de la cible d'inflation

D'une façon générale, les effets sur la sphère réelle de cette variante sont purement transitoires et modestes (graphique 7). L'accroissement de la cible d'inflation conduit à terme à une augmentation des taux d'intérêt courts¹⁷. Toutefois, les rigidités nominales de court terme provoquent des anticipations à la hausse de l'inflation inférieure à l'unité à très brève échéance mais excédant l'accroissement du taux d'intérêt court nominal. De ce fait, le taux d'intérêt réel enregistre une baisse (-0,5%) qui stimule l'activité réelle. Le PIB, la consommation et les importations progressent d'un peu moins de 1%. La dégradation du solde commercial induit une progression de la dette extérieure. Cependant, les effets expansifs sur la sphère réelle disparaissent dès que le taux d'inflation rejoint la nouvelle cible d'inflation. Remarquons que le différentiel d'inflation avec le reste du monde implique une dépréciation continue du taux de change nominal.

¹⁷ Le taux d'intérêt nominal d'équilibre enregistre une progression immédiate ce qui induit un accroissement du taux d'intérêt court dans la fonction de réaction des autorités monétaires.

Graphique 7 : variante augmentation de 1 point de la cible d'inflation





4.4 Une augmentation anticipée de 1 point de la cible d'inflation

Cette variante a pour objectif d'illustrer l'incidence d'une mesure de politique économique anticipée dans MARCOS.

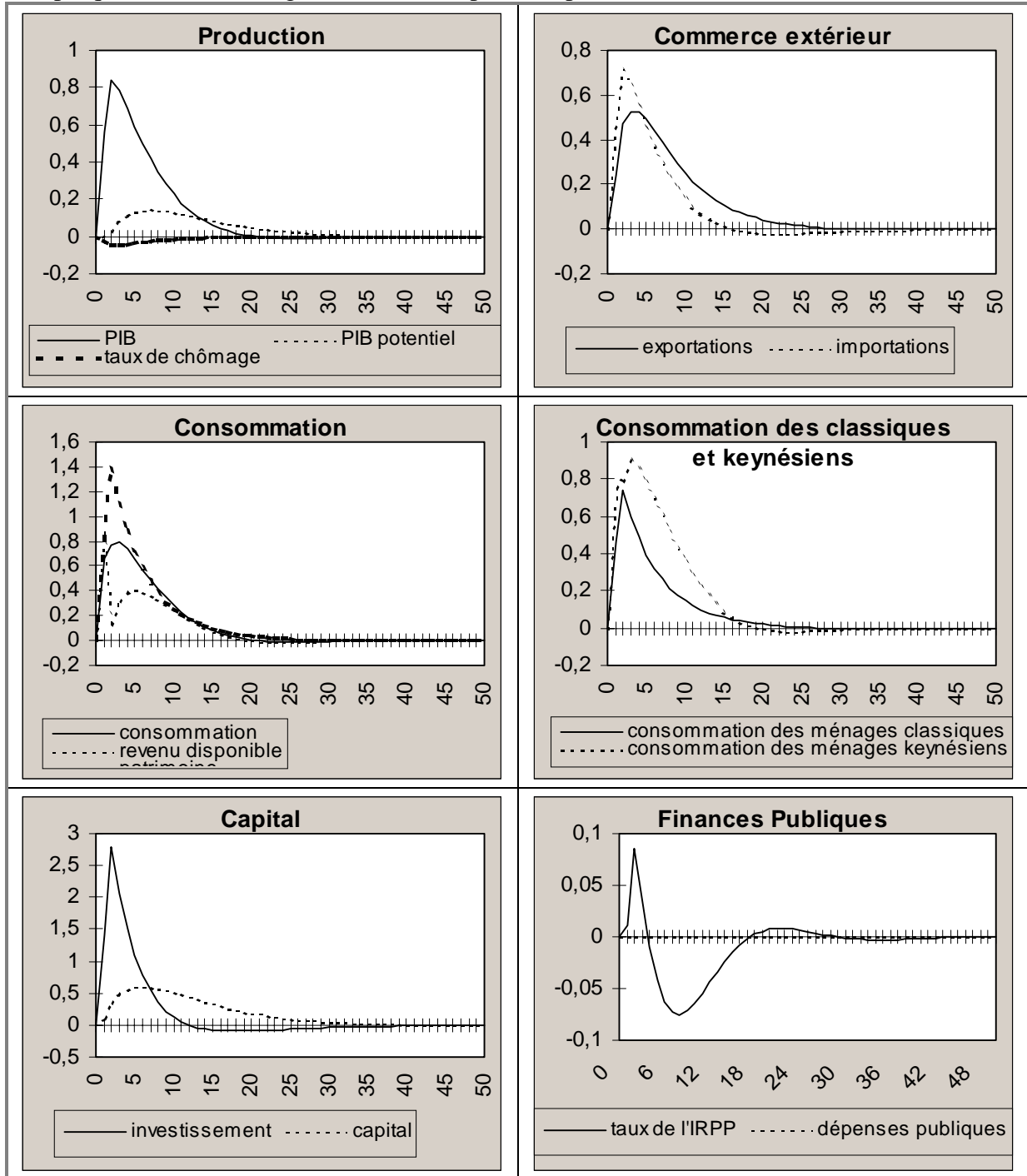
Les résultats obtenus (présentés dans le graphique 8) sont à rapprocher de ceux résultant d'une augmentation non anticipée de la cible d'inflation (graphique 7). Sans grandes surprises, les effets de la réduction de la cible d'inflation se font sentir dès son annonce (soit deux périodes avant l'application de la nouvelle cible d'inflation).

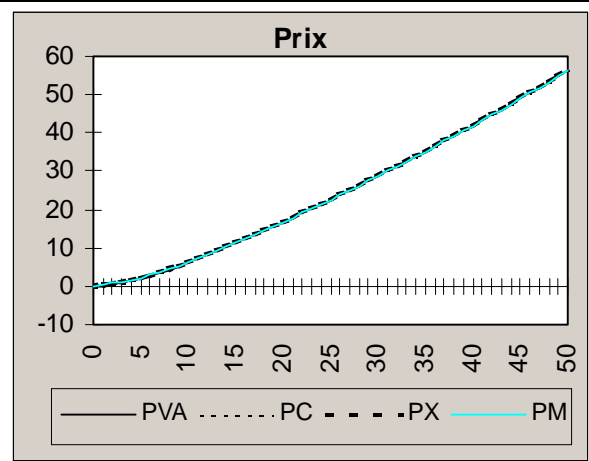
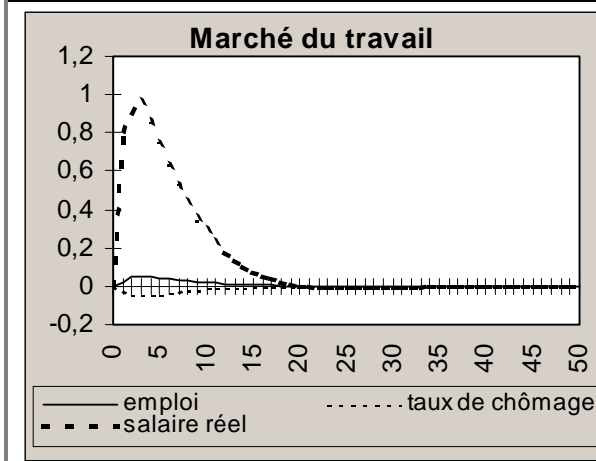
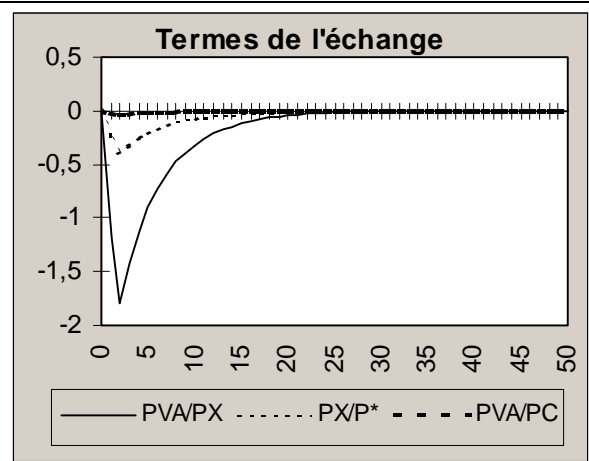
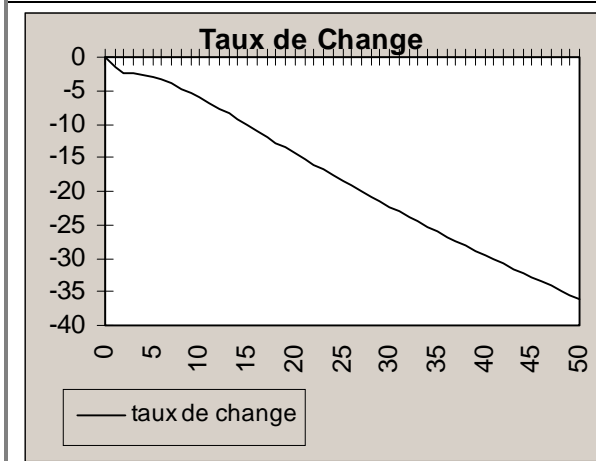
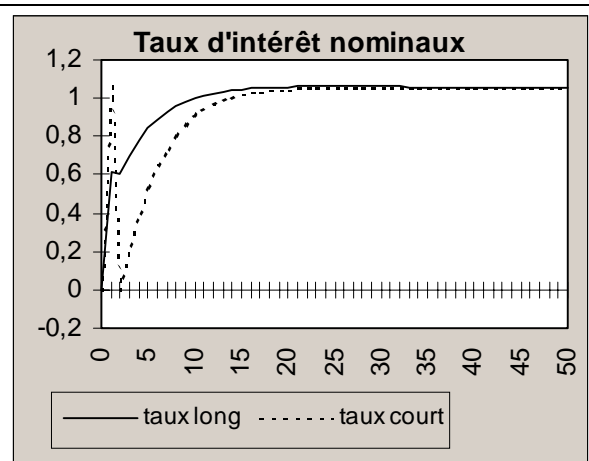
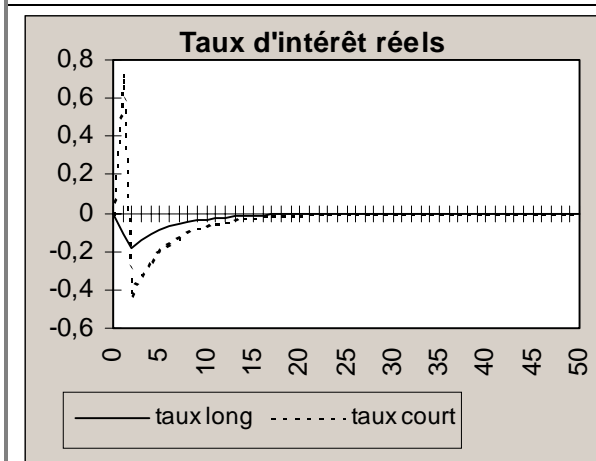
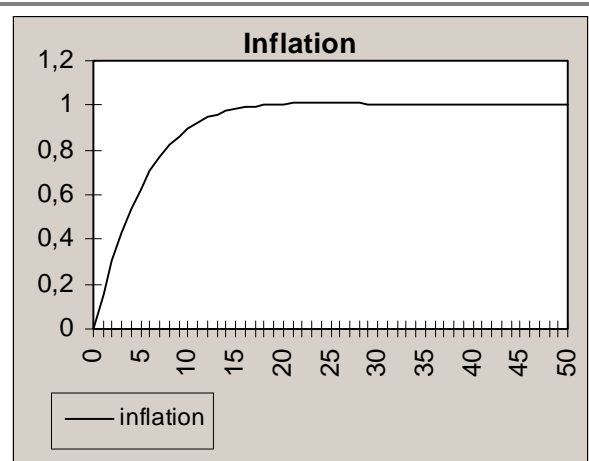
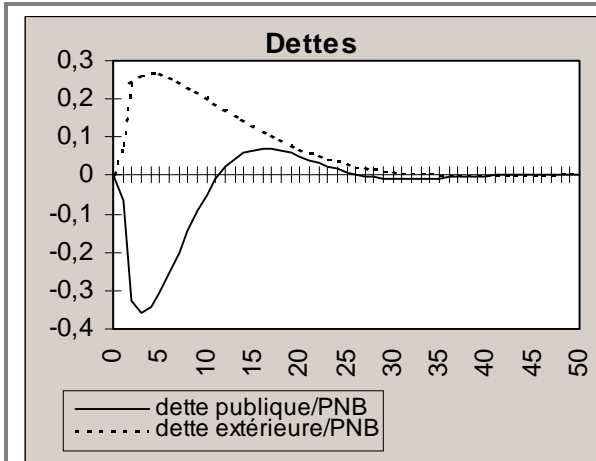
Les anticipations d'inflation sont immédiatement intégrées dans le comportement des agents¹⁸, provoquant dès lors une progression du taux d'intérêt nominal de court terme. Remarquons que la rapidité avec laquelle l'inflation rejoint le niveau souhaité par les autorités monétaires dépend du caractère plus ou moins prospectif des anticipations. La progression moins rapide du taux d'inflation induit une hausse du taux d'intérêt réel de court terme. De ce fait, l'impact positif sur l'activité à court terme est plus modéré que dans le cas non anticipé (+0,8% de PIB au lieu de +0,9% dans le cas non anticipé). Ceci résulte d'une moindre progression de la consommation et de l'investissement. *A contrario*, les effets d'une politique de désinflation sont dans MARCOS moins récessionnistes si cette politique est annoncée.

Bien évidemment, les effets à moyen long terme sont analogues à ceux obtenus dans le cas d'une augmentation non anticipée de la cible d'inflation.

¹⁸ Les agents, réalisant des anticipations cohérentes avec le modèle, intègrent, dès son annonce, l'accroissement de la cible d'inflation dans leurs anticipations d'inflation. Entre la date d'annonce et la date de réalisation de la politique monétaire expansive, la modification de la cible d'inflation est intégrée dans les anticipations d'inflation et de ce fait les tensions inflationnistes induisent en contrepartie un accroissement des taux d'intérêt de court terme *via* la fonction de réaction.

Graphique 8 : variante augmentation anticipée de 1 point de la cible d'inflation





4.5 Une augmentation de 2 points du taux de TVA sur les biens de consommation

Le taux de l'IRPP étant endogène (il assure le maintien du ratio dette publique sur le PNB à son niveau désiré), le relèvement de 2 points du taux de TVA sur les biens de consommation provoque une réduction du taux de l'IRPP d'approximativement 1,5 points. Cette variante permet donc de mesurer les effets d'une modification de la structure des impôts et taxes. Cette réduction du taux de l'IRPP a pour conséquence d'accroître la richesse humaine. L'impact de cette recomposition fiscale va affecter différemment les individus suivant leur âge.

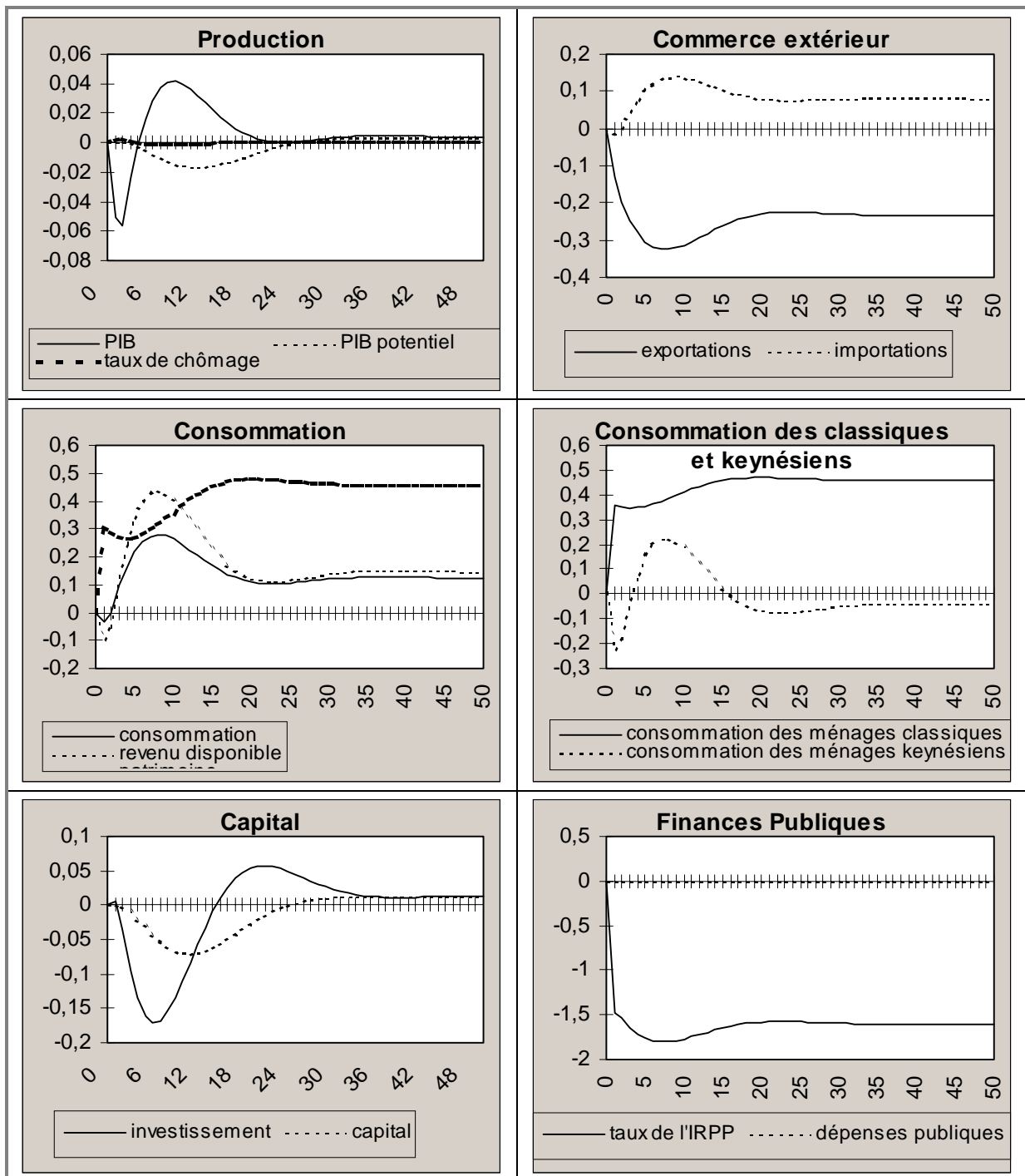
Lorsque le revenu est invariant suivant l'âge, les individus les plus âgés disposent d'un patrimoine financier plus élevé que celui des générations jeunes. Ce patrimoine financier a été constitué à l'aide d'une épargne sur un revenu davantage imposé. En outre, au moment de consommer ce patrimoine, le prix des biens de consommation augmente. De ce fait, la perte liée à la recomposition de la fiscalité est d'autant plus élevée que l'agent est âgé et riche. En revanche, les nouveaux entrants sur le marché du travail, qui n'ont pas accumulé de patrimoine financier, bénéficient de la baisse du taux de l'IRPP en disposant d'une richesse humaine plus élevée et donc augmentent leur consommation.

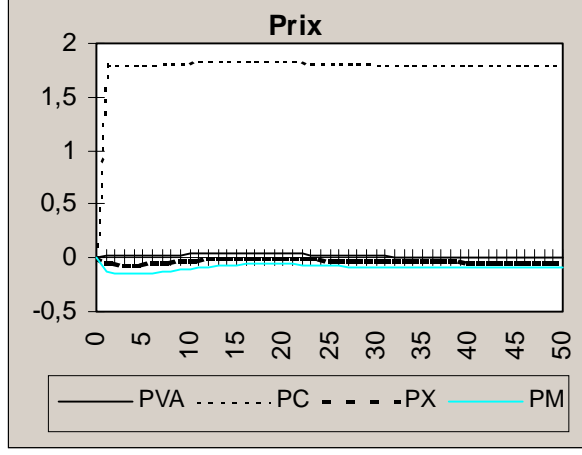
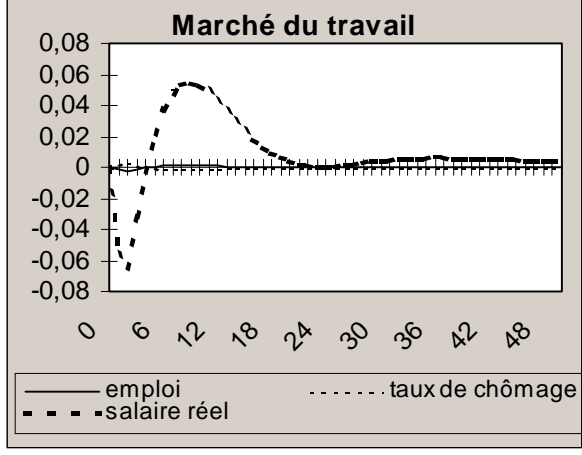
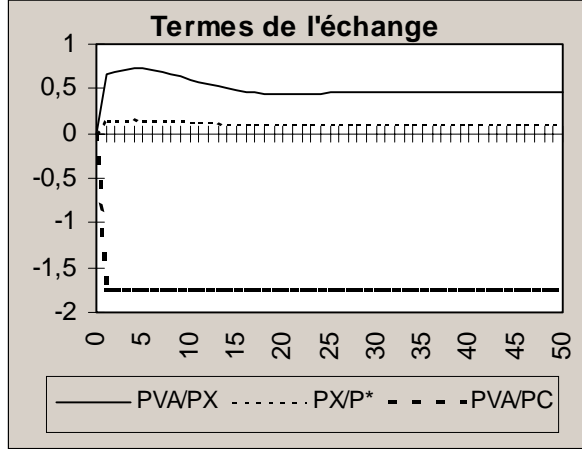
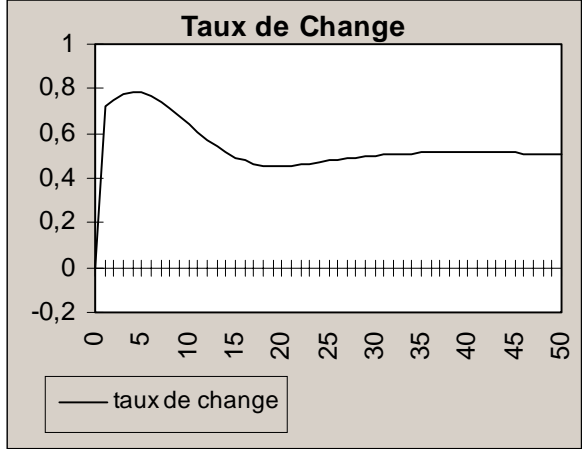
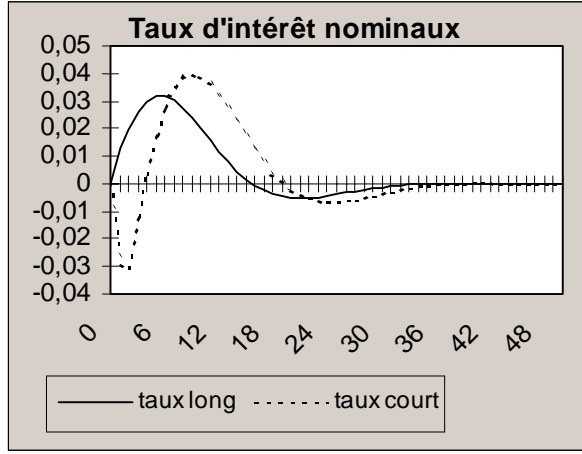
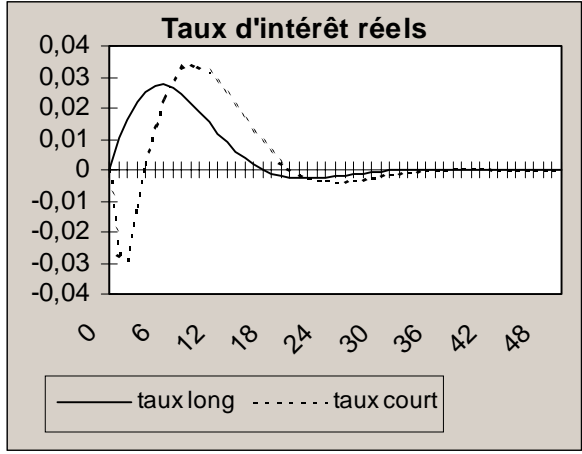
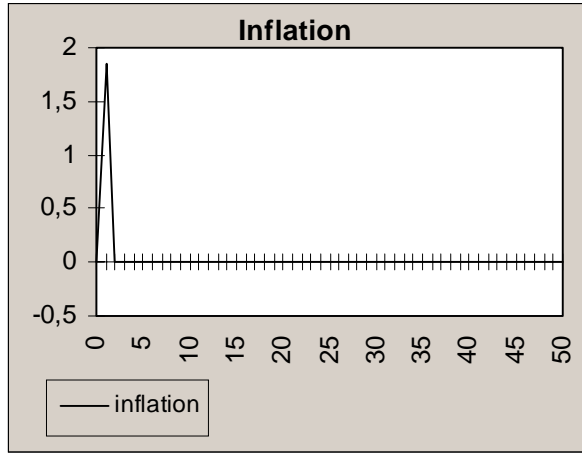
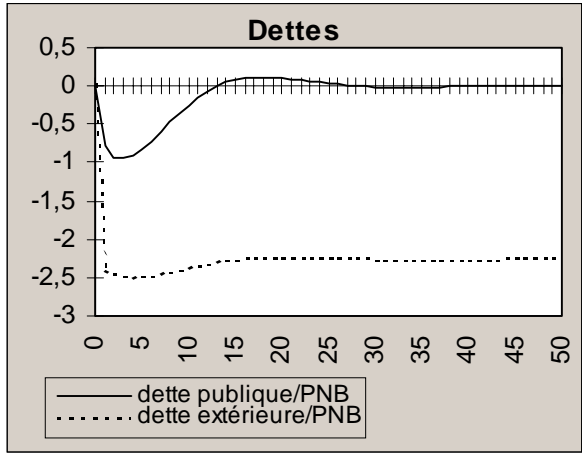
L'impact sur la consommation agrégée est dépressif à court terme, mais à long terme il est expansif. Les agents subissant une perte en termes de richesse y sont en proportion plus élevée à court terme qu'à long terme (à chaque période une fraction de ces agents disparaît) et les nouveaux entrants sur le marché du travail constituent au fil du temps une fraction de plus en plus importante de la population totale.

Toutefois, lorsque le revenu varie avec l'âge (avec un profil de revenu en cloche), l'effet pénalisant de la baisse du taux d'IRPP concerne essentiellement les générations dont les revenus salariaux sont en phase descendante. Au niveau agrégé, les effets sont peu différents de ceux décrits avec un profil de revenu invariant avec l'âge. L'effet sur la consommation des ménages classiques dépend de la pyramide des âges et de la répartition du revenu par âge.

Les générations jeunes avantagées par cette mesure sont en proportion plus nombreuses que les générations âgées pénalisées par cette mesure. De ce fait, la consommation des ménages classiques augmente instantanément. En outre, l'effet générationnel, précédemment décrit, explique la progression régulière de la consommation des ménages classiques à court-moyen terme. L'effet positif lié à l'accroissement de la richesse humaine domine largement l'effet négatif sur le patrimoine financier. A moyen-long terme, la consommation enregistre une progression de l'ordre de 0,1%.

Graphique 9 : variante augmentation de 2 points du taux de TVA sur les biens de consommation





4.6 Une augmentation de 1% de la productivité global des facteurs

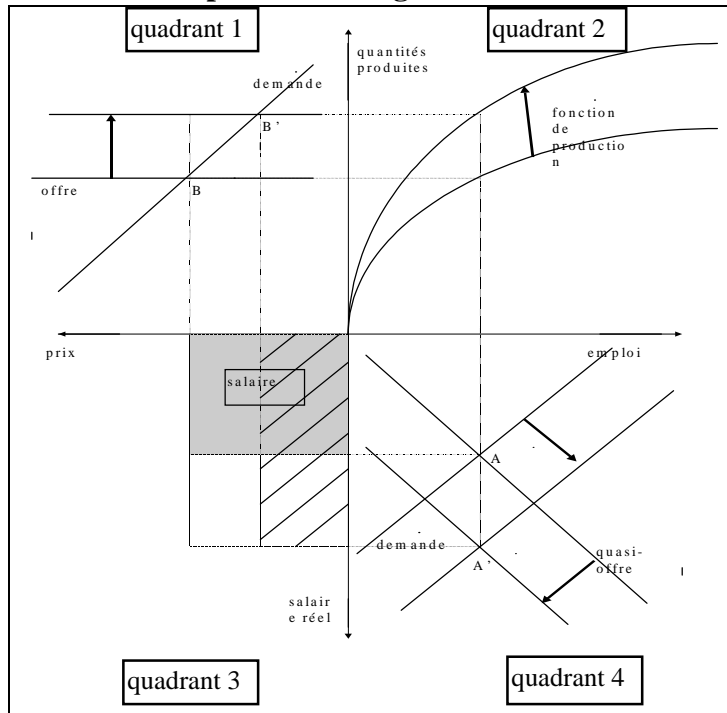
Cette variante permet d'illustrer l'impact d'un choc d'offre dans MARCOS. La productivité du travail est augmentée de façon permanente de 1,4% soit encore un accroissement de 1% de la productivité globale des facteurs. L'accroissement de la productivité du travail a un double impact (graphique 10).

D'une part, il accroît à brève échéance les salaires en laissant inchangé l'emploi¹⁹. La hausse de la richesse humaine provoque une augmentation instantanée de la consommation des ménages classiques et plus progressive de la consommation des ménages keynésiens. De la sorte, la consommation totale enregistre une augmentation de 1,6% dès la première année et une hausse de presque 2% au bout de 8 ans.

D'autre part, l'accroissement de l'efficacité du travail induit une progression de la productivité du capital et augmente donc le stock de capital désiré. Par conséquent, à court terme l'investissement augmente. Toutefois la production progressant plus rapidement que la demande, de très faibles tensions déflationnistes apparaissent à court terme (le taux d'inflation diminue de près de 0,06 point après 6 années). En outre, la dégradation des termes de l'échange permet de réduire le solde négatif de la balance commerciale en augmentant les exportations de 0,8%. A long terme, le solde négatif de la balance commerciale induit une réduction la dette extérieure.

¹⁹ L'accroissement de la productivité du travail augmente simultanément le salaire réalisable par les employeurs et les aspirations salariales des représentants des salariés. Les négociations salariales étant modélisées dans un cadre statique, le salaire réel s'ajuste quasi-immédiatement à la productivité du travail et l'emploi reste inchangé.

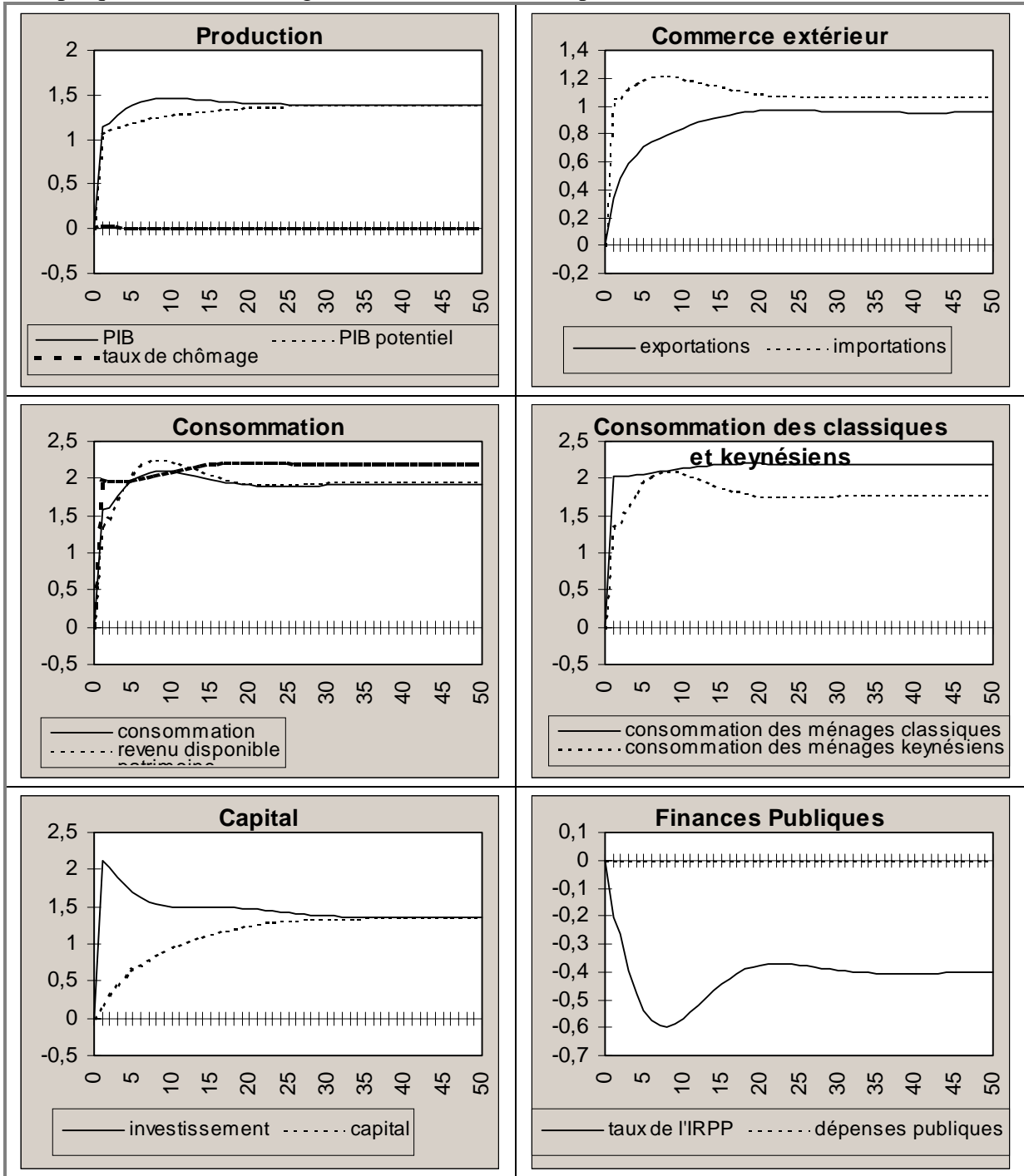
Encadré 1 : impact d'une augmentation de l'efficacité du travail

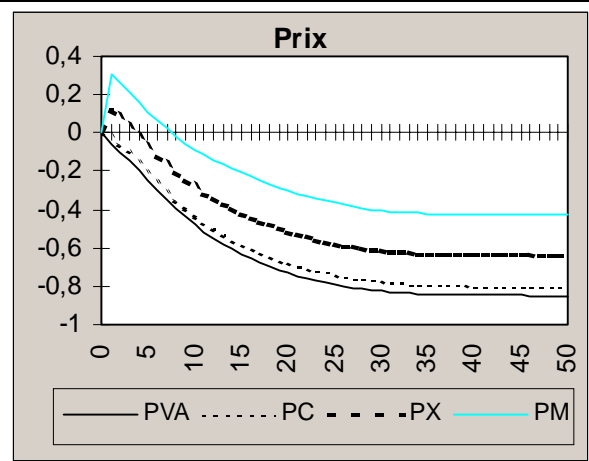
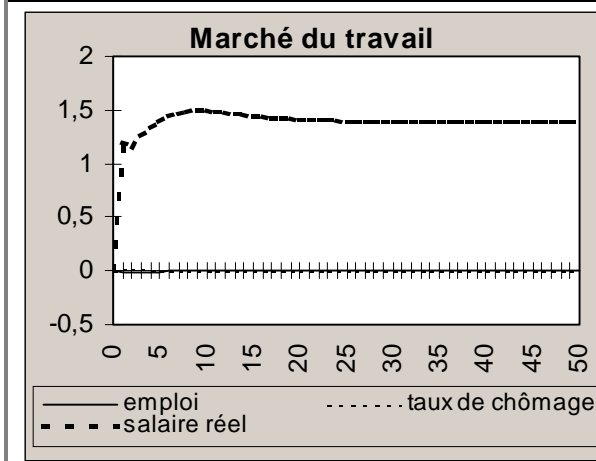
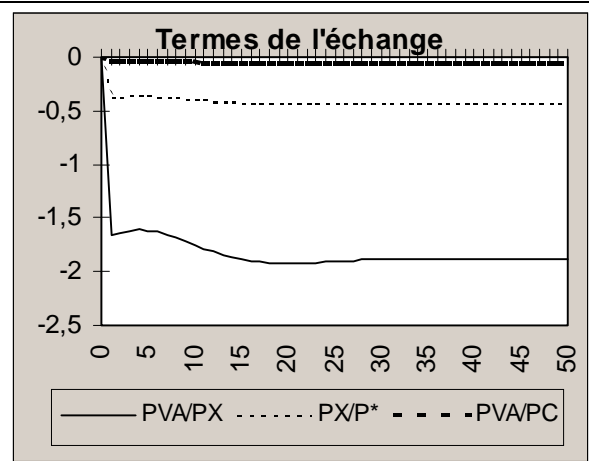
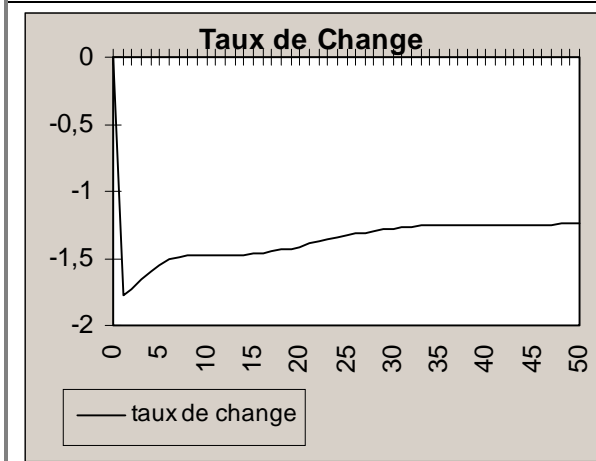
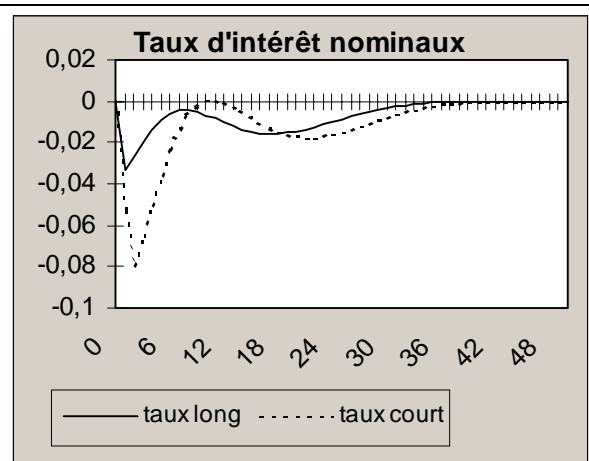
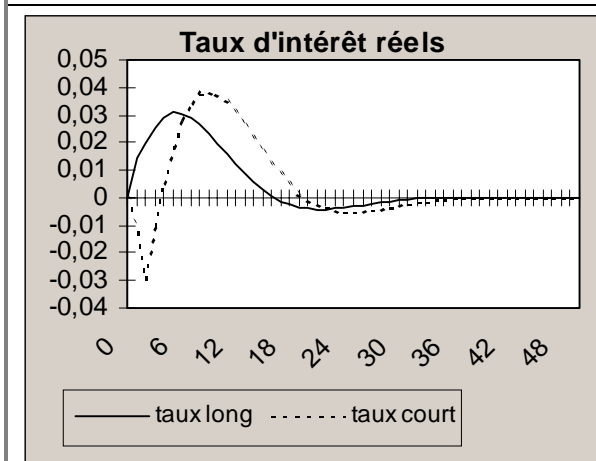
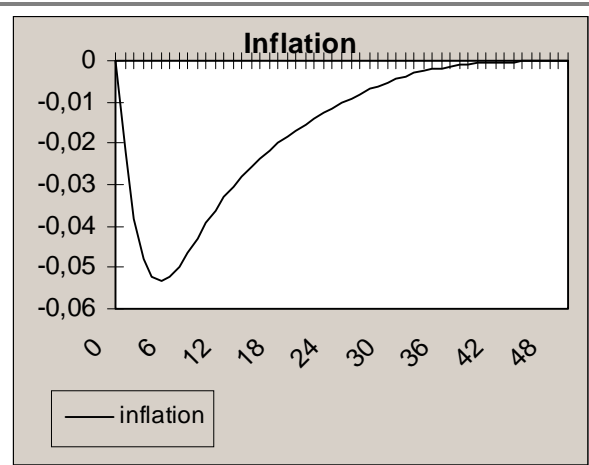
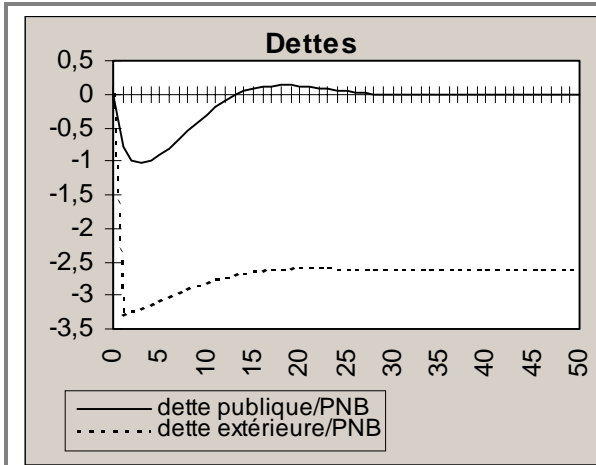


Un accroissement de l'efficacité du travail déplace la fonction de production vers le haut dans le plan production emploi : une même quantité de travail permet de produire davantage (quadrant 2). L'amélioration de l'efficacité du travail provoque ainsi un accroissement de la productivité apparente du travail et partant une diminution des coûts unitaires de production. A long terme, les prix, déterminés par application d'un taux de marge constant sur les coûts unitaires, diminuent (quadrant 1). La demande de travail, obtenue à long terme par égalisation du salaire réel à la productivité du travail, se déplace vers la droite du fait de l'augmentation de la productivité du travail. Toutefois la quasi-offre de travail émanant des syndicats tient compte du comportement des employeurs en matière d'emploi. Elle enregistre un déplacement proportionnel à celui enregistré par la demande de travail (quadrant 3). De la

sorte, le salaire réel d'équilibre s'établit à un niveau plus élevé, mais l'emploi et donc le chômage d'équilibre demeure inchangé. Enfin, la hausse du salaire réel est obtenue par la baisse des prix et donc le salaire nominal ne subit pas de modifications (la zone hachurée mesurant le salaire nominal à la suite du choc sur l'efficacité du travail est de même aire que la zone grisée correspondant au salaire nominal avant le choc (quadrant 4).

Graphique 10 : variante augmentation de 1.4% de la productivité du travail





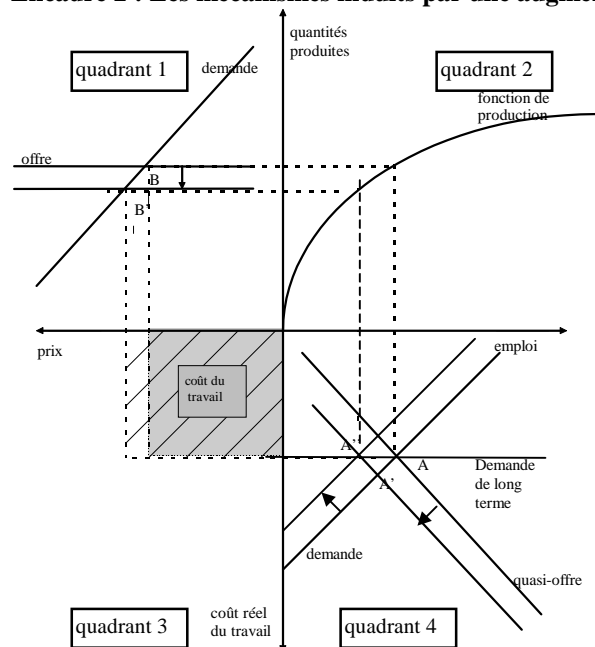
4.7 Une augmentation de 5 points du taux de remplacement

Cette variante a pour objectif d'illustrer les conséquences d'une modélisation explicite du processus de négociations salariales dans le modèle MARCOS.

La hausse des revenus de remplacement permet lors des négociations salariales d'améliorer le point de repli des représentants des salariés (en pratique le taux de remplacement - la variable TR - est augmenté de 5 points). L'accroissement des aspirations salariales induit une réduction de la demande de travail et donc un accroissement rapide du taux de chômage (2 points dès la première année²⁰, graphique 11). Cet accroissement du taux de chômage a pour conséquence directe une augmentation du taux de cotisation chômage²¹ (+2,5%) et donc un renforcement de la progression du chômage (+2,5% à long terme). Toutefois à très brève échéance les coûts d'ajustement de l'emploi induisent une réduction des effectifs de plus faible ampleur que la hausse des salaires. La progression des revenus salariaux et des indemnités chômage entraîne une augmentation marquée de la consommation durant la première année (4%). La baisse progressive des différentes composantes de la demande compte tenu de la baisse instantanée de la valeur ajoutée provoque à court terme des tensions inflationnistes modérées (+0,4% au bout de quatre années).

La réduction de la demande de travail a aussi pour corollaire une réduction instantanée de la production et du stock de capital désiré. Enfin, la dégradation des compétitivités prix à l'exportation et à l'importation, conjuguée à la baisse de la demande intérieure déprime à la fois les exportations et les importations, aboutissant à un solde commercial déficitaire. Au total, le rapport dette extérieure sur PNB enregistre une progression de 5 points à long terme.

Encadré 2 : Les mécanismes induits par une augmentation des indemnités chômage.



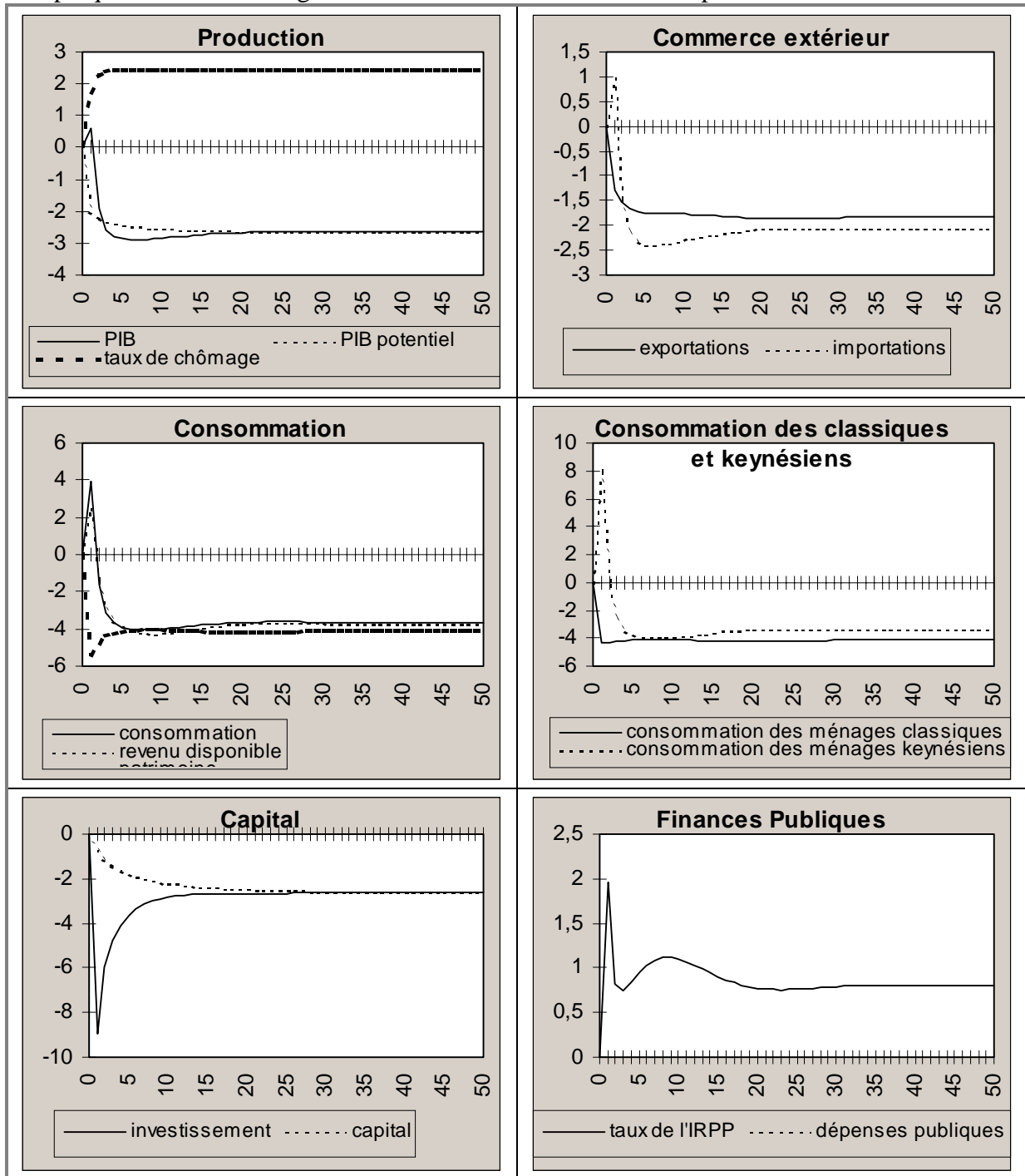
Une augmentation des indemnités chômage nécessite, pour maintenir l'équilibre des comptes sociaux, un accroissement du taux de cotisation social. Elle provoque donc un déplacement de la courbe de quasi offre de travail (quadrant 4). La courbe de quasi-offre de travail se déplace vers le haut et la gauche du fait de l'augmentation du point de repli des syndicats et donc de l'augmentation des aspirations salariale. A court terme la courbe de quasi offre de travail se déplace le long de la courbe de demande de travail de court terme provoquant un accroissement simultané du coût réel du travail et du chômage (passage de A à A'). A long terme, seul le niveau d'emploi est réduit alors que le coût réel du travail reste inchangé et égal à la productivité marginale du travail (passage de A' à A''). La hausse du taux de cotisation employeur se répercute intégralement en baisse du salaire réel et en accroissement du taux de chômage (avec une répartition dépendant du pouvoir de négociation des syndicats). La réduction de l'emploi d'équilibre entraîne une réduction de l'offre de bien (déplacement

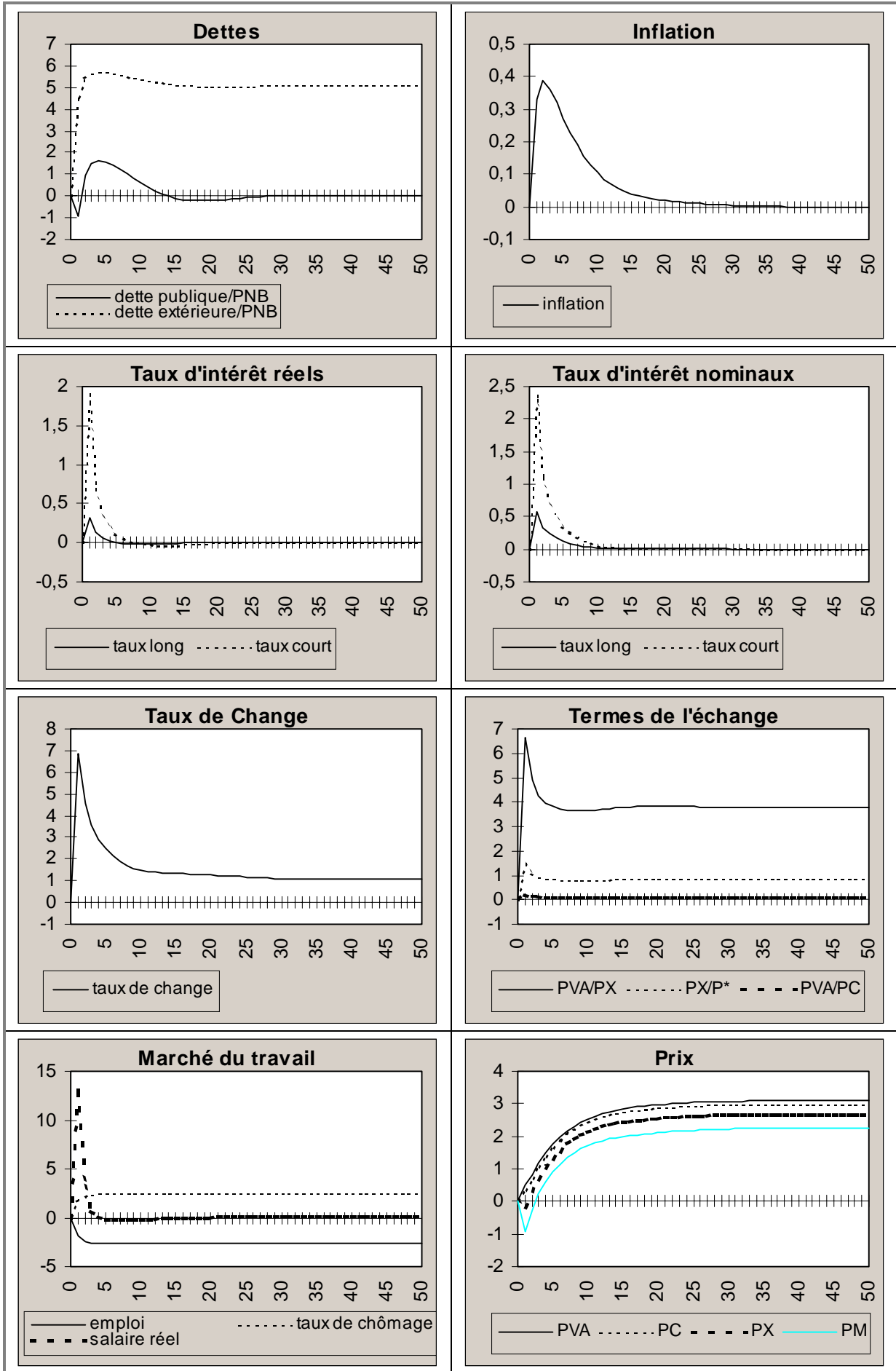
de la courbe d'offre vers le bas dans le quadrant 1). Cette réduction des quantités produite, pour une demande inchangée, provoque un accroissement du prix et donc un accroissement du coût nominal du travail (quadrant 3).

²⁰ La vitesse élevée d'ajustement du chômage à son niveau d'équilibre résulte du caractère purement statique de l'équation de salaire et de la légère inertie résultant de l'ajustement de l'emploi à son niveau désiré.

²¹ Remarquons que cette variante s'analyse aussi comme une hausse du coût du travail induit par un accroissement taux de cotisation chômage.

Graphique 11 : variante augmentation de 5% des revenus de remplacement





Conclusion

MARCOS a pour objectif de donner quelques éclairages sur les conséquences à moyen long-terme de chocs affectant l'économie française. Les choix méthodologiques retenus lors de l'élaboration du modèle - des équations de comportement micro-fondées sous forme structurelles et l'étalonnage du modèle plutôt que son estimation - ont largement contribué à la cohérence d'ensemble du modèle. Toutefois, ces choix méthodologiques ont pour contrepartie de ne pas rendre MARCOS utilisable en prévision ou encore pour l'évaluation de l'impact à court terme des politiques économiques.

Plusieurs extensions sont envisageables. D'une part, le régime de retraite par répartition en vigueur en France n'a pas été pris en compte dans la version actuelle de MARCOS. Une solution pour rendre compte de façon explicite du régime de retraite par répartition est suivant Gertler [1997] de supposer que les salariés ont à chaque période une probabilité non nulle de passer du statut de salarié à celui de retraité. D'autre part, le modèle de négociation salariale adopte comme il est d'usage dans la littérature l'hypothèse d'un partage de la rente instantanée dégagée par le couple employeur travailleur. Or, pour fournir une description plus réaliste des comportements en matière de demande et d'offre de travail ceux-ci doivent être dérivés dans une perspective dynamique (comportement de substitution intertemporelle d'offre de travail et coût d'ajustement sur la demande de travail). Ensuite, le modèle peut-être étendu à la zone Euro. Enfin, afin d'affiner la dynamique de court terme du modèle certaines équations peuvent donner lieu à estimation.

Bibliographie

- Banque de France, CEPREMAP, Direction de la Prévision, Erasme, INSEE et OFCE** : Structure et Propriétés de cinq modèles macroéconomiques français, *Economie et Prévision*, 134, avril-juin 1998.
- Black, R., Cassino, V., Drew, A., Hansen, E., Hunt, B., Rose, D., et Scott, A.** : The Forecasting and Policy System: The Core Model, Reserve Bank of New Zealand, *Research Paper*, 43, August 1997.
- Black, R., Laxton, D., Rose, D., et Tetlow, R.** : SSQPM: The Structure, Calibration and Properties of the Steady State of QPM, Bank of Canada, May 1994.
- Blanchard, O.J.** : Debt, Deficits, and Finite Horizons, *Journal of Political Economy*, 93, 1985, 223-47.
- Blanchard, O.J. et Kahn, C.** : The Solution of Linear Difference Models under Rational Expectations, *Econometrica*, 48, 1980, 1305-1311.
- Bloch L. et Coeuré B.** : Imperfection du marché du crédit, investissement des entreprises et cycle économique, *Economie et Prévision* , 120, 1995, 161-184.
- Cette G.** : L'efficacité apparente du capital dans les grands pays de l'OCDE, *Economie Internationale*, 60, 1994.
- Clarida R., Gali J. et Gertler M.** : Monetary Policy Rules in Practice Some International Evidence, *European Economic Review*, 42, 1998, 1033-1067.
- Coletti D., Hunt B., Rose D. et Tetlow R.** : The Dynamic Model QPM, Bank of Canada, May 1996.
- Faruqee H., Laxton D. et Symansky S.** : Government Debt, Life-Cycle Income and Liquidity Constraints: Beyond Approximate Ricardian Equivalence , *Staff Papers*, International Monetary Fund, 44, September 1997, 374-382.
- Gertler, M.** : Government Debt and Social Security in a Life-Cycle Economy, *NBER working paper*, 6000, April 1997.
- Laffargue, J.P.** : A Dynamic Model of the French Economy, with Rational Expectations, Monopolistic Competition and Labour Market Bargaining, *Annales d'Economie et de Statistique*, 37/38, 1995.
- Laxton, D., Isard, P., Faruqee, H., Prasad, E., et Turtelboom, B.** : MULTIMOD Mark III, The Core Dynamic and Steady-State Models, IMF, *Occasional Paper*; 164, May 1998.
- Roeger W., et in't Velt J.** : QUEST II A Multy Country Businessse Cycle and Growth Model, European Commission, *Economic Papers*, 123, October 1997.
- Taylor, J.B.** : Discretion Versus Policy Rules in Practice, *Carnegie-Rochester Conferences Series on Public Policy*, 39, December 1993, 195-220.

Annexe 1 : Modèle dynamique

Commerce extérieur

$$\Delta \ln(X_t) = \Delta \ln(DM_t) - a_{x,0} \Delta \ln\left(\frac{px_t}{p_t^*}\right) - a_{x,1} \left[\ln\left(\frac{X_{t-1}}{DM_{t-1}}\right) + \eta_x \ln\left(\frac{px_t}{p_t^*}\right) \right] \quad (14.)$$

$$ABS_t = C_t + I_t + G_t + X_t \quad (15.)$$

$$\Delta \ln(M_t) = \Delta \ln(ABS_t) + a_{M,0} \Delta \ln\left(\frac{pm_t}{p_t}\right) - a_{M,1} \left[\ln\left(\frac{M_{t-1}}{ABS_{t-1}}\right) - \eta_M \ln\left(\frac{pm_t}{p_t}\right) \right] + a_{M,2} \quad (16.)$$

$$DEF_t^{BC} = (M_t pm_t - X_t px_t) \bar{e}_t \quad (17.)$$

$$D_{t+1} = (1 + \bar{r}_{t+1} + prime) D_{t+1} + DEF_{t+1}^{BC} \quad (18.)$$

Consommation

$$\alpha_t^{-1} = 1 + \alpha_{t+1}^{-1} \left(\frac{1 + \pi_{t+1}^{TTC}}{1 + r_t} \right)^{1-1/\theta} (1 + \theta)^{-1/\gamma} (1 - p) \quad (19.)$$

$$RS_t^1 = (1 - \iota)(1 - \tau_R) \left(1 - \tau_{CSG,t} \right) \frac{P_t}{pc_t} \left[(1 - \tau_{w,t}^s) w_t L_t + (TR_t w_t + R_0 \gamma_{L,t}) (\bar{L}_t - L_t) \right] \quad (20.)$$

$$H_t^{(1)} = \frac{1 - p}{(1 + r_t)(1 + \alpha_1)(1 + n)} H_{t+1}^{(1)} + RS_t^1 \quad (21.)$$

$$H_t^{(2)} = \frac{1 - p}{(1 + r_t)(1 + \alpha_2)(1 + n)} H_{t+1}^{(2)} + RS_t^1 \quad (22.)$$

$$H_t^{(3)} = \frac{1 - p}{(1 + r_t)(1 + \alpha_3)(1 + n)} H_{t+1}^{(3)} + RS_t^1 \quad (23.)$$

$$H_t = \frac{\beta_H a_1}{(1 - p)[(1 + \beta_H)(1 + \alpha_1) - 1]} H_t^{(1)} + \frac{\beta_H a_2}{(1 - p)[(1 + \beta_H)(1 + \alpha_2) - 1]} H_t^{(2)} + \left[1 - \frac{\beta_H a_1}{(1 - p)[(1 + \beta_H)(1 + \alpha_1) - 1]} - \frac{\beta_H a_2}{(1 - p)[(1 + \beta_H)(1 + \alpha_2) - 1]} \right] H_t^{(3)} \quad (24.)$$

$$A_t pc_t = B_t - \frac{D_t}{\bar{e}_t} \quad (25.)$$

$$W_t = A_t + H_t + V_t \quad (26.)$$

$$C_t^1 = \alpha_t W_t \quad (27.)$$

$$R_t^2 = \iota(1 - \tau_{R,t}) \left(1 - \tau_{CSG,t} \right) \frac{P_t}{pc_t} \left[(1 - \tau_{w,t}^s) w_t L_t + (TR_t w_t + R_0 \gamma_{L,t}) (\bar{L}_t - L_t) \right] \quad (28.)$$

$$C_t^2 = R_t^2 \quad (29.)$$

$$C_t = C_t^1 + C_t^2 \quad (30.)$$

$$pc_t RPAT_t = (1 - \tau_{R,t}) \left(1 - \tau_{CSG,t} \right) [\Pi_t + r_t pc_t A_t] \quad (31.)$$

$$R_t^1 = RS_t^1 + RPAT_t \quad (32.)$$

$$S_t = R_t^1 - C_t^1 \quad (33.)$$

Production

$$\bar{Y}_t = \left[\alpha_k (K_{t-1})^{-\rho} + \alpha_L (\gamma_{L,t} (1-u^*) \bar{L}_t)^{-\rho} \right]^{-1/\rho} \quad (34.)$$

$$F'_{K_t} = \frac{\eta-1}{\eta} \alpha_K \left(\frac{Y_t}{K_{t-1}} \right)^{\rho+1} \quad (35.)$$

$$F'_{L_t} = \frac{\eta-1}{\eta} \alpha_L \cdot \gamma_L \left(\frac{Y_t}{L_t \gamma_{L,t}} \right)^{\rho+1} \quad (36.)$$

Investissement

$$AJK_t = \frac{\mu_K}{2} \left[\frac{I_t}{K_{t-1}} - 2(\delta + g) + (\delta + g)^2 \frac{K_{t-1}}{I_t} \right] \quad (37.)$$

$$q_t - 1 = \mu_K \left[\frac{I_t}{K_{t-1}} - (\delta + g) \right] \quad (38.)$$

$$q_t = \frac{1 - \tau_{IS,t+1}}{(1+r_t)(1-\tau_{IS,t})} \left[\frac{p_t}{pi_t} (1 + \pi_{t+1}) F'_{K_t} \frac{\eta-1}{\eta} + (1 + \pi_{t+1}) \left\{ \frac{(q_{t+1} - 1)^2}{2\mu_K} + (1+g)(q_{t+1} - 1) \right\} + (1-\delta) \right] \quad (39.)$$

$$V_t = q_t K_{t-1} \quad (40.)$$

$$I_t = K_t - (1-\delta) K_{t-1} \quad (41.)$$

Emploi et salaire

$$AJL_t = \frac{\mu_L}{2} \left[\frac{L_t}{L_{t-1}} - (1+n) \right]^2 L_t \quad (42.)$$

$$w_{t+1} (1 + \tau_{w,t+1}^e) \frac{p_{t+1}}{p_t} \mu_L \left(\frac{L_{t+1}}{L_t} \right)^2 \left\{ \frac{L_{t+1}}{L_t} - (1+n) \right\} = - (1 + \bar{r}_t) \frac{1 - \tau_{IS,t}}{1 - \tau_{IS,t+1}} \left[\frac{\eta-1}{\eta} F'_{L_t} - w_t (1 + \tau_{w,t}^e) \left(1 + \frac{\mu_L}{2} \left\{ \frac{L_t}{L_{t-1}} - (1+n) \right\}^2 + \mu_L \left\{ \frac{L_t}{L_{t-1}} - (1+n) \right\} \frac{L_t}{L_{t-1}} \right) \right] \quad (43.)$$

$$\Pi_t = (1 - \tau_{IS,t}) \left[p_t (Y_t - w_t (1 + \tau_{w,t}^e) (L_t + AJL_t)) - pi_t (1 + AJK_t) I_t \right] \quad (44.)$$

$$\eta_{\Pi,w} = (1-\eta) \left[1 - \alpha_K \left(\frac{Y_t}{K_{t-1}} \right)^\rho \right] - \frac{\rho}{1+\rho} \alpha_K \left(\frac{Y_t}{K_{t-1}} \right)^\rho \frac{p_t (w_t (1+\tau_{w,t}^e) L_t + (r_t + \delta) K_t)}{\Pi_t} + \frac{\rho}{1+\rho} \frac{p_t (r_t + \delta) K_t}{\Pi_t} \quad (45.)$$

$$\eta_{L,w} = \eta \left[\alpha_K \left(\frac{Y_t}{K_{t-1}} \right)^\rho \left(1 - \frac{1}{\eta(1+\rho)} \right) - 1 \right] \quad (46.)$$

$$w_t (1 - \tau_{w,t}^s) (1 - \tau_{CSG,t}) = \left[\frac{1 - \gamma_w}{u\kappa} \frac{1}{\left(\frac{1-\beta}{\beta} \eta_{\Pi,w} + \eta_{L,w} \right)} + 1 \right]^{\frac{1}{\gamma_w - 1}} [\text{TR}_t w_t + R_0 \gamma_{L,t}] \quad (47.)$$

$$u_t = 1 - \frac{L_t}{\bar{L}_t} \quad (48.)$$

Finances publiques

$$\tau_{T,t} = (1 - \alpha^{\tau_R}) \tau_{T,t}^{exo} + \alpha^{\tau_R} \cdot \left[c_{\tau_R} \left(\frac{B_{t+1}}{PNB_{t+1}} - \overline{TB}_{t+1} \right) + \sum_{i=-2}^2 \frac{\tau_{T,t+i}}{5} \right] \quad (49.)$$

$$\tau_{T,t} PNB_t = \tau_{R,t} (1 - \tau_{CSG,t}) p_t \left[(1 - \tau_{w,t}^s) w_t L_t + (\text{TR}_t w_t + R_0 \gamma_{L,t}) (\bar{L}_t - L_t) \right] + \tau_{TVA,t}^C pd_t C_t + \tau_{TVA,t}^I pd_t I_t + \tau_{IS,t} \frac{\Pi_t}{1 - \tau_{IS,t}} + TAXE_t^{exo} \quad (50.)$$

$$TAXE_t = \tau_{R,t} (1 - \tau_{CSG,t}) p_t \left[(1 - \tau_{w,t}^s) w_t L_t + (\text{TR}_t w_t + R_0 \gamma_{L,t}) (\bar{L}_t - L_t) \right] + \tau_{TVA,t}^C pd_t C_t + \tau_{TVA,t}^I pd_t I_t + \tau_{IS,t} \frac{\Pi_t}{1 - \tau_{IS,t}} + TAXE_t^{exo} \quad (51.)$$

$$G_t = \lambda^G \frac{TAXE_t}{pg_t} + (1 - \lambda^G) G_t^{exo} \quad (52.)$$

$$DEF_t = pg_t G_t - TAXE_t + p \left[(\text{TR}_t w_t + R_0 \gamma_{L,t}) (\bar{L}_t - L_t) - \tau_{w,t}^e w_t L_t - \tau_{w,t}^s w_t L_t \right] - \tau_{CSG,t} \left[(1 - \tau_{w,t}^s) p_t w_t L_t + p_t (\text{TR}_t w_t + R_0 \gamma_{L,t}) (\bar{L}_t - L_t) + r_t pc_t A_t + \Pi_t \right] \quad (53.)$$

$$B_t = (1 + r_t^G) B_{t-1} + DEF_t \quad (54.)$$

Equilibres

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + X_t - M_t \quad (55.)$$

$$PIB_t = C_t pc_t + I_t pi_t + G_t pg_t + X_t px_t - M_t pm_t \quad (56.)$$

$$\tau_{TVA,t}^Y p_t Y_t = pd_t (\tau_{TVA,t}^C C_t + \tau_{TVA,t}^I I_t) \quad (57.)$$

$$PIB_t = p_t (1 + \tau_{TVA,t}^Y) Y_t \quad (58.)$$

$$PNB_t = PIB_t - \bar{r}_t^* D_t \quad (59.)$$

Prix

$$\bar{e}_t p_t^* = p_t^{**} \quad (60.)$$

$$pm_t = p_t^{\mu_0} (p_t^*)^{1-\mu_0} \quad (61.)$$

$$px_t = p_t^{\lambda_0} (p_t^*)^{1-\lambda_0} \quad (62.)$$

$$pc_t = (1 + \tau_{TVA,t}^C) pd_t \quad (63.)$$

$$pi_t = (1 + \tau_{TVA,t}^I) pd_t \quad (64.)$$

$$pg_t = pd_t \quad (65.)$$

$$\pi_t = \frac{pd_t}{pd_{t-1}} - 1 \quad (66.)$$

$$1 + \pi_t^{TTC} = \frac{1 + \tau_{TVA,t}^C}{1 + \tau_{TVA,t-1}^C} (1 + \pi_t) \quad (67.)$$

$$\pi_t^a = \zeta_a \pi_{t+1} + (1 - \zeta_a) \pi_t \quad (68.)$$

$$\pi_t = \zeta \pi_{t-1} + (1 - \zeta) \pi_t^a + \psi(u_t - u_t^*) \quad (69.)$$

$$1 + \pi_{10,t} = \left[\prod_{i=0}^9 (1 + \pi_{t+i}) \right]^{1/10} \quad (70.)$$

Taux d'intérêt

$$\bar{r}_t = \bar{r}_t^* + \mu (\pi_{t+1} - \pi_{t+1}^*) + \tau \left(\frac{Y_t}{\bar{Y}_t} - 1 \right) \quad (71.)$$

$$1 + r_t = \frac{1 + \bar{r}_t}{1 + \pi_{t+1}} \quad (72.)$$

$$1 + \bar{R}_{10,t} = \left[\prod_{i=0}^9 (1 + \bar{r}_{t+i}) \right]^{1/10} (1 + PT) \quad (73.)$$

$$1 + R_{10,t} = \frac{1 + \bar{R}_{10,t}}{1 + \pi_{10;t+1}} \quad (74.)$$

$$\bar{r}_t^G = \lambda^G \bar{R}_{10,t} + (1 - \lambda^G) \bar{r}_t \quad (75.)$$

Taux de change

$$\bar{e}_t = \frac{e_t p_t^*}{pd_t} \quad (76.)$$

$$\frac{e_{t+1}}{e_t} = \frac{1 + r_t^*}{1 + r_t} \quad (77.)$$

Annexe 2 : Long terme du modèle

Commerce extérieur

$$\ln(X) - \ln\left(\frac{X}{1+g}\right) = \ln(DM) - \ln\left(\frac{DM}{1+g}\right) - a_{X,1} \left[\ln\left(\frac{X}{1+g}\right) - \ln\left(\frac{DM}{1+g}\right) + \eta_X \ln\left(\frac{px}{p^*}\right) \right] \quad (78.)$$

$$ABS = C + I + G + X \quad (79.)$$

$$\ln(M) - \ln\left(\frac{M}{1+g}\right) = \ln(ABS) - \ln\left(\frac{ABS}{1+g}\right) - a_{M,1} \left[\ln\left(\frac{M}{1+g}\right) - \ln\left(\frac{ABS}{1+g}\right) - \eta_M \ln\left(\frac{pm}{p}\right) \right] + a_{M,2} \quad (80.)$$

$$DEF^{BC} = (M pm - X px) \bar{e} \quad (81.)$$

$$D = \left(1 - \frac{1 + \bar{r}^* + prime}{(1 + \pi^*)(1 + g)} \right)^{-1} + DEF^{BC} \quad (82.)$$

Consommation

$$\alpha^{-1} = 1 + \alpha^{-1} \left(\frac{1 + \pi}{1 + r} \right)^{1 - 1/\theta} (1 + \theta)^{-1/\gamma} (1 - p) \quad (83.)$$

$$H^{(1)} = \left(1 - \frac{(1 - p)(1 + g)}{(1 + r)(1 + \alpha_1)(1 + n)} \right)^{-1} RS^1 \quad (84.)$$

$$H^{(2)} = \left(1 - \frac{(1 - p)(1 + g)}{(1 + r)(1 + \alpha_2)(1 + n)} \right)^{-1} RS^1 \quad (85.)$$

$$H^{(3)} = \left(1 - \frac{(1 - p)(1 + g)}{(1 + r)(1 + \alpha_3)(1 + n)} \right)^{-1} RS^1 \quad (86.)$$

$$H = \frac{\beta_H a_1}{(1 - p)[(1 + \beta_H)(1 + \alpha_1) - 1]} H^{(1)} + \frac{\beta_H a_2}{(1 - p)[(1 + \beta_H)(1 + \alpha_2) - 1]} H^{(2)} + \left[1 - \frac{\beta_H a_1}{(1 - p)[(1 + \beta_H)(1 + \alpha_1) - 1]} - \frac{\beta_H a_2}{(1 - p)[(1 + \beta_H)(1 + \alpha_2) - 1]} \right] H^{(3)} \quad (87.)$$

$$A pc = B - \frac{D}{\bar{e}} \quad (88.)$$

$$W = A + H + V \quad (89.)$$

$$C^1 = \alpha W \quad (90.)$$

$$R^2 = i(1 - \tau_R)(1 - \tau_{CSG}) \frac{P}{pc} \left[(1 - \tau_w^s) wL + (TR w + R_0 \gamma_L)(\bar{L} - L) \right] \quad (91.)$$

$$C^2 = R^2 \quad (92.)$$

$$C = C^1 + C^2 \quad (93.)$$

$$RS^1 = (1 - i)(1 - \tau_R)(1 - \tau_{CSG}) \frac{P}{pc} \left[(1 - \tau_w^s) wL + (TR w + R_0 \gamma_L)(\bar{L} - L) \right] \quad (94.)$$

$$pcRPAT = (1 - \tau_r)(1 - \tau_{CSG})[\Pi + r pcA] \quad (95.)$$

$$R^1 = RS^1 + RPAT \quad (96.)$$

$$S = R^1 - C^1 \quad (97.)$$

Production

$$Y = \left[\alpha_k \left(\frac{K}{1+g} \right)^{-\rho} + \alpha_L (\gamma_L L)^{-\rho} \right]^{-1/\rho} \quad (98.)$$

$$F'_K = \frac{\eta-1}{\eta} \alpha_k \left(\frac{(1+g)Y}{K} \right)^{\rho+1} \quad (99.)$$

$$F'_L = \frac{\eta-1}{\eta} \alpha_L \cdot \gamma_L \left(\frac{Y}{\gamma_L L} \right)^{\rho+1} \quad (100.)$$

Investissement

$$V(r + \delta) = \frac{p F'_K}{pi(1+g)} K \quad (101.)$$

$$I = \frac{(g + \delta)}{1+g} K \quad (102.)$$

Emploi et salaire

$$L = \frac{Y}{\gamma_L} \left[\frac{\eta}{\eta-1} \frac{w(1+\tau_w^e)}{\alpha_L \gamma_L} \right]^{-\frac{1}{1+\rho}} \quad (103.)$$

$$\Pi = (1 - \tau_{IS}) [p(Y - w(1 + \tau_w^e)L) - pi.I] \quad (104.)$$

$$\eta_{\Pi,w} = (1 - \eta) \left[1 - \alpha_k \left(\frac{(1+g)Y}{K} \right)^\rho \right] - \frac{\rho}{1+\rho} \alpha_k \left(\frac{(1+g)Y}{K} \right)^\rho \frac{p(w(1 + \tau_w^e)L + (r + \delta)K)}{\Pi} + \frac{\rho}{1+\rho} \frac{p(r + \delta)K}{\Pi} \quad (105.)$$

$$\eta_{L,w} = \eta \left[\alpha_k \left(\frac{(1+g)Y}{K} \right)^\rho \left(1 - \frac{1}{\eta(1+\rho)} \right) - 1 \right] \quad (106.)$$

$$w(1 - \tau_w^s)(1 - \tau_{CSG}) = \left[\frac{1 - \gamma_w}{u\kappa} \frac{1}{\left[\frac{1 - \beta}{\beta} \eta_{\Pi,w} + \eta_{L,w} \right]} + 1 \right]^{\frac{1}{\gamma_w - 1}} [\text{TR} w + R_0 \gamma_L] \quad (107.)$$

$$u_t = 1 - \frac{L_t}{\bar{L}_t} \quad (108.)$$

Finances publiques

$$B = \bar{TB} PNB \quad (109.)$$

$$\tau_T = (1 - \alpha^{\tau_R}) \tau_T^{exo} + \alpha^{\tau_R} \cdot \left[c_{\tau_R} \left(\frac{B}{PNB} - \bar{TB} \right) + \tau_T \right] \quad (110.)$$

$$\tau_T PNB = \tau_R (1 - \tau_{CSG}) p \left[(1 - \tau_w^s) wL + (TR w + R_0 \gamma_L) (\bar{L} - L) \right] + \tau_{TVA}^C pdC_t + \tau_{TVA}^I pdI + \tau_{IS} \frac{\Pi_t}{1 - \tau_{IS}} + TAXE^{exo} \quad (111.)$$

$$TAXE = \tau_R (1 - \tau_{CSG}) p \left[(1 - \tau_w^s) wL + (TR w + R_0 \gamma_L) (\bar{L} - L) \right] + \tau_{TVA}^C pdC + \tau_{TVA}^I pdI + \tau_{IS} \frac{\Pi_t}{1 - \tau_{IS}} + TAXE^{exo} \quad (112.)$$

$$G = \lambda^G \frac{TAXE}{pg} + (1 - \lambda^G) G^{exo} \quad (113.)$$

$$DEF = pgG - TAXE + p \left[(TR w + R_0 \gamma_L) (\bar{L} - L) - \tau_w^e wL - \tau_w^s wL \right] - \tau_{CSG} \left[(1 - \tau_w^s) p wL + p (TR w + R_0 \gamma_L) (\bar{L} - L) + r p c A + \Pi \right] \quad (114.)$$

$$B = \left(1 - \frac{(1 + r^{-G})}{(1 + g)(1 + \pi)} \right)^{-1} DEF \quad (115.)$$

Equilibres

$$Y = C + I + G + X - M \quad (116.)$$

$$PIB = C pc + I pi + G pg + X px - M pm \quad (117.)$$

$$\tau_{TVA}^Y pY = pd (\tau_{TVA}^C C + \tau_{TVA}^I I) \quad (118.)$$

$$PIB = p(1 + \tau_{TVA}^Y) Y \quad (119.)$$

$$PNB = PIB - \bar{r}^* D \quad (120.)$$

Prix relatifs

$$\bar{e} p^* = p^{**} \quad (121.)$$

$$pm = p^{\mu_0} (p^*)^{1 - \mu_0} \quad (122.)$$

$$px = p^{\lambda_0} (p^*)^{1 - \lambda_0} \quad (123.)$$

$$pc = (1 + \tau_{TVA}^C) pd \quad (124.)$$

$$pi = (1 + \tau_{TVA}^I) pd \quad (125.)$$

$$pg = pd \quad (126.)$$

$$\pi = \pi^* \quad (127.)$$

$$\pi^{TIC} = \pi \quad (128.)$$

$$\pi_{10} = \pi \quad (129.)$$

Taux d'intérêt

$$\bar{r} = \bar{r}^* \quad (130.)$$

$$1 + r = \frac{1 + \bar{r}}{1 + \pi} \quad (131.)$$

$$1 + \bar{R}_{10} = (1 + \bar{r}_i)(1 + PT) \quad (132.)$$

$$1 + R_{10} = \frac{1 + \bar{R}_{10}}{1 + \pi_{10}} \quad (133.)$$

$$\bar{r}^G = \lambda^G \bar{R}_{10} + (1 - \lambda^G) \bar{r} \quad (134.)$$

Taux de change

$$r = r^* \quad (135.)$$

$$\bar{e} = \frac{ep^{**}}{pd} \quad (136.)$$

Annexe 3 : Discrétisation du modèle de Blanchard

Cette annexe présente le modèle de Blanchard [1985] avec un revenu décroissant avec l'âge et un taux de croissance non nul de la population. Ce modèle sert de base à la dérivation de la richesse humaine dans MARCOS.

Si p et β sont respectivement la probabilité de mourir et le taux de natalité, l'évolution de la population est la suivante :

$$N_t = (1-p)N_{t-1} + \beta(1-p)N_{t-1}$$

d'où il vient que :

$$\beta = \frac{n+p}{1-p}$$

avec n le taux de croissance de la population.

Il est supposé qu'il n'y a pas de mortalité infantile : les βN_{t-1} naissances de la période t sont encore à la fin de cette période. Au-delà les agents survivent avec la probabilité $(1-p)$. (ils en restent p après une période, $p(1-p)$ après deux périodes, ...).

En cas de croissance nulle de la population, $p = \beta$ (flux nul de population) la distribution par âge de la population s'écrit :

$$f(s) = p(1-p)^{s-1}$$

Dans le cas d'une population constante, la fonction de répartition est

$$\sum_{s=-\infty}^{t-1} p(1-p)^{t-1-s} = p \sum_{s=0}^{\infty} (1-p)^s = 1$$

L'espérance de vie :

$$\begin{aligned} \sum_{s=1}^{\infty} sp(1-p)^{s-1} &= p \sum_{s=1}^{\infty} s(1-p)^{s-1} \\ p \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{s=i}^{\infty} (1-p)^{s-1} &= p \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{s=0}^{\infty} (1-p)^{s+i} \\ p \sum_{i=0}^{\infty} (1-p)^i \sum_{s=0}^{\infty} (1-p)^s &= \frac{1}{p} \end{aligned}$$

Si la population croît ($\beta \neq p$), la densité

$$f(s) = \beta(1-p)^{s-1}$$

Le revenu individuel :

$$y_{s,t} = aY_t (1+\alpha)^{s-t}$$

avec $\alpha \geq 0$ et a une part constante à déterminer. Chaque cohorte s détient une fraction a du revenu global qui décroît avec l'âge.

Le revenu agrégé :

$$Y_t = \sum_{s=-\infty}^{t-1} y_{s,t} \beta(1-p)^{t-1-s} = \sum_{s=-\infty}^{t-1} aY_t (1+\alpha)^{s-t} \beta(1-p)^{t-1-s}$$

$$Y_t = aY_t (1 + \alpha)^{-t} \beta (1 - p)^{t-1} \sum_{s=-\infty}^{t-1} \left(\frac{1 + \alpha}{1 - p} \right)^s$$

$$Y_t = aY_t (1 + \alpha)^{-1} \beta \frac{1 + \alpha}{\alpha + p} = aY_t \frac{\beta}{\alpha + p}$$

d'où la valeur de a compatible avec l'évolution de la population :

$$a = \frac{\alpha + p}{\beta}$$

soit, encore puisque $\beta = \frac{n + p}{1 - p}$:

$$a = \frac{\alpha + p}{n + p} (1 - p)$$

Détermination du capital humain

Le capital humain individuel :

$$H_{s,t} = \sum_{i=0}^{\infty} aY_{t+i} \left(\frac{1-p}{1+r_t} \right)^i (1+\alpha)^{s-t-i}$$

soit la somme actualisée de l'ensemble des revenus futurs.

Le capital humain agrégé, pour tout $t \geq s$:

$$H_t = \sum_{s=-\infty}^{t-1} H_{s,t} \beta (1-p)^{t-s-1} = \sum_{s=-\infty}^{t-1} \sum_{i=0}^{\infty} aY_{t+i} \left(\frac{1-p}{1+r_t} \right)^i (1+\alpha)^{s-t-i} \beta (1-p)^{t-s-1}$$

$$H_t = a\beta (1+\alpha)^{-t} (1-p)^{t-1} \sum_{s=-\infty}^{t-1} \left(\frac{1+\alpha}{1-p} \right)^s \sum_{i=0}^{\infty} Y_{t+i} \left(\frac{1-p}{(1+\alpha)(1+r_t)} \right)^i$$

$$H_t = a\beta (1+\alpha)^{-1} \sum_{s=0}^{\infty} \left(\frac{1-p}{1+\alpha} \right)^s \sum_{i=0}^{\infty} Y_{t+i} \left(\frac{1-p}{(1+\alpha)(1+r_t)} \right)^i$$

soit en remplaçant a par sa valeur :

$$H_t = \sum_{i=0}^{\infty} Y_{t+i} \left(\frac{1-p}{(1+\alpha)(1+r_t)} \right)^i$$

En outre :

$$H_{t+1} = \frac{(1+\alpha)(1+r_t)}{1-p} \sum_{i=1}^{\infty} Y_{t+i} \left(\frac{1-p}{(1+\alpha)(1+r_t)} \right)^i$$

d'où l'équation d'évolution de H_t :

$$H_t = \frac{1-p}{(1+\alpha)(1+r_t)} H_{t+1} + Y_t$$

Notes d'Études et de Recherche

1. C. Huang and H. Pagès, "Optimal Consumption and Portfolio Policies with an Infinite Horizon: Existence and Convergence," May 1990.
2. C. Bordes, « Variabilité de la vitesse et volatilité de la croissance monétaire : le cas français », février 1989.
3. C. Bordes, M. Driscoll and A. Sauviat, "Interpreting the Money-Output Correlation: Money-Real or Real-Real?," May 1989.
4. C. Bordes, D. Goyeau et A. Sauviat, « Taux d'intérêt, marge et rentabilité bancaires : le cas des pays de l'OCDE », mai 1989.
5. B. Bensaid, S. Federbusch et R. Gary-Bobo, « Sur quelques propriétés stratégiques de l'intéressement des salariés dans l'industrie », juin 1989.
6. O. De Bandt, « L'identification des chocs monétaires et financiers en France : une étude empirique », juin 1990.
7. M. Boutillier et S. Dérangère, « Le taux de crédit accordé aux entreprises françaises : coûts opératoires des banques et prime de risque de défaut », juin 1990.
8. M. Boutillier and B. Cabrillac, "Foreign Exchange Markets: Efficiency and Hierarchy," October 1990.
9. O. De Bandt et P. Jacquinot, « Les choix de financement des entreprises en France : une modélisation économétrique », octobre 1990 (English version also available on request).
10. B. Bensaid and R. Gary-Bobo, "On Renegotiation of Profit-Sharing Contracts in Industry," July 1989 (English version of NER n° 5).
11. P. G. Garella and Y. Richelle, "Cartel Formation and the Selection of Firms," December 1990.
12. H. Pagès and H. He, "Consumption and Portfolio Decisions with Labor Income and Borrowing Constraints," August 1990.
13. P. Sicsic, « Le franc Poincaré a-t-il été délibérément sous-évalué ? », octobre 1991.
14. B. Bensaid and R. Gary-Bobo, "On the Commitment Value of Contracts under Renegotiation Constraints," January 1990 revised November 1990.
15. B. Bensaid, J.-P. Lesne, H. Pagès and J. Scheinkman, "Derivative Asset Pricing with Transaction Costs," May 1991 revised November 1991.
16. C. Monticelli and M.-O. Strauss-Kahn, "European Integration and the Demand for Broad Money," December 1991.
17. J. Henry and M. Phelipot, "The High and Low-Risk Asset Demand of French Households: A Multivariate Analysis," November 1991 revised June 1992.
18. B. Bensaid and P. Garella, "Financing Takeovers under Asymmetric Information," September 1992.

19. A. de Palma and M. Uctum, "Financial Intermediation under Financial Integration and Deregulation," September 1992.
20. A. de Palma, L. Leruth and P. Régibeau, "Partial Compatibility with Network Externalities and Double Purchase," August 1992.
21. A. Frachot, D. Janci and V. Lacoste, "Factor Analysis of the Term Structure: a Probabilistic Approach," November 1992.
22. P. Sicsic et B. Villeneuve, « L'afflux d'or en France de 1928 à 1934 », janvier 1993.
23. M. Jeanblanc-Picqué and R. Avesani, "Impulse Control Method and Exchange Rate," September 1993.
24. A. Frachot and J.-P. Lesne, "Expectations Hypothesis and Stochastic Volatilities," July 1993 revised September 1993.
25. B. Bensaid and A. de Palma, "Spatial Multiproduct Oligopoly," February 1993 revised October 1994.
26. A. de Palma and R. Gary-Bobo, "Credit Contraction in a Model of the Banking Industry," October 1994.
27. P. Jacquinet et F. Mihoubi, « Dynamique et hétérogénéité de l'emploi en déséquilibre », septembre 1995.
28. G. Salmat, « Le retournement conjoncturel de 1992 et 1993 en France : une modélisation VAR », octobre 1994.
29. J. Henry and J. Weidmann, "Asymmetry in the EMS Revisited: Evidence from the Causality Analysis of Daily Eurorates," February 1994 revised October 1994.
30. O. De Bandt, "Competition Among Financial Intermediaries and the Risk of Contagious Failures," September 1994 revised January 1995.
31. B. Bensaid et A. de Palma, « Politique monétaire et concurrence bancaire », janvier 1994 révisé en septembre 1995.
32. F. Rosenwald, « Coût du crédit et montant des prêts : une interprétation en terme de canal large du crédit », septembre 1995.
33. G. Cette et S. Mahfouz, « Le partage primaire du revenu : constat descriptif sur longue période », décembre 1995.
34. H. Pagès, "Is there a Premium for Currencies Correlated with Volatility? Some Evidence from Risk Reversals," January 1996.
35. E. Jondeau and R. Ricart, "The Expectations Theory: Tests on French, German and American Euro-rates," June 1996.
36. B. Bensaid et O. De Bandt, « Les stratégies "stop-loss" : théorie et application au Contrat Notionnel du Matif », juin 1996.
37. C. Martin et F. Rosenwald, « Le marché des certificats de dépôts. Écarts de taux à l'émission : l'influence de la relation émetteurs-souscripteurs initiaux », avril 1996.

38. Banque de France - CEPREMAP - Direction de la Prévision - Erasme - INSEE - OFCE, « Structures et propriétés de cinq modèles macroéconomiques français », juin 1996.
39. F. Rosenwald, « L'influence des montants émis sur le taux des certificats de dépôts », octobre 1996.
40. L. Baumel, « Les crédits mis en place par les banques AFB de 1978 à 1992 : une évaluation des montants et des durées initiales », novembre 1996.
41. G. Cette et E. Kremp, « Le passage à une assiette valeur ajoutée pour les cotisations sociales : Une caractérisation des entreprises non financières “gagnantes” et “perdantes” », novembre 1996.
42. S. Avouyi-Dovi, E. Jondeau et C. Lai Tong, « Effets “volume”, volatilité et transmissions internationales sur les marchés boursiers dans le G5 », avril 1997.
43. E. Jondeau et R. Ricart, « Le contenu en information de la pente des taux : Application au cas des titres publics français », juin 1997.
44. B. Bensaïd et M. Boutillier, « Le contrat notionnel : efficience et efficacité », juillet 1997.
45. E. Jondeau et R. Ricart, « La théorie des anticipations de la structure par terme : test à partir des titres publics français », septembre 1997.
46. E. Jondeau, « Représentation VAR et test de la théorie des anticipations de la structure par terme », septembre 1997.
47. E. Jondeau et M. Rockinger, « Estimation et interprétation des densités neutres au risque : Une comparaison de méthodes », octobre 1997.
48. L. Baumel et P. Sevestre, « La relation entre le taux de crédits et le coût des ressources bancaires. Modélisation et estimation sur données individuelles de banques », octobre 1997.
49. P. Sevestre, “On the Use of Banks Balance Sheet Data in Loan Market Studies : A Note,” October 1997.
50. P.-C. Hautcoeur and P. Sicsic, “Threat of a Capital Levy, Expected Devaluation and Interest Rates in France during the Interwar Period,” January 1998.
51. P. Jacquinet, « L’inflation sous-jacente à partir d’une approche structurelle des VAR : une application à la France, à l’Allemagne et au Royaume-Uni », janvier 1998.
52. C. Bruneau et O. De Bandt, « La modélisation VAR structurel : application à la politique monétaire en France », janvier 1998.
53. C. Bruneau and E. Jondeau, “Long-Run Causality, with an Application to International Links between Long-Term Interest Rates,” June 1998.
54. S. Coutant, E. Jondeau and M. Rockinger, “Reading Interest Rate and Bond Futures Options’ Smiles: How PIBOR and Notional Operators Appreciated the 1997 French Snap Election,” June 1998.
55. E. Jondeau et F. Sédillot, « La prévision des taux longs français et allemands à partir d’un modèle à anticipations rationnelles », juin 1998.

56. E. Jondeau and M. Rockinger, "Estimating Gram-Charlier Expansions with Positivity Constraints," January 1999.
57. S. Avouyi-Dovi and E. Jondeau, "Interest Rate Transmission and Volatility Transmission along the Yield Curve," January 1999.
58. S. Avouyi-Dovi et E. Jondeau, « La modélisation de la volatilité des bourses asiatiques », janvier 1999.
59. E. Jondeau, « La mesure du ratio rendement-risque à partir du marché des euro-devises », janvier 1999.
60. C. Bruneau and O. De Bandt, "Fiscal Policy in the Transition to Monetary Union: A Structural VAR Model," January 1999.
61. E. Jondeau and R. Ricart, "The Information Content of the French and German Government Bond Yield Curves: Why Such Differences?," February 1999.
62. J.-B. Chatelain et P. Sevestre, « Coûts et bénéfices du passage d'une faible inflation à la stabilité des prix », février 1999.
63. D. Irac et P. Jacquinet, « L'investissement en France depuis le début des années 1980 », avril 1999.
64. F. Mihoubi, « Le partage de la valeur ajoutée en France et en Allemagne », mars 1999.
65. S. Avouyi-Dovi and E. Jondeau, "Modelling the French Swap Spread," April 1999.
66. E. Jondeau and M. Rockinger, "The Tail Behavior of Stock Returns: Emerging Versus Mature Markets," June 1999.
67. F. Sédillot, « La pente des taux contient-elle de l'information sur l'activité économique future ? », juin 1999.
68. E. Jondeau, H. Le Bihan et F. Sédillot, « Modélisation et prévision des indices de prix sectoriels », septembre 1999.
69. H. Le Bihan and F. Sédillot, "Implementing and Interpreting Indicators of Core Inflation: The French Case," September 1999.
70. R. Lacroix, "Testing for Zeros in the Spectrum of an Univariate Stationary Process: Part I," December 1999.
71. R. Lacroix, "Testing for Zeros in the Spectrum of an Univariate Stationary Process: Part II," December 1999.
72. R. Lacroix, "Testing the Null Hypothesis of Stationarity in Fractionally Integrated Models," December 1999.
73. F. Chesnay and E. Jondeau, "Does correlation between stock returns really increase during turbulent period?," April 2000.
74. O. Burkart and V. Coudert, "Leading Indicators of Currency Crises in Emerging Economies," May 2000.
75. D. Irac, "Estimation of a Time Varying NAIRU for France," July 2000.

76. E. Jondeau and H. Le Bihan, "Evaluating Monetary Policy Rules in Estimated Forward-Looking Models: A Comparison of US and German Monetary Policies," October 2000.
77. E. Jondeau and M. Rockinger, "Conditional Volatility, Skewness, and Kurtosis: Existence and Persistence," November 2000.
78. P. Jacquinot, F. Mihoubi, « Modèle à Anticipations Rationnelles de la CONjoncture Simulée : MARCOS », novembre 2000.

Pour tous commentaires ou demandes sur les Notes d'Études et de Recherche, contacter la bibliothèque du Centre de recherche à l'adresse suivante :

For any comment or enquiries on the Notes d'Études et de Recherche, contact the library of the Centre de recherche at the following address :

BANQUE DE FRANCE
41-1391 - Centre de recherche
75049 Paris Cedex 01
tél : 01 42 92 49 55
fax : 01 42 92 62 92
email : thierry.demoulin@banque-france.fr